

DIANQISHE
JIJINJI500LI

电气设计
500例

禁忌

李辛 薛钦林 主编



机械工业出版社
China Machine Press

电气设计禁忌是一个容易被忽视,实为非常重要的问题。有时由于忽视了细节问题,会造成质量事故,甚至造成重大的经济损失和人身伤亡事故。

本书以电气设计中遇到的主要问题,从12个方面介绍了500个最基础的禁忌问题。用正误对比、图文并茂的方式予以解答,深入浅出,力求达到形象化、通俗易懂,集知识性、趣味性于一体。本书新颖的表达方式,是科技图书的一次有益的探索。

书中内容是作者多年工作实践的总结,具有很强的现实性和实用性。对从事电器产品设计、工艺、试验、安装和使用人员,特别是年青的技术人员会有很大的参考价值。

图书在版编目 (CIP) 数据

电气设计禁忌 500 例/李辛, 薛钦林主编.
北京: 机械工业出版社, 2001.12
ISBN 7-111-09531-6

I. 电… I. ①李…②薛… II. 电气设备-设计
N. TM02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 078222 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑: 李振标 版式设计: 冉晓华 责任校对: 吴美英
封面设计: 陈 沛 责任印制: 郭景龙
北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2002 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷
850mm×1168mm^{1/32}·9.5 印张·328 千字
0 001—5 000 册
定价: 18.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

目 录

| | | |
|----|-------------------------|-----|
| 1 | 有关电机设计的问题 | 1 |
| 2 | 有关变压器设计的问题 | 69 |
| 3 | 有关高压开关设计的问题 | 77 |
| 4 | 有关低压电器的设计问题 | 92 |
| 5 | 有关整流器设计的问题 | 109 |
| 6 | 有关电气传动的设计问题 | 121 |
| 7 | 有关工业控制机的应用问题 | 171 |
| 8 | 有关工厂供电中的问题 | 180 |
| 9 | 有关电气试验中的问题 | 219 |
| 10 | 有关电气安全设计的问题 | 226 |
| 11 | 有关电气产品标记、标志、铭牌的问题 | 237 |
| 12 | 有关电气产品的包装运输问题 | 260 |

1 有关电机设计的问题

电机的电磁设计

- 1.1 不要设计过于细长或扁平的电机 7
- 1.2 电机线圈的电流密度不宜过大或过小 7
- 1.3 电机铁心的磁通密度不宜过高或过低 8
- 1.4 电机的槽满率不宜过高或过低 8
- 1.5 电机槽形的设计尽可能选用平行齿梯形槽 9
- 1.6 槽形边缘不要有尖角 9
- 1.7 尽量用圆底槽代替平底槽 10
- 1.8 电机铁心槽口宽度不宜过大 10
- 1.9 定子槽数不要太多或太少 10
- 1.10 异步电动机避免选用过大或过小的气隙 11
- 1.11 避免选用不适合的定、转子槽配合 11
- 1.12 避免因转子槽形不好,使电机起动困难 12
- 1.13 异步电动机转子要合理斜槽 13
- 1.14 异步电动机转子开路电压不要超过 500V 13
- 1.15 直流电机气隙不宜过大或过小 13
- 1.16 直流电机电枢绕组不要采用整距 14
- 1.17 直流电动机不宜只有并励绕组 14
- 1.18 直流电机换向极磁路不要饱和 15
- 1.19 凸极同步电机不要用均匀的气隙 15
- 1.20 单相电机不要用非正弦绕组 16

电机结构设计

- 1.21 结构件的机加工精度和粗糙度不要选择过高或
过低 16

电机的装配设计

- | | | |
|------|-----------------------------|----|
| 1.22 | 电机的转动零部件不要忽略增、减重部位的设计 | 17 |
| 1.23 | 转子避免用过紧的公差配合 | 17 |
| 1.24 | 轴和端盖与轴承内、外圈的配合不要太紧或太松 | 18 |
| 1.25 | 电机两端都用球轴承时轴向不要卡死 | 19 |
| 1.26 | 不要使用两轴承挡间距不合适的电机轴 | 20 |
| 1.27 | 不要使电机转子产生轴向窜动 | 20 |
| 1.28 | 注意防止电机的轴电流 | 21 |
| 1.29 | 电机的定、转子铁心不要错位 | 22 |
| 1.30 | 避免无法拆卸的结构设计 | 22 |
| 1.31 | 注意保持线圈端部和机座端盖间的合理间隙 | 23 |
| 1.32 | 注意防止异步电机笼条松动 | 23 |
| 1.33 | 不要使电机炭刷弹簧的压力太大或太小 | 24 |
| 1.34 | 不要使电机炭刷在刷盒内太松或太紧 | 24 |
| 1.35 | 直流电动机炭刷要放在磁极的几何中心线上 | 25 |
| 1.36 | 直流电机焊接机座的焊缝应在磁极的中心线上 | 25 |
| 1.37 | 直流电机的两半机座不要采用两个对等半圆 | 26 |
| 1.38 | 不要用过细的电机引出线 | 26 |

大中型电机设计

- | | | |
|------|------------------------------|----|
| 1.39 | 电机的振动值不允许超过标准规定的数值 | 27 |
| 1.40 | 电机的噪声不允许超过标准规定的数值 | 27 |
| 1.41 | 电机一般不允许在超过铭牌额定数据的情况下使用 | 27 |
| 1.42 | 一般的大、中型电动机不允许频繁起动 | 27 |
| 1.43 | 电机气隙不均匀度不要超过允许值 | 28 |

- 1.44 空载电流三相不平衡值不要超差 28
- 1.45 转子临界转速不宜过大或过小 28
- 1.46 电机转子挠度不要超过允许值 29
- 1.47 电机进风口的风速不宜过大 29
- 1.48 用平键的电机应避免在往复运转的工况下
使用 30
- 1.49 电机上的罩或冷却器上的吊攀不能用来起吊整台
电机 30
- 1.50 采用滑动轴承的电机其轴向跳动量不得过大 31
- 1.51 滑动轴承油量不宜过小 31
- 1.52 滑动轴承用油环润滑时，轴颈线速度不宜过大，也
不宜过小 32
- 1.53 滑动轴承的轴瓦与轴颈的接触面不超过合理数
值 32
- 1.54 油环润滑的滑动轴承的上瓦隙及侧隙不得超过允
许值 32
- 1.55 强迫压力供油润滑的滑动轴承的上瓦隙及侧隙不得
超过规定范围 33
- 1.56 用润滑脂润滑的滚动轴承，润滑脂不宜太多或
太少 33
- 1.57 电机采用滚动轴承时，应避免两端都用不能承受轴
向推力的轴承 33
- 1.58 电机绕组的绝缘电阻不得过低 34
- 1.59 电机轴承绝缘及测温元件的绝缘电阻不应低于规
定值 34
- 1.60 过分潮湿的绕组，应避免用通入电流的方法进行直
接干燥 34
- 1.61 带有冷却器的电机，应避免初、次级冷却介质互相
平行流动 35
- 1.62 定子和转子的三相直流电阻的偏差不得超过允

| | | |
|------|---|----|
| | 许值 | 35 |
| 1.63 | 定子每极每相槽数 q 值为分数时, 槽数的禁忌值 | 36 |
| 1.64 | 异步电机槽配合的禁忌值 | 36 |
| 1.65 | 绕线转子异步电机槽配合的禁忌值 | 37 |
| 1.66 | 极数为 3 的倍数的电机, 测温元件在槽内布置的禁忌 | 37 |
| 1.67 | 定子槽楔不要高于铁心内圆 | 38 |
| 1.68 | 机座地脚孔中心线与壁板之间的距离不宜过小 | 38 |
| 1.69 | 全封闭、径向通风和外压装的箱式电机, 机座和铁心上肋的布置禁忌 | 38 |
| 1.70 | 定子端箍直径不宜过大 | 39 |
| 1.71 | 轴上焊肋时, 肋的根数的禁忌值 | 39 |
| 1.72 | 深槽异步电机转子导条尺寸的禁忌值 | 40 |
| 1.73 | 极数为 3 的倍数的绕线转子异步电机, 转子引出线槽位置的禁忌 | 40 |
| 1.74 | 大、中型高速异步电机的定子压圈、端箍及转子护环材料选用的禁忌 | 41 |
| 1.75 | 凸极同步电机两相邻磁极线圈之间距离不宜太小 | 41 |
| 1.76 | 凸极同步电机采用电阻率不同的混合阻尼条时的禁忌 | 42 |
| 1.77 | 凸极同步电机磁极阻尼孔槽距的禁忌 | 42 |
| 1.78 | 具有提刷装置的绕线转子异步电机, 起动完毕转入运行状态时, 应避免先提刷后短路 | 43 |
| 1.79 | 集电环的环间距离不宜过小 | 43 |
| 1.80 | 炭刷与集电环的接触面积不得过小 | 44 |
| 1.81 | 炭刷的载流量不要过大 | 44 |

电机应用

| | | |
|------|---------------------|----|
| 1.82 | 多粉尘场所不要用防护式电机 | 45 |
|------|---------------------|----|

- 1.83 潮湿腐蚀性环境不要使用普通电机 45
- 1.84 一般电机不要直接用于高原地区 46
- 1.85 高温场所不能用一般电机 46
- 1.86 短时工作电机不能连续工作 47
- 1.87 不要使电机超载运行 48
- 1.88 不宜使电机长期轻载运行 49
- 1.89 不要使电机超速运行 49
- 1.90 不要使电机长期低速运行 50
- 1.91 不要使电机过热运行 50
- 1.92 不要使电机在不通风的环境中工作 51
- 1.93 不要将久置不用的电机直接投入运行 52
- 1.94 不要任意起动寒冷环境中的电机 53
- 1.95 不宜把小电机串、并联当大电机用 53
- 1.96 不要把三相绕组为Y形接线的电机接成△
形接线 54
- 1.97 不要任意把△形接线改成Y形接线 54
- 1.98 不要使电机在三相电源电压不平衡下运行 55
- 1.99 不要使电机在三相电流不平衡下运行 56
- 1.100 不要使电机在电源频率过低下运行 56
- 1.101 不要直接把60Hz的电机用于50Hz的电源 57
- 1.102 不要使异步电机的电源电压过高或过低 58
- 1.103 电机不要缺相运行 58
- 1.104 有异常振动和声响的电机不应继续运行 59
- 1.105 一般电机应避免频繁起动 60
- 1.106 避免不正确起动电动机 60
- 1.107 重载起动不要用普通电机 61
- 1.108 不同转动方式要选用不同的电机轴承 61
- 1.109 不要使电机轴承过热 62
- 1.110 电机的起动电阻不能当调速电阻用 63
- 1.111 绕线转子异步电动机转子绕组回路不要开路

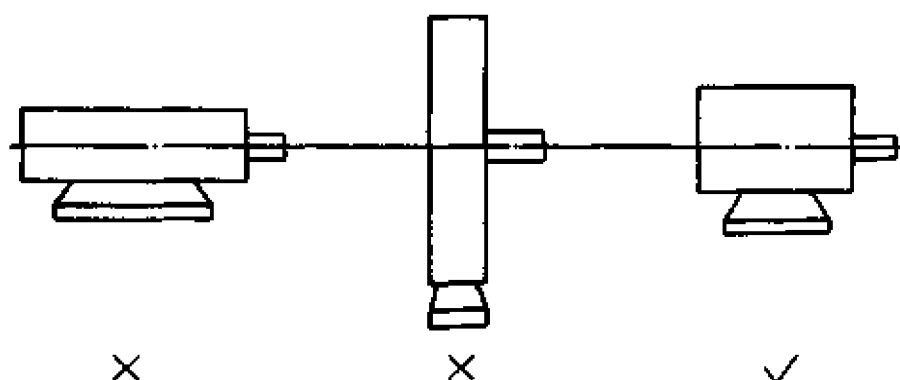
| | | |
|-------|---------------------------|----|
| | 运行 | 64 |
| 1.112 | 不要把分相起动的单相电机作分相运转 | 64 |
| 1.113 | 直流电机不要在有腐蚀性气体或尘埃中运转 | 65 |
| 1.114 | 串励直流电动机不能空载运行 | 65 |
| 1.115 | 不要使直流电机在明显火花下连续运行 | 66 |
| 1.116 | 避免换向器和炭刷的摩擦噪声 | 67 |
| 1.117 | 不要使换向器的表面聚积导电异物 | 68 |

1 有关电机设计的问题

电机的电磁设计

1.1 不要设计过于细长或扁平的电机

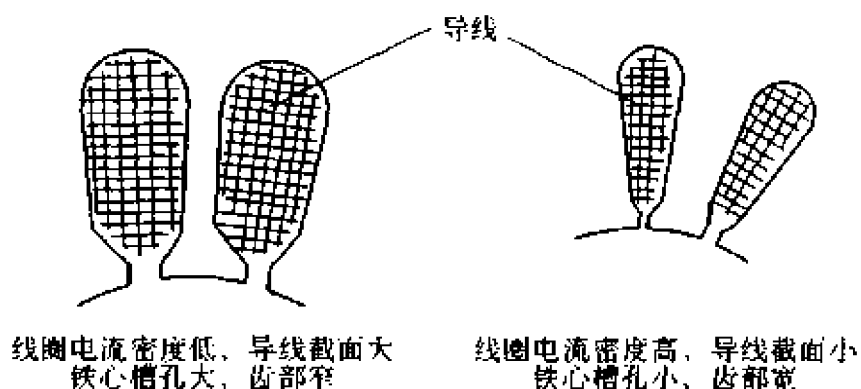
电机设计力求以最少的材料和成本获得最佳的性能。一般说来,扁平的电机有效材料用铁较少,用铜较多,结构材料较多。细长的电机有效材料用铁较多,用铜较少,结构材料较少,但结构的刚度较差。所以电机的直径和长度之比有一个最佳值,铁心内圆和长度之比为1:1左右。设计电机要根据电机各种性能要求及市场上有效材料、结构材料的价格进行优化设计,此外还要考虑系列化、零部件通用化以及结构的工艺性、工模具的成本等问题。



1.2 电机线圈的电流密度不宜过大或过小

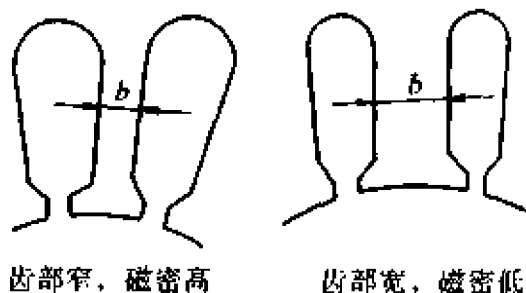
电机线圈具有一定电阻,当电流通过线圈时就产生损耗,使电机效率降低,绕组温度升高。电机设计时希望减小电阻,以减少损耗,降低温升,提高效率。降低电流密度,增加导线截面积可以减小电阻,但会导致线圈材料用量增加;由于槽面积的加大,引起铁心磁密增加,使电机的励磁电流及铁损耗增加。所以电流密度的选择要全面考虑电机性能。

电流密度一般选用 $3\sim 7\text{A}/\text{mm}^2$ 。对于大电机及封闭式电机取小值,对于小电机及开启式电机则取大值。



1.3 电机铁心的磁通密度不宜过高或过低

当铁心材料、频率及硅钢片厚度一定时，铁损耗决定于磁通密度的大小。磁通密度过高，使铁耗增加，电机效率降低，铁心发热使电机温升增高。并由于励磁安匝增加，电机功率因数降低。所以铁心的磁通密度不宜过高，尽量避免用在磁化曲线的过饱和段。小型电机一般不超过 155T。磁通密度过低则使电机材料用量增加，成本提高。



1.4 电机的槽满率不宜过高或过低

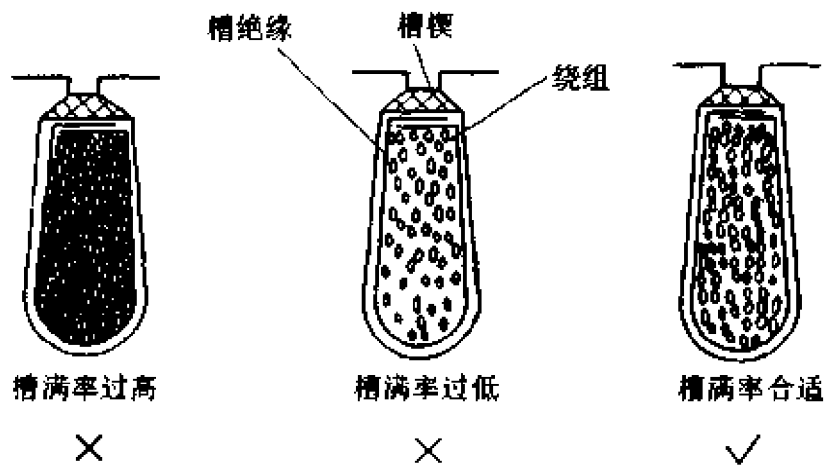
所谓槽满率是指槽内导线的面积和槽有效面积之比，即

$$s_f = \frac{Nzd^2}{S_c}$$

式中， N 为导线并绕根数； z 为每槽导体数； d 为导线绝缘后外径； S_c 为槽有效面积（为槽面积减去槽绝缘所占面积）。

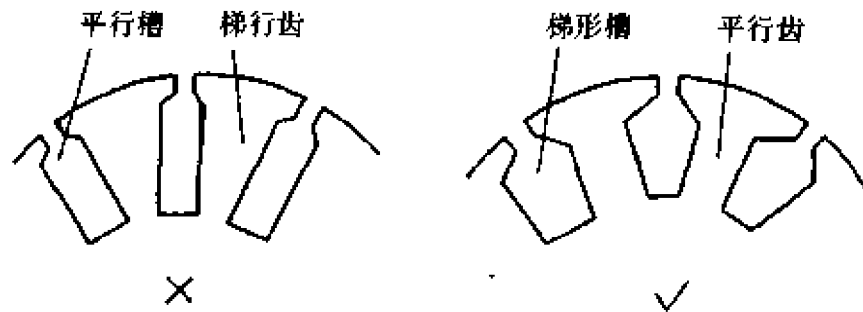
槽满率大，表示槽内填充紧密；槽满率小，表示槽内填充松散。就电机有效材料的充分利用和运行性能来说，槽满率高为好。但过高嵌线困难，劳动量及工时增加，容易损伤绝缘。槽满率低，电机运行时导线在槽内松动，易损坏绝缘。此外，槽内空隙多，由于空气导热差，影响线圈的散热，使电机温升增高。

槽满率一般取 75%~78%，不大于 80%。

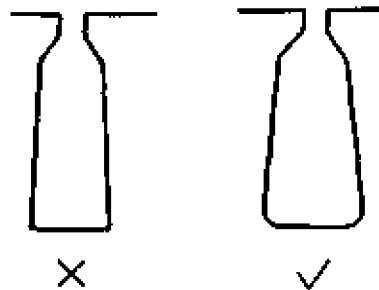


1.5 电机槽形的设计尽可能选用平行齿梯形槽

硅钢片工作在磁化曲线的饱和段，单位长度励磁消耗的安匝数随磁通密度的增加而大量增加。为了合理充分利用电机内部空间，电机设计时总是使硅钢片比较饱和。如果采用梯形齿，则齿的窄部由于磁通密度大，励磁安匝数大量增加，电机的功率因数降低。如果采用平行齿，则沿齿部长度内磁通密度均匀，励磁消耗的安匝数大为减少。



1.6 槽形边缘不要有尖角



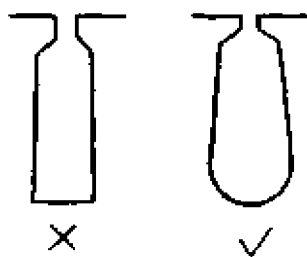
槽形的设计应考虑便于冲模的制造。冲模淬火时，凹槽尖角处常因应力集中而产生裂纹。圆角还有助于延长冲模寿命。槽形设计其边缘处应尽量采用圆

角，圆角半径应不小于 1mm。

1.7 尽量用圆底槽代替平底槽

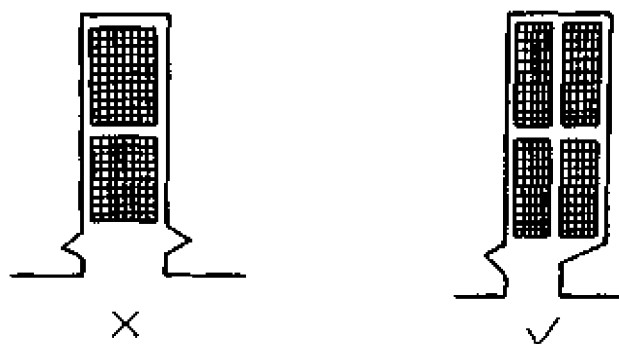
圆底槽的优点：

1. 圆底槽能改善导线的填充情况，槽绝缘不易损坏，在槽满率相同的情况下，圆底槽嵌线比平底槽容易。
2. 转子铸铝时，圆底槽比平底槽铝水填充情况好。
3. 圆底槽比平底槽便于模具制造。



1.8 电机铁心槽口宽度不宜过大

电机槽口太小，下线困难。电机槽口太大，使气隙磁通分布不均，齿谐波增大，附加损耗增加。半闭口槽的槽口宽度一般为 2~3 根导线的直径，约为 3.5mm。低压成型线圈采用槽内四个元件边的半开口槽结构，使其槽口宽度减少为槽宽的一半。

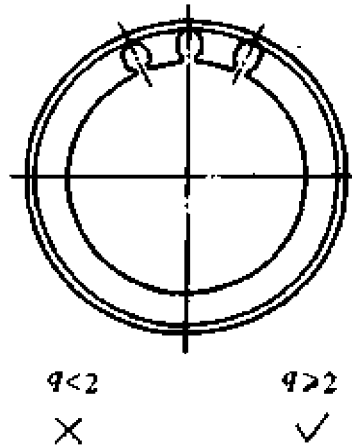


(低压成型线圈槽形)

1.9 定子槽数不要太多或太少

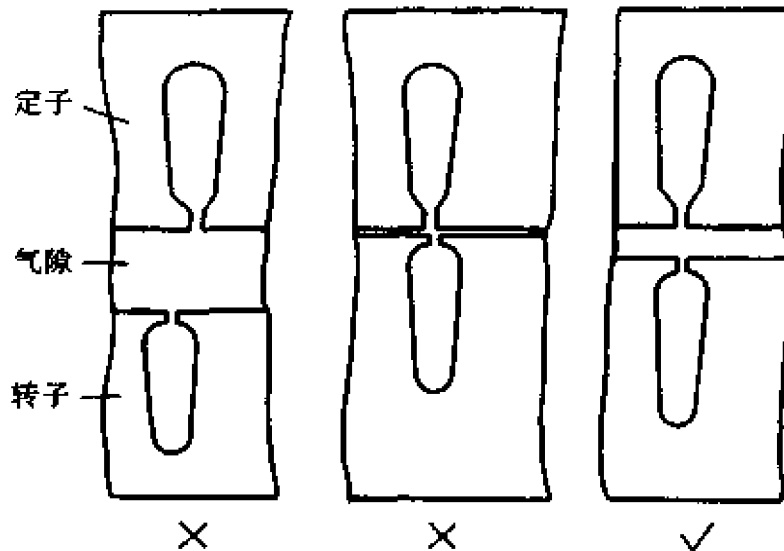
异步电动机定子槽数多，磁动势、电动势波形好，附加损耗小，电机效率高。槽数多，还使线圈和铁心的接触面积增加，线圈散热好，温升高。但槽数多，铁心齿部过窄，冲压变形大，工艺性差。槽数多还使模具制造成本增加，

线圈制造及下线工时增加。一般说来，定子槽数多，电机性能好，但成本高。一般异步电动机每极每相槽数 $q \geq 2$ 。



1.10 异步电动机避免选用过大或过小的气隙

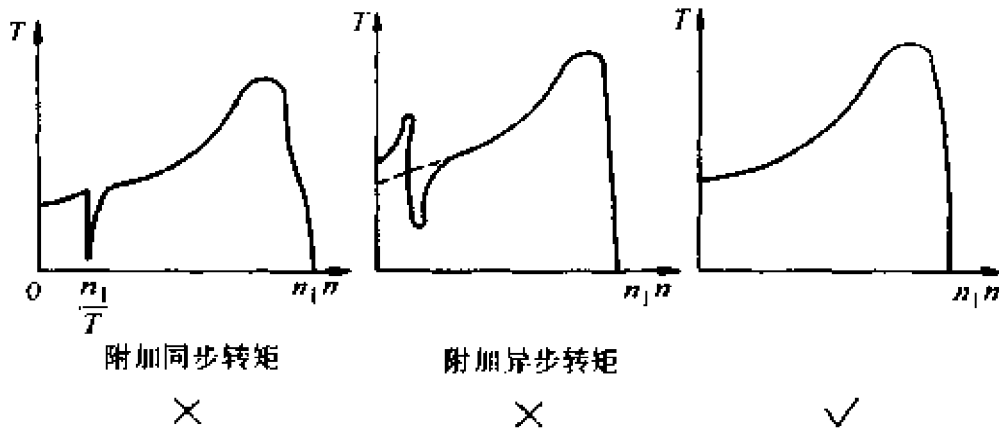
气隙是指电机定子和转子间的空隙。气隙大小对电机性能及制造工艺有很大的影响。气隙大，磁阻大，励磁安匝数多，使电机励磁电流增大，电机功率因数降低。但气隙大使谐波磁场减弱，电机的附加损耗降低。气隙大，对电机零部件的同轴度及装配精度的要求降低；气隙过小，则容易引起定转子扫膛，以及由于附加损耗增加而使电机效率降低。



1.11 避免选用不适合的定、转子槽配合

定、转子槽配合选择不当，可能使定、转子齿谐波磁动势的极数相同，则产生一系列的谐波转矩，该转矩使电机的起动转矩及最小转矩减小，损耗及噪

声、振动增加，甚至使电机卡在某一低转速下不能正常启动，引起电机烧毁。



设 Q_1 为定子槽数， Q_2 为转子槽数， p 为电机极对数。为避免或削弱齿谐波的作用，槽配合的选择应遵守以下规则：

1. 为削弱附加同步转矩

$$Q_1 \neq Q_2$$

$$Q_1 \neq Q_2 \pm p$$

2. 为削弱附加异步转矩，使定、转子槽数相近。

3. 为减少单向振动力

$$Q_1 - Q_2 \neq \pm 1$$

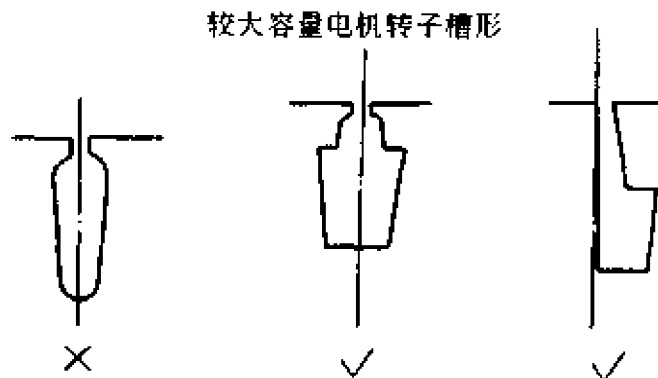
$$Q_1 - Q_2 \neq \pm p \pm 1$$

1.12 避免因转子槽形不好，使电机启动困难

对于笼型异步电动机要选择适合的槽形，使转子槽有足够的面积，以降低转子铜耗，保证电机效率及温升；使转子齿及轭部有足够的导磁面积，使电机启动电流小，启动转矩大。

一般小容量电机（10kW 以下）采用梯形槽；较大容量的电机为了改善启动性能，则采用凸形槽或大刀槽。其特点

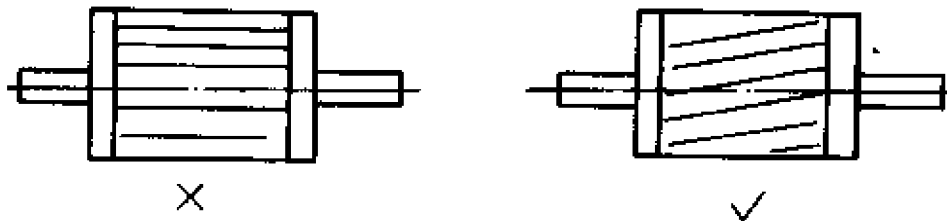
是利用启动时导条的挤流效应，使启动转子电阻大大高于运行转子电阻，以获得小启动电流、大启动转矩。



采用凸形槽或大刀槽，增加了模具制造及铸铝的困难，应注意解决。

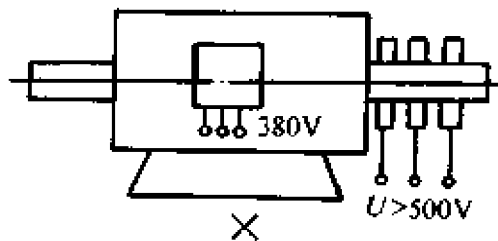
1.13 异步电动机转子要合理斜槽

转子合理斜槽可以使转子导条沿轴向的谐波电动势相位不同而被削弱，从而减少了附加同步转矩及附加异步转矩，降低电机附加损耗，提高效率，降低噪声、振动。可见转子合理斜槽对改善电机性能有重要作用。一般电机转子斜槽宽度为定子的一个齿节距。



1.14 异步电动机转子开路电压不要超过 500V

当绕线转子三相异步电动机定子加额定电压而转子不转时，绕线转子开路时的电压即空载转子电压，此电压不要超过 500V。这样转子绕组绝缘可以按低压绝缘来设计制造，电机的运行也安全可靠。空载转子电压超过 500V 时，其转子绝缘及有关电器设备需特殊考虑。

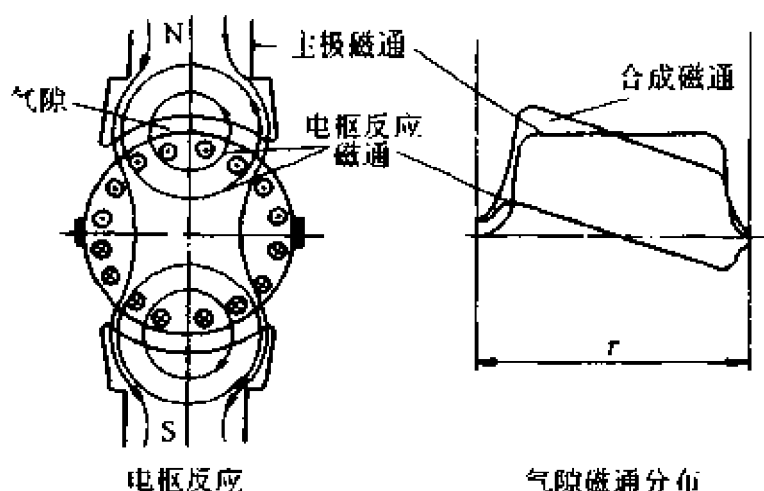


1.15 直流电机气隙不宜过大或过小

直流电机气隙大小影响电机换向性能及励磁容量。在电枢反应交轴磁动势的作用下，主极磁通分布不均匀，气隙磁密大的地方换向器片间电压高，换向性能变坏。在气隙小时，电枢反应的影响比较突出。气隙增大，可以使额定负载时最大片间电压低，有利于削弱换向火花。但使主极励磁安匝增加，励磁损耗及励磁绕组用铜量均增加。气隙的数值可按式计算：

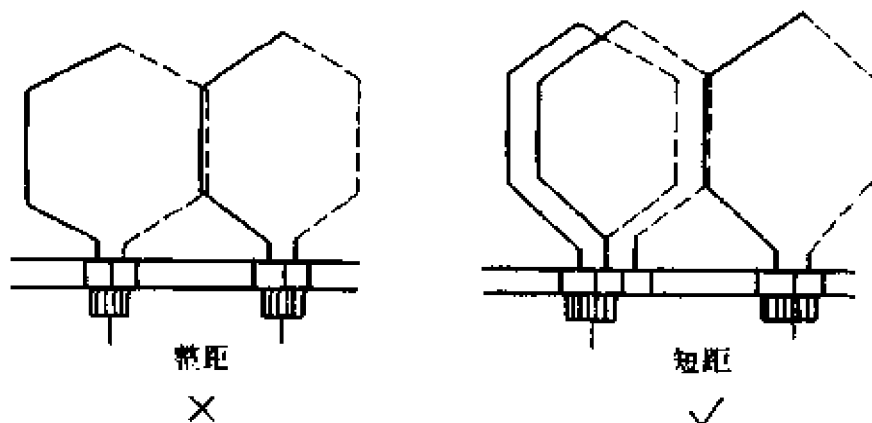
$$g = (0.37 \sim 0.4) \frac{A\tau}{B_g \times 10^4}$$

式中， A 为线负荷； τ 为极距； B_g 为空载气隙磁密幅值。



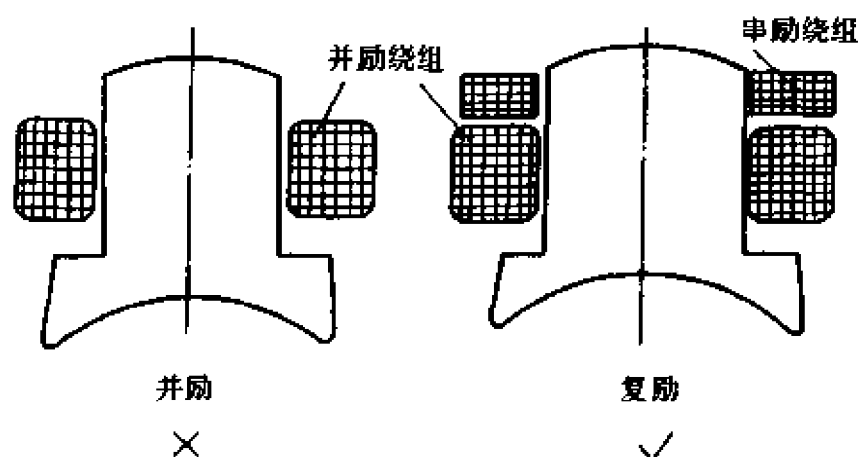
1.16 直流电机电枢绕组不要采用整距

直流电机电枢绕组采用整距不利于换向。此时槽内上、下层线圈同时处于换向状态，由于自感及互感的作用，换向电动势成倍增加，阻挠换向电流的变化，使换向性能恶化。采用短距时，槽内上、下层线圈不同时换向，线圈的换向电动势只有自感没有互感，电动势大小约为整距线圈换向电动势的一半，使换向性能得到改善。



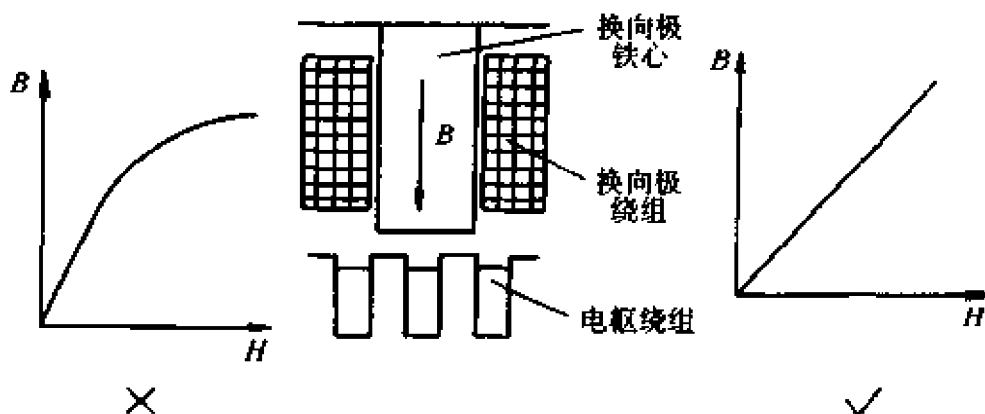
1.17 直流电动机不宜只有并励绕组

由于电枢反应的去磁作用，使并励电动机负载运行时的磁通量小于空载运行时的磁通量。造成负载运行时转速下降不大，甚至上升，导致电机运行不稳定。因此应当采用复励绕组，其中串励绕组的助磁作用和电枢反应的去磁作用互相平衡，使电机运行时磁通量大小不随负载的变化而变化。复励电机的机械特性为平缓下降，在负载变化时，电机都能稳定运行。



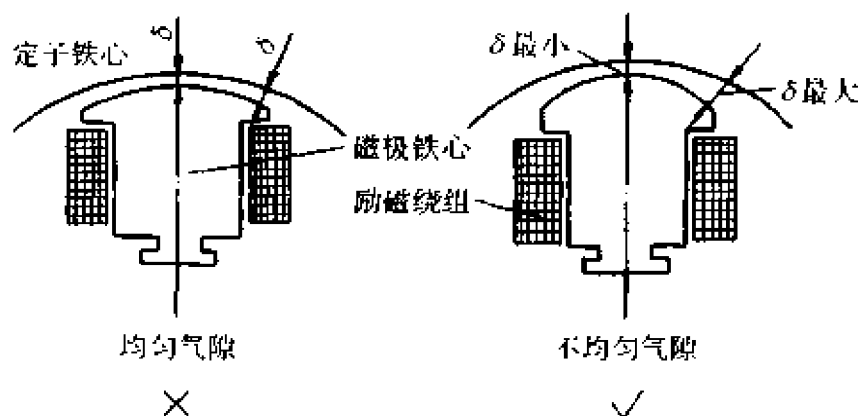
1.18 直流电机换向极磁路不要饱和

电枢电流流过换向极绕组在换向极铁心与电枢表面的气隙处产生磁通，换向元件切割该磁通产生换向电动势，该换向电动势和换向元件的自感、互感电动势相等时实现电阻换向，换向火花最小。换向极磁路不饱和时，不同负载下换向电动势均和自感、互感电动势平衡，使换向良好。换向极磁路饱和时，由于两种电动势不平衡，电机过载时为滞后换向，火花情况恶化。所以换向极磁路不要饱和。



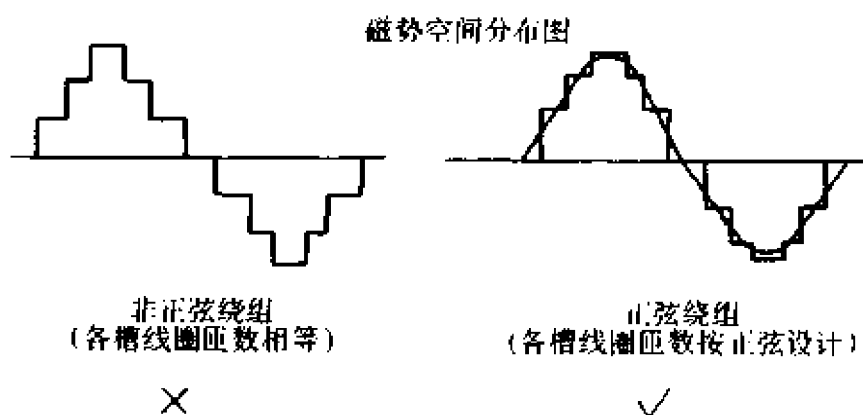
1.19 凸极同步电机不要用均匀的气隙

发电机设计时要求发电机电压为正弦波。凸极同步电机转子为集中励磁绕组，其磁动势分布为矩形波。为了使气隙磁密沿圆周方向正弦分布，凸极同步电机一般不做成均匀气隙。使磁极极尖处的最大气隙和磁极中心线处的最小气隙的比值为 1.5 : 1。这时气隙磁密波接近正弦波。



1.20 单相电机不要用非正弦绕组

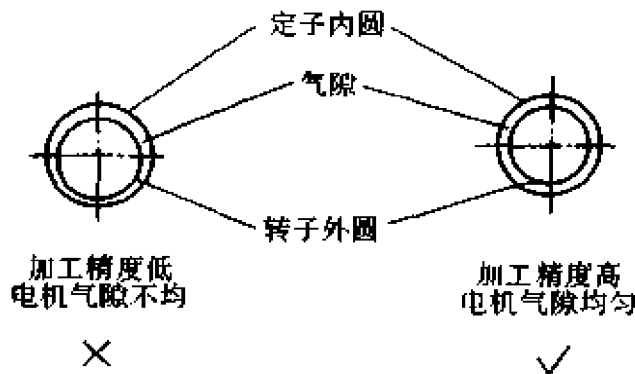
单相电机一般由两套绕组组成。一套为主绕组，另一套为接有电容器的副绕组。两套绕组所产生的脉振磁场合成旋转磁场使电机旋转。如果，主、副绕组为非正弦绕组，由于合成后的旋转磁场中的谐波磁场的影响，使电机各项性能很差。所以一般单相电机均采用各线圈匝数不相同的正弦绕组。



电机结构设计

1.21 结构件的机加工精度和粗糙度不要选择过高或过低

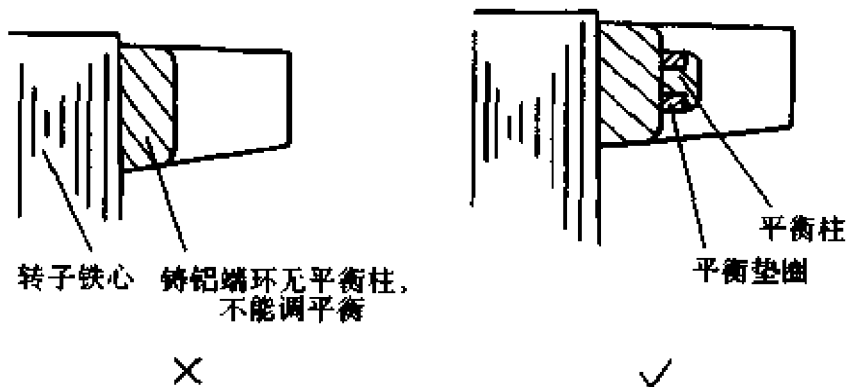
电机的定子与转子之间的空隙称为气隙。结构件的机加工精度过低，使电机气隙沿圆周方向不均匀，电机性能恶化，产生噪声、振动，严重时使定、转子相碰，电机烧毁。机加工精度过高，则使加工成本增加。表面粗糙度直接影响配合尺寸的精度和配合性质的稳定。所以要选择既达到了规定的精度和粗糙度又最经济的加工方法。



电机的装配设计

1.22 电机的转动零部件不要忽略增、减重部位的设计

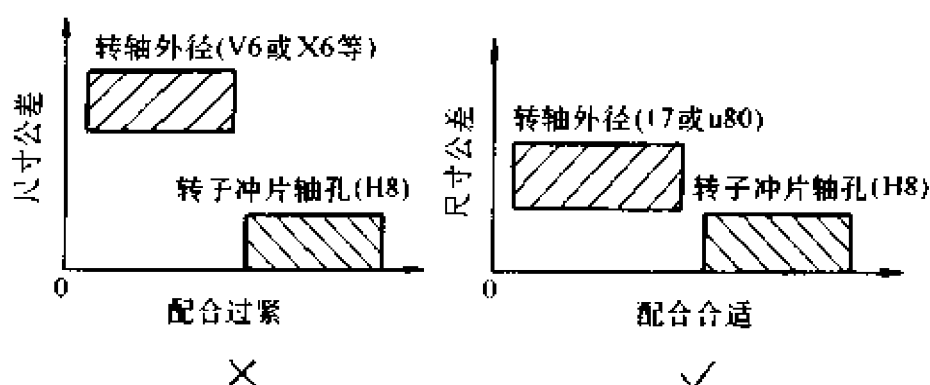
电机转子由于机加工同轴度的偏差，热加工（铸铝、焊接）的不均匀性，绕组端部和连接线分布不均匀，各部分挂漆量的不同以及结构设计的不对称（如单边有键槽）等原因造成转子重心不在其转动的轴线上，即所谓的转子不平衡。转子不平衡造成电机运行时的振动，影响电机及其拖动装置的工作，降低设备寿命。为了保证电机运行平稳，必须对转子采取平衡措施，即调平衡。调平衡的方法有加重法和去重法。加重法是利用螺钉连接、铆接、粘接等方法将重物按需要的重量加在转子缺少重量的部位。去重法就是将转子某部位多余的重量去除。无论是加重或去重，电机结构设计时一定要在转子上留有可供加重或去重的部位，该部位尽可能布置在离中心较远的位置，这样可以较小的平衡重，获得较好的平衡效果。平衡重必须固定牢靠，以免在电机运行时飞出造成事故。



1.23 转子避免用过紧的公差配合

转轴和铸铝转子铁心采用热套配合，具有结构简单，配合牢靠的优点。对

离心铸铝转子还可以利用铸铝时的余热，将轴装入铁心轴孔中，以节约能源。热套轴的铁心档一般采用 $r7$ 或 $u8$ 。转子冲片轴孔一般采用 $H8$ 。热套时转子铁心温度一般控制在 $250\sim 400^{\circ}\text{C}$ 。在保证配合强度的前提下，尽量不要采用过紧的公差配合。因为过盈量增加，必然要求提高转子铁心的温度，这样既浪费能源也增加热套操作的困难。有时为了解决铁心轴孔不齐的问题，采用提高转子温度的办法。这样虽然可以套轴，但转子冷却后轴的弯曲变形增加。比较好的办法是由机加工（如铰孔或推刀、拉刀加工）去除轴孔的不齐部分，以保证用较低的转子铁心温度满足热套要求。



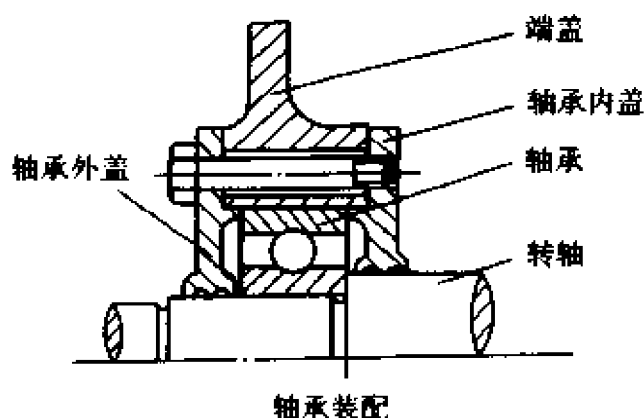
1.24 轴和端盖与轴承内、外圈的配合不要太紧或太松

轴承装配是电机正常运行的关键。轴是转动零件，要求轴和轴承间的配合比较牢固，不能出现间隙。但配合若有过大的过盈量，会使轴承内圈涨大，使轴承钢球和内、外圈间的间隙减少，引起轴承响声或发热。轴承外圈和端盖的配合过紧也会引起轴承响声或发热。而且装配和维修时不便于端盖的装卸。配合过松、电机运行时轴承外圈会在端盖内转动，导致配合松动，间隙增大。严重时发生“扫膛”，电机烧毁。

端盖轴承室与球轴承外圈的配合一般选用 $J7/h6$ 。实际上为了降低轴承噪声，在不使轴承外圈转动的情况下适当放大端盖轴承室的尺寸，不得不用非标准的公差：

(mm)

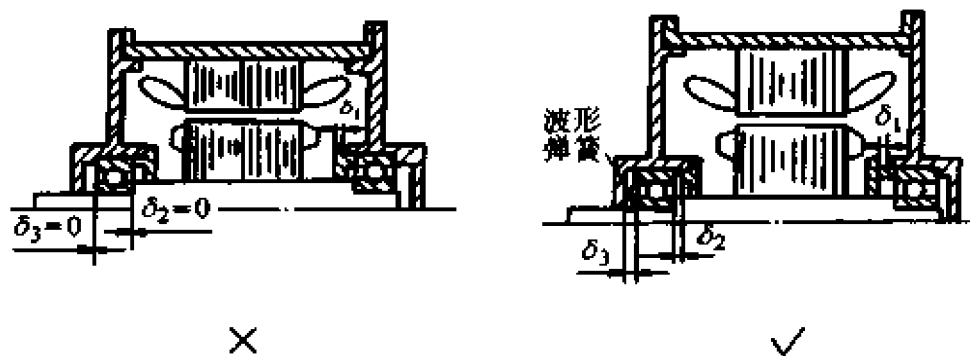
| 轴承室内径 | 轴承室公差 | 轴承室内径 | 轴承室公差 |
|--------------|----------|----------------|----------|
| $>30\sim 50$ | $+0.020$ | $>80\sim 120$ | $+0.025$ |
| | -0 | | -0 |
| $>50\sim 80$ | $+0.022$ | $>180\sim 160$ | $+0.029$ |
| | -0 | | -0 |



滚动轴承内径与轴承挡外径的配合一般用 H7/k6。在保证轴和轴承间连接牢固的前提下，保持轴的 k6 下偏差不变，适当缩小公差带，使轴的外圆尺寸较小，以保证轴承钢球的合理间隙，降低轴承噪声。具体的公差带数值按设备的精度选定。

1.25 电机两端都用球轴承时轴向不要卡死

一般电机定子散热条件比转子好，机座、端盖的温升低于转子温升。电机运行时转轴的热膨胀要大于定子部件、机座、端盖的热膨胀。如果两端球轴承都卡死，转轴就不能自由膨胀。其结果一方面使球轴承承受较大的轴向力，增大轴承噪声及磨损，降低轴承寿命。另一方面使转轴产生弯曲变形，可能使定、转子相碰，即所谓“扫膛”，使电机不能正常工作，甚至烧毁。

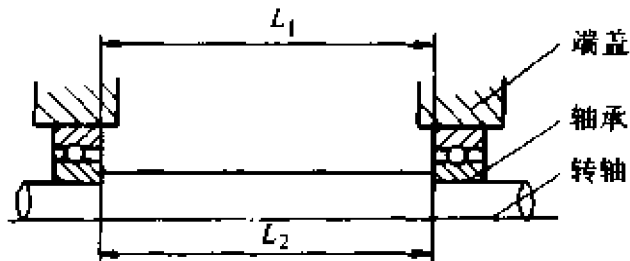


电机结构设计要认真计算装配尺寸链，该装配尺寸链一定要使电机的非轴伸端轴承被轴承盖压紧，使轴伸端的轴承和轴承盖之间有一定的间隙。

当电机两端分别为球轴承和圆柱滚子轴承时，由于圆柱滚子轴承内、外圈之间允许有一定的轴向位移，而不影响轴承的正常运行。所以电机两端轴承都可以用轴承盖卡死。

1.26 不要使用两轴承挡间距不合适的电机轴

如果由电机各个零件如机座、端盖、轴、轴承、轴承盖等的相互轴向位置所组成的尺寸链与转轴两轴承挡间距不符合,就会使轴承承受附加的轴向力,增加轴承的噪声和磨损,降低其使用寿命。

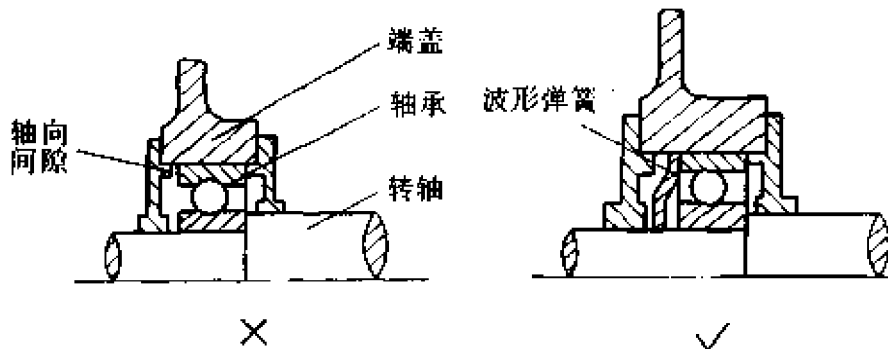


L_1 : 由定子端(机座、端盖、轴承盖)计算得出的轴承间距

L_2 : 转轴的轴承间距

L_1 、 L_2 应当相符合

1.27 不要使电机转子产生轴向窜动



电机转子轴向窜动现象表现如下:

1. 测试电机振动值时,经常发现各点振动值很低,唯有第1点(轴向)振动值超差。
2. 电机经过一段时间的运输后,拆机检查时发现轴承因转子窜动而损坏。
3. 有的电机用手握住轴伸端,并前后用力,即可看到转子轴向窜动。转子轴向窜动不但造成轴承的损坏,也影响所拖动的负载的正常运行。造成转子轴向窜动的原因有:

1. 轴承有轴向及径向间隙。
2. 由于电机各零部件尺寸的误差,不可能使电机装配后轴承都在理想的位置。
3. 电机定、转子铁心轴向位置不对,造成轴向拉力。
4. 考虑电机的热胀冷缩,不可能将电机的两端轴承都轴向卡死。

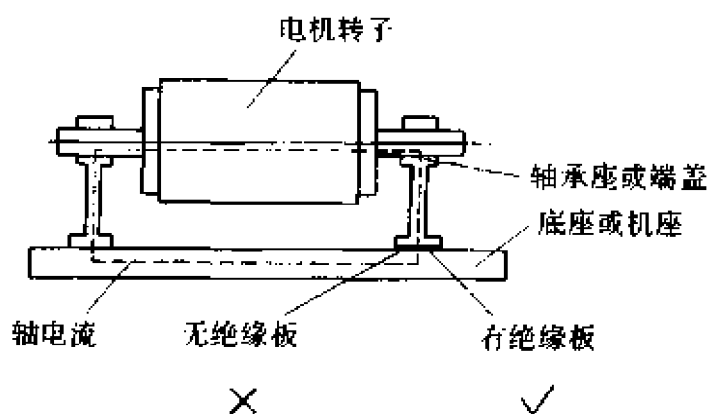
避免电机转子轴向窜动的方法:

1. 调整法:采用可动补偿件如利用螺钉、弹簧、波形弹簧垫片等,并使弹簧在装配时预先受到压缩。使轴承外圈受到一定的轴向力,以减少轴承的轴向工作间隙,减少电机运转时所产生的振动,补偿定、转子尺寸链的误差和由于振动及热胀冷缩所造成的伸缩。

2. 卡紧法:为了避免运输过程中由于转子轴向窜动所造成的轴承损坏,对需要长途运输的电机,制作专用卡子,把轴的轴向位置固定。使用电机时再撤除。

1.28 注意防止电机的轴电流

电机的轴—轴承座—底座回路中由磁场不对称所产生的脉动磁通以及供电电源中的谐波所引起的电流称为轴电流。该电流使轴和滑动轴承轴瓦的表面或滚动轴承滚珠和套圈表面受到侵蚀,形成点状微孔,使轴承运转性能恶化,摩擦损耗和发热增加,严重时造成烧轴承事故。



轴电流产生的原因有以下几种:

1. 由于制造和安装不好,转子偏心造成气隙不均。
2. 可拆开式定子铁心两个半圆间有接缝。
3. 由扇形片叠成的定子铁心的拼片数目选择不合适。
4. 电机供电电源中的谐波(如变频器、调压调速器等)。

防止轴电流,除了在设计及制造上注意消除脉动磁通及电源谐波外,对于较大电机的滑动轴承,应当将轴承座和底座绝缘;对于滚动轴承,应当使轴承外圈和端盖绝缘。

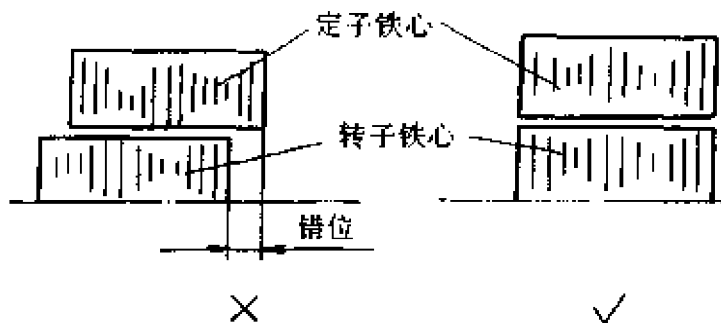
1.29 电机的定、转子铁心不要错位

电机的定、转子铁心错位,对电机性能不利:

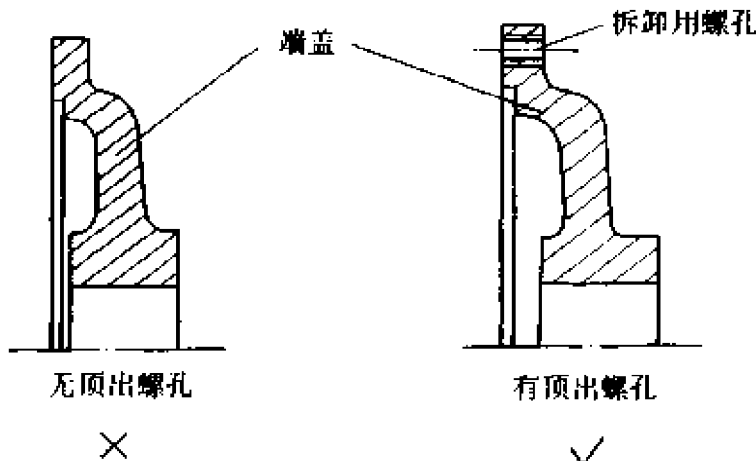
1. 相当于空气隙有效面积减小,励磁电流增大,功率因数降低。还使定子电流大,定子铜耗大、效率低,温升高。
2. 转子受到一个轴向力,加快轴承磨损,增大电机的噪声和振动。
3. 影响电机正常通风,电机温升高,特别是对有径向通风道的电机,定、转子径向通风道错位,对通风效果影响较大。

造成定转子铁心错位的原因:

1. 定子铁心压入机座的位置不正确。
2. 转子铁心压入转轴的位置不正确。



1.30 避免无法拆卸的结构设计



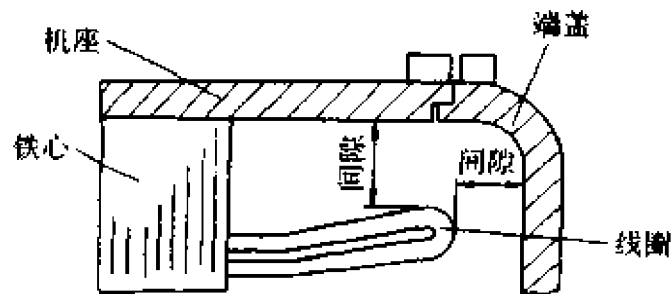
电机的结构设计,要便于安装、检修和拆卸。小型电机端盖突耳与机座之间留有一定间隙。拆电机时可用工具插入间隙撬开端盖。若端盖和机座全部贴紧,则须在端盖外缘备有顶出螺孔,拆卸时可将机座端盖分开。大型电机底脚上也应有螺孔。作为拆卸时顶起机座用。

1.31 注意保持线圈端部和机座端盖间的合理间隙

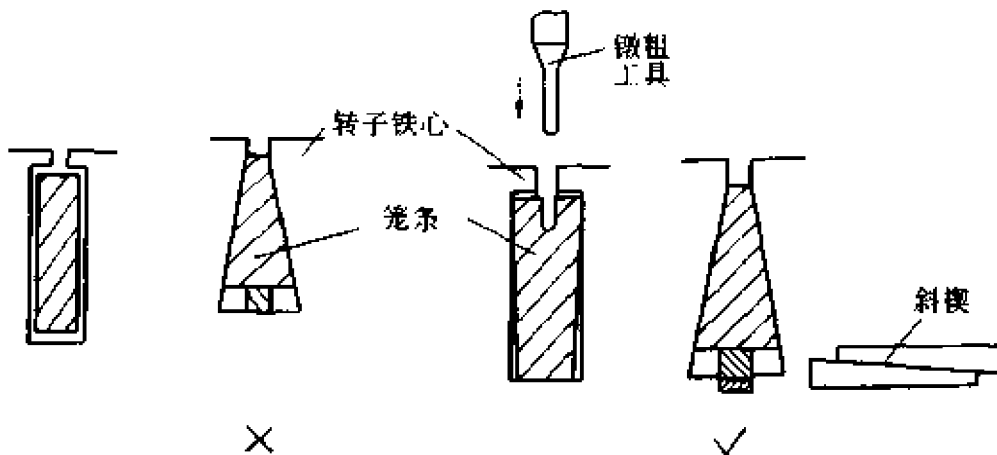
线圈端部和机座端盖间的间隙太小,使风路的截面减小,风阻增大,风量减小,温升增高。特别是对防护式电机影响较大。间隙小还可能造成线圈碰机座端盖,引起对地短路。

造成间隙太小的原因如下:

1. 结构设计过于紧凑。
2. 线圈端部长度过大或下线后端部的整形绑扎不好,喇叭口太大。
3. 定子铁心压入机座位置不正确。



1.32 注意防止异步电机笼条松动



大型异步电机由于铸铝难以满足性能要求而采用焊接结构的笼型转子。某些中小型电机由于转矩、效率方面的需要,也有采用焊接结构的笼型转子

(如电梯电机、高效电机等)。

电机在起动、运行时,转子笼条承受了很大的离心力、电磁力和热应力,容易使笼条开焊、断裂,造成停机事故。

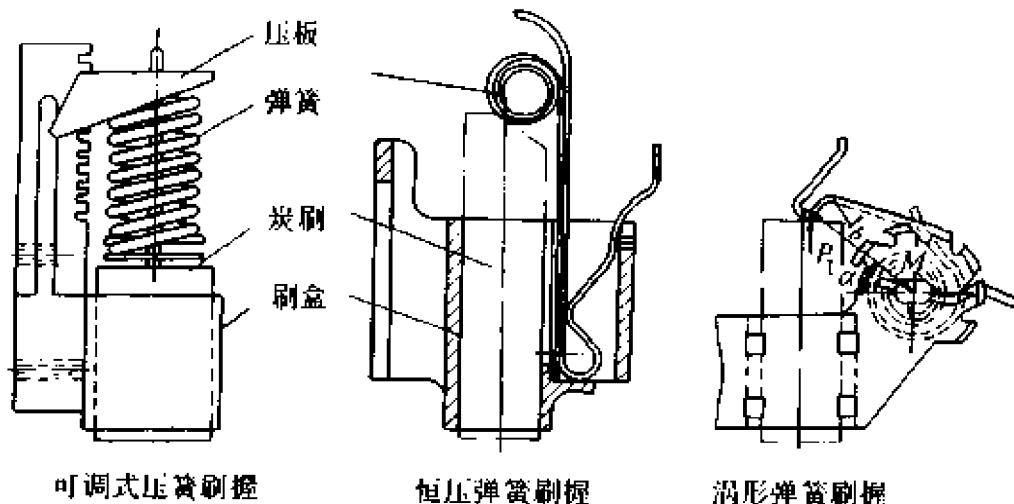
防止笼条松动的方法取决于转子的结构:

1. 墩粗法:采用专用工具从槽口敲击笼条,使其墩粗,在槽内紧固。
2. 斜楔法:将一对斜楔分别从铁心两端打入槽底部,将导条挤紧在槽内。

1.33 不要使电机炭刷弹簧的压力太大或太小

炭刷弹簧的压力太小使炭刷接触不好,可能产生火花。压力太大摩擦损耗增加,并加快炭刷的磨损。对电机刷握结构的要求是使炭刷受到均匀稳定的压力,各炭刷相互间的压力差不应超过其平均值的 10%。另外在电机运行过程中,随着炭刷的磨损,能调整或自动维持压力基本不变。

常用的刷握结构有可调式压簧刷握、杠杆式拉簧刷握、恒压弹簧刷握及涡形弹簧刷握等,可以根据需要分别采用。

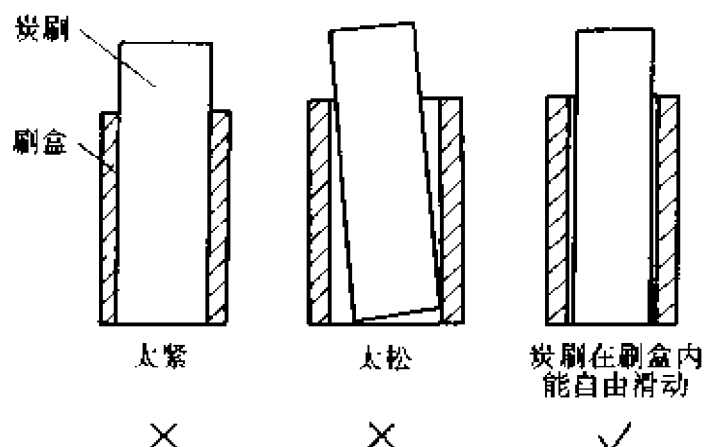


1.34 不要使电机炭刷在刷盒内太松或太紧

在带有滑动接触的电机中(如直流电机换向器、交流电机的集电环)炭刷的装配质量对导流的情况有很大影响。特别是直流电机,炭刷的装配质量和换向好坏有密切的关系。

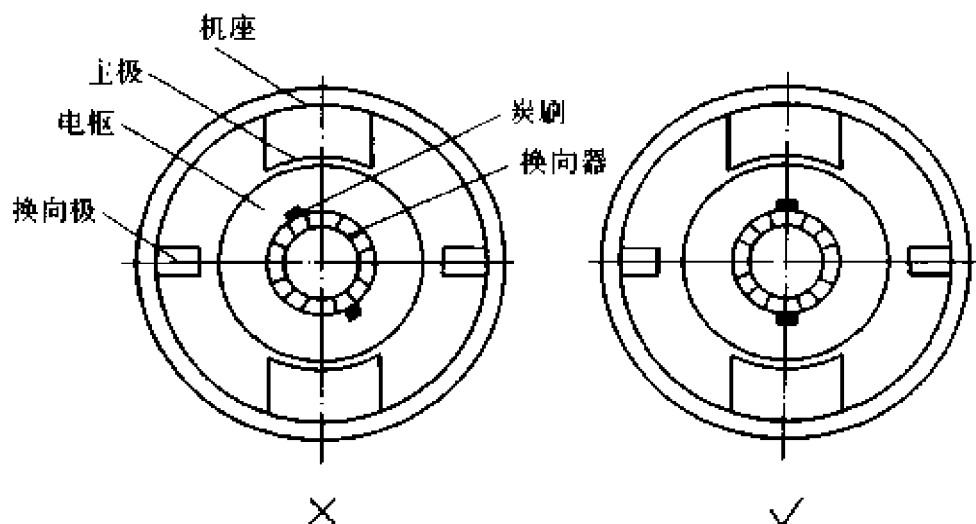
炭刷盒的内表面应当平整光滑,使炭刷在刷盒内能够均匀滑动。炭刷和刷盒的配合太紧使炭刷卡住,太松则使炭刷在刷盒内晃动,两种情况均导致炭刷

接触不良，容易产生火花。



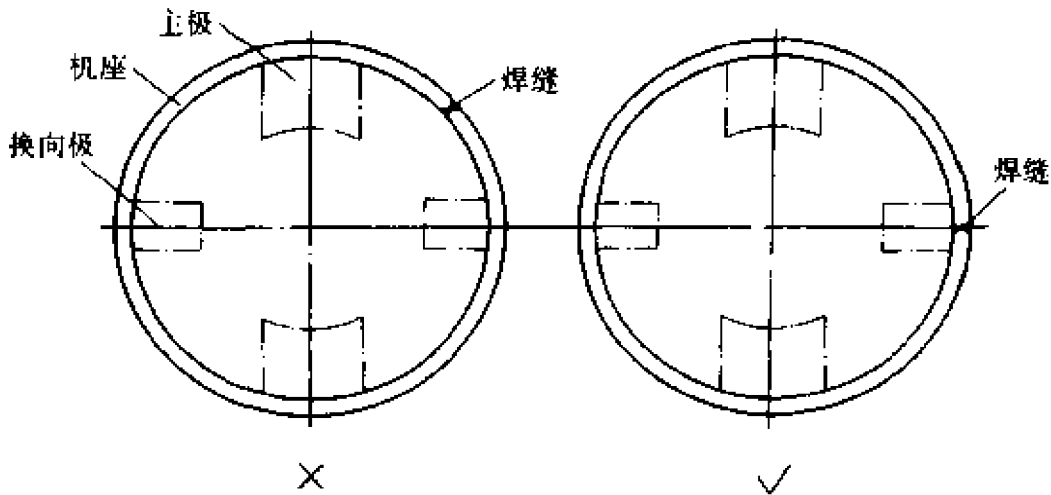
1.35 直流电动机炭刷要放在磁极的几何中心线上

直流电动机炭刷要放在磁极的几何中心线上，可以使每极下电枢绕组的感应电动势方向一致，炭刷间获得的感应电动势总和最大。还可以使被炭刷短路的电枢绕组感应电动势为零，不会使电机发生超前或延迟换向，使换向的火花最小。



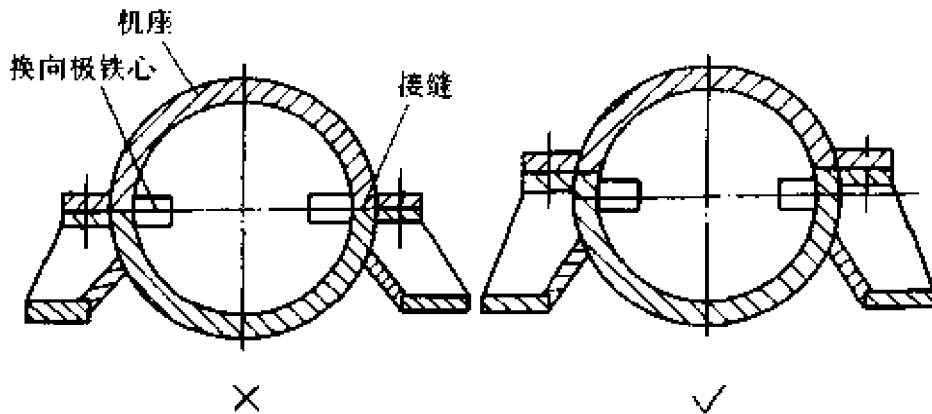
1.36 直流电机焊接机座的焊缝应在磁极的中心线上

直流电机机座是用厚钢板卷成圆筒形后焊接成的。机座沿圆周总是有一条焊缝。焊缝的导磁性能和钢板不同，如果焊缝不在磁极的中心线上，使磁极两边磁路不对称，则使电机性能变坏。所以要注意把焊缝安排在磁极中心线上，最好安排在换向极铁心的中心线上，以免引起主极磁通之不对称。

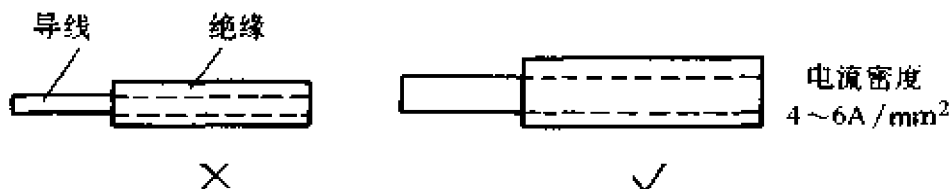


1.37 直流电机的两半机座不要采用两个对等半圆

大型或特殊直流电机机座有时需要做成两半的。这种机座的合缝线应当选在略高于水平直径处，而不是在磁极的中心线上。这样便于检修装卸。在拆装机座时不必拆装磁极铁心。由此引起的磁路不平衡问题须另行解决。



1.38 不要用过细的电机引出线



电机下线后将橡胶电缆与绕组焊接并引至电机接线板。电机引接线要求绝缘性能好，耐高温，柔软性好并且在浸漆、装配过程中不易开裂。

引出线的选用除了要考虑其耐热绝缘等级要符合电机要求外，其导线截

面大小要根据电机的额定电流来选择。电流密度一般按 $4\sim 6\text{A}/\text{mm}^2$ 计算。小电机取大值,大电机取小值。过细的电机引出线容易因电缆绝缘过热老化,造成电机击穿事故。

大中型电机设计

1.39 电机的振动值不允许超过标准规定的数值

电机产生振动的原因是多方面的。有电磁和机械方面的原因,也与被拖动机械的运行情况和机组的安装质量有很大关系。一般来说,转速在 $500\sim 3600\text{r}/\text{min}$ 范围内刚性安装的大、中型交流电机其振动速度有效值不应超过 $2.8\text{mm}/\text{s}$ 。

1.40 电机的噪声不允许超过标准规定的数值

产生电机噪声的原因是极复杂的。从产生的声源可分为电磁噪声、机械噪声和通风噪声。噪声超过一定范围,对人的神经系统和听觉器官有不良影响,因此,对一般通用的电机按下表控制其噪声(空载时,测得的 A 计权声功率):

| 噪声限值/dB(A) | | | | |
|--------------------|--------------|------|------|------|
| 功率/kW | 同步转速/(r/min) | | | |
| | 375~750 | 1000 | 1500 | 3000 |
| $\geq 220\sim 550$ | 99 | 103 | 106 | 107 |
| $> 550\sim 1100$ | 101 | 106 | 108 | 109 |
| $> 1100\sim 2200$ | 103 | 108 | 109 | 110 |
| $> 2200\sim 5500$ | 105 | 110 | 110 | 112 |

1.41 电机一般不允许在超过铭牌额定数据的情况下使用

每种规格的电机,应在机、电、热等方面限定在一定范围内使用,否则,电机就要受到不同程度的损害,损坏严重时,电机就只好报废了。

1.42 一般的大、中型电动机不允许频繁起动

一般的电动机尤其是笼型转子的电动机,在起动过程中,伴随着出现很大

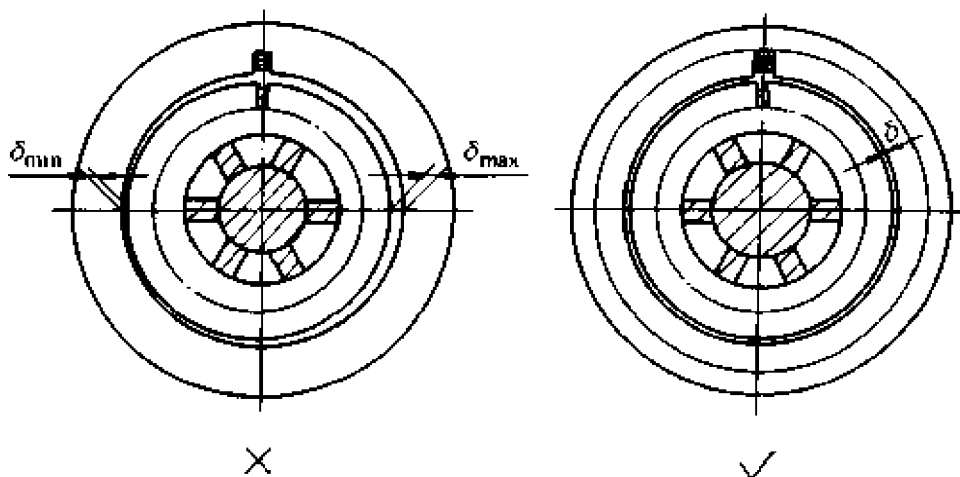
的起动电流,在起动瞬间,起动电流一般是额定电流的 6 倍左右。这会引发电网电压波动,消耗较大的电能。对电机本身来说要承受很大的电动力和热应力,还会引起电机急骤发热。因此频繁起动,对电网、电机都是不利的。对一般用途的电机允许冷态起动两次,热态只允许起动一次。

1.43 电机气隙不均匀度不要超过允许值

气隙不均匀会影响电机的噪声、振动、挠度等的数值。严重时,会使噪声、振动超过允许值,甚至引起扫膛,使电机不能运行。根据经验,对大、中型电机控制在下面的范围内,能满足电机的运行要求。

平均气隙 δ_{av} 与名义气隙 δ 之差 $\leq \pm 10\%$ 的名义气隙 δ 。

最大气隙 δ_{max} 或最小气隙 δ_{min} 与平均气隙 δ_{av} 之差 $\leq 10\%$ 的平均气隙 δ_{av} 。

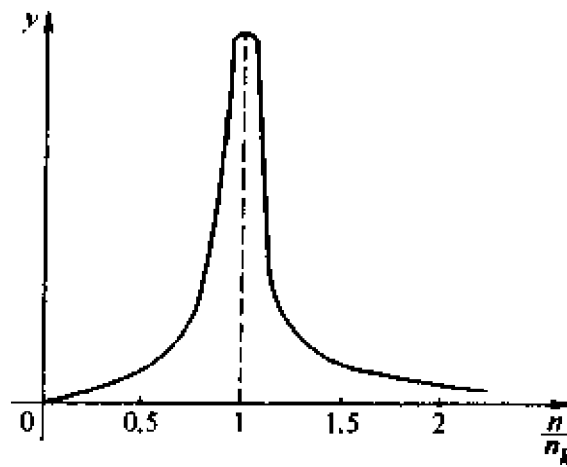


1.44 空载电流三相不平衡值不要超差

在电源三相电压平衡的情况下,若空载电流三相差别很大,则表明电机在电路或磁路上有不平衡之处。一般规定空载电流任何一相与三相平均值的偏差不大于平均值的 10%。

1.45 转子临界转速不宜过大或过小

转子临界转速与电机的额定转速应有一定的差距,以免发生共振。倘若发生共振,轻者影响电机正常运行,严重者使电机甚至机组毁坏。因此,一般临界转速 n_k 应大于 1.2 倍的额定转速 n_N , 或者小于 0.8 倍的额定转速 n_N 。



有阻尼时，旋转轴转速与挠度关系曲线

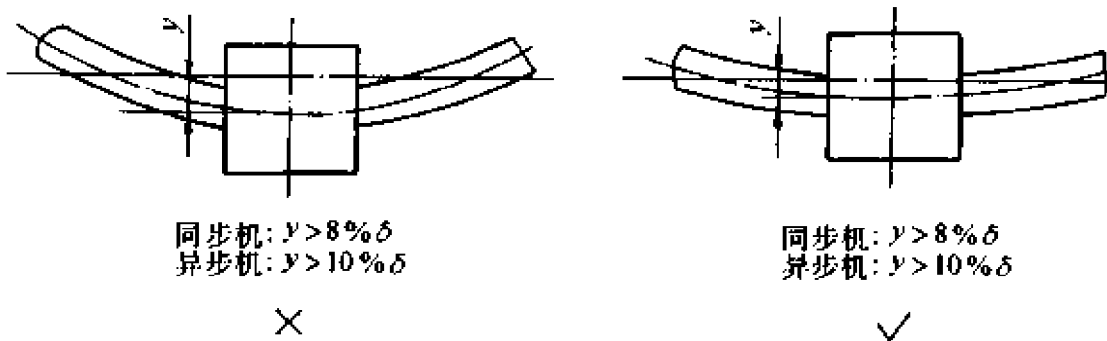
y —挠度

n —转速

n_k —临界转速

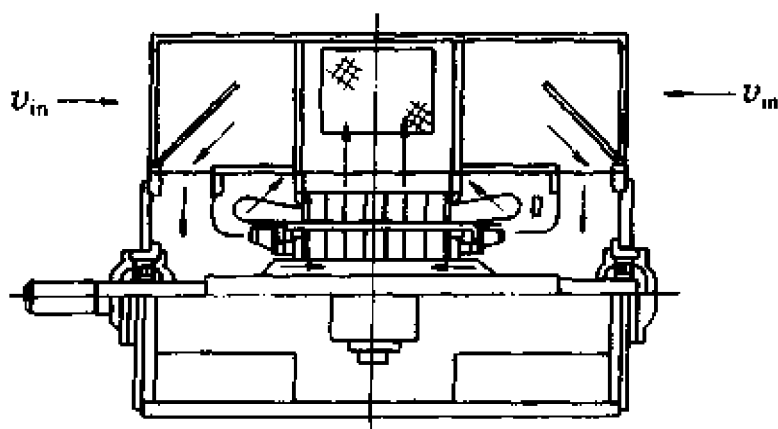
1.46 电机转子挠度不要超过允许值

电机转子应有一定的刚度，避免电机在运行中扫膛。从经济性和可靠性综合考虑，异步电机转子挠度 y 小于名义气隙 δ 的 10%。同步电机转子挠度 y 小于名义气隙 δ 的 8% 是可行的。



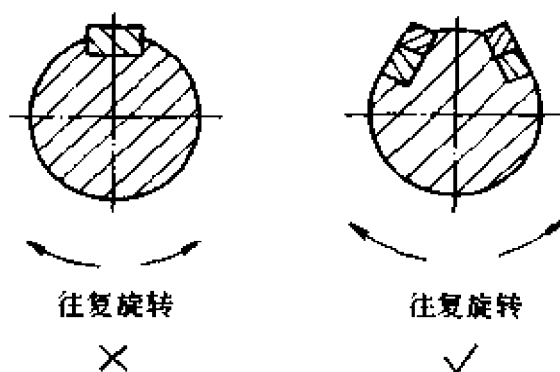
1.47 电机进风口的风速不宜过大

为了控制进风口的风压降，一般电机进风口风速 v_{in} 小于 10m/s。对户外用气候防护型或进风口装有过滤器的电机，为了阻止灰砂及异物被吸入电机，进风口风速 v_{in} 应控制在 2.8~3m/s 的范围内。

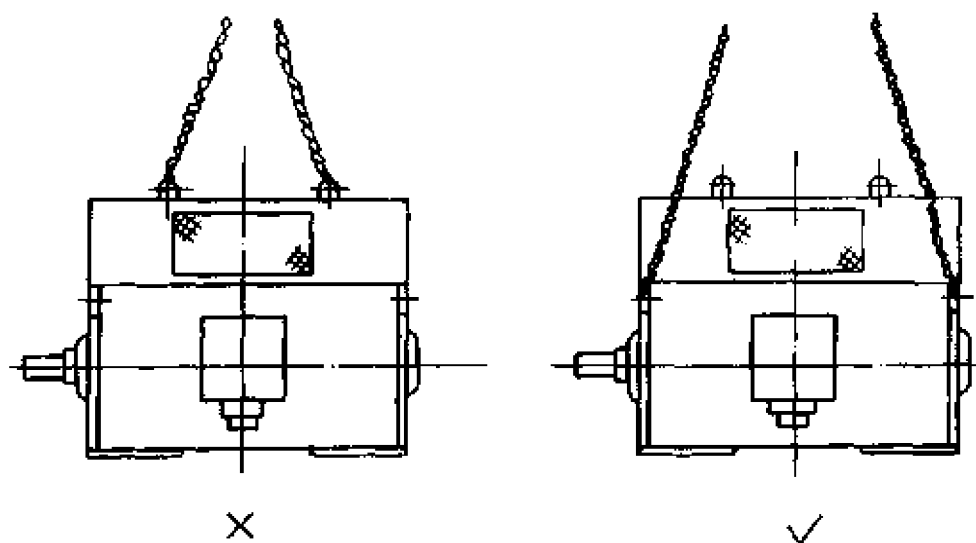


1.48 用平键的电机应避免在往复运转的工况下使用

一般平键是传递单转向的转矩。如果电机需要往复运转，应选用切向键。



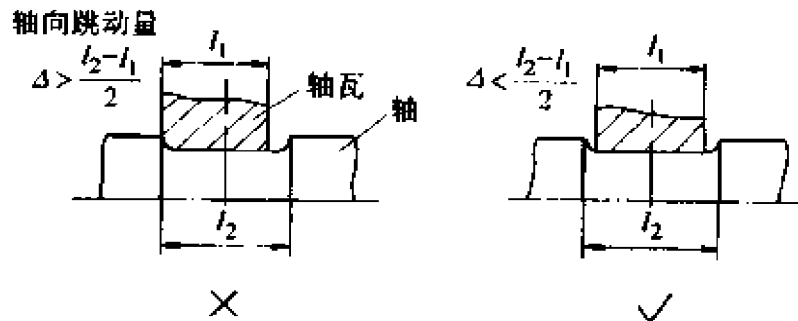
1.49 电机上的罩或冷却器上的吊攀不能用来起吊整台电机



箱式电机的上罩或冷却器一般可以与机座分离，其上的吊攀不能承受整台电机的重量。

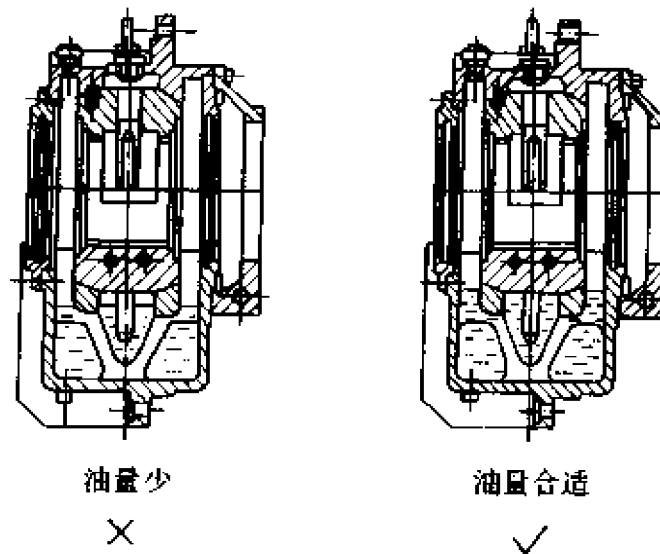
1.50 采用滑动轴承的电机其轴向跳动量不得过大

一般滑动轴承的轴瓦无止推作用，若轴向跳动量超过一定范围，会引起轴瓦端面与轴肩相磨，使轴瓦或轴烧坏。跳动量应小于轴颈长与轴瓦长之差的一半。为了避免轴向跳动，在安装时，应使定子、转子铁心轴向对齐。若有特殊要求，可采用推力轴承。



1.51 滑动轴承油量不宜过小

轴承油除起润滑作用外，还要带走轴瓦与轴摩擦产生的部分热量。若油量太少，引起轴瓦温度高，严重时，轴瓦可能被烧毁。一般来说，滑动轴承油量 $>$ 轴颈体积的 2 倍。精确数值可由计算确定。

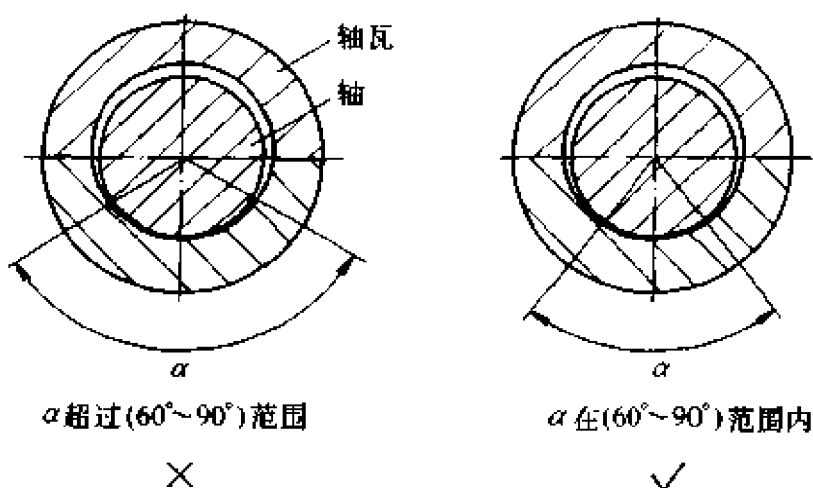


1.52 滑动轴承用油环润滑时，轴颈线速度不宜过大，也不宜过小

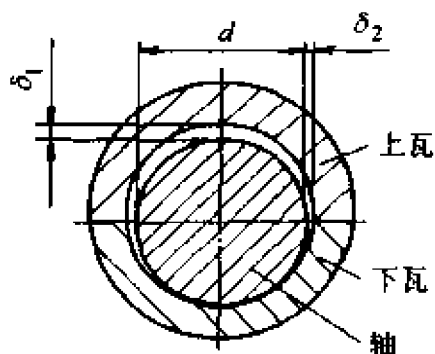
采用油环润滑的滑动轴承，轴颈的线速度一般在 $2.5 \sim 13\text{m/min}$ 的范围内。线速度高时，摩擦损耗加大，相应地发热量增加，油环所带油不能满足冷却要求。线速度过低时，虽然摩擦发热量低，但油环带油量亦少，也不能满足使用要求。

1.53 滑动轴承的轴瓦与轴颈的接触面不超过合理数值

滑动轴承的轴瓦与轴颈接触面中心角 α 在 $60^\circ \sim 90^\circ$ 之间，超出此范围摩擦损耗会增加。



1.54 油环润滑的滑动轴承的上瓦隙及侧隙不得超过允许值



δ_1 — 上瓦隙
 δ_2 — 侧隙

轴承的上瓦隙值对轴承起举足轻重的作用。在轴承载荷、额定转速、轴瓦尺寸、油等选定后，油膜厚度就取决于上瓦隙。也就是说，上瓦隙影响轴承的润滑、损耗及电机的振动。考虑到制造和使用中的实际情况，通常实际选用的上瓦隙比理论值大，一般油环润滑的滑动轴承的上瓦隙 δ_1 为轴颈直径 d 的 $0.1\% \sim 0.15\%$ 。侧隙 δ_2 为轴颈直径 d 的 $0.05\% \sim 0.075\%$ 。

1.55 强迫压力供油润滑的滑动轴承的上瓦隙及侧隙不得超过规定范围

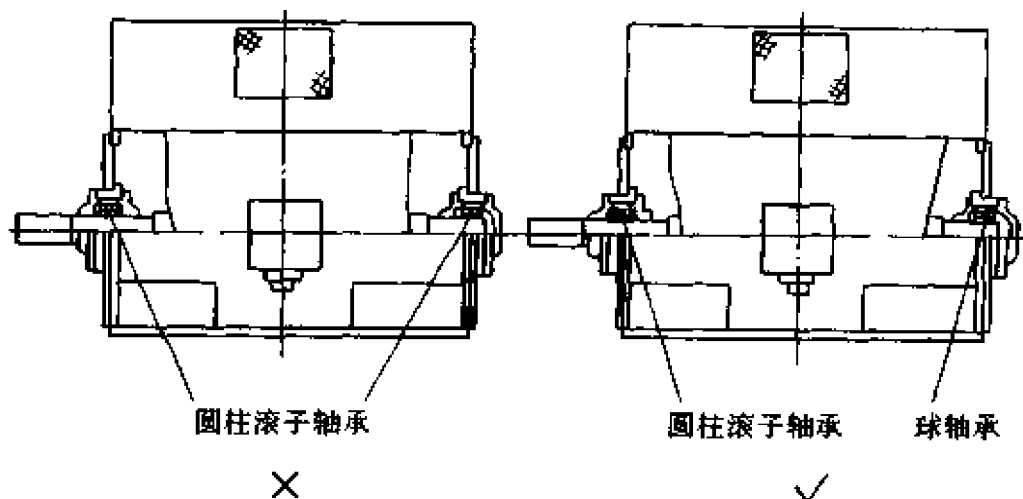
强迫压力供油润滑的滑动轴承常用在轴颈线速度过高、过低或负载较大的情况下，轴瓦和轴颈的冷却很关键。因此，上瓦隙比油环润滑的滑动轴承要大些。上瓦隙 δ_1 为轴颈直径 d 的 $0.15\% \sim 0.24\%$ 。侧隙 δ_2 为轴颈直径 d 的 $0.075\% \sim 0.12\%$ 。

1.56 用润滑脂润滑的滚动轴承，润滑脂不宜太多或太少

润滑脂的容量一般为轴承室体积的 $1/2 \sim 2/3$ 。润滑脂太多对散热不利，太少对润滑不利，两种情况都会引起轴承过热。

1.57 电机采用滚动轴承时，应避免两端都用不能承受轴向推力的轴承

电机在制造过程中，零部件存在误差，定、转子铁心中心线不可能是同一条直线。因此，电机启动时就可能出现窜动。通常在电机的某一端要用能承受一定轴向推力的轴承来限制电机转子轴向窜动。



1.58 电机绕组的绝缘电阻不得过低

绕组的绝缘电阻与绝缘材料的性能、绝缘厚度、绝缘结构、制造工艺、潮湿程度、温度等因素有关。在一定程度上能反映绝缘介电强度和绝缘状况。因此,通常以绝缘电阻值作为检验绝缘介电性能的标准之一,亦作为电机能否投运和安全运行的条件之一。电机绕组的绝缘电阻在热状态时,应不低于下式求得

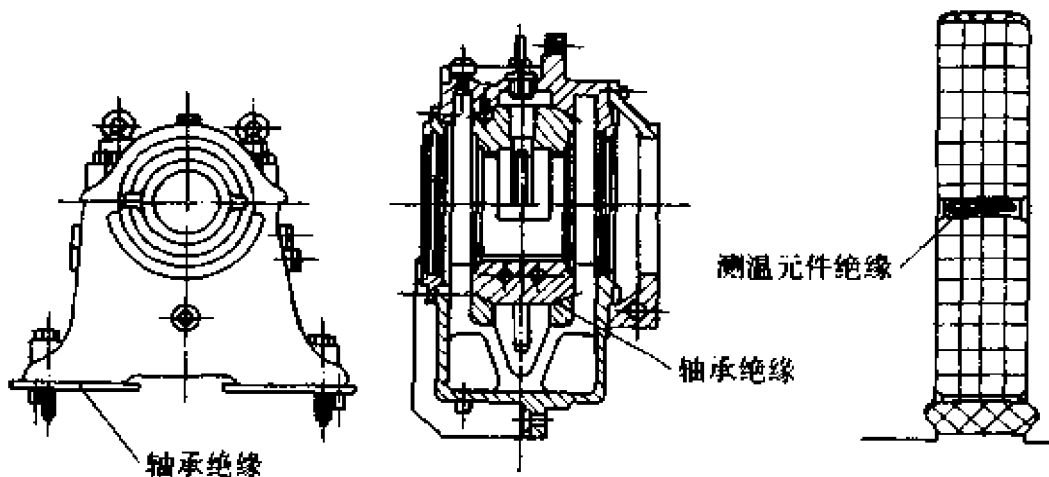
$$R = \frac{U_N}{1000 + P_N/100}$$

式中, R 为电机绕组的绝缘电阻 ($M\Omega$); U_N 为电机绕组的额定电压 (V); P_N 为电机的额定功率 (kW)。

同步电机励磁绕组和绕线转子异步电机的转子绕组即使在电压较低的情况下,冷态下的绝缘电阻也不应低于 $1M\Omega$ 。

1.59 电机轴承绝缘及测温元件的绝缘电阻不应低于规定值

电机的轴承绝缘、测温元件等的绝缘电阻在冷态下不低于 $1M\Omega$ 。

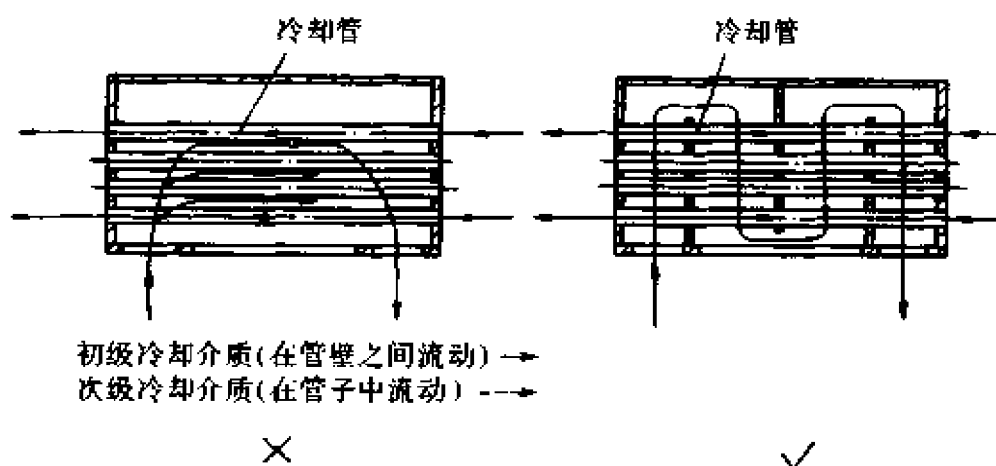


1.60 过分潮湿的绕组,应避免用通入电流的方法进行直接干燥

过分潮湿的绕组,绝缘介电强度降低,若通入电流直接干燥绕组,可能将绝缘击穿。如果通直流电干燥,可能产生电解作用。

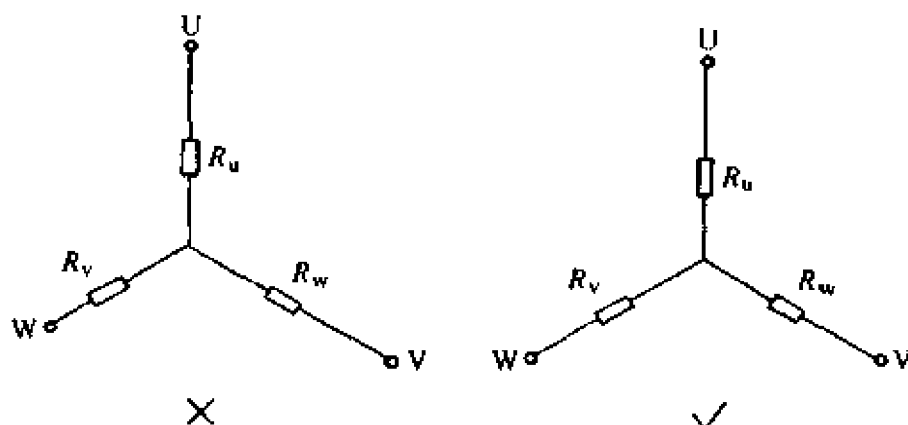
1.61 带有冷却器的电机，应避免初、次级冷却介质互相平行流动

为了初、次级冷却介质有效地进行热交换，实际应用中，初、次级冷却介质两者流动方向应设计成垂直的。



1.62 定子和转子的三相直流电阻的偏差不得超过允许值

为了控制线圈的制造质量及下线后的焊接质量，使电机可靠地运行，定子和转子三相直流电阻的最大值与最小值之差不得超过三相电阻平均值的2%。



$$R_{av} = \frac{R_u + R_v + R_w}{3}$$

$$\frac{R_i - R_{av}}{R_{av}} > 2\% R_{av}$$

R_i —任何一相的电阻

$$\frac{R_i - R_{av}}{R_{av}} < 2\% R_{av}$$

1.63 定子每极每相槽数 q_s 值为分数时, 槽数的禁忌值

大、中型电机定子一般用双层叠绕组。当 q_s 为分数时, 为了获得对称的三相绕组, 必须遵守以下的条件:

当 $q_s = b \frac{c}{d}$ 时

应避免 d 为 3 或 3 的倍数。另外, $2p/d$ 必须是整数。

避免用: $3q_s = k \pm \frac{1}{d}$

$$3q_s = k \pm \frac{1}{p}$$

式中, q_s 为定子每极每相槽数; b 、 c 、 d 、 k 为正整数; p 为极对数。

1.64 异步电机槽配合的禁忌值

异步电机的槽配合既是理论问题也是实践问题, 选用时要特别注意。为了消除异步寄生转矩, 应避免:

$$0.8Q_s \geq Q_r \geq 1.25Q_s$$

要避免起动时的同步转矩, 应避免:

$$Q_r = Q_s; \quad Q_r = \frac{1}{2}Q_s$$

$$Q_r = 2Q_s; \quad Q_r = 6pk$$

为了消除电机运行时形成的同步转矩, 应避免:

$$Q_r = 6pk \pm 2p$$

$$Q_r = Q_s \pm 2p$$

$$Q_r = 2Q_s \pm 2p$$

$$Q_r = \frac{1}{2}Q_s \pm 2p$$

$$Q_r = Q_s \pm p$$

式中 Q_s 为定子槽数; Q_r 为转子槽数。

这里符号“+”用于电动机, “-”用于发电机。

为了减小噪声和抑制大振幅值的振动, 应避免:

$$Q_s - Q_r = \begin{cases} 0; & \pm 1; & \pm 2; & \pm 3; & \pm 4 \\ 2p; & 2p \pm 1; & 2p \pm 2; & 2p \pm 3; & 2p \pm 4 \end{cases}$$

在实际应用中, 避免用 q_s 为分数和 $q_s < 2$ 。

1.65 绕线转子异步电机槽配合的禁忌值

绕线转子异步电机的起动参数可用外接电阻来调整，只要与主机匹配恰当，一般起动过程中不会出现大问题，但槽配合仍应遵循笼型电机槽配合的一般原则。此外，从实践中知，还应尽量避免使用：

$$q_r = q_s \pm \frac{1}{2}$$

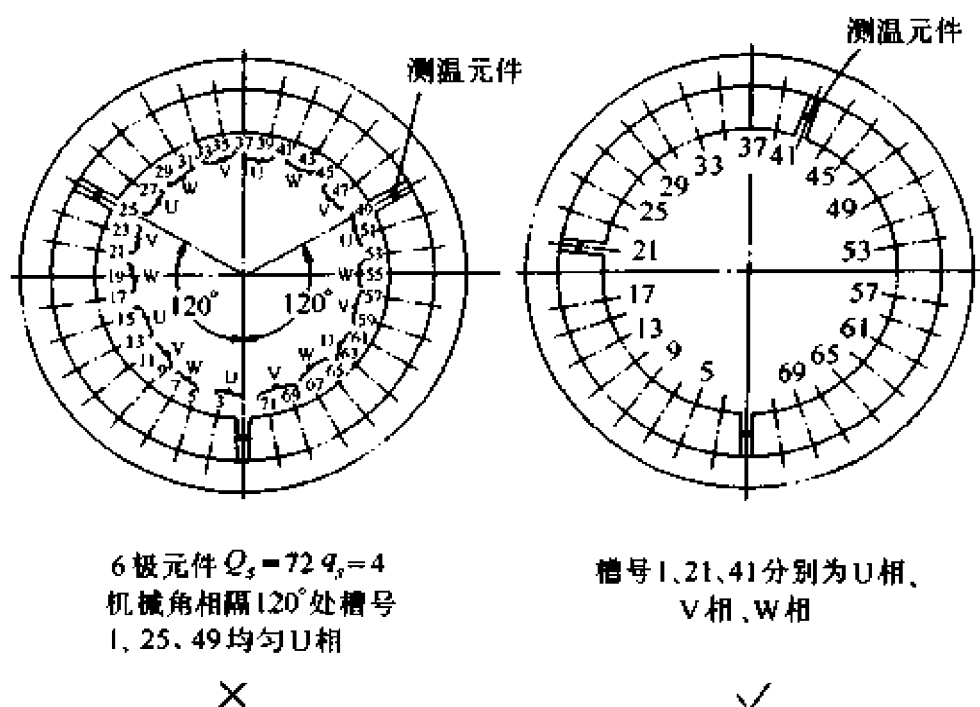
式中 q_r 为转子每极每相槽数。

因为采用 $q_r = q_s \pm 1/2$ 的电机中，大多数有严重的噪声。这现象与理论上的分析也是吻合的。

一般采用 $q_r = q_s \pm 1$ 。

当 $q_r = bc/d$ 为分数时，为了接线简单，应尽量避免 $d \neq 2$ 的情况。

1.66 极数为3的倍数的电机，测温元件在槽内布置的禁忌

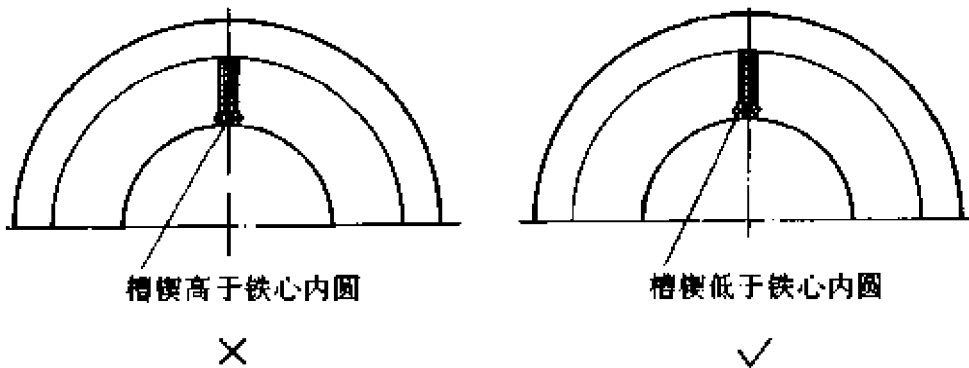


一般的大、中型三相电机在定子槽内埋置6支测温元件，通常在圆周上按 120° 分布，保证每相绕组有2支。但对极数为3的倍数的电机，则应避免在圆周上按 120° 均匀分布。因为三相双层叠绕组每极相组按电角度 60° 分布在槽内，依电角度与机械角度的关系来分析或划圆形接线图直接观看，对极数为3的倍数的电机，在圆周相隔 120° 处为同相绕组。因此，对极数为3的倍数的电机埋设测温元件时，应按接线图布置，保证每相绕组中都有测温元件并在圆

周上近似 120° 分布。

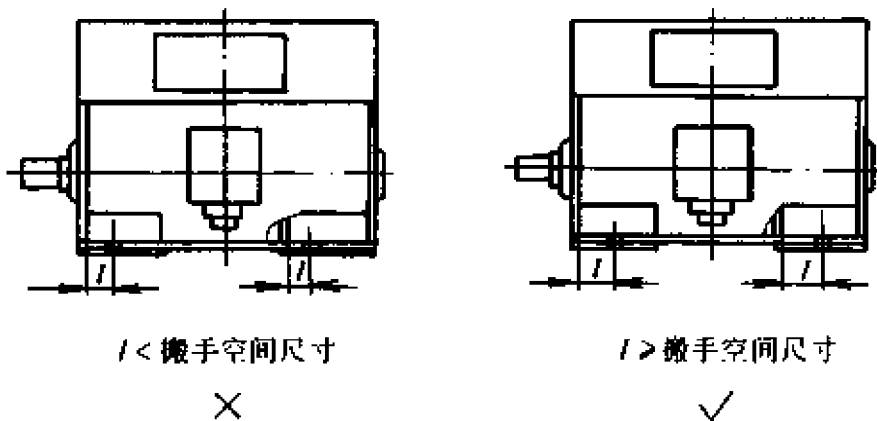
1.67 定子槽楔不要高于铁心内圆

电机的气隙不大,尤其是异步电机。定子槽楔高于铁心内圆时,有可能造成装配时穿转子困难及运行时扫膛,也可能影响通风的效果。



1.68 机座地脚孔中心线与壁板之间的距离不宜过小

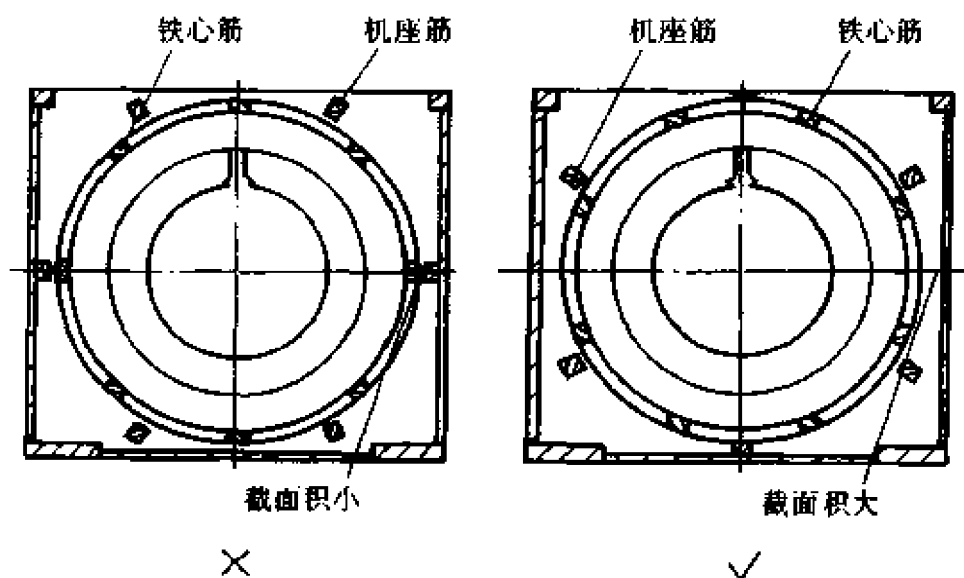
机座地脚孔中心线与壁板之间的距离应大于相应的地脚螺栓的扳手空间尺寸。



1.69 全封闭、径向通风和外压装的箱式电机,机座和铁心上肋的布置禁忌

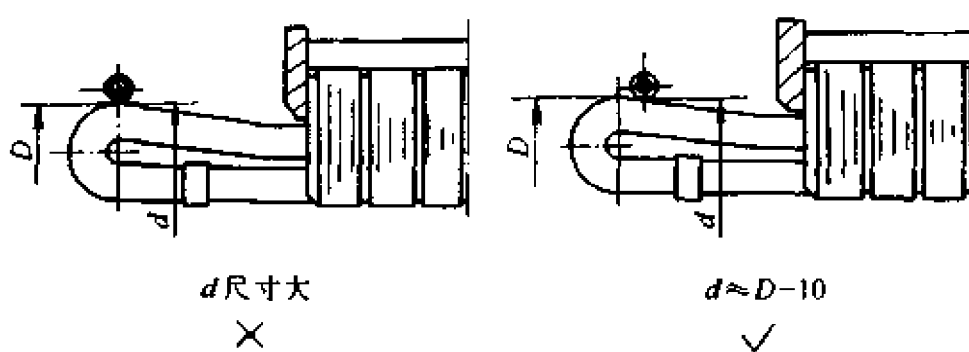
箱式电机机座一般为长方体,在铁心水平中心线处,机座内腔截面积最小。对全封闭、径向通风的电机来说,上述面积最小处风速最大。为了减小风

阻，应避免机座和铁心上的肋都同时设置在铁心的水平中心线上。



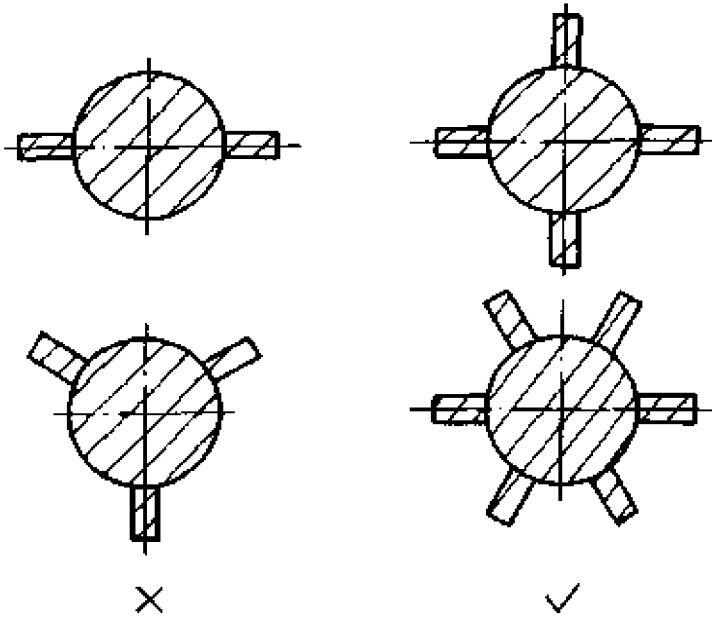
1.70 定子端箍直径不宜过大

定子端箍直径与定子线圈端部尺寸有关。一般是距铁心最远的一道端箍的内径 $d \leq$ 定子绕组喇叭口最大外径 D 再减去 10mm。



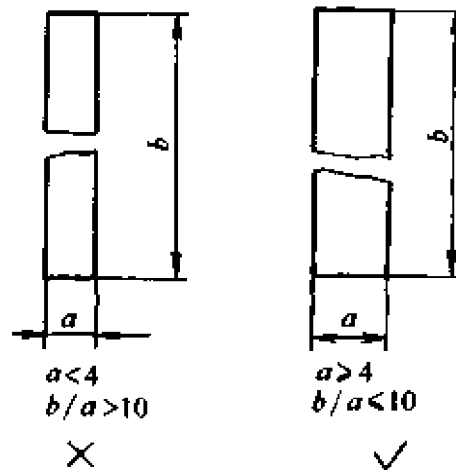
1.71 轴上焊肋时，肋的根数的禁忌值

考虑到轴在任何角度方向上的刚度应相同，轴上焊肋时，肋在轴上应等距分布并且数目应大于、等于 3。但为了便于加工后测量外径尺寸，肋的根数应为偶数。肋的根数和厚度取决于转轴的刚度、转子冲片内径的径向变形及通风面积等因素。



1.72 深槽异步电机转子导条尺寸的禁忌值

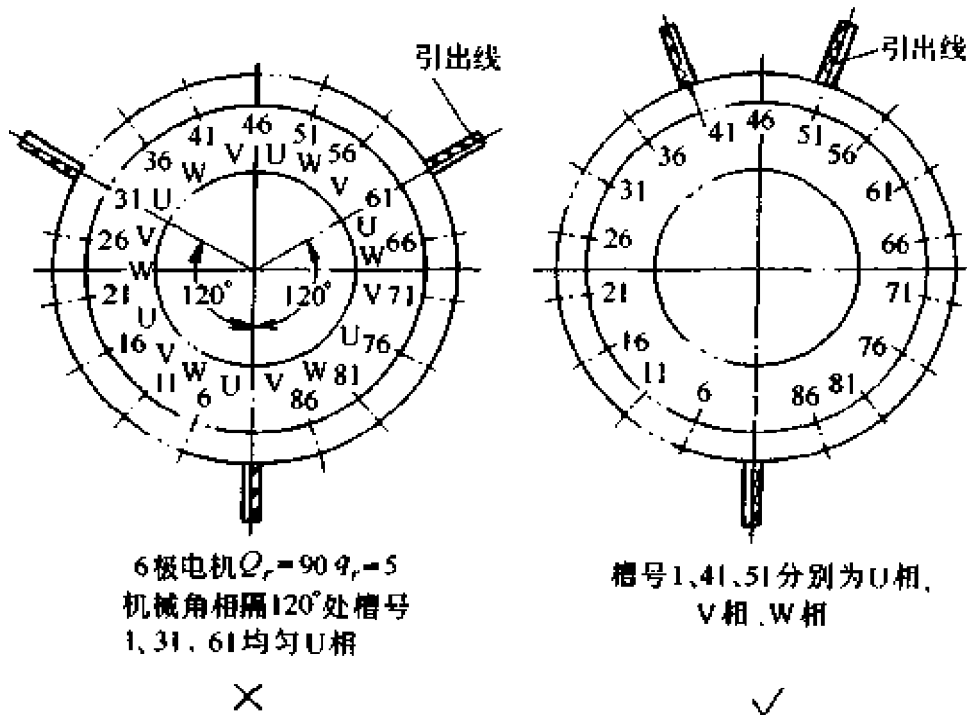
从制造工艺性考虑，深槽异步电机转子导条尺寸的高宽比尽量不超过 10，导条的宽度 $\geq 4\text{mm}$ 。



1.73 极数为 3 的倍数的绕线转子异步电机，转子引出线槽位置的禁忌

大、中型绕线型异步电机转子几乎都用双层波绕组，其显著的优点是大大减少了极间连接线。一般来说，一相只有四个出头。为了转子在机械上的平衡，

通常三相的引出线沿圆周互成 120° 的槽中引出来，但极数为 3 的倍数的电机例外。因为每极相组的电气角度为 60° ，而电气角度 = 极对数 \times 机械角度。以 6 极电机为例，6 极电机有 18 个极相组，每个极相组占 20° ，这样计算下来，沿圆周相隔 120° 的槽，相位相同，不能满足三相的向量互成 120° 的要求。以此类推，凡极数为 3 的倍数的电机，转子采用双层波绕组时，不能沿圆周互成 120° 槽处接出三相的引出线。

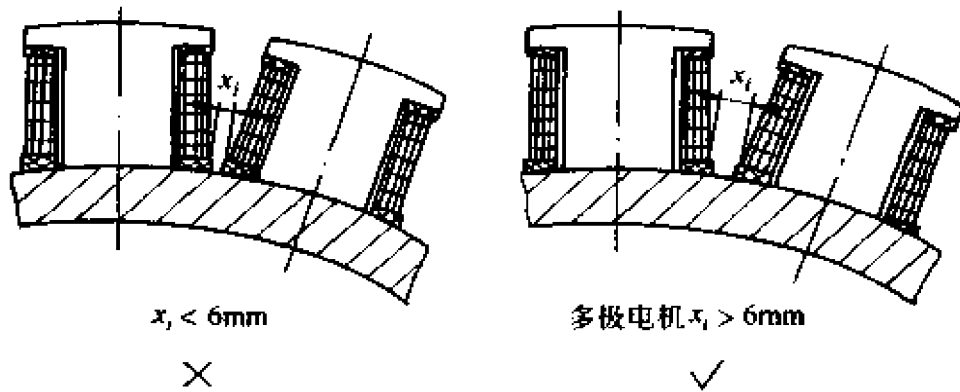


1.74 大、中型高速异步电机的定子压圈、端箍及转子护环材料选用的禁忌

大、中型高速异步电机线负荷较高，端部漏磁场强。加上端部较长，端部漏抗大。为了减少端部这几种零件发热及提高功率因数，定子压圈、端箍及转子护环应避免采用磁性材料。

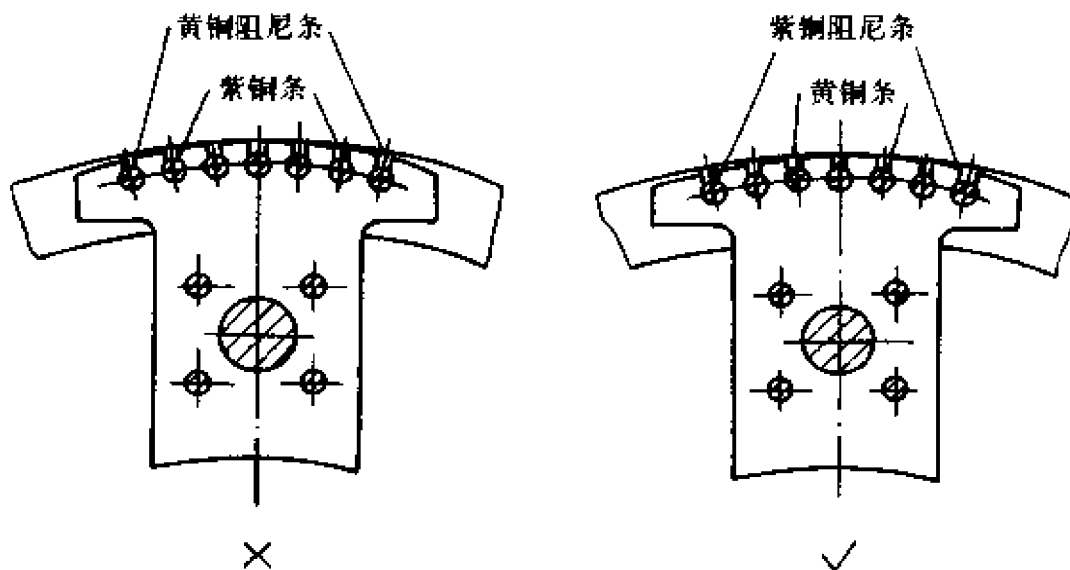
1.75 凸极同步电机两相邻磁极线圈之间距离不宜太小

两相邻磁极线圈之间应留有足够的绝缘距离，它们之间的距离还应考虑通风冷却的空间及磁极托板、撑块的安放。对多极同步电机仅从结构上考虑，两相邻的磁极线圈之间的最小距离应大于 6mm 。



1.76 凸极同步电机采用电阻率不同的混合阻尼条时的禁忌

实际设计中常在凸极同步电动机的同一磁极上采用不同电阻率（一般为两种）的阻尼条来调整电机的起动性能。通过分析和实验得出在起动过程中同一磁极上的阻尼条中的电流分布是不均匀的。从损耗发热方面分析，位于磁极两边的阻尼条的损耗发热大于磁极中间的阻尼条的发热。因此，实际应用中应避免将电阻率高的阻尼条放在磁极的两边。



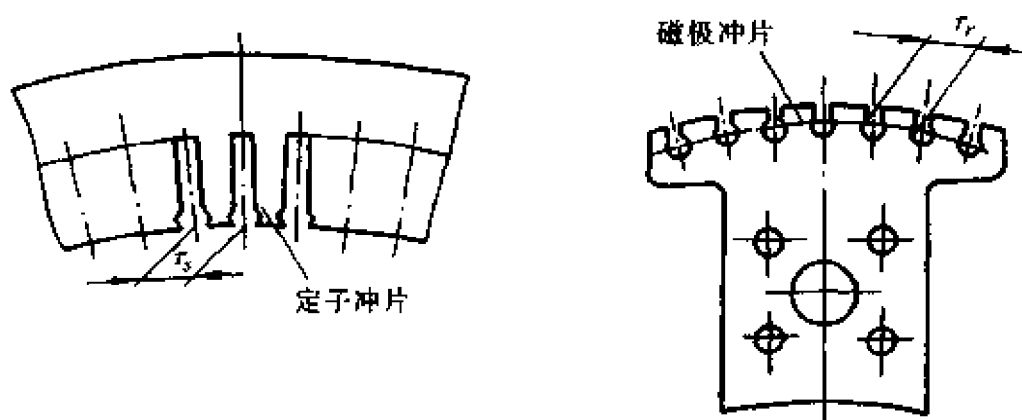
1.77 凸极同步电机磁极阻尼孔槽距的禁忌

对同步电动机，为了减少附加损耗和防止可能发生的“胶着”现象，阻尼孔的槽距应满足下式的要求：

$$\tau_r \geq 0.8\tau_s$$

$$(Q_p - 1) \left(1 - \frac{\tau_r}{\tau_s} \right) > 0.75$$

式中, τ_r 为阻尼孔槽距; τ_s 为定子槽距; Q_r 为每极阻尼孔的孔数。



对同步发电机, 为了减小附加损耗和电压波形的畸变, 应满足下式要求:

$$\left. \begin{array}{l} 0.8\tau_s \leq \tau_r \leq 0.9\tau_s \\ 1.1\tau_s \leq \tau_r \leq 1.2\tau_s \end{array} \right\} \text{当 } d < 4 \text{ 时}$$

或 $\tau_r \approx \tau_s$ 当 $d > 5$ 时

式中, d 为当 q_s 为分数槽时的分母。

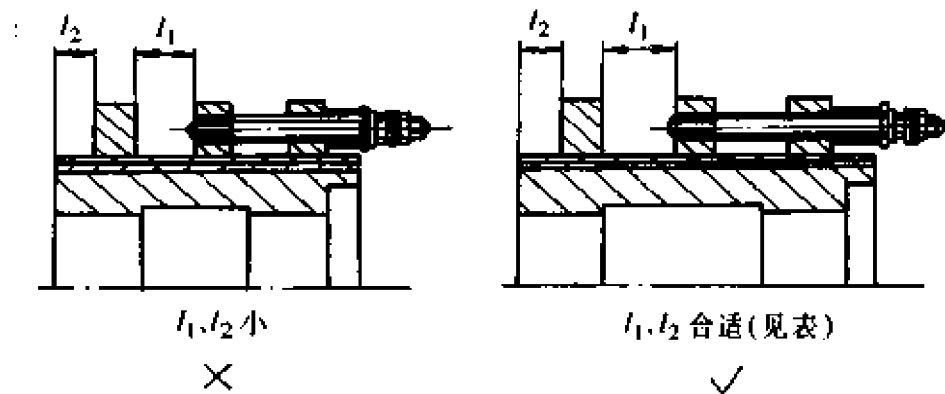
1.78 具有提刷装置的绕线转子异步电机, 起动完毕转入运行状态时, 应避免先提刷后短路

起动完毕进入运行状态时, 若先提刷, 此时转子绕组回路瞬间断电, 电机惯性旋转, 而后, 转子绕组短接。两个动作之间间隔时间不会长。因此, 电机在没有完全停下来但无外接电阻的状况下, 相当于电机再起动、升速。在这个瞬变过程中, 开始是转子绕组上承受开路电压, 后来是定子绕组承受冲击电流。为了电机的安全, 在提刷装置的结构设计上要考虑到电机由起动转入运行的转换操作中应避免先提刷、后短路。

1.79 集电环的环间距离不宜过小

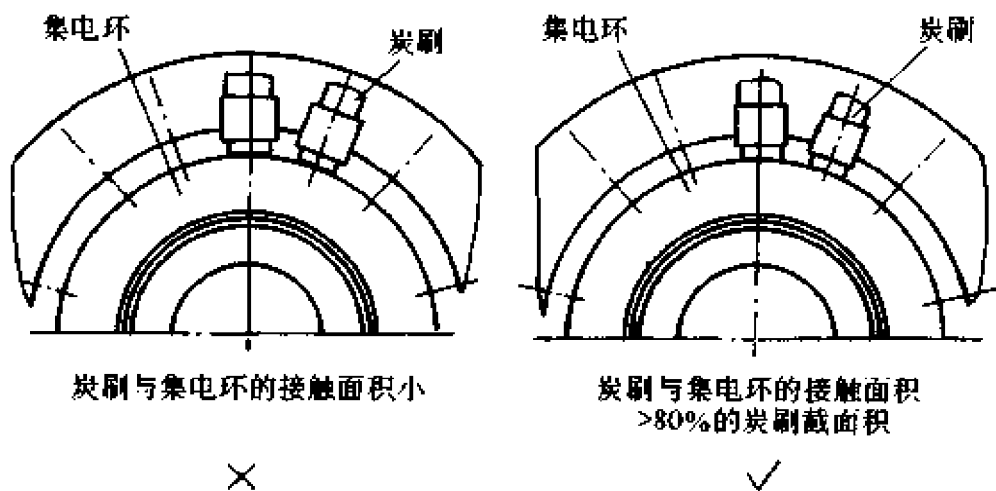
同步电机运行中集电环环间承受直流电压, 一般励磁电压不太高。异步电机集电环环间承受滑差电压。滑差为 1 时, 此电压最高, 通常称为转子开路电压。具有不同的转子开路电压的电机, 其集电环环间及边缘距离 l_1 、 l_2 应不小于表中的数据。

| 转子开路电压/V | 环间距离 l_1 /mm | 边缘距离 l_2 /mm |
|------------|----------------|----------------|
| ≤ 500 | 20 | 25 |
| 500~1000 | 30 | 30 |
| 1000~1500 | 40 | 35 |
| 1500~2000 | 50 | 40 |



1.80 炭刷与集电环的接触面积不得过小

为了安全、可靠地传导电流,初次使用或新更换的炭刷一定要用细砂纸磨削,使炭刷与集电环的接触面积不小于炭刷截面积的 80%。



1.81 炭刷的载流量不要过大

一般大、中型交流电机,绝大多数选用截面尺寸为 25mm×32mm 的炭刷。为了集电环和炭刷散热良好,每块炭刷的载流量不要超过 80A。

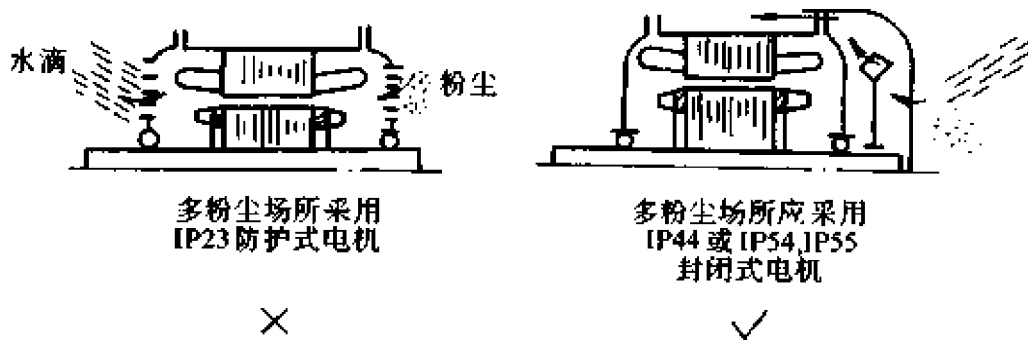
电机应用

1.82 多粉尘场所不要用防护式电机

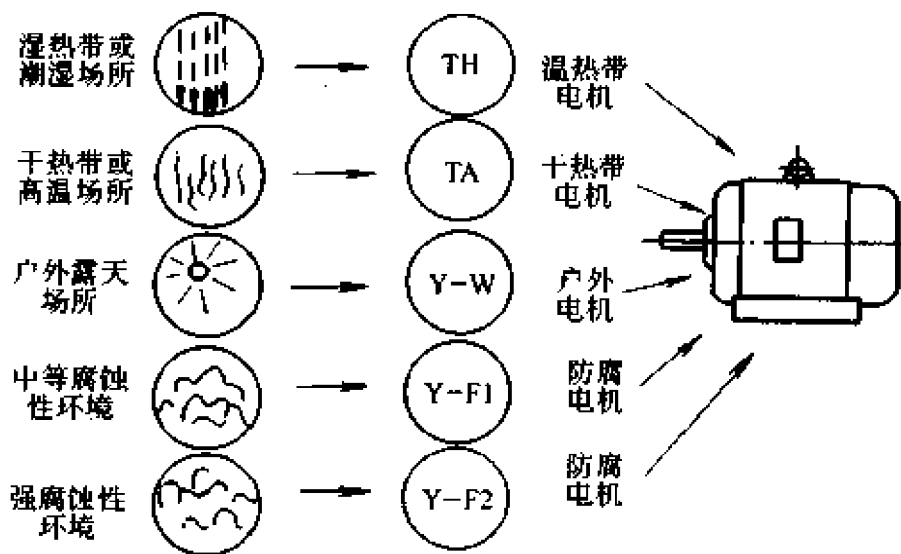
防护式电机外壳有通风孔，电机内外相通，散热良好，有利于节约材料，降低成本。该电机旋转部分和带电部分有一般防护，能防止铁屑、砂粒、水滴等杂物从上方或沿垂直方向成 45° 角以内侵入电机，但不能防尘、防潮，所以只能用于灰尘不多，比较干燥的场所。

封闭式电机由于其外壳全部封闭，可防止潮气、尘埃等杂物从各个角度侵入电机内部，适用于尘土较多的场所，是一种应用最广泛的电机。

户外场所要选用户外电机，水中使用要用密闭式电机，有爆炸性气体的场所则选用防爆电机。



1.83 潮湿腐蚀性环境不要使用普通电机



电机绝缘受环境气候条件影响很大。普通电机如果在潮湿、腐蚀性环境中运行，绝缘的可靠性和寿命将大为降低。

潮湿环境下，电机内外表面凝附水膜，使表面喷漆容易脱落，金属件易锈蚀，并容易发生绝缘击穿和表面闪络。

为了使电机安全运行，必须采取必要的防护措施，如采用玻璃、云母等无机绝缘材料，适当增加浸漆处理的次数，选用特种表面漆以及加强金属件表面处理等。

湿热带、干热带、户外及化工防腐等环境均应选用相应的专用电机。选用时应注意电机的型号：

湿热带电机 TH

干热带电机 TA

户外电机 Y-W

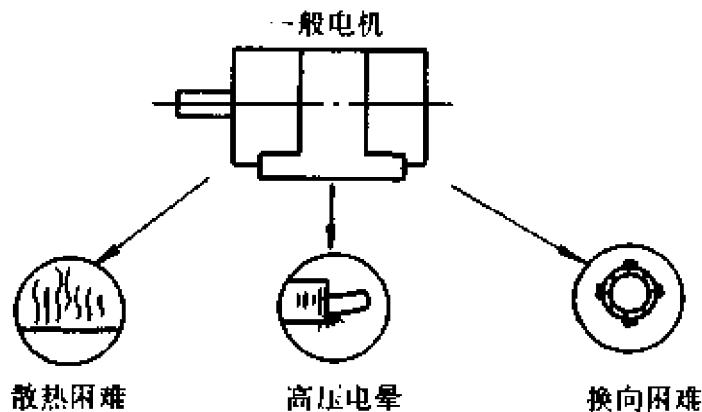
防腐电机 Y-F

船用电机 Y-H

1.84 一般电机不要直接用于高原地区

海拔高度高对电机温升、高压电机电晕及直流机换向均有不利影响，使用时应予注意：

1. 海拔高度对电机温升和输出功率有一定影响。电机的温升随海拔升高而升高，因而输出功率随海拔升高而降低。但是当气温随海拔上升而降低，足以补偿海拔对温升的影响时，电机的额定输出可以保持不变。



2. 在高原地区使用的高压电机要采取防电晕措施。

3. 海拔高度高对直流电机的换向不利，应注意炭刷材料的选用。

1.85 高温场所不能用一般电机

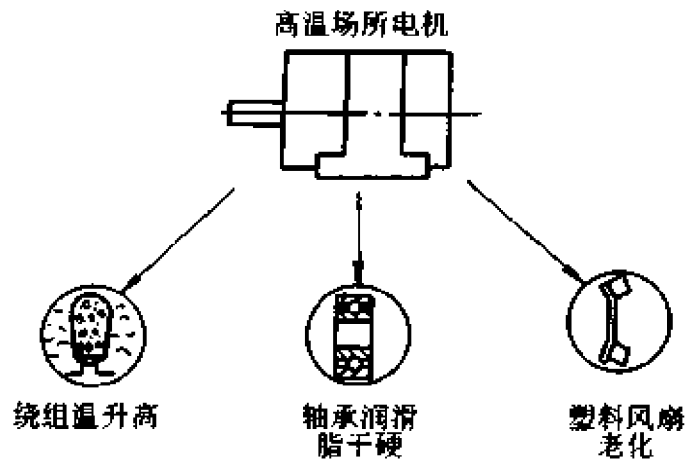
高温场所对电机的影响，主要是温升和输出功率问题。

我国电机标准规定，电机的冷却介质温度不超过 40°C 。对于高温场所当

环境温度超过 40°C 时，电机的输出功率相应降低，可按下式计算：

$$I_2 = \sqrt{\frac{\theta_2}{\theta_1}} I_1$$

式中， I_1 为电机额定电流； I_2 为换算后的绕组温升高电流； θ_1 、 θ_2 为对应于 I_1 、 I_2 时的温升，其差值为环境温度和 40°C 的差值。

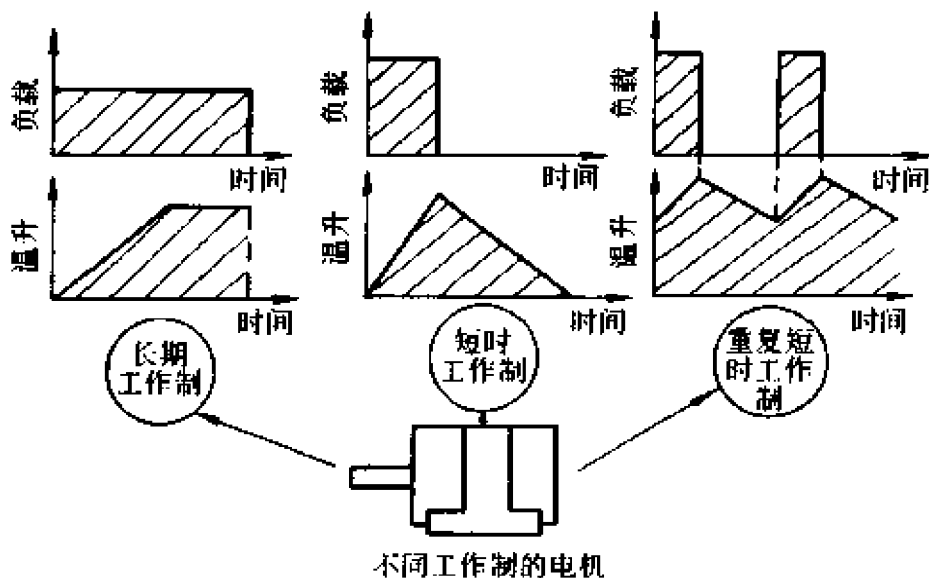


高温场所电机除了应降低输出功率外，还要选择耐高温的轴承润滑脂及注意电机塑料风扇允许的工作温度。

1.86 短时工作电机不能连续工作

电机的工作制按其工作时间长短分有以下三种：

1. 长期工作制：即连续工作，如风机、水泵等。一般通用电机都按长期工作制设计制造。



2. 短时工作制：电机只能在规定时间内，由冷却状态开始短时运行，其温升不超过允许值，运行后电机停车时间相当长，使电机各部分完全冷却到周围介质温度。如管道阀门电机、机床夹紧装置电机等。标准短时运行时间是 10、30、60、90min 四种。

3. 重复短时工作制：电机的工作与停歇交替进行，而且时间都比较短，两者之和不超过 10min。在整个运行过程中，电机温升在平均温升上下不断波动。如起重机电机、电梯电机等。

重复短时工作的暂载率（或称负载持续率） $JC\%$ ：

$$JC\% = \frac{t_x}{t_x + t_o} \times 100\%$$

式中， t_x 为工作时间； t_o 为停歇时间； $t_x + t_o$ 为重复周期，标准规定不得超过 10min。

标准暂载率为 15%、25%、40% 和 60% 四种。

电机温升与其工作制有很大关系。变动负载电机的温升取决于电机的负载图（即一定重复周期内负载随时间变化情况）。同一电机，其短时工作时间越长，负载持续率越高，其温升越高。在温升不超过一定允许值时，电机的输出功率也越低。

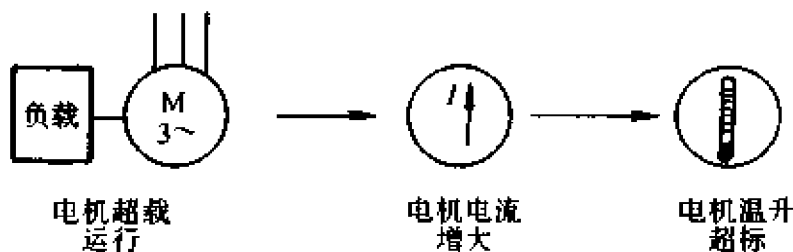
以 YZR180L-6 电机为例：

(S_3 工作制时)

| | | | | | |
|-----------|----|----|----|----|-----|
| 负载持续率 (%) | 15 | 25 | 40 | 60 | 100 |
| 输出功率/kW | 20 | 17 | 15 | 13 | 11 |

如果把短时工作制的电机（或负载持续率非 100% 的电机）按相应的输出功率作长期连续工作，则其温升将大大超过允许值，将烧毁电机。

1.87 不要使电机超载运行



异步电机具有一定的短时过载能力，当负载转矩超过电机的额定转矩但小于电机的最大转矩时，电机仍然能够稳定运行。但超载运行使电机电流增

大，长时间超载运行使电机温升增高，绝缘过热老化，甚至烧毁电机。

1.88 不宜使电机长期轻载运行

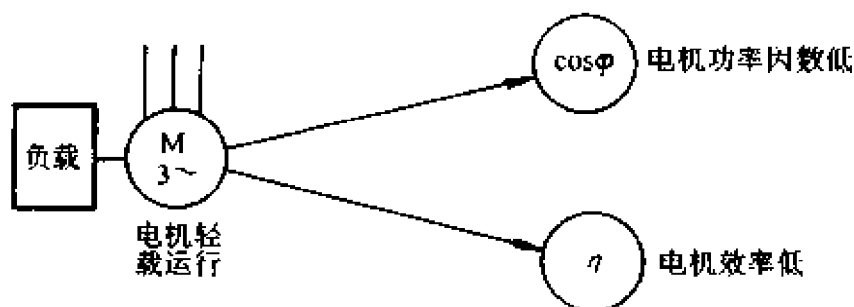
电机的功率因数和效率一般是随着负载的减小而减小的。电机容量选的太大，使电机长期轻载运行，电机的输出机械功率不能充分利用，功率因数和效率均较低，不但增加了设备费用，而且运行也很不经济。

电机功率的选择按如下公式计算：

$$P = \frac{P_2}{\eta_2 \eta}$$

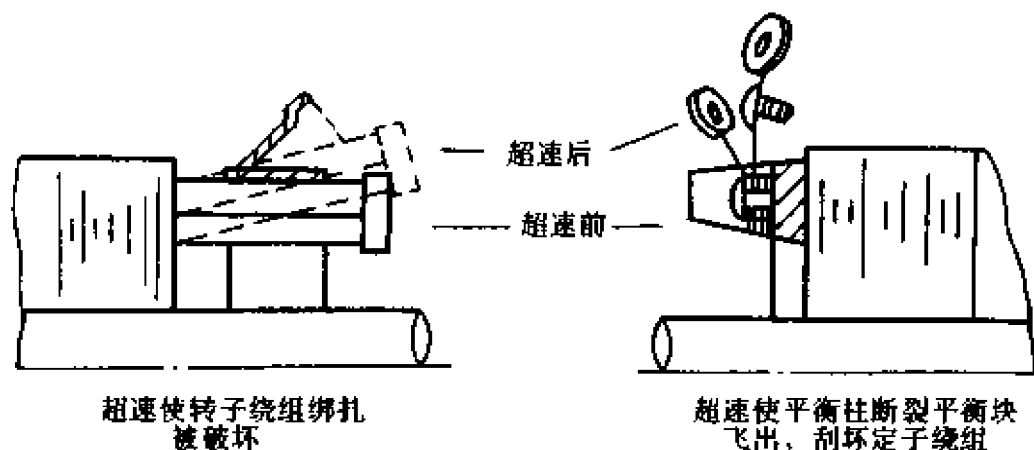
式中， P 为电动机的功率 (kW)； P_2 为生产机械功率 (kW)； η_2 为生产机械本身效率； η 为电动机效率。

按上式计算出的功率不一定与产品规格相同，所选择电动机额定功率应等于或稍大于计算值。



1.89 不要使电机超速运行

对电机的机械强度要求，应能承受规定的超速。电机出厂时都要求做超速试验：以 1.2 倍空载转速，历时 2min，不致产生残余有害变形。

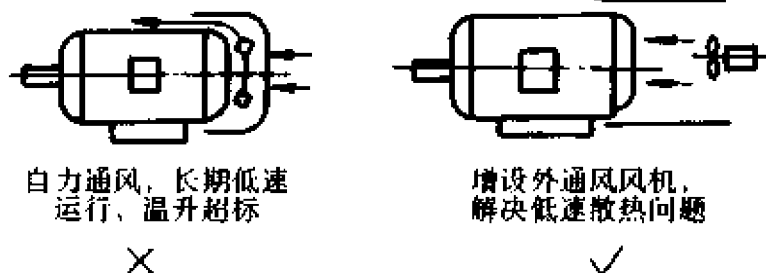


电机设计时，转子绕组端部的绑扎、换向器、槽楔、转子平衡块、转轴等都是按最高转速进行计算的。超过最高转速就会使零部件产生有害的残余变形，造成电机的损坏。

直流电机超速运行时，转速的稳定性差，换向不好。串励直流电机还可能发生飞车现象。

1.90 不要使电机长期低速运行

一般电机为“自扇冷”，即由转轴上带有风扇鼓风散热。电机低速运行，使风扇转速降低，风压、风量急剧减少，电机散热情况恶化，温升增高。长期低速运行，导致绕组发热严重而烧毁电机，所以一般电机不宜长期低速运行。



对于备有单独通风机的电机，只要通风条件良好，温升不超过容许极限，可以在低速下长期运行。

电机的变速运行，除了散热温升问题外，还必须考虑转矩及功率问题。

对于变频调速运行的同步电机、异步电机，由同步速以下减速时，其电压和频率成比例下降，电机为恒转矩运行，其输出功率和转速成比例下降。低速时要采取措施保持转速的稳定。由同步速以上增速时，其电压不变，频率增加，转速上升，磁通减少，转矩减少，为恒功率运行。

直流电机当采用降低电枢电压降低转速时，为恒转矩运行，其输出功率和转速成比例下降。当采用减少励磁电流、减少磁通、增高转速时，为恒功率运行，其转矩随转速上升而减少。

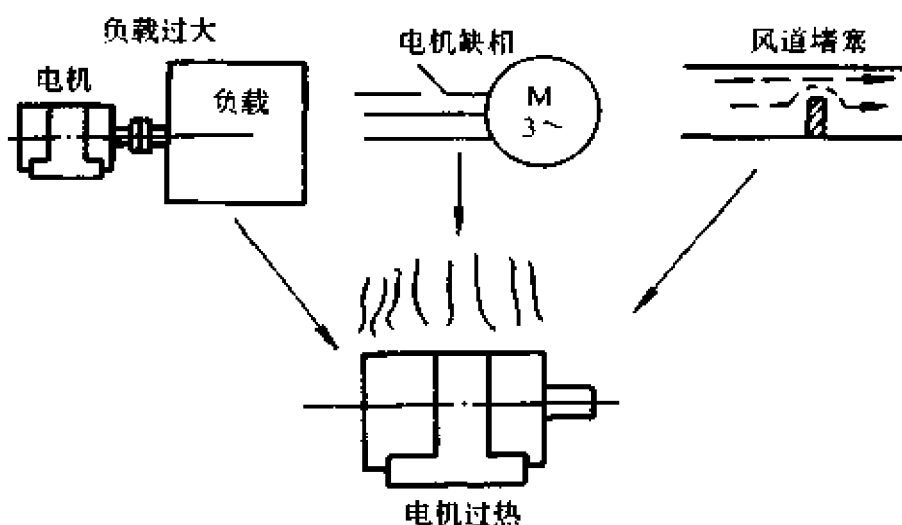
1.91 不要使电机过热运行

电机铭牌上标有电机的绝缘等级，每种绝缘等级都有相应的允许最高工作温度，如B级绝缘为 130°C ，F级绝缘为 155°C 。电机的温升为电机温度和环境温度的差值。电机的允许温升为电机允许最高工作温度和最高允许环境温度的差值。此差值由电机制造厂根据电机设计、结构情况，在产品技术条件

中规定。如 Y 系列三相异步电动机，其允许最高环境温度为 40°C，电机允许温升对 B 级绝缘为 80°C，F 级绝缘为 110°C。

电机运行时如果温升超过其允许值，电机的绝缘材料因过热而加速老化变脆，绝缘强度、机械强度降低，最后因绝缘损坏而烧毁电机。

发现电机过热，应分析原因，消除故障后方可继续运行。若由于电机过载时，则应减轻负载或更换容量大的电机。若电机缺相运行时，则应检查电源或开关触点，排除故障。还要检查电机通风情况，清除风路中的障碍物。



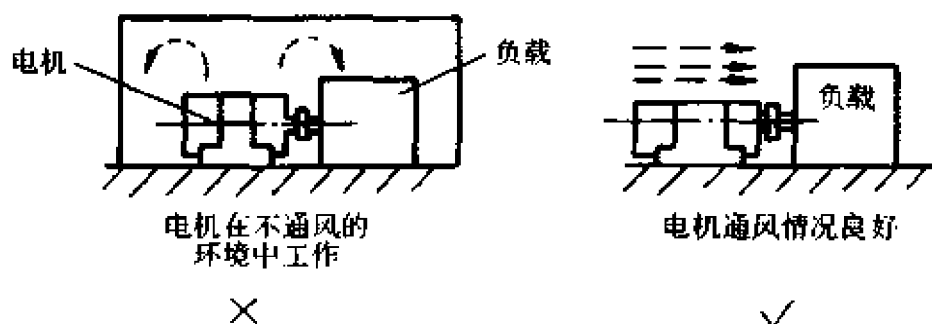
1.92 不要使电机在不通风的环境中工作

一般电机通风冷却的方法为自力通风，即由装在电机轴上的风扇通风冷却。电机运行中产生的热量由该风扇所产生的冷却空气带走。

损耗、风量和温升的关系是：

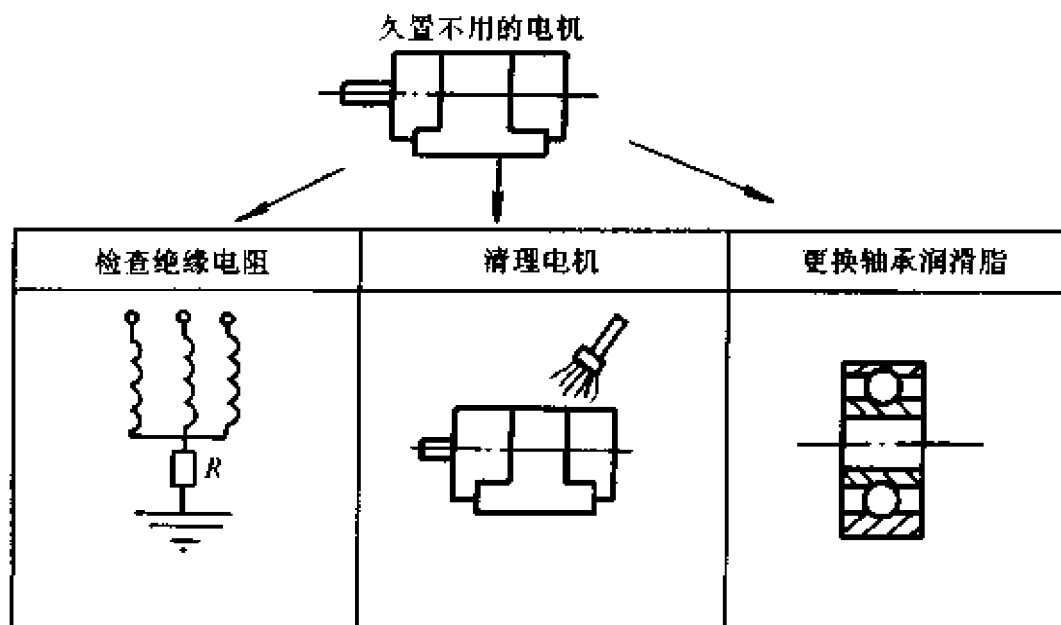
$$q = \frac{\Sigma P}{c\theta}$$

式中， q 为风量； ΣP 为电机损耗； c 为空气比热容； θ 为进口、出口空气温差。



电机运行在不通风的环境下,由于风阻大,风量小,导致电机冷却空气温差大,电机散热困难,温升增高。长期过热运行,容易烧毁电机。

1.93 不要将久置不用的电机直接投入运行



久置不用的电机由于受潮及粉尘的影响,绝缘电阻比较低。如果不采取措施直接投入运行,则可能发生设备、人身安全事故。所以在使用前应检查电机定、转子绕组各相间及绕组对地的绝缘电阻。绝缘电阻 R 应大于下式所求得的数值

$$R = \frac{U_N}{1000 + \frac{P}{1000}} \quad (\text{M}\Omega)$$

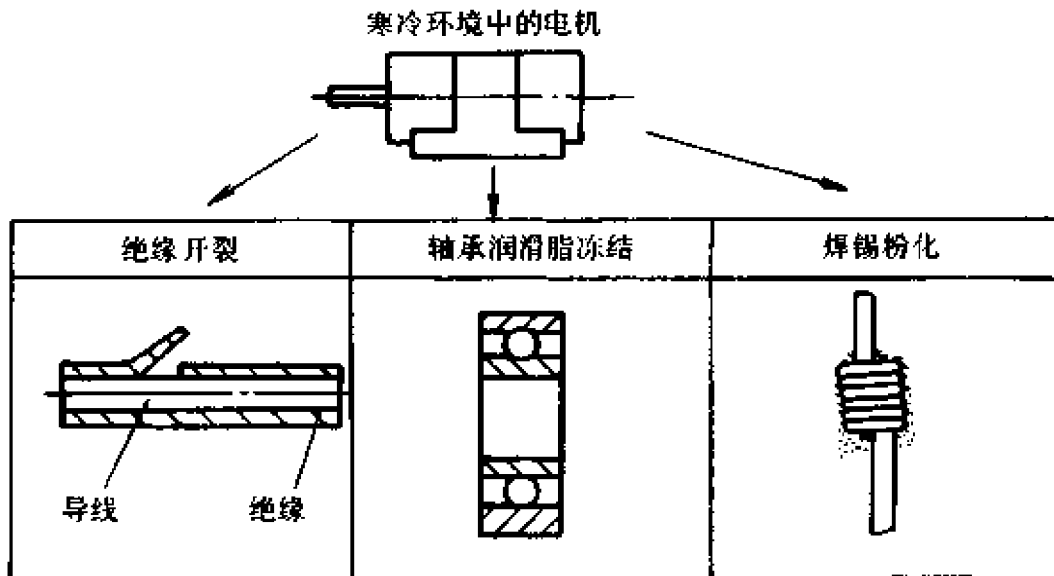
式中, U_N 为电机绕组的额定电压 (V); P 为电机的额定功率 (kW)。

对于 $U_N = 380\text{V}$ 的电机, $R > 0.38\Omega$

如果绝缘电阻稍低,则可使电机空载运转 2~3h 自行烘干,然后再逐渐增加负载。也可以用 10% 额定电压的低压交流电通入绕组或将三相绕组串联后用直流电烘焙,保持电流在额定电流值 50% 左右。还可以用风机送入热空气或以加热元件加热等,均可使潮气除去,绝缘电阻上升。仔细清除电机各部分的尘埃导电覆盖层也是非常重要的。

轴承润滑脂一般保存期为一年。久置不用的电机应清除旧的润滑脂,换上新的,再继续使用。

1.94 不要任意起动寒冷环境中的电机

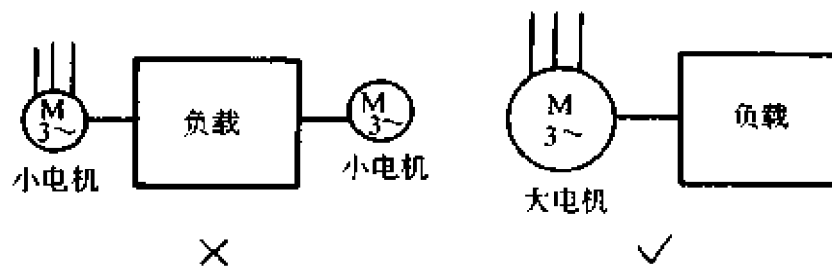


低温对电机性能的影响：

1. 低温时绝缘材料变得硬脆容易开裂。
2. 低温时轴承润滑脂会冻结发硬，使电机不能起动。
3. 导线接头如用锡焊，低温时锡会成粉末状。

因此，寒冷地区必须对电机加热保温，使其温度不致过低，运转前应对绕组及轴承进行检查，并采取相应措施后，方可起动电机。

1.95 不宜把小电机串、并联当大电机用

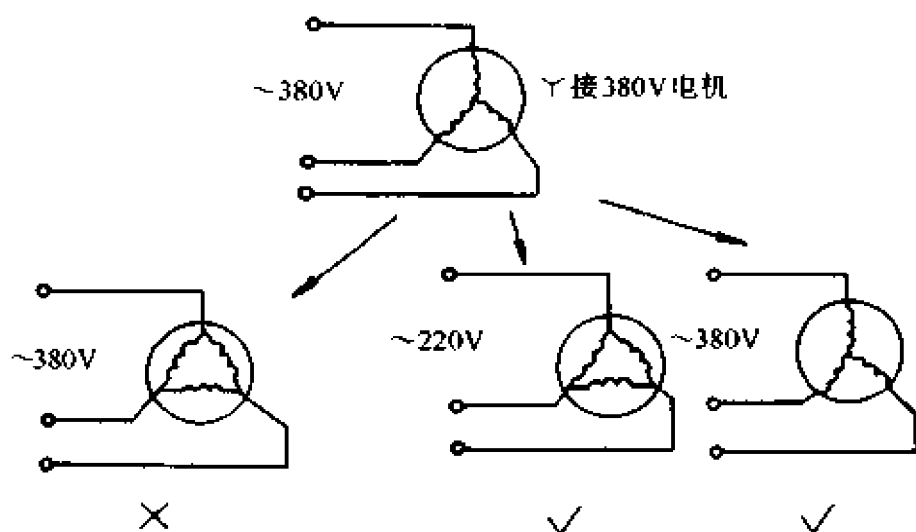


两台容量为一台大电机一半的小电机，是否可以经过串、并联后，合起来当一台大电机用？从容量上来看是可以的，但从经济上看是不可行的。

电机设计理论告诉我们，电机容量越大，单位容量消耗的有效材料越少，单位容量的电机成本越低，单位容量的电机损耗越低，电机效率越高。

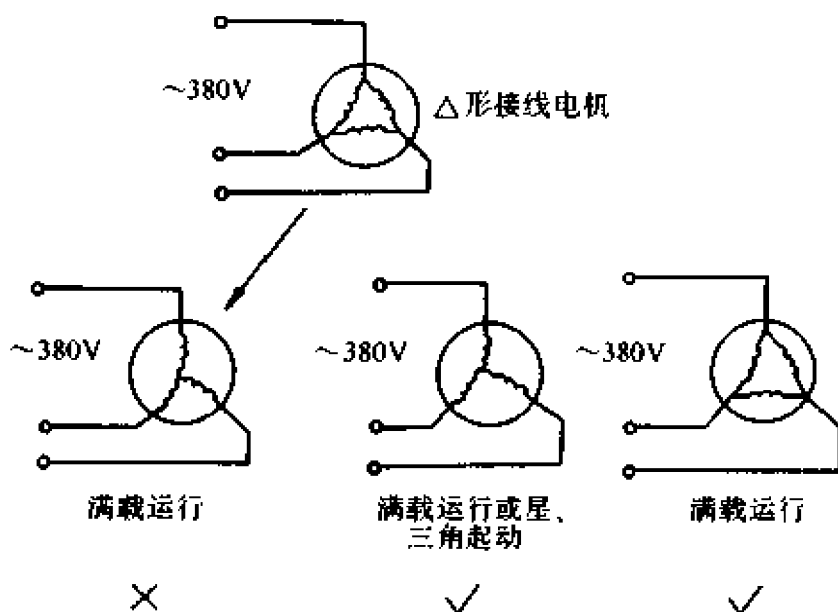
以两台小电机代替一台大电机，无论从材料消耗、成本及耗电量上看都是不经济的，非特殊情况不宜采用。

1.96 不要把三相绕组为Y形接线的电机接成△形接线



异步电动机铭牌上注明接线方式为 Δ/Y ，220/380V，是指电动机绕组为 Δ 形接线时，应接于220V线电压，Y形接线时应接于380V线电压。如果将这种电机380V线电压时的Y型接线误接成 Δ 形接线，即绕组的相电压增加了 $\sqrt{3}$ 倍，定子铁心处于高度饱和状态，铁心损耗大大增加，励磁电流将急剧增加，引起定子绕组严重过热，导致电动机烧毁。

1.97 不要任意把△形接线改成Y形接线

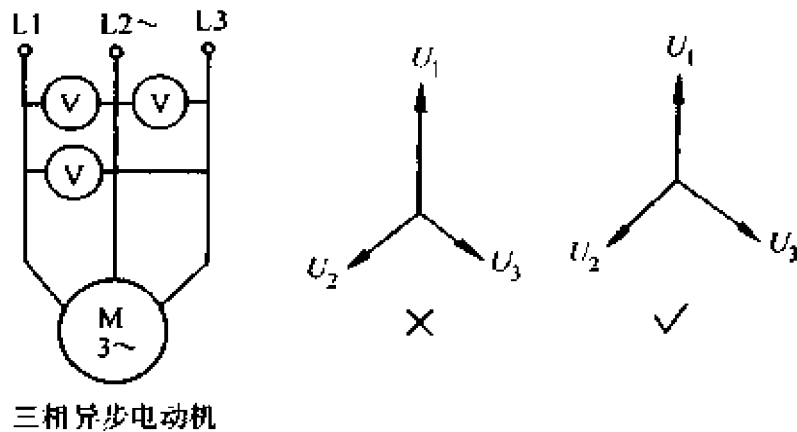


380V、 Δ 形接线的电动机启动时,通过开关转换将三相绕组接成Y形,使电机的相电压由380V降至220V。启动完成再改成 Δ 形接线,相电压为额定电压380V,转入正常运行,这就是星形三角形降压启动法,可以降低启动电流,减少对电网的冲击。

Δ 形接线的电机改成Y形接线还可以用于电动机轻载运行的场合。当电动机的负载小于额定功率的40%时,由于电流有功分量较小,无功分量——励磁电流成为定子电流的主要成分,电机的功率因数、效率不高。在这种情况下,如果将 Δ 接改成Y接法,即相电压由380V降至220V,励磁电流将显著降低,电机电流将随之降低,电机的效率、功率因数提高,电机温升降低。这种改接对轻载运行有利。

但当电机运行在额定负载、电压为额定电压380V时,如果把 Δ 形改成Y形接法,则由于相电压降低 $\sqrt{3}$ 倍,引起磁通减少,为了保持转矩不下降,定子电流要相应增加,使电机的损耗、温升增加,可能烧毁电机。所以不要任意地把 Δ 形接线改成Y形接线,要看负载情况而定。

1.98 不要使电机在三相电源电压不平衡下运行



电源三相电压不平衡,使电机三相电流不平衡,在电机内产生负序磁场,其旋转方向和电机的转向相反。由于负序磁场的制动作用,使电机的转矩减少,电流增大,损耗增加,电机发热,还会产生电磁噪声。所以当三相电压不平衡超过标准规定的数值时,不允许电机投入运行。

国家标准规定,三相电压中任何一相电压与三相电压的平均值之差不得超过三相电压平均值的5%,即

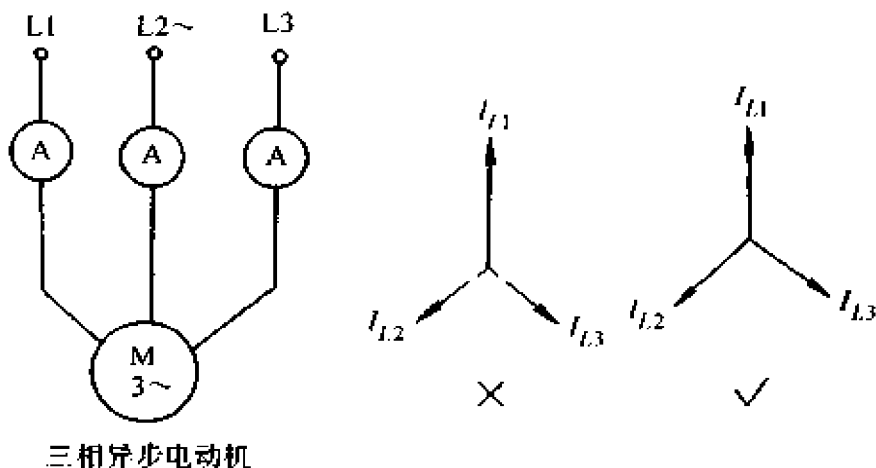
$$\frac{U_{\phi} - U_P}{U_P} \times 100 < 5\%$$

式中, U_p 为任何一相电压; U_r 为三相平均电压

$$U_r = \frac{U_{r1} + U_{r2} + U_{r3}}{3}$$

三相电压不平衡,可能是由于供电线路中某一相线路压降太大造成的(如接触器触点接触不好,甚至断相)。应找出原因,及时排除故障。

1.99 不要使电机在三相电流不平衡下运行



电机三相电流不平衡对电机性能的影响见 1.98 的说明。三相电流不平衡的原因有:

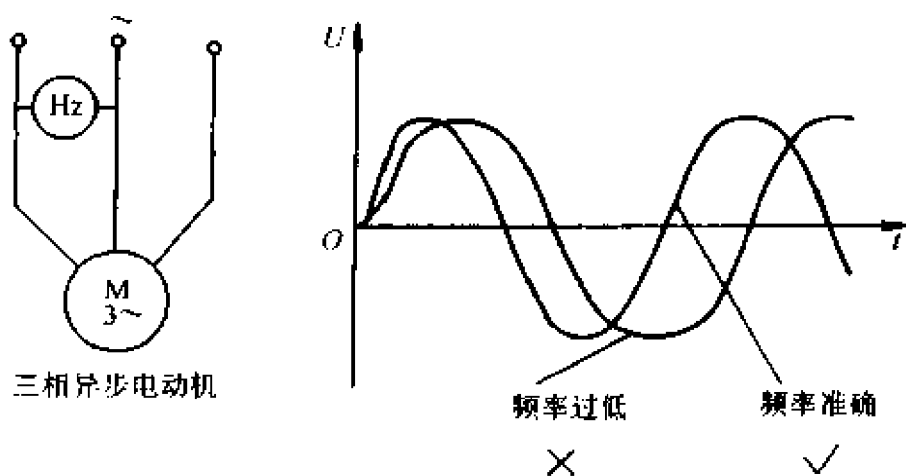
1. 三相电压不平衡。
2. 电机内部某相某支路接头部分焊接不良或接触不好。
3. 电机绕组有匝间短路或对地、相间短路。
4. 接线错误。

一般要求电机三相电流中任何一相与三相电流平均值的偏差不得超过平均值的 10%。当超过此值时,应查明原因,排除故障后再运行。

1.100 不要使电机在电源频率过低下运行

电源电压一定时,频率下降使磁通增加,电机设计中一般使硅钢片工作在磁化曲线的饱和区,磁通增加使励磁电流增加较多,功率因数下降,电机电流增大,铜损耗增加,效率下降。频率下降还使电机转速下降,风量减少,散热困难,电机温升增高。

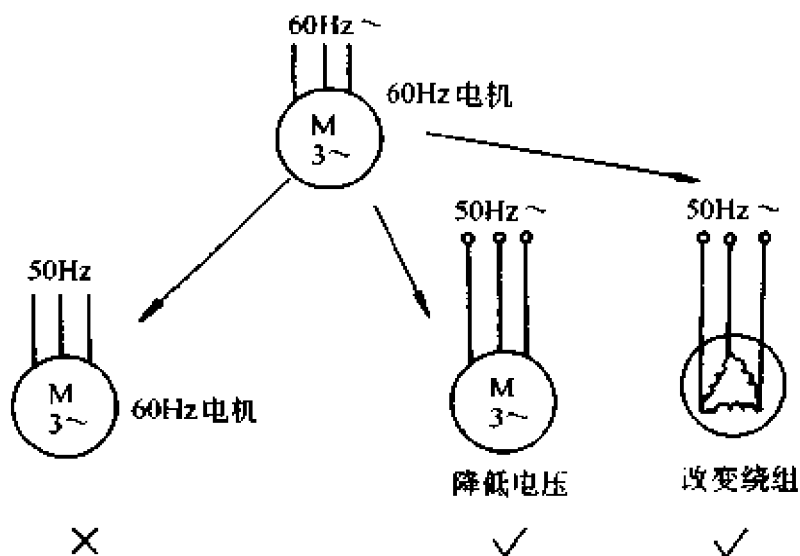
总的看来,电源频率下降,不但使电机输出功率减少,而且使各项性能变坏,严重时还可能因线圈过热而烧毁。所以电机不得在频率低于国家标准规定值以下运行。



国家标准规定，电源频率和额定频率相差不得超过 $\pm 1\%$ 。当额定频率为50Hz时，电源频率应在49.5~50.5Hz的范围内。

1.101 不要把60Hz的电机用于50Hz的电源

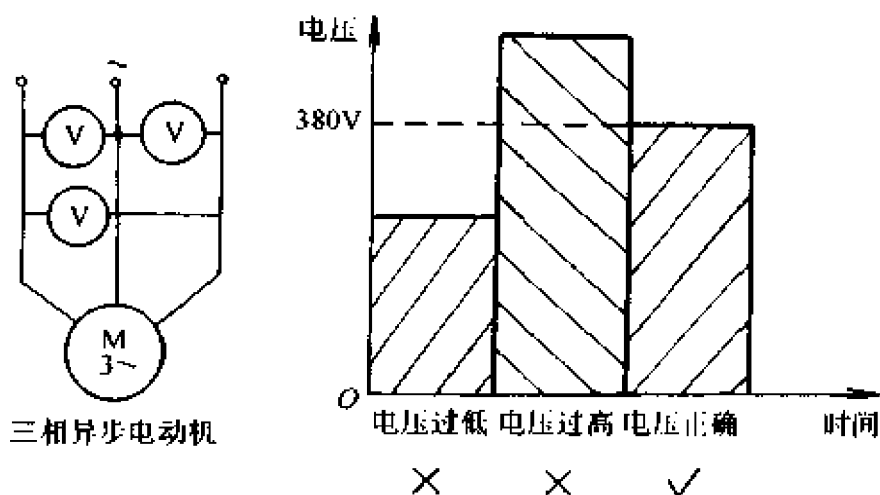
如上条所述，电源频率下降对电机性能有许多不利的影响。把原来电源频率为60Hz的电机接在50Hz的电源上，频率减少了10Hz，大大超过1%的范围，电机发热严重。



所以一般不允许这样使用电机。如果确实需要时，则必须降低电机的额定功率，并采取下列措施之一：

1. 按频率下降的比例降低电源电压。
2. 重新改制电机绕组。

1.102 不要使异步电机的电源电压过高或过低



电源电压过高或过低,对电机性能均有不利的影响。国家标准规定,电源电压允许波动范围为 $\pm 5\%$ 之内。

电源电压降低,使电机磁通减少,电机转矩则与电压平方成正比的下降,造成电机起动困难,电机负载不变时电机电流增加,损耗加大,温升增高,长时间低压运行可能使电机烧毁。

电源电压过高,在铁心工作在过于饱和的情况下,使电机励磁电流大大增加,电机总电流加大,电机损耗增加,温升增高,所以电机不利于长期过电压运行。

1.103 电机不要缺相运行

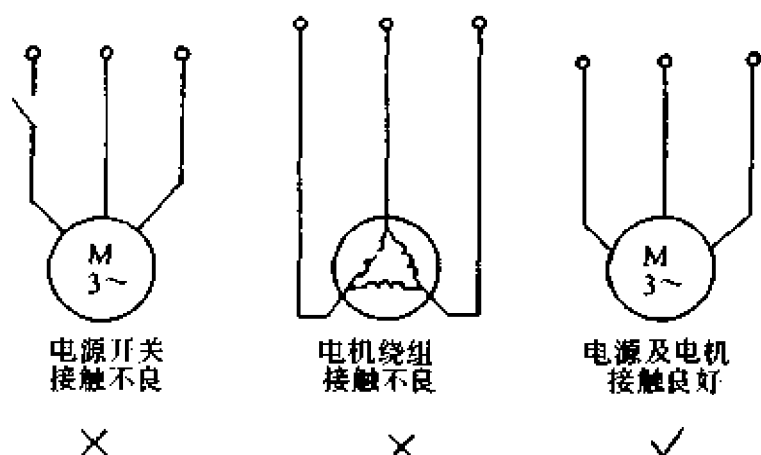
三相电机缺一相成为单相电机。单相电机通电后将不能起动,有强烈的“嗡嗡”声。电机在运行中电源由三相变成单相,定子磁场由三相旋转磁场变成单相脉动磁场,该磁场可分解为两个转向相反的旋转磁场。正向旋转磁场使电机转子继续旋转,但其转矩大为减少;反向旋转磁场则产生制动转矩,使电机的转矩更加减少,电流加大,损耗加大,电机发热增加,如果不及时停止运转,将使电机烧毁。

造成电机缺相的原因,可分为电源及电机两方面:

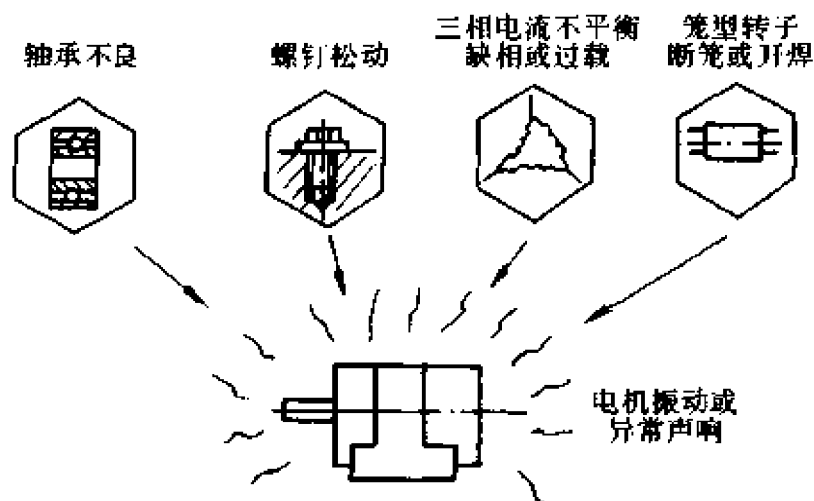
电源方面:开关接触不良,变压器或线路断线,熔丝熔断等。

电机方面:电机接线盒螺钉松动接触不良,电机内部接头焊接不良,电机绕组断线等。

电机缺相应立即停止运转,找出原因,排除故障后方可继续运行。



1.104 有异常振动和声响的电机不应继续运行



异步电动机运行时产生异常的振动和声响,有机械及电磁二方面的原因。

机械方面的原因:

1. 轴承润滑不良,轴承磨损造成转子偏心,严重时使定、转子铁心相擦。
2. 紧固螺钉松动。如转子或风叶的紧固螺钉松动,造成风叶和挡风板、风罩相碰。地脚螺钉松动,造成电机不正常振动。
3. 电机内有杂物。

电磁方面原因:

1. 电机过载运行,三相电流不平衡或单相运转。
2. 定、转子绕组发生短路故障或笼型转子焊接部分开焊造成断条。

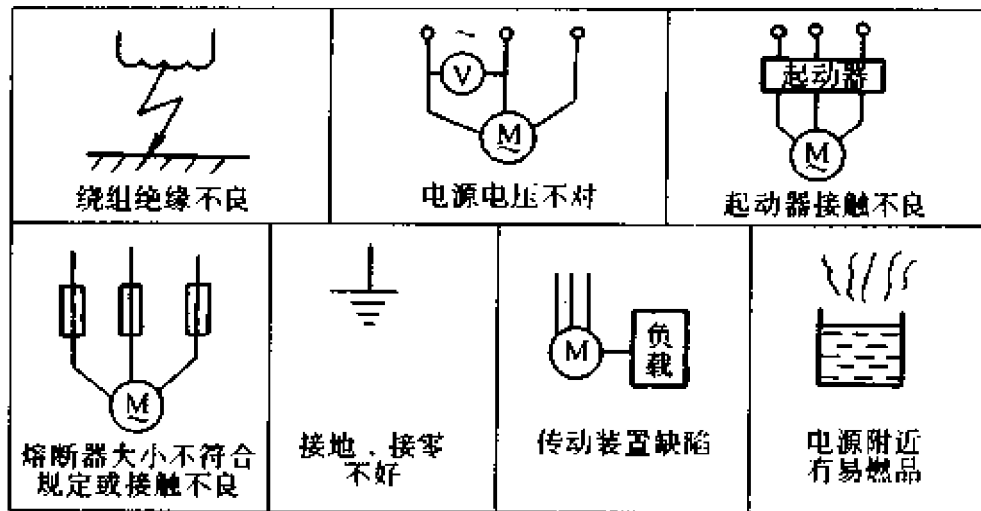
电机如出现异常声响和振动,应分析原因,排除故障后方可继续运行。

1.105 一般电机应避免频繁启动

电动机启动电流很大,频繁启动使电机绕组过热,影响电机使用寿命。所以一般电动机应避免频繁启动,尽量减少启动次数。一般空载连续启动不得超过 3~5 次。电动机长时间工作后停机又连续启动不得超过 2~3 次。

对于需要频繁启动的场所,则应选择专用电机,如吊车电机、力矩电机等。其结构为绕线转子,或用铝合金的铸铝转子。

1.106 避免不正确启动电动机



×

1. 绝缘电阻低不要启动电机。凡新装或停用三个月以上的电动机,使用前应当用兆欧表测量电机与启动设备的绝缘电阻。对于低压电机电器不应低于 $0.5\text{M}\Omega$, 否则必须进行干燥处理。

2. 电源电压不对不要启动电动机。根据电动机铭牌要求,检查电动机接线是否正确,电源电压是否符合要求。国家标准规定电源电压偏差在电动机额定电压的 $\pm 5\%$ 范围内,可以启动与运行。

3. 启动设备不良不要启动电动机。检查启动设备接线是否正确,动作是否灵活,触头接触是否良好,油浸启动设备是否缺油,油质是否合格。

4. 熔断器不合适不要启动电动机。检查熔断器大小是否符合规定,接触是否良好,且无损伤。

5. 接地、接零不好不要启动电动机。检查电动机及启动设备外壳的接地

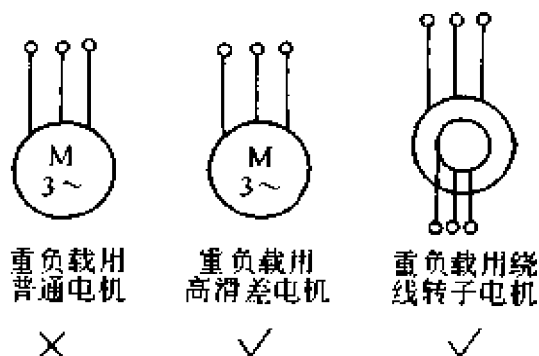
保护或接零保护是否良好，连接是否可靠。

6. 传动装置有缺陷不要起动电动机。检查传动装置有无缺陷，联轴器螺钉及销钉是否紧固，皮带松紧是否适度，电动机及所拖动的装置转动是否灵活，基础是否牢靠。

7. 环境不合适不要起动电动机。检查电机及传动装置周围是否有易燃品及其他杂物，应清除后方可起动电动机。

1.107 重载起动不要用普通电机

一般三相笼型异步电动机的铸铝转子采用纯铝，使电机的转子铝耗较少，电机的效率高，温升高。其堵转转矩倍数为 $1\sim 2.2$ ，堵转电流倍数为 $6\sim 7$ 。但对于重负载起动，如拖动压缩机、冲压机、剪断机的电机，要求有很大的堵转转矩，如果采用一般通用电机，则其堵转转矩值不能满足重载起动的要求。此外，电机堵转电流过大，还可能使电机温升过高。此时，电机转子铸铝往往采用合金铝以加大电阻，或改用绕线型转子电机，起动时转子回路串入电阻，以期减少堵转电流，增大堵转转矩。



转子为合金铝的电机，由于其转子电阻大，其转差率为 $8\%\sim 13\%$ 。其堵转转矩倍数可达 $2.4\sim 2.7$ 倍，堵转电流倍数为 $4.5\sim 5.5$ 。电机的损耗较大，效率较低，温升较高，一般按重复短时工作制设计制造。

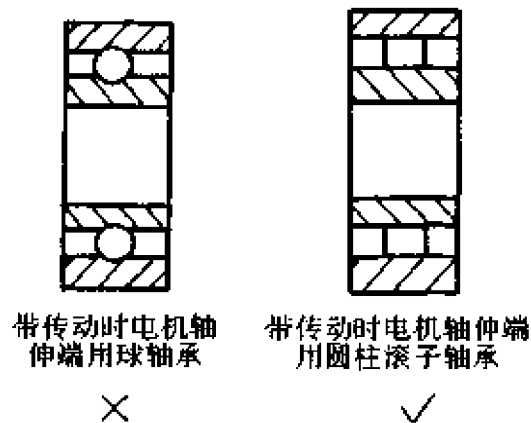
YH系列高转差电动机就是这样一种重载起动的电机。

1.108 不同传动方式要选用不同的电机轴承

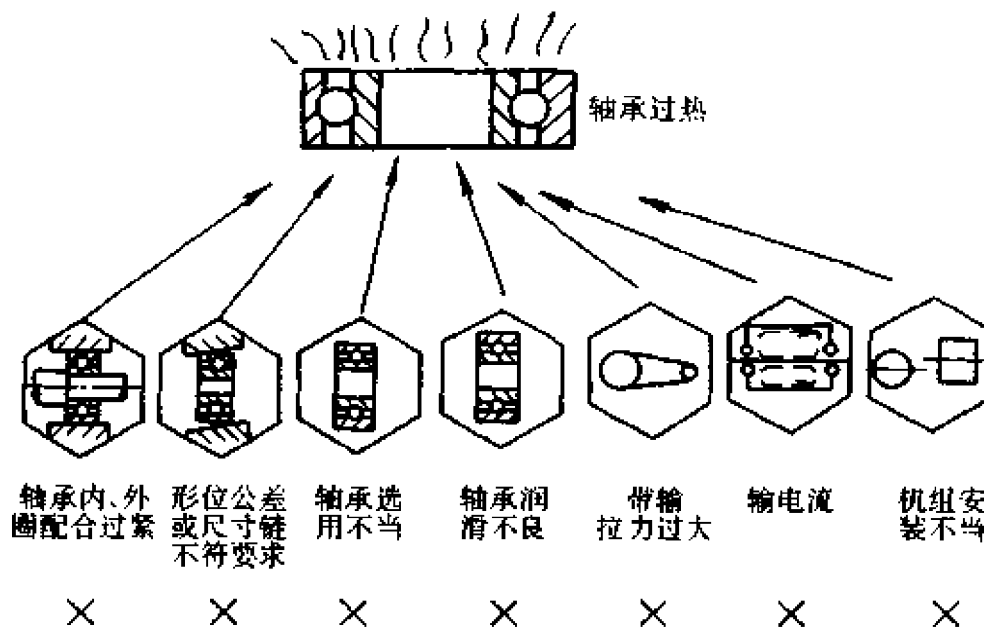
电机的气隙很小，均匀度要求高，中小型电机一般都采用滚动轴承，因其径向间隙小，摩擦损耗小，装配及润滑维护方便。轴承不但承受径向力，还承受一定的轴向力。轴承的选用应根据电机的传动方式（皮带传动和联轴器、齿

轮传动), 计算轴承寿命后进行选择。为了降低电机的噪声和振动, 一般电机的传动端及非传动端均采用单列向心球轴承。对于皮带轮传动, 传动端采用向心圆柱滚子轴承。

轴承寿命一般按 10000h 计算。



1.109 不要使电机轴承过热



电机运行中, 发生故障比较多的是轴承过热, 使轴承损坏, 甚至烧毁电机。造成轴承过热的原因有电机本身的问题, 也有使用不当的问题。

属于电机本身的问题有:

1. 轴承内圈和轴、轴承外圈和端盖轴承孔的配合过紧, 造成轴承钢球和沟槽的游隙过小。

2. 零部件的形位公差问题。机座、端盖、轴等零件的同轴度不好，或轴向尺寸链不对，使轴承承受附加的径向力和轴向力。

3. 轴承选用不当，负荷能力不足。例如对于皮带轮传动的电机，其轴伸端应当选用圆柱滚子轴承。

4. 轴承质量较差或轴承清洗不净、润滑脂内有杂质。

5. 轴电流。

属于使用不当的问题有：

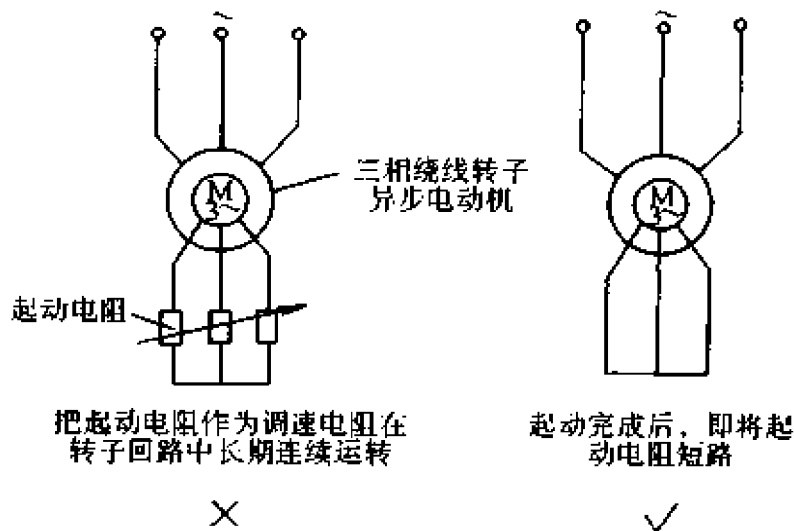
1. 机组安装不当：电机轴和所拖动装置的轴同轴度不符合要求。

2. 皮带轮拉力过大。

3. 轴承维护不好，润滑脂不足或超过使用期，发干变质。

发现轴承过热，应停转电机，排除故障。

1.110 电机的起动电阻不能当调速电阻用

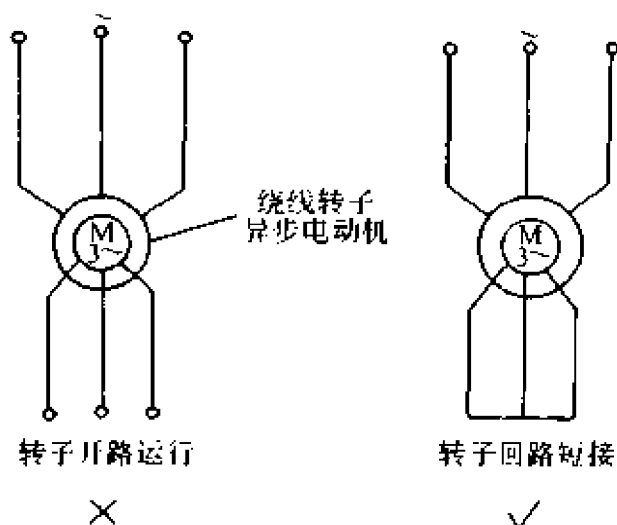


绕线型异步电动机起动时在转子绕组回路串入起动电阻不但可以减小起动电流，还可以增大起动转矩。由于电动机的起动电流远远大于额定电流，所以电机的起动过程应尽量缩短，否则不但造成电机发热而且使起动变阻器烧毁。

绕线型异步电动机转子回路串入电阻还可以实现电机调速，该电阻和起动电阻不同是按长期运转设计的。而起动电阻是按短时工作设计的，不能长时间工作。如果把起动电阻当调速电阻用，可能使起动电阻因过热而烧毁。

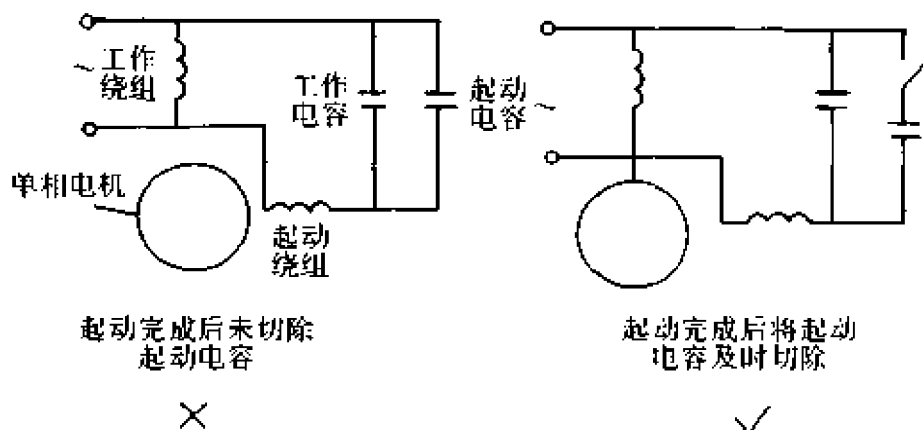
1.111 绕线转子异步电动机转子绕组回路不要开路运行

绕线转子异步电动机在运行中如果炭刷和滑环接触不好使转子电阻加大,电机转速降低,定子线圈发热。转子绕组回路如果开路,则转子电流为零,电机因无转矩而停止运转,此时定子电流很大,若不及时断开电源,则可能烧毁电机。



1.112 不要把分相起动的单相电机作分相运转

由于单相电机不能产生起动转矩,必须设有辅助绕组后才能起动。

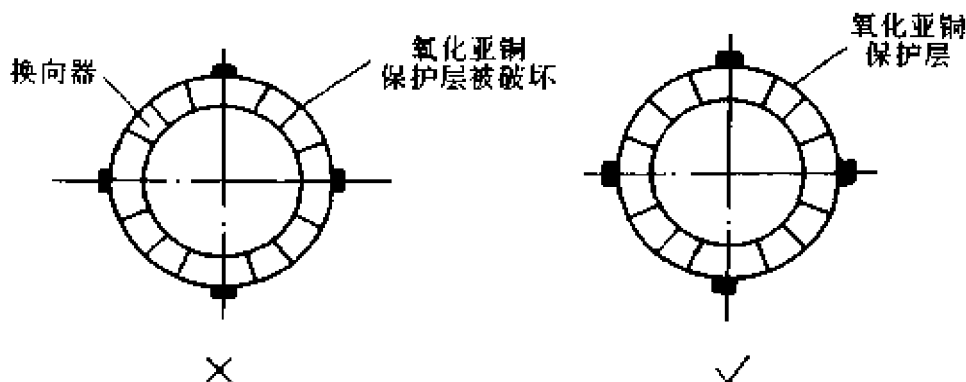


分相起动电动机是指在辅助绕组中串以电阻(或辅助绕组本身有较大的电阻)或串以电容器,当电动机的转速达到同步转速的80%左右时,通过离心开关或起动装置将辅助绕组回路断开,只有主回路通电正常运转。

分相运转电动机是指起动后在运行中不切除辅助绕组回路,辅助绕组及其串联的电容器均长期通电,和主绕组一起正常运转。

按电机运转时圆磁场的要求,分相起动和分相运转的绕组、电容、电阻参数均有不同的要求,而且分相起动用的绕组、电容、电阻均按短时工作设计,不能作长期连续运转。

1.113 直流电机不要在有腐蚀性气体或尘埃中运转



直流电机中炭刷和换向器是最容易磨损和需要经常维护、调整的零件,是影响换向情况,电机正常运转的关键部件。

正常运转的换向器表面应该光洁,并有一层氧化亚铜保护层,呈暗褐色光泽。该保护层使炭刷和换向器之间的接触电阻增大,炭刷下的短路电流减少,从而改善换向器的工作条件,减少炭刷和换向器的磨损,延长其使用寿命。

空气中如果有腐蚀性气体和尘埃,使换向器表面的氧化层被破坏,炭刷下的火花加大,换向困难,炭刷和换向器的磨损加剧。所以直流电机不要在有腐蚀性气体或尘埃中运转。

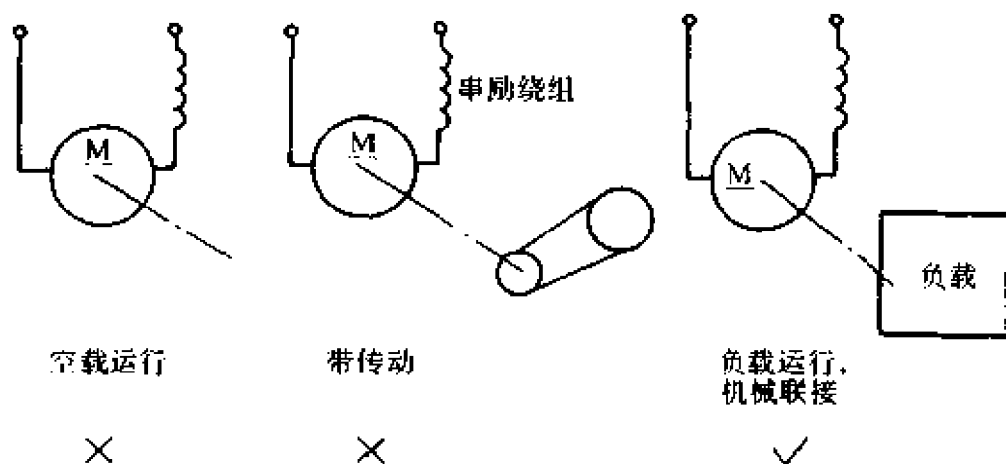
1.114 串励直流电动机不能空载运行

直流电动机的反电势大小和磁通、转速的乘积成正比,在忽略电枢压降情况下,可以看成等于电源电压,为不随转速变化的常数。

串励直流机的磁通大小取决于电枢电流的大小。电机做负载运行时,由于负载电流大,磁通较大,电机的转速较低。当电机的负载减少时,负载电流减少,磁通减少使电机转速增高。这种转速随负载大小变化的软特性是串励直流机的重要特性。

串励直流机如果空载运行,由于电枢电流很小,磁通很小,因而转速很高,造成“飞车”现象。它使换向条件严重恶化,甚至使转子损坏,引起设备及人身事故,所以是绝对不允许的。

串励直流电动机不能空载运行，一般规定轻载运行时最小负载不得低于额定负载的 25%~30%。为了确保安全运行，串励直流电动机和被拖动装置间不准用皮带传动。



1.115 不要使直流电机在明显火花下连续运行

直流电机换向器火花大小是电机换向情况的标志。使用中应注意观察火花情况，做好炭刷和换向器的调整与维修，以免损伤换向器和炭刷。

各种火花等级时的特征、换向器和炭刷的状态以及是否允许连续运行，表述如下：

1. 1 级

无火花。

电机可以连续运行。

2. $1\frac{1}{4}$ 级

炭刷下面大部分有微弱的点状火花。

换向器上没有黑痕，炭刷上也没有灼痕。

电机可以连续运行。

3. $1\frac{1}{2}$ 级

炭刷下面大部分有轻微火花。

换向器上有黑痕，用汽油擦洗就能除去，炭刷上稍有灼痕。

电机可以连续运行。

4. 2 级

炭刷的整个边缘下面都有较明显的火花。

换向器上有较严重的黑痕，用汽油擦洗不能除去，炭刷上也有灼痕。

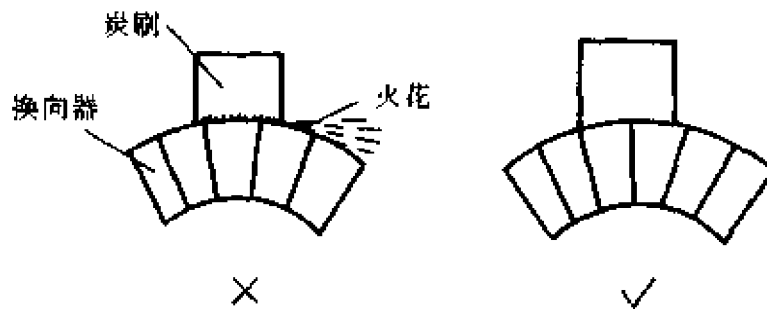
只允许电机在较短时间的冲击负载或过载时发生上述情况。

5. 3级

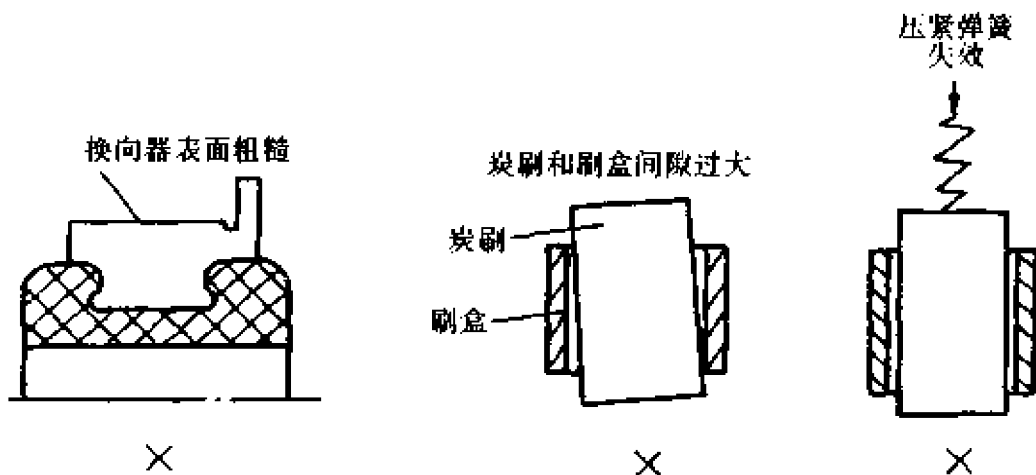
炭刷的整个边缘下面有强大的火花。

换向器上有严重的黑痕和灼痕，用汽油不能擦去，炭刷烧焦及损坏。

只允许电机在直接起动或逆转时发生上述情况。



1.116 避免换向器和炭刷的摩擦噪声



换向器和炭刷的摩擦噪声是直流电机机械噪声的主要来源。其产生原因：

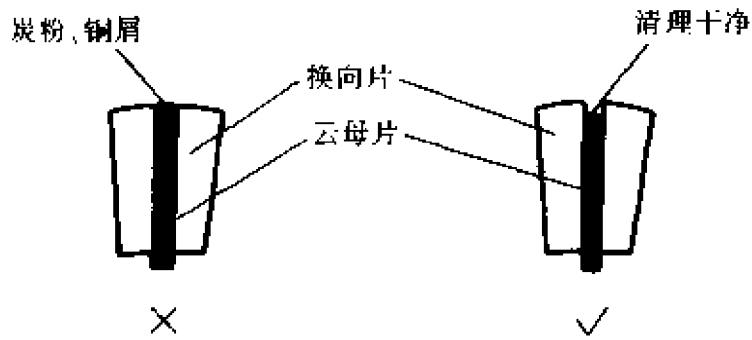
1. 换向器表面的加工精度不够或粗糙度较差。
2. 炭刷和刷盒间的间隙过大。
3. 炭刷压紧弹簧失效。

上述情况导致电机运转时炭刷跳动，以及换向器表面及刷盒互相撞击，产生噪声。

可以通过观察电机运行情况或对噪声进行频谱分析来确定噪声来源，并排除故障，使电机正常运行。

1.117 不要使换向器的表面聚积导电异物

直流电机换向器表面由于炭刷磨损及换向器表面车加工，使得换向片之间有炭粉、铜屑积聚或有油雾侵入，则在片间形成导电桥路，引起环火。所以换向器片间云母下刻后槽内必须保持干净，仔细消除炭粉、铜屑等异物。



2 有关变压器设计的问题

- 2.1 设计不能脱离标准、合同及技术协议的规定 70
- 2.2 各项技术数据不能超差 70
- 2.3 Yyn 变压器的中线电流不能超过 25% 额定电流 70
- 2.4 不符合并联运行条件的变压器不能并联运行 71
- 2.5 器身不允许悬空 72
- 2.6 装配人员着装不得携带金属物件 72
- 2.7 器身干燥后不要在空气中暴露时间过长 72
- 2.8 器身各处紧固件不能采用弹簧垫圈 73
- 2.9 油箱壁下料尺寸不能随意确定 73
- 2.10 箱壁加强铁及吊拌不得靠箱沿孔太近 74
- 2.11 出油管口的位置不能太低 74
- 2.12 套管升高座内不允许积存气体 75
- 2.13 变压器运输时箱内注油不能过满（浅） 75
- 2.14 箱盖下的加强铁设计不能仅考虑加强功能 75
- 2.15 注（放）油闸阀不要布置在储油柜同一侧 76

2 有关变压器设计的问题

2.1 设计不能脱离标准、合同及技术协议的规定

设计应符合标准的规定、这是最基本的要求。但往往遇到用户提出有别于标准规定的特殊要求，经双方协商同意后，在合同或技术协议中予以载明，如不注意，产品不能满足用户的特殊要求，需要进行返修甚至报废，将会造成重大经济损失。

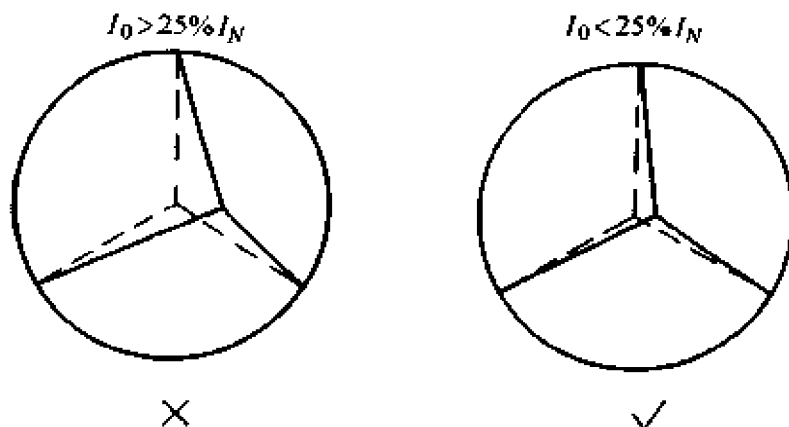
2.2 各项技术数据不能超差

变压器的负载损耗、空载损耗、空载电流、阻抗电压、空载电压比、直流电阻不平衡率是反映变压器的技术水平及制造水平的重要参数，有关标准对其数值及允许偏差均有规定，如超差，将会造成技术性能下降、温升增高、不能并联运行、不能正常运行等后果，因此，产品是不合格的，不能出厂。设计、制造又都会造成偏差，测量也会有误差，出现偏差是不可避免的，因此，标准规定了允许偏差，在设计、制造、测量中都要严格控制，保证产品出厂试验结果不超差。设计时，一般情况下，负载损耗、空载损耗不要吃裕度，个别情况下也不要超过标准值的2%。阻抗电压设计值不要超过标准值的 $\pm 2.5\%$ 。空载电压比不要超过标准值的 $\pm 0.25\%$ 。只要空载损耗符合要求，空载电流一般不会超过标准值。对于低电压的线圈，本身电阻很小，引线及封线的电阻对直流电阻不平衡率的影响甚大，因此，对引线截面选取及结构设计要予以充分注意。线圈制造时要严格控制导线及线圈尺寸，要测量线圈的直流电阻，挑选合适的线圈配成一台份，然后才能装配。

2.3 Yyn 变压器的中线电流不能超过 25 % 额定电流

Yyn 联结组变压器的中线有电流流过，则表明变压器低压侧三相负载不平衡，该电流是3倍的零序电流，会在铁心中产生零序磁通，此磁通由于不能在三相三柱式铁心中闭合，只能通过夹件、油箱等流通，引起涡流损耗，使钢铁件发热。当夹件两端的旁螺杆没有绝缘时，还会在旁螺杆—夹件回路中出现

短路电流，零序电流过大时，旁螺杆会出现局部过热。由于零序磁通的存在，还会在高、低压线圈中感应出零序电势，使中性点发生飘移，三相电压不对称。一般来说，中线电流不超过 25% 的低压额定电流时，变压器是可以正常运行的。



2.4 不符合并联运行条件的变压器不能并联运行

1 号、2 号变压器并联运行

| | 1 号变压器 | 2 号变压器 |
|------|--------|----------|
| 联接组别 | Yyn0 | Dyn11 |
| 电压比 | 10/0.4 | 10.5/0.4 |
| 阻抗电压 | 4% | 4.5% |

电压比、阻抗电压不同

×

3 号、4 号变压器并联运行

| | 3 号变压器 | 4 号变压器 |
|------|--------|--------|
| 联接组别 | Yyn0 | Yyn0 |
| 电压比 | 10/0.4 | 10/0.4 |
| 阻抗电压 | 4% | 4% |

电压比、阻抗电压相同

✓

两台或多台变压器的高、低压出线端子分别对应并联后共同运行，称为并联运行。变压器并联运行必须符合三个基本条件：

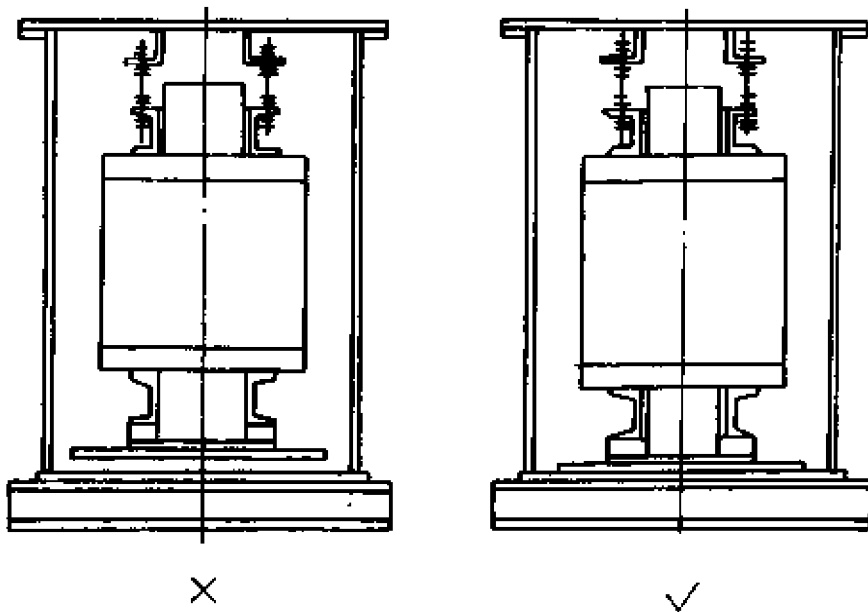
1. 联结组标号要相同。联结组标号不同，变压器二次电压相位则不同，并联运行时将会在变压器间产生循环电流，这是不允许的。有部分联结组标号不同的变压器通过改变接线方式是可以达到联结组标号相同的，必要时可参照有关资料进行改接，但不是所有变压器都能做到这一点。

2. 电压比相等，允许有 $\pm 0.5\%$ 的偏差。电压比不同，变压器二次电压则不相等，也会在并联运行的变压器间产生循环电流，同样是不允许的。

3. 阻抗电压相同，允许有 $\pm 10\%$ 的偏差。容量比一般不要超过 3。否则，变压器负载分配不合理，可能某台达到额定负荷时，另一台欠负荷还很多，变压器不能得到充分利用。

2.5 器身不允许悬空

器身悬空将会因运输颠簸而使器身在油箱内摆动,造成吊螺杆切断、器身松动、引线移位、折断等后果,使变压器损坏。另外,运行中也会因电动力的作用而造成损坏。

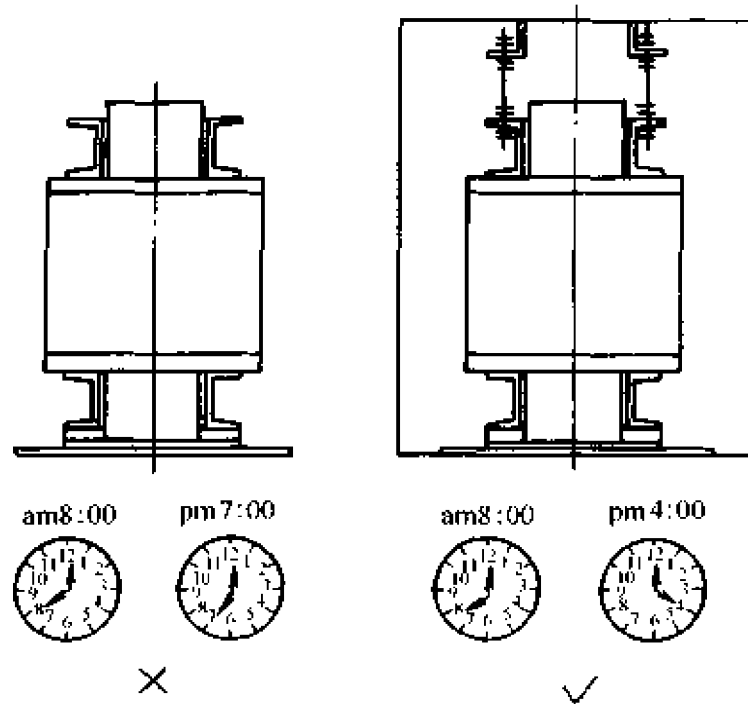


2.6 装配人员着装不得携带金属物件

变压器装配人员施工时,衣服鞋帽均不得带有杂物,特别是金属物件。否则,除影响变压器的清洁度外,如有金属纽扣、钢笔、硬币、徽章、发卡等金属物件遗留在器身中,可能造成放电或短路而损坏变压器。即使及时发现,要取出来,往往也是非常费工费时的。因此,作为一条工艺纪律,装配人员应自觉执行。

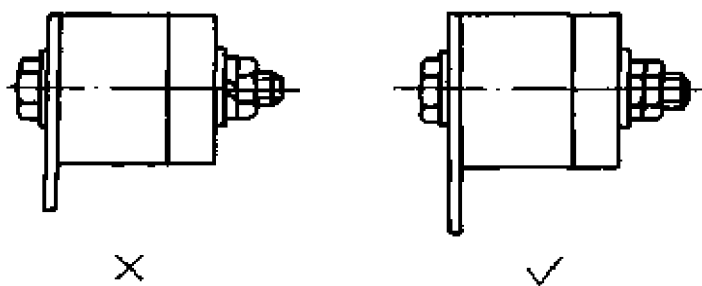
2.7 器身干燥后不要在空气中暴露时间过长

变压器器身干燥后,需要经过器身整理后才能装入油箱注油,这段时间越短越好。中小型变压器不超过 6~8h,对于大型变压器,没有真空浸油的直接进行器身整理,然后再装入油箱注油。大型变压器器身整理工作量大,但其热容量也大,降温较慢,时间可适当延长,一般也要控制在 8~10h 内完成。器身干燥后在空气中暴露时间越长,吸湿越多,将使变压器及变压器油的绝缘强度下降,甚至造成放电,绝缘击穿。



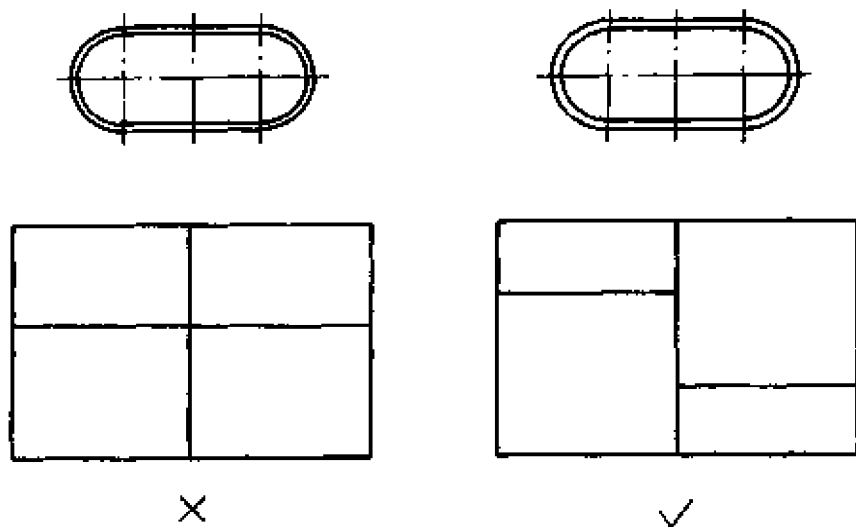
2.8 器身各处紧固件不能采用弹簧垫圈

由于弹簧垫圈硬度较大、发脆，在使用中容易刮起金属屑或自身折断，如落入器身中，会对绝缘造成极大危害。为了防止螺母松动，可采取双螺母、锁片、点铆等措施解决。



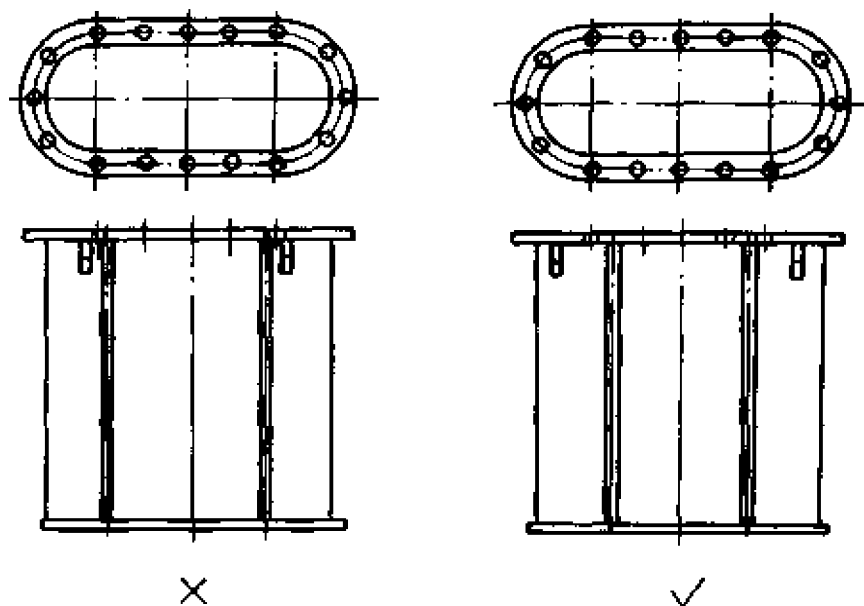
2.9 油箱壁下料尺寸不能随意确定

油箱壁是由 2 块或以上数量的钢板拼接而成的，在设计时，首先要了解本厂设备的加工能力，使每块钢板的剪切、折板、卷圆得以顺利进行，同时，下料尺寸的确定还要根据钢板的标准宽度合理套裁，以提高材料利用率。在拼接时不要出现十字焊缝。



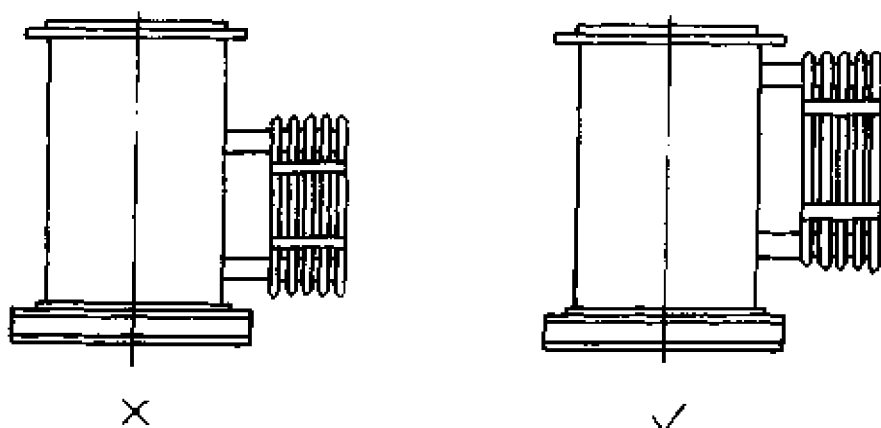
2.10 箱壁加强铁及吊杆不得靠箱沿孔太近

箱壁加强铁及吊杆焊接位置距箱沿孔太近或重叠，将使箱沿螺栓无法装配，容易造成渗漏油。



2.11 出油管口的位置不能太低

油管、散热器、冷却器在油箱上部的管口如果布置得过低，在油箱上部会形成油循环死区，使油面温度增高，加速油的老化，甚至使油分解，出现瓦斯，使气体继电器动作。



2.12 套管升高座内不允许积存气体

套管升高座内，如积存空气，变压器油就不能充满升高座，在高压电场的作用下，空气会游离放电，引发事故。因此，在升高座上上部要焊接放气塞或导气管，使内部气体能够排出，下部要有挡气圈，使油中气体尽量少地进入升高座。

2.13 变压器运输时箱内注油不能过满（浅）

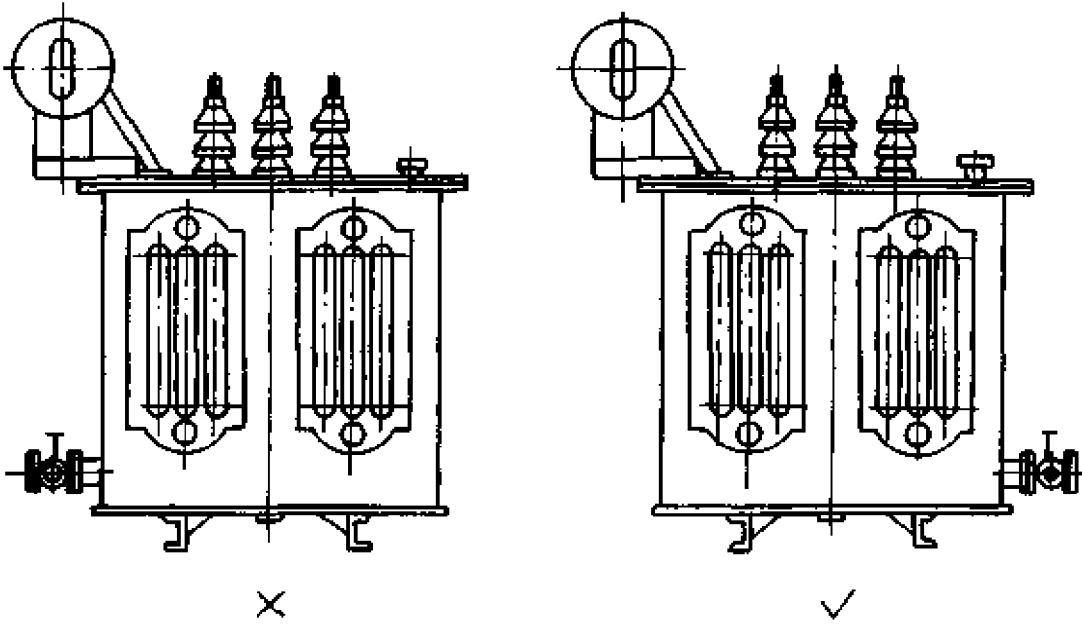
对于储油柜拆卸运输的变压器，油箱内注油时箱顶以下应留有一定空间，一般平顶油箱留 100mm，梯形顶油箱留 150mm，拱顶油箱留 200mm。如果注油过满，由于气温的上升使油体积膨胀，箱内压力则增大，到一定程度时将会导致渗漏。如果注油过浅，甚至低于器身，由于箱内存在大量空气，将会使变压器油氧化、受潮、器身也会受潮，从而影响绝缘性能，同时，由于运输的颠簸，还会引起箱内油的晃动，有可能产生静电火花。因此，注油要按规定进行。运输完毕，不管变压器是否投入运行，都要及时装上储油柜和吸湿器，将油加添到位。

2.14 箱盖下的加强铁设计不能仅考虑加强功能

对于大型箱盖往往需要加强，如果在箱盖下焊接加强铁时，除应满足箱盖的强度要求外，尚应保证加强铁至油中带电体之间有足够的绝缘距离，否则会发生放电、击穿事故。还应在加强铁的上部开槽，保证油中气体能顺利流向气体继电器和上部油循环通畅，否则，气体继电器将不能正常动作，在加强铁包围的区域内形成油循环死区，油温升高，加速油的老化，分解。

2.15 注（放）油闸阀不要布置在储油柜同一侧

注（放）油闸阀除具有注（放）油功能外，还可利用该闸阀及储油柜侧的法兰进行滤油，如同处一侧，油只能在储油柜一侧小范围内循环，就起不到滤油效果了。同时，变压器安装时储油柜侧要求垫高一些，闸阀在对侧，放油也会放得干净些。



3 有关高压开关设计的问题

高压开关结构设计中的问题

- 3.1 在结构设计时应考虑充放液（气）装置 79
- 3.2 在结构设计时要考虑液面检验装置 79
- 3.3 在结构设计时不要忘记接地装置 80
- 3.4 结构设计时不要忽视分、合闸指示装置 80

高压开关操作机构中的设计问题

- 3.5 不可忽视的高压开关设备合闸操作的事项 81
- 3.6 不可忽视的高压开关设备中脱扣器操作的事项 81
- 3.7 操作工具的运动方向不得违反规定 82

断路器及隔离开关设计问题

- 3.8 断路器排逸孔不应朝向可能出现人的地方 82
- 3.9 断路器接线端子承受的静拉力不应小于规定值 83
- 3.10 开关设备不应无安全标志 83
- 3.11 弹簧机构不允许“空合” 84
- 3.12 油断路器设计勿忘设计注（放）油及取样装置 84
- 3.13 隔离开关不要忘记有可见的位置指示 85
- 3.14 不可忽视的动力操动机构中信号位置 85
- 3.15 开关的人力机构手柄不要过长，传动角不要
过大 85
- 3.16 不可忽视的隔离开关动力机构设计中的事项 86

开关柜设计的考虑

- 3.17 开关柜外壳不得用网状编织物或类似材料制造 86

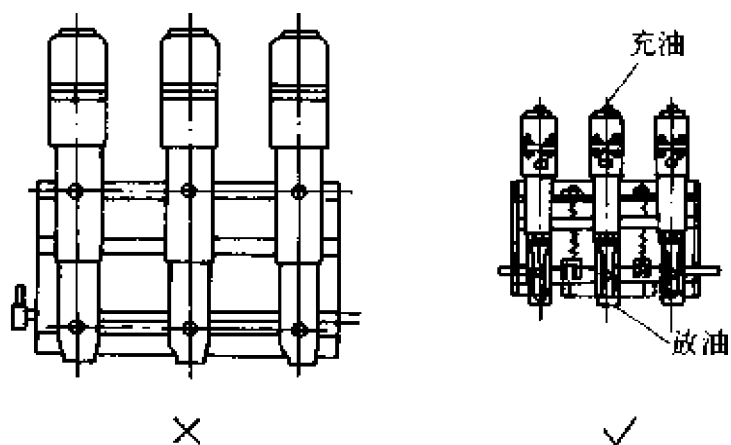
| | | |
|------|--------------------------------------|----|
| 3.18 | 不可忽视的开关柜充气隔室设计中的事项 | 87 |
| 3.19 | 不要忘记设计充气隔室的压力释放装置 | 87 |
| 3.20 | 可移动盖板、门设计成不需工具即可打开 | 88 |
| 3.21 | 观察窗不应形成危险的静电电荷 | 88 |
| 3.22 | 不可忽视的通风窗、排气口设计中的事项 | 89 |
| 3.23 | 不可忽视的开关柜中活门设计中的事项 | 89 |
| 3.24 | 绝缘件设计不要忘记“爬电比距” | 89 |
| 3.25 | 开关柜设计时不要忘记“五防”联锁 | 90 |
| 3.26 | 设计具有可移开部件开关柜不忘联锁要求 | 90 |
| 3.27 | 不可忽视不具有可移开部件的金属封闭开关设备的 联锁要求 | 91 |

3 有关高压开关设计的问题

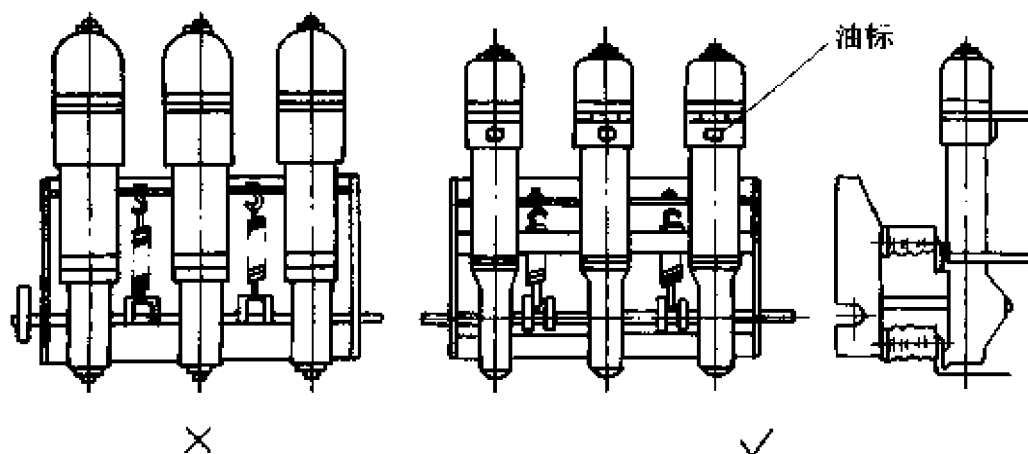
高压开关结构设计中的问题

3.1 在结构设计时应考虑充放液（气）装置

高压开关设备采用液（气）体绝缘或灭弧时，在结构设计上应考虑装有充、放液（气）装置，因为在运行一段时间后，开断的各种故障会使液（气）体质量降低，若不随时更换，则影响其绝缘或灭弧性能。



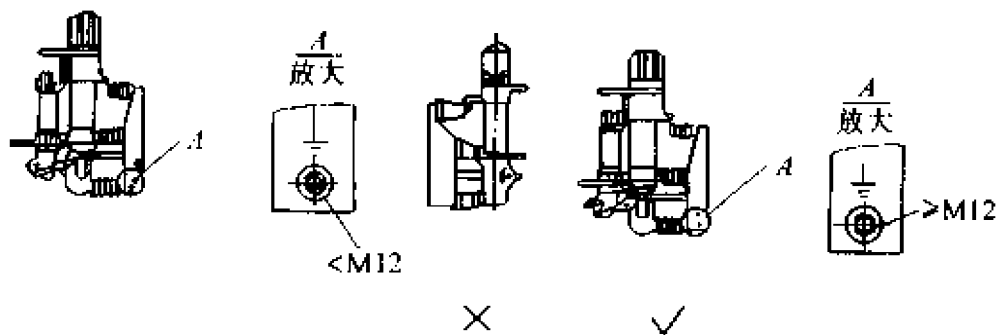
3.2 在结构设计时要考虑液面检验装置



采用液体工作介质的高压开关设备应备有检验液面的装置。即使在运行时，也应能观察到运行所允许的液面上、下限的标志和液面位置。如油标、油窗等。

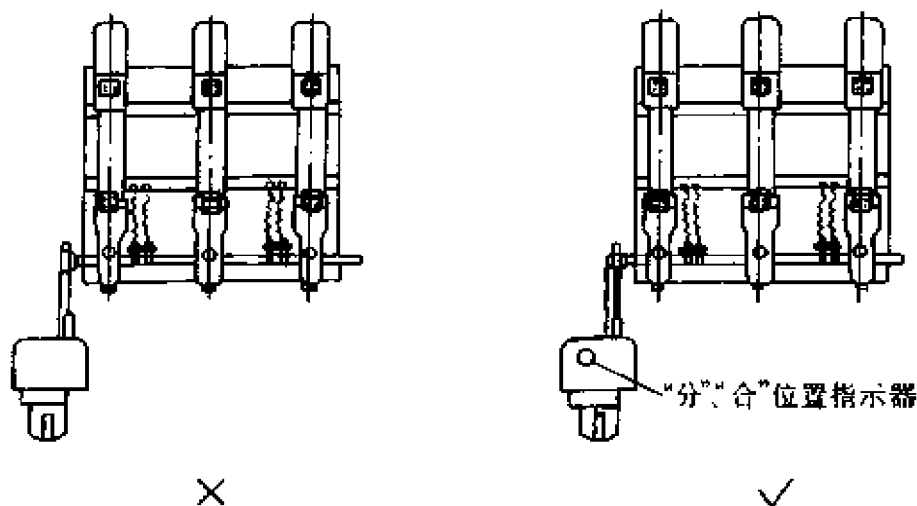
3.3 在结构设计时不要忘记接地装置

为了保证设备及人身安全，高压开关设备的构架上应具有与规定的故障条件相适应的接地端子和接地导体。接地端子应有联接接地导体的螺钉，其直径不小于 12mm。接地端子和螺钉应有防腐蚀措施，接地端子应具有符合 GB5465-2 标准规定的接地符号。



3.4 结构设计时不要忽视分、合闸指示装置

为便于准确判断开关设备运行中所处的位置，高压开关设备（有明显断口者除外）或其操动机构应具有易于观察的表示分、合位置的机械指示器。



高压开关操作机构中的设计问题

3.5 不可忽视的高压开关设备合闸操作的事项

1. 动力合闸机构的动力源的电压或压力在下表规定的下限时,应能关合其额定短路关合电流;在规定的上限时,应能空载合闸而不产生影响正常工作的机械损伤。

| 电 压 | | 气 压 |
|-----------------------|-----------------------|--------------|
| 直 流 | 交 流 | |
| 85%~110% U_n , 额定电压 | 85%~110% U_n , 额定电压 | 85%~110%额定气压 |

注:对断路器,其额定短路关合电流小于50kA时,直流动力电源电压的范围为85%~110%。

2. 对贮能合闸开关设备的使用要求:

(1) 具有贮能装置的操作机构如外部充气的贮气筒及由液压源充压的液压蓄压器,其操作压力在额定压力的85%~110%范围内,应能关合其额定短路关合电流。在空载合闸时,不得产生影响正常工作的机械损伤(除制造厂另有规定)。

如贮气筒也作为灭弧用气源,则该压力极限不适用。

与开关或操动机构装在一起的压缩机或泵,制造厂应规定操作压力的极限。

(2) 弹簧(或重锤)已完成贮能动作时,除非所贮能量足以可靠完成合闸操作,动触头不得从分闸位置运动,应能关合其额定短路关合电流。在空载合闸时,不得产生影响正常工作的机械损伤。

(3) 如弹簧(或重锤)用人力贮能时,对手柄的运动方向,除很明显的情况外,都应予以标明。除了“人力贮能合闸操作”之外,在开关上应装设弹簧(或重锤)已贮能的指示器。

(4) 用来使弹簧(或重锤)贮能的或驱动压缩机或泵的电动机及其电气操作辅助设备,在电源电压为额定值的85%~110%范围内和额定电源频率(如为交流)时,应能满足操作。

3.6 不可忽视的高压开关设备中脱扣器操作的事项

1. 并联合闸脱扣器应能在85%~110% U_n (交流)或80%~110% U_n (直流)范围内正常动作。

2. 并联分闸脱扣器, 在规定的各种开断电流条件下, 分闸机构在额定电源电压的 65%~120% 时, 应正确脱扣。

当电源电压等于或小于额定值的 30% 时, 不应脱扣。

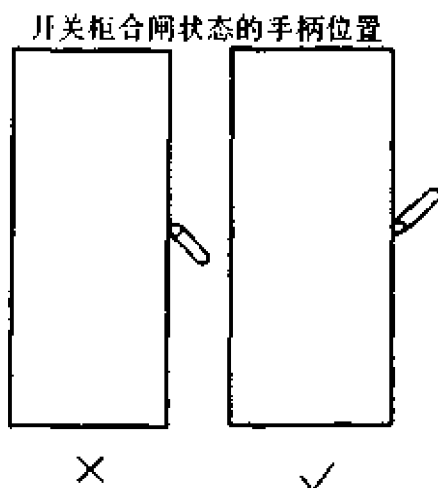
当装有多个分别作用的脱扣器时, 任何一个脱扣器的缺陷都不得影响其它脱扣器的功能。

3. 欠压脱扣器的端电压下降 (即使缓慢的下降) 到其额定电压的 35% 以下时, 铁心应可靠释放并使开关分闸。当欠压脱扣器端电压等于或大于 85% 额定电压时, 开关应能可靠合闸, 其端电压低于 35% 额定电压时, 开关应不能合闸。

3.7 操作工具的运动方向不得违反规定

高压开关设备操动机构的操作部位移动方向应符合下表规定:

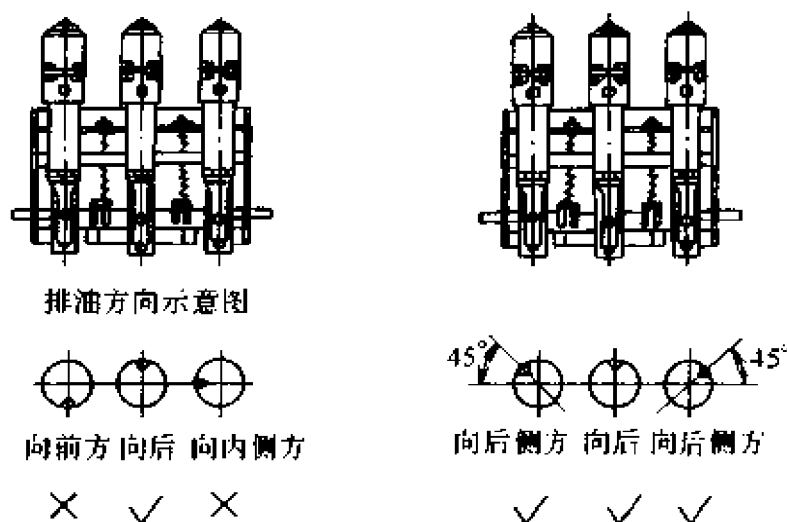
| 操作工具名称 | 运动方式 | 运动方向及操动工具的相互位置 | |
|--------------|--------|----------------|-----|
| | | 合闸时 | 分闸时 |
| 手柄、手轮或单、双肩杠杆 | 转动 | 顺时针 | 逆时针 |
| 手柄或杠杆 | 垂直上下运动 | 向上↑ | 向下↓ |
| 两个上下排列按钮 | 按、拉 | 上面 | 下面 |
| 两个水平排列的按钮或拉线 | 按、拉 | 右面 | 左面 |



断路器及隔离开关设计问题

3.8 断路器排逸孔不应朝向可能出现人的地方

断路器在开关故障电流时, 内部产生巨大的压力, 使之排出的液 (气) 等排出物。因此, 在设计排逸孔时, 应使排出物不致引起电击穿或危及其它设备, 且不应朝向任何可能出现人员的地方。



3.9 断路器接线端子承受的静拉力不应小于规定值

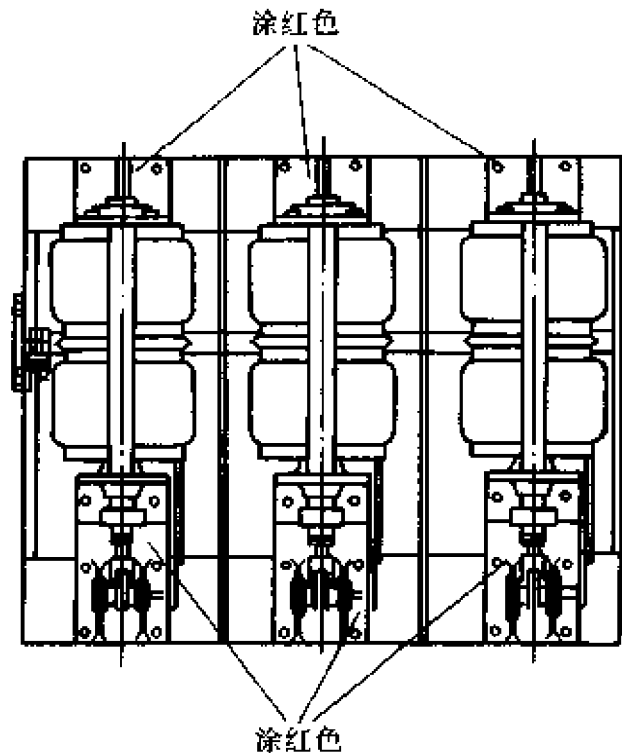
户外断路器的接线端子（包括断路器）应能承受下述规定的静拉力：

| 额定电压 /kV | 额定电流 /kA | 水平拉力 /N | | 垂直拉力/N (向上及向下) $F_{\text{拉}}$ |
|-------------|-------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|
| | | $F_{\text{拉a}}$ | $F_{\text{拉b}}$ | |
| 63 | ≤ 1250 | 500 | 400 | 500 |
| | ≥ 1600 | 750 | 500 | 750 |
| 110 | ≤ 2000 | 1000 | 750 | 750 |
| | ≥ 2500 | 1250 | 750 | 1000 |
| 220 300 | 1250~3150 | 1250 | 1000 | 1250 |
| 500 | 2000~3150 | 2000 | 1500 | 1000 |

注：包括断路器本体上的风压和承载，而且不应损伤其可靠性或通流能力。

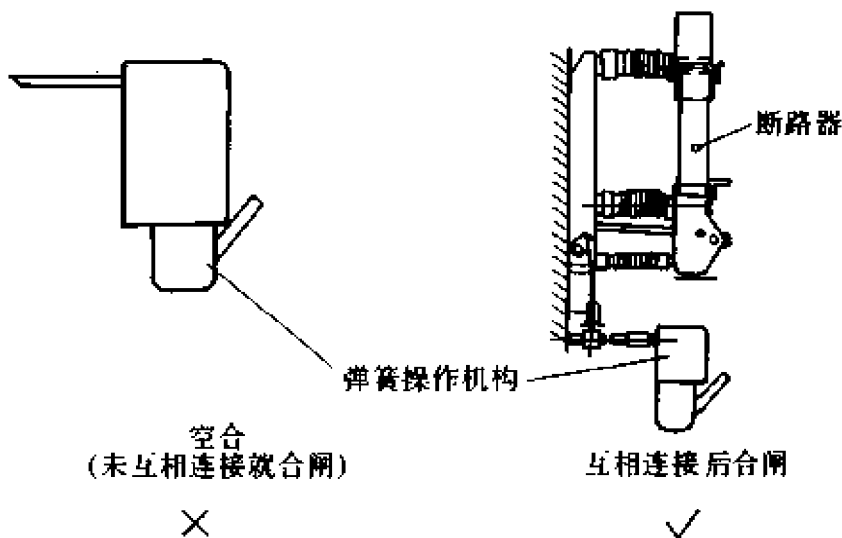
3.10 开关设备不应无安全标志

高压开关设备工作时处于高电压的各外露部分（绝缘子及导电接触面除外）应标以“高压危险”字样、符号或涂以红色等“安全标志”。



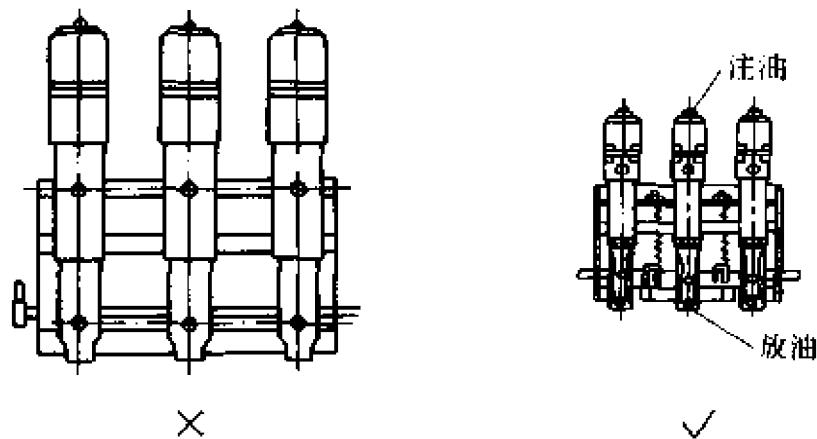
3.11 弹簧机构不允许“空合”

“空合”系指未带断路器的情况下，操动机构进行合闸操作。若出现“空合”极容易破坏其机构的性能，因此，弹簧机构严禁“空合”操作。



3.12 油断路器设计勿忘设计注（放）油及取样装置

为了使油断路器随时处于良好的运行状态，及时并便于补油、放油和油质检查，在结构设计时应有注油、放油和取油样的装置。



3.13 隔离开关不要忘记有可见的位置指示

通过位置指示可识别隔离开关和接地开关的工作位置。满足下列情况之一者，则认为符合要求：

1. 隔离断口明显可见；
2. 有可靠的位置指示装置。

可见的动触头可作为指示装置，当隔离开关和接地开关的各极连成一体时，允许使用一个公用的指示装置；对绝缘介质为压缩气体、六氟化硫等的隔离开关或接地开关，其特殊要求另定。

3.14 不可忽视的动力操动机构中信号位置

高压隔离开关用动力操动机构中信号用辅助接点时应保证以下几点：

1. 只有动触头达到安全通过额定电流、额定峰值耐受电流和额定短时耐受电流的位置时，才能发出合闸位置信号；
2. 只有当动触头至少有 80% 断口距离时，才能发出分闸位置信号。
3. 对各极公用信号装置，只能当隔离开关或接地开关的各极都在合理位置时，才能发出位置信号。

3.15 开关的人力机构手柄不要过长，传动角不要过大

对户内高压隔离开关的人力操动机构的手柄或单臂杠杆的长度应不大于 500mm，且其传动角度不大于 180° ；手轮直径或双臂杠杆的长度应不大于 750mm。

户外高压隔离开关的人力操动机构的手柄总长度（包括接柄长度在内）应不大于 1000mm。手柄与接柄尺寸和形状应相配。

3.16 不可忽视的隔离开关动力机构设计中的事项

高压隔离开关的动力操动机构在设计时应考虑以下几点：

1. 应装设供检修及调整用的人力分、合闸装置；
2. 在接受操作命令后，应能完成正常的合闸和分闸动作；
3. 操动机构处于任何位置时，均能取下或打开操动机构的箱门，以便检查、修理辅助开关和接线端子；
4. 操动机构箱内应装有分、合闸按钮；
5. 用电控的户外操动箱内（根据用户需要），应能装设刀开关和熔断器。

开关柜设计的考虑

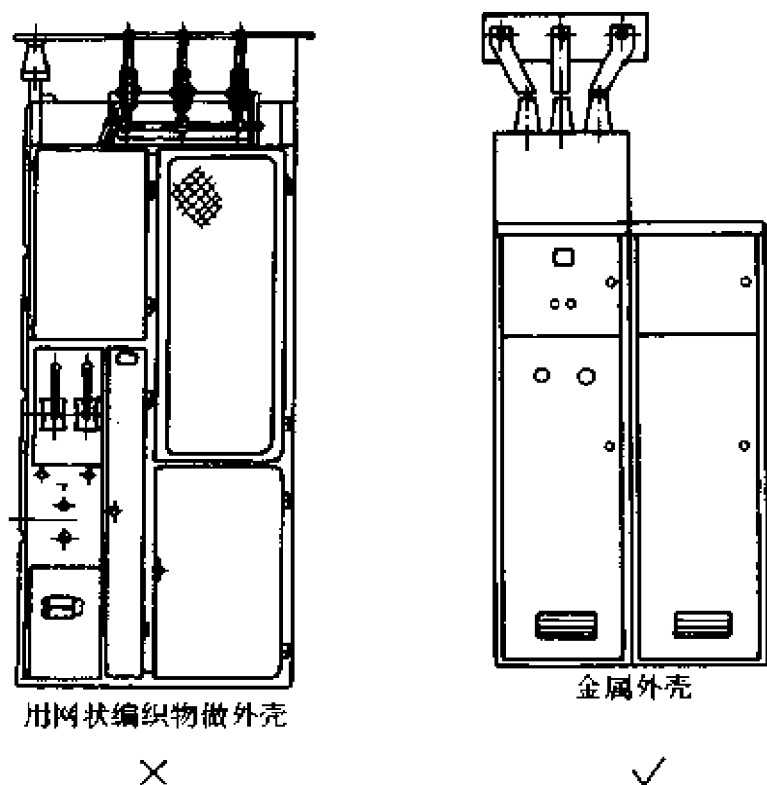
3.17 开关柜外壳不得用网状编织物或类似材料制造

金属封闭式开关设备的外壳必须是金属的（通风窗、排气孔除外），不得用网状编织物或类似的材料制造。外壳必须满足下表所规定的一种防护等级：

| 符 号 | 定 义 |
|------|--|
| IP2X | 阻挡直径大于 12mm 的固体，以及手指或长度不超过 80mm 的类似物体 |
| IP3X | 阻挡直径或厚度大于 2.5mm 的工具，以及导线等及直径超过 2.5mm 的其它物体 |
| IP4X | 阻挡直径或厚度大于 1.0mm 的导线、带，或直径超过 1.0mm 的其它物体 |
| IP5X | 防尘（指防止影响设备安全运行的大量尘埃进入，但不能安全防止灰尘进入） |

为保证其防护性能，地极可作为外壳的一部分（虽不是金属的），如果有电缆沟连通或电缆进入，则必须保证封闭，并满足上表的一种防护等级。

房子的墙壁不能作为外壳的一部分。



3.18 不可忽视的开关柜充气隔室设计中的事项

开关柜充气隔室应根据 GB3906 定义的设计温度和设计压力来设计。

充气隔室的设计温度是周围空气温度的上限加额定电流流过时气体的温升。如果太阳的辐射有明显影响，也应予考虑。

外壳的厚度和结构的计算方法可按压力容器设计规定选择。

外壳设计压力至少是设计温度下外壳能够出现的压力上限。

还要考虑以下情况：

1. 在隔室的壁或隔板的两边可能出现的最高压力差，包括可能采用充气过程抽真空工艺；
2. 具有不同运行压力的相邻隔室间的意外泄漏所引起的压力；
3. 产生内部故障的可能性。

3.19 不要忘记设计充气隔室的压力释放装置

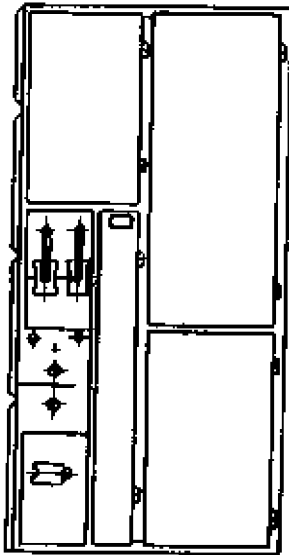
压力释放的设计应使操作者在正常操作时，由于压力释放出来的气体和蒸汽可能遭受到的危险是最小的。

压力释放可以这样设计，亦使电弧在外壳某些指定的点上燃烧，被烧穿的孔使产生的压力能够被释放。

3.20 可移动盖板、门设计成不需工具即可打开

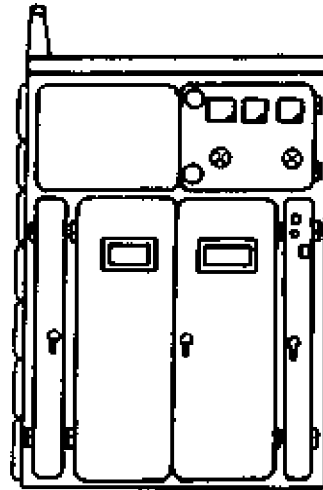
对在正常操作和维护时，需要打开盖板（可移的盖板）、门时应不需要工具。

但为了保证操作者安全，应装设联锁或备有锁定装置。



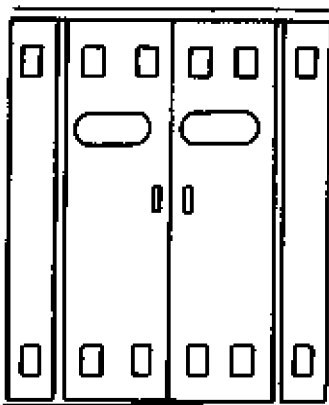
门无锁定装置

×

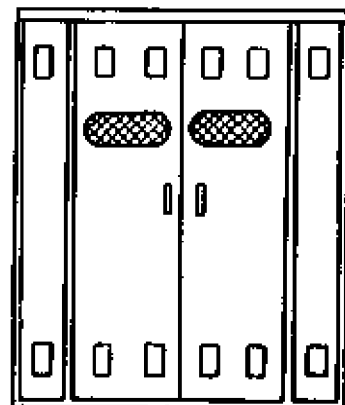


✓

3.21 观察窗不应形成危险的静电电荷



×



观察窗内侧加接地编织网

✓

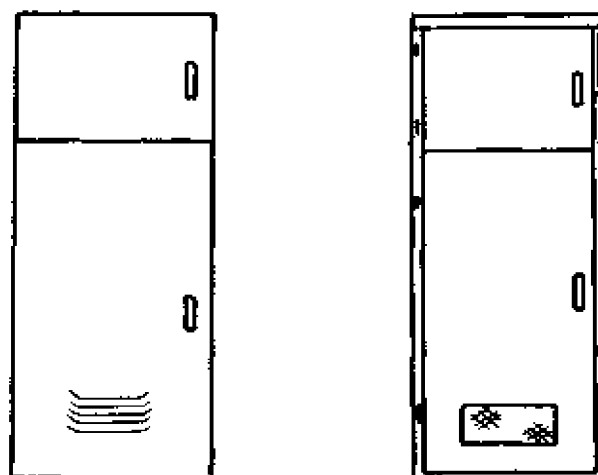
开关柜的观察窗应使用机械强度与外壳相近似的透明阻燃材料遮盖，应有足够的电气间隙或静电屏蔽等措施防止危险的静电电荷的形成（可在观察窗内侧加一合适的接地编织网）。

观察窗应达到外壳所规定的防护等级。

3.22 不可忽视的通风窗、排气口设计中的事项

开关柜的通风窗 排气口的布置或防护应使它们具有与外壳相同的防护等级。通风窗可以使网状编制物或类似的材料制成，但应有足够的机械强度。

通风窗、排气口还应考虑在压力作用下排出的油气和蒸汽不致危及操作者。



通风窗防护等级与柜体不一致

×

✓

3.23 不可忽视的开关柜中活门设计中的事项

金属封闭式开关设备的活门可以由金属或绝缘材料制成。

若活门是绝缘材料制成的，则不能成为外壳的一部分。

若活门是金属材料制成的，它应接地。

若活门要成为外壳的一部分，它必须是金属材料制成的，并完全遮住带电体和绝缘体，且应接地，同时还应有与外壳相同的防护等级。

如果在接地位置、试验位置、断开位置和移开位置中的任一位置，设有能够关闭的门，则门后的活门不认为是外壳的一部分。

3.24 绝缘件设计不要忘记“爬电比距”

开关柜主回路元件，为了保证相间、相对地间的绝缘，都装有各种不同的绝缘结构件，这些绝缘件除应满足相应的绝缘水平外，还应具有一定的爬电比距。

对正常环境条件下使用的 10kV 金属封闭开关设备，推荐的爬电比距：

瓷绝缘：爬电比距不小于 12mm/kV。

有机绝缘：爬电比距不小于 14mm/kV。

对高压 SF₆ 封闭式组合电器（GIS）的爬电比距应符合如下规定：

| 环境等级 | 单位 | 参数 | 备注 |
|------------|-------|----|---------|
| I 级（一般污秽） | mm/kV | 17 | 按最高电压计算 |
| II 级（轻污秽） | mm/kV | 21 | |
| III 级（重污秽） | mm/kV | 25 | |
| IV 级（严重污秽） | mm/kV | 31 | |

3.25 开关柜设计时不要忘记“五防”联锁

为了保证可靠地运行和操作者的安全，金属封闭开关设备应具有：防止带负荷分、合隔离开关（隔离插头）；防止误分、误合断路器、负荷开关、接触器（允许提示性）；防止接地开关处在闭合位置时合断路器、负荷开关、接触器等开关；防止在带电时误合接地开关；防止人误入带电隔室等功能。

具有可移开部件的金属封闭开关设备和不具有可移开部件的金属封闭开关设备应分别加以规定。

3.26 设计具有可移开部件开关柜不忘联锁要求

金属封闭开关设备中，当断路器、负荷开关或接触器处于分闸位置时，可移出部件才可抽出或插入。

只有当可移出部件处在工作、试验、断开、接地、移开位置时，断路器、负荷开关和接触器才可以进行分、合操作。

只有接地开关（如果有的话）处在分闸位置时，可移开部件才可进入到工作位置。

只有当移开部件抽出到试验位置及以后时，接地开关才允许合闸。

可移开部件的抽出或插入，应按一般正常人施加的正常操作力能够操动，正常操作力由产品技术条件规定。

在工作位置，辅助回路若未接通，断路器、负荷开关和接触器不能合闸，但开关不用辅助回路而能自动分闸的情况除外。

3.27 不可忽视不具有可移开部件的金属封闭开关设备的联锁要求

只有断路器、负荷开关、接触器处在分闸位置时,隔离开关才可以进行分、合闸操作,但如果在双母线系统,要实现不中断电流转换,则上述规定可不考虑。

如果隔离开关本身带有接地开关,则要有联锁保证它们动作的程序性,同时还要考虑它们在运动过程中能否满足绝缘水平的要求。

只有当断路器、负荷开关、接触器两侧的隔离开关均处于合闸、分闸或接地状态(如果有的话)情况下,断路器、负荷开关、接触器才可以进行操作。

4 有关低压电器的设计问题

触头及导体联结件的设计问题

- 4.1 铜质材料不能用作无摩擦且压力太小的触头工作面 94
- 4.2 空气中的小压力触头应避免用于
50V 以下工作的电器 94
- 4.3 铆接触头的工作电流不宜过大 95
- 4.4 铆钉状触头应尽量采用复合触头 95
- 4.5 触头实际焊接面或铆接面不得低于 80% 96
- 4.6 触头焊接后需经机械滚光处理 96
- 4.7 触头回路形状要利于熄灭电弧 96
- 4.8 触头弧角尖端处不能是尖角 97
- 4.9 桥形触头两触点间的中心距不宜过大 97
- 4.10 在湿度较大场合，不要用易产生电化学
腐蚀的金属接触偶 98
- 4.11 暴露于外的制件应防止尖角及毛刺 99
- 4.12 锡钎焊头不宜用在承受机械力强的场合 100
- 4.13 多股导线的接线端不要散头接线 100
- 4.14 易被人、物触及的带电体不得无防护措施 100

安装及结构设计的考虑

- 4.15 紧固件不得无防松措施 101
- 4.16 需用户自行松紧的螺钉，应设计成不能
脱出的结构形式 101
- 4.17 产品应尽可能供给多个安装尺寸 102
- 4.18 采用标准安装轨的产品应加设螺钉安装孔 102
- 4.19 产品结构应尽量减少螺钉、铆钉联接 103

- 4.20 产品结构设计应尽量减少安装面积和尺寸宽度 103
- 4.21 线圈、触头及灭弧罩等易损件不要难于更换 103

电器设计中的其他问题

- 4.22 接地标志应不易磨灭 104
- 4.23 电磁铁应严格防止剩磁过大而不能释放 104
- 4.24 电磁铁的分磁环不宜装在动铁心上 105
- 4.25 电磁铁心片极面边应垂直于材料的轧纹方向 105
- 4.26 电磁铁极面不能用粘性大的防锈油 105
- 4.27 热双金属片不宜过度弯折 106
- 4.28 热双金属片加工后应经热稳定处理 106
- 4.29 可逆性转换电器应同时加装电气和机械联锁 107
- 4.30 发热大的物件应注意对相邻件的影响 107
- 4.31 机柜内上部温度较高, 应注意对安装件的影响 108

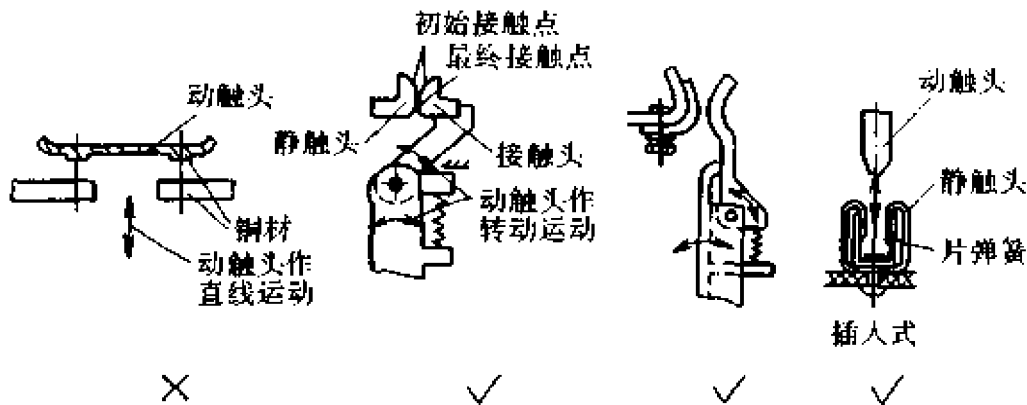
4 有关低压电器的设计问题

触头及导体联结件的设计问题

4.1 铜质材料不能用作无摩擦且压力太小的触头工作面

铜有良好的导电性能且价格便宜,但铜易氧化,其氧化膜很难导电。当用铜材作空气中工作的触头工作面时,应使触头工作在一定电压值(约100V)以上,且其压力应在3N以上,并使触头在接触过程中有适量摩擦和滚压,以磨去和压碎氧化膜。但压力太小不能除去膜层,过大的摩擦又会使触头过早磨损,因此应适量控制其压力。将触头制成有一定压力的指式单断点触头,并使其经常开闭,以满足上述要求。并应定期检修其接触面。

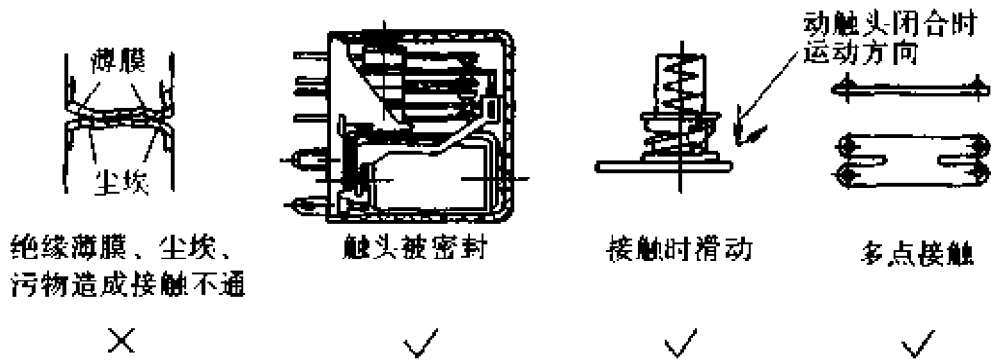
不同的低压电器应使用不同的材质作触头,应按专业资料选取。



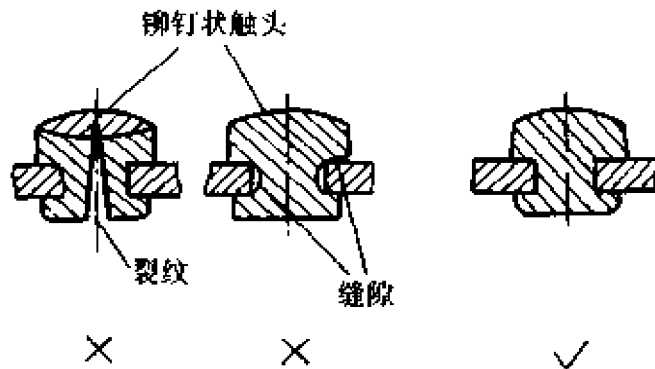
4.2 空气中的小压力触头应避免用于50V以下工作的电器

在空气中的触头,通常有尘埃、氧化物等不易导电的物质粘附,在小触头工作压力及低电压、小电流下不易使触头导通而接触失误。

在低电压下工作的小压力触头,应采用在接触时有滑动或多点接触,或在密封下用接触电阻小的材料制作触头,才能提高接通率。



4.3 铆接触头的工作电流不宜过大



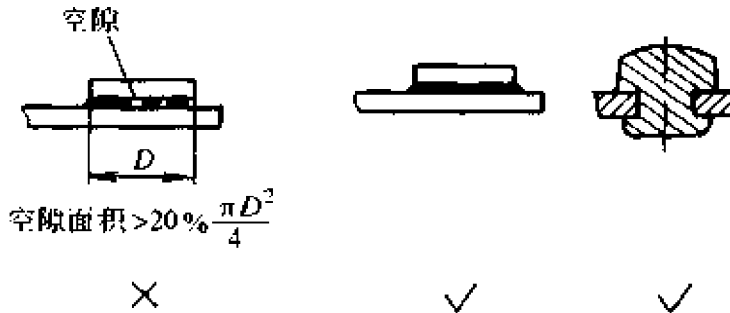
工作电流大势必需要触头尺寸大,则铆接变形大。过大的铆接变形会造成铆压力增大和材料易开裂,并且浪费材料。在一般情况下,被铆接材料用纯铜时最大不宜超过 10A,用纯银时最大不超过 16A,并使其铆接面全部紧密接触,以减小过渡电阻。

4.4 铆钉状触头应尽量采用复合触头

复合触头的工作面采用电性能好的贵金属材料,铆接部位则为价格较低廉而导电性能良好的材料如纯铜等,这样既可节约贵金属和保证良好的导电性,又可使其价格较整体贵金属触头低廉得多。



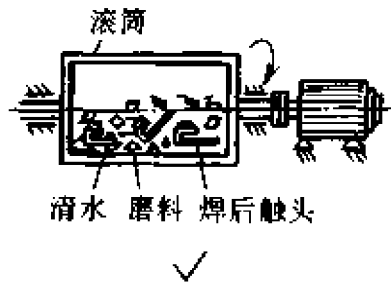
4.5 触头实际焊接面或铆接面不得低于 80 %



为减小触头和产品尺寸及节约材料，触头焊接或铆接面的实际面积只留有 15%~20% 的裕度，因此，只有保证实际接触面积达 80% 以上，才能满足产品性能要求。

4.6 触头焊接后需经机械滚光处理

触头焊接时，会有焊剂、焊料、电极及化学膜层等与触头材料性能差异的物质粘附其上，这类物质有的严重影响触头性能。焊接后经滚光处理，可除去这些不良物质并使触头表面光洁，保证触头的工作性能，特别是分断能力。

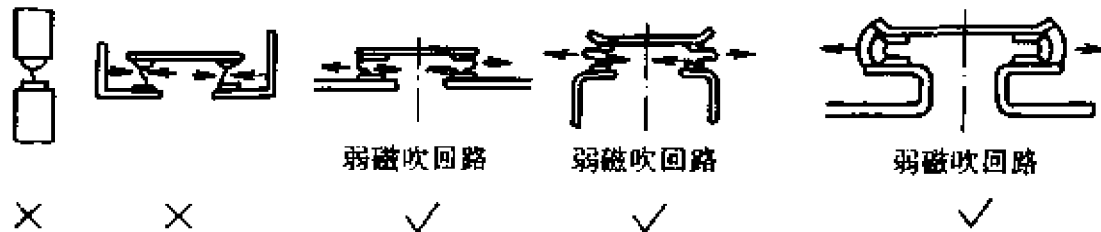


4.7 触头回路形状要利于熄灭电弧

电流在导体中流过时会产生电动力。触头回路形状要使此电动力将电弧引向易分断的方向而不能引向反吹方向使电弧难以分断。

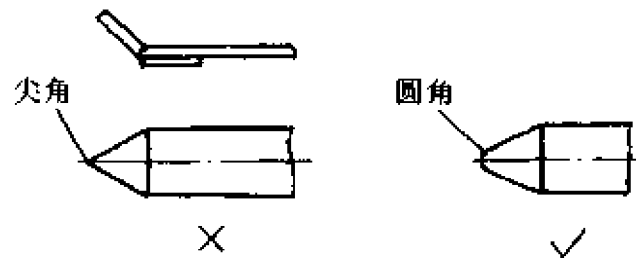
图中左 1 图的触头回路基本无磁吹；左 2 图则因有相反的电动力而造成弧根在触头上停滞甚至反吹，均对熄弧和电寿命不利。图中其余的弱磁场回路常用于电弧能量不大的小容量交流接触器中，虽亦存在弧根内吹情况，造成弧根停滞在触头上，但若电弧能在电流第一次自然过零前熄灭，因此时触头开距很小，被电弧液化或气化的金属不会被弱磁吹力吹走而重新凝聚在触头上回

收,可提高触头的电寿命。强磁场回路用于电弧能量较大的中、大交流接触器中,可使电弧迅速离开触头至灭弧角上,进入灭弧栅内。大容量接触器还常在电弧运动方向的前方增设铁磁栅片,以增大磁吹力强度来保证迅速灭弧。



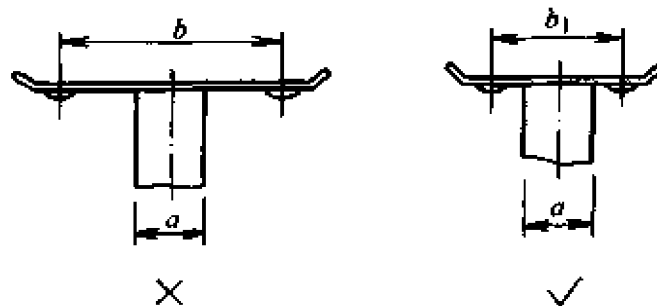
4.8 触头弧角尖端处不能是尖角

尖角易被电弧烧损,且使其制造模具的寿命大幅度降低,因而应以圆角过渡。



4.9 桥形触头两触点间的中心距不宜过大

过大的中心距会降低桥片刚性,增大触头分合过程中的弹跳,降低触头电寿命,甚至造成熔焊;过大的中心距也会使触头回路磁吹电动力减小,不利于磁吹灭弧;它还会增大灭弧室和电器体积。



(续)

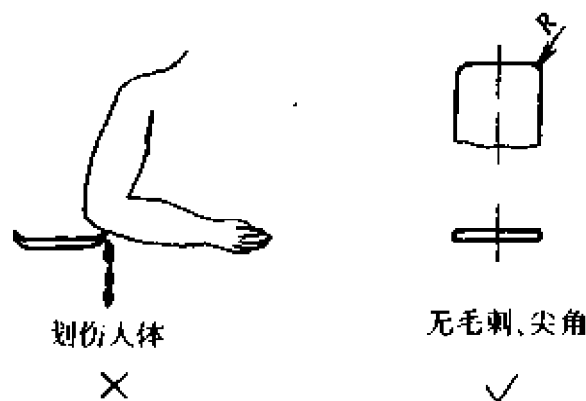
| 接触材料 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | | |
|------|----------|-------------|---------|-----|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|--------|----------|----------|----|--------|---------|----|-------|----------|----------|---|--|
| | | 金、银、铂、铑、钽、钇 | 铜、黄铜、青铜 | 铜镀锌 | 铜镀锡 | 铜镀银 | 铜镀镍 | 铜镀锌、钝化处理 | 不锈钢 | 钢镀铬 | 钢镀锌 | 低碳钢、铸铁 | 钢镀镍、钝化处理 | 钢镀锌、钝化处理 | 铝 | 铝、氧化处理 | 硬铝、氧化处理 | 铅 | 锡(焊料) | 锌合金、钝化处理 | 镁合金、钝化处理 | | |
| 16 | 硬铝、氧化处理 | — | × | | | × | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 17 | 铅 | × | | | | | | × | | | | | | | ⊗ | | | | | | | | |
| 18 | 锡(焊料) | × | | | | | | | | | | ⊗ | | | | | | | | | | | |
| 19 | 锌合金、钝化处理 | × | × | | | × | | | × | × | ⊗ | × | | | | | | | | | | | |
| 20 | 镁合金、钝化处理 | × | × | × | | × | ⊗ | | × | × | × | × | ⊗ | | ⊗ | | | | | | | | |

×——引起严重接触腐蚀。

⊗——无工业大气影响不严重，有工业大气影响时，能引起严重接触腐蚀。

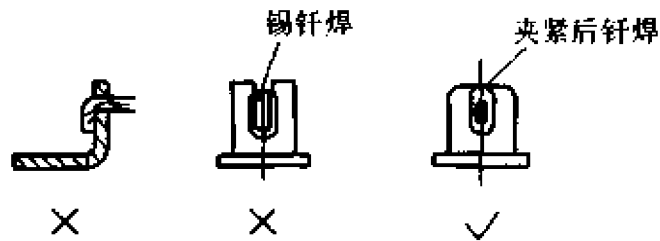
——无试验数据。

4.11 暴露于外的制件应防止尖角及毛刺



暴露在产品外人体易触及(如装配、维护时)的金属制件或硬度、韧性较大的非金属制件,其尖角部分应设计成圆滑过渡和除净毛刺,以防止尖角和毛刺划伤人体。

4.12 锡钎焊头不宜用在承受机械力强的场合

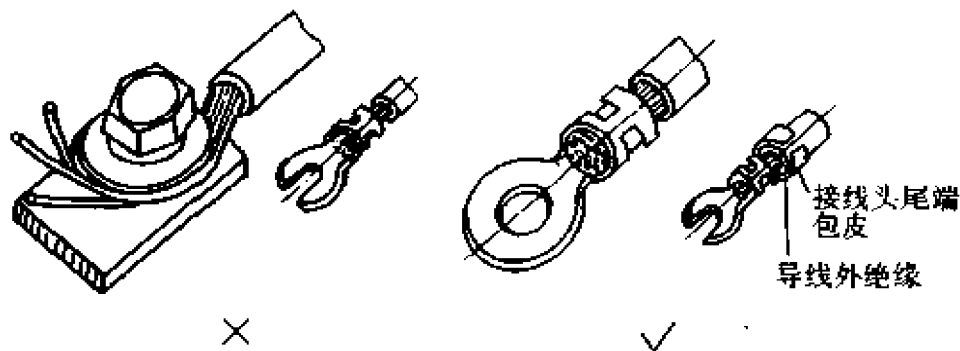


锡钎焊头的机械强度差，在冲击和振动场合，焊头易断裂。在此场合处的锡钎焊头应加强机械固定。

4.13 多股导线的接线端不要散头接线

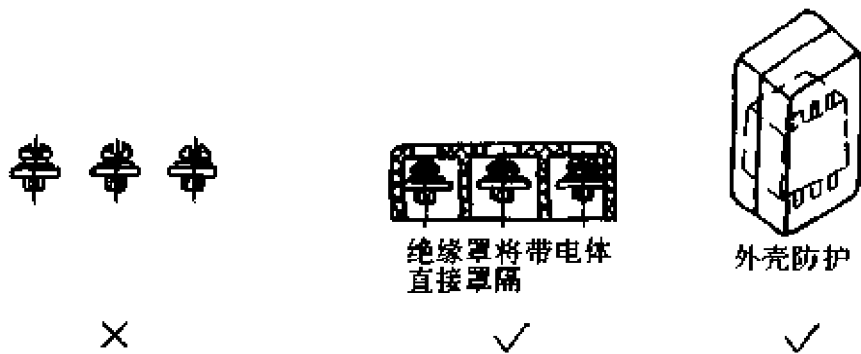
散头接线时常有散头脱出，使实际导电面积减小，并易造成该散头与近旁导体的击穿和短路。

多股导线应用整体接线头与导线焊接（包括冷压焊）后接线，且小截面的多股导线的接线头必须能同时包紧导线及其外绝缘皮，以提高联接强度。



4.14 易被人、物触及的带电体不得无防护措施

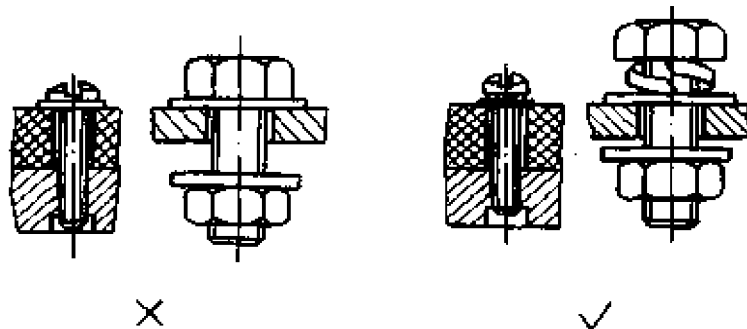
在易被人、物触及的带电体旁应用绝缘外罩防护，以避免人体触电和避免物体掉入造成短路等事故。



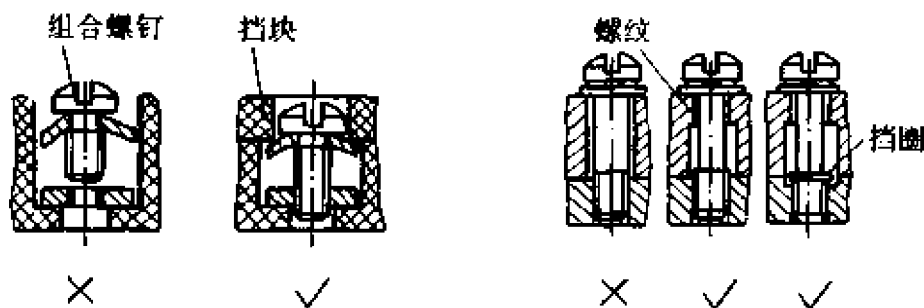
安装及结构设计的考虑

4.15 紧固件不得无防松措施

具备防松措施，才能避免产品在运输、使用过程中因冲击、振动、热胀冷缩等因素所造成的松动、脱落及其所带来的危害。



4.16 需用户自行松紧的螺钉，应设计成不能脱出的结构形式

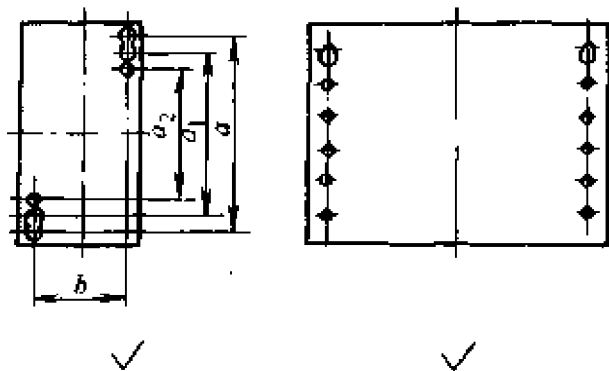


采用不能脱出电器本体的结构设计，一则可防止脱出后重新旋入的不便，并可防止脱出遗落所造成的对电器或所在设备的意外事故（如卡住、造成短路等）。

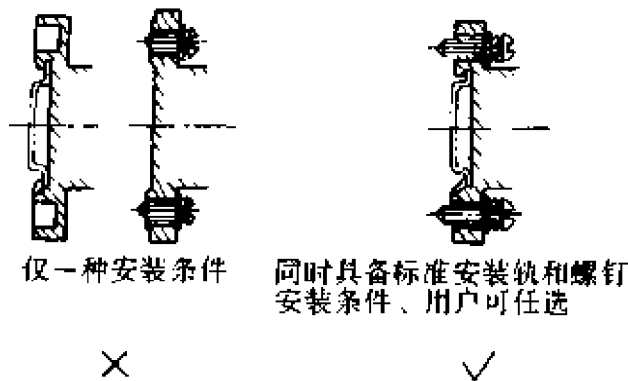
图示的螺钉，当上部无挡块或挡圈时，螺钉在拧出螺孔后易掉落。增加挡块或挡圈或图示的螺纹后，螺钉不能脱离螺孔或者脱离后不能脱离基体而不易掉落。

4.17 产品应尽可能供给多个安装尺寸

在不影响产品性能和不增大产品安装面积的情况下，在产品上应尽可能设计有几个可安装的安装尺寸，以使用户能方便选择或利用已有的安装条件。



4.18 采用标准安装轨的产品应加设螺钉安装孔



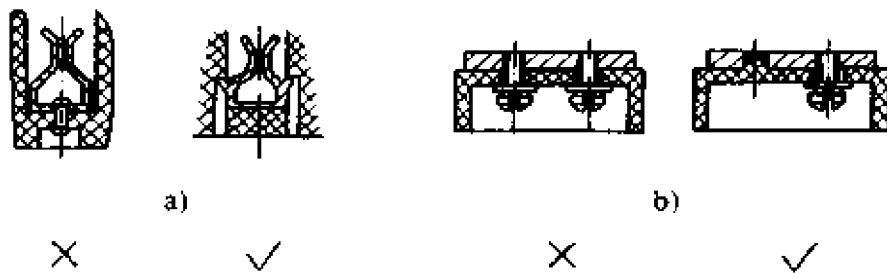
标准轨安装能快速装上和卸下产品，但需配备相应的标准安装轨且不宜安装重量、体积大的产品，有时因需安装安装轨会增加安装面积。螺钉安装速度虽较慢，但与其他电器安装于同一安装底板上时，其安装成本较低，安装面积较小，且安装不受产品重量、体积的限制，安装也较牢固。

各种标准安装轨的形式、尺寸及其允许负载见 IEC715。电器安装可采用标准安装轨，但为给用户安装方便，应尽可能还带有可用螺钉安装的条件。

4.19 产品结构应尽量减少螺钉、铆钉联接

减少螺钉、铆钉联接可减少装配工时，并可提高产品性能和装配质量。

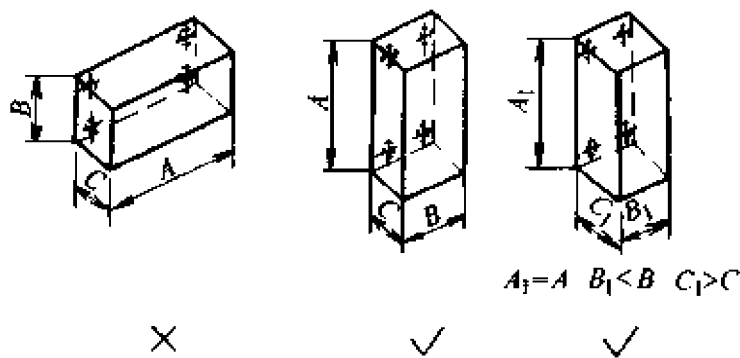
将相互联接的零件设计成相互装卡的结构，就可减少或避免螺钉、铆钉联接。图 a 的结构是利用材料的弹性推入后，再弹开而固定于另一零件上，从而取消了铆钉或螺钉联接；图 b 的结构则可减少一螺钉联接。



4.20 产品结构设计应尽量减少安装面积和尺寸宽度

这可降低成套配电装置及其他安装位置的安装尺寸及成本。

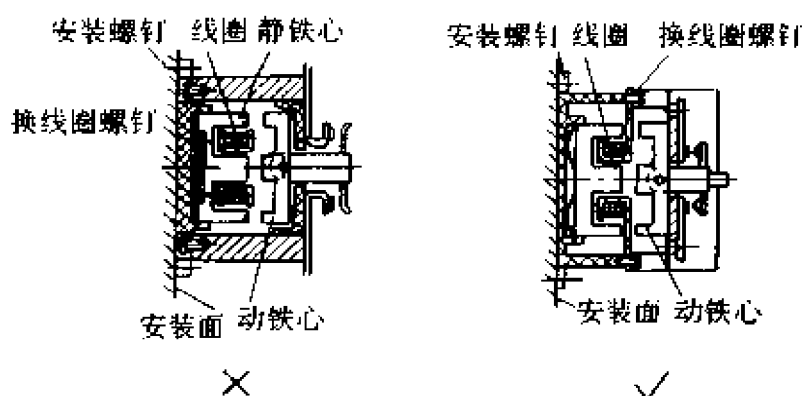
因电器元件多系垂直于地面方向安装，故减小元件宽度可减小装置宽度即减小占地面积。垂直方向不占占地面积而只受空间高度限制，故可适量放大产品高度（长度）尺寸。



4.21 线圈、触头及灭弧罩等易损件不要难于更换

易损件常由用户自行更换，为减少更换、维修时间的停电损失，应在可能的情况下尽量采取弹性卡接或最少的螺钉压住等方法，力求最易更换。

图示“×”中为不好的结构设计。左边为 CJ10 系列 40A 以下交流接触器结构，更换其线圈时需先拆卸所有接线和安装螺钉，卸下产品后再拆卸产品底部，才能更换线圈，十分麻烦和费时。

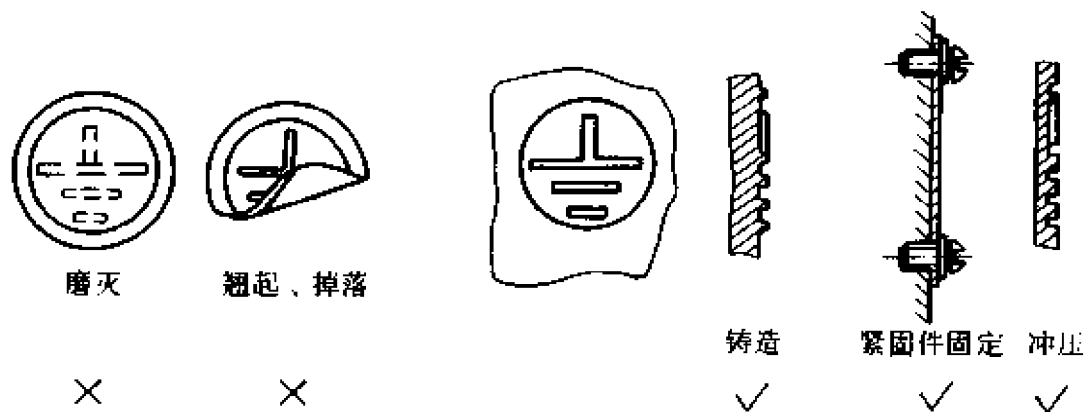


电器设计中的其他问题

4.22 接地标志应不易磨灭

在各类产品中都有此规定。故接地标志应采用在有关零件上用模压、冲压或金属制版、有一定强度的塑料或不易磨灭的漆膜涂覆等方法制造,且必须固定牢靠。

不宜用不干胶纸贴的接地标志粘贴,因久后不干胶被干燥会失去粘性而自行掉落。

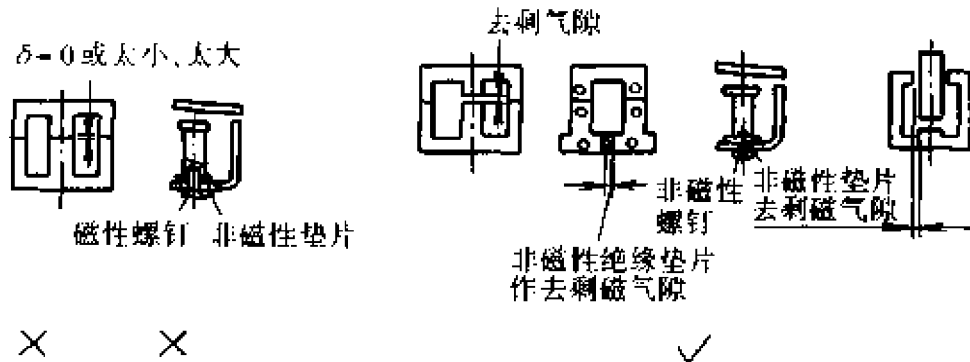


4.23 电磁铁应严格防止剩磁过大而不能释放

电磁铁剩磁过大会造成不能释放,从而带来不能动作的事故。电磁铁必须整个寿命过程中不得因剩磁过大而不能释放。

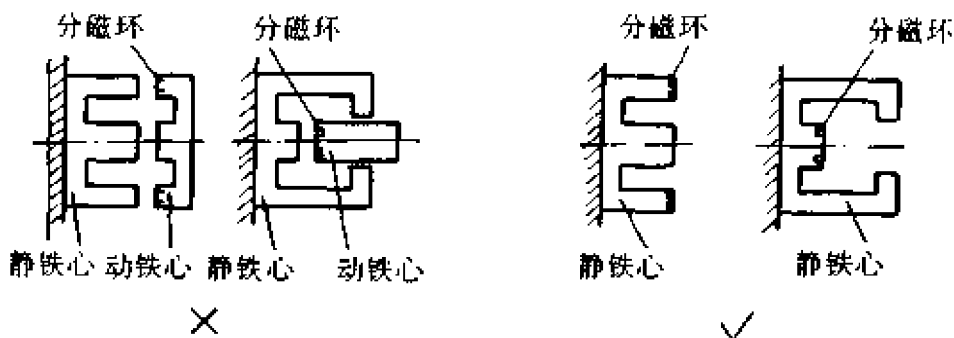
电磁铁应使用剩磁小的导磁材料制造,对其人为设置的去剩磁措施如非磁性垫片、去剩磁气隙等应严格控制其尺寸,特点是厚度(气隙长度),过小则不能保证去磁强度,过大则将影响直流电磁铁的吸合和交流电磁铁的线圈

温升。



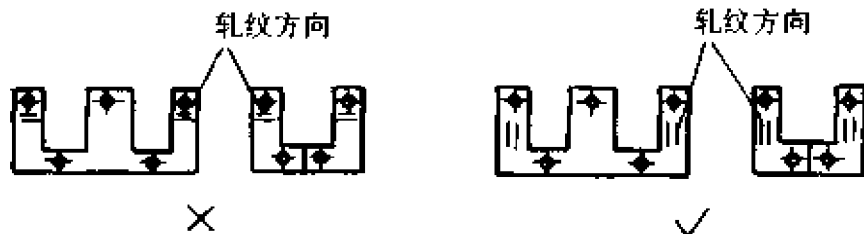
4.24 电磁铁的分磁环不宜装在动铁心上

分磁环装在静铁心上的机械寿命比装在动铁心上高。



4.25 电磁铁心片极面边应垂直于材料的轧纹方向

导磁体的磁性能和机械性能,沿轧纹方向较好,故铁心片极面垂直于材料的轧纹方向时,可提高铁心的导磁性能和机械寿命。

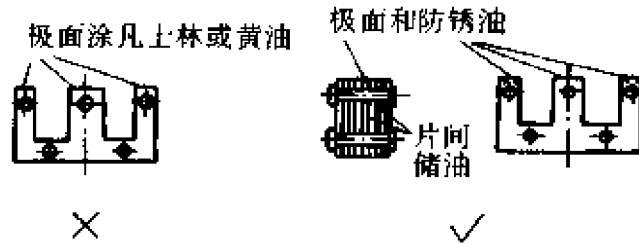


4.26 电磁铁极面不能用粘性大的防锈油

粘性较大的如黄油、凡士林等防锈油涂于电磁铁极面上时,动铁心易被粘住而不易释放,造成事故。涂有黄油、凡士林的铁心极面在使用前应揩试干净。

铁心极面应涂以铁心极面专用的防锈油，如国产 FY-5 型和进口 Motul-20R 型等，油层应薄。

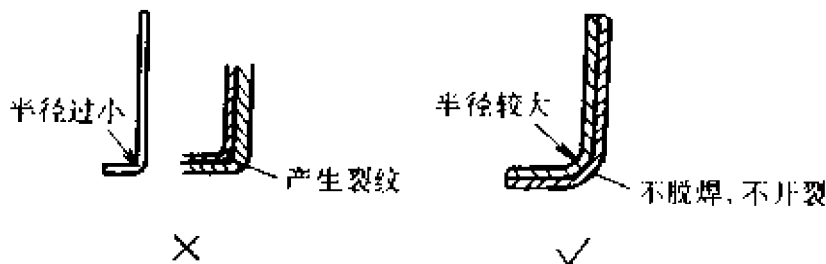
较好的方法是在铆装铁心叠片前（如冲片时或冲片后），在铁心片或片材上先涂上防锈油，然后铆装，这样铁心在使用过程中会有油逐渐缓慢渗出，而总是保持薄油层，不易堆粘灰尘，而又保持铁心的防锈和极面的润滑，保证铁心寿命。



4.27 热双金属片不宜过度弯折

过度弯折将使双金属片间的结合开裂而失去性能。

不同型号的双金属片因材质、结合强度、硬度状态以及片的尺寸不同而有不同的最小弯曲半径，故元件的弯曲是否开裂应经试验验证。

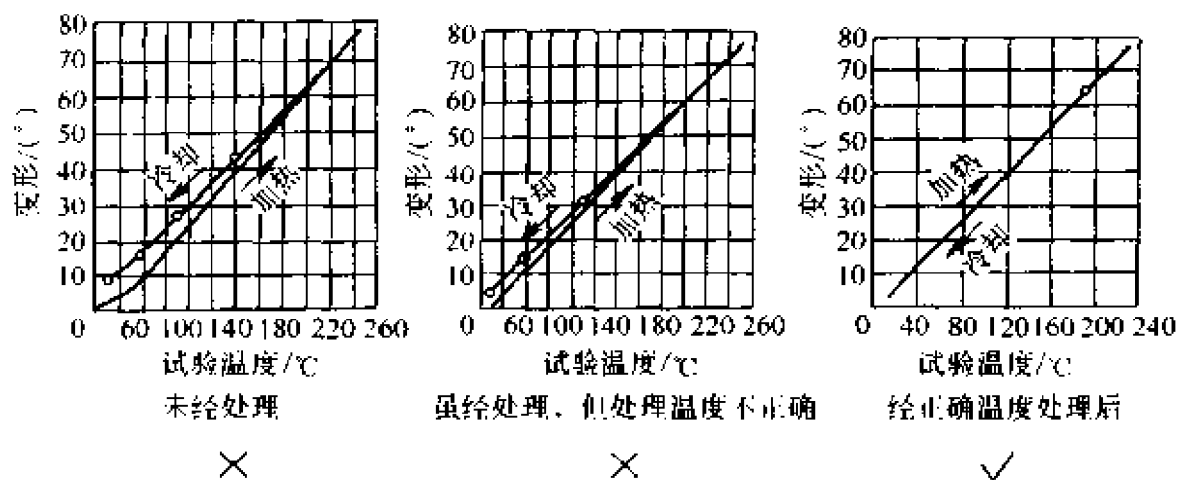


4.28 热双金属片加工后应经热稳定处理

双金属元件在加工过程中会产生冷作硬化和残余应力，而使元件的工作性能很不稳定，甚至产生永久变形。为消除这些影响，在加工完毕后，要进行适当的热处理，使其进入稳定状态，这种热处理称为“稳定处理”。

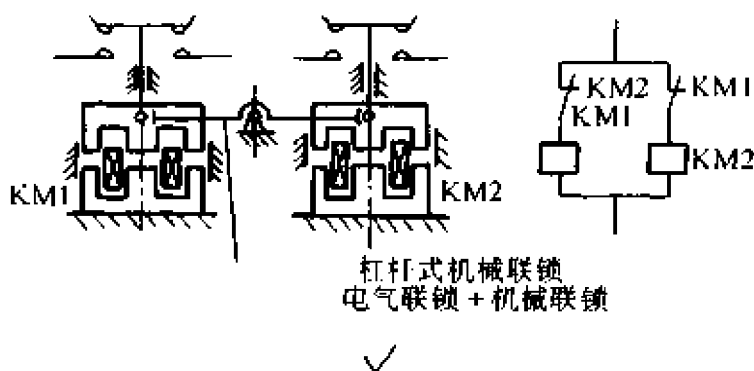
双金属元件的热处理由处理温度、保温时间和处理次数来保证。它们与制造元件的材料牌号、元件的形状、尺寸、成型工序多少及对元件的精度要求等有关。形状简单（如平板形）、板较厚、不承受负荷及不需太精密的元件，处理温度可高些，保温时间可长些，而处理次数则可少些；料薄、体积小、易变形的元件则处理温度不宜太高，保温时间不宜太长，反复处理次数则需多些；

形状复杂、成型工序多的则应有足够的保温时间和处理次数。具体数据需经试验验证后确定。

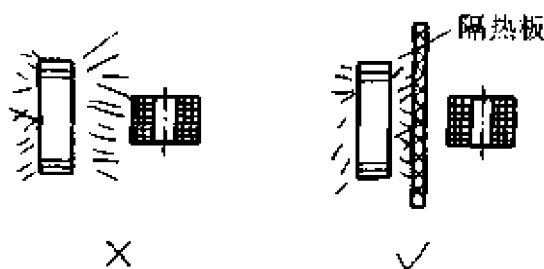


4.29 可逆性转换电器应同时加装电气和机械联锁

电动机可逆转换时, 只有在分断时的电器完全分断后, 需闭合的电器才能闭合, 否则会造成相间短路。加装电气和机械联锁, 可以避免相间短路。



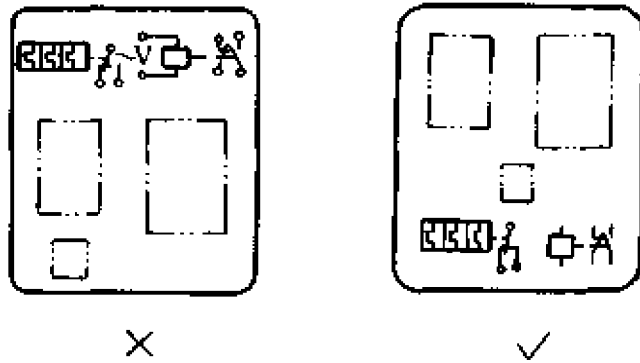
4.30 发热大的物件应注意对相邻件的影响



为防止发热大的部件或电器使相邻物件造成烤焦、易老化、性能变化或误动作等影响,应在它们之间采取一定的防范措施。可采用耐热绝缘体或金属板阻挡辐射,或增加散热等措施来消除上述影响。

4.31 机柜内上部温度较高,应注意对安装件的影响

一些对热较敏感的电器,如热继电器、直流激磁的电器等,不能在较高的环境温度下可靠工作,故不宜安装在机柜内的上部而应安装于壳体内部的下部。

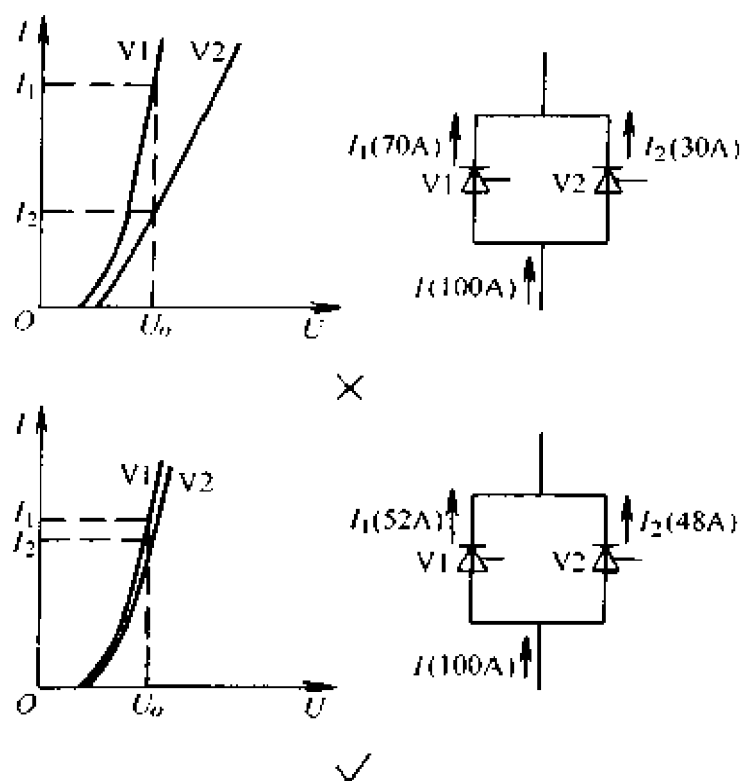


5 有关整流器设计的问题

| | | |
|------|-----------------------------------|-----|
| 5.1 | 并联支路中不选用伏安特性差异大的晶闸管 | 110 |
| 5.2 | 不选用开通时间不一致的晶闸管作并联使用 | 110 |
| 5.3 | 不要使晶闸管触发不开 | 111 |
| 5.4 | 不要忽视快速熔断器保护的接法 | 112 |
| 5.5 | 不要使整流器的联结方式影响消磁 | 112 |
| 5.6 | 避免硅元件的安装影响均流 | 113 |
| 5.7 | 要避免三相半控桥的失控现象出现 | 114 |
| 5.8 | 防止晶闸管在使用时突然损坏 | 114 |
| 5.9 | 避免脉冲平台出现部分闪烁现象 | 115 |
| 5.10 | 避免三相全控桥出现输出缺相的电压波形 | 115 |
| 5.11 | 可控整流电路不应在直流侧直接接大电容滤波 | 116 |
| 5.12 | 避免压敏电阻因外加电压超过标称电压而爆裂 | 116 |
| 5.13 | 避免并联晶闸管串联均流电抗器产生脉冲毛刺 | 117 |
| 5.14 | 不应影响变流设备的正常运行 | 117 |
| 5.15 | 在并联的水冷却支路中水阻差异不应过大 | 118 |
| 5.16 | 阀器件并联使用时, 应避免母线配置影响均流 | 118 |
| 5.17 | 装置柜的柜门宽度不宜过大 | 119 |
| 5.18 | 用于电流检测的分流器与仪表间导线不应用 接线端子 | 119 |
| 5.19 | 严重发热器件不应设计安装在其他器件下部 | 120 |
| 5.20 | 散热体翅片不应水平安置 | 120 |

5 有关整流器设计的问题

5.1 并联支路中不选用伏安特性差异大的晶闸管

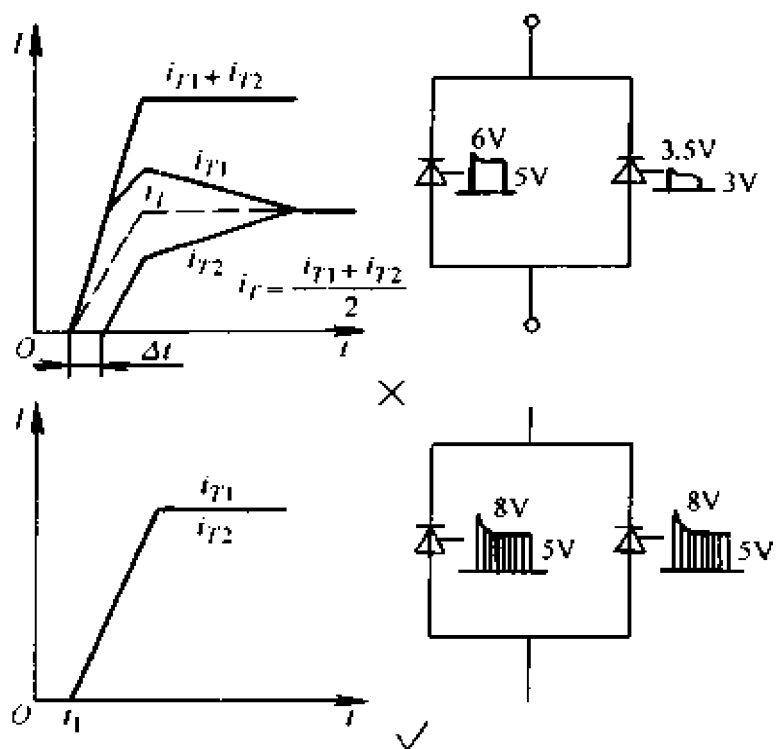


并联晶闸管工作在大电流区时，它们的通态伏安特性的差异造成并联晶闸管的电流分配不均衡。

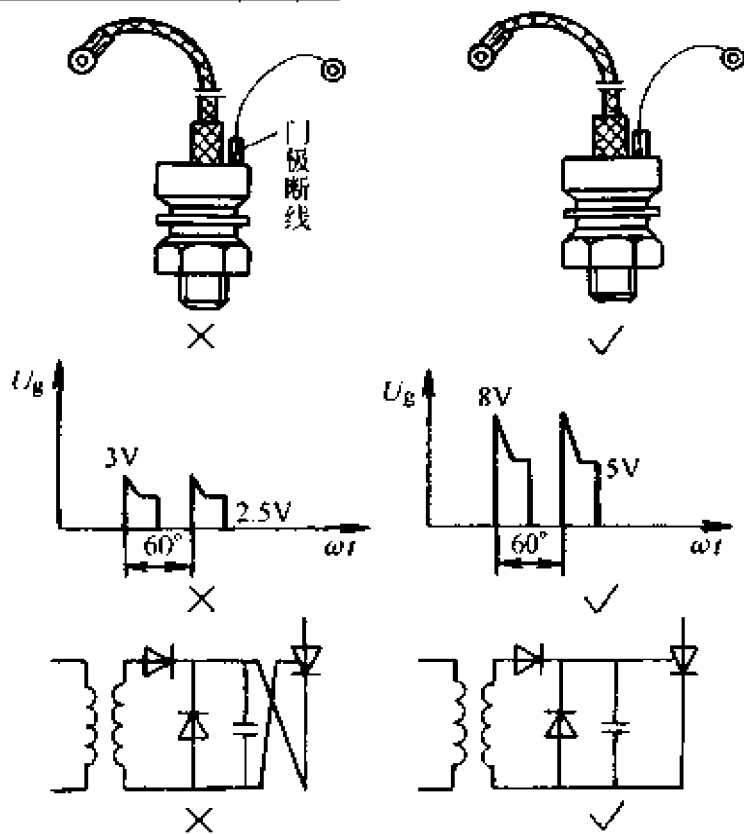
对并联晶闸管的通态峰值压降必须进行严格筛选，一般选直接并联晶闸管的通态峰值压降不大于 $0.15V$ 。

5.2 不选用开通时间不一致的晶闸管作并联使用

在多支并联的大功率变流设备中，并联晶闸管开通时间不一致不仅造成不均流，而且易使最先导通的晶闸管可能因承受较大的 di/dt 而导致损坏。只要采用脉冲前沿小于 $1\mu s$ 的门极强触发及选择开通时间参数基本一致的晶闸管，即可改善并联晶闸管开通时间的一致性，也改善了并联晶闸管的均流。



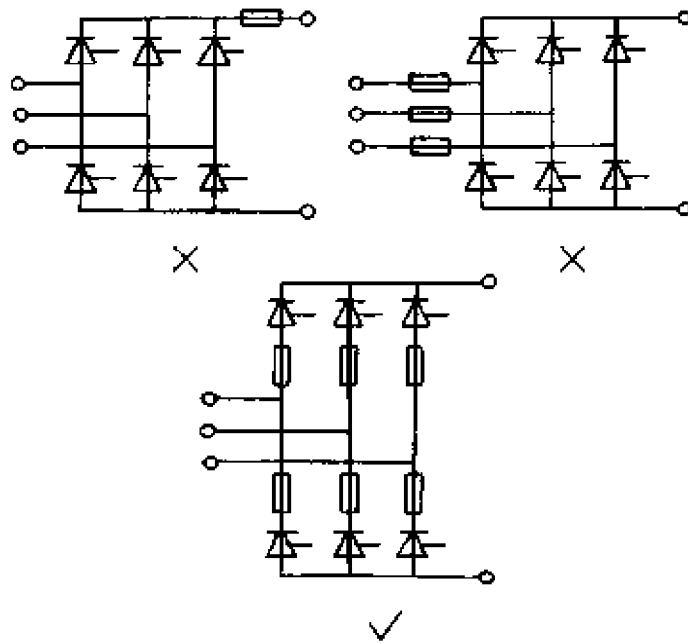
5.3 不要使晶闸管触发不开



晶闸管的门极断线、触发回路输出功率不够、脉冲变压器二次极性接反，都会导致晶闸管触发不开。

只要选用门极接触好的晶闸管、选用输出足够功率的触发回路、接对脉冲变压器的二次极性，晶闸管就不会触发不开。

5.4 不要忽视快速熔断器保护的最好接法



快速熔断器串接在直流侧，只能在直流侧过载、短路时起保护作用，而对交流侧不起保护作用。

快速熔断器串接在交流侧，对交、直流侧过流均起作用，但正常运行时，通过快速熔断器的有效值电流大于流过晶闸管的有效值电流，故在产生过流时对晶闸管的保护就很差。

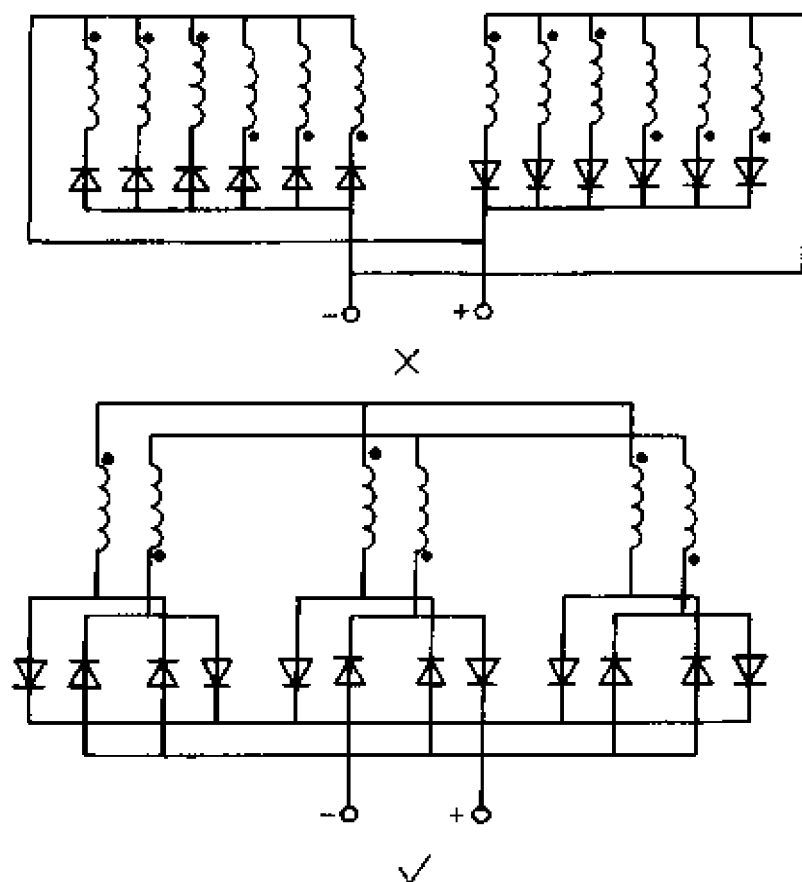
将快速熔断器直接与晶闸管串联，不仅对交、直流侧过流均起作用，而且保护了晶闸管，是快熔过流保护的最好接法。

5.5 不要使整流器的联结方式影响消磁

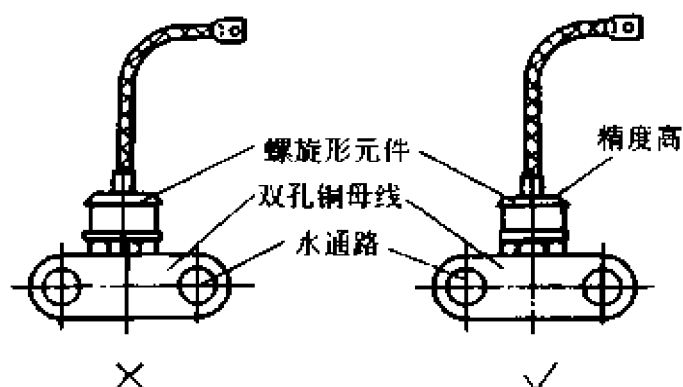
在大电流的变流设备中，如果逆并联支路的母线没有靠近布置，使消除磁动势不平衡效果很差，并对并联支路的均流带来不良影响，还会在机柜内引起涡流发热，造成设备的效率降低。

采用同相逆并联结构可以获得较好的效果。在这种电路中，将每两根同相但相位相反的母线相互靠近、平行布置，它们的电流在任一瞬间大小相等、方

向相反。它们所产生的磁场相互抵消，因此，改善了并联支路的均流，提高了设备的效率。



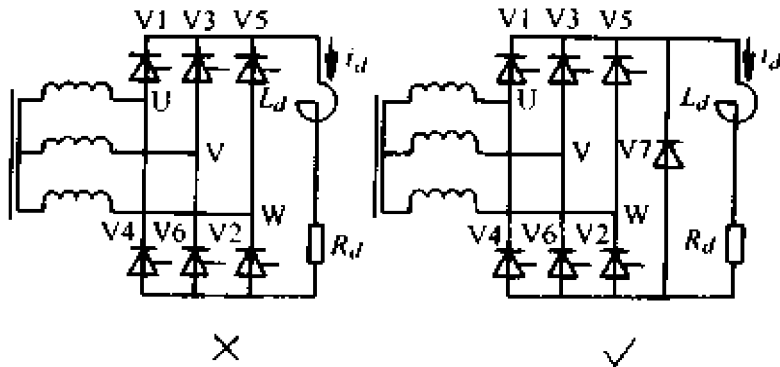
5.6 避免硅元件的安装影响均流



由于铜排尺寸精度和表面粗糙度差，国内一般用 12"活搬手以操作者的拧力为准进行安装，使螺旋元件螺栓中心与双孔铜母线螺孔中心不能很好重合，接触面也不平整，接触电阻大小不一，使均流度一般仅能在 70% 左右。如对

铜排提高尺寸精度和表面粗糙度的要求,并用预置型扭力扳手(曾称定扭矩扳手)安装硅元件,可使均流度达 90% 以上,而且对硅元件的损坏也大大减少。

5.7 要避免三相半控桥的失控现象出现



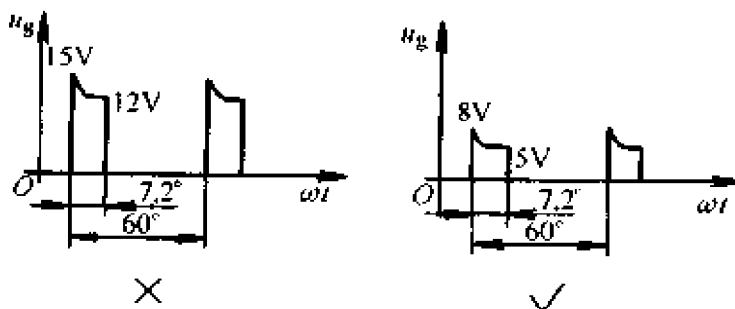
三相半控桥整流电路在大电感性负载时,因运行中突然撤消触发脉冲或人为地把 α 角增大到 180° ,就会出现失控现象,导致某一晶闸管连续导通、三个整流管轮流导通的现象。

避免失控现象出现是在负载端并接一只续流二极管 V7,使工作的线电压在过零变负时, V7 导通,负载电流 i_d 经 V7 续流,使通过晶闸管的电流过零而关断,因此,三相半控桥就不会出现失控现象。

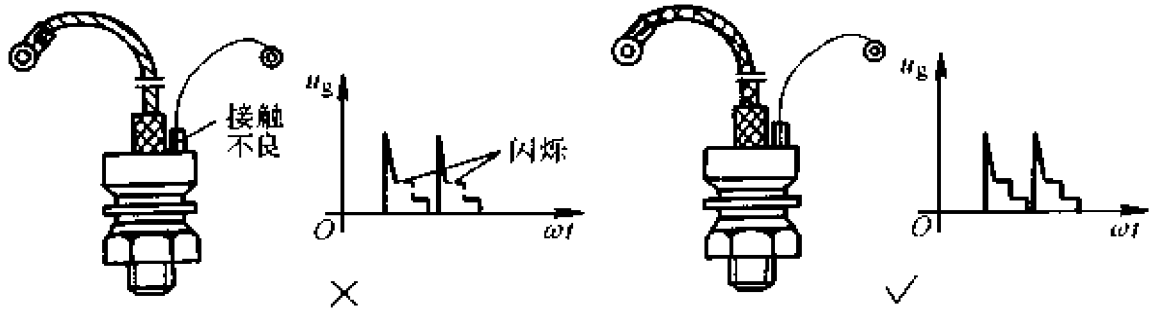
5.8 防止晶闸管在使用时突然损坏

在可控整流设备运行时,将太大的触发脉冲电压加到晶闸管门极上易造成门极突然损坏。

对脉冲宽度不小于 $400\mu\text{s}$ 的触发脉冲电压,应在 $4\sim 10\text{V}$ 间选取,将选取的触发脉冲电压加到晶闸管门极上,使晶闸管均能可靠触发导通,防止了晶闸管在使用时突然损坏的现象出现。



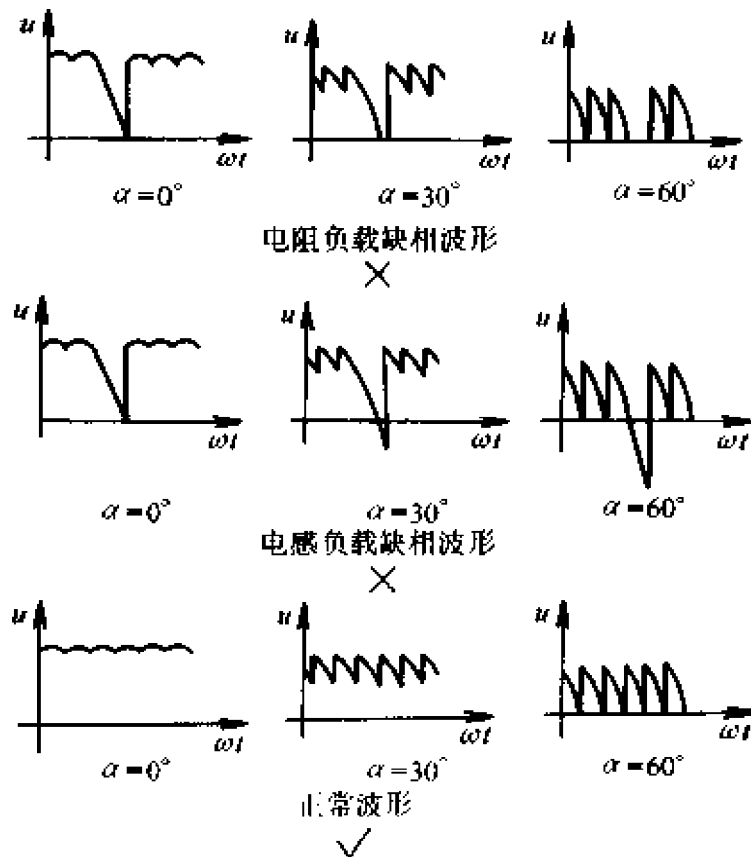
5.9 避免脉冲平台出现部分闪烁现象



晶闸管管内门极引线接触不良造成脉冲平台部分波形上下跳动，若明若暗，平台不稳定，这种现象严重时使整流输出电压波形也出现闪烁，影响系统的稳定工作。

用斜嘴钳在晶闸管的门极中部位置轻轻夹一下，即可消除脉冲平台部分闪烁现象。

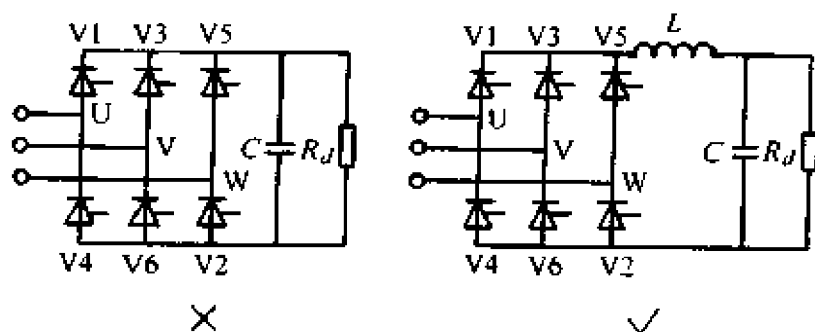
5.10 避免三相全控桥出现输出缺相的电压波形



电源进线相序接反、某相晶闸管门极断线、某相触发回路无输出、某相脉冲变压器二次极性接反，都会造成三相全控桥输出缺相的电压波形。

只要接对电源进线相序，选用合格的晶闸管，修理好触发回路、接对脉冲变压器二次极性，三相全控桥就能输出正常的电压波形。

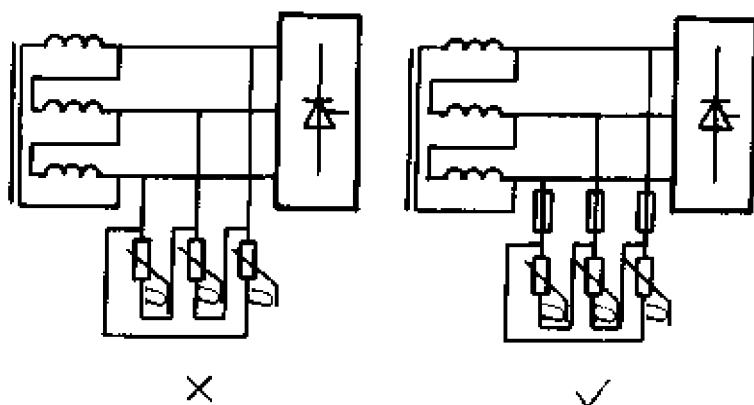
5.11 可控整流电路不应在直流侧直接接大电容滤波



可控整流电路直流侧直接接大电容滤波，晶闸管一触发导通就有很大的电容充电电流流过晶闸管，电流的大小由电源回路阻抗的大小决定，当电源回路阻抗较小时，冲击电流很大，可能超过晶闸管开通时允许的电流上升率，导致晶闸管损坏。

采用在可控整流电路直流侧串接电感线圈，而把电容接在负载端。当电流变化时电感 L 产生反电动势来阻止电流的变化，这样就可避免晶闸管损坏，而且对任何大小负载都可以起较好的滤波作用。

5.12 避免压敏电阻因外加电压超过标称电压而爆裂



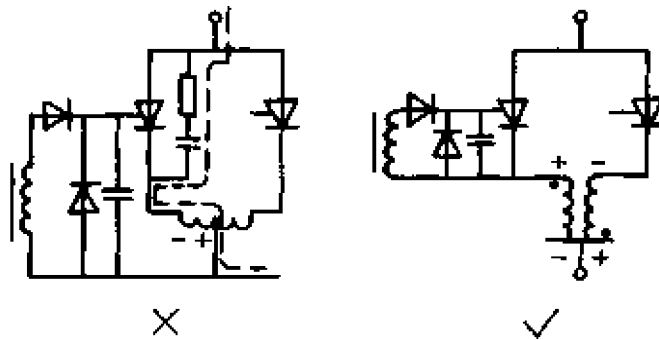
压敏电阻的平均持续功率较小,如外加电压超过它的标称电压,就会使内部过热而爆裂,造成电源或线路短路。

压敏电阻接入电路时,应串接熔断器,避免压敏电阻因外加电压超过标称而爆裂。

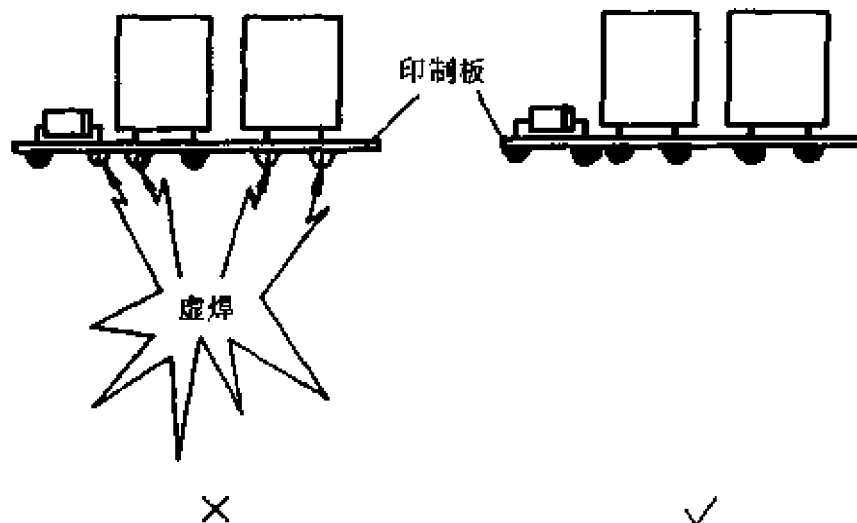
5.13 避免并联晶闸管串联均流电抗器产生脉冲毛刺

触发回路包含了均流电抗器的绕组时,当相邻桥臂换相时,由于直流母线的电位变化,通过换相过电压保护器件 RC 回路充放电,因而在均流电抗器绕组上产生干扰脉冲毛刺,此脉冲毛刺通过脉冲变压器使晶闸管误导通。

将触发脉冲直接送至晶闸管的门极和阴极间,使触发回路不包含均流电抗器绕组,就不会产生干扰脉冲毛刺,避免晶闸管误导通,而且解决了晶闸管导通时间不一致的均流问题及导通后电流不均流的问题。



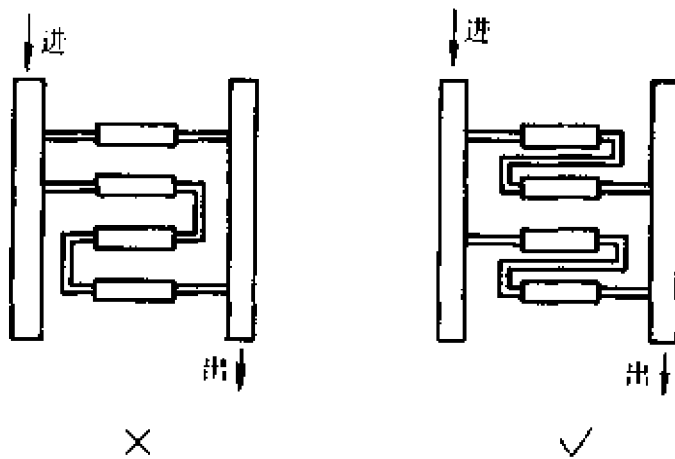
5.14 不应影响变流设备的正常运行



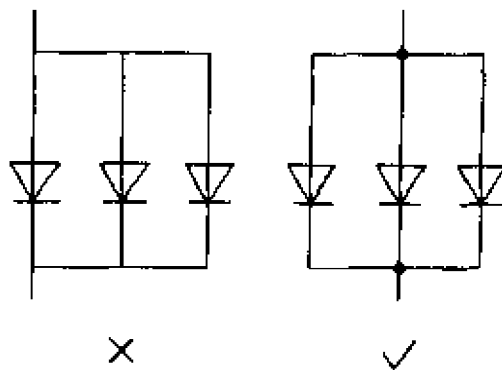
在变流设备运行中,常发生信号时有时无的现象,而且很难找到病根,此种现象绝大多数都由虚焊或虚接造成的。造成虚焊的原因大多由元器件的引脚氧化和焊接太快,结果没有焊透,使元器件与印制电路板接触不牢。另外就是接插件的簧片弹性不够,插拔不牢造成虚接。因此,要铲除病根,必须在装配前清除掉元器件引脚上的氧化物,再镀好锡,焊接时等焊牢后再抬烙铁(即等松香油滚到焊盘底边圆周后方可拿开烙铁),另外,选用插拔力很强的接插件,这样,就能避免虚焊或虚接现象的出现,使变流设备正常运行。

5.15 在并联的水冷却支路中水阻差异不应过大

支路水阻的差异带来支路水通量的差异,直接影响装置的冷却效果。



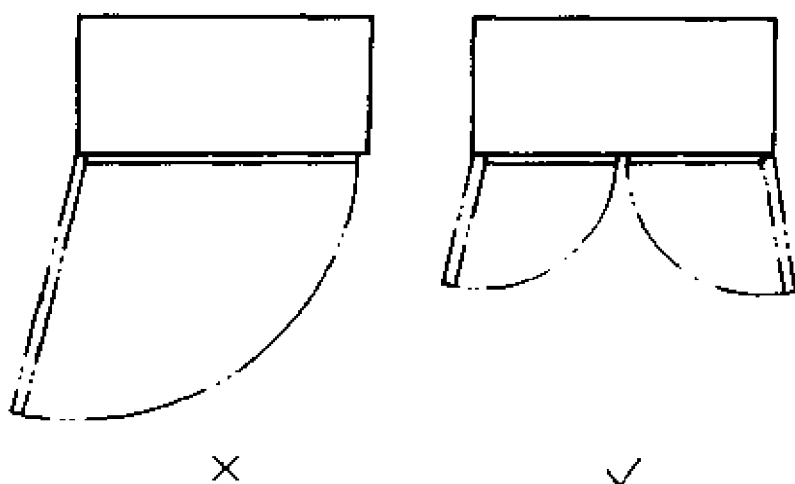
5.16 阀器件并联使用时,应避免母线配置影响均流



多个阀器件并联时的均流不仅仅与器件参数、线路参数有关，亦与母线的配置方式及位置有关，注意使各并联支路具有相同的管道长度。

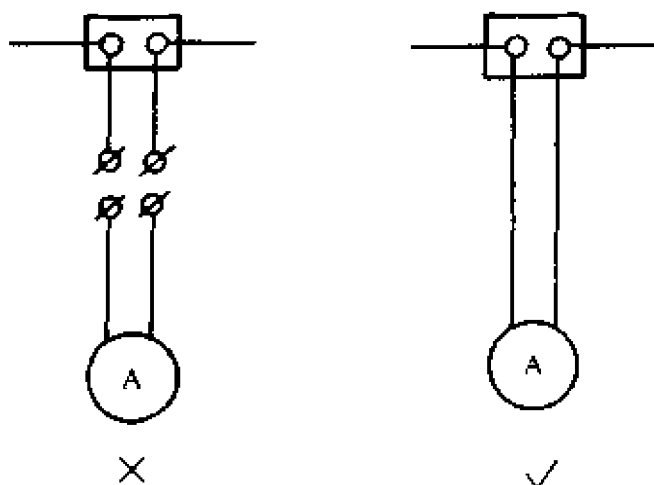
5.17 装置柜的柜门宽度不宜过大

柜门的宽度不完全取决于加工方便与否。过宽的柜门会造成安装现场的维修、使用不便。

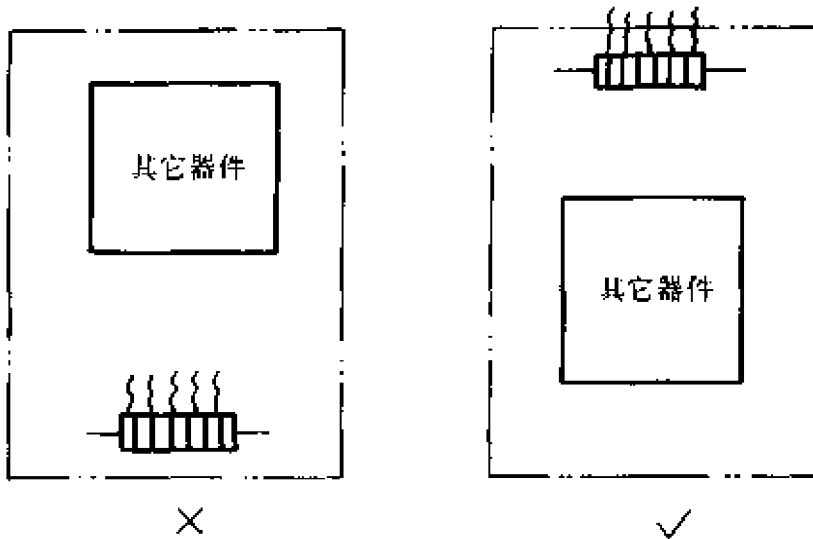


5.18 用于电流检测的分流器与仪表间导线不应用接线端子

这里的导线应是定阻值的，通过接线端子势必加大阻值而影响测量精度。



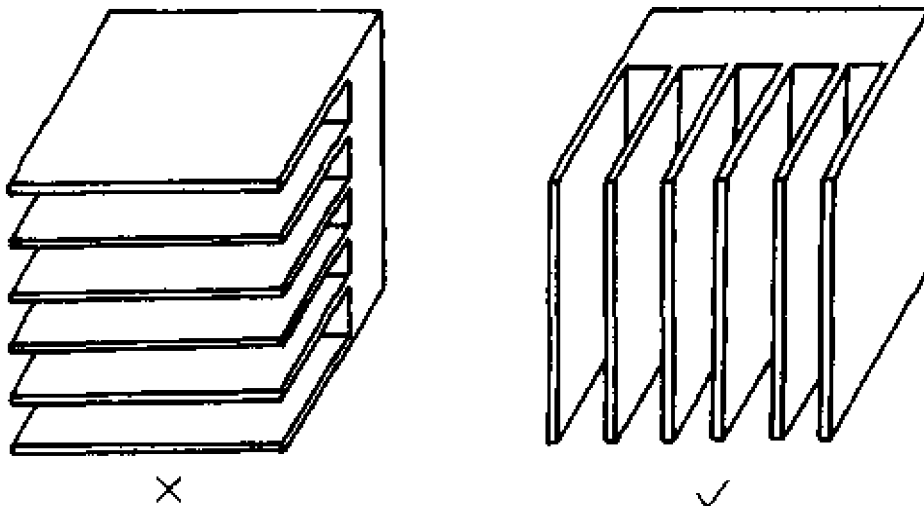
5.19 严重发热器件不应设计安装在其他器件下部



由于热的对流，发热器件只有装在其他器件上部才不致于对装置工作产生不利影响，否则应采取隔热措施。

5.20 散热器翅片不应水平安置

带有翅片的气体冷却散热器应使翅片垂直安置，切忌水平安置。



6 有关电气传动的设计问题

电动机选择问题

- 6.1 电气传动应避免“小马拉大车或大马拉小车” 125
- 6.2 电气传动应避免采用复杂的调速方式 125
- 6.3 一般金属切削机床不宜选用绕线转子异步电动机 126
- 6.4 起重牵引设备不宜选用起动转矩小的电动机 126
- 6.5 长期连续工作制设备不宜选用短时工作制电动机 127
- 6.6 短时工作制设备不宜选用长期工作制电动机 127
- 6.7 电车等牵引设备不宜选用直流并励电动机 128
- 6.8 无级调速机床设备不宜选用直流自励电动机 128
- 6.9 $Pn > 10^8 \text{ kW} \cdot \text{r/min}$ 的传动系统不宜选用
直流电动机 129
- 6.10 随动系统不宜选用普通交、直流电动机 129
- 6.11 对 GD^2 有限制的设备, 不宜选用直流电动机 130
- 6.12 易燃易爆场所不宜选用直流电动机 130
- 6.13 高速机械不宜选用齿轮升速的低速电动机 131

电动机的起动、制动、调速及保护

- 6.14 直流电动机起动时应避免电流冲击 131
- 6.15 电动机起动时, 电网压降不得超过相应规定值 131
- 6.16 电动机起动转矩不得小于机械负载静力矩 132
- 6.17 电动机起动过程中, 不得有振动和发热现象 133
- 6.18 大容量笼型异步电动机不宜直接起动 133
- 6.19 低速绕线转子异步电动机不应接频敏变阻器起动 134
- 6.20 可用频敏变阻器配套的绕线转子电动机不用分级变阻
器起动 134

- 6.21 只有三个出线头的笼型异步电动机不能用 Y- Δ 起动 135
- 6.22 Δ 接法笼型异步电动机一般不用自耦减压起动 135
- 6.23 大功率同步电动机不宜直接起动 136
- 6.24 大容量直流电动机不宜直接起动 136
- 6.25 精密机床停车控制不宜用反接制动 137
- 6.26 绕线式异步电动机转子绕组不得断线 137
- 6.27 提升设备一般不得无机械制动 138
- 6.28 起重设备一般不宜采用能耗制动 138
- 6.29 不允许反转的机械, 不宜采用反接制动 139
- 6.30 直流电动机不能用磁场反接实现反接制动 140
- 6.31 电气传动线路设计不能无短路保护 141
- 6.32 中线接地电气系统不得采用两相保护方案 141
- 6.33 中性点不接地的电气线路保护不应少于两相 142
- 6.34 起重设备一般不用热继电器作过载保护 142
- 6.35 电动机拖动系统不能无过载或过流保护 143
- 6.36 要求电压稳定的设备不能无欠压保护 144
- 6.37 不允许自起动的电动机不能无失压保护 144
- 6.38 直流电动机拖动系统不能无弱磁保护 145
- 6.39 G-M 机组系统不能无过压保护 146
- 6.40 柴油发电机单独供电者不能无过压和欠压保护 146

继电器控制系统设计问题

- 6.41 点动控制不使用自锁环节 147
- 6.42 电动机连续运转控制不能无自锁环节 147
- 6.43 两接触器控制电动机正反转不能无互锁控制 148
- 6.44 相互制约的两台电动机不能无互锁控制 149
- 6.45 有空间位置限制的控制不能无限位保护 150
- 6.46 控制电压为交流 380V 时, 不能选用交流 220V 继电器 150

- 6.47 控制电压为交流 220V 时, 不能选用交流 380V
继电器 151
- 6.48 电气线路设计应避免不合理方案 152
- 6.49 同一行程开关常开常闭触头不要接在电源的不
同相上 152
- 6.50 继电器线圈不能串联使用 152
- 6.51 控制电路中, 不应出现寄生电路 153
- 6.52 不能使用铁心分磁环脱落后的继电器 153
- 6.53 继电器铁心间不能有异物 154
- 6.54 继电器触头间不允许有异物 154
- 6.55 继电器触头烧损严重后, 不能继续使用 155
- 6.56 不要使用与国标不相符的图形符号和文字符号 155
- 6.57 电气线路中, 勿用继电器代替接触器 155
- 6.58 电气线路中, 勿用接触器代替继电器 156
- 6.59 正反转密集通断类电机, 不宜用过载保护 156

直流传动设计问题

- 6.60 恒功率负载不宜选用恒转矩调速方案 157
- 6.61 恒转矩负载不宜选用恒功率调速方案 158
- 6.62 直流电动机恒转矩调速勿用调磁调速 158
- 6.63 直流电动机恒功率调速勿用调电枢电压来实现 159
- 6.64 直流电动机的起重设备下放重物时, 不能断
开电源 159
- 6.65 直流调速牵引设备不宜采用闭环控制 160
- 6.66 闭环调速系统不能无电流截止负反馈 160
- 6.67 直流电机额定转速以下不宜用调磁调速 161
- 6.68 额定转速以上的直流电机, 勿用调压调速 161
- 6.69 电机放大机不能在过补偿状态下使用 162
- 6.70 电机放大机补偿绕组不能短路 162
- 6.71 电机放大机运转方向不得与标志方向相反 163

- 6.72 电机放大机闭环系统要避免自激 163

交流传动设计问题

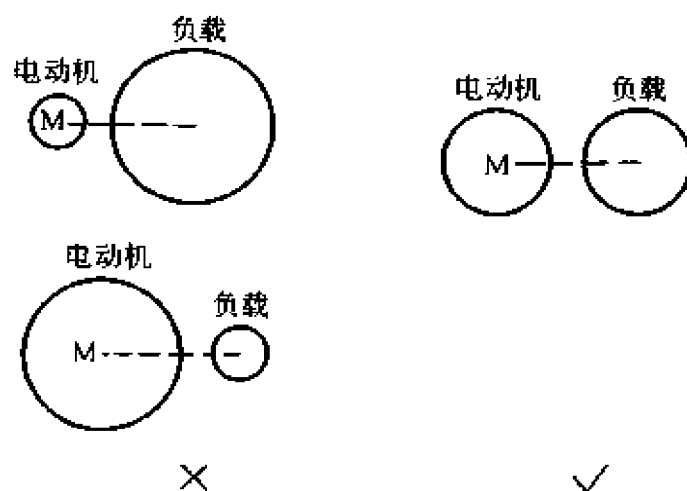
- 6.73 笼型异步电动机不能用转子回路串电阻调速 164
- 6.74 电压为交流 220V 的变频器不能在交流 380V 电源
上使用 165
- 6.75 变频器输入端 R、S、T 与输出端 U、V、W 不能
接错 165
- 6.76 变频器供电的电动机不得无过载保护 166
- 6.77 变频器输入端 R、S、T 不得对地短接 167
- 6.78 变频器输出端 U、V、W 不得对地短接 167
- 6.79 单相交流电动机不宜采用变频器调速 168
- 6.80 机械制动的变频调速, 制动器不能接在 U、
V、W 端 169
- 6.81 变频器的速度给定屏蔽线不能断开 169
- 6.82 变频器速度给定器不能接在屏蔽线上 170
- 6.83 变频器对地电阻不得低于 $0.5M\Omega$ 170

6 有关电气传动的设计问题

电动机选择问题

6.1 电气传动应避免“小马拉大车或大马拉小车”

如果电动机的容量选小了,不能保证生产机械的正常工作,并将引起电动机过热、损坏。如果电动机容量选得过大,因为负载太轻,电动机没得到充分利用,功率因数低。电动机的容量选择应正好满足于工作机械的需要,这样可降低设备投资费用和减少电能损失。



6.2 电气传动应避免采用复杂的调速方式

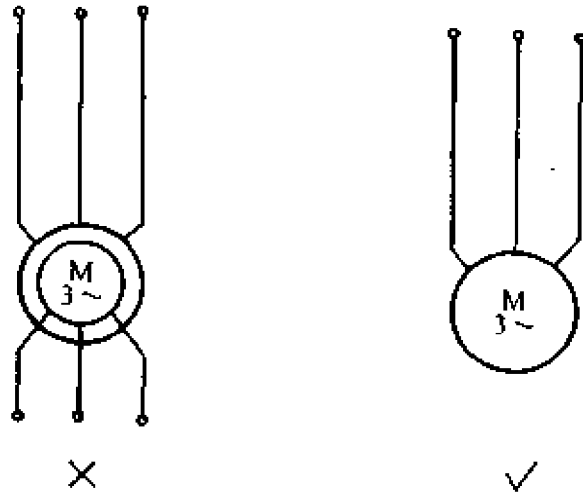
在可以调节转速的电气传动中,尽管直流电动机在工作特性与调节性能方面有很多优点,但其维修较复杂且需要变流装置,所以应尽可能选用投资低、简单而经济的交流异步电动机。对于不需要平滑调速的场合,可以采用交流多速(双速或三速)异步电动机。对于高性能的调速要求,可以通过变频调速装置实现。

采用直流电动机调速传动时也应根据需要,尽量避免复杂的调速方式。原则是:

1. 尽量采用不调磁的方式。

2. 尽量采用不可逆的方式。

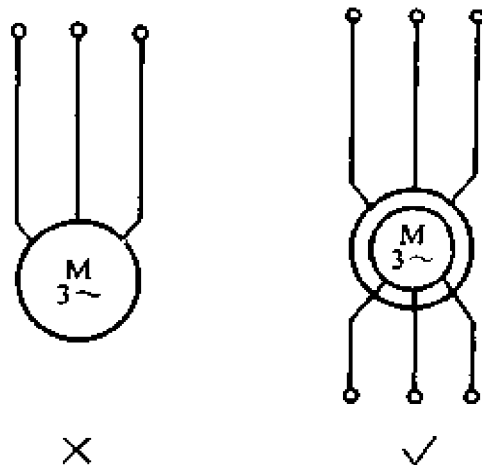
6.3 一般金属切削机床不宜选用绕线转子异步电动机



绕线转子异步电动机转子回路串电阻后, 起动转矩大, 起动电流小, 但它的结构复杂, 造价高, 维修麻烦。而一般机床多为空载起动, 起动转矩较小, 用笼型异步电动机即可满足要求, 比较经济实用。

对于驱动机床走刀架的电动机, 可选用高起动转矩的特殊电机。

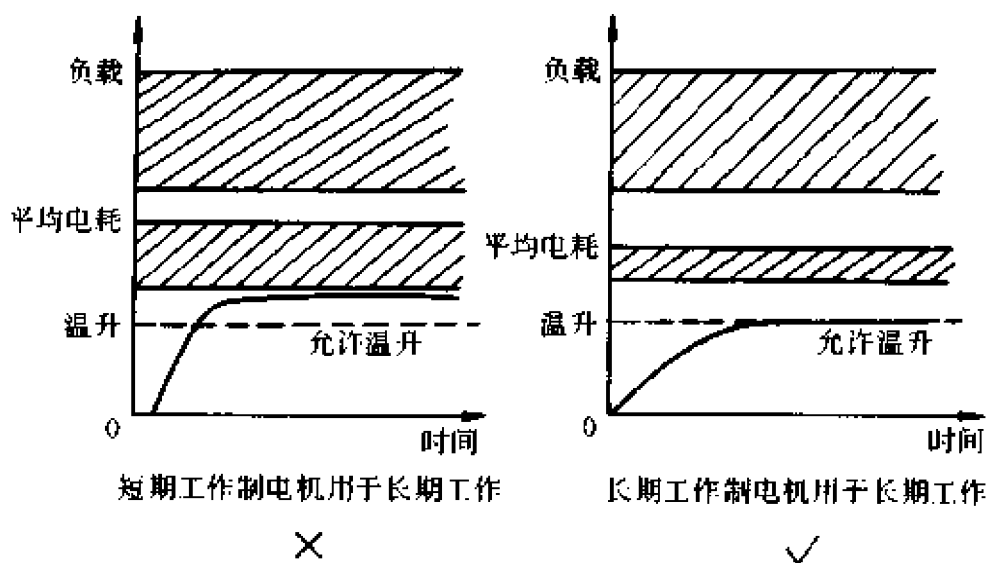
6.4 起重牵引设备不宜选用起动转矩小的电动机



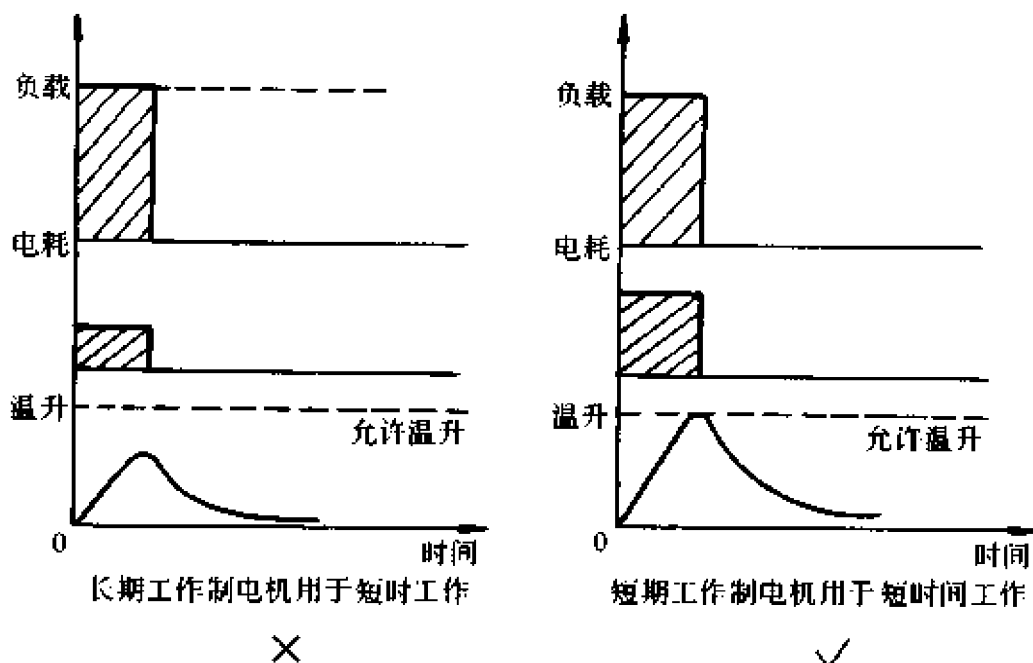
起重牵引设备, 一是要求起动转矩大, 二是要求可以调速。普通笼型异步电动机, 达不到此两项要求, 而绕线转子异步电动机, 可以通过转子绕组回路串电阻或串入频敏变阻器, 可增大起动转矩, 实现调速, 满足起重牵引设备的要求。对于小吨位的起重设备, 也可选用深槽式电机、双笼型异步电动机或选用铝合金铸造笼条的电机, 它们也具有起动转矩较大的特点。

6.5 长期连续工作制设备不宜选用短时工作制电动机

短时工作制电动机,是按照短时间工作、较长时间停歇这一特点设计制造的。电枢绕组电流密度选择得比较高。短时运行时,电动机在过载状态工作,但由于热惯性,电机温度升高有个过程,当超过允许温升时,电动机可能已断电停车,电动机进入冷却降温状态。如若将该电动机用作长期连续工作,电动机就会因发热温升持续增加造成电动机烧毁。



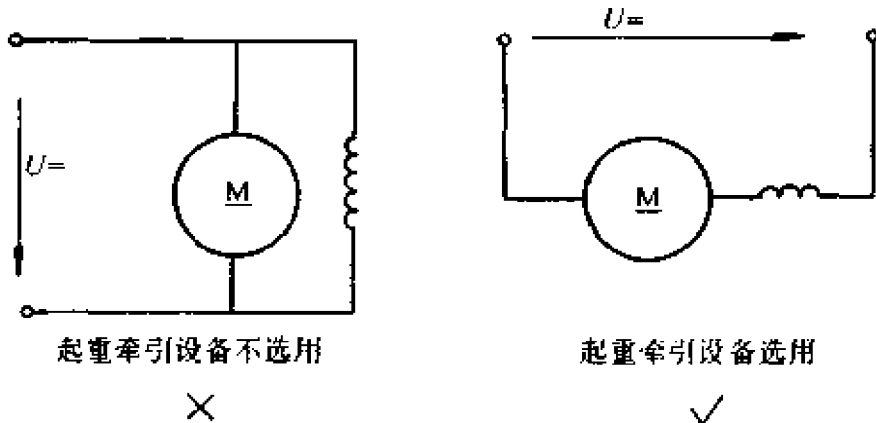
6.6 短时工作制设备不宜选用长期工作制电动机



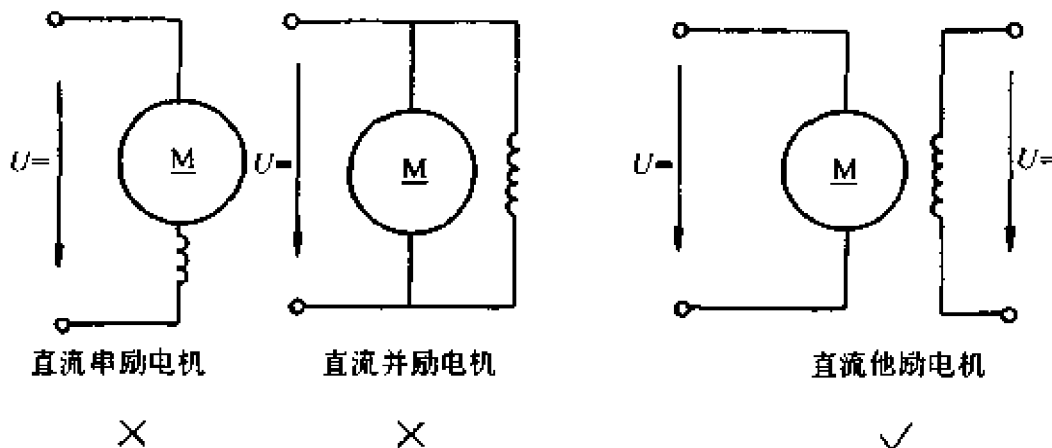
对于相同功率的长期工作制电动机和短时工作制电动机,在设计时,前者电枢绕组电流密度选得低,而后者高,因此前者用料多,造价高。这种设备,若选用短时工作制电动机,电动机能达到额定温升,充分发挥了该电动机的潜力。若选用同功率的长期工作制电动机,温升达不到额定值,电动机潜力未得到充分利用,造成浪费。

6.7 电车等牵引设备不宜选用直流并励电动机

电车等各类搬运车,要求起动转矩大、过载能力强,可无级调速,尤其低速运行时,要求电磁转矩更大。但直流并励电动机,不具有上述所有特点,尤其低速运行时,若采用降压调速,则励磁磁通相应下降,转矩更小,不能达到使用要求。若选用直流串励电动机,在特性上可达到使用要求。



6.8 无级调速机床设备不宜选用直流自励电动机

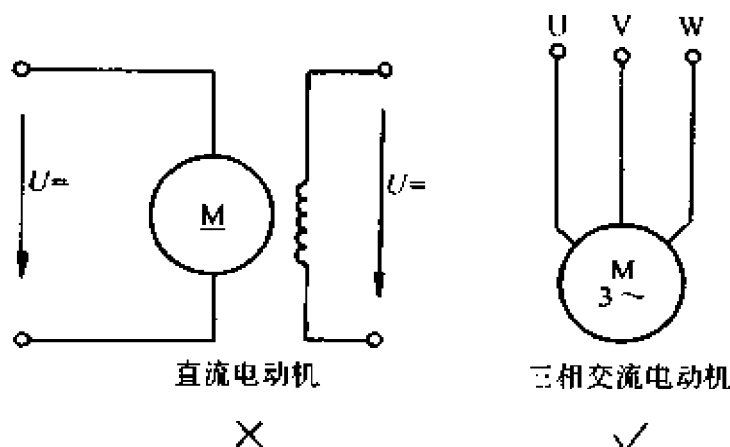


要求无级调速的金属切削机床,一般要求调速范围宽、调速精度高、调速系统的机械特性要硬,以保证切削表面的光洁度和均匀性。而直流自励电动机

的机械特性,不能满足调速精度的要求。故需要无级调速的金属切削机床,只能选用直流他励电动机。

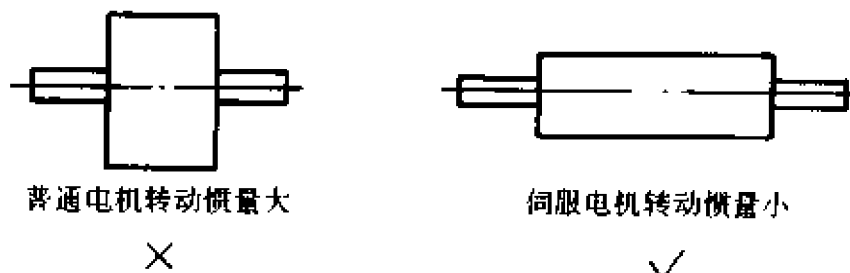
6.9 $P_n > 10^5 \text{kW} \cdot \text{r/min}$ 的传动系统不宜选用直流电动机

对于大功率高转速机械,若要求起动、停止、正反转控制灵敏,则传动系统的机械惯性、飞轮力矩越小越好。而大容量直流电动机,由于结构上的原因,与同功率的交流电动机相比,转子直径大,重量重,再加上直流电动机转子上有铜制换向器,其飞轮力矩大,机械惯性大,故高速大容量拖动系统,不宜选用直流电动机,而选用交流电动机为好。



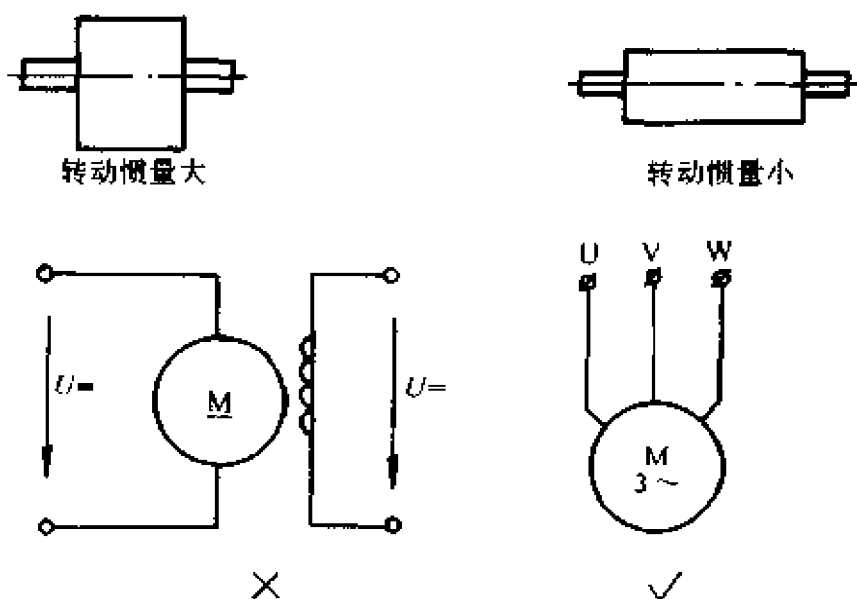
6.10 随动系统不宜选用普通交、直流电动机

在随动系统中,一般要求机械转动的角度能跟随控制信号的变化,灵敏度要高,精度要高,随动性要好。这就要求旋转体机械惯性要小,而普通交、直流电动机,飞轮力矩较大,机械惯性较大,电磁时间常数大,灵敏度低,故随动系统一般不选用普通交、直流电动机,而选用转子细长的伺服电动机或步进电机。



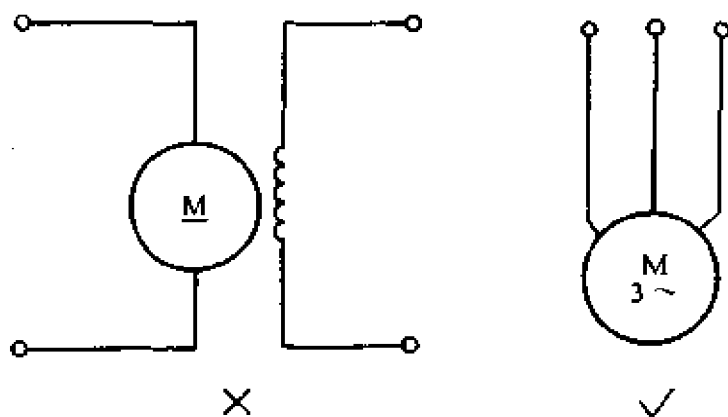
6.11 对 GD^2 有限的设备，不宜选用直流电动机

有些机械设备，为了提高运转的灵敏度，提高控制精度，需要减小机电时间常数，改善系统动特性，减小振荡或不稳定性，因而要求机械飞轮力矩 GD^2 越小越好。而普通直流电动机不能满足以上要求而应选用交流电动机或其他特种电机。



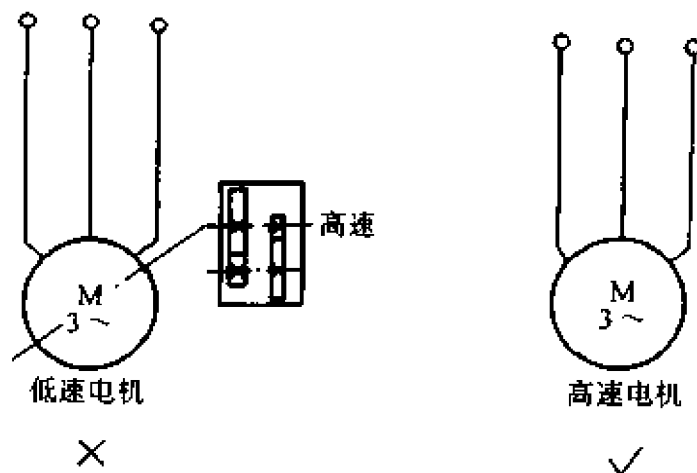
6.12 易燃易爆场所不宜选用直流电动机

在易燃易爆环境中，均要求严禁烟火。而直流电动机在运行过程中，换向器和电刷之间常有换向火花产生，容易引起燃烧或爆炸。故在此场所不能选用普通直流电动机，而选用笼型交流异步电动机或其他防爆电机。



6.13 高速机械不宜选用齿轮升速的低速电动机

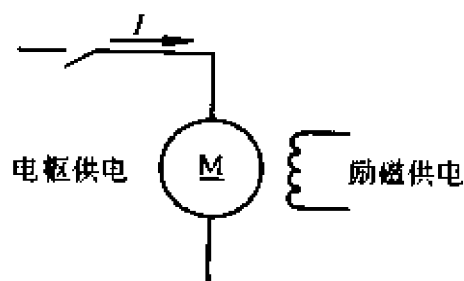
高速机械设备，若选用低速电动机、齿轮升速传动，不但电机体积大，成本高，而且机械传动效率低，机械磨损大，噪声大，污染环境，机械惯性大，控制灵敏度低，故高速机械不应选用低速电动机、齿轮升速的办法，而应直接选用高速电机。



电动机的起动、制动、调速及保护

6.14 直流电动机起动时应避免电流冲击

直流电动机起动过程中的电枢电流冲击将损坏熔断器及电机本身。如没有设置恒电流控制系统，就只能缓慢地增加电枢电压或逐渐地减小电枢中所串联的外接电阻，来克服电流冲击。晶闸管传动装置一般采用电流环的方式进行恒电流控制，避免了电流冲击。

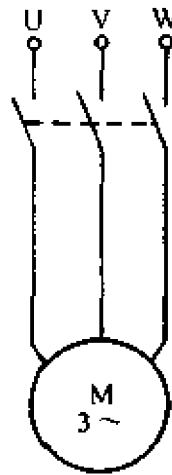


6.15 电动机起动时，电网压降不得超过相应规定值

电动机起动时，由于起动电流大，会造成电网电压下降，尤其供电变压器

容量小时,该现象尤为严重,结果会造成整个地区供电电压不稳,供电质量变差,影响其他设备正常运行。因此,电动机若经常起动造成的电网电压下降不得超过 10% 的规定,否则要采取降压起动措施。

对于偶然起动的电动机,起动时电网压降不得超过额定电压的 15%,否则,须采用降压起动。



$$\text{起动电网压降: } \Delta U\% = \frac{U_N - U_Q}{U_N}$$

式中 U_Q — 电机起动瞬时电网电压

电机经常起动时:

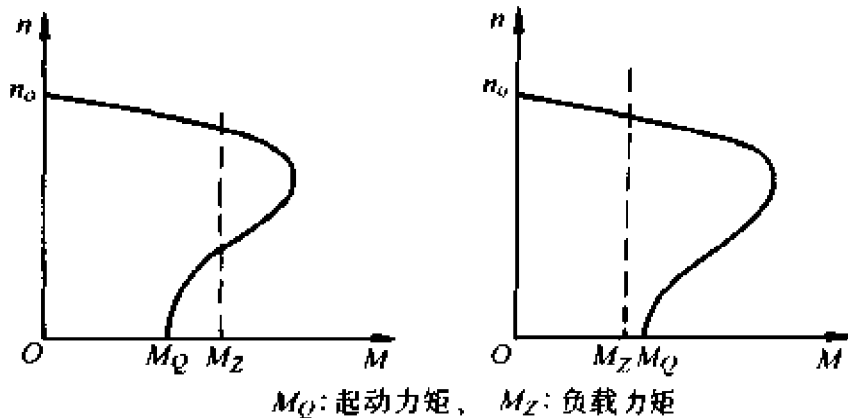
$$\Delta U\% < 10\%$$

电机偶然起动时:

$$\Delta U\% < 15\%$$

6.16 电动机起动转矩不得小于机械负载静力矩

由运动力学可知,当原动机拖动生产机械负载运转时,如原动机的起动转矩小于或等于生产机械的静力矩时,其加速力矩为零,生产机械无法起动运转。只有当原动机的起动转矩大于生产机械的静阻力矩时,则加速力矩为正,原动机方能拖动生产机械起动、加速,并进入正常运转。

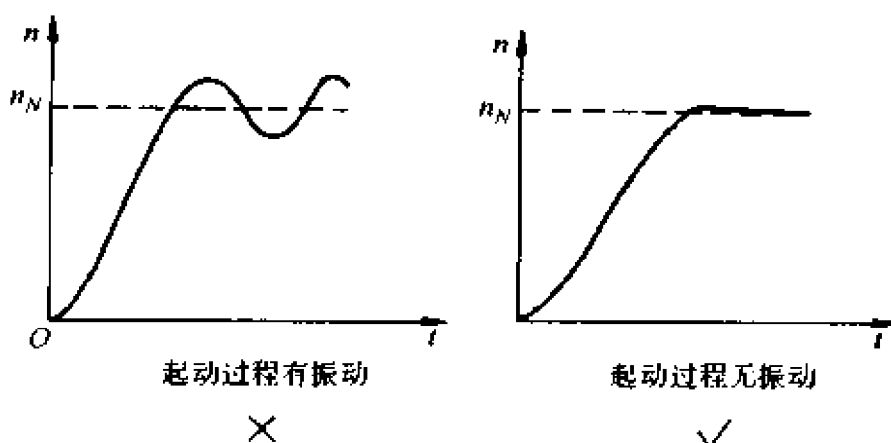


×

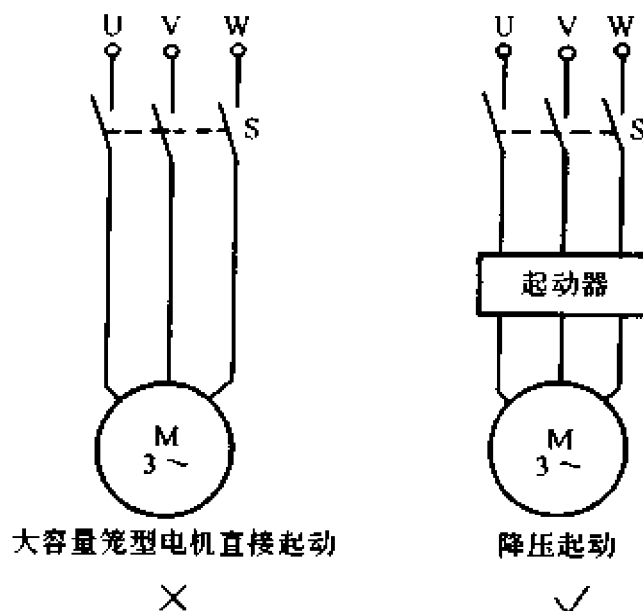
✓

6.17 电动机起动过程中，不得有振动和发热现象

起动生产机械要求起动过程的速度均匀上升、平稳起动。若有振动，会降低系统的精度，甚至造成系统运行不稳定。如起动过程中传动系统发热，可能是电气线路电流过大，或传动机构的机械磨损严重，都将影响生产机械的正常运行。应查明原因，排除故障后再起动电动机。



6.18 大容量笼型异步电动机不宜直接起动

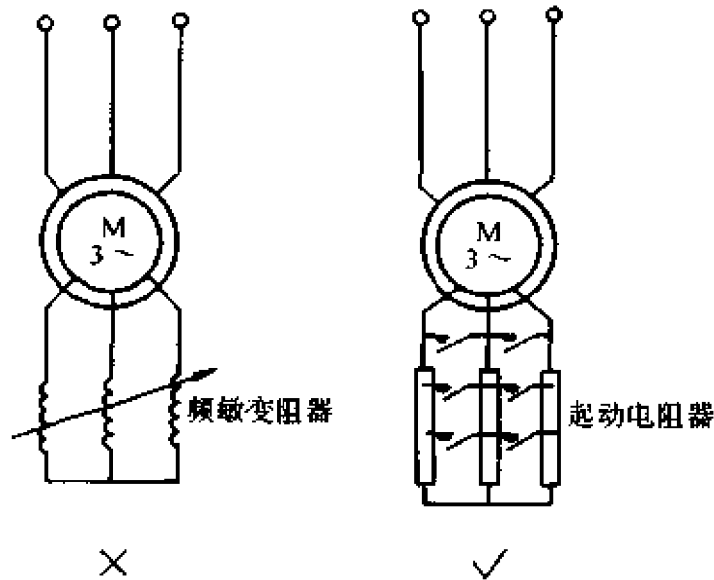


大容量笼型异步电动机，比中小容量电动机的起动电流更大，起动更困难，起动功率往往会超过供电设备的过载能力，造成电网电压严重波动，影响供电质量或其他设备的正常运行，该种电机不宜直接起动，应加起动器降压起

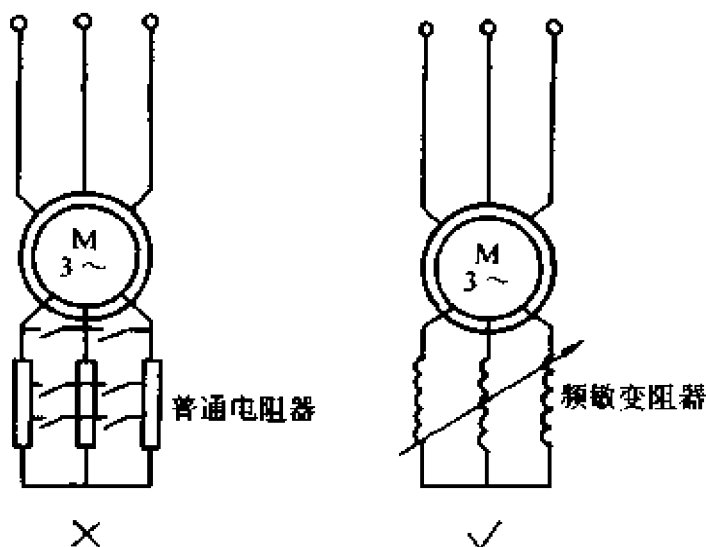
动，以减小起动电流。

6.19 低速绕线转子异步电动机不应接频敏变阻器起动

一般绕线转子异步电动机常采取转子绕组回路串接频敏变阻器，利用频敏变阻器的等效电阻，减小起动电流，增大起动转矩。而低速的绕线转子电动机，这种效果不显著，故不应接频敏变阻器起动，而用起动电阻为好。



6.20 可用频敏变阻器配套的绕线转子电动机不用分级变阻器起动

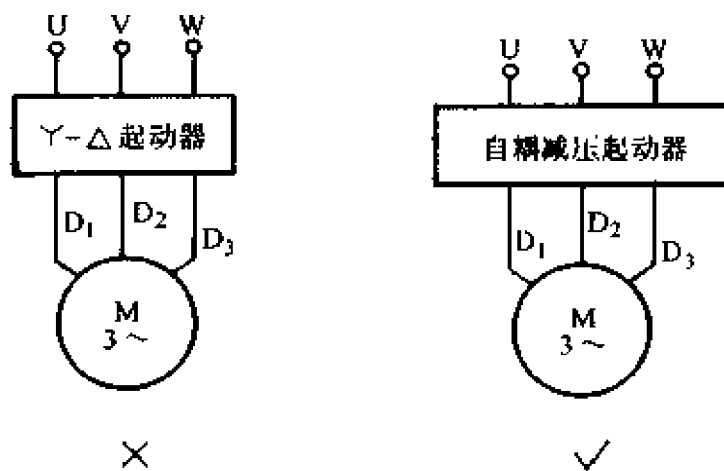


由于频敏变阻器是串接于绕线转子电机转子绕组回路，起动时，转子电流频率为 50Hz，频率高，阻抗大，电动机起动电流小。随着电机转速上升，转

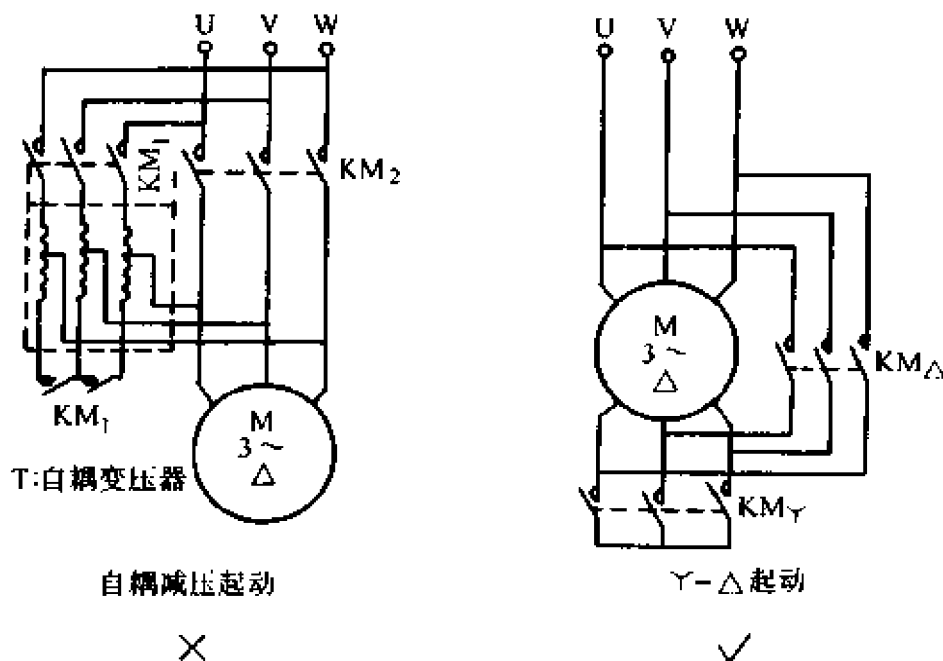
子绕组回路电流频率下降, 变阻器阻抗减小, 可保持恒转矩起动, 不用分级控制。如采用分级变阻器起动, 则需分级控制设备, 增加设备成本。

6.21 只有三个出线头的笼型异步电动机不能用Y- Δ 起动

只有三个出线头的笼型异步电动机, 说明电机内部绕组已按Y形或 Δ 形接死, 最后出来三根线, 与三相电源相接, 不能进行Y- Δ 接线变换。可Y- Δ 接线变换的电动机, 必须有六根出线头。所以此种电机只能用起动补偿器进行自耦减压起动。

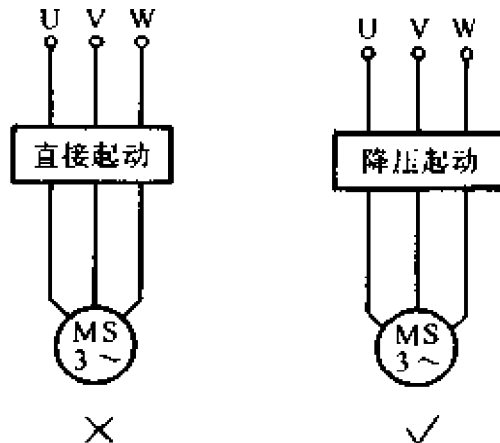


6.22 Δ 接法笼型异步电动机一般不用自耦减压起动



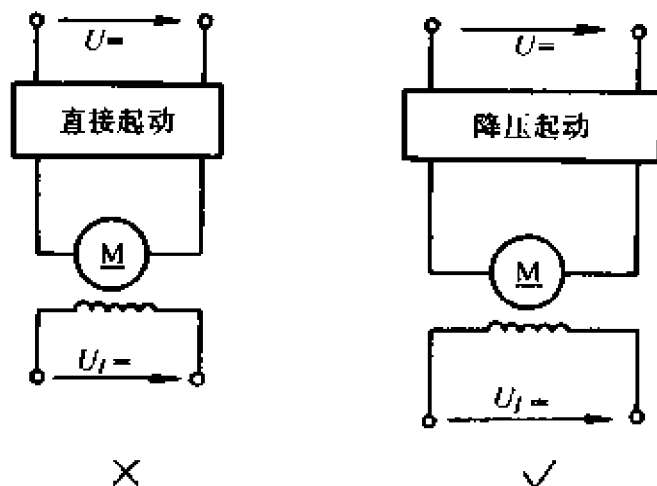
对于正常运行的 Δ 接法的笼型异步电动机,若需降压启动,则可用 $Y-\Delta$ 降压启动,所需启动设备少,若采用自耦减压启动,就需要购买一台启动补偿器,则设备投资大,一般不用此法。

6.23 大功率同步电动机不宜直接启动



同步电动机启动时,与异步电动机存在类似问题,为减小启动电流对供电设备的影响,一般不直接启动,同样采取降压启动的措施,以减少启动时对电网的干扰。

6.24 大容量直流电动机不宜直接启动



所谓直接启动,即电动机在额定电压下启动,直流电动机电枢回路电压方程式为

$$U = E_a + I_a R_a = C_e \Phi n + I_a R_a$$

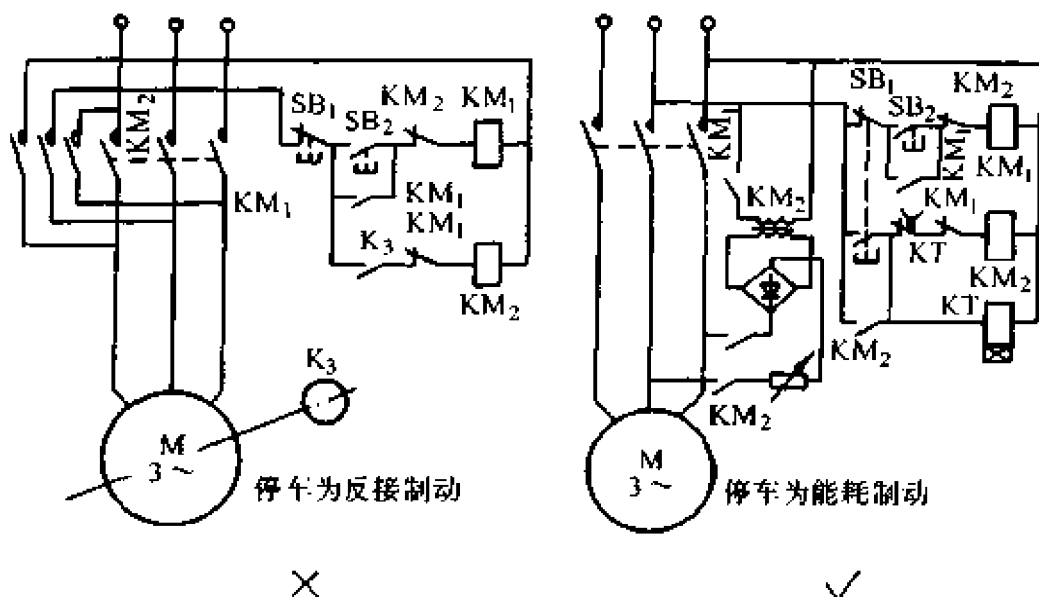
起动时，转速 $n=0$

故起动电流为
$$I_s = \frac{U}{R_s}$$

若起动时电压为额定电压 U_N ，则 $I_s = \frac{U_N}{R_s}$ 而电枢电阻 R_s 很小，因而起动电流 I_s 很大，若直流电源容量不大，会烧毁直流电源。过大的起动电流，对直流电动机本身也有不利影响，造成换向困难，甚至会损坏电机，故大容量直流电动机不宜直接起动，可采用降压起动。

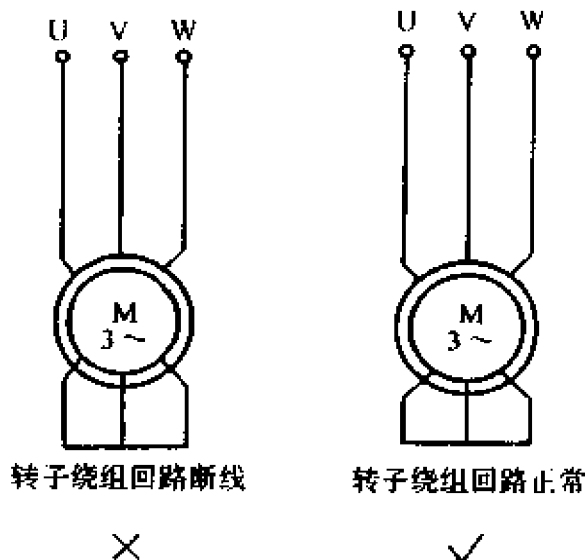
6.25 精密机床停车控制不宜用反接制动

由于精密机床设备，要求起动、停止及运行过程都较平稳，以减小振动，保持设备的精度。但为加快减速和停车的过渡过程，需要采用制动措施。而反接制动，其强度较大，容易造成振动，不宜采用。而采用能耗制动措施较为合适。



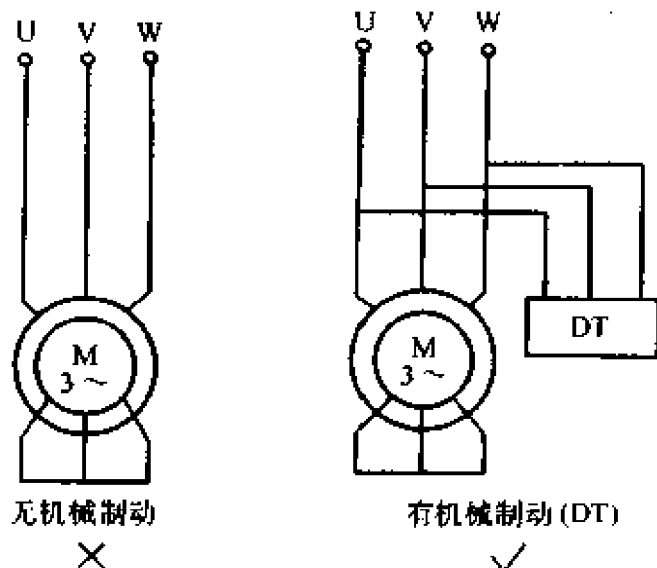
6.26 绕线式异步电动机转子绕组不得断线

绕线式异步电动机属于感应式异步电动机，其工作原理是靠定子旋转磁场，在转子绕组中感应出电势，并形成电流，而产生电磁力矩的，若转子绕组回路断线，则只有感应电势，而无感应电流，电磁力矩为零，电机无法运行，故转子绕组回路不得断线。



6.27 提升设备一般不得无机械制动

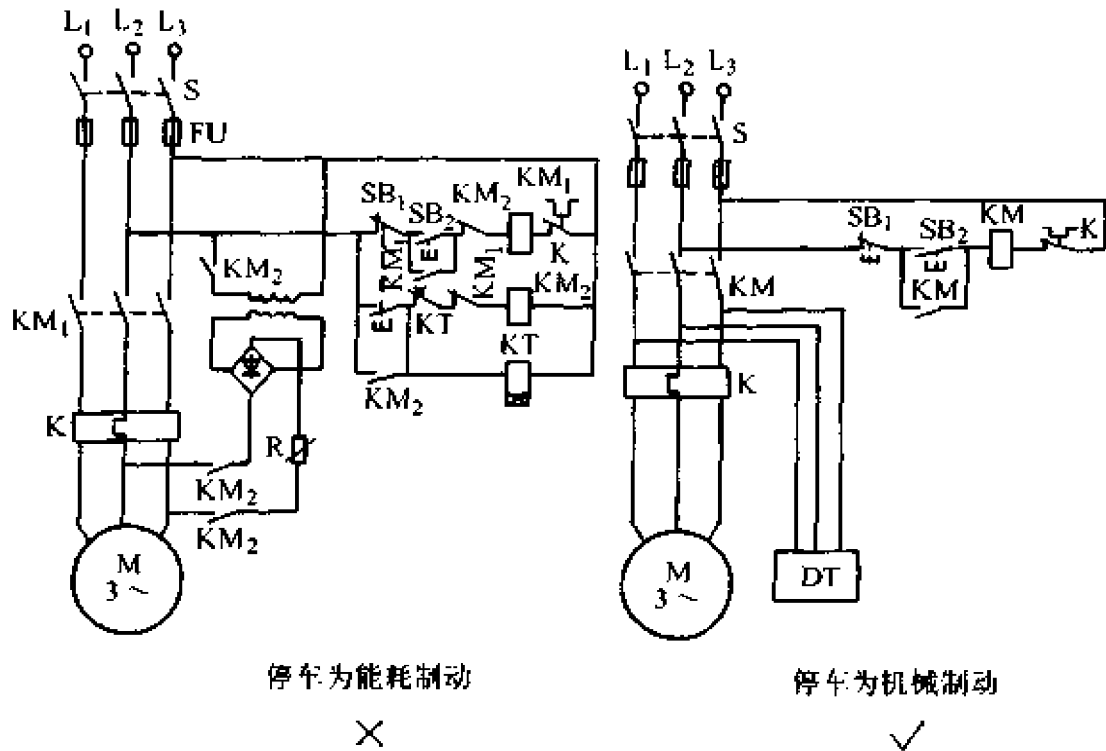
提升设备,在吊起重物时,有时需要在空中停留,而货物自重又会促使其下降,为了克服下降力矩,光靠电磁力矩是不行的。尤其在停电状况下,为保证重物不会下落,造成事故,最好的办法是采用电磁抱闸的机械制动,方能让重物停留在空中。



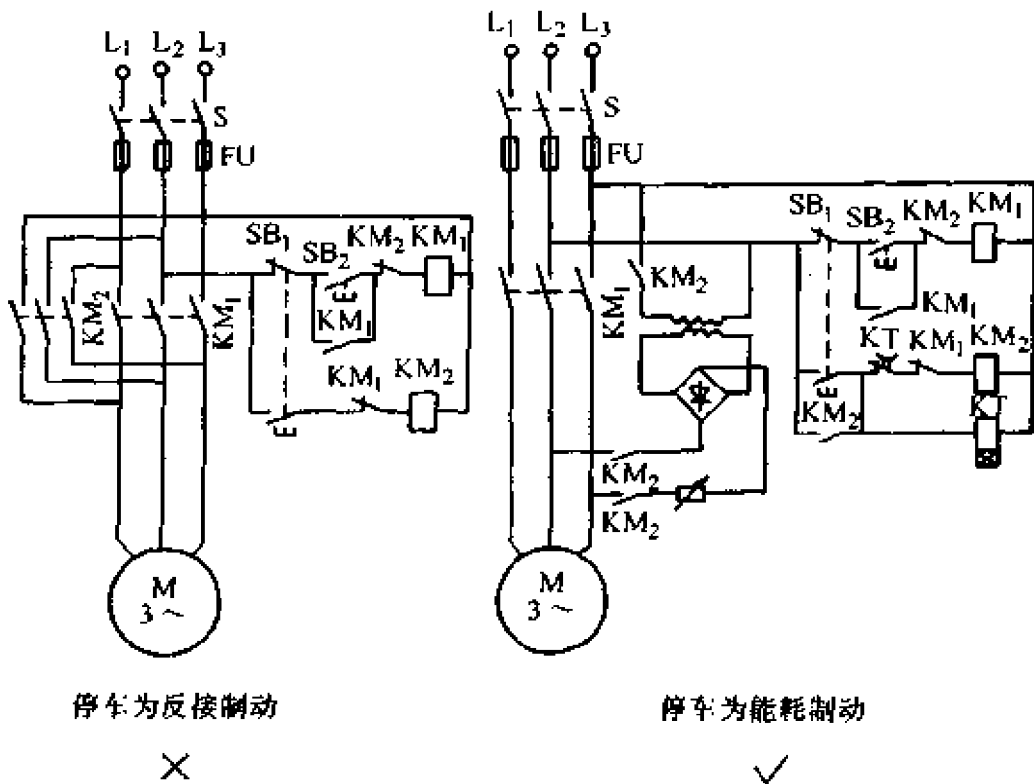
6.28 起重设备一般不宜采用能耗制动

起重机械运行的特点是电动机转速低、频繁地起动、停止和正反转,而且拖着所吊重物运行。为了实现准确而又灵活地控制,电机经常处于制动状态,而且要求制动力矩大,能耗制动达不到上述控制要求,故起重机械一般不采用

能耗制动，而采用反接制动，或者采用机械制动。

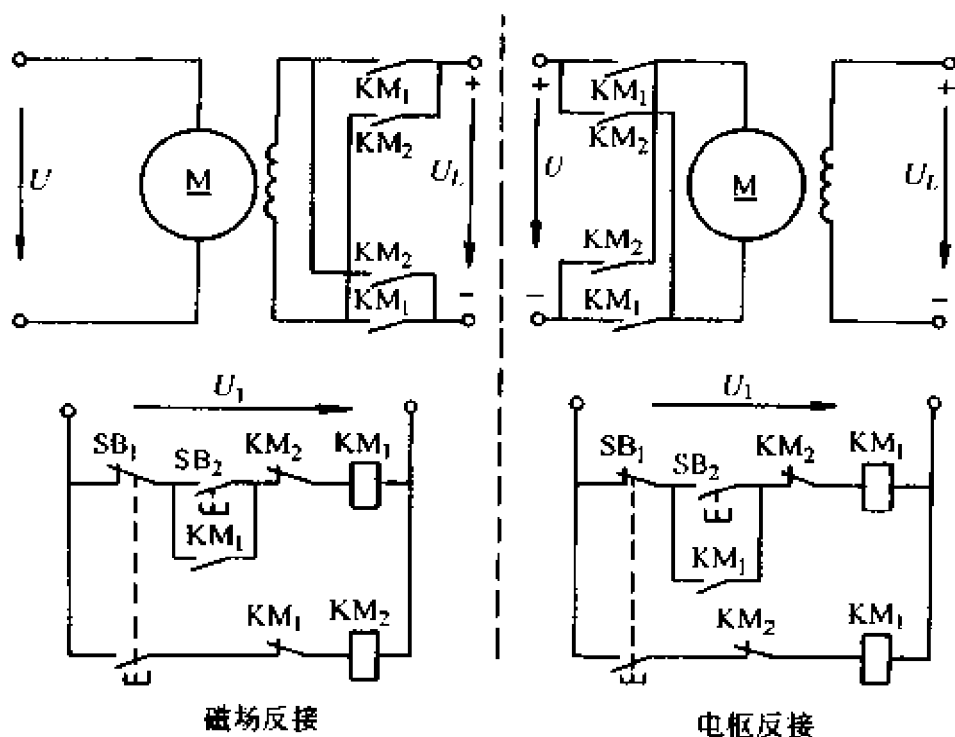


6.29 不允许反转的机械，不宜采用反接制动



电机正常运行时,欲用反接制动而停车,其方法为在控制上实现电机三相电源倒相,使其产生与电机转动方向相反的旋转磁场,此时电动机所产生的电磁力矩为制动力矩,电动机加快减速,但当电动机转速为零时,若电源不及时断开,电机就会反转,这是本设备所不允许的。故不允许反转的机械,不能采用反接制动。而可采用能耗制动或机械制动。

6.30 直流电动机不能用磁场反接实现反接制动



直流电动机,在原来运转的情况下,其电磁力矩

$$M = C_M \Phi I_a$$

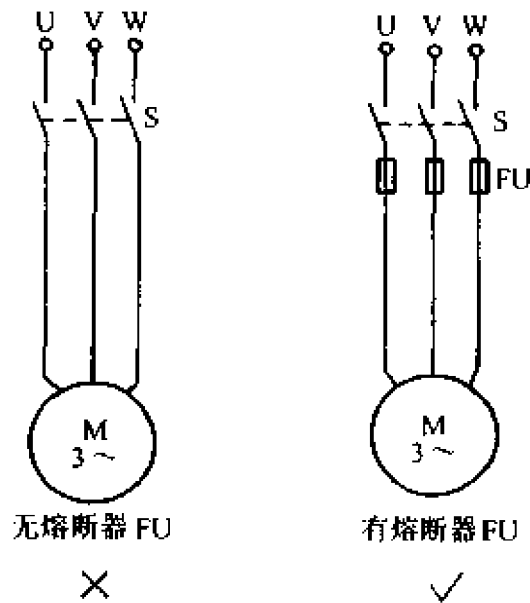
若励磁绕组电源极性反接,从理论上说,磁通 Φ 由正变负,电磁力矩 M 方向改变,与原电动机转动方向相反,为制动力矩。但实际上, Φ 的变化是由正方向减小,经过零,此时电动机转速

$$n = \frac{U - I_a R}{C_e \Phi}$$

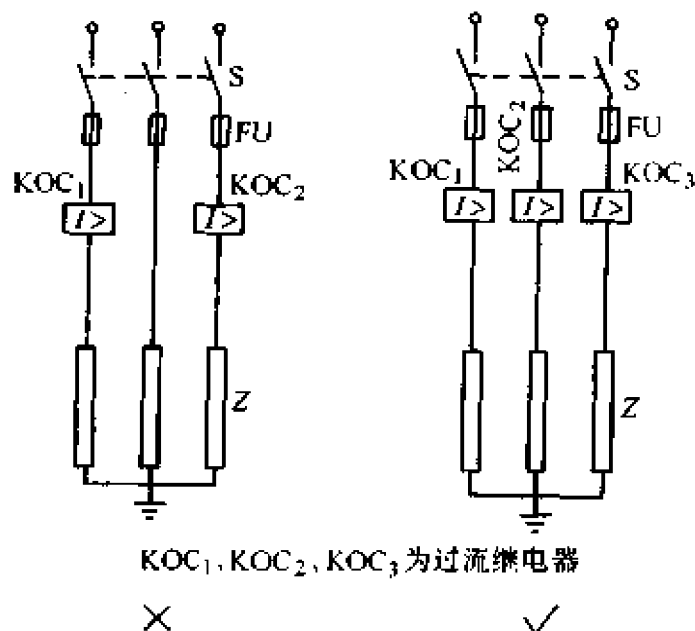
n 会无限大,若电动机空载,会产生“飞车”现象,这是极不安全的,故直流电动机的反接制动,只能用电枢电源反接,而不能用电枢反接。

6.31 电气传动线路设计不能无短路保护

电能是电气传动的能源，而且多用强电，即线电压为 380V，相电压为 220V，负载电流一般较大。由于电路复杂，纵横交错，若接线不当或绝缘老化，造成线间短路或火线对地短路是常会发生的。过大的短路电流若不及时切断，就会造成事故，故电气线路不能无熔断器作为短路保护，熔断器大小种类要选择合适。



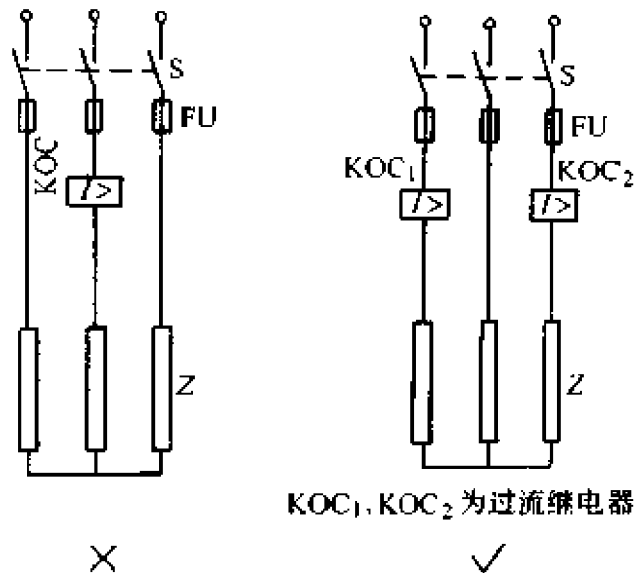
6.32 中线接地电气系统不得采用两相保护方案



在中线接地的三相电气线路中，一相对地短路或过载时有发生，若采用两相保护，而故障点刚好发生在无保护的一相，该相电流过大，甚至烧毁电气设备，保护装置未起作用。因此，中线接地的三相电气线路，必须选用三相保护装置，而不能用两相保护装置。

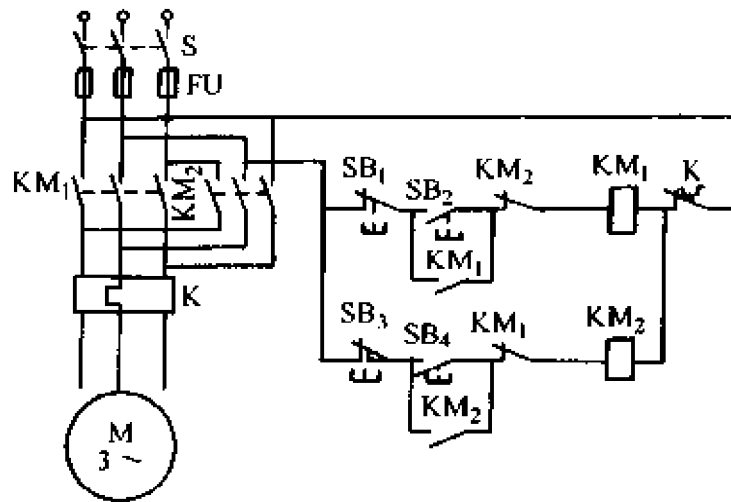
6.33 中性点不接地的电气线路保护不应少于两相

在中性点不接地的电气线路中，任何一相负载必须经过两根火线才能构成回路，若三相中有两相装有保护装置，则无论哪相负载发生过载故障，至少有一个保护装置流过故障电流，引起装置动作，切断电源，起到保护作用。



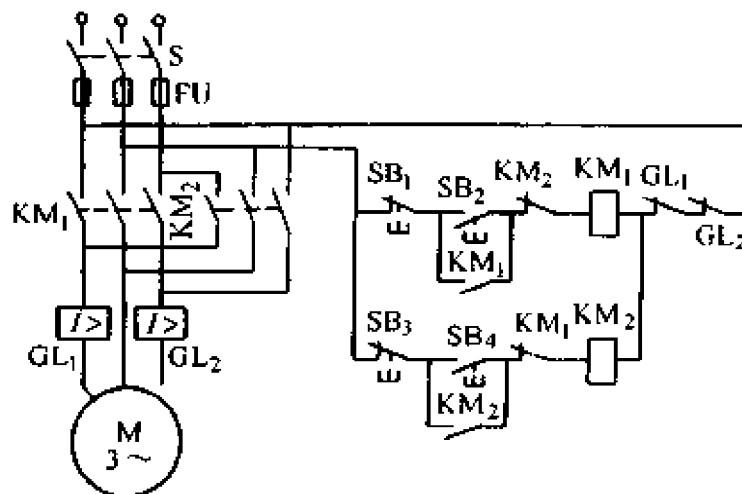
6.34 起重设备一般不用热继电器作过载保护

起重设备多用绕线式异步电动机拖动，本系统运行特点是带着负载频繁地起动、调速、反转、制动等，瞬时电流冲击较大，若由于过载而堵转，电流瞬时上升，若用热继电器保护，由于热惯性的原因，保护装置尚来不及动作，电动机或电气线路可能已被烧坏，对此要用过流继电器进行瞬时保护，而不能用热继电器做过载保护。



起重设备用热继电器保护

×

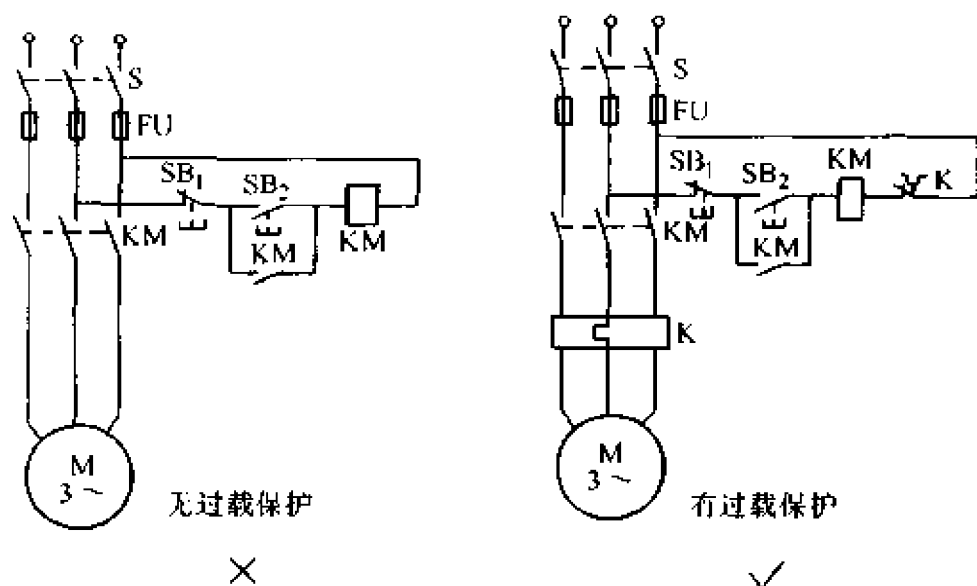


起重设备应用过流保护

✓

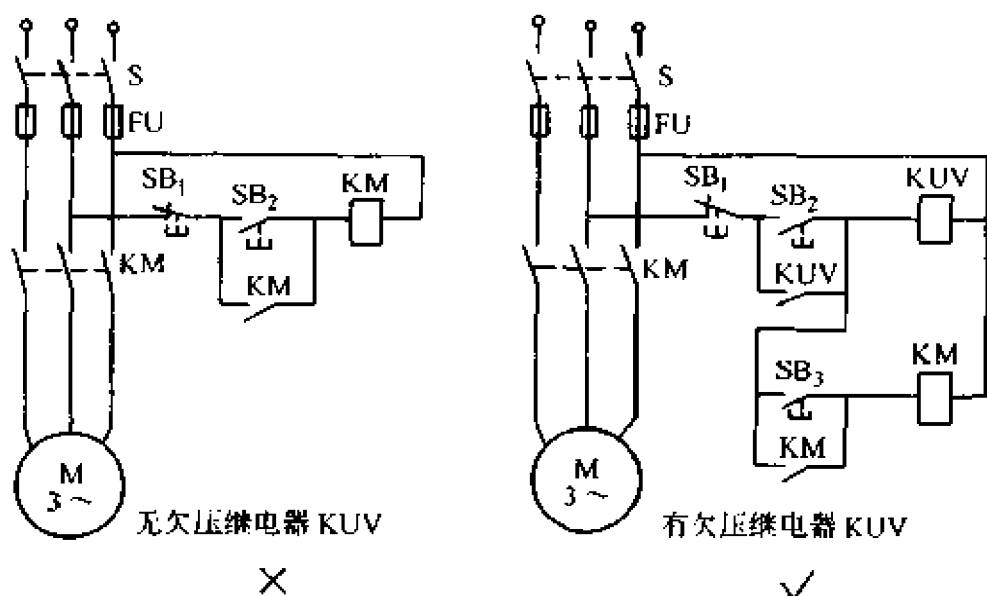
6.35 电动机拖动系统不能无过载或过流保护

电动机在运行过程中,由于某种原因,造成电动机过载或堵转现象是经常发生的,长时间的过载,电动机电流超过额定电流,使电动机和线路因过热而造成事故。对此现象必须采取保护措施予以避免,常用办法是根据不同情况,进行过载保护或过流保护。



6.36 要求电压稳定的设备不能无欠压保护

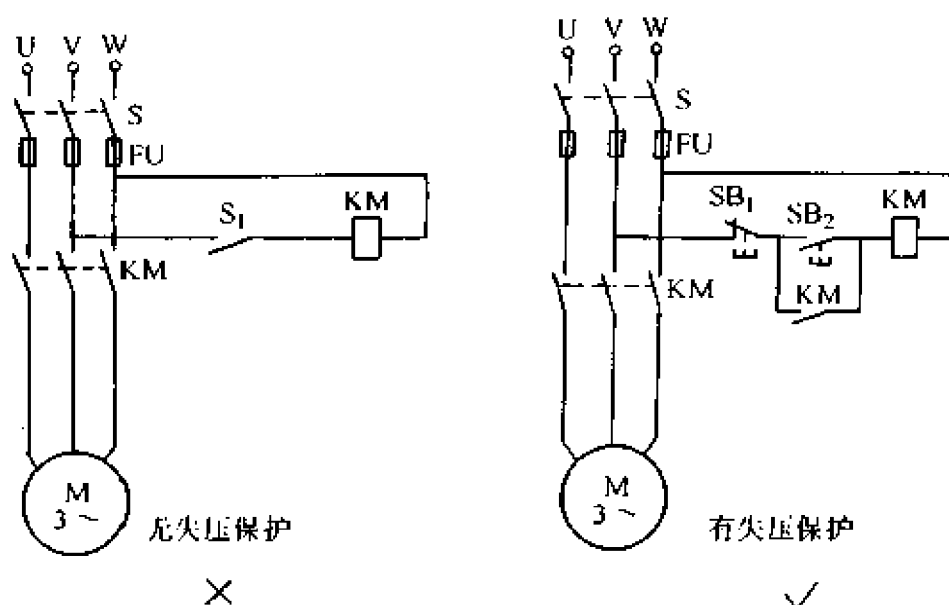
供电电网在用电高峰期, 往往因负载过重, 而引起电网电压偏低。在供电区域内若有大型电动机启动, 也可能引起供电电压瞬时下降或电压不稳, 对于一些精密设备, 要求供电电压平稳。为防止上述情况造成设备事故, 不能无欠压保护。



6.37 不允许自起动的电动机不能无失压保护

任何一台由电动机拖动的机械设备, 电动机启动运转前, 都事先进行检

查、而后由操作人员发出指令，起动运转。未经人员操作而起动运转者，称为自起动，这是危险的，也是不允许的。尤其在运转中突然因失电而停车，当供电恢复时，不允许自起动，否则会造成事故，为防止此类事故发生，电动机拖动系统，必须装有失压保护装置。



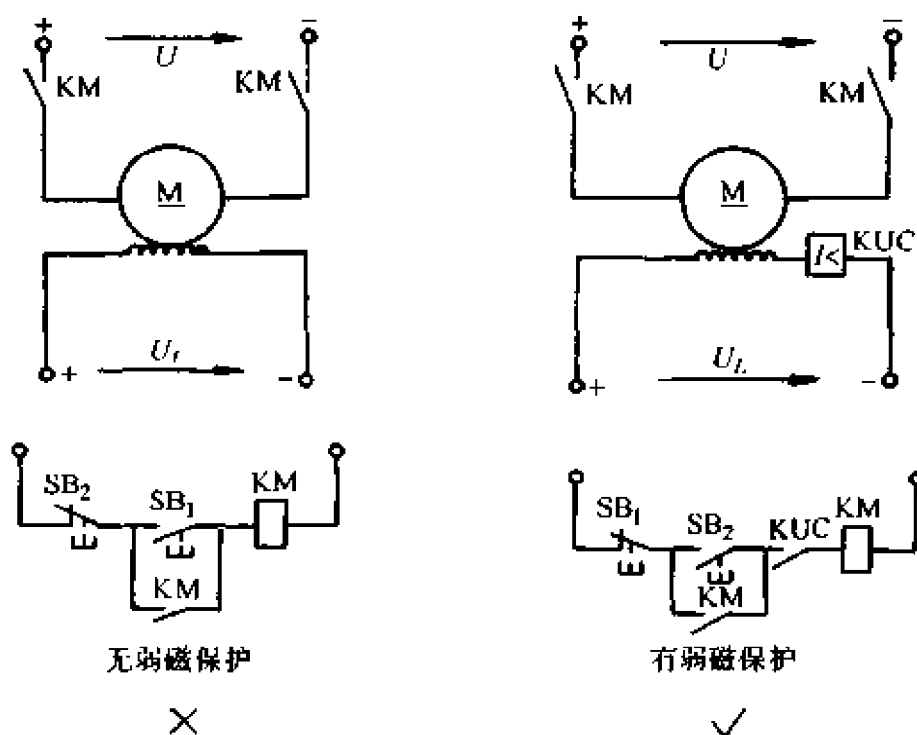
6.38 直流电动机拖动系统不能无弱磁保护

直流电动机的转速

$$n = \frac{U - I_a R_a}{C_e \Phi} \quad (\text{r/min})$$

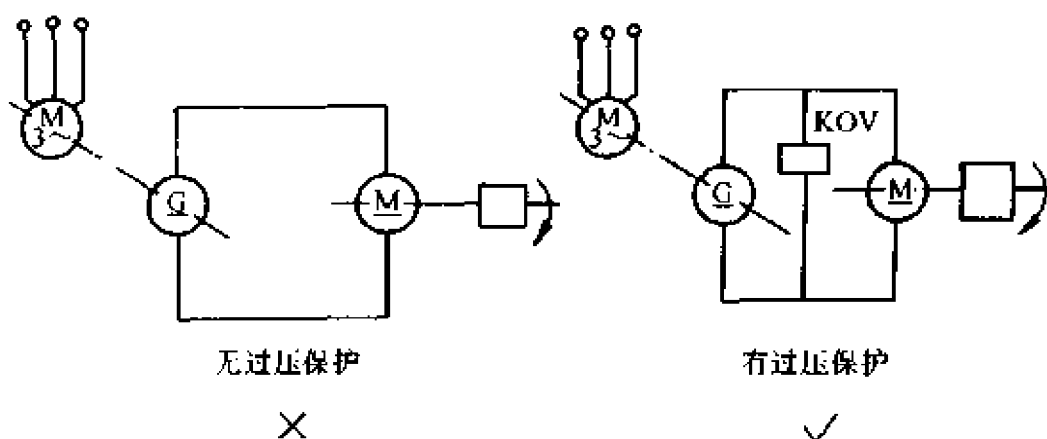
- 式中 U ——电枢电压(V)；
 I_a ——电枢电流(A)；
 R_a ——电枢回路电阻(Ω)；
 C_e ——电动机电势常数；
 Φ ——电动机励磁磁通。

由公式可见，当电枢电压为定值时，若磁通 Φ 很小或趋近于零时，即弱磁时，从理论上来讲，电动机转速将达到很高，俗称“飞车”，容易造成事故。电气线路设计必须避免此类情况发生，即直流电动机不能无弱磁保护，常用方法是励磁绕组采用欠电流保护措施。一旦出现欠电流，立即切断电枢电源，停止电动机运转。



6.39 G-M 机组系统不能无过压保护

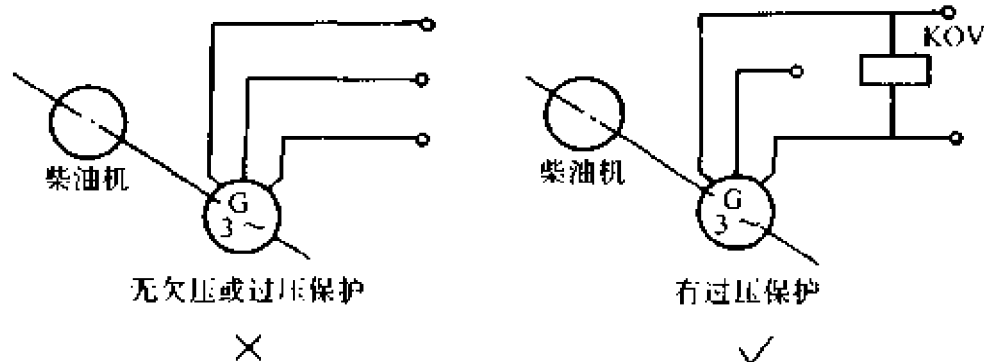
在 G-M 机组中,发电机的输出电压,取决于拖动发电机之原动机的转速及发电机励磁电流的大小,若转速过高或励磁电流过大,就会造成发电机过电压,输入 M 的电压过高,一会使 M 超速,二会烧毁电动机,为防止此类事故发生, G-M 机组线路中,不能不采用过压保护措施。



6.40 柴油发电机单独供电者不能无过压和欠压保护

柴油发电机发电,其输出电压由柴油机转速和励磁机输出电压决定,若自动调节系统不灵,会造成输出电压过高或过低,不能保证供电质量,为防止由

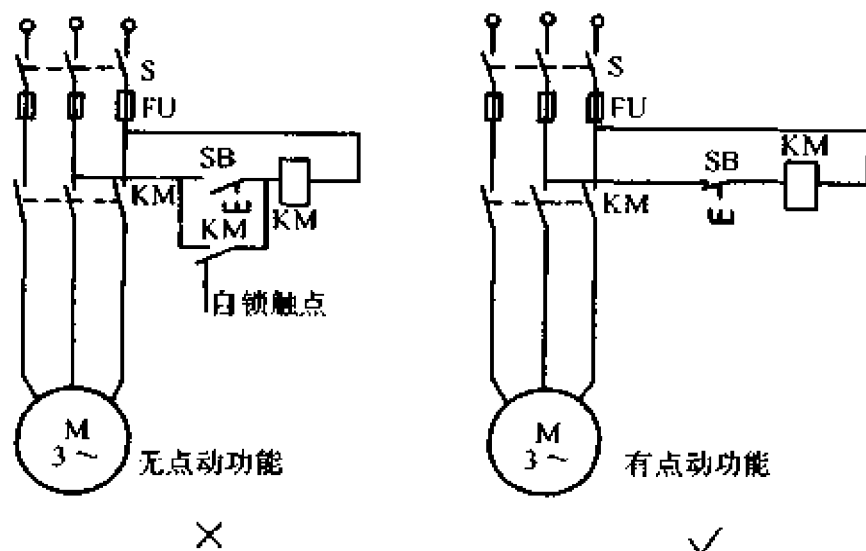
此引起的事故发生，必须采取过压和欠压保护措施。



继电器控制系统设计问题

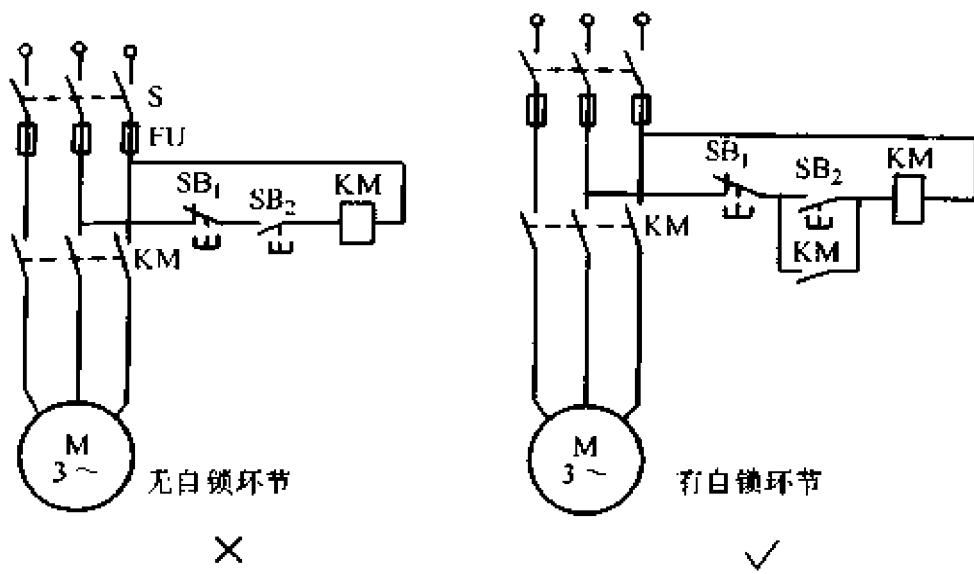
6.41 点动控制不使用自锁环节

当采用接触器或继电器控制电动机或其他负载与电源实现通断点动控制时，要求控制按钮按下，电源接通，松开按钮，电源断开，称为点动控制。实现方法，如左图所示，带自锁者，不能实现点动控制，只有不带自锁的控制，方有点动功能。

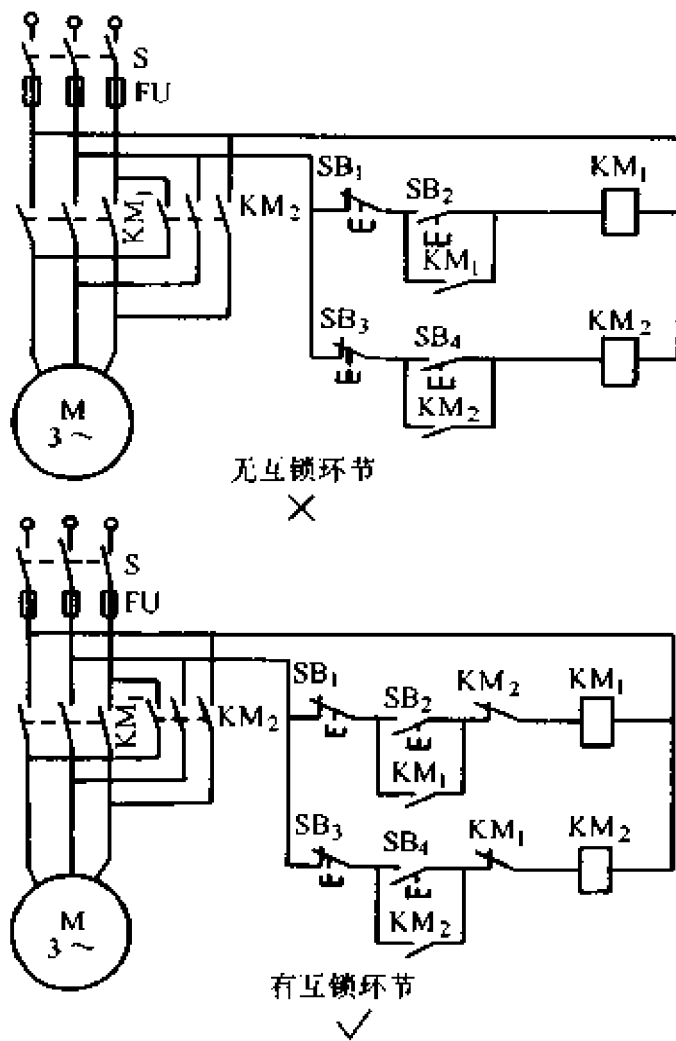


6.42 电动机连续运转控制不能无自锁环节

采用接触器或继电器实现电动机或其他负载连续运行时，要求发出控制指令后，运行状态能保持不变，如左图所示，发出指令所用的常开按钮开关，若不并联接触器常开触头，进行自锁，则不能实现连续运转。



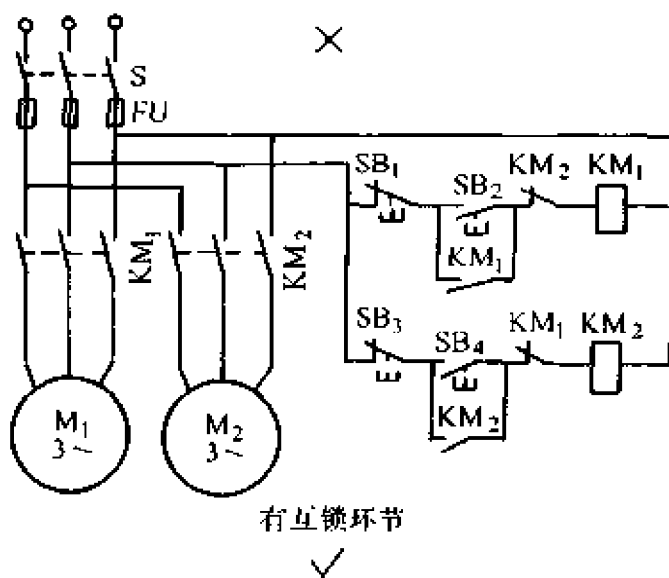
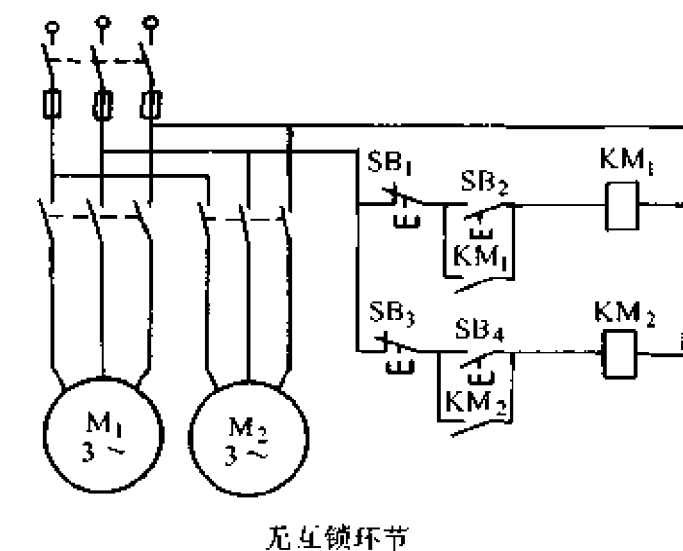
6.43 两接触器控制电动机正反转不能无互锁控制



当采用两个接触器控制一台电动机正反转时,若两接触器同时吸合,会造成电源短路,必须避免。因此,设计控制电路时,一个接触器的常闭触头,要串联在另一个接触器线圈里,构成互锁电路,以保证一个接触器处于吸合状态,另一个接触器不可能吸合,保证误操作时,不会发生短路事故。

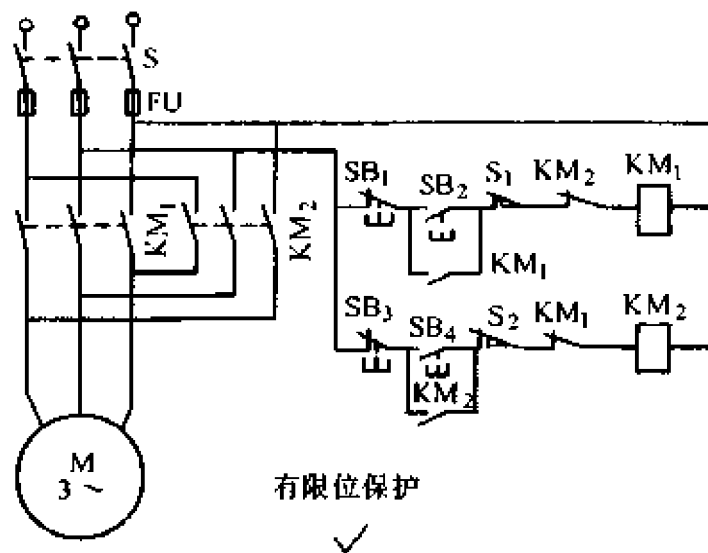
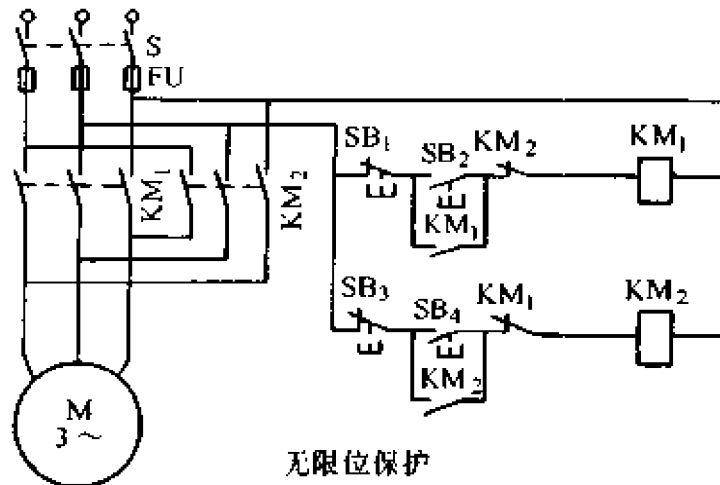
6.44 相互制约的两台电动机不能无互锁控制

对于双电动机拖动的某些生产机械,有时要求一台电机运转,另一台不能运转,反之亦然,称之为相互制约控制。由下图可见,若无互锁控制环节,则不能实现上述要求。



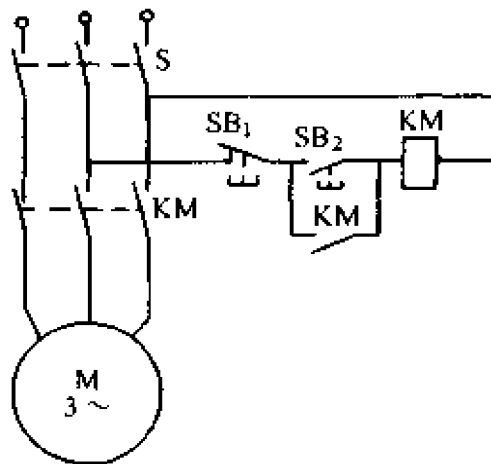
6.45 有空间位置限制的控制不能无限位保护

电动机拖着运动部件做位移运动时，一般都有极限位置，达到极限位置，运动部件必须立即停止。这一功能称为限位保护。由装在机械上的限位开关实现其控制。



6.46 控制电压为交流 380V 时，不能选用交流 220V 继电器

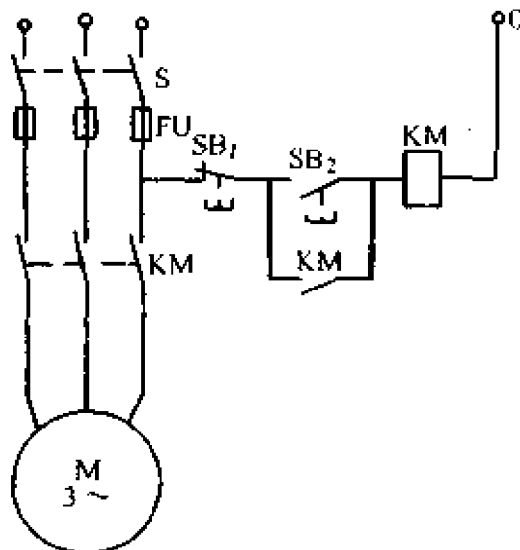
若将继电器线圈额定电压为 220V 之继电器，接在控制电压为 380V 之线路中，则因线圈电流大大超过允许电流而烧毁。



KM线圈额定电压为220V ×
KM线圈额定电压为380V ✓

6.47 控制电压为交流 220V 时，不能选用交流 380V 继电器

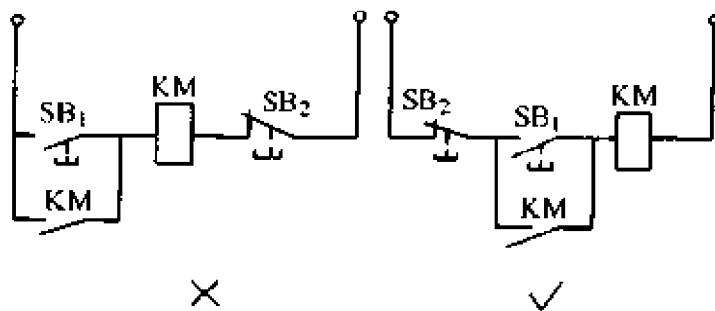
380V 之继电器，其线圈两端电压只有达到 380V 时，铁心电磁吸力才能将动铁心稳定的吸合，常开触头很好闭合，接通电路。若将这种继电器接在 220V 电源上，则电线圈电流小，铁心不能很好吸合，常开触头不能稳定闭合，电路不能正常接通。



KM线圈额定电压为AC 380V ×
KM线圈额定电压为AC 220V ✓

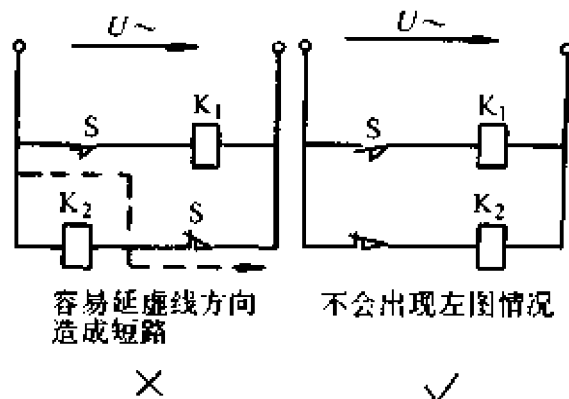
6.48 电气线路设计应避免不合理方案

在设计电气线路时,应考虑到各电器元件的实际位置和实际接线,尽量减少导线根数,尽量缩短连接导线长度。左图中,将常开按钮开关 SB_1 与常闭按钮开关 SB_2 隔开是不对的,因为操作台和电气柜间要有四根连线。而将 SB_1 与 SB_2 靠在一起是对的,这样操作台与电气柜之间只需三根连接线,节约一根。



6.49 同一行程开关常开常闭触头不要接在电源的不同相上

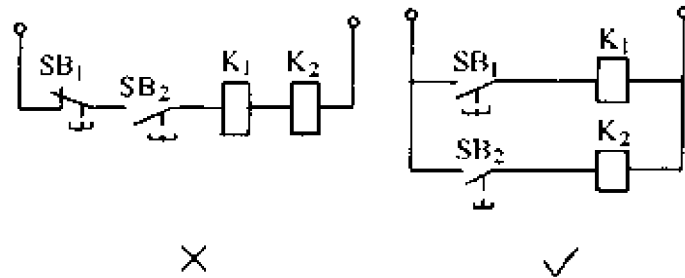
因为同一行程开关的常开和常闭触头,往往靠得很近,若两者接在电源的不同相上,触头开闭工作时,会引起“飞弧”,造成“飞弧”短路,此外,若元件绝缘不好,也会造成电源短路。为防止上述情况发生,设计中应予以注意。



6.50 继电器线圈不能串联使用

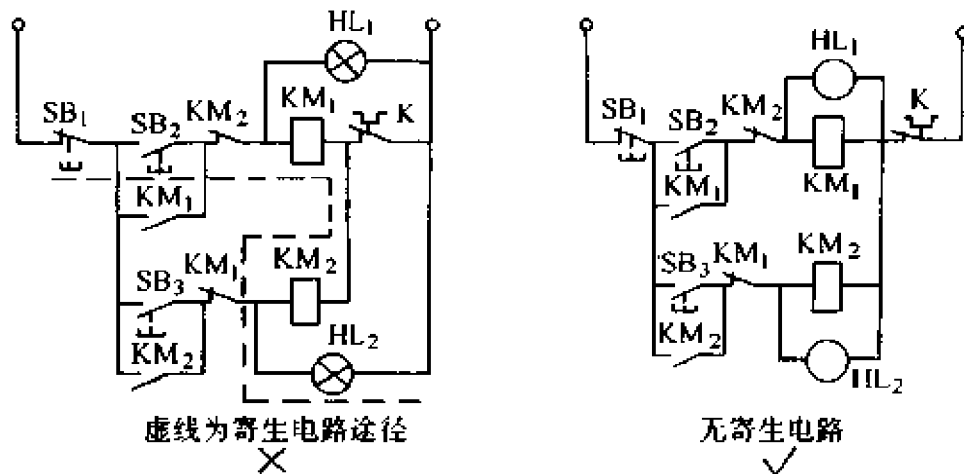
所有继电器产品,其线圈额定电压都是按国家标准生产的,有 AC380V,

AC220V, AC127V, DC220V 等, 它们分别对应几种标准的控制电路电压。各种不同容量的继电器, 其线圈额定电流是不同的, 若将两继电器线圈串联使用, 则因线圈阻抗参数不同, 各线圈一般得不到额定电压, 过压者会烧毁线圈, 欠压者不能很好吸合, 无法正常工作。



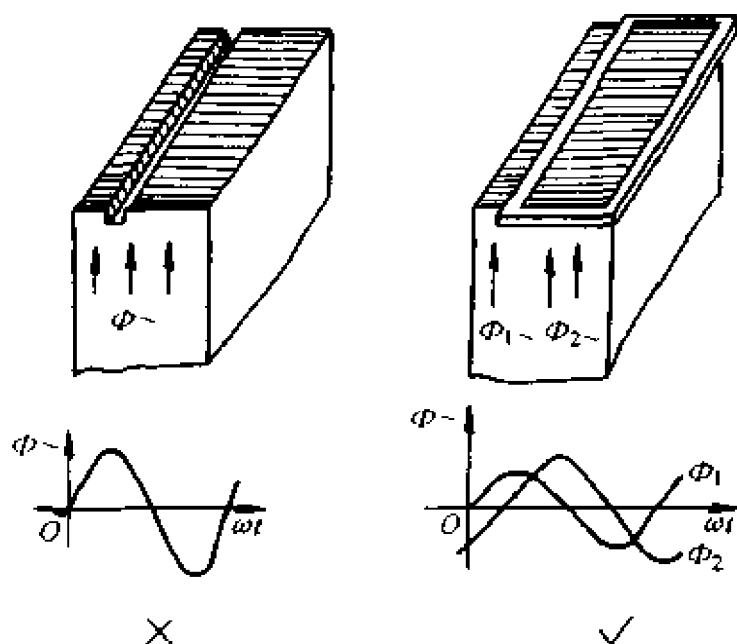
6.51 控制电路中, 不应出现寄生电路

控制电路中, 那种意外接通的电路, 称为寄生电路。左图所示是一个具有指示灯和过载保护电路, 能实现电动机正反转的控制。正常运行时, 该电路可实现正、反向起动、停车及信号指示。当电动机过载, 热继电器动作后, 线路就出现了寄生电路。如当 KM_1 吸合, 电动机正转时, K 动作后, 则 KM_1 线圈经 KM_2 线圈和 HL_2 形成回路, KM_1 不能释放, 过载保护起不了作用, 故控制电路不能出现寄生电路。



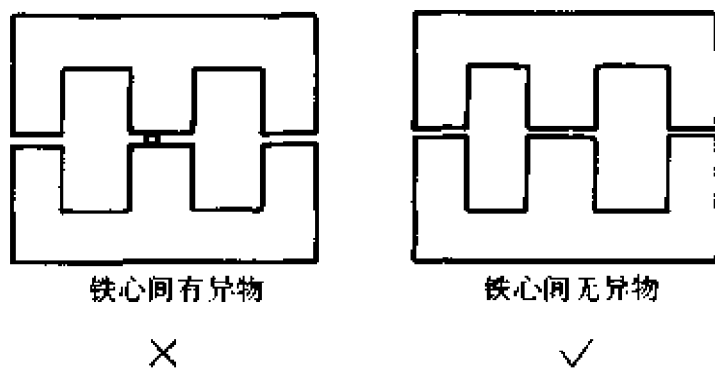
6.52 不能使用铁心分磁环脱落后的继电器

交流继电器铁心上一般都嵌一个铜制短路环, 其目的是防止交变磁通过零, 电磁吸力接近于零, 引起铁心振动, 造成触头接触不良, 并产生噪声。为了不出现上述故障, 短路环脱落后的继电器不能使用。

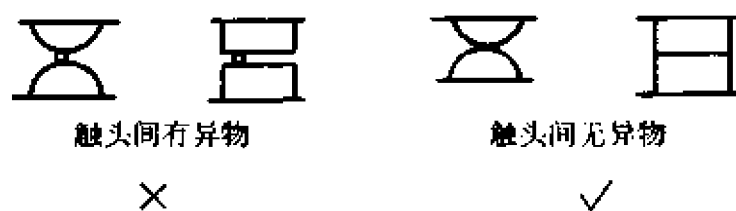


6.53 继电器铁心间不能有异物

继电器磁路设计,是当其完全吸合时,线圈电流下降到额定允许电流以下时,铁心也稳定吸合,不会有噪声。但当动静铁心间有异物时,线圈电流增大,有烧毁继电器的危险,且伴随有噪声产生。



6.54 继电器触头间不允许有异物



继电器触头间若有异物,轻则造成接触不良,被控电路出现故障,重则会烧毁触头或烧毁继电器。故出现触头间有异物必须清除,不能继续使用。

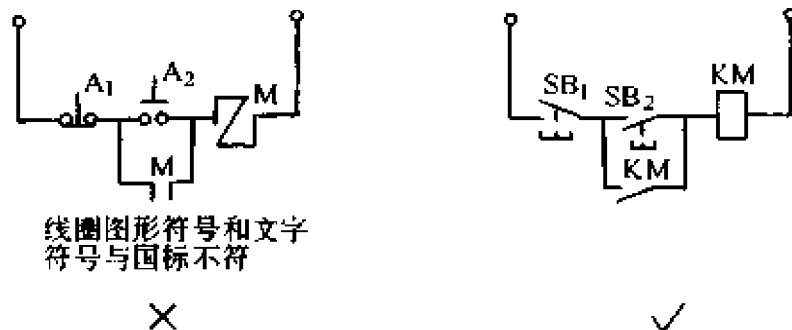
6.55 继电器触头烧损严重后,不能继续使用

继电器在正常工作期间,触头经常开闭,电路断通,流过电流,弧光烧损,造成触头烧蚀而不平整,是正常现象,但当情况较严重时就不能继续使用。否则,一会使电路接触不良,二会因触头粘结而失去控制作用。此时触头应进行修整或更换。



6.56 不要使用与国标不相符的图形符号和文字符号

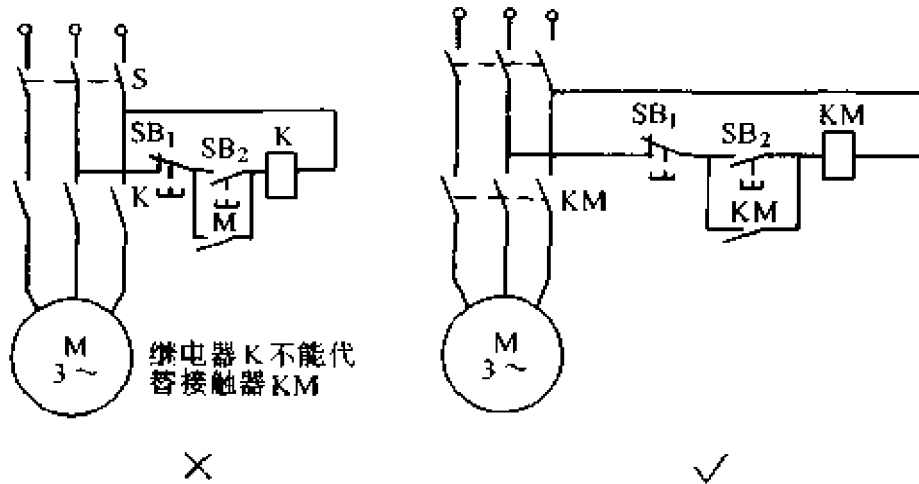
图纸是工程的语言,是工程设计、施工、生产、维修所共用的技术交流工具。所有的电气线路图纸,都必须采用国家最新规定的图形符号和文字符号。只有这样,在不同工作岗位上的技术人员,才有共同语言,才能互相沟通,相互理解,实现各项工作任务。在图中错误图中,M为原苏联接触器图形符号和文字符号,年轻的技术人员就不认识。



6.57 电气线路中,勿用继电器代替接触器

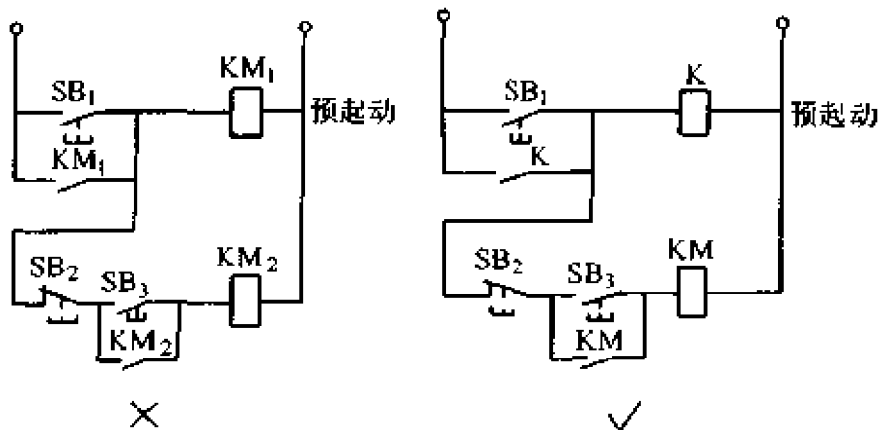
接触器是用来接通或断开负载的主电路的,一般触头容量大,断弧能力

强。若用继电器代替接触器，会因继电器触头容量小，断弧能力差而被烧坏。



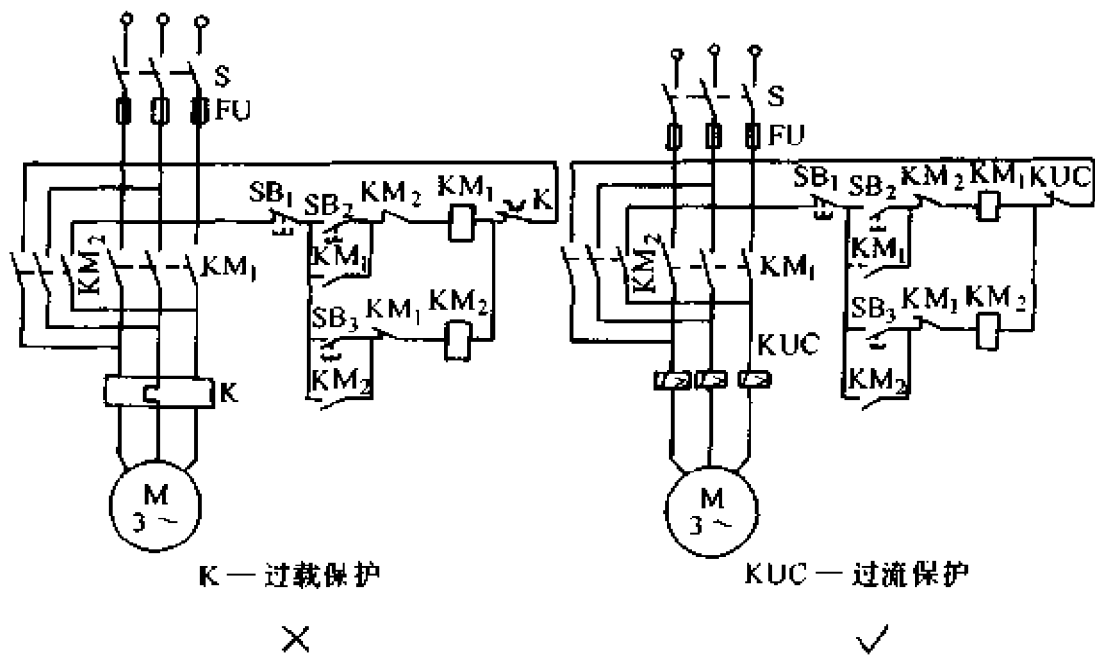
6.58 电气线路中，勿用接触器代替继电器

继电器的特点是触头容量小，电压线圈精度高，继电器灵敏性好，一般制造得小巧灵活。而接触器触头容量大，没有继电器功能，又由于笨重，精度和灵敏度都不及继电器高，故不能互相代替。



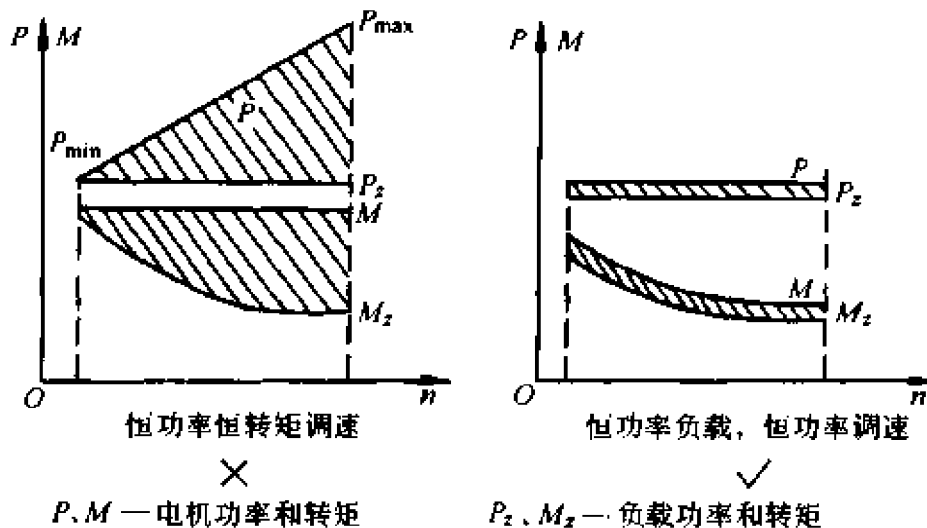
6.59 正反转密集通断类电机，不宜用过载保护

电动机的起动电流很大，正反转换接时的冲击电流更大，为防止超载换接电流超过允许值，毁坏电动机和电路，必须有过流保护措施。如采用热继电器的过载保护，由于热元件的热惯性大，不能及时起保护作用，故应采用过流继电器作瞬时保护。



直流传动设计问题

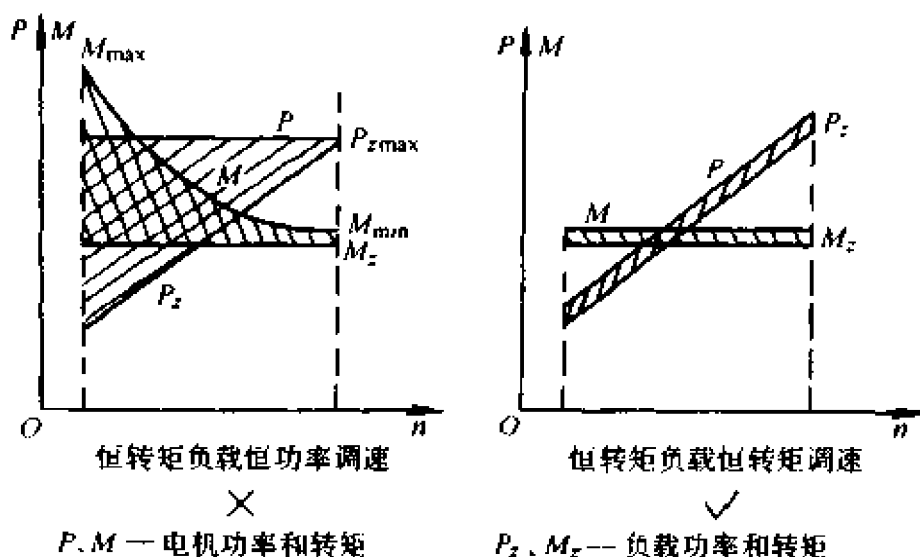
6.60 恒功率负载不宜选用恒转矩调速方案



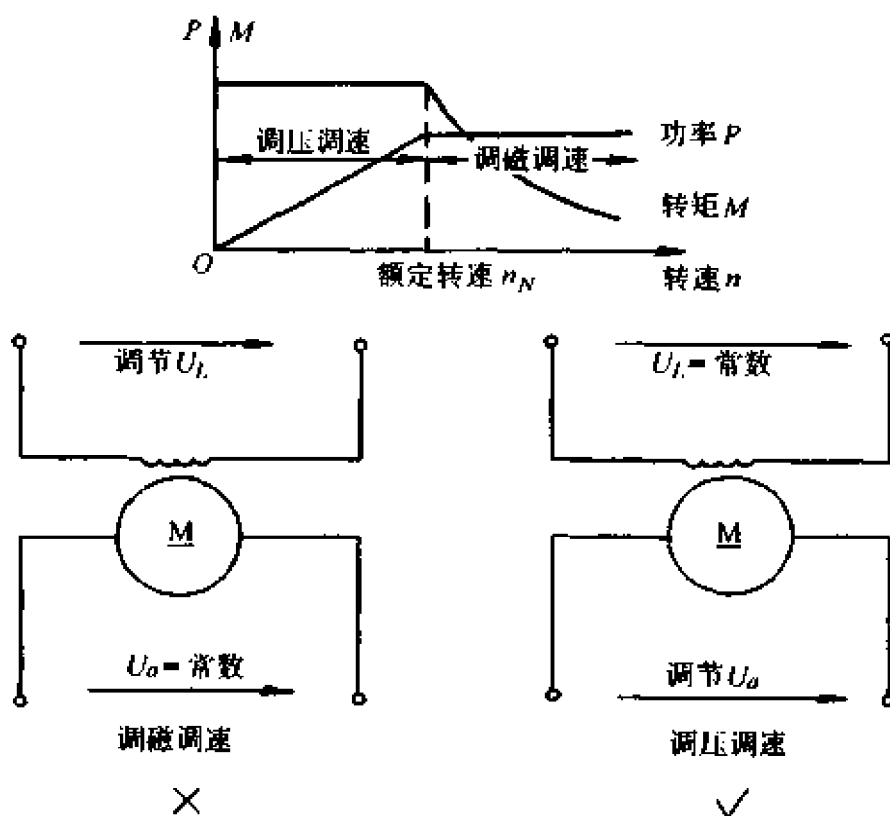
所谓恒功率负载，即在调速范围内，负载功率 P_2 保持不变，而负载力矩 M_2 随转速 n 上升而下降，如图所示。若选用恒转矩调速方案与之配合，则因电机电磁转矩 M 必须大于或等于负载转矩 M_2 ，而使电机功率 P 呈斜线上升 ($P = \frac{2\pi n}{60} M$)，要求电机最小功率 $P_{\min} \geq P_2$ ，则电机最大功率 $P_{\max} \gg P_2$ ，高速时电机容量未充分发挥，是个浪费。故恒功率负载，选择恒功率调速方案较为合理。

6.61 恒转矩负载不宜选用恒功率调速方案

由下图可知,若恒转矩负载选用恒功率调速方案,必须按高速时负载功率选择电动机容量,即 $P \geq P_{zmax}$,而电机电磁转矩在高速时必须 $M_{min} \geq M_z$,则低容时因 $M_{max} \gg M_z$ 而造成电机电磁力矩不能充分发挥,该方案不合理。



6.62 直流电动机恒转矩调速勿用调磁调速



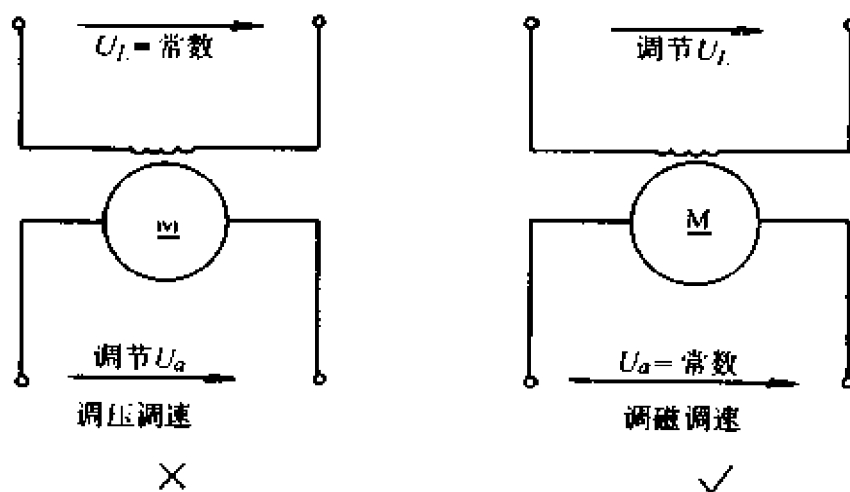
直流电动机的电磁转矩 $M=C_M\Phi I_a$

为保证电动机能达到额定转矩，电枢电流 I_a 必须达到额定电流，而额定转矩时的磁通 Φ 设计值已接近饱和， Φ 值无法显著增大，只有靠减小磁通调速，由于 Φ 减小，电磁转矩 M 也相应减小，无法保证恒转矩调速。故恒转矩调速，不能用调节磁通来实现。

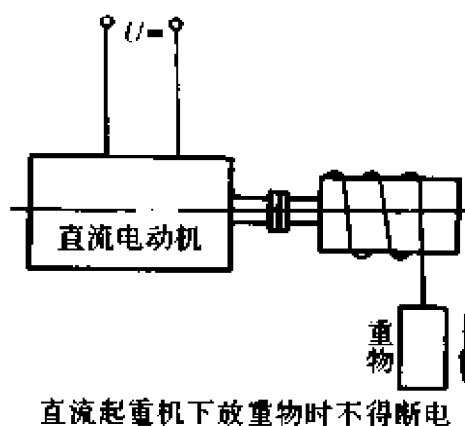
6.63 直流电动机恒功率调速勿用调电枢电压来实现

直流电动机输入电功率 $P_1=U_a I_a$

为保证电动机能达到额定功率，电枢电流 I_a 必须保持为额定电流。考虑到电动机绝缘水平，调节电枢电压调速，只能在额定电压以下进行，而如此调速，不能实现恒功率调速。



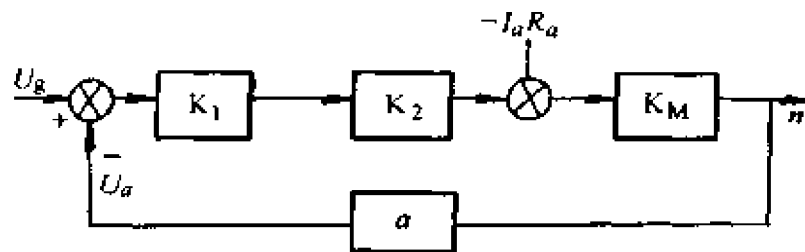
6.64 直流电动机的起重设备下放重物时，不能断开电源



直流电动机起重设备，一般用电枢回路串电阻调速。当下放重物时，在重物倒拉运动作用下，电机转速越来越高，当转速大于理想空载转速时，电动机处于再生制动状态，限制其转速继续升高。若此时电源断开，电枢电流为零则制动力矩为零，重物会飞速下降，造成危险。故必须保持电源回路闭合，由电枢电流产生制动力矩，避免上述危险。

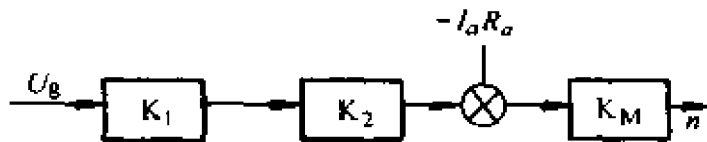
6.65 直流调速牵引设备不宜采用闭环控制

对直流调速起重设备，要求调速范围宽，机械特性软，而采用闭环系统的目的是提高系统的调速精度，机械特性硬。这显然与起重设备技术要求相反。



闭环系统框图

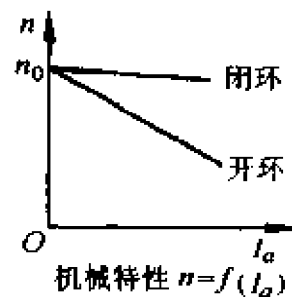
×



开环系统框图

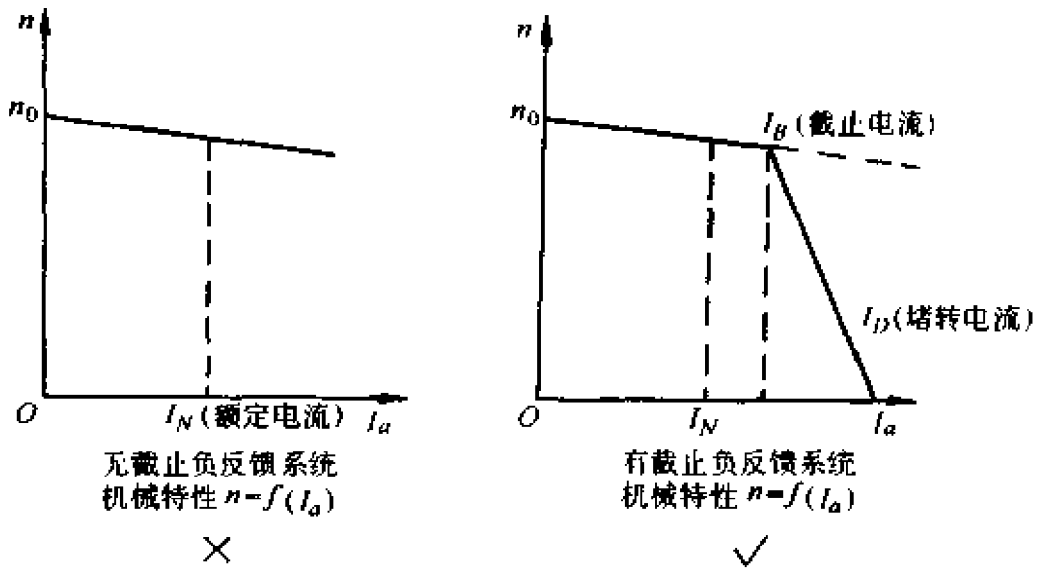
✓

K_1 —调节器 K_2 —放大器 K_M —执行器
 a —反馈环节



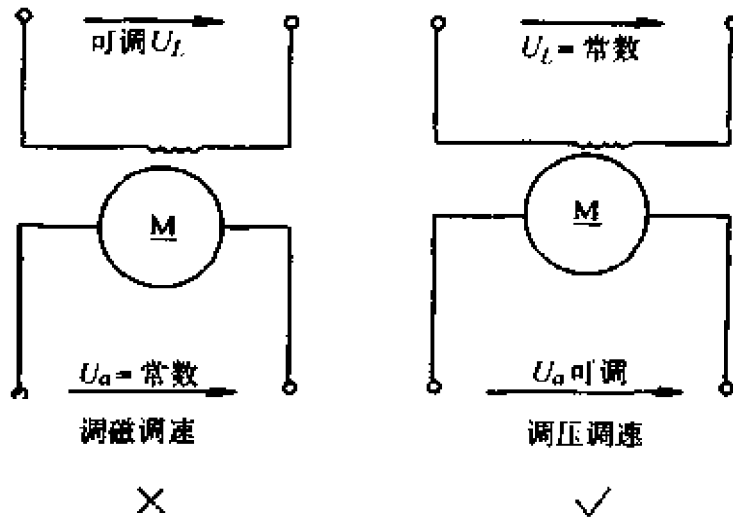
6.66 闭环调速系统不能无电流截止负反馈

在闭环的直流调速系统中，由于各种反馈环节的作用，使得整个传动系统的机械特性较硬，保证了调速范围和调速精度，但由于意外情况，使负载增加，电枢电流也增加，会导致电动机烧毁。而若有了电流截止负反馈环节，当电枢电流高达截止电流值，让电流截止负反馈环节起作用，特性急剧变软当 $n=0$ 时，电动机堵转电流不超过允许电流，以保证设备安全。



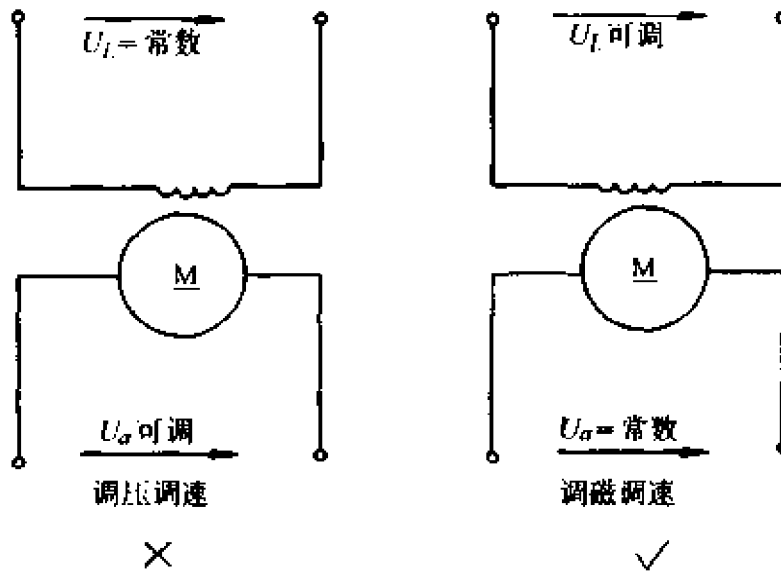
6.67 直流电机额定转速以下不宜用调磁调速

一般调磁调速在额定电枢电压下进行,以保证足够的输入功率。而电动机设计制造时,额定状态时的磁路已饱和或接近饱和,增磁对调速无明显效果,只有用弱磁调速。电机学中,转速表达式可知,弱磁只会导致电动机转速上升,不可能达到题意要求。



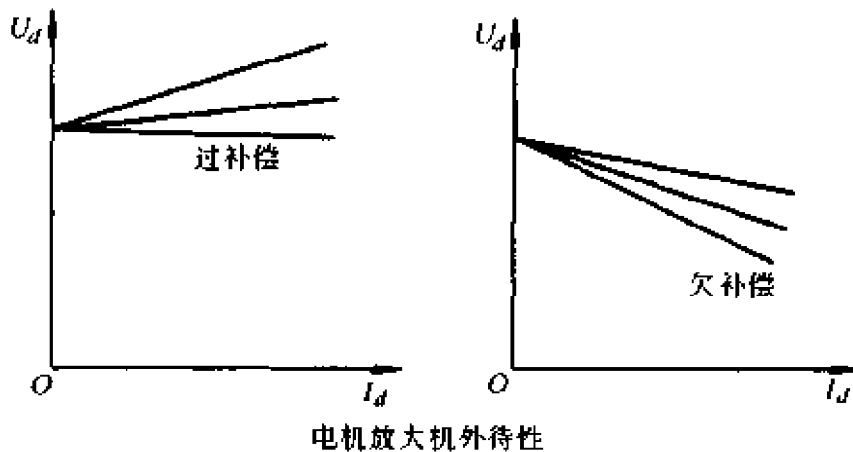
6.68 额定转速以上的直流电机, 勿用调压调速

由于受电动机绝缘能力的限制,电枢电压只能在其额定电压以下选用,若额定电压对应额定工作点之额定转速。电压在额定电压以下,对应其额定转速也只能在额定转速以下,额定转速以上之转速只能用调磁调速,而不用调压调速。



6.69 电机放大机不能在过补偿状态下使用

由电机放大机的外特性可见,若电机放大机处于过补偿状态,则随着负载电流的增加,流过补偿绕组的电流增大,加强了控制磁通,使得放大机直轴电势增大,输出电压增大,负载电流进一步增大,形成自激状态,失去控制作用。故电机放大机不能在过补偿状态下使用,最好在轻度欠补偿状态下工作。



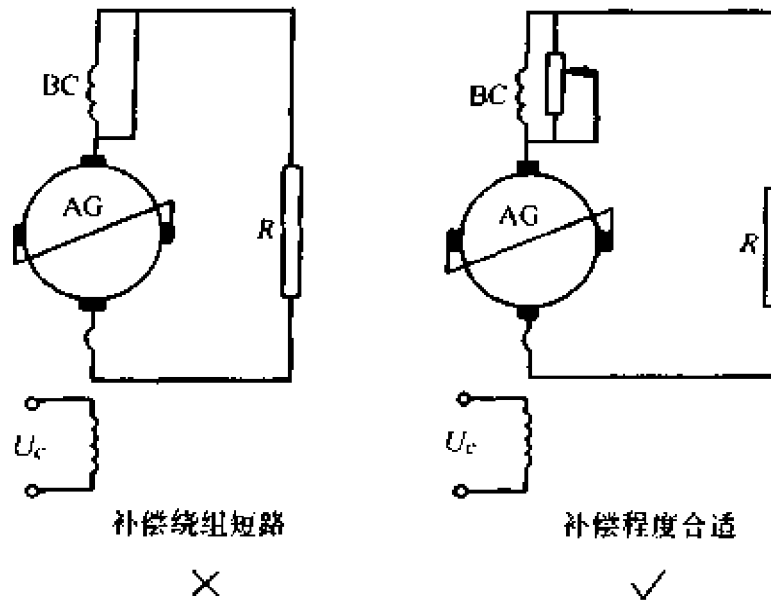
X

✓

6.70 电机放大机补偿绕组不能短路

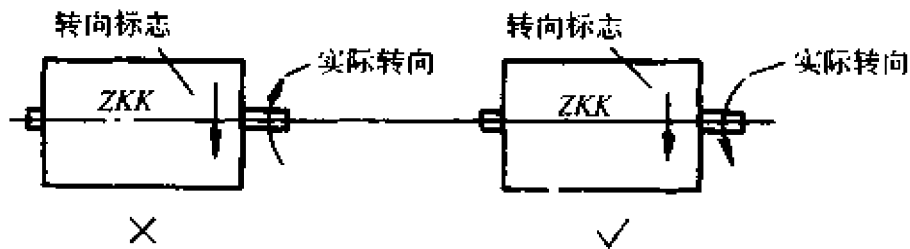
电机放大机是靠补偿绕组的补偿作用,即由补偿绕组产生的补偿磁通去抵消直轴电枢反应磁通的去磁作用,以维持电机放大机的正常工作。若将补偿

绕组 BC 短路，则流过补偿绕组的电流为零，补偿磁通为零，直轴电枢反应磁通未被补偿，强烈的去磁作用，使电机放大机输出特性急剧下降，放大机无法工作。故放大机之补偿绕组不能短路。



6.71 电机放大机运转方向不得与标志方向相反

由于电机放大机交轴磁场的存在，其电枢反应有去磁作用，为解决这个问题，电动机出厂时，将电刷沿旋转方向偏移一个角度，并做出标志，规定电动机使用时只允许按这个方向运转，若运转方向与此相反，则加大去磁作用，以致放大机无法正常工作。



6.72 电机放大机闭环系统要避免自激

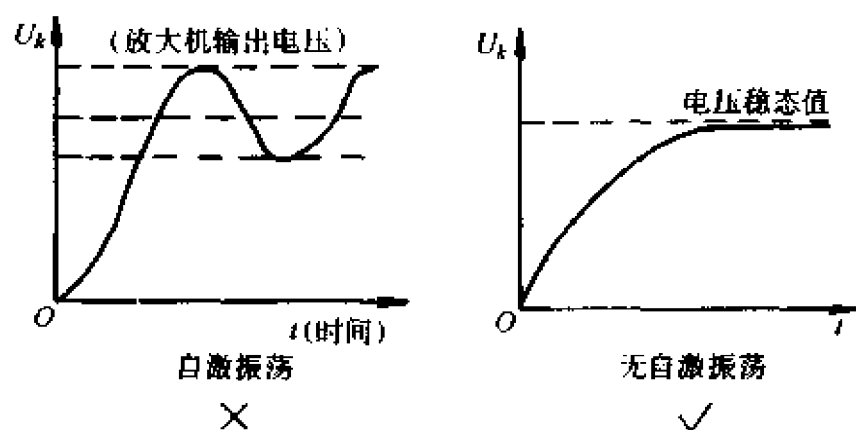
左图所示为具有电压负反馈和电流正反馈的自动调速系统原理图
电压负反馈系数

$$a = \frac{R_{v1}}{R_{v1} + R_{v2}}$$

电流正反馈系数

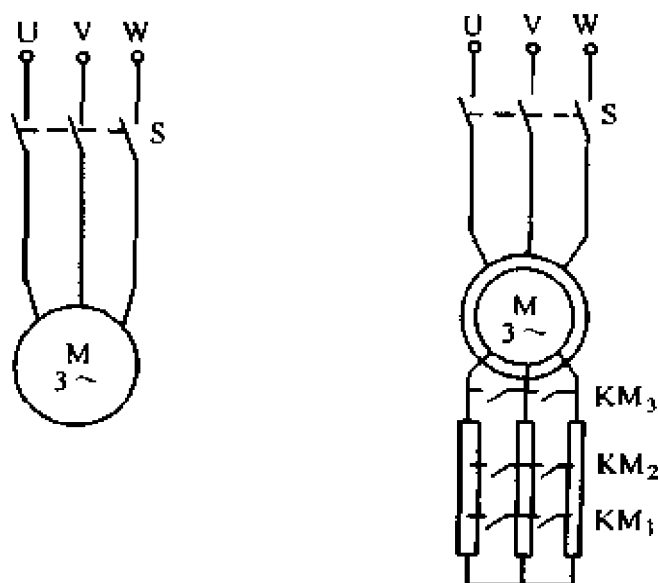
$$\beta = \frac{R_{f1}}{R_{f1} + R_{f2}}$$

若 α 、 β 值配合不当，尤其电流正反馈太强，即 β 值太大，就会造成系统自激振荡，电动机转速来回波动，系统处于不稳定状态，无法正常工作，在调整系统时，要避免这种状态发生。



交流传动设计问题

6.73 笼型异步电动机不能用转子回路串电阻调速

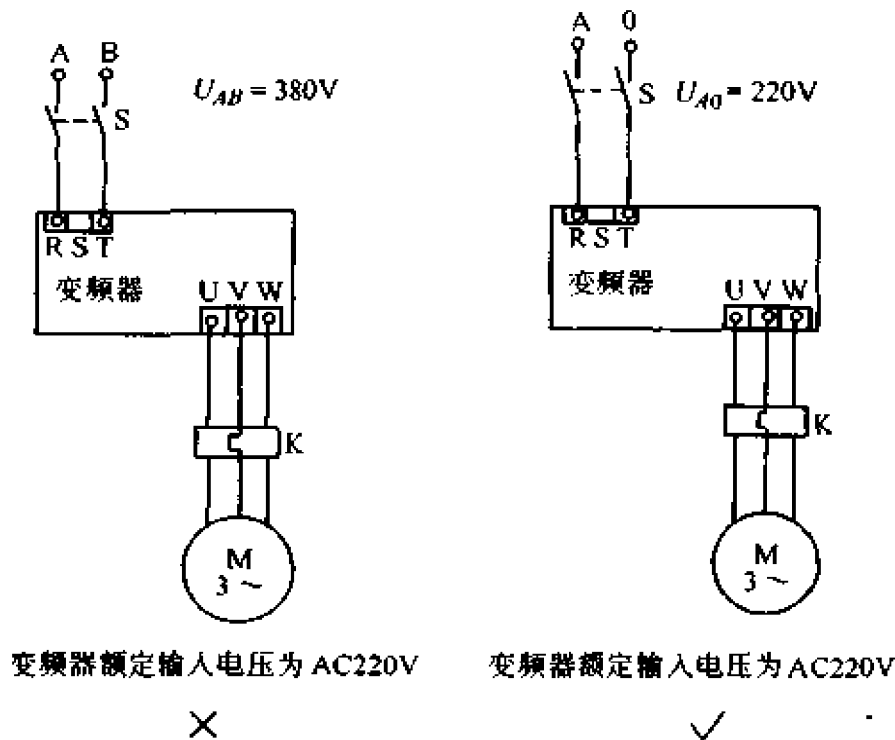


笼型异步机转子绕组无引线端子 绕线式异步机转子绕组有引线端子

由于笼型三相异步电动机的转子绕组为铸铝或铜棒穿制而成，两端完全短接成笼型绕组，无引线端子，无法与外电路连接。故它不能用转子绕组回路串电阻调速。只有绕线式异步电动机，才有此功能。

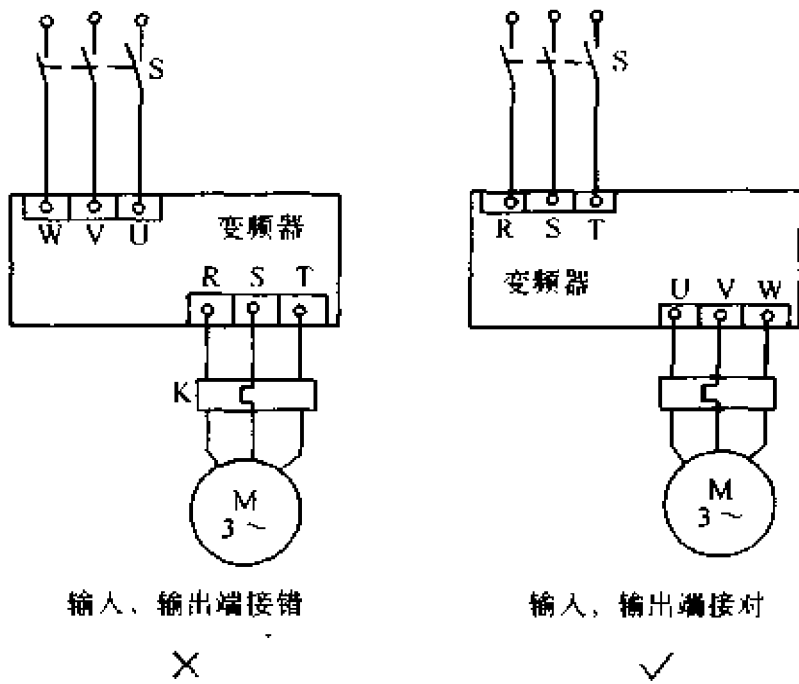
6.74 电压为交流 220V 的变频器不能在交流 380V 电源上使用

变频器由整流电路，滤波电路和逆变电路三部分组成。整流后的直流电压大小取决于交流输入电压，一旦交流输入电压选定，直流电压也定下来了，逆变电路中的器件耐压能力由直流电压大小选定。变频器制做好后，若输入为交流 220V 的变频器，接到交流 380V 电源上，变频器就会烧毁。

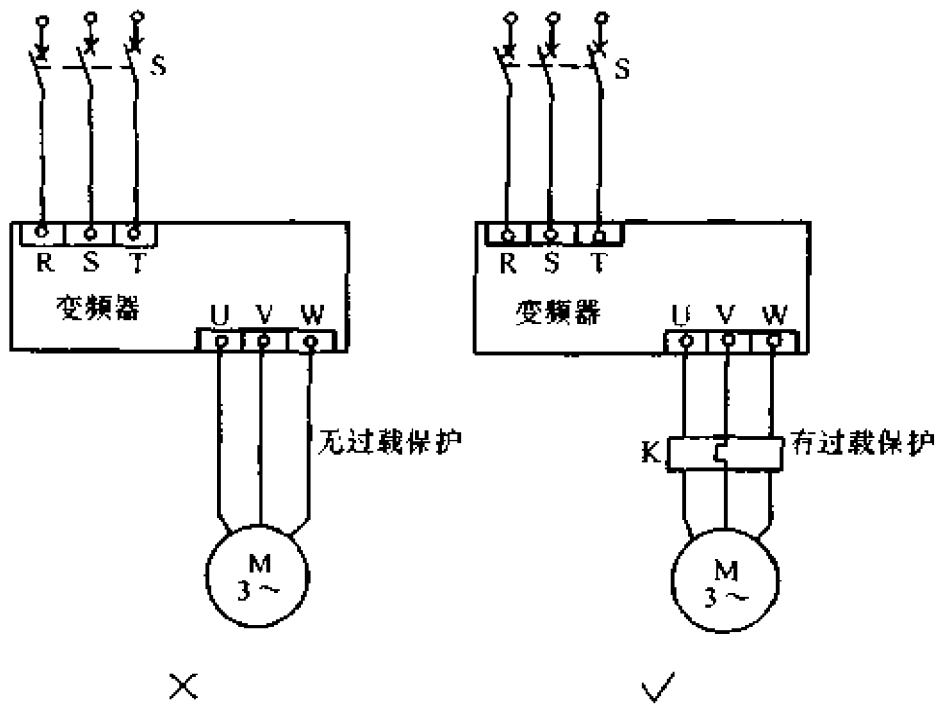


6.75 变频器输入端 R、S、T 与输出端 U、V、W 不能接错

变频器的输入端是与三相整流桥输入端相连接，而输出端 U、V、W 是与三相电动机相连接的逆变电路。若两者接错，轻则不能实现变频调速，电机也不会运转，重者烧毁变频器。



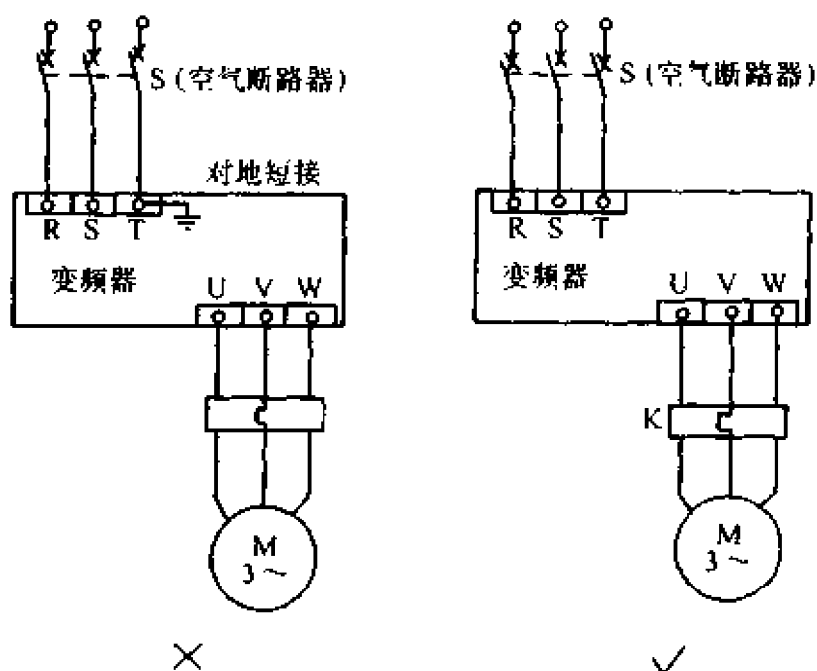
6.76 变频器供电的电动机不得无过载保护



当采用热继电器做变频器输出与电动机间的过载保护装置，其作用有两个，一是保护电动机；二是保护变频器。当电动机过载严重时，电流过大，会烧坏电动机。流过电动机的过载电流同样流过逆变器和整流器等元件，也会烧坏电子器件。当因过载时，热继电器跳脱，变频器与电源脱开，既保护了变频器，也保护了电动机。

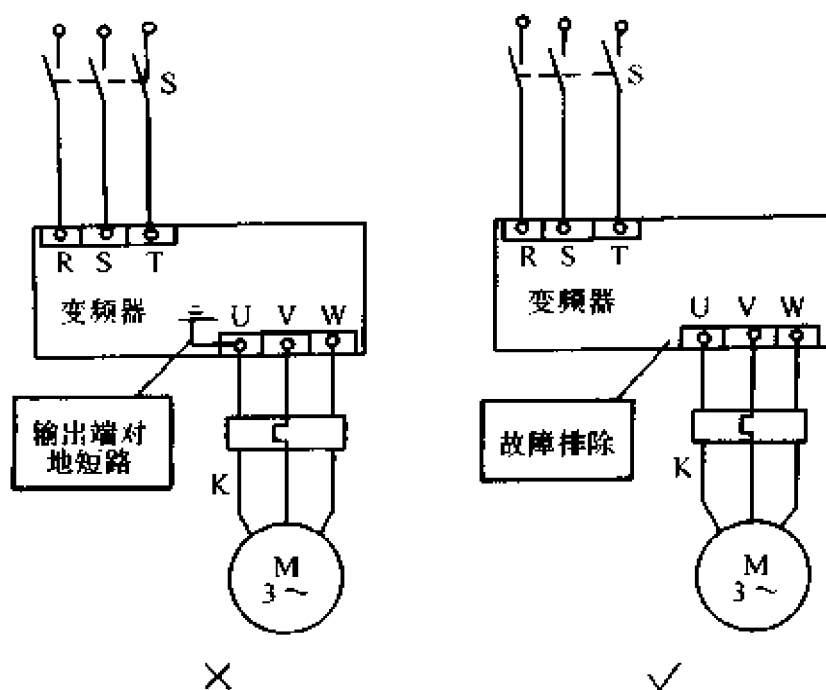
6.77 变频器输入端 R、S、T 不得对地短接

变频器输入端 RST 接在电源线 UVW 三根火线上，线间电压为 380V，火线对地电压为 220V，若 RST 任一端对地短接，造成火线对地短路，短路电流会烧毁变频器输入端及前边电气设备。为防止此类事故发生，变频器 RST 端子前边要接熔断器，进行短路保护。使用前用兆欧表检查变频器绝缘电阻。



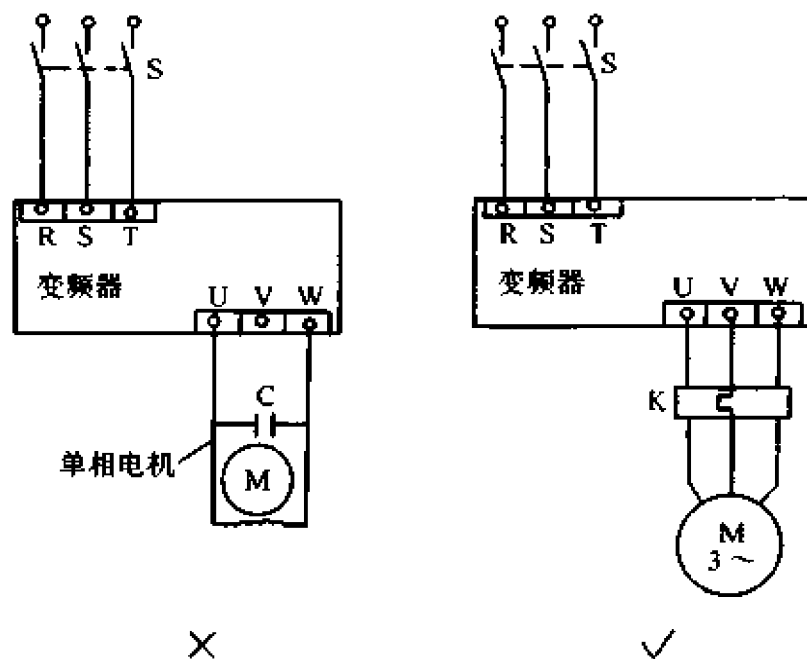
6.78 变频器输出端 U、V、W 不得对地短接

变频器输出端 U、V、W 是接在变频器逆变电路部分，若发生对地短路，则为直流电路部分通过逆变电路的晶体管形成回路，过大的短路电流会烧毁逆变电路，毁坏变频器，故 U、V、W 决不能对地短路。务必将变频器及电机的接地端子接地。



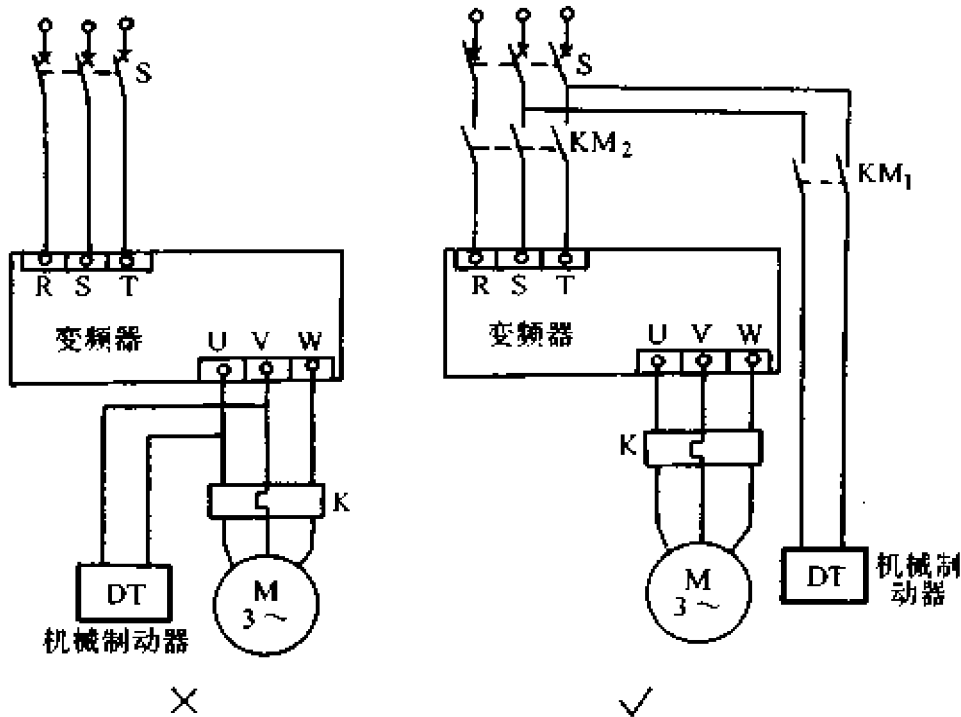
6.79 单相交流电动机不宜采用变频器调速

由于变频器输出为三相对称频率可调交流电源。而单相交流电动机只需要单相电源，此种情况不适合变频器的运行状态。此外，单相电动机为产生起动力矩，要采取各种起动措施，过大的起动电流，会导致逆变电路元件的损坏。

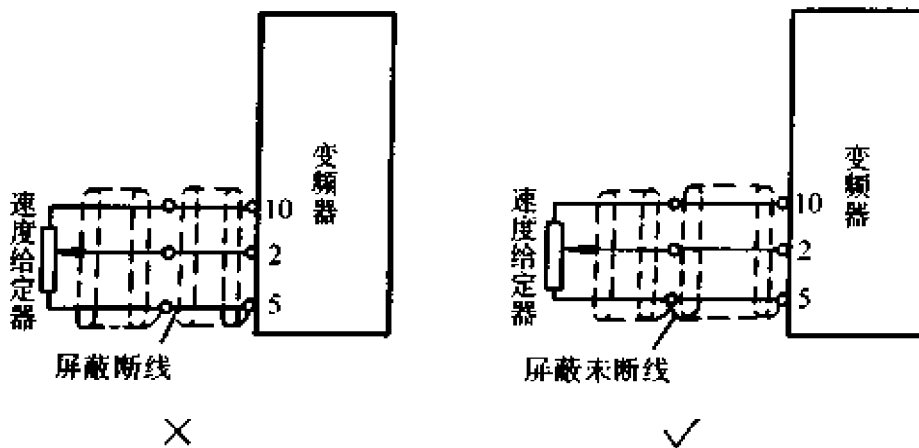


6.80 机械制动的变频调速，制动器不能接在 U、V、W 端

U、V、W 端为逆变器的输出端，在脉宽调制的变频器中，其输出频率与输出电压之比为常数，即 $f/V=C$ 。在频率低时，电压 V 也低，则电磁抱闸线圈得不到额定电压，低速时抱闸始终处于闸紧或松开状态，此为不正常工作状态。故电磁抱闸只能接在变频器输入端 (R、S、T) 而不能接在变频器输出端 (U、V、W)。



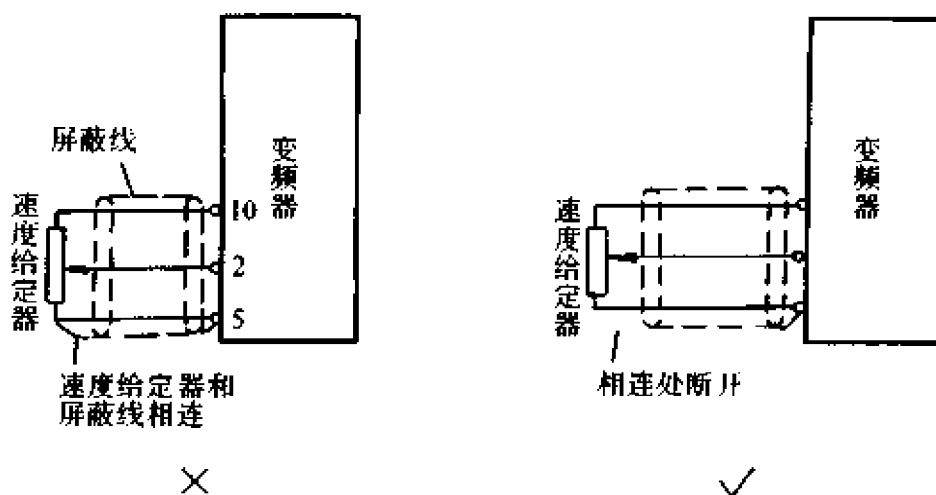
6.81 变频器的速度给定屏蔽线不能断开



变频器频率的变化,是由给定直流电压的大小来决定的,而给定电压一般较小,多为 5V 或 10V,给定电压的波动,会引起输出频率的波动,进而导致速度的不稳定。解决的办法,是给定电路采用屏蔽线,以减小外来信号的干扰。若屏蔽线断裂,就起不到屏蔽稳速作用。

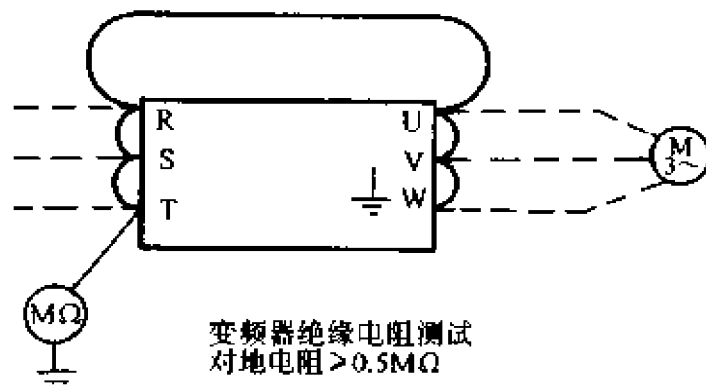
6.82 变频器速度给定器不能接在屏蔽线上

一般屏蔽线的作用,是当有外来干扰信号时,由于屏蔽作用,干扰信号不会引起内部控制线路电位的波动,保证了给定信号的稳定性。若给定器与屏蔽线相连接,则外来信号会引起屏蔽线的电位变化,并传给给定器,起不到屏蔽作用,故给定器不能与屏蔽线相连接。



6.83 变频器对地电阻不得低于 0.5MΩ

AC380V 的变频器对地电阻的要求,与交流电动机一样,其对地绝缘电阻应不低于 0.5MΩ。



7 有关工业控制机的应用问题

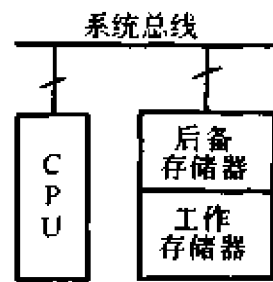
- 7.1 工控机后备存储器不应与工作存储器共用..... 173
- 7.2 工控机总线母板不能没有总线匹配措施..... 173
- 7.3 设计微机供电系统不宜与动力设备混用电源..... 174
- 7.4 微机内部和接口电路能选用 CMOS 电路的就不宜
选用 TTL 电路..... 174
- 7.5 微机控制系统的“强电地”与“弱电地”不能连接
混用..... 174
- 7.6 微机系统内部电路和外部电路不宜共地..... 175
- 7.7 设计工控机 I/O 交直流模块时不能没有光电隔离
措施..... 175
- 7.8 开关量输入单元不宜没有滤波电路..... 175
- 7.9 开关量输入单元不宜省去输入保护电路..... 175
- 7.10 晶体管输出驱动电路不宜直接驱动感性负载..... 176
- 7.11 固态继电器不宜驱动小电流负载..... 176
- 7.12 固态继电器模块不能没有尖峰电压保护措施..... 176
- 7.13 固态继电器不能并联使用..... 176
- 7.14 工控机的输出回路不能没有短路保护措施..... 177
- 7.15 传感器信号放大电路不宜采用单端输入方式..... 177
- 7.16 现场传感器远离计算机时,采集信号不能没有隔离
措施..... 177
- 7.17 RS232C 接口电缆不宜太长..... 178
- 7.18 信号线不能多地点接地..... 178
- 7.19 控制系统的各电路不宜共用同一条地线..... 178
- 7.20 不同电平线不宜共用一个电缆线或接杆件..... 179
- 7.21 工业控制系统不能没有电源掉电检测单元保护..... 179

-
- 7.22 微机控制室的位置不宜选在强电磁干扰的环境中 179
- 7.23 微机电源系统不能没有抗干扰措施 179
- 7.24 输入输出信号线不宜与动力线同布在一个线槽内 179

7 有关工业控制机的应用问题

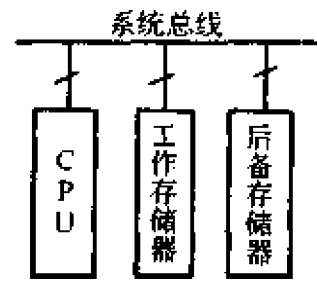
7.1 工控机后备存储器不应与工作存储器共用

“看门狗”和掉电检测功能均需保存重要数据的后备存储器。为保证安全可靠，这个后备存储器不应与工作存储器共用一个存储器，而应另备一个存储器，它的容量不需太大，能在掉电时保证存储数据不丢失。通常在系统存储器工作期间，后备存储器应处于上锁状态。



后备、工作存储器共用

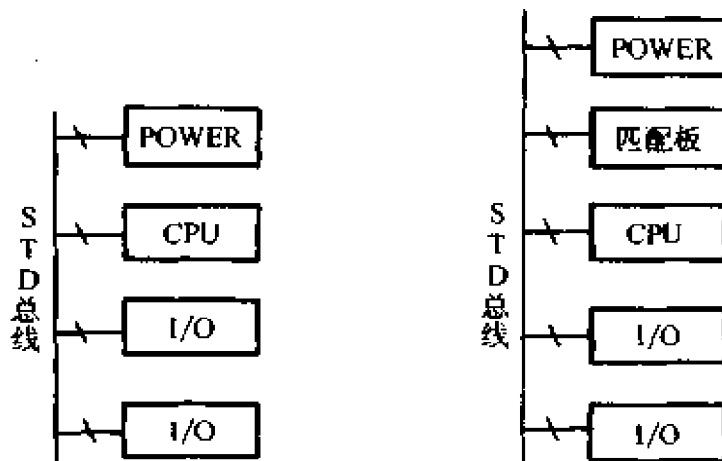
×



后备、工作存储器分别用

✓

7.2 工控机总线母板不能没有总线匹配措施



无总线匹配

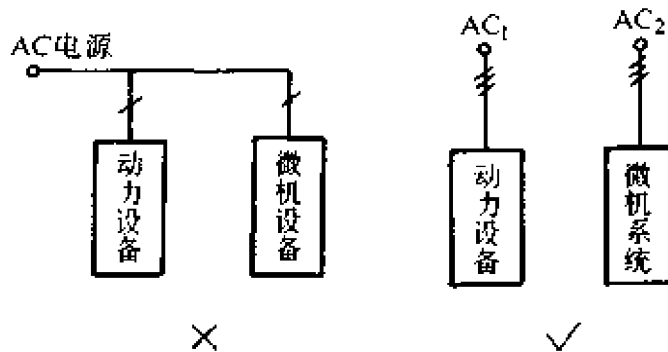
×

有总线匹配

✓

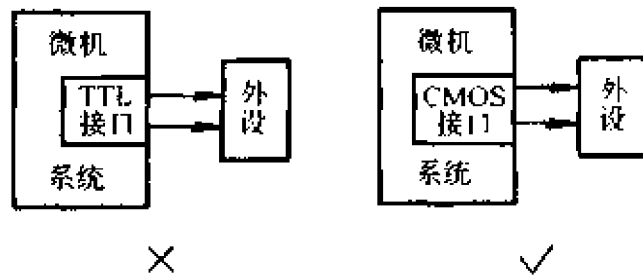
工控机的总线母板上的信号线在高速时钟频率下运行时均为传输长线，很可能产生反射和干扰信号，可采用RC滤波网络予以克服，或插一块总线匹配板。

7.3 设计微机供电系统不宜与动力设备混用电源



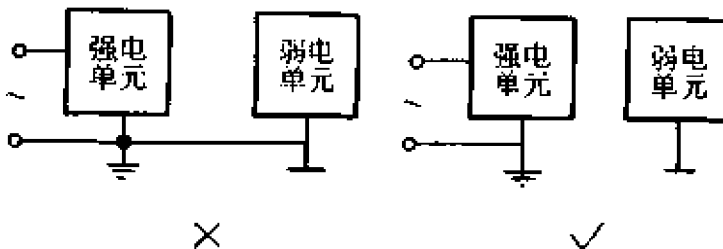
微机的电源系统应采用专用供电回路，避免其它动力设备的启停对电源造成干扰。

7.4 微机内部和接口电路能选用 CMOS 电路的就不宜选用 TTL 电路



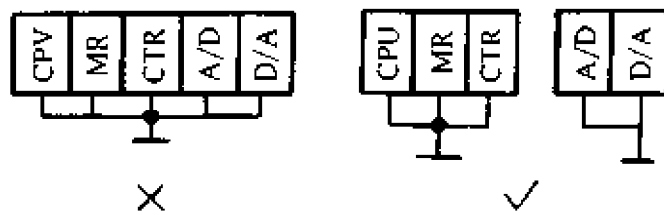
由于 CMOS 电路的逻辑电平 $V_{IH} > 3.15V$, $V_{IL} < 0.9V$, $V_{OH} > 3.76V$, $V_{OL} < 0.37V$ 优于 TTL 电路的逻辑电平指标，使其抗干扰性能加强，同时还具有速度快，功耗小的优点。

7.5 微机控制系统的“强电地”与“弱电地”不能连接混用



由于一般强电控制系统中性线均接大地，弱电系统中的“地”不能随便与之相连，因强电部分接地点多，将产生回路不平衡电流，如弱电“地”与其零线相接，势必引起干扰。

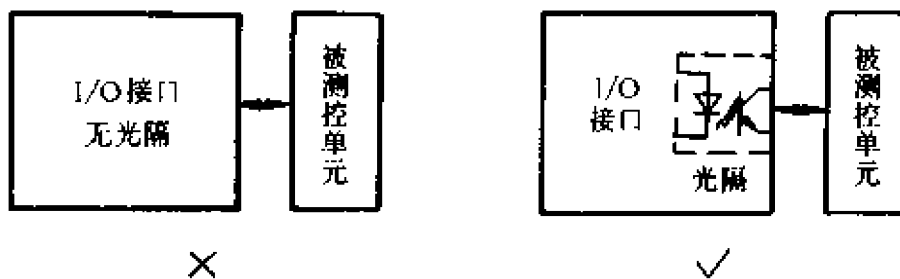
7.6 微机系统内部电路和外部电路不宜共地



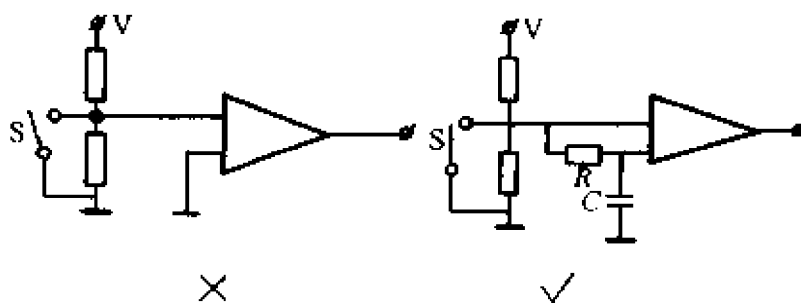
微机内部电路和外部电路应分别接地，否则容易产生干扰信号。

7.7 设计工控机 I/O 交直流模块时不能没有光电隔离措施

典型的工业 I/O 模块主要为直流和交流负载的驱动以及检测输入，都应采用光电隔离，以实现计算机与被测控设备之间的完全电隔离，抑制干扰，提高工控机的抗干扰能力和安全性。



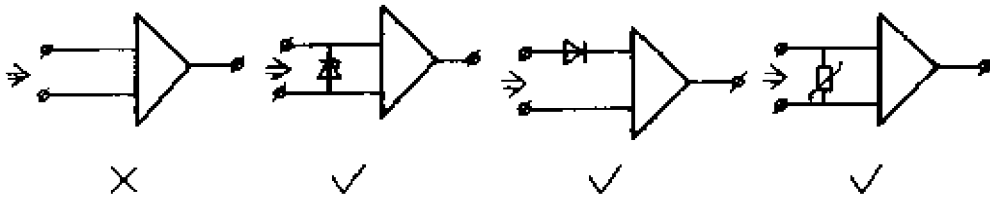
7.8 开关量输入单元不宜没有滤波电路



由于长线传输、电路、空间等干扰，使输入信号夹杂干扰信号，造成读入信号错误，故必须有输入滤波电路。

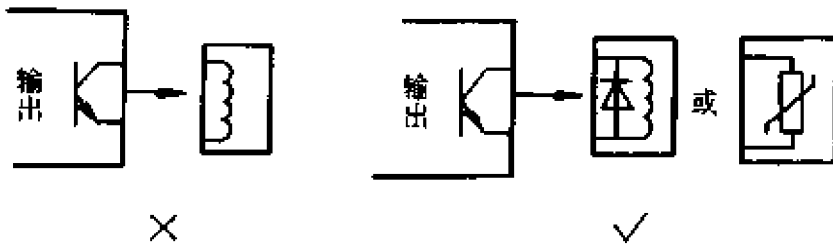
7.9 开关量输入单元不宜省去输入保护电路

为防止因过电压、瞬态尖峰或反极性信号损坏接口电路，可采用齐纳二极管和压敏电阻，并加于输入信号二端。



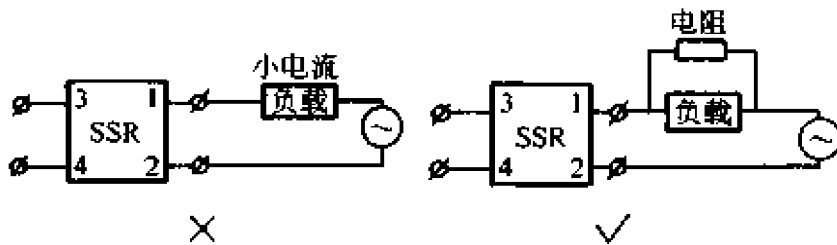
7.10 晶体管输出驱动电路不宜直接驱动感性负载

晶体管驱动直流感性负载时,负载两端必须反并联二极管或压敏电阻,否则在关断瞬间的感应电压,会烧坏晶体管。

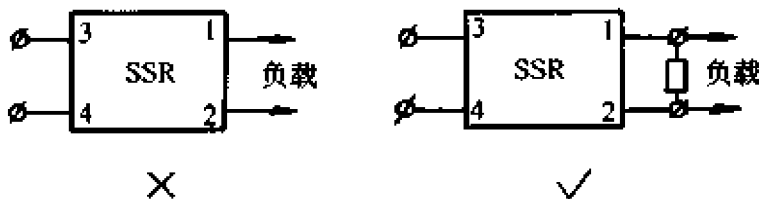


7.11 固态继电器不宜驱动小电流负载

固态继电器的开启电流是关断电流的 10 倍,如果负载电流低于此值,可在负载上并一个电阻,可提高继电器的开启电流。



7.12 固态继电器模块不能没有尖峰电压保护措施

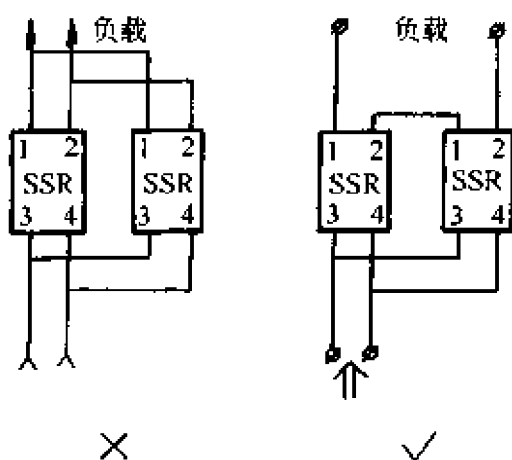


尖峰电压加在 SSR 上会使 SSR 在没有连通的情况下开启,故尖峰电压超过 SSR 的阻断电压,所以应在 SSR 上并联一个压敏电阻,以消除尖峰电压。

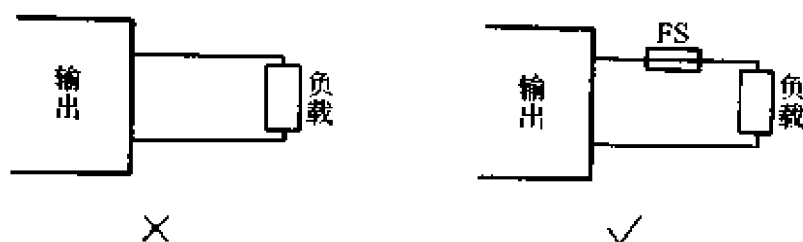
7.13 固态继电器不能并联使用

由于两个 SSR 的特性不同,SSR 的输出不能直接并联,否则会由于电流

不平衡烧坏大容量的 SSR，但 SSR 可以串联使用。

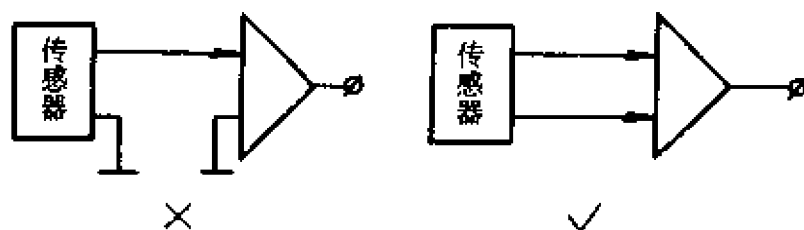


7.14 工控机的输出回路不能没有短路保护措施



输出回路连接的负载短路时，会造成输出元件和印刷电路板的烧毁，因此，必须在输出回路中加保险。

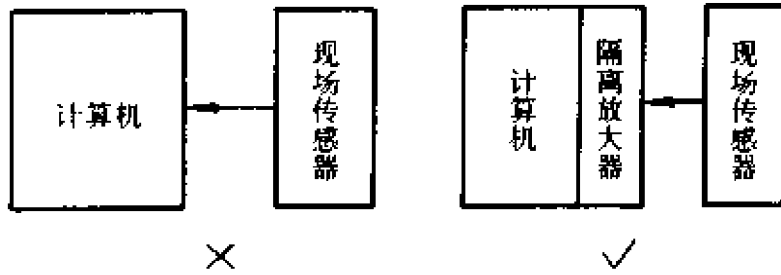
7.15 传感器信号放大电路不宜采用单端输入方式



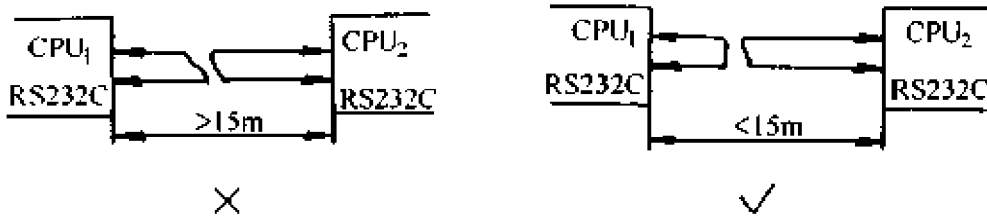
在共模电压较高的环境，单端输入会产生工作失常，此时宜采用双端输入方式。

7.16 现场传感器远离计算机时，采集信号不能没有隔离措施

计算机设备远离现场，会产生很高的地间共模电压，可能会击穿器件，或影响测量精度，因此，必须在传感器和计算机间加隔离放大器。

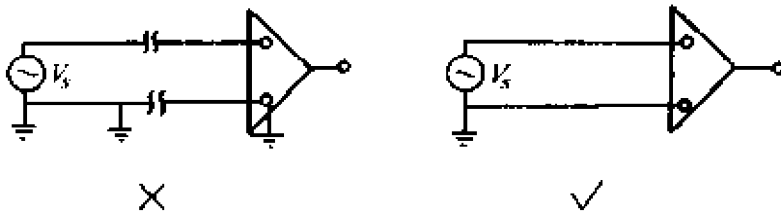


7.17 RS232C 接口电缆不宜太长



由于 RS232C 接口存在着潜在的地线回流问题，长距离传送信号将会很不可靠，因此 RS232C 仅用于近距离传输，最远不能超过 15m。

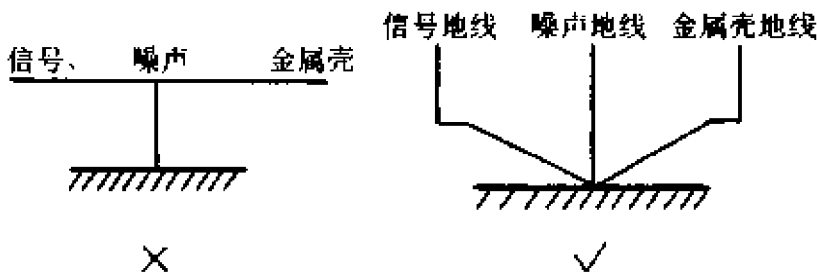
7.18 信号线不能多地点接地



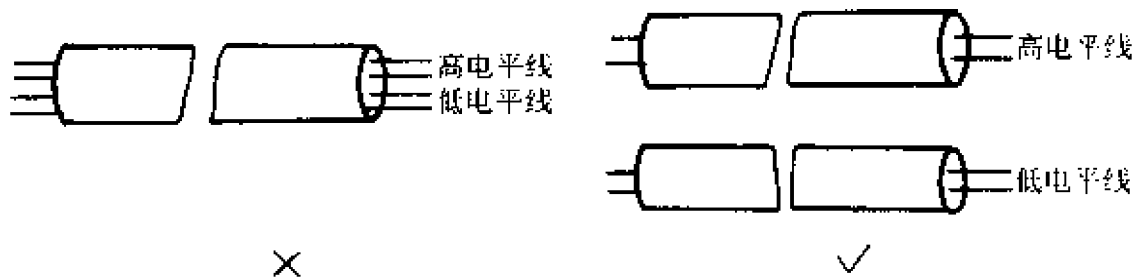
计算机信号线多点接地会产生环地干扰，因此，必须一点接地，即串联或并联接地。

7.19 控制系统的各电路不宜共用同一条地线

为避免噪声耦合，控制系统的地线应分组接地，分成低电平地线、强电路地线和设备壳体地线，最后在并联一点接地。



7.20 不同电平线不宜共用一个电缆线或接杆件



高电平线和低电平线尽可能不走同一条电缆或接杆件，否则会产生屏蔽不良或无意中造成地环路。

7.21 工业控制系统不能没有电源掉电检测单元保护

由于工业现场不可避免地会出现电源掉电故障，此时，工控机应及时发现并保护当时的重要数据和各寄存器的状态，一旦上电后，工控机能从断点处继续运行。电源掉电检测的目的正是为了检测交流电源掉电以保护现场。

7.22 微机控制室的位置不宜选在强电磁干扰的环境中

由于干扰会冲掉微机内的数据和程序，使微机死机或产生错误动作，或降低测量和控制精度，甚至造成重大事故，因此，控制室应避免在高电压、大电流、强电磁辐射的环境中工作，如无法避免，则应对控制室进行有效屏蔽。

7.23 微机电源系统不能没有抗干扰措施

为了提高电源系统的抗干扰能力，抑制电网电压波动对微机系统的影响，一般需经过交流稳压器、隔离变压器和低通滤波器，然后再供给微机系统。

7.24 输入输出信号线不宜与动力线同布在一个线槽内

输入输出信号线与动力回路电缆不论在控制盘内外都应分别在各自的线槽分别布线。否则输入输出信号线应使用屏蔽电缆以提高抗噪性，屏蔽端应接地。

8 有关工厂供电中的问题

电力电容器的安装与运行

- 8.1 电容器室的建筑物最好不与配电室毗连 183
- 8.2 严禁手拿电容器的套管进行搬运 183
- 8.3 电容器和电网额定电压相同时，电容器应采用三角形接线 184
- 8.4 不接地系统中电容器采用星形接线时，外壳应绝缘起来 184
- 8.5 电容器分层安装时，层间不应加设隔板 185
- 8.6 电容器的架构应采用非可燃性材料制成 185
- 8.7 每台电容器之间的距离不可过小 185
- 8.8 不要忽视电容器组的控制、保护 186
- 8.9 电容器与母线之间不要直接采用硬连接 186
- 8.10 放电电阻回路不应单独装设刀开关或熔断器 187
- 8.11 不要忽视电容器组的失压保护和过压保护 187
- 8.12 电容器组运行的主要禁忌条件 188
- 8.13 摇测电容器绝缘电阻，停止摇动前应先断线 188

电力架空线路的安装与维护

- 8.14 选用的线材、绝缘子、金具不应留有缺陷 189
- 8.15 电杆的弯曲和裂纹不应超过规定 190
- 8.16 电杆埋设深度要足够 190
- 8.17 线路档距不可过大 190
- 8.18 线路导线间距要足够大 191
- 8.19 不要忽视导线在档距内连接的规定 191

| | | |
|------|--------------------------------|-----|
| 8.20 | 高压架空线路耐张杆上的绝缘子应比直线杆上的多一片 | 192 |
| 8.21 | 铜铝导线不要直接连接 | 193 |
| 8.22 | 高压配电线路导线对建筑物的距离要足够大 | 193 |
| 8.23 | 导线与地面的距离不可过小 | 194 |
| 8.24 | 导线与树木之间要保持适当的距离 | 194 |
| 8.25 | 拉线安装的禁忌 | 195 |
| 8.26 | 接户线设计安装的禁忌 | 195 |
| 8.27 | 架空线路及事故的例行工作 | 196 |

电力电缆线路的敷设与运行

| | | |
|------|------------------------------|-----|
| 8.28 | 敷设电缆时, 不要忽视留有适量的裕度 | 196 |
| 8.29 | 在容易受到机械损伤的处所, 不要忘记加强防护 | 197 |
| 8.30 | 敷设电缆高低差不要超过规定 | 198 |
| 8.31 | 电缆与管道等接近及交叉的距离不可过小 | 198 |
| 8.32 | 直埋电缆埋设深度不要小于规定值 | 199 |
| 8.33 | 电缆不得经过含有腐蚀性物质的地段 | 199 |
| 8.34 | 电缆终端头对地距离不可过小 | 200 |
| 8.35 | 终端头的安装不应使一相套管靠近电杆 | 200 |
| 8.36 | 不要忽视电缆负荷电流的测量 | 201 |
| 8.37 | 电缆配电线路不应装重合闸装置 | 201 |

接地与防雷装置的安装与维护

| | | |
|------|---------------------------|-----|
| 8.38 | 电气设备的金属外壳应接地或接零 | 202 |
| 8.39 | 直流电力回路不应利用自然接地体 | 203 |
| 8.40 | 垂直接地体的间距一般不应小于 5m | 203 |
| 8.41 | 接地体埋设位置应距建筑物不小于 3m | 203 |
| 8.42 | 水平接地体局部埋深不应小于 1m | 204 |
| 8.43 | 接地装置导体截面不可过小 | 204 |
| 8.44 | 不得利用有爆炸危险物质的管道作为接地线 | 205 |

- 8.45 严禁在一条接地线上串接几个需要接地的设备 205
- 8.46 不应同时采用接零接地保护接线 206
- 8.47 中性点直接接地系统中, 零线不应装设刀开关、熔断器 206
- 8.48 不要忽视接地装置的接地电阻值 207
- 8.49 携带式用电设备接地、接零的禁忌 207
- 8.50 室内接地干线安装的禁忌 207
- 8.51 防雷接地装置工频接地电阻最大允许值 208
- 8.52 独立避雷针与电气设备的距离不可过小 208
- 8.53 阀型避雷器与配电变压器的接地线不要分开 209
- 8.54 阀型避雷器的接地线与被保护的电缆的金属外皮不应分开 210
- 8.55 架空线路柱上断路器应装阀型避雷器保护 210
- 8.56 不要忽视阀型避雷器运行中的检查和维护 211
- 8.57 雷电冲击波沿低压架空线入室的可能性不可忽视 211

电力设备的交接试验

- 8.58 绝缘电阻试验不可忽视的事项 212
- 8.59 直流泄漏电流及直流耐压试验中不可忽视的事项 212
- 8.60 介质损失的测量中不可忽视的事项 213
- 8.61 工频交流耐压试验中不可忽视的事项 213
- 8.62 不要忽视绝缘油试验的取样方法 214

工厂供用电合理化管理

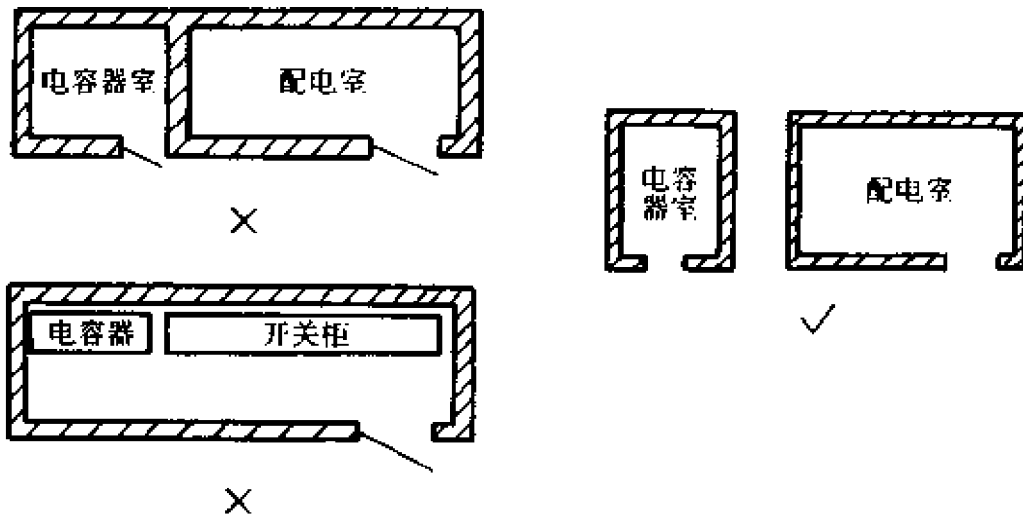
- 8.63 工厂内部电压偏移不应超过 $\pm 5\%$ 215
- 8.64 工厂内部线损不可不控制 215
- 8.65 工厂内部负荷率不应过低 216
- 8.66 工厂用电功率因数不应过低 216
- 8.67 工厂内部高次谐波不应超过限度 217
- 8.68 不要忽视安全用电的技术管理工作 217

8 有关工厂供电中的问题

电力电容器的安装与运行

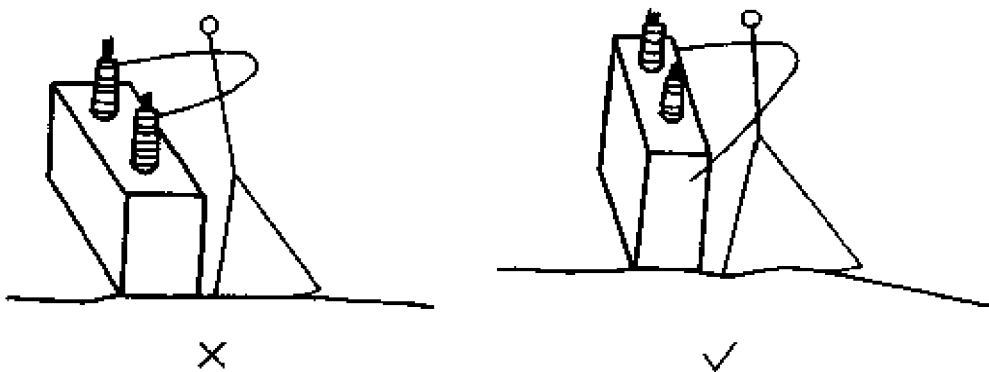
8.1 电容器室的建筑物最好不与配电室毗连

充油式电容器，一旦鼓肚爆炸，极易引起火灾。如与配电室毗连，势必威胁配电装置的安全。



8.2 严禁手拿电容器的套管进行搬运

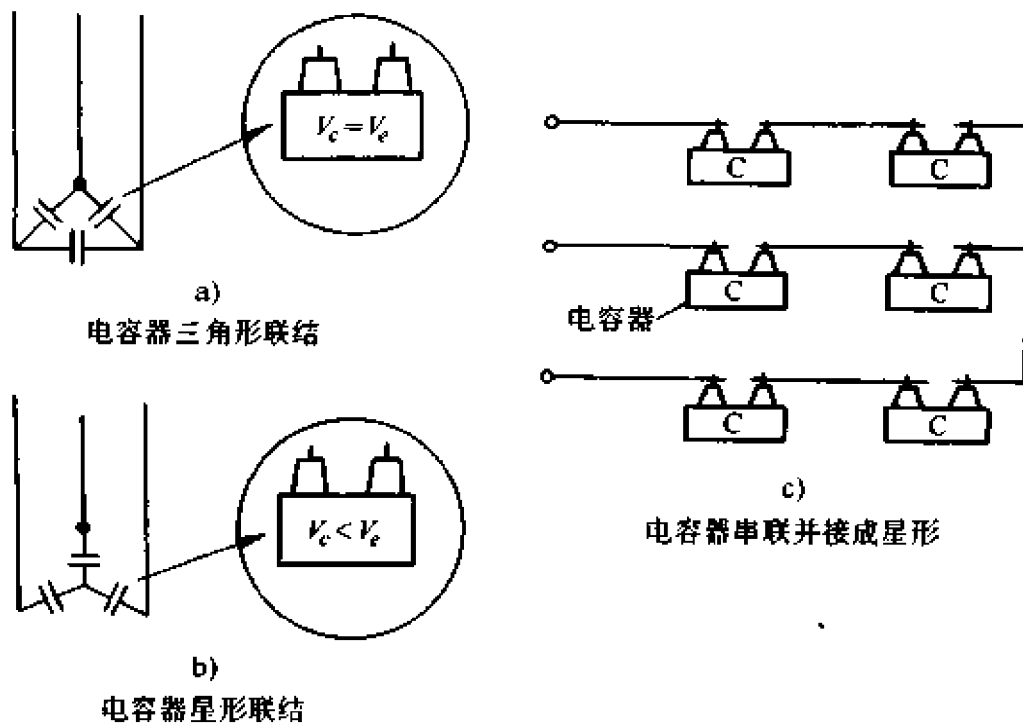
套管是电容器的重要绝缘部位，手拿套管容易损坏。另外，也容易使密封衬垫变形，出现缝隙，使水和潮气侵入，运行中易击穿。



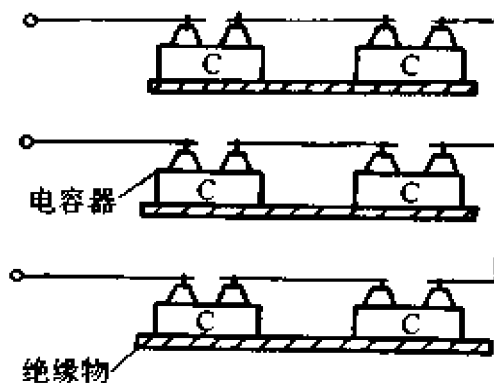
8.3 电容器和电网额定电压相同时，电容器应采用三角形接线

如采用星形联结，则每相电压是线电压的 $1/\sqrt{3}$ ，又因为无功出力的大小与电压的平方成正比，则无功出力减小为三角形联结的 $1/\sqrt{3}$ 倍，显然是不合理的。

如电容器（单台）额定电压低于电网额定电压，可以根据电容器额定电压具体数值考虑若干台串联起来，接成星形使用，如图 c 所示；若单台电容器额定电压等于电网电压，电容器采用三角形接法，如图 a 所示；如单台电容器额定电压小于电网电压，可酌情按星形接法，如图 b 所示。



8.4 不接地系统中电容器采用星形接线时，外壳应绝缘起来

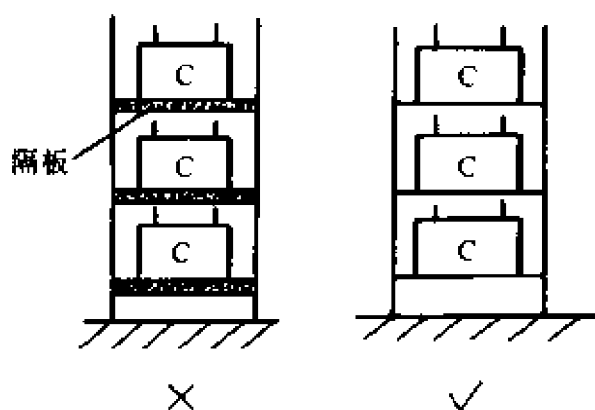


电容器外壳对地绝缘示意

不接地系统中，当某一相接地时，其它两相电压将升高 $\sqrt{3}$ 倍。如果电容器绝缘等级与电网额定电压相符，外壳对地又绝缘起来（或做成绝缘型外壳），就可以防止电容器因过电压而损坏。

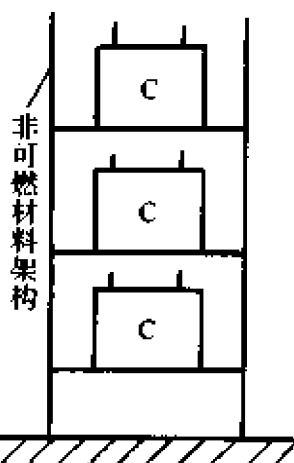
8.5 电容器分层安装时，层间不应加设隔板

不加隔板，主要是为了利于降低周围空气温度，保证通风散热良好。



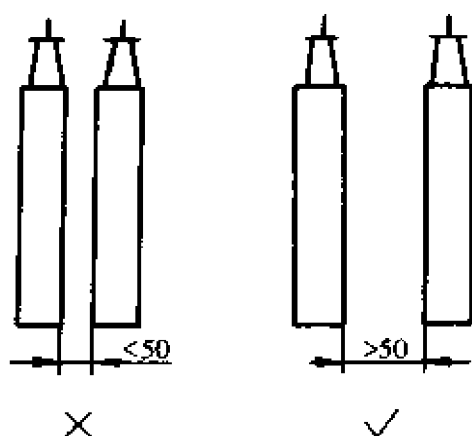
8.6 电容器的架构应采用非可燃性材料制成

主要是为了适应防火安全的要求。



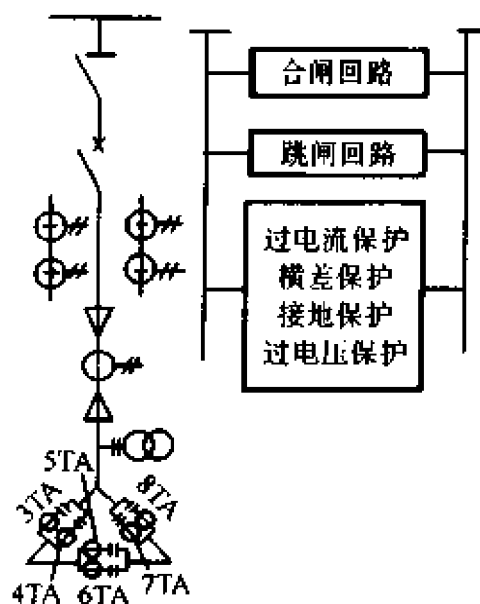
8.7 每台电容器之间的距离不可过小

一般按厂家规定安装，如无厂家说明，相互间距不应小于50mm。



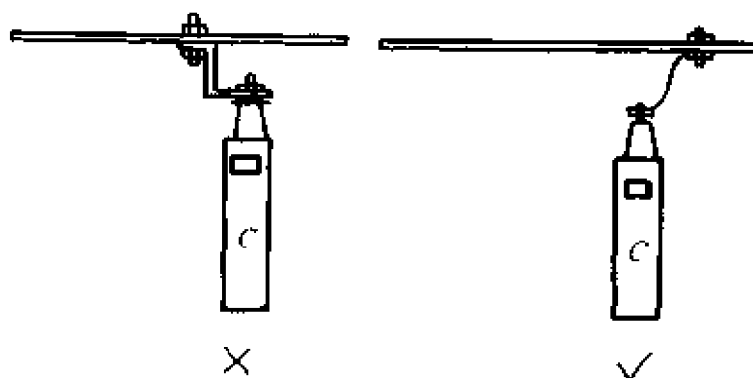
8.8 不要忽视电容器组的控制、保护

为了保证电容器组的安装运行,防止事故扩大、蔓延,应选用合理的控制、保护装置。例如,低压电容器组总容量大于 100kvar 时,应采用带有过电流自动脱扣的自动空气断路器控制、保护。高压电容器组总容量大于 300kvar 时,需要采用油断路器控制,并配设高灵敏度的保护装置。

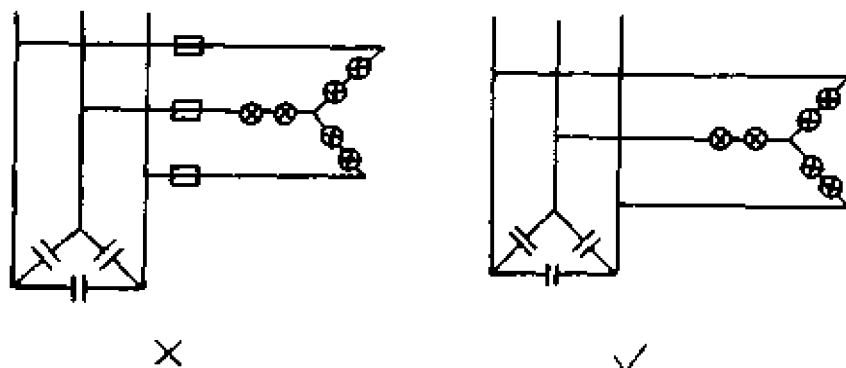


8.9 电容器与母线之间不要直接采用硬连接

这样做是为了防止装配应力造成电容器套管损坏或引线螺栓脱螺纹,破坏密封而引起渗漏油。每台电容器与母线之间最好采用单独的软连接。

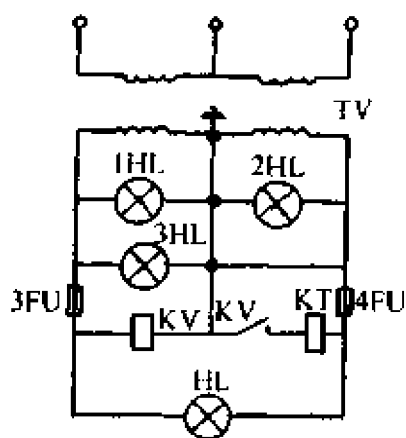


8.10 放电电阻回路不应单独装设刀开关或熔断器



安装放电电阻是为了使电容器停电后能自动放电,这样,一方面能防止电容器带电荷再次合闸;另一方面可以防止值班人员进行工作时,触及带有电荷的电容器而发生触电危险。如果放电电阻与电容器之间装有刀开关或熔断器,一旦断路,便会失去放电作用,这是很不安全的。

8.11 不要忽视电容器组的失压保护和过压保护



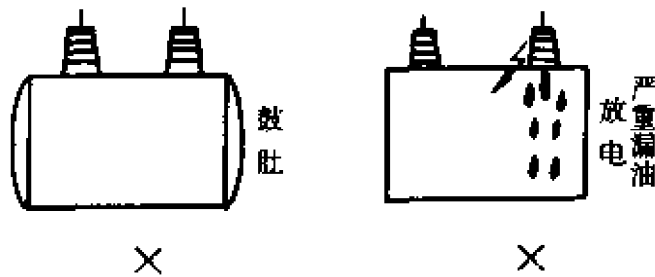
出现失压或过压时,电容器组均应停电。失压保护是为了防止电容器组失压后,在带有电荷的情况下立即重合而造成破坏。过压保护是为了防止在母线

电压波动幅度较大的情况下，电容器长期过电压运行而造成破坏。

8.12 电容器组运行的主要禁忌条件

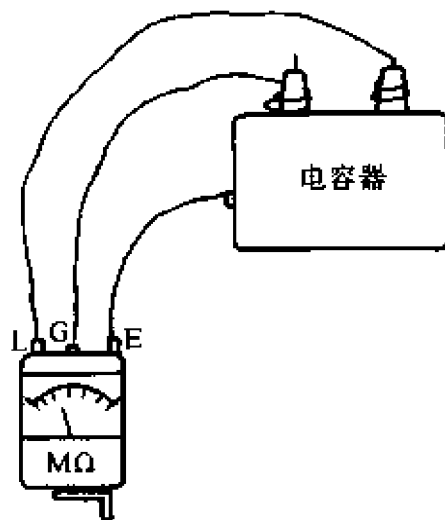
发生下列情况之一时，电容器组应立即退出运行：

1. 电容器爆炸；
2. 电容器喷油或起火；
3. 瓷套管发生严重放电、闪络；
4. 电容器内部或放电设备有严重异常响声；
5. 电容器外壳鼓肚；
6. 电流超过额定电流的 1.3 倍；
7. 电容器室的环境温度超过 $\pm 40^{\circ}\text{C}$ ，而又无改善措施。



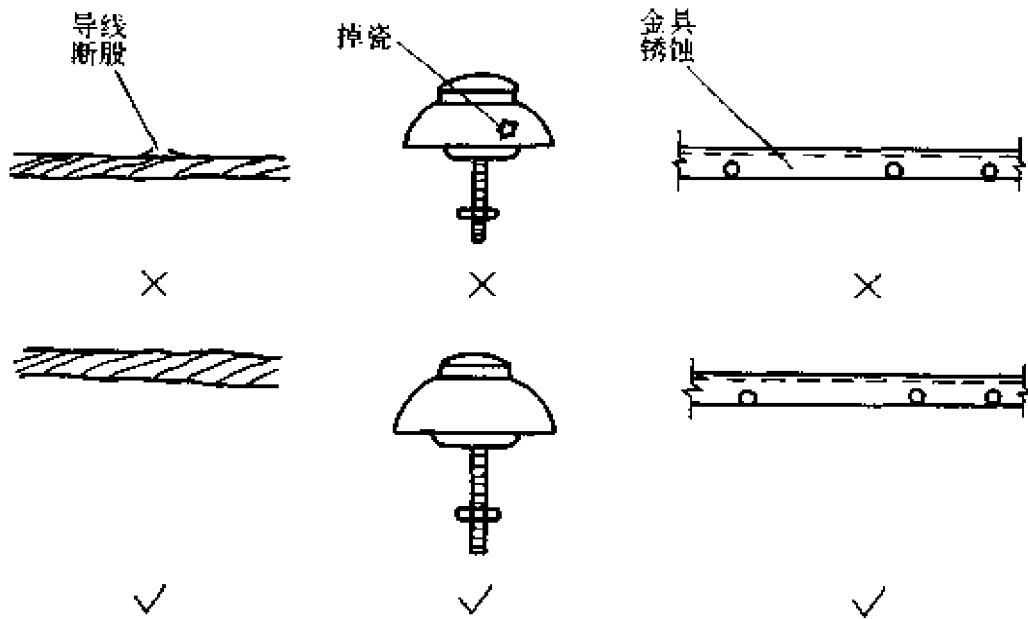
8.13 摇测电容器绝缘电阻，停止摇动前应先断线

如果未先拆线而停止摇动，由于电容器放电容易烧坏测量仪表。



电力架空线路的安装与维护

8.14 选用的线材、绝缘子、金具不应留有缺陷



为了保证线路工程质量，对选用的线材、绝缘子、金具，使用前应进行基本的检查。

关于线材：

1. 导线不应有松股、交叉、折叠、硬弯、断裂、破损等缺陷；
2. 导线不应有严重的腐蚀变质现象；
3. 钢绞线表面应镀锌良好，不应锈蚀。

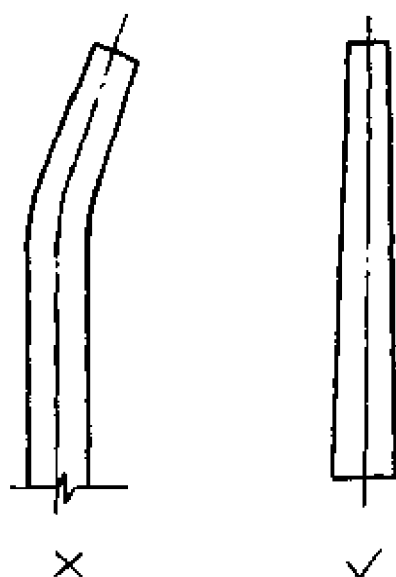
关于绝缘子：

1. 铁件与瓷件结合紧密，铁件镀锌完好；
2. 瓷釉表面光滑、完好无裂纹。

关于金具：

1. 表面应光洁，无裂纹、毛刺、飞边、砂眼等；
2. 线夹船体压板与导线接触面应光滑平整；
3. 悬垂线夹以回转轴为中心，能自由转动 45° 以上；
4. 镀锌完整无脱落；
5. 连接螺栓等零件齐全。

8.15 电杆的弯曲和裂纹不应超过规定



关于杆身弯曲：对于木杆，凡两端中心线已超出杆外者不得使用；在受力大的地方，严重弯曲的木杆，也不得使用。对于混凝土杆，杆身的弯曲不得超过杆长的 $2/1000$ 。

关于杆身裂纹：对于木杆，未裂穿的干缩缝允许深度，不得超过梢径 $1/3$ ，长度不得超过杆身的 $1/2$ 。对于混凝土杆，不应出现纵向裂纹，横向裂纹宽度不应超过 0.2mm ，长度不得超过 $1/2$ 周长。

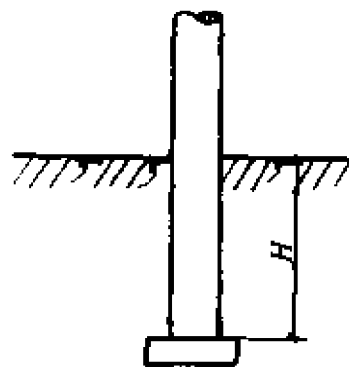
8.16 电杆埋设深度要足够

电杆埋设深度，主要根据电杆的材质、长度、承力大小和土质情况而定。一般 15m 及以下的电杆，埋设深度为电杆长度的 $1/6$ ，但不应小于 1.5m 。

电杆埋设深度参见下表。

电杆埋设深度

| 杆长/m | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 埋深 H/m | 1.2 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 2.3 |



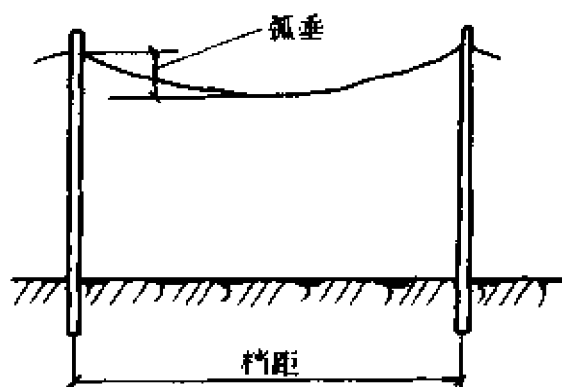
8.17 线路档距不可过大

架空线路档距，主要根据导线对地距离，电杆高度和地形的特点而定，一般采用下列规定数值：

高压配电线路：城市为 40~50m，城郊及农村为 60~100m。

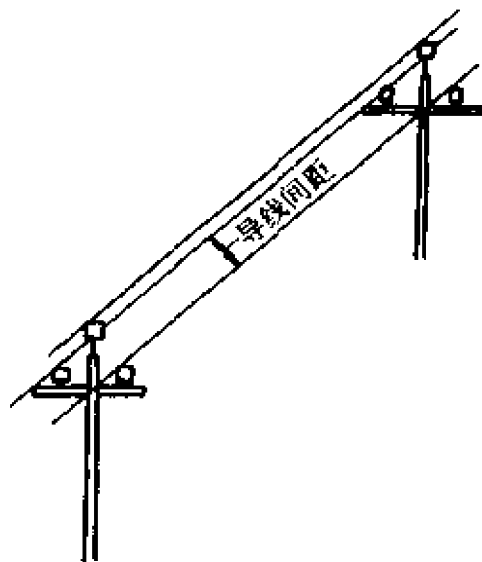
低压配电线路：城市为 40~50m，城郊及农村为 40~60m。

高低压同杆架设的线路，档距应满足低压线路的技术要求。



8.18 线路导线间距要足够大

导线间距与线路的额定电压及档距有关，由于导线是固定在绝缘子上的，所以，导线间距要由绝缘子之间的距离来保证。在无特殊设计要求的条件下，10kV 线路导线间距不应小于 0.8m，1kV 以下不应小于 0.4m，靠近电杆的两导线水平距离不小于 0.5m。



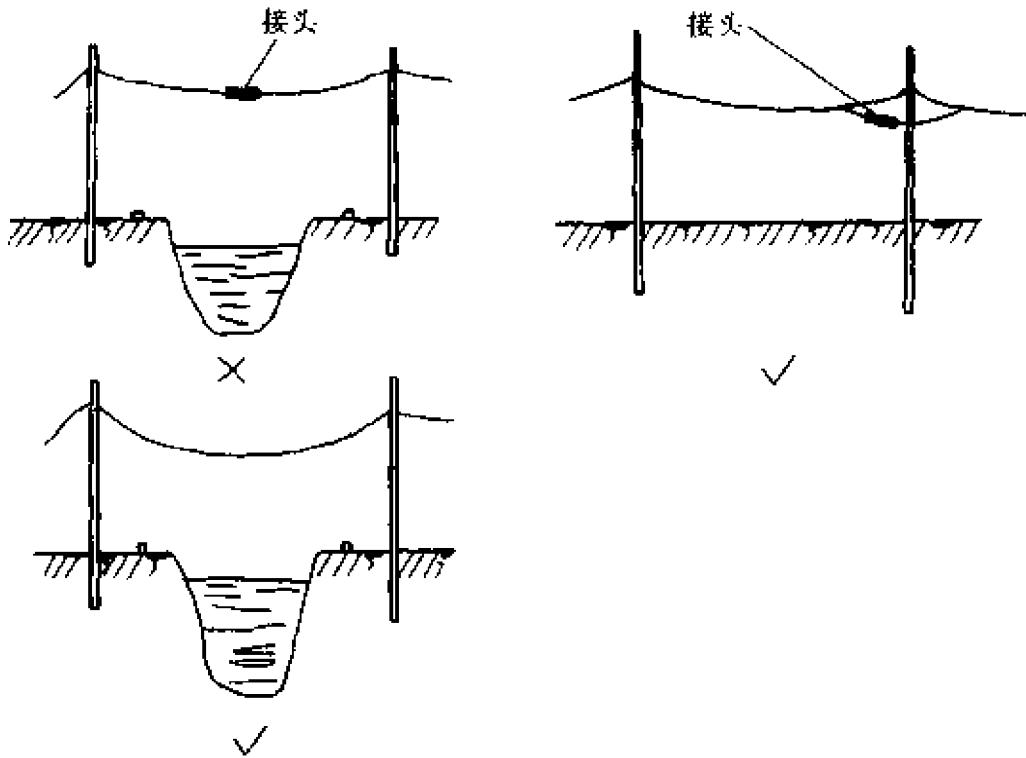
8.19 不要忽视导线在档距内连接的规定

导线在档距内连接的规定主要要求如下：

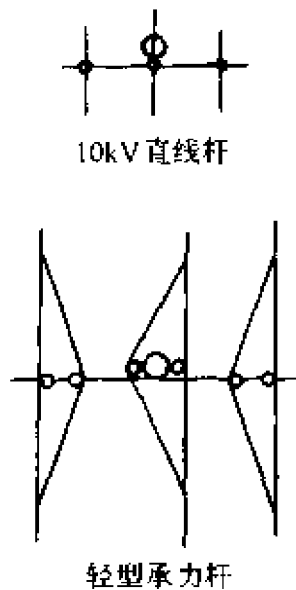
1. 不同金属、不同规格、不同绞向的导线，严禁在一个耐张档距内连接，只允许使用专用连接器在杆塔跳线上连接。
2. 在一个档距内，每根导线不应超过一个接头，导线接头距导线固定点

直线杆不应小于 0.5m。

3. 在跨越铁路、城市主要道路、主要通航河流等交叉跨越档距内不得有接头。



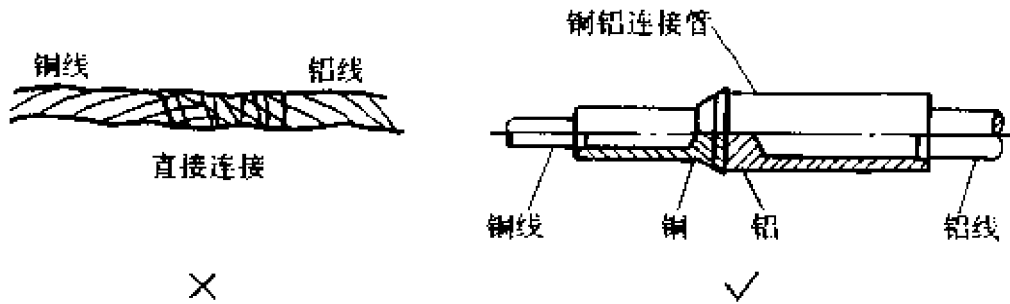
8.20 高压架空线路耐张杆上的绝缘子应比直线杆上的多一片



直线杆上的绝缘子是垂直安装的，而耐张杆上的绝缘子是水平方向安装的，它遭受灰尘、雪、雨等破坏绝缘能力的可能性比垂直方向要大，所以要求

耐张杆上绝缘子的绝缘能力比直线杆的要高。另外耐张杆绝缘子又受机械、电气较大的综合负载,损坏的机会比直线杆绝缘子要大得多,所以耐张杆的绝缘子比直线杆上的多一片。

8.21 铜铝导线不要直接连接



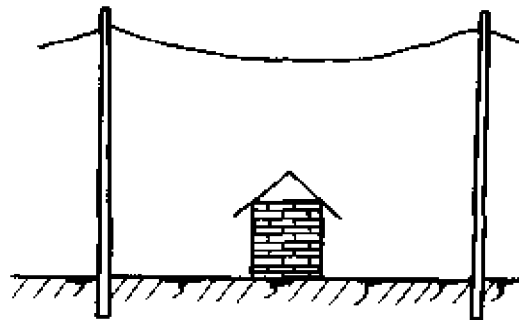
铜铝导线直接连接,有潮气侵入时,在连接点形成电池效应,产生电化学腐蚀,致使连接处电接触不良,接触电阻增大,运行中发热,容易引发事故。铜铝导线通过“铜铝过渡接头”进行连接则比较安全。

8.22 高压配电线路导线对建筑物的距离要足够大

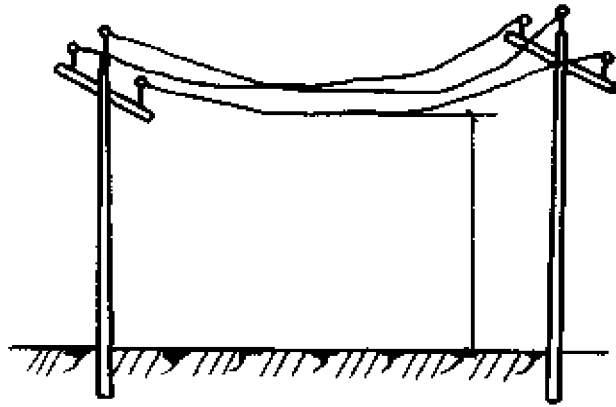
一般来说,高压配电线路不应跨越屋顶为易燃材料做成的建筑物,对非易燃屋顶的建筑物也应尽量不跨越。如需跨越,其距离不应小于下表列出的数值。

导线对建筑物的最小距离 (m)

| 线路电压/kV | 1 及以下 | 6~10 | 35 |
|----------------|-------|------|----|
| 最大弧垂下对建筑物的垂直距离 | 2.5 | 3 | - |
| 最大风偏下边线对建筑物的距离 | 1 | 1.5 | 3 |



8.23 导线与地面的距离不可过小



架空线路导线与地面的距离,要符合规程规定,以确保线路、交通及人身的安全。

导线与地面的距离,在导线最大弧垂下不应小于下表所列数值。

导线在最大弧垂时对地面的最小距离 (m)

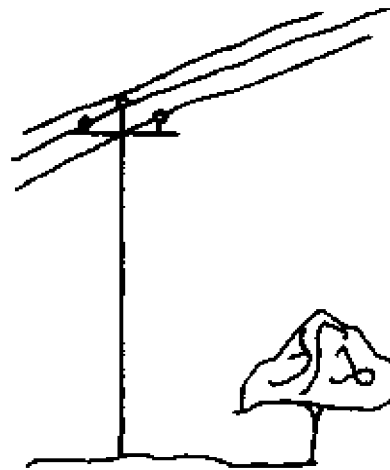
| 线路经过地区 | 线路电压/kV | 1 及以下 | 6~10 | 35~110 |
|--------|---------|-------|------|--------|
| | 居民区 | | 6 | 6.5 |
| 非居民区 | | 5 | 5.5 | 6 |
| 交通困难地区 | | 4 | 4.5 | 5 |

8.24 导线与树木之间要保持适当的距离

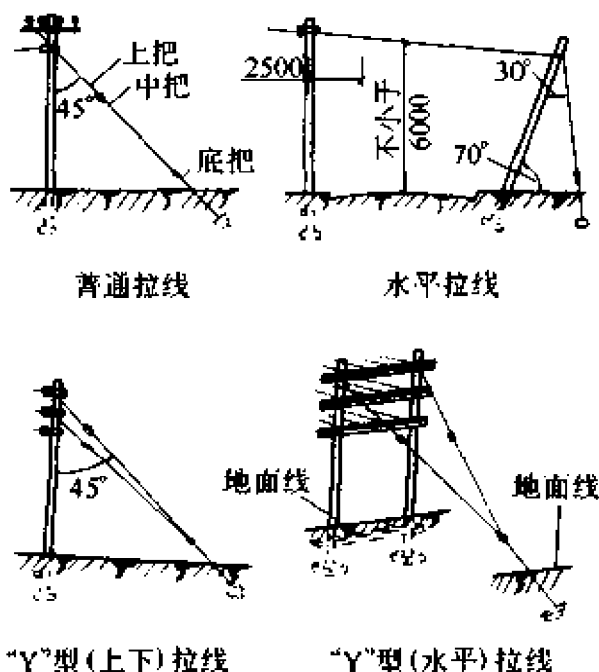
导线与树木的距离不得小于下表所列数值。

导线对树木的最小距离 (m)

| 线路电压/kV | 1 及以下 | | 6~10 |
|------------|------------|---|------|
| | 最大弧垂下的垂直距离 | 1 | 1.5 |
| 最大风偏下的水平距离 | 1 | 2 | |



8.25 拉线安装的禁忌



拉线应根据电杆的受力情况装设。终端杆拉线应与线路方向对正；转角杆拉线应与线路分角线对正；防风拉线应与线路垂直。

采用水平拉线，需装拉桩杆，拉桩杆应向线路张力反方向倾斜 20° ，埋深不应小于拉桩杆长的 $1/6$ ；水平拉线距路面中心不应小于 6m ；拉桩坠线上端位置距拉桩杆顶应为 0.25m ，距地面不应小于 4.5m ，坠线引向地面与拉桩杆的夹角不应小于 30° 。

8.26 接户线设计安装的禁忌

1. $6\sim 10\text{kV}$ 接户线应不小于如下的最小截面：铝绞线为 25mm^2 ；铜绞线为 16mm^2 。

2. 低压接户线的最小截面不应小于下表所列数值。

3. 低压接户线的档距不宜大于 25m ，如超过，宜增设接户杆。接户杆的档距不应超过 40m 。

4. 低压接户线在最大弧垂时，对路面中心垂直距离不应小于下列

数值：交通要道为 6m ；通车困难的街道和一般胡同为 3.5m 。

低压接户线的最小距离

| 敷设方式 | 档距 /m | 最小截面/ mm^2 | |
|------|-------------|---------------------|------|
| | | 绝缘铝线 | 绝缘铜线 |
| 自由杆 | <10 | 4 | 2.5 |
| 上引下 | $10\sim 25$ | 6 | 4 |
| 沿墙敷设 | ≤ 6 | 4 | 2.5 |

5. 接户线不宜跨越建筑物,如必需跨越时,对建筑物最高点的垂直距离不应小于 2.5m。

6. 接户线与建筑物有关部分的距离不应小于下列数值:与建筑物突出部分的距离为 150mm;与窗户或阳台的水平距离为 800mm;与上方窗户或阳台的垂直距离为 800mm;与下方阳台的垂直距离为 2500mm;与接户线下方窗户的垂直距离为 300mm。

7. 接户线与配电网线路的夹角在 45° 以上时,应在配电网线路的电杆上装设横担。

8. 接户线与表外线在第一支持物处连接时,多股导线应采用“倒人字”接法。

8.27 架空线路及事故的例行工作

架空电力线路,直接受气候变化及环境条件影响,容易出现外因事故。因此,应结合季节情况做好相关的例行工作。

每年雷雨季节前,应检查处理绝缘子缺陷;检查、试验并安装好防雷装置;检查、维护接地装置。

高温季节到来之前,应重点检查弧垂、交叉距离的变化,必要时进行调整。

严冬前,注意检查弧垂和导线覆冰情况,以防断线。

多风季节到来之前,应在线路两侧剪除过近的树枝,清理线路附近杂物,以及加固杆基。

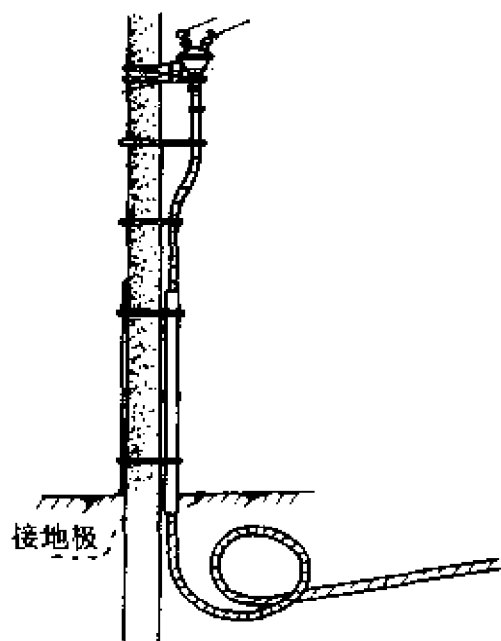
雨季前,对易受河水冲刷或因挖地动土造成杆基不稳的电杆进行加固。

在容易发生污闪事故的季节到来之前,应对线路绝缘子进行测试、清扫,处理缺陷。

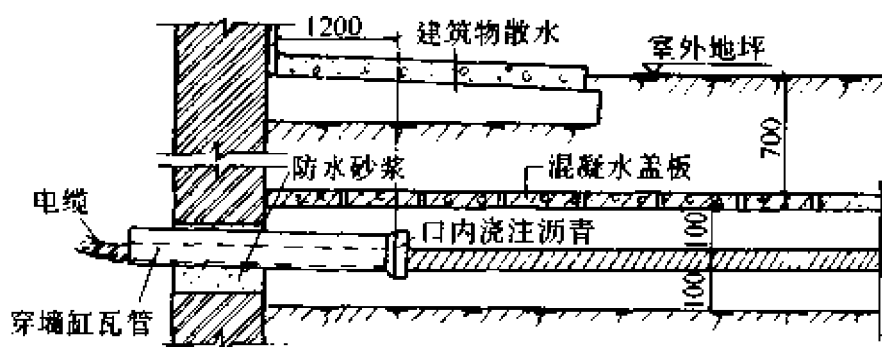
电力电缆线路的敷设与运行

8.28 敷设电缆时,不要忽视留有适量的裕度

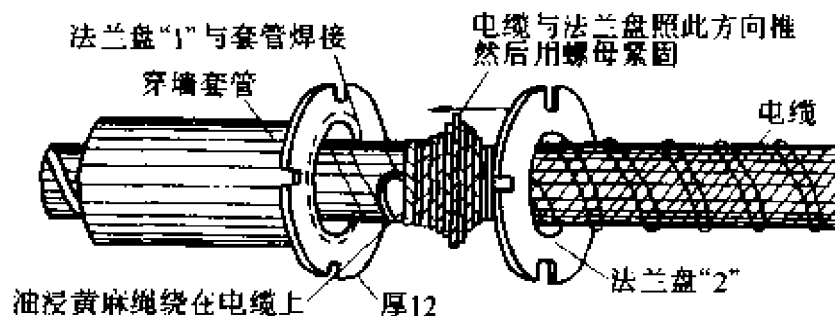
敷设电缆留有裕度,一是防止机械拉力损伤;二是为了便于满足因故重做中间接头和终端头的需要。需留裕度的场所有:垂直面引向水平面处、电缆保护管出入口处、建筑物伸缩缝处及长度较长的电缆线路,有条件时可沿路径作蛇形敷设。



8.29 在容易受到机械损伤的处所，不要忘记加强防护



电缆引入(出)建筑物防护示意



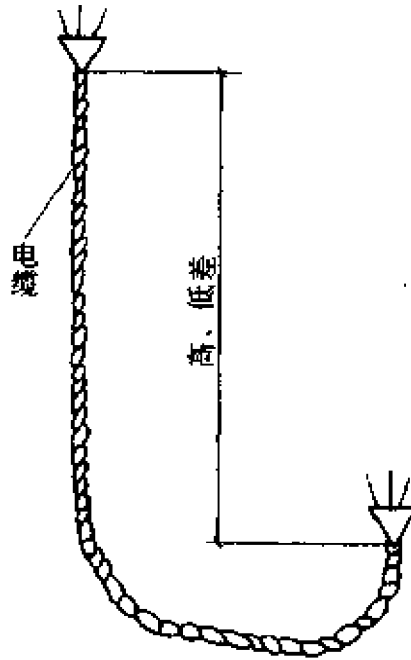
电缆穿墙套管密封做法图

在电缆引入(出)建筑物、电缆隧道、电缆沟处、穿过道路、铁路以及电缆露出地面2m内明露部分，如不采取加防护管等防护措施，则容易受外力机械损伤，影响电缆安全运行。

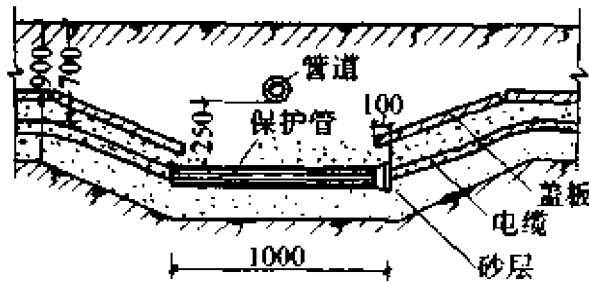
8.30 敷设电缆高低差不要超过规定

垂直或沿陡坡倾斜敷设的油浸纸绝缘电力电缆,最高点与最低点的高、低差较大,造成绝缘油压差过大,易使低处外包破裂或电缆终端头密封困难,而高处缺油使其绝缘强度降低。一般最大允许高低差值如下:

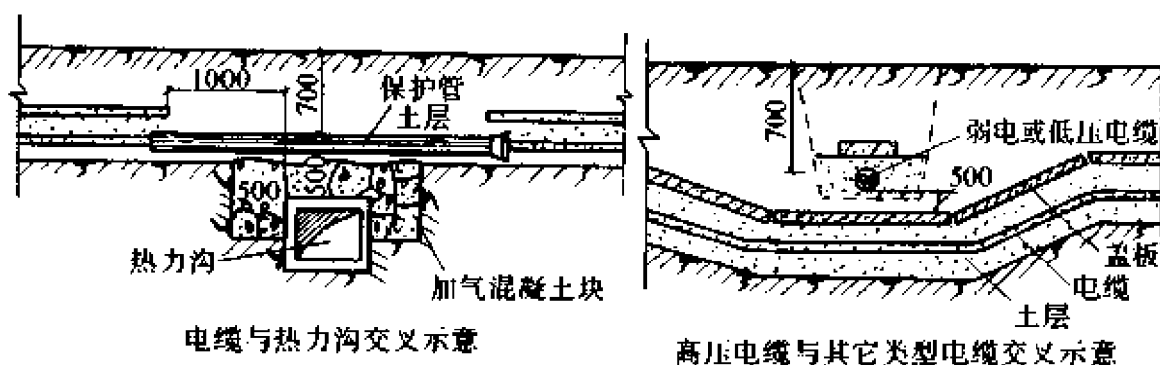
- 1~3kV 铠装 25m;
- 1~3kV 无铠装铅包 20m, 铝包 25m;
- 6~10kV 铠装及无铠装铅包 15m, 铝包 20m;
- 35kV 铠装及无铠装 5m;
- 110kV 无铠装 30m。



8.31 电缆与管道等接近及交叉的距离不可过小



电缆与一般管道交叉示意



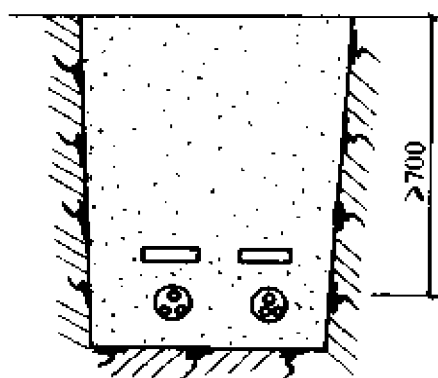
直埋电缆与管道等接近及交叉的垂直距离不应小于

表中所列数值

(m)

| 类 别 | 接近距离 | 交叉时垂直距离 |
|------------------------|------|---------|
| 电缆与易燃管道 | 1 | 0.5 |
| 电缆与热力沟(管道) | 2 | 0.5 |
| 电缆与其他管道 | 0.5 | 0.25 |
| 电缆与建筑物 | 0.6 | — |
| 10kV 电缆与相同电压等级的电缆及控制电缆 | 0.1 | 0.5 |
| 不同使用部门的电缆 | 0.5 | 0.5 |

8.32 直埋电缆埋设深度不要小于规定值

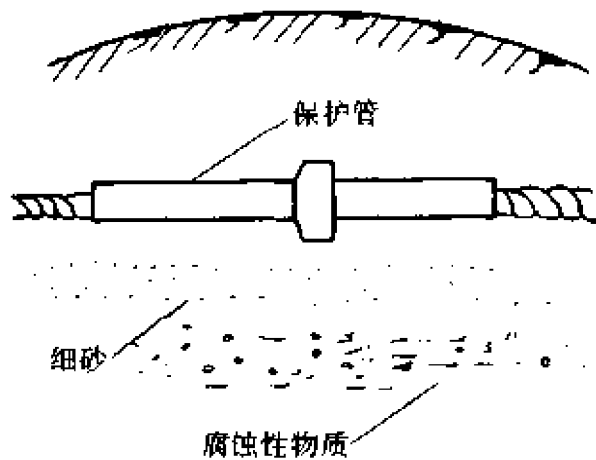


考虑到外力机械损伤, 电缆埋设深度要足够。一般要求不小于 0.7m, 农田中不小于 1m, 35kV 及以上的也不小于 1m。电缆上下要均匀铺设 100mm 细砂或软土垫层, 上侧应用水泥盖板或砖衔接覆盖, 回填土时应去掉大块砖石、杂物。

8.33 电缆不得经过含有腐蚀性物质的地段

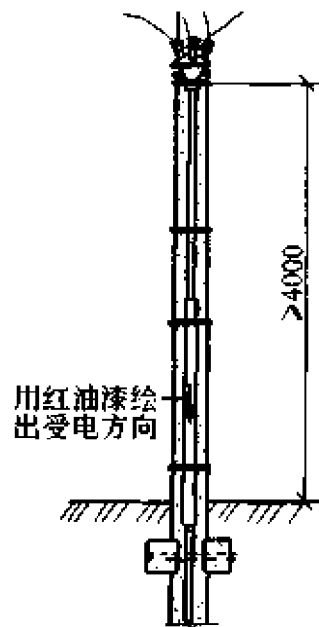
主要考虑使电缆减少遭受化学腐蚀的机会。若必须经过含有酸、碱、石灰

等腐蚀性物质的地段时，应采用缸瓦管、水泥管等对电缆加以保护。



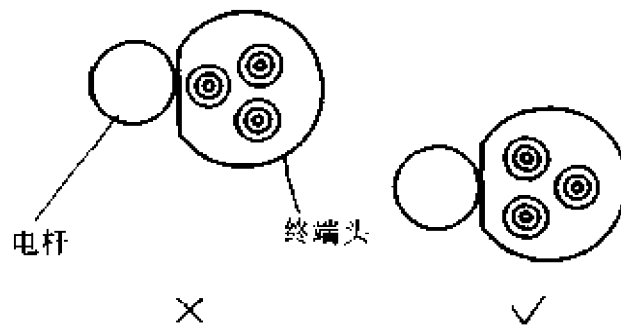
8.34 电缆终端头对地距离不可过小

考虑到电缆终端头的防护和人身安全活动的需要，6~35kV 室外杆上终端头对地距离不应小于 4m。



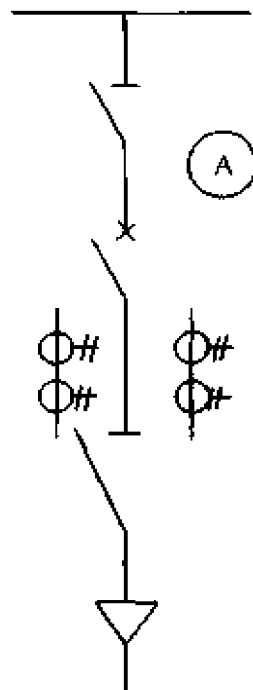
8.35 终端头的安装不应使一相套管靠近电杆

终端头装在电杆上，若一相套管靠近电杆，则该相引线势必也靠近电杆，增加了一相接地的可能，并给维修造成不便。



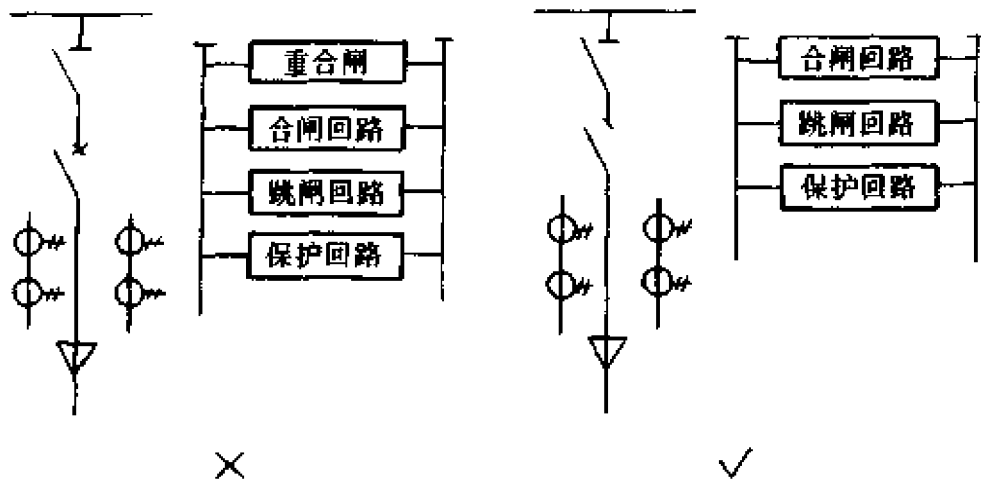
8.36 不要忽视电缆负荷电流的测量

电缆线路本应该按照规定的长期允许载流量运行，如果过负荷，芯线过热，会促使绝缘过早老化，甚至金属铅包膨胀龟裂、电缆终端头和中间接头盒胀裂。总之会增加电缆线路事故率，所以要经常监测其负荷。



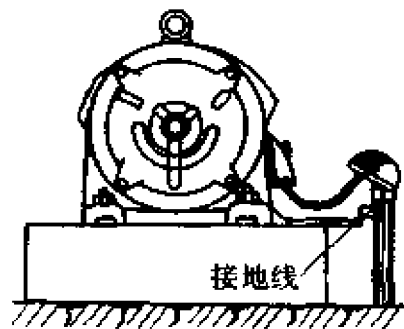
8.37 电缆配电线路不应装重合闸装置

电缆故障一般多系永久性故障，在这种情况下若重合闸动作或掉闸后试送，则会扩大事故，对设备本身造成不应有的损坏，并威胁系统稳定的运行，所以电缆配电线路不应装重合闸装置。



接地及防雷装置的安装与维护

8.38 电气设备的金属外壳应接地或接零

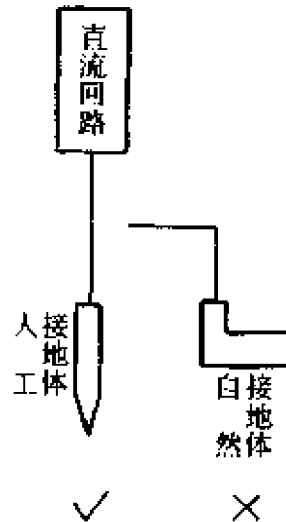


电动机外壳接地或接零做法图

下列电气设备的金属外壳一般应接地或接零：

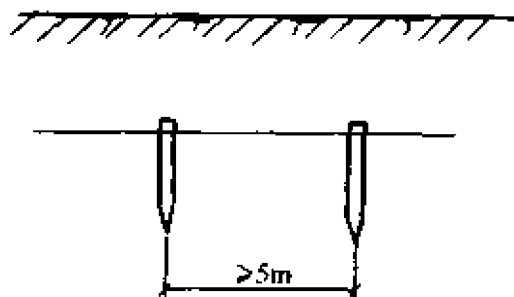
1. 变压器、电机、电器、携带式及移动式用电设备的底座和外壳；
2. 电力传动装置；
3. 电流互感器、电压互感器的二次线圈；
4. 室内、外配电装置的金属架构和钢筋混凝土架构以及靠近带电部分的金属围栏和金属门；
5. 配电盘、控制屏、操作台的框架；
6. 电力电缆中间接头盒、终头盒的外壳和电缆的金属外皮；
7. 室内、外线路穿线的钢管；
8. 装有避雷线的电力线路金属杆塔；
9. 装在配电线路杆上的开关设备、电容器等。

8.39 直流电力回路不应利用自然接地体



直流电流通过埋在土壤中的接地体时，接地体附近的土壤发生电解作用，使接地体的接地电阻值增加。同时，由于电解作用，地下金属管道等自然接地体容易受腐蚀而损坏。所以直流电力回路不应利用自然接地体，而且直流回路专用的人工接地体不应与自然接地体相连接。

8.40 垂直接地体的间距一般不应小于 5m

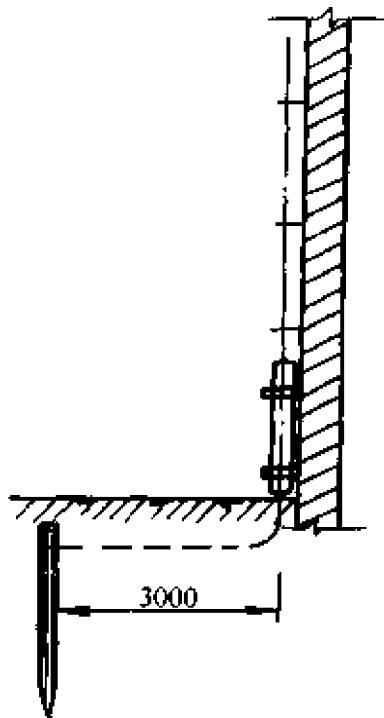


多根接地体之间，接地电流的流散将受到排挤（屏蔽作用），这种屏蔽作用使得接地装置的利用率下降。为了减少相邻接地体之间的屏蔽作用，规程规定：垂直接地体的间距以及水平接地体的间距，一般不应小于 5m。

8.41 接地体埋设位置应距建筑物不小于 3m

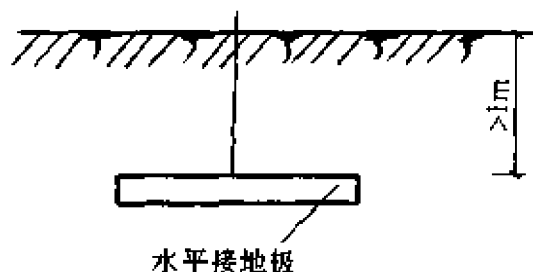
主要考虑两点：第一，车间厂房内部各种基础、地下埋设物很多，若接地

体埋设在车间厂房内部,则不便于日后的检查和修理。第二,一旦发生接地短路,接地体附近会出现较高的分布电压,危及人身安全。



8.42 水平接地体局部埋深不应小于 1m

一般情况下,接地体埋深不应小于 0.6m,为降低接触电阻和跨步电压,要求水平接地体局部埋深不应小于 1m,并应铺设 50~80mm 厚的沥青层或采用沥青碎石地面,其宽度应超出接地装置 2m 左右。



水平接地极

8.43 接地装置导体截面不可过小

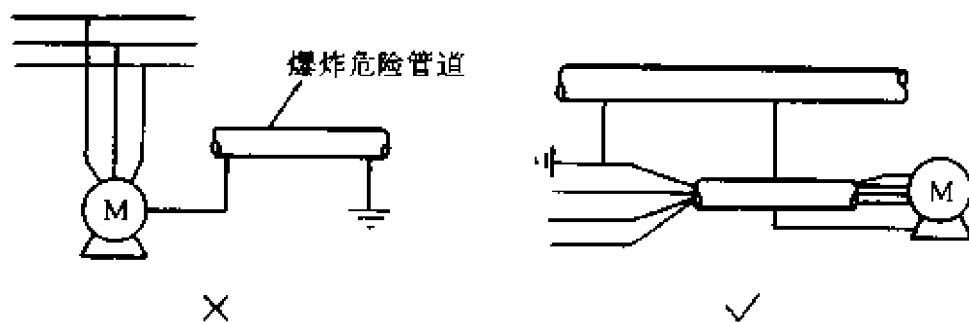
根据热稳定和均压的要求,接地装置导体截面要符合规范要求,见下表。

接地装置导体最小截面

| 种类 | 规格及单位 | 接 地 线 | | 接地干线 | 接地体 |
|----|---------------------|-------|-------------|------|-----|
| | | 裸导线 | 绝缘线 | | |
| 圆钢 | 直径/mm | — | — | 6 | 8 |
| 扁钢 | 截面积/mm ² | 24 | — | 24 | 48 |
| | 厚度/mm | — | — | — | 4 |
| 角钢 | 厚度/mm | 3 | — | 3 | 4 |
| 钢管 | 管壁厚度/mm | — | — | — | 3.5 |
| 铜 | 截面积/mm ² | 4 | — | — | — |
| 铁线 | 直径/mm | 4 | 2.5 (护套线除外) | — | — |

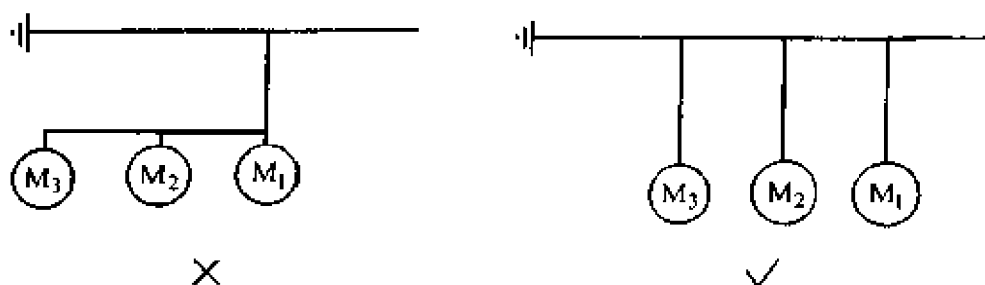
8.44 不得利用有爆炸危险物质的管道作为接地线

这样做主要是出于安全的需要。在有爆炸危险场所内的电气设备应根据设计要求设置专门的接地线,该接地线若与相线敷设在同一保护管内时,应具有与相线相等的绝缘水平。此时爆炸危险场所内的金属管道、电缆的金属外皮与设备的金属外壳和架构都必须连接成连续整体,并予以接地。



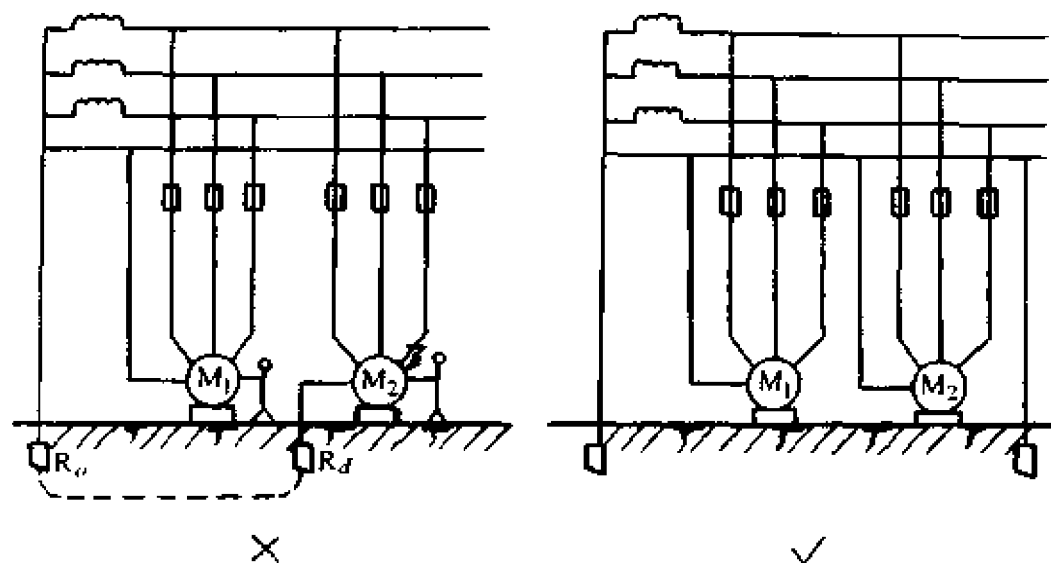
8.45 严禁在一条接地线上串接几个需要接地的设备

如下图所示,一旦设备 M_1 与干线之间的接地线断路或接触不良,那么这三台设备都失去可靠的接地保护,后果危险。



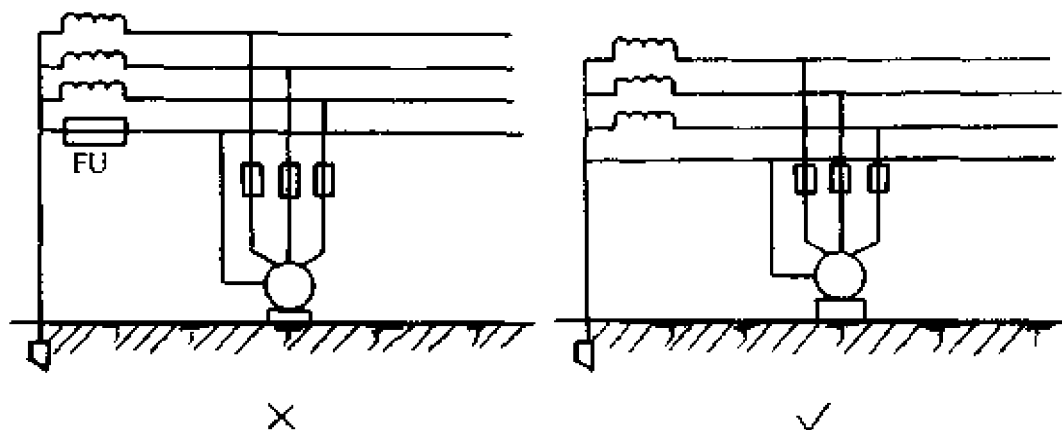
8.46 不应同时采用接零接地保护接线

如下图所示,电动机 M_1 采用接零保护,电动机 M_2 采用接地保护。那么,当 M_2 绝缘损坏而漏电时(熔断器未及时熔断)接地电流通过大地与变压器工作接地形成回路,使整个零线上出现危险电压,从而使所有采用接零保护的电气设备外壳电位升高,威胁人身安全。所以在 380/220V 系统中,不应同时采用接零、接地保护接线。



8.47 中性点直接接地系统中,零线不应装设刀开关、熔断器

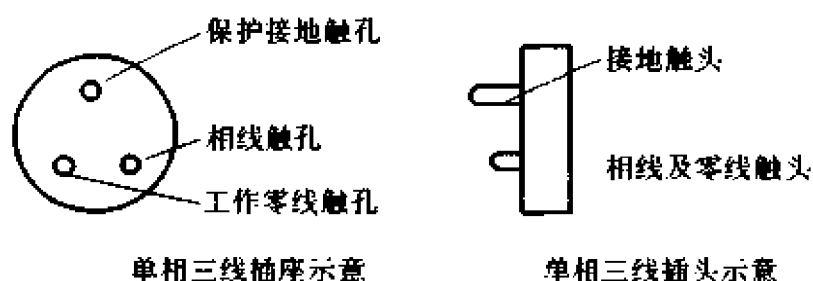
中性点直接接地系统中采用接零保护时,如果零线上装有刀开关或熔断器,而一旦出现断路时,断路故障点之后采用接零保护的用电设备,已失去接零保护的作用。如某一设备漏电,则使所有接零设备金属外壳带电,威胁人身安全。



8.48 不要忽视接地装置的接地电阻值

接地装置的接地电阻值应该是越小越好,这样在发生接地短路故障时,有利于增大接地短路电流,加速保护装置动作,切除故障设备。另外,又可以降低故障设备的对地电压,确保安全。一般来说,高压设备在大接地短路电流系统,接地电阻 $\leq 0.5\Omega$;在小接地短路电流系统,接地电阻 $\leq 10\Omega$;低压电气设备接地电阻 $\leq 4\Omega$ 。

8.49 携带式用电设备接地、接零的禁忌



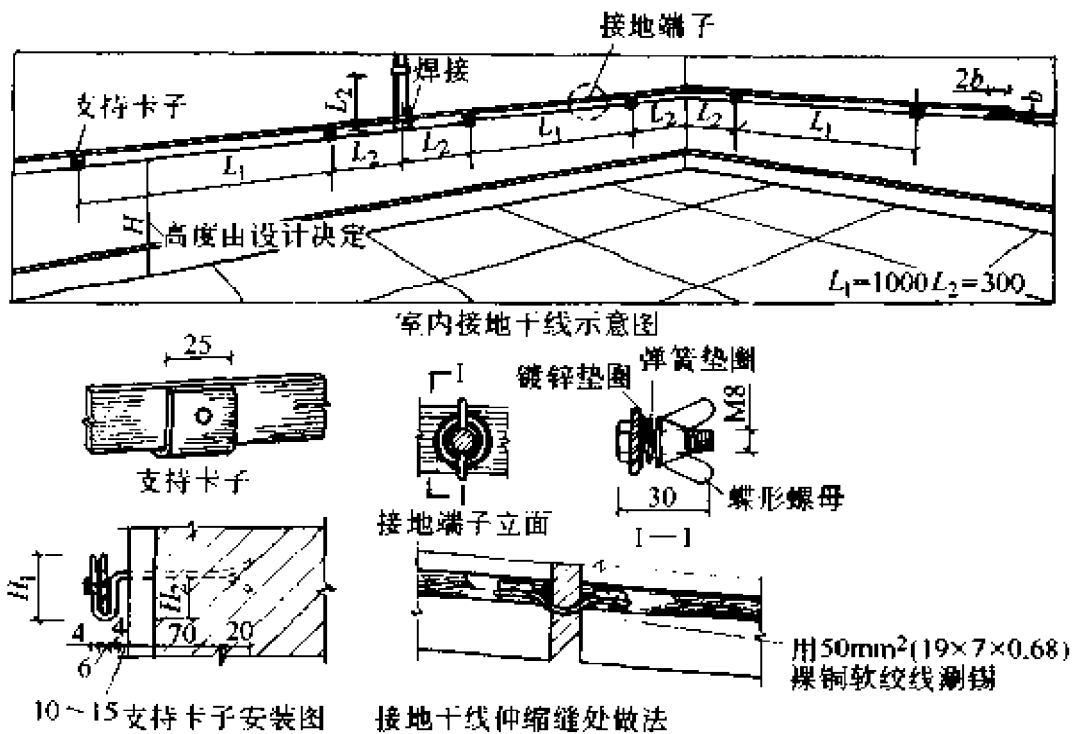
主要有三点:

1. 有连接接地线的特殊插头座,如单相三孔、三相四孔插头插座,不要使接地触头后接通、先断开。
2. 金属外壳的插座,特别要注意,不要忽视接地触头和金属外壳的电气连接。
3. 接地线不要使用单芯线,更不要使用一般铁线、铝线,而应用软铜线。
4. 接地线截面不可过小,接地铜线截面 $\geq 1.5\text{mm}^2$ 。

8.50 室内接地干线安装的禁忌

室内接地干线的安装不应忽视下列禁忌要求:

1. 支持卡子间距 L_1 不应大于 1m , 分支拐弯处 L_2 不应大于 0.3m ;
2. 接地干线距地面的高度 H 一般不小于 0.2m ;
3. 支持卡子距墙 $10\sim 15\text{mm}$;
4. 接地干线经建筑物的伸缩、沉降缝时应当适当留有裕度,或采取软连接;
5. 接地干线穿越建筑物处,应采取保护措施。



室内接地干线示意图

支持卡子

接地端子立面

10~15支持卡子安装图

接地干线伸缩缝处做法

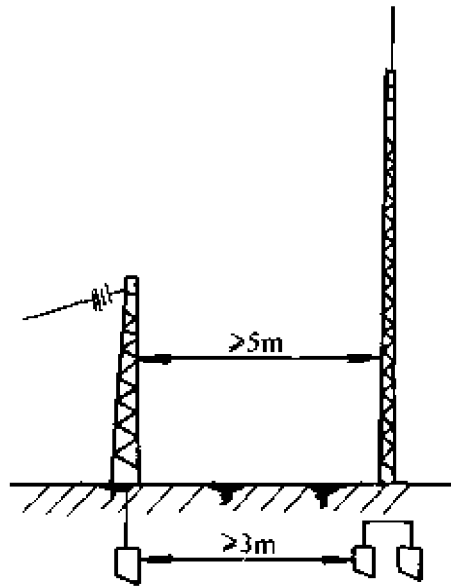
8.51 防雷接地装置工频接地电阻最大允许值

1. 独立避雷针， 10Ω ；
2. 电力架空线路避雷线根据土壤电阻率不同，分别为 $10\sim 30\Omega$ ；
3. 变配电所母线上的阀型避雷器为 5Ω ；
4. 变电所架空进线段的管型避雷器为 10Ω ；
5. 低压进户线的绝缘子铁脚为 $20\sim 30\Omega$ ；
6. 烟囱避雷针为 30Ω ；
7. 水塔上避雷针为 30Ω 。

8.52 独立避雷针与电气设备的距离不可过小

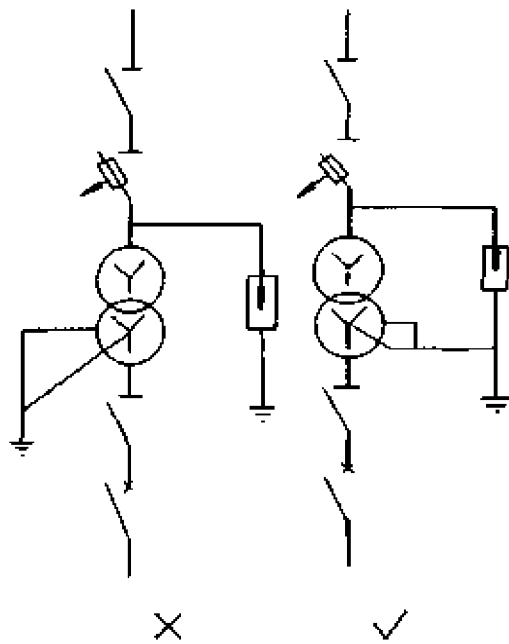
独立避雷针受雷击时，会在接地电阻和避雷针产生很高的电压降，对附近的电气设备引起反击现象。因此，要求独立避雷针与配电装置导电部分间以及与变电所电气设备和架构接地部分间的空气距离，一般不应小于 5m 。

避雷针的接地装置与变电所的接地网之间，也必须保持一定的距离，否则在地下也可能发生击穿。因此，独立避雷针的接地装置与变电所接地网间的地下距离，一般不应小于 3m 。

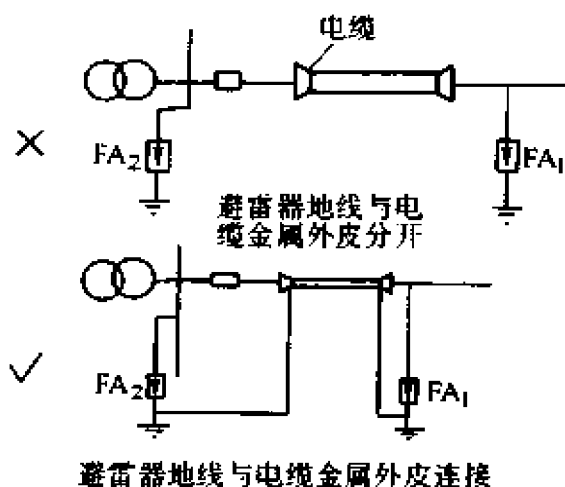


8.53 阀型避雷器与配电变压器的接地线不要分开

避雷器的接地线应与变压器低压线圈中性点及变压器金属外壳连接在一起共同接地。这种接法可以使变压器高压侧受雷击引起避雷器放电时，变压器主绝缘所承受的电压仅是避雷器的残压，而接地装置上的电压降并不作用在变压器主绝缘上，使阀型避雷器与变压器得到较好的绝缘配合，减少高、低压线圈间和高压线圈对变压器外壳之间发生绝缘击穿的危险。



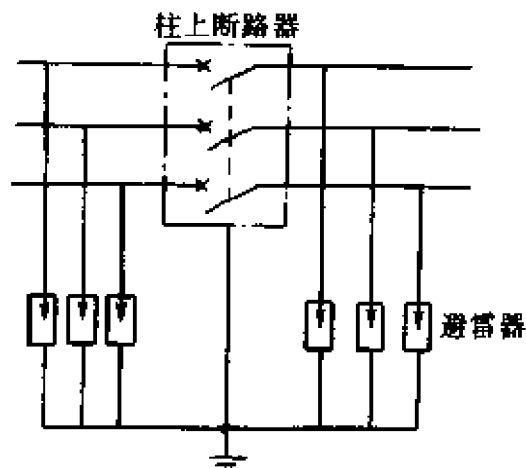
8.54 阀型避雷器的接地线与被保护的电缆的金属外皮不应分开



阀型避雷器的接地线应与电缆金属外皮连接。因为雷击线路时，一部分雷电流沿电缆外皮流入大地，而电缆芯线上将感应出一个反电动势，阻止雷电流沿电缆芯线侵入配电装置，降低了配电装置上过电压的幅值和陡度。这种接法还可以使避雷器放电时加在电缆主绝缘上的过电压仅为避雷器的残压。

8.55 架空线路柱上断路器应装阀型避雷器保护

10kV 架空线路柱上油断路器和负荷开关，由于绝缘水平不高，相间距离又比较小，应防止因受雷击引起闪络造成短路。通常的做法是在靠近开关处装设阀型避雷器。对经常断路运行而又带电的柱上断路器，应在带电侧装设避雷器，其接地线应与开关外壳连接在一起，接地电阻不超过 10Ω 。对经常闭路运行的开关，只在电源侧安装避雷器，对经常断路运行的联络线路的开关，则应在开关两侧装设避雷器。如图示。

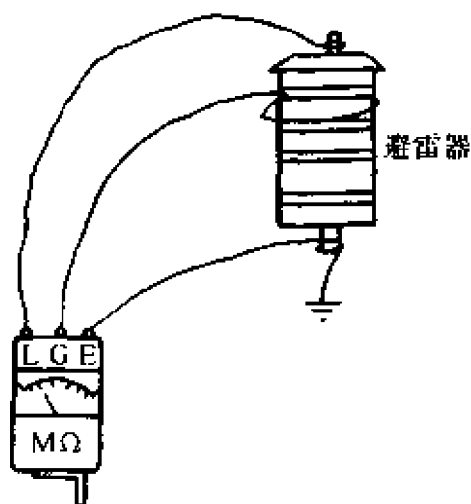


8.56 不要忽视阀型避雷器运行中的检查和维护

为了保证避雷器运行的可靠性，正常运行中应定期巡检、维护。雷雨之后及发生操作过电压时，应进行特殊巡检。

检查重点是：

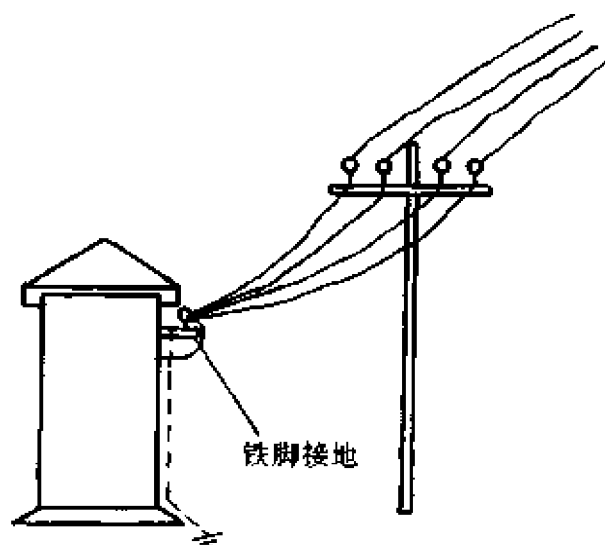
1. 瓷套表面污秽情况及有无缺损破裂；
2. 引下线和接地线有无烧痕和断股现象；
3. 避雷器上、下两端的密封是否良好；
4. 内部有无异常响声。如有，则应视作内部故障的先兆，应停止运行。



为了能预先发现内部隐藏的缺陷，应按规定周期清扫和做预防性试验。

8.57 雷电冲击波沿低压架空线入室的可能性不可忽视

低压架空线路一般绝缘水平较低，很容易遭受雷击。同时，低压架空线直接引入用户时，低压电气设备绝缘水平也很低，人接触的机会又较多，因此必须考虑雷电冲击波沿线侵入室内的防雷保护。为了降低雷电冲击波的幅值，最简单的做法是将接户线的绝缘子铁脚接地，其工频接地电阻不超过 30Ω 。

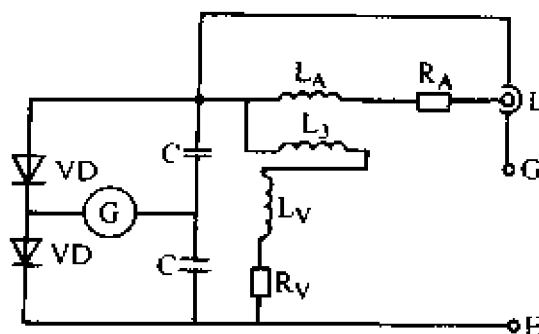


电力设备的交接试验

8.58 绝缘电阻试验不可忽视的事项

主要注意事项：

1. 试验前，使用绝缘工具将被试品充分短路接地放电；
2. 被试品表面应擦净；
3. 根据设备的额定电压，选择适当的摇表；
4. 摇表要放置平稳，调整好水平位置；
5. 带电的设备和有可能感应出高电压的设备，不可测试；
6. 尽可能拆开和其它设备的连接线；
7. 三相设备，宜分相测试；
8. 引线应绝缘良好，火线不得拖在地上或碰触其它设备；
9. 手摇兆欧表速度均匀尽量接近 120r/min；
10. 读数后先断火线再停摇表；
11. 被试品的屏蔽环，应接近火线，而远离接地部分；
12. 试验后的设备必须进行放电；
13. 记录下测试的时间，温度、湿度及天气情况；
14. 绝缘电阻值过低或三相不平衡比较严重的，应进一步检查，甚至解体测试。



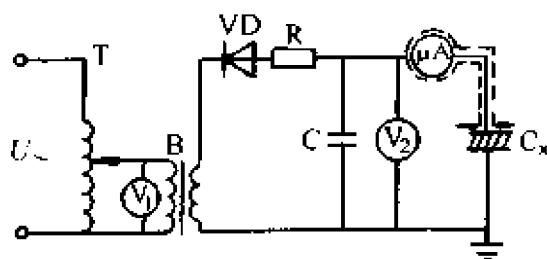
摇表接线原理

8.59 直流泄漏电流及直流耐压试验中不可忽视的事项

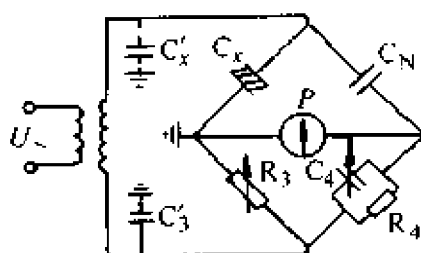
主要注意事项：

1. 被试品表面应擦净；
2. 能分相试验的被试品，应分相试验，非试验相应短路接地；
3. 试验电容量小的被试品，应加稳压电容；
4. 使用微安表，应接在高压侧；
5. 从微安表到被试品这一段导线应采用屏蔽线；
6. 微安表旁应装并联刀开关，以便不让微安表有放电电流流过；

7. 试验结束，通过电阻放电。

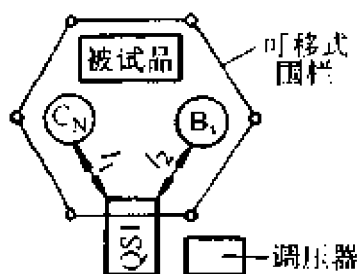


8.60 介质损失的测量中不可忽视的事项



对角接线原理图

C_x —高压端寄生电容
 C_3 —低压端寄生电容



测量 $\text{tg}\delta$ 时的设备布置图

主要注意事项：

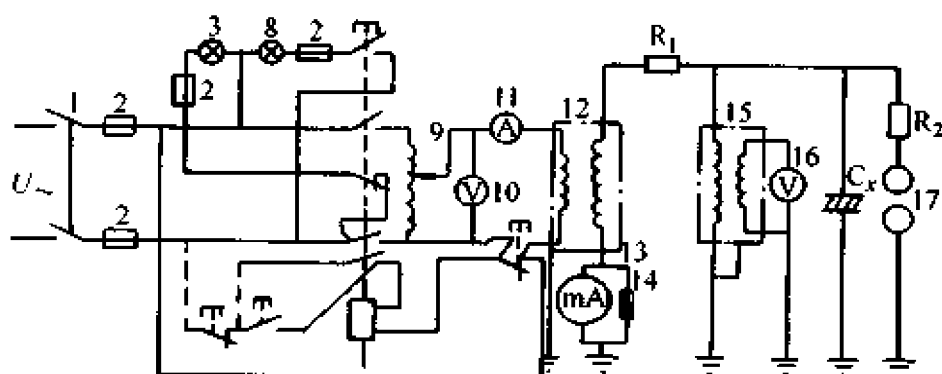
1. 被试品表面应擦净；
2. 注意避免外界电场对测量的干扰，如切断或远离干扰电源；把试品用金属网罩起来或采用倒相方法；
3. 电桥桥体外壳应用导线可靠接地；
4. 桥体及标准电容器的绝缘应保持良好的；
5. 测试设备布置合理；
6. 记录温度、湿度及天气情况。

8.61 工频交流耐压试验中不可忽视的事项

主要注意事项：

1. 被试品应擦净；
2. 事先明确正确的试验回路、选择合乎要求的试验设备、合适的试验电压和耐压时间；
3. 充油设备应在充油后静置一段时间，再做试验；
4. 试验区设备合理布置，并注意安全距离；
5. 接上被试品后，先检查调压器是否在零位，然后方可合上电源开关；
6. 升压必须从零开始，均匀升压，不得冲击；

7. 密切监视试验中发生的放电现象；
8. 试验中，若由于潮气、温度、脏污引起被试品表面滑闪放电或空气放电，则须进行清洁或干燥，然后再试验；
9. 交流耐压试验前后，应对被试品的绝缘电阻进行比较，如耐压后绝缘电阻明显下降，则说明绝缘不好；
10. 有些被试品，耐压后进行放电，然后立即用手触摸，发热处则表明有缺陷。

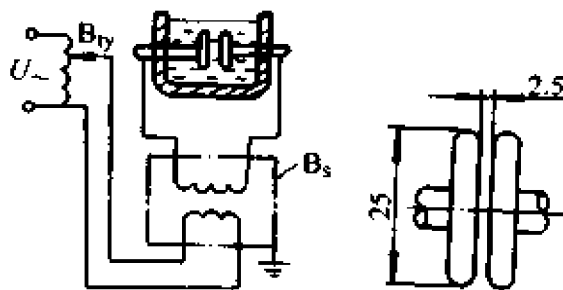


交流耐压试验接线图

8.62 不要忽视绝缘油试验的取样方法

对绝缘油进行理化、电气性能及色谱微水分析。要使绝缘油试验结果能够真实地反映设备的运行情况，必须注意正确掌握取油样的方法。

1. 取油样的部位应取在电气设备的底部，在放油阀处取样；
2. 取油样的容器，在使用前应清洁烘干；
3. 油样要尽量注满容器，以免油中溶解的气体挥发；
4. 油样应避免受热和在阳光下曝晒；



油击穿强度试验接线及电极尺寸

5. 油样在运输过程中应避免剧烈震荡；
6. 尽量做到取样后立即试验；
7. 充油设备注油后需静置 8h 后方可取样；
8. 油样中避免落入油垢，灰尘、纤维等杂质，同时又要防止水分或潮气侵入。

工厂供用电合理化管理

8.63 工厂内部电压偏移不应超过 $\pm 5\%$

用电设备的端电压等于额定电压时,设备的效率和寿命都是最高的,所以应力争用电设备在额定电压或临近额定电压状态下工作。为使电压偏移不致过大,可采取下列措施:

1. 根据负荷的类别、容量、分布情况,尽量采用高电压深入负荷中心的供电方式。

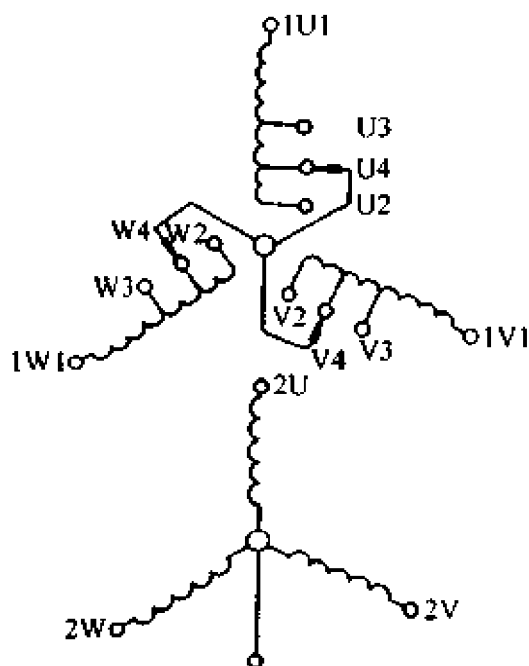
2. 根据用电负荷的大小,正确选择配置变压器的容量,做到高效运行。

3. 运行中的变压器,注意调整变压器的变比和电压分接头。

4. 注意尽量缩短线路距离,并使线路截面足够大。

5. 注意调整负荷,使三相负荷尽量均衡,减少不平衡电压对电压偏移的影响。

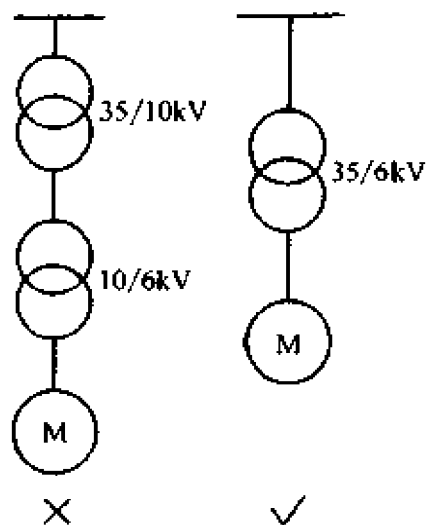
6. 必要时配置无功补偿设备,调整电压的偏移。



8.64 工厂内部线损不可不控制

电能 在 传 送 过 程 中,经 过 变 配 电 装 置,会 产 生 一 定 的 损 耗。根 据 国 家 标 准 规 定,工 厂 内 部 线 损 率 应 达 到 下 列 指 标:一 次 变 压 为 3.5% 以 下;二 次 变 压 为 5.5% 以 下;三 次 变 压 为 7% 以 下。为 此 可 采 取 下 列 措 施:

1. 尽量 减 少 变 压 次 数;
2. 合 理 提 高 供 电 电 压;
3. 安 装 无 功 补 偿 设 备;
4. 尽 力 降 低 三 相 负 荷 电 流 不 平 衡 度;
5. 调 整 改 进 线 路 布 局;
6. 减 少 接 触 损 耗、泄 漏 损 耗;
7. 定 期 校 验 仪 表,确 保 计 量 准 确 度。

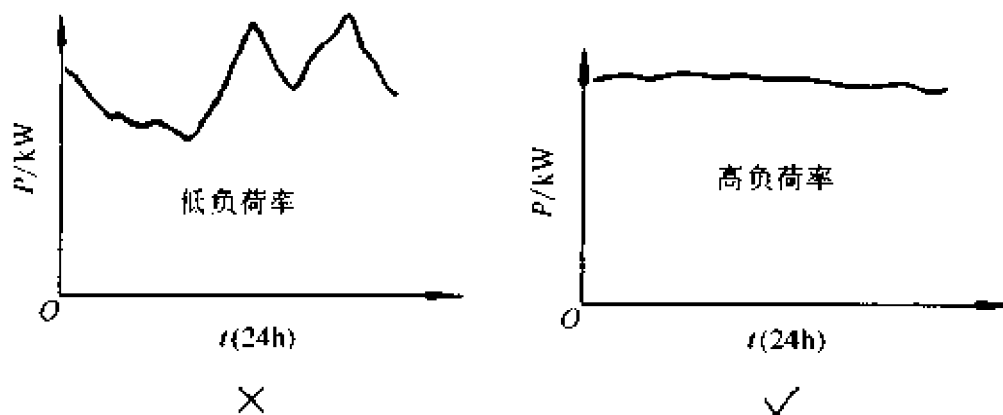


8.65 工厂内部负荷率不应过低

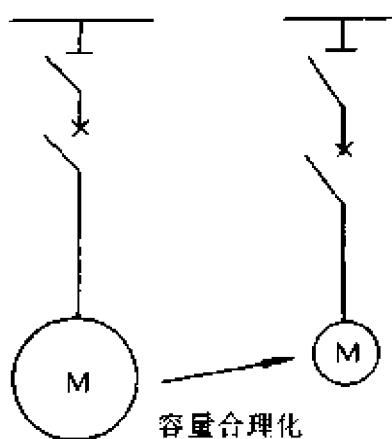
负荷率是衡量平均负荷与最高负荷之间的差异程度，是反映工厂用电均衡程度的一个指标。工厂日负荷率不应低于：连续生产为 95%；三班制生产为 85%；二班制生产为 60%；一班制生产为 30%。

提高负荷率的主要措施：

1. 分析负荷曲线，掌握用电负荷特点和规律；
2. 调节生产工序，工作时间，尽力降低最高负荷；
3. 调整大容量用电设备开停时间，充分利用电力系统低谷期用电；
4. 根据生产工艺，严格实行计划用电。



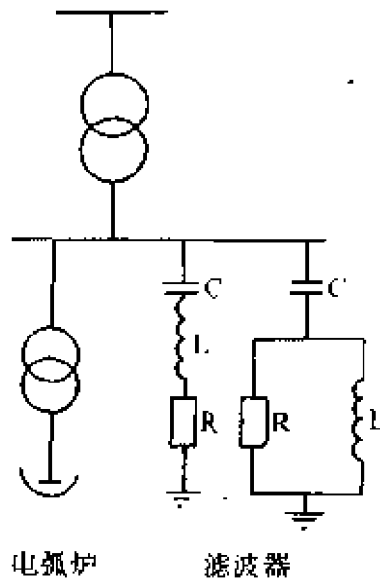
8.66 工厂用电功率因数不应过低



功率因数越高，则说明其消耗的无功电量减少，电力有效利用程度越高。反之功率因数越低，则电力没有得到充分的利用。要提高功率因数，首先要抓提高自然功率因数的措施，必要时则采用无功补偿装置。提高自然功率因数的主要措施：

1. 选用容量合适的异步电动机；
2. 更换轻负荷异步电动机；
3. 合理选用同步电动机；
4. 限制机床电动机和电焊机的空载运行；
5. 避免电力变压器的轻负荷运行；
6. 合理选用变压器分接开关档位。

8.67 工厂内部高次谐波不应超过限度



高次谐波量过大并注入电网,即对本单位设备的安全经济运行不利,而且也危害上一级电网的安全。抑制谐波的主要措施:

1. 摸清谐波源的性能和运行规律及谐波量值；
2. 采取必要的措施,抑制谐波的扩散；
3. 对接入电网的电力电容器组经校验如会发生谐振和谐波放大,则应安装串联电抗器。

8.68 不要忽视安全用电的技术管理工作

安全用电技术管理的重要手段,其一是制订并严格贯彻执行电气规程和制度;其二是建立健全电气技术管理资料。

主要规程制度应有:

- | | |
|--------------|--------------|
| 1. 电气安全工作规程; | 4. 电气设备维护规程; |
| 2. 电气运行操作规程; | 5. 电气设备检修规程; |
| 3. 电气设备使用规程; | 6. 电气事故处理规程; |

7. 电气岗位责任制度；
 8. 电气设备缺陷管理制度；
 9. 临时线路管理制度；
 10. 工作票、操作票管理制度；
 11. 变、配电所防火管理制度；
 12. 电工培训、考核管理制度；
- 主要技术管理资料有：
1. 系统主接线图；
 2. 变、配电所平面布置图；
 3. 主要用电设备分布图；
 4. 变、配电线路路径图；
 5. 电气隐蔽工程竣工图；
 6. 电气二次接线图；
 7. 直流系统图；
 8. 操作模拟图板；
 9. 变、配电所运行记录；
 10. 变、配电所运行日志；
 11. 变、配电所巡检记录；
 12. 变、配电所开关掉闸记录；
 13. 避雷器放电记录；
 13. 交接班制度；
 14. 巡视检查制度；
 15. 调荷节电管理制度；
 16. 电气设备验收制度；
 17. 门禁制度。
14. 电气设备检修记录；
 15. 电气设备试验记录；
 16. 电气缺陷及处理记录；
 17. 安全用具管理记录；
 18. 电工管理记录；
 19. 事故分析记录；
 20. 电气设备技术档案；
 21. 供、用电协议文件；
 22. 运行分析记录；
 23. 反事故演习记录；
 24. 调度操作命令记录；
 25. 紧急限电拉闸顺序表。

9 有关电气试验中的问题

试验电源的问题

- 9.1 不能忽视低压电器试验电源的质量要求 220
- 9.2 不要用晶闸管调压装置作为耐压试验的电源 220
- 9.3 耐压试验变压器的容量不要过大或过小 221

测试仪器的問題

- 9.4 测量直流电流不宜用交、直流两用电表 221
- 9.5 测量绝缘电阻时选择的兆欧表应避免电压过高或
过低 222
- 9.6 光线示波器使用的振子频率不宜过高或过低 222
- 9.7 不要用水银温度计测量有交变磁场部位的温度 223

电机试验的问题

- 9.8 工序间多次耐压试验不要用相同的电压值 223
- 9.9 不要以铁心温度代表绕组温度 224

低压电器试验的问题

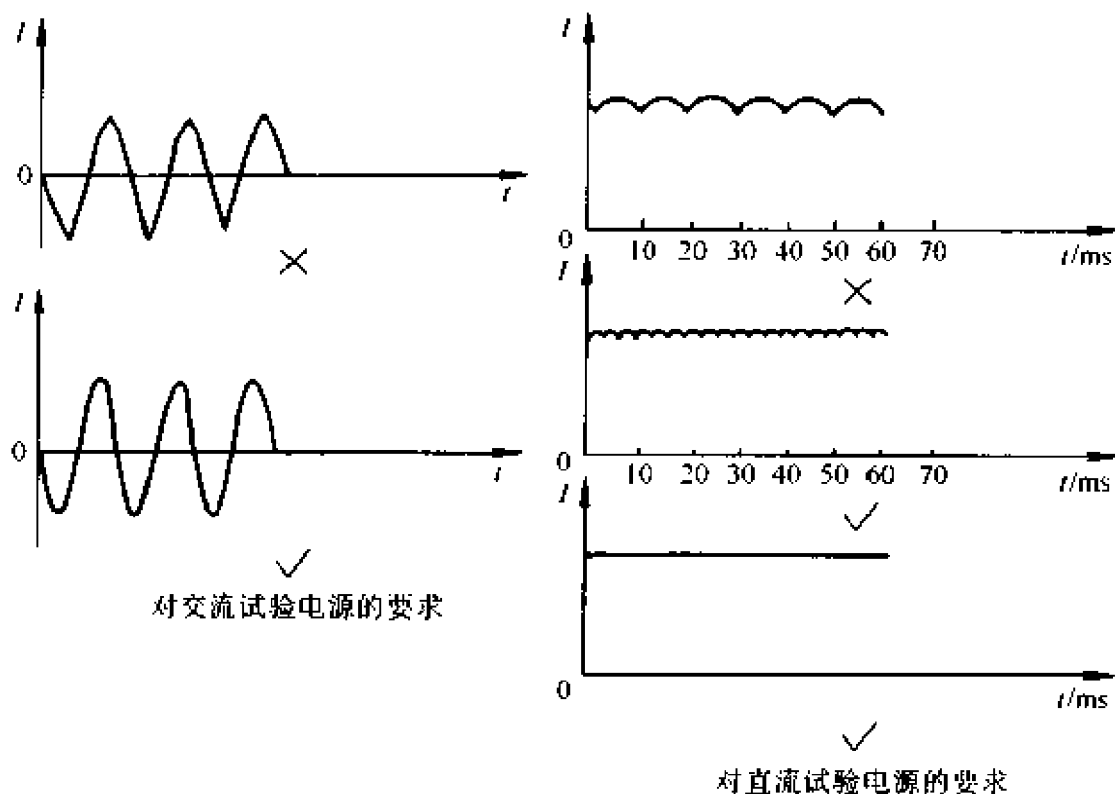
- 9.10 温升测量时要避免虚接、虚焊 225
- 9.11 测量温升时，数字电压表应避免靠近母线及
电源 225

9 有关电气试验中的问题

试验电源的问题

9.1 不能忽视低压电器试验电源的质量要求

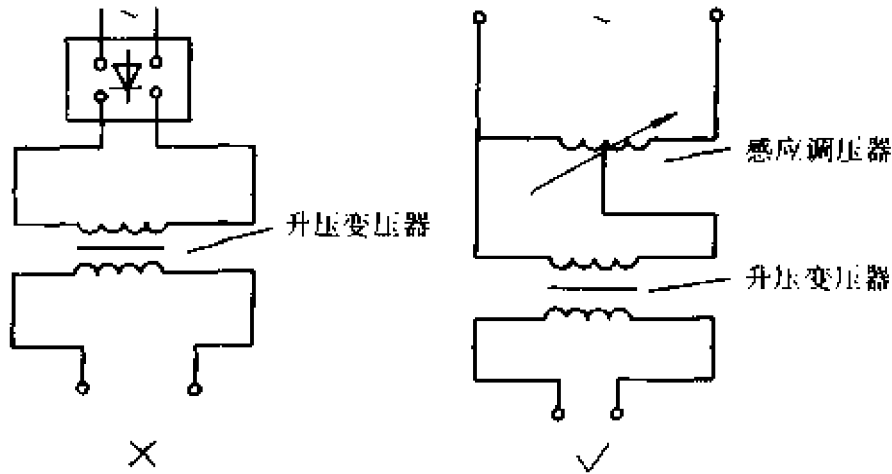
低压电器试验电源的质量对于试验结果及准确性至关重要，因此应按国家标准对其波形作具体的规定。这规定是：交流电源必须基本是正弦的；直流电源可以是发电机、蓄电池或三相桥式整流电源，电源空载电压的纹波系数不应大于5%，且接通直流回路时，电流上升率必须基本按指数曲线上升。



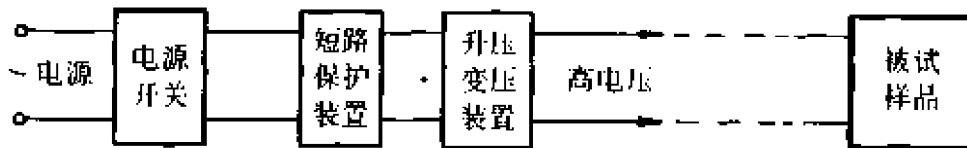
9.2 不要用晶闸管调压装置作为耐压试验的电源

绝缘承受电压的能力不仅与所加电压的大小、持续时间有关，而且与电压的升压速度、频率以及波形有关。耐压试验电压的波形应为正弦波。晶闸管调

压装置输出的电压波形中有较大的谐波分量,不能满足正弦波的要求,所以不能用品闸管调压装置作为电机绕组交流耐压试验的调压设备。



9.3 耐压试验变压器的容量不要过大或过小

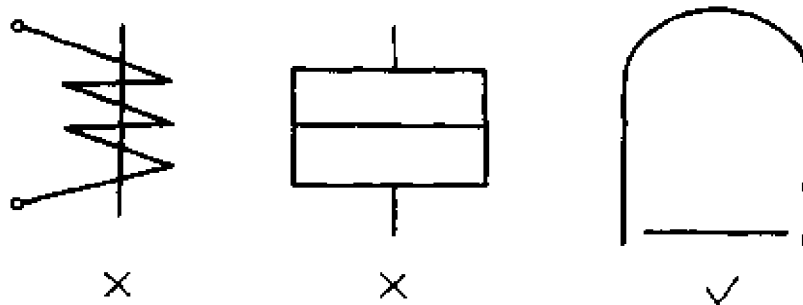


耐压试验台的变压器容量关系到耐压试验的准确性。变压器应符合高压输出端短路容量、被测产品允许的漏电流及输出波形的正弦性要求。容量过大,其漏电流较大对被试品过于严格;过小,对于被试品考核太轻,不易击穿。

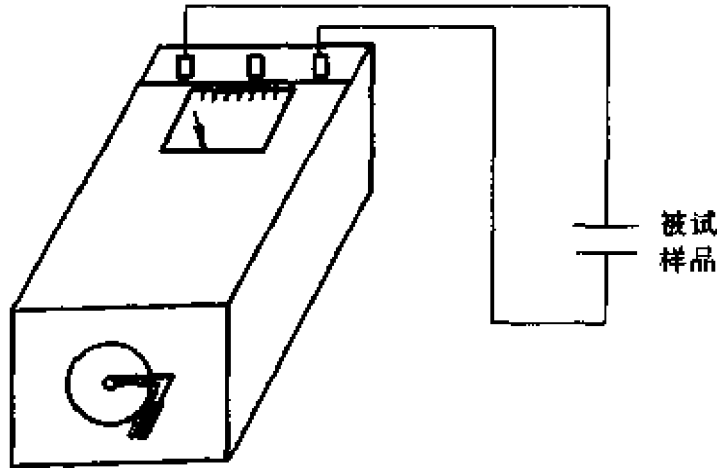
测试仪器的的问题

9.4 测量直流电流不宜用交、直流两用电表

测量直流量时,最好不用交、直流两用电表。因交、直流两用电表往往是电动式或电磁式仪表,这种仪表灵敏度和精度较差,有一定的误差。因此推荐用磁电式测量直流量专用仪表。



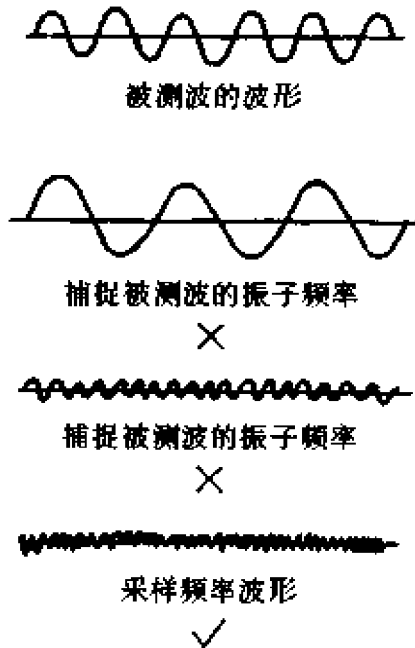
9.5 测量绝缘电阻时选择的兆欧表应避免电压过高或过低



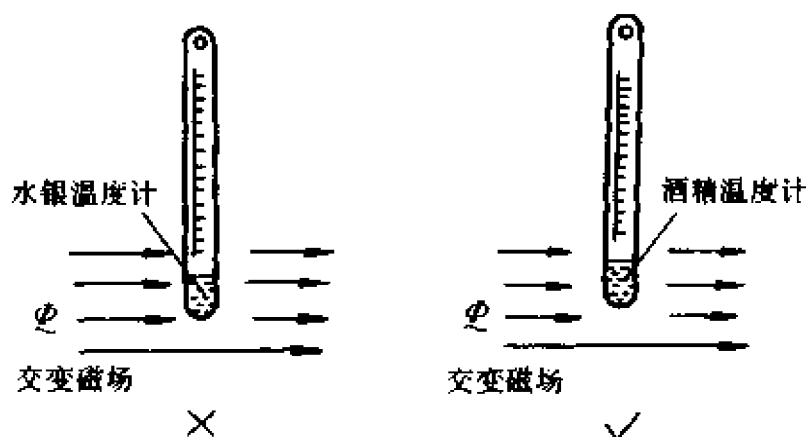
测量绝缘电阻使用的兆欧表，应按国家标准推荐的电压等级进行选择。兆欧表选高电压，容易使被试品击穿。低电压的表泄漏电流小，不容易暴露绝缘材料的薄弱环节。所测绝缘电阻值，要在国家标准或产品标准规定范围内。

9.6 光线示波器使用的振子频率不宜过高或过低

低压电器试验捕捉数据和记录波形的 basic 手段是采用瞬态记录仪和光线示波器。瞬态记录往往用在熔断器试验及较特殊的试验场合，如新产品及材料的研制、试验等。大部分试验站目前使用的记录仪仍是光线示波器，而光线示波器的核心元件是振子。从理论上讲，振子的频率和灵敏度越高越好，高频率的会使电器产品在电路发生变化过程中的变化全部捕捉到。但在实际情况下并非如此，振子频率越高，其灵敏度越低。在实际测试时，并在电弧两端的电阻就很小；而且随着频率的增高，可能超出国标的要求。因此，存在着灵敏度和频率之间的矛盾。鉴于以上情况，根据实际经验和对频率的要求，一般选用振子的频率大于被测信号的频率的 8 倍以上。在低压电器的试验中采用振子的频率往往为 1200Hz 和 2500Hz 为最佳。



9.7 不要用水银温度计测量有交变磁场部位的温度

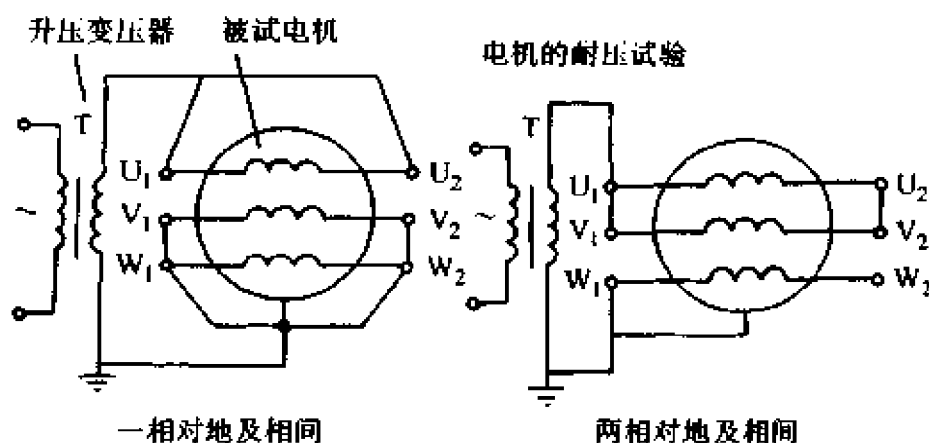


水银(汞)是电的良好导体,当水银温度计处在电机内部强交变磁场或移动磁场部位时,磁场会在水银中感应涡流,使水银温度上升,造成测量误差。而且水银有毒,温度计一旦破损,会产生有毒气体。水银与有色金属生成汞合金,不易清理。

酒精温度计没有上述感应涡流的问题,而且酒精无毒,所以测量电机、变压器绕组温度时,不用水银温度计,而采用酒精温度计。

电机试验的问题

9.8 工序间多次耐压试验不要用相同的电压值



绕组是电机的重要部件,绕组的质量关系到人身及设备的安全。绕组的材料及工时费用较多,故绕组的破坏会使电机成本大大增加。

为保证绕组质量,绕组制造过程中各工序都要仔细检查。除了检查机械尺寸及外观,更重要的是绝缘质量的检查。各工序间耐压数值的选择是重要的问题。

1. 绕组的对地及相间耐压试验：考虑到绝缘可能因经某工序加工后受到一定程度的损伤，因此多次的耐压试验值应逐步降低。如对于额定电压为 380V 的电机，下线后浸漆前打耐压 2260V，电机出厂试验时打耐压 1760V。

2. 匝间绝缘试验：用冲击电压法时，我国标准仅规定了电机成品的冲击电压峰值，而对下线后浸漆前的数值未作规定，由制造厂根据实际情况自行规定。有的厂考虑到峰值电压过高容易使空气游离，导致导线绝缘的破坏，因而规定下线后浸漆前冲击电压峰值为 2200V，而成品的冲击电压峰值为 2500V（以上均对 380V 电机而言）。实践证明这样规定比较合理，既能检查出因绕组下线时的损伤而造成匝间绝缘的破坏，又避免了因冲击电压值过高，空气游离，使匝间破压率增加。

9.9 不要以铁心温度代表绕组温度

电机铭牌上的温升是指电机定子绕组的平均温升，一般用电阻法测量。其原理是导体发热时电阻增加，通过测量冷热状态下的电阻值来计算绕组温升（Q）

$$Q = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (235 + t_1) + (t_1 - t_2)$$

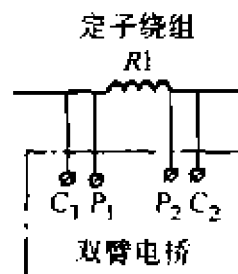
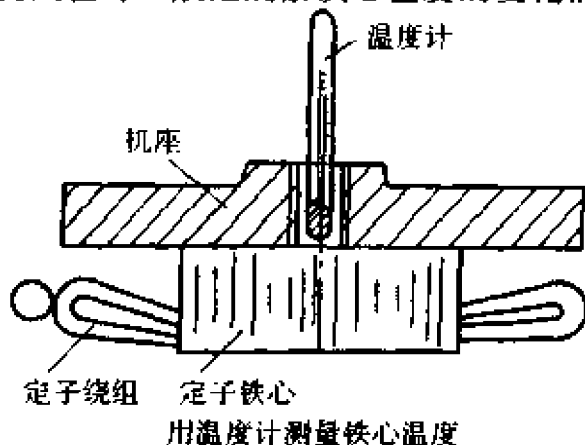
式中， R_2 为绕组热态电阻（ Ω ）； R_1 为绕组冷态电阻（ Ω ）； t_2 为试验结束时的冷却介质温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）； t_1 为试验开始时的绕组温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）。

电阻法的测量结果代表绕组的平均温升。

测量铁心温度时，一般是将电机吊攀取走后，在吊攀孔内插入温度计。其测量结果代表该处的铁心温度。

电机运转时电机线圈的温度最高。封闭式电机线圈的热量经过铁心传至机座散发出去。铁心比线圈散热情况好，故一般铁心温度比线圈温度要低 20~40 $^{\circ}\text{C}$ 。所以不能以铁心温度代表绕组温度。

电机试验时一般是观察铁心温度的变化情况，作为判断电机温升是否达

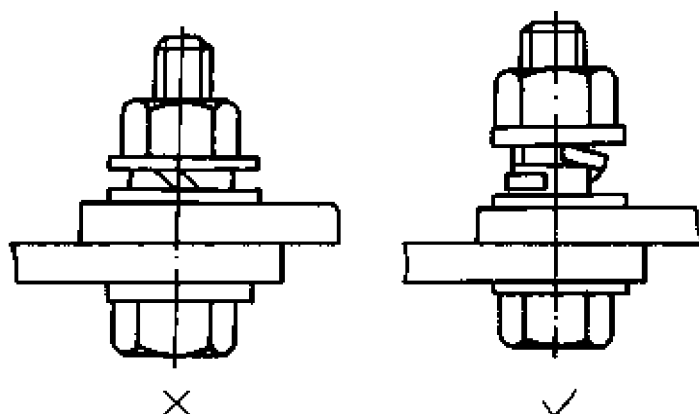


用电阻法测量
定子绕组温度

到稳定的参考值。

低压电器试验的问题

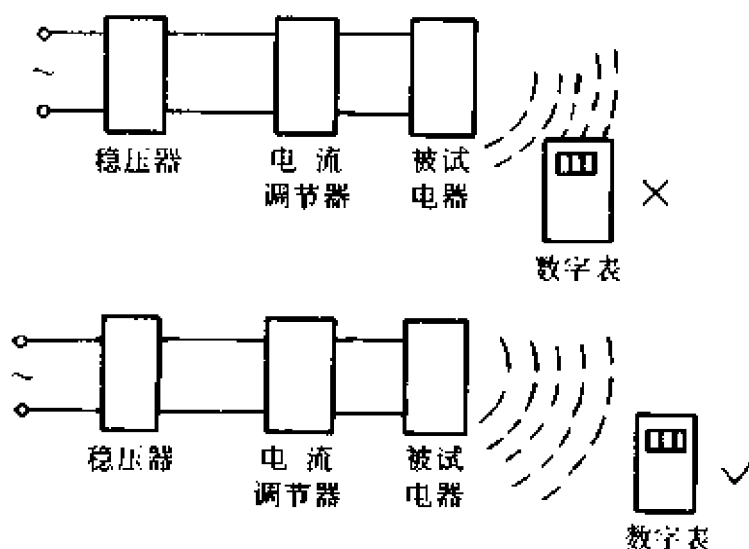
9.10 温升测量时要避免虚接、虚焊



温升测量时导线若不拧紧，或没焊好，就会造成温升的“虚假现象”，即局部温升特别高。这是由于不焊牢、不拧紧使局部的接触电阻加大，因而使线路压降增加造成的。严重时使测量温升的回路不通，甚至使产品损坏。

热电偶虚焊也会造成温升测量不准确。

9.11 测量温升时，数字电压表应避免靠近母线及电源



数字电压表虽然具有一定的抗电场及磁场干扰的能力，但终究电磁场对数字电压测量的结果有一定影响。远离测量电器温升的电源及母线则可避免此现象。

10 有关电气安全设计的问题

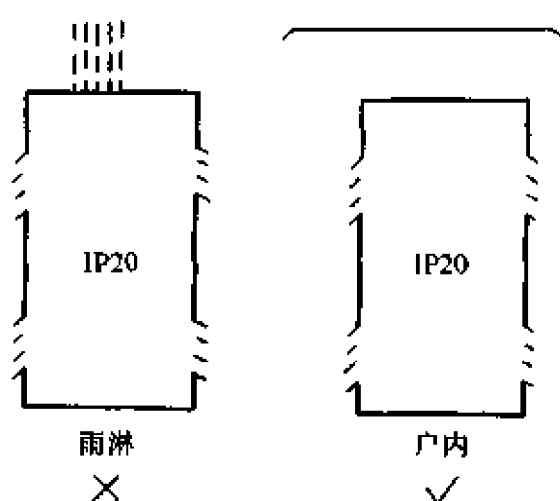
- 10.1 产品的外壳防护等级不要和使用环境不一致 227
- 10.2 避免由于设备不便于移动搬运造成伤害 227
- 10.3 避免由于设备稳定性差而造成安全事故 228
- 10.4 避免由于对设备中各材料选择不当造成损害 228
- 10.5 避免对安全距离考虑不周造成人体伤害 228
- 10.6 避免对爬电距离和电气间隙考虑不周造成人身伤害 229
- 10.7 避免由于安装不当引起电气火灾 230
- 10.8 避免由于操作程序错误引起电气火灾 230
- 10.9 避免由于电气设备的超载运行引起电气火灾 231
- 10.10 避免因过热和热辐射的隔离和冷却不当引起电气火灾 231
- 10.11 对电气设备不要错加电压 231
- 10.12 长期不用的电气设备不要放在潮湿环境中 232
- 10.13 没有安全接地或外壳带电的电机不能使用 232
- 10.14 不要使用绝缘电阻过低的电机 233
- 10.15 不要使用绕组接地的电机 234
- 10.16 不要使绕组端部对地电气间隙过小 234
- 10.17 接地螺钉上不能紧固其他零件 235
- 10.18 勿忘漏电保护电器的选用原则 235
- 10.19 使用漏电保护电器时勿忘注意事项 236

10 有关电气安全设计的问题

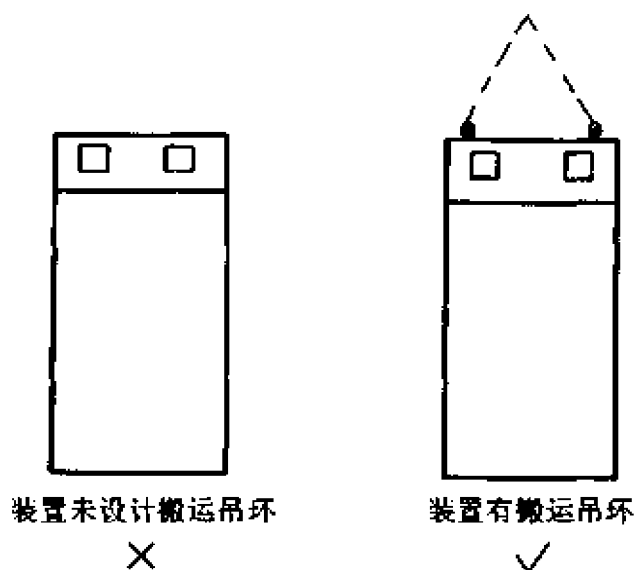
10.1 产品的外壳防护等级不要和使用环境不一致

外壳防护等级设计不当，将造成异物，液体或人体部分进入设备内部，引起人身伤害或设备损坏。

应根据电气设备的应用条件确定设备外壳的防异物、防触电和防水等级。(详见国家标准 GB4028《外壳防护等级的分类》)。以目前低压电器、电控装置常用的 IP20 级防护等级为例：该等级意味着外壳可防止人手指的插入，并可以经受直径 12mm、长 80mm 标准试验指的试验；但不防水，因此必须安装使用于无滴水的户内环境。



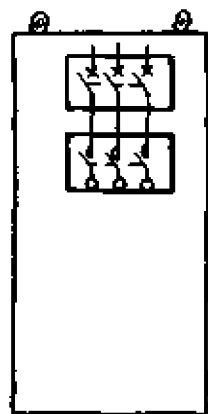
10.2 避免由于设备不便于移动搬运造成伤害



电气设备的外形结构应设计成便于移动和搬运，并配置必要的吊环或吊钩。对于不便于人力搬动的设备，必须装设或能够装设便于装卸的构件。对于在运输过程中可以拆卸的部件，例如工具或仪器，如果由于重量原因不能用手搬动，则要标明重量，而且要使人能识别出所注数据是指可拆卸的部件的重量。

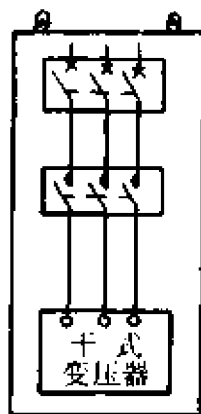
10.3 避免由于设备稳定性差而造成安全事故

立式设备的设计应保证不能由于振动、大风或其它外界作用力而翻倒。结构内部的设计和重量分布应尽量保证这一安全技术要求。重心应当尽量在下部。如果设备的稳定性只有通过安装在安装使用现场采取一定的方式或特殊措施才能实现时，则应在设备上或使用说明书中加以说明。固定式设备应留有固定孔，在安装地埋设地脚螺钉或其它限位部件，以保证设备的稳定性。



装置内，重量集中在上部，稳定性差

×



装置内，有合理的重量分布，稳定性好

✓

10.4 避免由于对设备中各材料选择不当造成损害

材料选择不当，将造成加速老化、腐蚀、绝缘性能降低和对人体形成危害。尤其是某些材料可能出现的物理和化学反应，造成环境污染并对人产生有害的生理和病理影响。所以设备选用的材料应能承受按条件规定使用时可能出现的物理和化学作用，以及不老化、不腐蚀，电气绝缘不降低。

设备选用材料对人体有不利影响时，应在设备上或说明书中注明，以利于采取安全技术措施。

10.5 避免对安全距离考虑不周造成人体伤害

操作与维修的安全距离是产品设计中必须保证的（比如拆换接触器的线

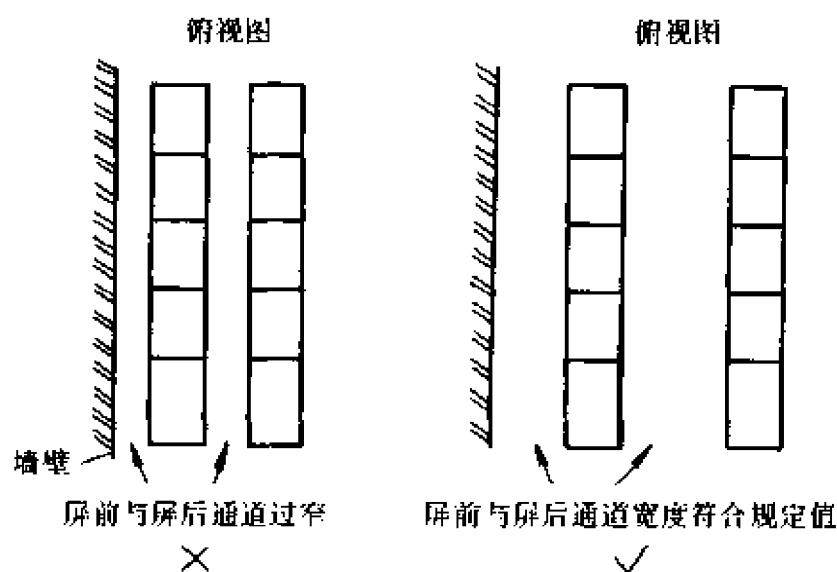
圈与触点), 它可防止在操作和维修时触及带电部分, 保证维修人员动作的能效与方便。

在电气设备和部件安装定位时, 带电部分与人或与所在场所墙壁之间, 开关、手柄等操作件与墙壁之间, 相对安置的操作件之间, 都应留有符合安全要求的距离。如: 低压配电装置的安全距离一般不小于以下数值:

当配电屏为单列布置时, 屏前通道为 1.5m。

当配电屏为双列布置时, 屏前通道为 2m。

屏后通道为 1m, 有困难时可减小为 0.8m。



10.6 避免对爬电距离和电气间隙考虑不周造成人身伤害

爬电距离(漏电距离)是在两个导体之间沿绝缘材料表面的最短距离要求, 而电气间隙是不同带电体之间或带电体与机壳(大地)之间不会发生击穿的安全距离, 这两个参数如考虑不周, 将会引起电路击穿, 绝缘失效。

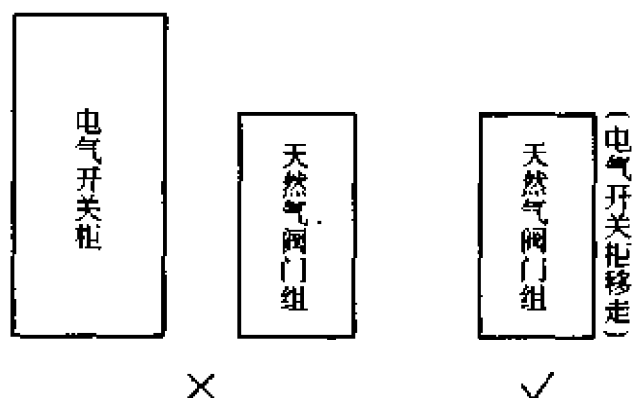
在确定电气间隙和爬电距离时, 应考虑额定电压、污染状况、绝缘材料、表面形状、位置方向、承受电压时间长短等多种使用条件 and 环境因素, 在先进的设备与产品标准中均有此规定值。如低压电器电控设备有以下规定:

| 额定电压/V | 爬电距离/mm | 电气间隙/mm |
|-------------------|---------|---------|
| ≤ 300 | 10 | 6 |
| $> 300 \sim 660$ | 14 | 8 |
| $> 660 \sim 800$ | 20 | 10 |
| $> 800 \sim 1500$ | 28 | 14 |

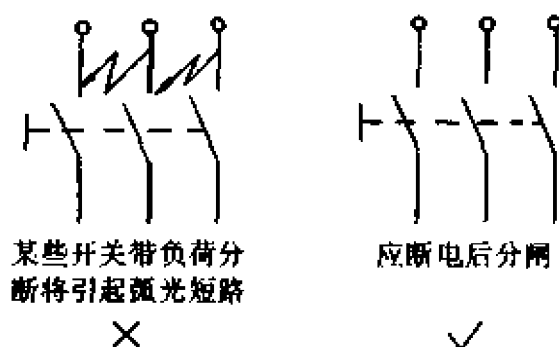
10.7 避免由于安装不当引起电气火灾

电气设备，特别是易引发电气火灾的设备，应避免以下情况的违章安装：

1. 安装在电气设备周围的外护物材料不能承受电气设备可能出现的最高温度。
2. 内含可燃性气体、液体的电气设备（如油浸变压器），其可燃性气体、液体的有害渗漏与扩散。
3. 可产生火花与电弧的电气设备，未对其火花与电弧进行安全消弧、设置安全消弧距离或进行隔离。
4. 电气设备安装处有易燃性物质。



10.8 避免由于操作程序错误引起电气火灾



使用操作程序错误可引起电气火灾，故应该作到：

1. 大容量隔离开关、熔断器开关不得带电切断负荷。应先断电，断电后再对其更换、维修。
2. 所有电热设备（电炉、电烘干箱、电烙铁）用后必须断电，切断开关。

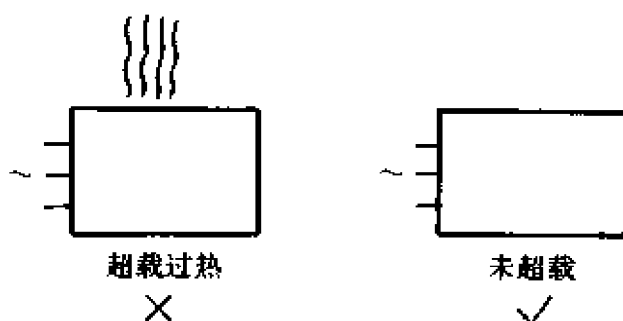
3. 鼓风加热系统及空调系统开机时先鼓风后加热, 停机时, 先停止加热再停止鼓风。

10.9 避免由于电气设备的超载运行引起电气火灾

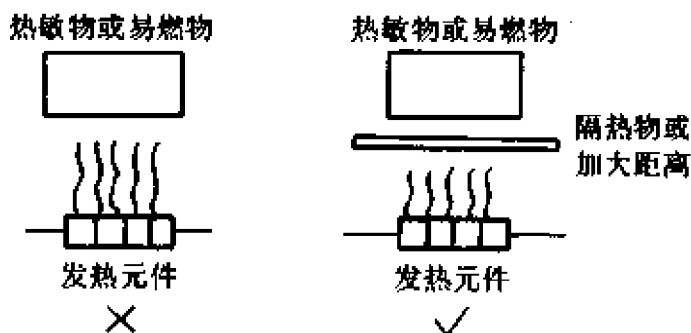
电气设备设计中如未对超载情况下的电流防护采取措施, 将会出现设备过热、自燃, 导致火灾。

除设备本身必须有一定的承受过负荷的能力。

电气设备设计时, 应充分考虑超载情况下的电流防护。采取限流和过流保护等措施。



10.10 避免因过热和热辐射的隔离和冷却不当引起电气火灾



对在正常运行条件下, 电气设备可能产生的热和热辐射应采取隔热、散热、强迫冷却等结构设计措施。

必须使电气设备的发热元件和建筑构件或易燃物料之间保持足够距离, 或以隔热物隔开, 以防止在正常工作中引燃物料。

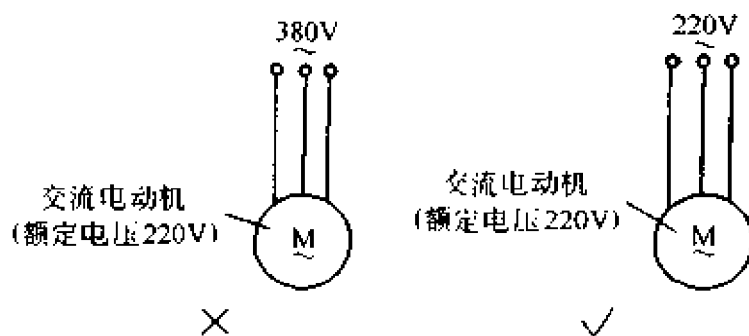
10.11 对电气设备不要错加电压

电气设备例如电机、变压器、接触器等都有铁心和线圈。为了充分发挥材料的效能、节约材料用量, 一般都使铁心设计在开始饱和但又不是很饱和的状态, 以求用铁、用铜的总有效材料费用最少。

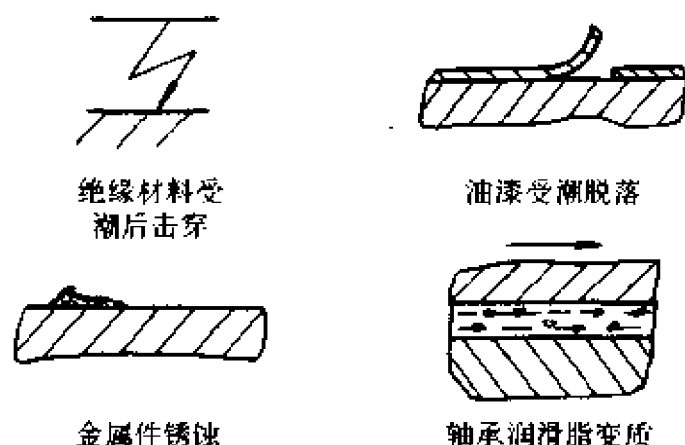
电气设备的电压加错后，就破坏了铁心和线圈最佳的工作状态。

如果所加电压低于产品的额定电压，则使电机的转矩减少，起动困难，电流增大，温升增高，长时间低压运行可能使产品烧毁。

如果所加电压高于产品的额定电压，使铁心处于高度饱和的状态，线圈的励磁电流大大增加，损耗加大，温升增高，对电气设备也很不利。



10.12 长期不用的电气设备不要放在潮湿环境中



潮湿环境中空气的相对湿度高，使产品表面粘附水膜。相对湿度达到95%以上时，产品内部容易凝聚水滴。

长期的潮湿环境造成：

1. 绝缘材料受潮后，机械和电气性能恶化，绕组的绝缘电阻下降，容易发生绝缘击穿和表面闪络。
2. 油漆脱落，表面失去光泽。
3. 金属件锈蚀。
4. 轴承润滑脂受潮变质。

10.13 没有安全接地或外壳带电的电机不能使用

接地装置包括埋入土壤内与大地直接接触的导体即接地体以及连接电气

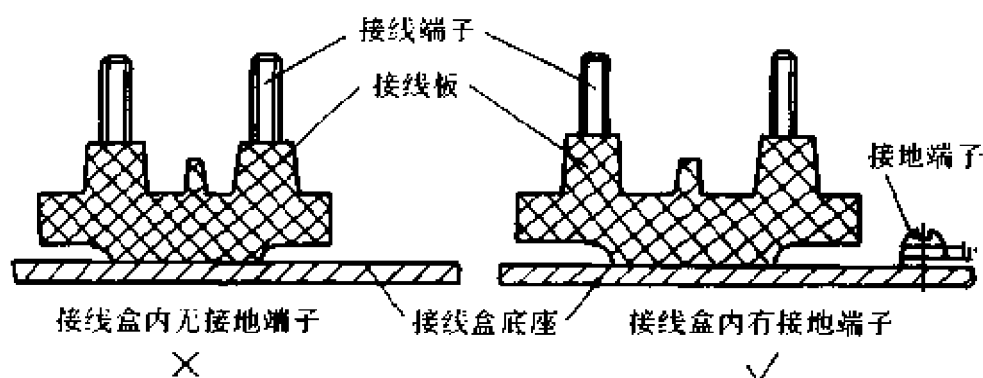
设备和接地体的金属导体即接地线。

将电气设备在正常情况下不带电的金属部分通过接地装置与大地紧密联接起来的做法称为电气接地。

电气接地是保证安全用电的重要措施。

为了保证安全,不要使用没有安全接地的电机。发现电机外壳带电时应查明原因,排除故障后方可继续运行。

对于绕组绝缘受潮的电机应进行烘干,绝缘损坏的应予以修复,检查绝缘良好,才能继续使用。



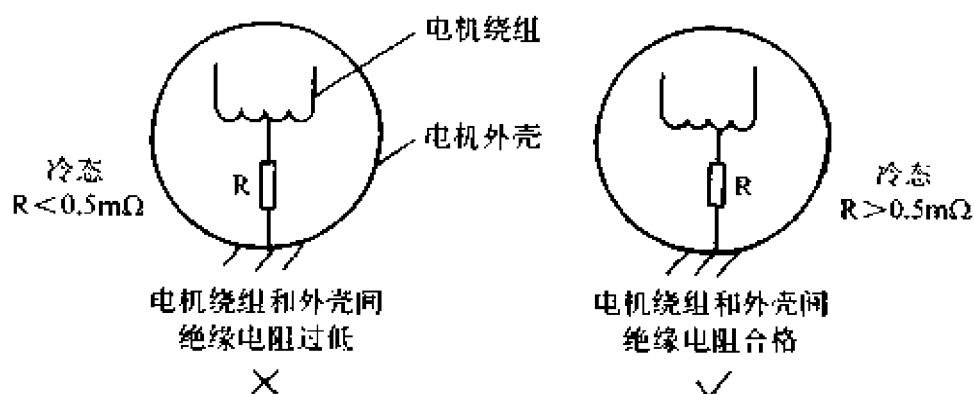
10.14 不要使用绝缘电阻过低的电机

电动机必须保持足够的绝缘强度才能安全运行。绝缘电阻高低是绕组绝缘状态的反映。电机绕组的热态(一般指 75°C)绝缘电阻应不低于工作电压每伏 1000Ω 。冷态绝缘电阻应不低于 $0.5\text{M}\Omega$ 。

绝缘电阻低于上述数值时应查明原因,排除故障后方可继续使用。

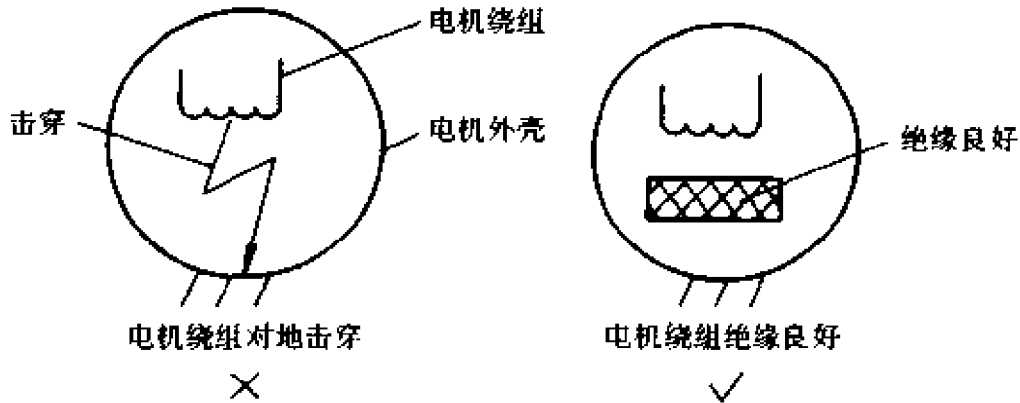
绝缘电阻低的原因有:

1. 绕组受潮或有水侵入;
2. 绕组上聚积灰尘或油污;



3. 绝缘老化；
4. 电机引出线或接线板绝缘破坏。

10.15 不要使用绕组接地的电机

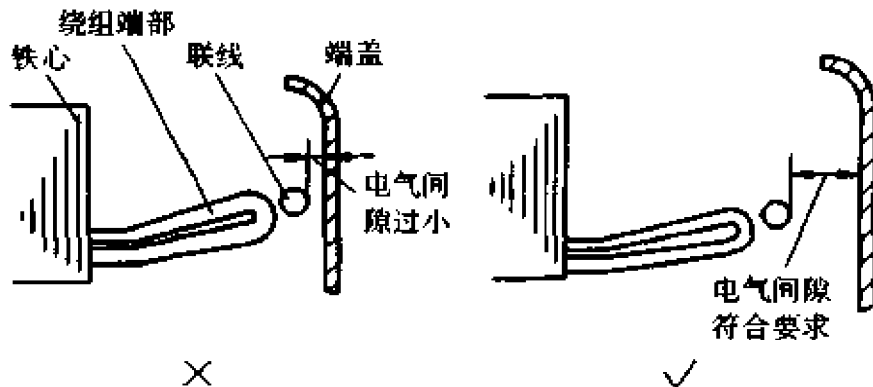


绕组接地的故障可能由于绕组绝缘老化或受机械损伤或电机引出线或接线板绝缘破损造成的。绕组接地使电机外壳带电，容易发生触电人身事故，所以不要使用这种电机。应首先检查绝缘损坏的部位，并修复后方可继续使用。本着先易后难的原则，先检查电机引出线及接线板，然后检查线圈端部及其他部位，对于绕组的局部故障，尽可能局部修复，重新垫好绝缘并浸漆、烘干。

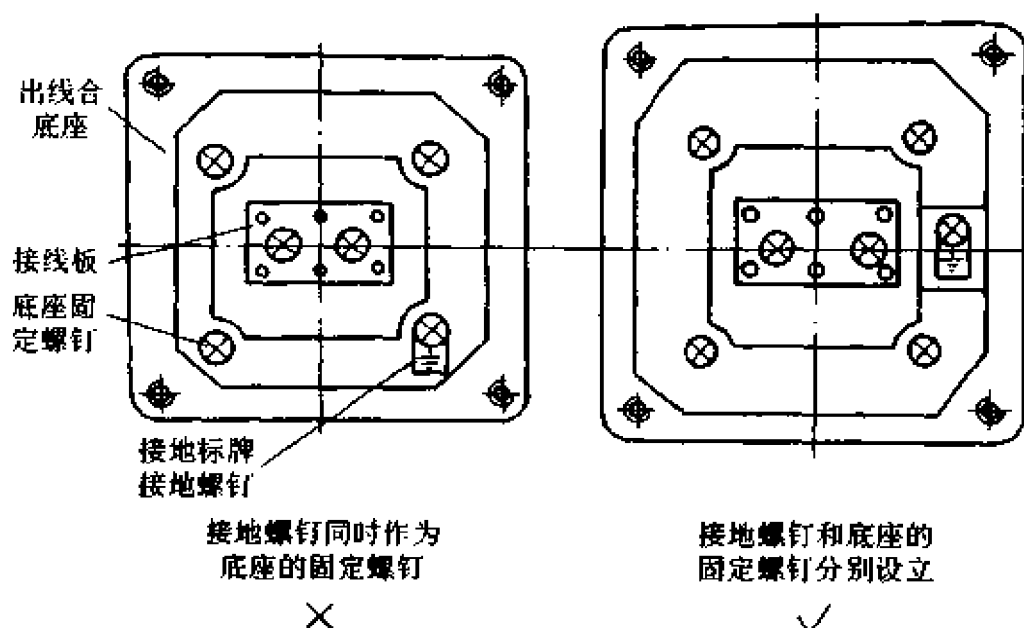
10.16 不要使绕组端部对地电气间隙过小

空气特别是潮湿空气容易在高电场作用下产生游离放电。电压一定时，绝缘距离越大，电场强度越低，不容易产生游离放电。所以带电零件和接地零件之间必须有足够的电气间隙。

对于低压电机，要求绕组端部各部位对地的电气间隙应不小于 20mm。对于高压电机，绕组端部各部位对地的最小电气间隙均有严格要求，如 6kV 高压电机，端部联线和端盖的距离应大于 40mm。



10.17 接地螺钉上不能紧固其他零件



电气接地是保证安全用电的重要措施。接地螺钉作为紧固接地线之用，应当在电气设备运行期间始终保持牢靠，使电气设备的接地电阻最小，以确保安全。我国有关标准规定，接地端子用的螺钉仅作为接地用。以免紧固其他导线时，因错接或联接松动影响接地的可靠性。

10.18 勿忘漏电保护电器的选用原则

漏电保护电器主要用于低压线路中，对人身触电或线路设备因漏电造成的火灾或爆炸事故进行保护。在线路设计中选用漏电保护电器时，必须遵守以下原则。否则，达不到保护的作用。

1. 漏电保护电器的额定电压和额定电流应大于或等于线路额定电压和负载电流。

2. 在配电系统中，由于配线与大地之间存在分布电容，总会产生一定的漏泄电流。在选用漏电保护电器时，必须考虑正常的漏电流不应使漏电保护电器动作。一般情况下，要求上述漏电值要小于额定漏电动作电流值的 1/10。

3. 额定漏电动作电流和额定漏电动作时间符合下表的要求：

| 用 途 | 额定漏电动作电流/A | 额定漏电动作时间/s |
|-------------------|------------|------------|
| 触电保护（用于每一分支电路） | 0.005~0.03 | ≤0.1 |
| 上下级有保护特性协调配合要求的场合 | | 0.2~2 |

(续)

| 用 途 | 额定漏电 动作电流/A | 额定漏电动 作时间/s |
|--|----------------|----------------|
| 用于主干线,与保护接地电阻并用进行触电保护的场合 | 0.05~1 | ≤1 |
| 在容量大、线路长的系统中,以实现保护特性协调配合,主干线用延时型分支电路,采用快速型,以防漏电火灾为主要目的 | | 0.2~2 |
| 电弧接地保护 | 5~20 | 0.1~1 |

10.19 使用漏电保护电器时勿忘注意事项

1. 漏电断路器电流侧与负载侧不能搞错。必须按产品上标志正确接线,否则会引起断路器脱扣线圈烧损等故障。

2. 公共接地线不能贯穿零序电流互感器,而中性线必须贯穿零序电流互感器。有负载电流通过的导线应全部穿过零序电流互感器,无负载电流流过的导线则不允许穿过零序电流互感器,这样才能确保漏电保护电器正确动作。

3. 两台漏电保护电器不许并联连接。否则,会由于电流不平衡引起误动作,甚至会造成脱扣线圈烧损。

4. 配线工程完成后,可施加电源电压,用漏电保护器上的试验按钮检查漏电保护电器动作是否正常。在投入运行后,应定期(最好每个月一次)用试验按钮检查漏电保护器动作的可靠性,以便及时发现问题,进行维修。

11 有关电气产品标记、标志、铭牌的问题

标记识别中的一般问题

- 11.1 标记、标志、铭牌设计前不忘采用国家标准 239
- 11.2 主标记系统从属两端导线标记号不能反序 240
- 11.3 从属两端线束标记号亦不能反序 241
- 11.4 从属远端标记的两端标记号不能错位 241
- 11.5 独立标记中导线全长不违反相同标记 241
- 11.6 组合标记不能不要接线表 242

接线端子标志中的问题

- 11.7 接线端子用数字标志时不忘数序 242
- 11.8 用字母作标志时不用小写字体 242
- 11.9 同类元件组用相同字母时，不能不用数字加以区别 243
- 11.10 不能任意使用字母标志 243
- 11.11 电机绕组线端标志字母不能乱用 244
- 11.12 各类电机绕组线端标志不能违反标准的规定 245

颜色标志中的问题

- 11.13 指示灯的颜色不能违反标准的规定选用 247
- 11.14 按钮的颜色不能违反国家标准的规定选用 248
- 11.15 绿/黄双色保护标记不作其他目的用 248
- 11.16 成套装置中不能乱用导线颜色勿忘电气颜色标志代号 249

包装储运标志应用中的问题

- 11.17 电气产品包装储运标志不能乱用 250

- 11.18 收、发货标志的项目不宜任意精简省略 253

铭牌设计方面的问题

- 11.19 铭牌不要遗漏必要的内容 255
- 11.20 不要用易磨损的材料制造铭牌 255
- 11.21 避免标牌脱落 256
- 11.22 不要使包装箱标志和产品铭牌不一致 256
- 11.23 不要使用无标牌或铭牌不清的电气产品 257
- 11.24 对于不能用铭牌的产品也不能没有标记 257
- 11.25 电气设计时勿忘电气设备供电电源额定值的标记 258

11 有关电气产品标记、标志、铭牌的问题

标记识别中的一般问题

11.1 标记、标志、铭牌设计前不忘采用国家标准

标记、标志、铭牌具有醒目、简单、易识别等特点，有时比文字说明效果还好。在生产和生活中得到大量的采用。国家为此制定了许多标准，对标记、标志、铭牌的术语、内容、要求、颜色、应用等做出具体规定。我们在设计电气产品的标记、标志、铭牌时，首先要查阅国家标准有关规定，并了解弄懂内容，然后在设计时贯彻执行标准规定。

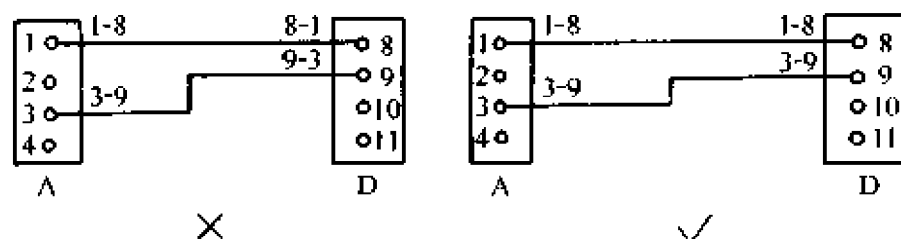
现已有标记、标志、铭牌的标准目录

| 序号 | 标准号 | 标准名称 |
|----|----------------|--------------------------------|
| 1 | GB 4884-1985 | 绝缘导线的标记 |
| 2 | GB/T 4026-1992 | 电器设备接线端子和特定导线线端的识别及应用字母数字系统的通则 |
| 3 | GB/T 2682-1981 | 电工成套装置中的指示灯和按钮的颜色 |
| 4 | GB/T 7947-1997 | 导体的颜色或数字标识 |
| 5 | GB/T 2681-1981 | 电工成套装置中的导线颜色 |
| 6 | GB/T 4205-1984 | 控制电气设备的操作件标准运动方向 |
| 7 | GB/T 1971-1980 | 电机线端标志与旋转方向 |
| 8 | GB/T 190-1990 | 危险货物包装标志 |
| 9 | GB/T 191-1990 | 包装储运图示标志 |
| 10 | GB/T 6388-1986 | 运输包装收发货标志 |
| 11 | GB/T 1305-1985 | 电气绝缘热固性层压材料检验、标志、包装、运输和贮存通用规则 |
| 12 | GB/T 2691-1994 | 电阻器和电容器的标志代码 |

(续)

| 序号 | 标准号 | 标准名称 |
|----|------------------|--------------------------------|
| 13 | GB/T 1310-1987 | 电气绝缘漆布检验、标志、包装、运输、贮存通用规则 |
| 14 | GB/T 2317-1985 | 电力金具验收规则、试验方法、标志与包装 |
| 15 | GB/T 13534-1992 | 电气颜色标志的代号 |
| 16 | GB/T 10579-1989 | 有溶剂绝缘漆检验包装、标志、储存和运输通用规则 |
| 17 | GB/T 16288-1996 | 塑料包装制品回收标志 |
| 18 | GB/T 4857.1-1992 | 包装 运输包装件 试验时各部位的标示方法 |
| 19 | GB17285-1998 | 电气设备电源额定值的标记 安全要求 |
| 20 | GB6995.1-1986 | 电线电缆识别标志 第一部分：一般规定 |
| 21 | GB6995.2-1986 | 电线电缆识别标志 第二部分：标准颜色 |
| 22 | GB6995.3-1986 | 电线电缆识别标志 第三部分：电线电缆识别标志 |
| 23 | GB6995.4-1986 | 电线电缆识别标志 第四部分：电气装备电线电缆绝缘线芯识别标志 |
| 24 | GB6995.5-1986 | 电线电缆识别标志 第五部分：电力电缆绝缘线芯识别标志 |
| 25 | GB/T 5008.3-1991 | 起动用铅蓄电池 端子的尺寸和标记 |

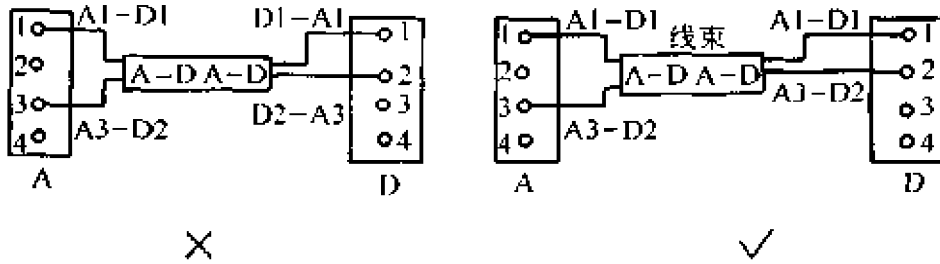
11.2 主标记系统从属两端导线标记号不能反序



图中 A 接线板端子 1 和 3 分别接到 D 接线板端子 8 和 9，则 A 接线板上端子 1 和 3 的导线标记为 1-8 和 3-9，D 接线板上端子 8 和 9 的导线也应标为 1-8 和 3-9，不能标为 8-1 和 9-3。A 板上的 1-8 和 3-9 称为本端端子标记，D 板上的 1-8 和 3-9 称为远端端子标记。

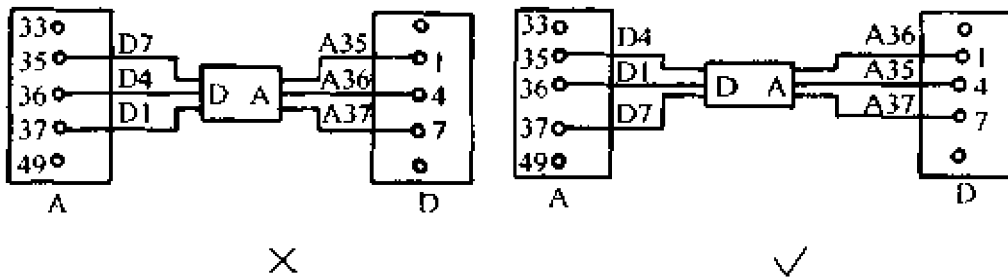
这种两根导线从属两端标记系统，不需参考接线图或表，即可将导线连接到本端端子，同时还表示出了远端端子，从而便于确定故障点及维修。

11.3 从属两端线束标记号亦不能反序



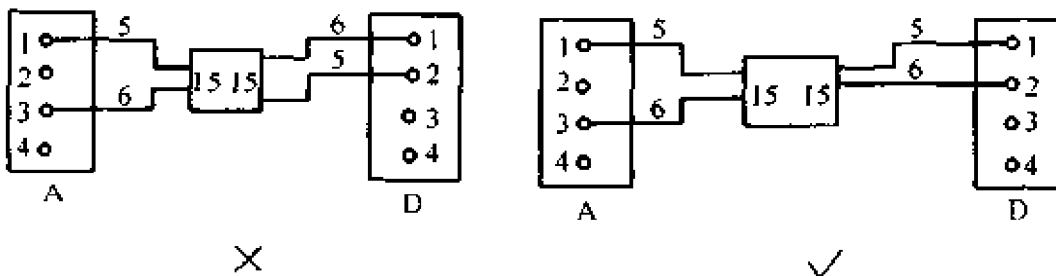
A 接线板上端子 1 和 3 的电缆线束标记为 A1-D1 和 A3-D2，D 接线板上端子 1 和 2 的线束标为 A1-D1 和 A3-D2。中间线束两端标记分别为 A-D 与 A-D。不能违反标准而反序标为 D-A；D1-A1；D2-A3。

11.4 从属远端标记的两端标记号不能错位



图中所示系统也较两端标记简单，并便于确定故障点和维修。但它通常需要接线图或接线表，以使任何接线在拆下后能正确地重新连接。如左图中 A 接线板线端 D1 接到 A37 上、D7 接到 A35 上，就是错位了。三根导线和线束（电缆）的两端标记必须相同，即 D4 必须接在 A35 端子上，不能接到 A36 端子上，D7 必须与 A37 对应，不错位。

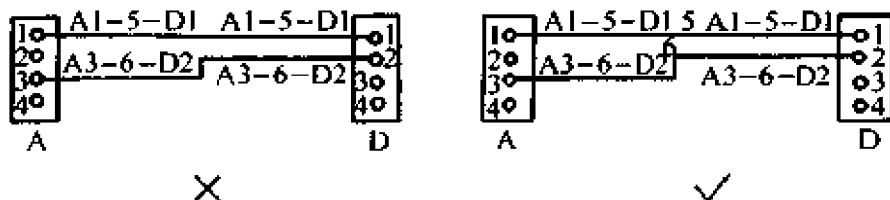
11.5 独立标记中导线全长不违反相同标记



对于独立标记，使导线上有连接点，沿导线全长上采用简单形式的相同标记。同时使用接线图或接线表，以明确每根导线终端应接到哪一个端子上。如

在接线表上表明：导线 5 连接 A1 和 D1，导线 6 连接 A3 和 D2。不能随意标为 5-6 和 6-5，应是 5-5 和 6-6，在两根线上。

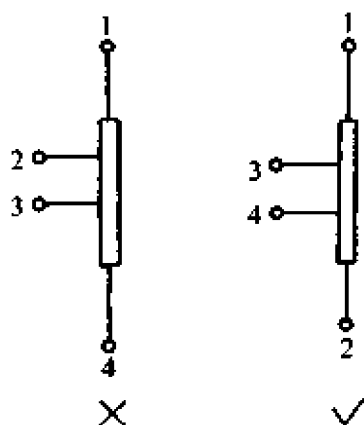
11.6 组合标记不能不要接线表



从属标记和独立标记一起使用的综合标记，具有从属标记的优点，并允许简化导线上可能需要的中间标记。从属标记不完整，并且未标在导线两端，则需要接线图或接线表表明：导线 5 连接 A1 和 D1，导线 6 连接 A3 和 D2，在零线上应标为 A1-5-D1 5 A1-5-D1 和 A3-6-D2 6 A3-6-D2。

接线端子标志中的问题

11.7 接线端子用数字标志时不忘数序

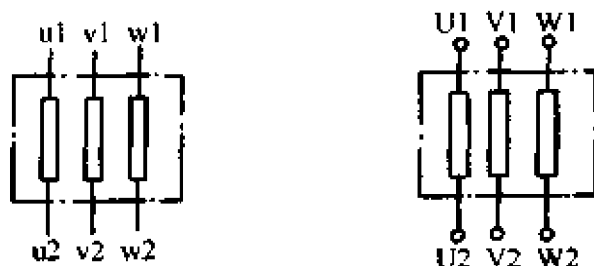


单个元件的两个端点要用连续的两个数字来标志，例如 1 和 2。中间各端点用数字标志时，最好用自然递增数字的数字如 3、4、5 等。并且要大于两边端点的数字，并应从靠近较小数字的端点处开始标志，如右图示。图左示为 1、2、3、4 则不对，而应标记为 1、3、4、2 才是对的。

11.8 用字母作标志时不用小写字体

图示带六个接线端子的三相电器。标志端子的数字前冠以字母 U、V、W。

应用大写字母表示交流系统中的各相。左图用小写字母 u、v、w 则不对，违反标准规定。

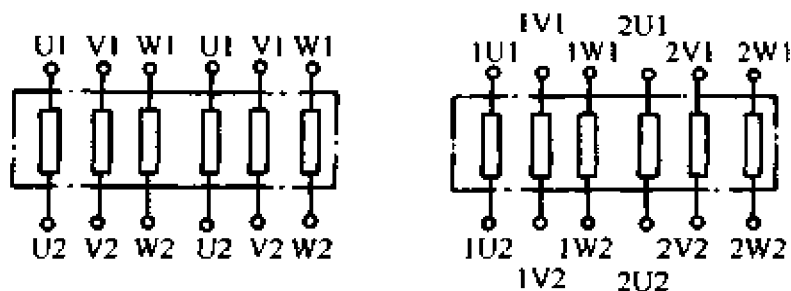


带六个连接端子的三相电器

✗

✓

11.9 同类元件组用相同字母时，不能不用数字加以区别



✗

✓

图示两组各有三个元件六个接线端子的三相电器。两组标志均是相同字母表示，如何区别呢，在字母前冠以数字 1 和 2 加以区别。

11.10 不能任意使用字母标志

图示电器和特定导线间的相互连接。用字母 U、V、W、L、N、PE，都应是大大写体，并且代表固定的含义，不得乱用，如左图中字母 m、po、小写字体 l 等，都不符合国家标准，易引起麻烦。根据国家标准规定如下表：

接线端子和导线标志字母含义表

| 字母符号 | 图形符号 | 代表的名称 (含义) |
|------------------|------|--|
| U V W N | | 交流系统第 1 相 交流系统第 2 相 交流系统第 3 相 交流系统中性线 |
| PE E | | 保护接地线 接地线 |

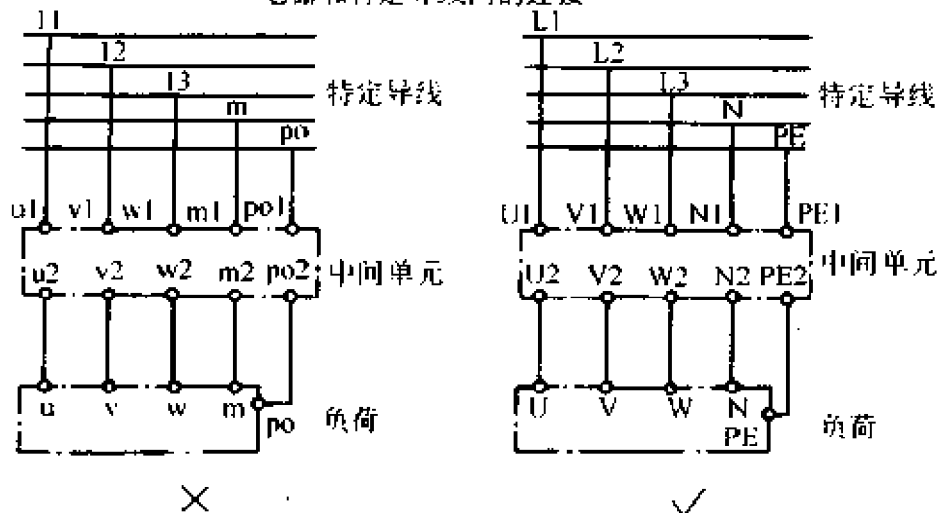
电器接线端子的系统

电器接线端子的系统

(续)

| 字母符号 | 图形符号 | 代表的名称 (含义) |
|------|------|-----------------------|
| L1 | | 交流系统的电源第 1 相 } 特定导线系统 |
| L2 | | |
| L3 | | |
| L+ | + | 直流系统的电源正极 } 特定导线系统 |
| L- | - | |
| PU | | 不接地的保护导线 } 特定导线系统 |
| PEN | | |

电器和特定导线间的连接



11.11 电机绕组线端标志字母不能乱用

国家标准 (GB1971) 规定电机绕组用字母以大写字母区别; 绕组线端, 不论是终点或在中间各点, 用数字紧接绕组字母加以区别; 同一类型的绕组用同样字母标志, 字母前冠以数字加以区别。各绕组的特征字母如下表:

绕组线端标志字母表

| 电机类型 | 绕组名称 | 特征字母 |
|------------------|--------|------|
| 直 流 电 机 | 电枢绕组 | A |
| | 换向绕组 | B |
| | 补偿绕组 | C |
| | 串励绕组 | D |
| | 并励绕组 | E |
| | 他励绕组 | F |
| | 直轴辅助绕组 | H |
| | 交轴辅助绕组 | J |

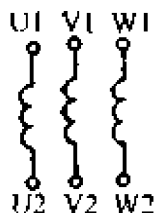
(续)

| 电机类型 | 绕组名称 | 特征字母 |
|------|----------|-------------|
| 交流电机 | 三相电机初级绕组 | U、V、W |
| | 星形联结中性点 | N |
| | 三相电机次级绕组 | K、L、M |
| | 其他绕组 | R、S、T、X、Y、Z |

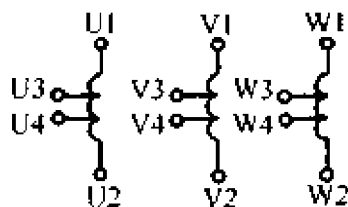
11.12 各类电机绕组线端标志不能违反标准的规定

国家标准 (GB1971) 对各类电机的线端标志与旋转方向作出了规定。通过数字符号和字母组成的各种绕组, 是全国范围内通用的技术语言, 如果违反国家标准的规定, 就会造成技术上的困难或引发事故。国家标准规定有 14 种线端标志, 如下所示:

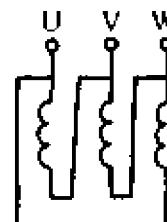
(1) 6 个线端的单绕组



(2) 12 个线端有分接绕组

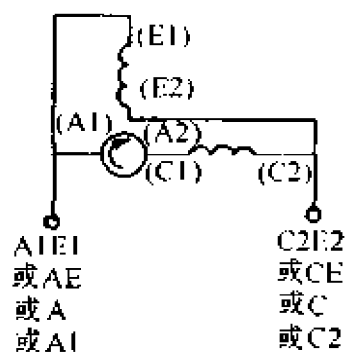
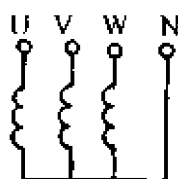


(3) 三角形联结绕组

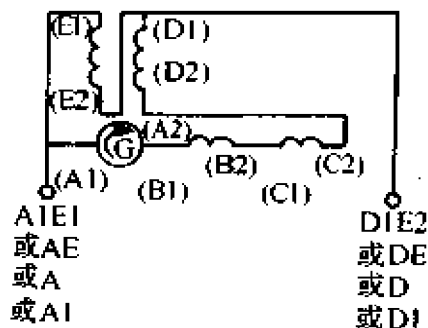


(5) 有 2 个线端、交替接有换向绕组及补偿绕组的并励电动机或发电机, 旋转方向: 顺时针

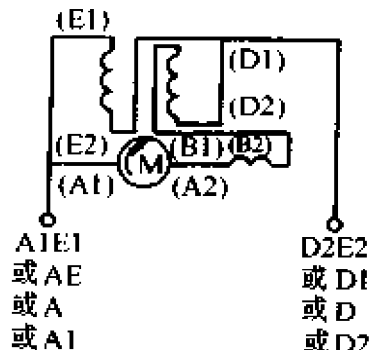
(4) 星形联结绕组



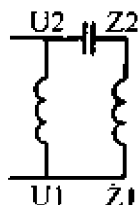
(6) 有 2 个线端，接有换向绕组及补偿绕组的叠加复励发电机，旋转方向：顺时针



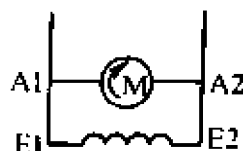
(7) 有 2 个线端，接有换向绕组的叠加复励电动机，旋转方向：顺时针



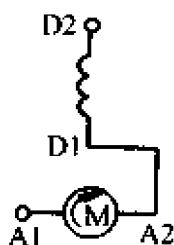
(8) 交流单相电动机
(没有换向器的电机)



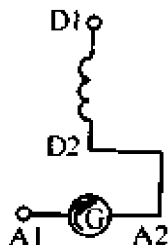
(9) 直流换向器并励电动机接线



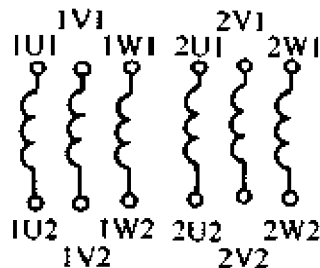
(10) 直流换向器串励电动机的接线



(11) 直流换向器串励发电机的接线

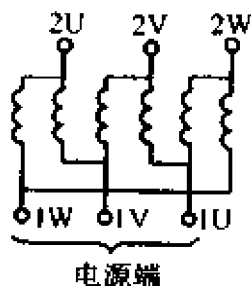


(12) 一对不供串、并联用的绕组，各 6 个线端

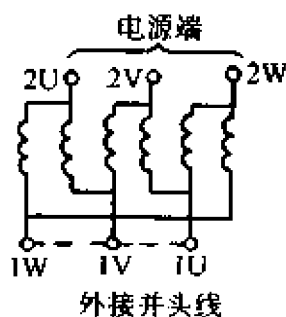


(13) 双速绕组，6 个线端

- (1) 低速时：1W、1V、1U 与电源相接，此时绕组为串联星形。
- (2) 高速时：2U、2V、2W 与电源相接，此时绕组为并联星形。



a)

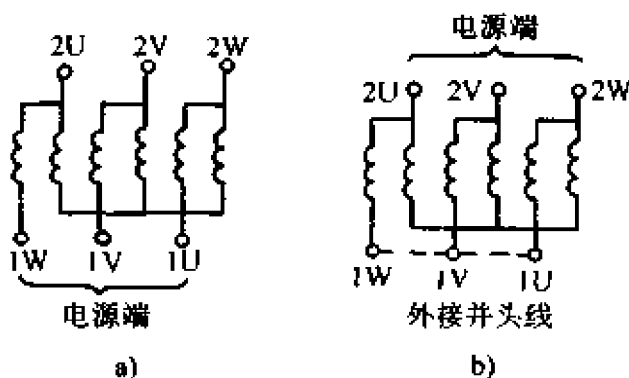


b)

(14) 双速绕组, 6 个线端

(1) 低速时: 1W、1V、1U 与电源连接, 此时绕组为串接三角形。

(2) 高速时: 2U、2V、2W 与电源相接, 1U、1V、1W 并头, 此时绕组为并联三角形。



颜色标志中的问题

11.13 指示灯的颜色不能违反标准的规定选用

电气成套装置中的指示灯颜色, 国家标准 (GB2682) 规定: 红、黄、绿、蓝和白五种颜色为指示灯选用的颜色。指示灯一般有两个作用, 一是指示作用: 借以引起操作者的注意, 或指示操作者应作的某种操作; 二是执行作用: 借以反映某个指令、某种状态、某些条件或某类演变正在执行或已被执行。在选用指示灯颜色时, 如违反国家标准规定随便选用, 就会造成严重安全事故。因此必须根据指示灯的作用, 在五种颜色范围内选用。这五种颜色的含义如下表:

指示灯的颜色及其含义

| 颜色 | 含 义 | 说 明 | 应 用 举 例 |
|----|----------|--------------------------------|---|
| 红 | 危险 告急 | 有危险或须立即采取行动 | 润滑系统失压 温度已超过(安全)极限 因保护器件动作而停机 有触及带电或运动的部件的危险 |
| 黄 | 注意 | 情况有变化或即将发生变化 | 温度(或压力)异常 当仅能承受允许的短时过载 |
| 绿 | 安全 | 正常或允许进行 | 冷却通风正常 自动控制系统运行正常 机器准备起动 |
| 蓝 | 按需要指定用意 | 除红、黄、绿三色之外的任何指定用意 | 遥控指示 选择开关在“设定”位置 |
| 白 | 无特定用意 | 任何用意, 不能确切地用红、黄、绿色时, 以及用作“执行”时 | |

11.14 按钮的颜色不能违反国家标准的规定选用

电气成套装置中常有许多按钮,按国家标准规定标有红、黄、绿、蓝、黑、白和灰色七种颜色,起停止、断电、起动、复位等作用。在设计选用时,如违反以上国家标准规定的颜色,随便选用,就会给操作者误导,产生人身安全等问题。按国家标准规定这七种颜色的含义如下表:

按钮颜色的含义及其举例

| 颜色 | 含 义 ^① | 应 用 举 例 |
|-------|------------------|--|
| 红 | 处理事故 | 紧急停机 扑灭燃烧 |
| | “停止”或“断电” | 正常停机 停止一台或多台的电动机 装置的局部停机 切断一个开关 带有“停止”或“断电”功能的复位 |
| 黄 | 参与 | 防止意外情况 参与抑制反常的状态 避免不需要的变化(事故) |
| 绿 | “起动”或“通电” | 正常起动 起动一台或多台的电动机 装置的局部起动 接通一个开关装置(投入运行) |
| 蓝 | 上列颜色未包含的任何指定用意 | 凡红、黄和绿色未包含的用意,皆可采用蓝色 |
| 黑、灰、白 | 无特定用意 | 除单功能的“停止”、“断电”按钮外的任何功能 |

① 本表所列含义与国际标准一致。但实际使用中也有习惯用“红色”表示通电运行或带电危险。

11.15 绿/黄双色保护标记不作其他目的用

为了安全起见,国家标准(GB7947)规定绿/黄双色用来标记保护导体和导线的识别。如用作其他目的使用,就会产生误导,易引发人身安全事故,影响极大。

根据使用的不同对象对标记方法和要求也不同。如用作保护导体的裸导

体或母线时，必须用 15~100mm、宽度相等的绿色和黄色相间的条纹；使用胶带时，必须用绿/黄双色胶带；绝缘导体上的绿/黄双色线，必须在每 15mm 长的绝缘导体上，一种颜色覆盖的导体表面不小于 30%、不大于 70%，另一种颜色覆盖其余的表面。

根据导体、导线长短情况，可以全长度上标记绿/黄双色，也可以在每个区间、每个单元或每个可接触的部位上作出双色标志。

在美国和加拿大，用绿色而不用绿/黄双色标识保护导体。

11.16 成套装置中不能乱用导线颜色勿忘电气颜色标志代号

根据国家标准 (GB2681) 规定，为便于识别成套装置中各种导线的作用和类别，明确规定各类导线的颜色标志，如下表所示：

依导线颜色标志电路的规定

| 序号 | 导线颜色 | 所 标 志 电 路 |
|----|--------|---|
| 1 | 黑色 | 装置和设备的内部布线 |
| 2 | 棕色 | 直流电路的正极 |
| 3 | 红色 | 交流三相电路的第 3 相 半导体三极管的集电极 半导体二极管、整流二极管、晶闸管的阴极 |
| 4 | 黄色 | 交流三相电路的第 1 相 半导体三极管的基极 晶闸管和双向晶闸管的门极 |
| 5 | 绿色 | 交流三相电路的第 2 相 |
| 6 | 蓝色 | 直流电路的负极 半导体三极管的发射极 半导体二极管、整流二极管、晶闸管的阳极 |
| 7 | 淡蓝色 | 交流三相电路的零线或中性线 直流电路的接地中间线 |
| 8 | 白色 | 双向晶闸管的主电极 无指定用色的半导体电路 |
| 9 | 黄和绿双色 | 安全用的接地线 |
| 10 | 红、黑色并行 | 用双芯导线或双根绞线连接的交流电路 |

根据国家标准 GB/T 13534 规定：电气颜色标志代号一般由该颜色的英文单词缩写形式表示。常用颜色标志的字母代码示于下表。适用于电气技术方面的文件图样和标记等，也可供其他技术领域参考使用。在同一部件上使用的颜色组合，应按照表中所示顺序将不同颜色的字母代码相连表示。

常用颜色标志的字母代码

| 颜色名称 | 字母代号 | 颜色名称 | 字母代号 |
|----------|------|--------|------|
| 黑色 | BK | 灰色(蓝灰) | GY |
| 棕色 | BN | 白色 | WH |
| 红色 | RD | 粉红色 | PK |
| 橙色 | OG | 金黄色 | GD |
| 黄色 | YE | 青绿色 | TQ |
| 绿色 | GN | 银白色 | SR |
| 蓝色(包括淡蓝) | BU | 绿/黄双色 | GNYE |
| 紫色(紫红) | VT | | |

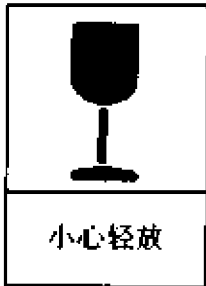
注：在本表中大写字母和小写字母具有相同的意义，但优先采用大写字母。

包装储运标志应用中的问题


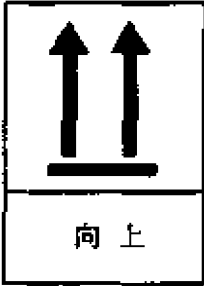
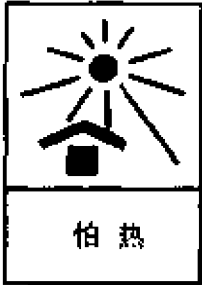

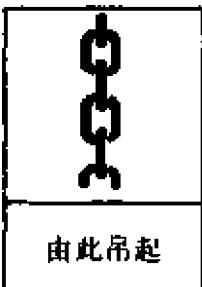
11.17 电气产品包装储运标志不能乱用

电气产品包装后，需通过铁路、公路、航空、水路运输过程中的储存、装卸，为便于识别及注意安全，需要有准确、明显的储运标志。根据国家标准(GB191)规定有 12 种标志必须遵守，如果乱用就会造成作业中麻烦和困难。这 12 种主要标志名称及图形规定如下表。






包装储运标志

| 标志号 | 标志名称 | 标志图形 | 使用说明 |
|------|------|---|--------------------|
| 标志 1 | 小心轻放 |  | 用于碰震易碎、需轻拿轻放的运输包装件 |

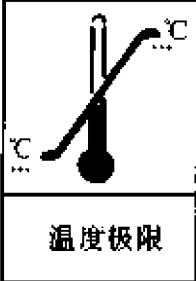
(续)

| 标志号 | 标志名称 | 标志图形 | 使用说明 |
|------|----------|---|-----------------------|
| 标志 2 | 禁用手钩 |  | 用于不得使用手钩搬动的运输包装件 |
| 标志 3 | 向上 |  | 用于指示不得倾倒、倒置的运输包装件 |
| 标志 4 | 怕热 |  | 用于怕热的运输包装件 |
| 标志 5 | 远离放射源及热源 |  | 用于指示需远离放射源及热源的运输包装件 |
| 标志 6 | 由此吊起 |  | 用于指示吊运运输包装件时放链条或绳索的位置 |

(续)

| 标志号 | 标志名称 | 标志图形 | 使用说明 |
|-------|--------|---|--|
| 标志 7 | 怕湿 |  | 用于怕湿的运输包装件 |
| 标志 8 | 重心点 |  | 用于指示运输包装件重心所在处 |
| 标志 9 | 禁止滚翻 |  | 用于不得滚动搬运的运输包装件 |
| 标志 10 | 堆码重量极限 |  | 用于指示允许最大堆码重量的运输包装件 |
| 标志 11 | 堆码层数极限 |  | 用于指示允许最大堆码层数的运输包装件。图中 N 为实际堆码层数,印刷或喷涂时用阿拉伯数字表示 |

(续)

| 标志号 | 标志名称 | 标志图形 | 使用说明 |
|-------|------|---|------------------|
| 标志 12 | 温度极限 |  | 用于指示需要控制温度的运输包装件 |

标志的尺寸一般分为 4 种, 见下表。

标志尺寸

| 号 别 | 长/mm | 宽/mm |
|-----|------|------|
| 1 | 70 | 50 |
| 2 | 140 | 100 |
| 3 | 210 | 150 |
| 4 | 280 | 200 |

注: 如遇特大或特小的运输包装件, 标志的尺寸可以比表中的规定适当扩大或缩小。

以上储运标志, 因包装关系, 不宜按图规定的颜色涂打时, 可根据包装物的底色, 选配与底色不同的、符合明显要求的其他颜色。印刷时, 外框线及标志名称都要印上; 印刷标志时应采取厚度适当、有韧性的纸张印刷。

11.18 收、发货标志的项目不宜任意精简省略

收发货标志是指外包装件上的商品分类图示标志及其他标志和其他的文字说明排列格式的总称。如电气设备的外包装件, 不出国境, 项目中的英文名称可以精简不写, 但主要标志项目, 如果任意精简省略, 就会在运输、装卸、储存过程中误导, 增加许多麻烦, 使收货人无法查点验收, 不能保证货物安全、及时到达收货人手里, 造成不必要的人力、物力的损失, 故必须按国家标准 (GB6388) 的规定严格执行。

收、发货标志的主要项目及其含义

| 序号 | 项 目 | | | 含 义 |
|----|-----|--------------|-------------------------|-------------|
| | 代号 | 中 文 | 英 文 | |
| 1 | FL | 商品分类 图示标志 | CLASSIFICATION MARKS | 表明商品类别的特定符号 |

(续)

| 序号 | 项 目 | | | 含 义 |
|----|-----|--------------------|---|--|
| | 代号 | 中 文 | 英 文 | |
| 2 | GH | 供货号 | CONTRACT NO | 供应该批货物的供货清单号码 (出口商品用合同号码) |
| 3 | HH | 货号 | ART NO | 商品顺序编号,以便出入库、收 发货登记和核定商品价格 |
| 4 | PG | 品名规格 | SPECIFICATIONS | 商品名称或代号,标明单一商 品的规格、型号、尺寸、花色等 |
| 5 | SL | 数量 | QUANTITY | 包装容器内含商品的数量 |
| 6 | ZL | 重量 (毛重) (净重) | GROSS WT NET WT | 包装件的重量(kg),包括毛重 和净重 |
| 7 | CQ | 生产日期 | DATE OF PRODUC- TION | 产品生产的年、月、日 |
| 8 | CC | 生产工厂 | MANUFACTURER | 生产该产品的工厂名称 |
| 9 | TJ | 体积 | VOLUME | 包装件的外形尺寸,长×宽× 高=体积(m ³) |
| 10 | XQ | 有效期限 | TERM OF VALIDITY | 商品有效期至×年×月 |
| 11 | SH | 收货地点 和单位 | PLACE OF DESTINATION AND CONS GNEE | 货物到达站、港和某单位(人) 收(可用贴签或涂写) |
| 12 | FH | 发货单位 | CONSIGNOR | 发货单位(人) |
| 13 | YH | 运输号码 | SHIPPING NO | 运输单号码 |
| 14 | JS | 发运件数 | SHIPPING PIECES | 发运的件数 |

注: 1. 分类标志一定要有,其他各项则可合理选用。

2. 外贸出口商品根据国外客户要求,以中、外文对照,印制相应的标志和附加标志。

3. 国内销售的商品包装上不填英文项目。

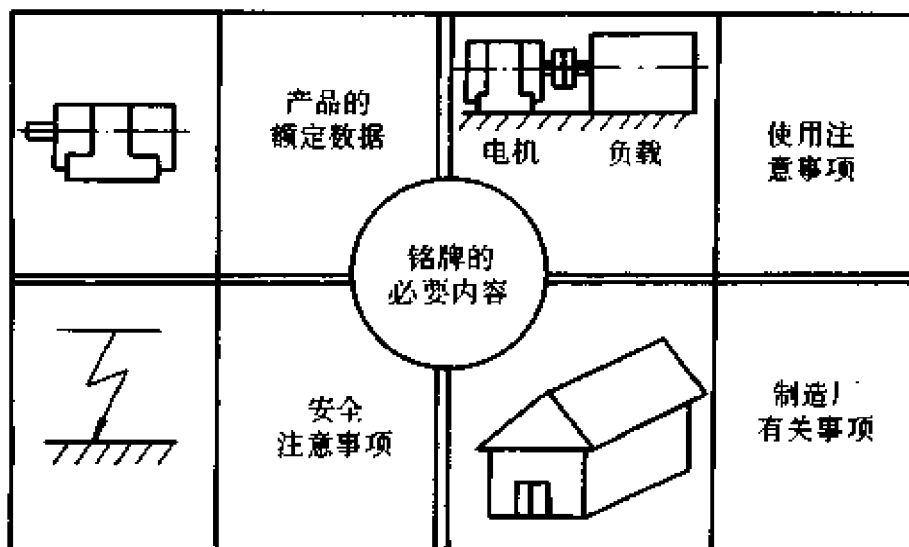
铭牌设计方面的问题

11.19 铭牌不要遗漏必要的内容

电气产品上的铭牌及各种标牌是指导用户正确使用、安全运行电气产品的重要依据,铭牌中任何必要内容的遗漏都可能导致人身及设备的安全事故。制造厂必须按国家标准及产品技术条件的规定,把所有的必要内容标注出来,不可遗漏。

铭牌及标牌所包含的内容主要有以下几个方面:

1. 产品的额定数据,如产品名称、型号、功率、电压、电流、频率、转速、励磁电压电流等各项技术参数。
2. 使用注意事项,如绝缘等级、外壳防护等级、冷却介质温度、海拔、接线图等。
3. 安全注意事项,如接地标志、带电部位、旋转方向、重量等。
4. 制造厂家,如制造厂名、商标、产品出厂编号、出厂年月等。

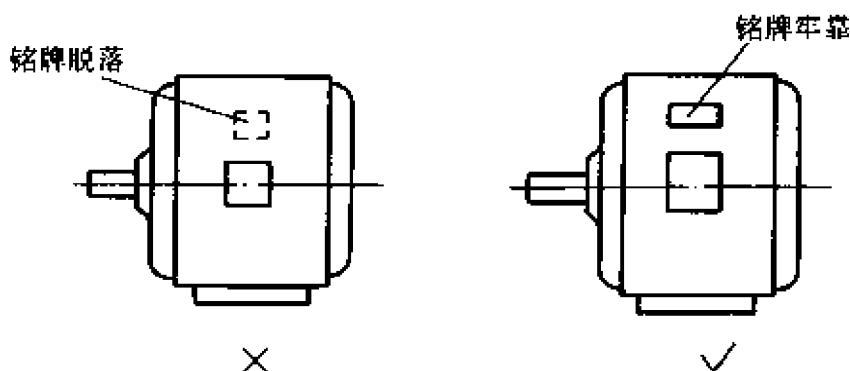


11.20 不要用易磨损的材料制造铭牌

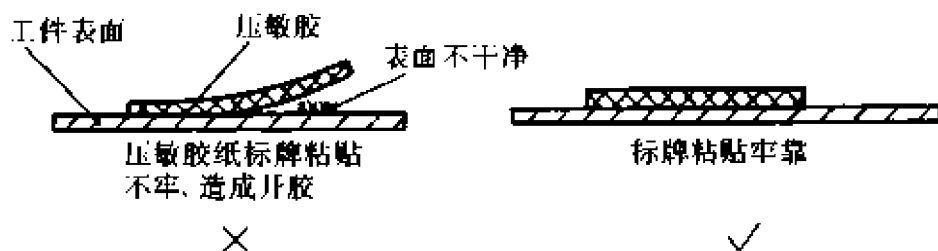
如我国电机标准规定:每台电机必须在机座的明显位置处牢固地装有制造厂表明电机额定数据及其他必要事项的铭牌。制造铭牌的材料,应能保证字迹在电机的整个使用时期不易磨损。如铭牌装在机座上有困难时,允许装在电机的其他明显位置处,但应另在机座上标明制造厂的产品编号。

制造厂要根据产品特点及使用环境分别采用铝、铜及不锈钢薄板制作铭

牌, 并采用可靠的电镀及油漆涂层, 使之达到上述标准的要求, 保证产品的正确、安全使用。



11.21 避免标牌脱落



标牌是电气产品中说明一种特定事项的标志, 如电机的接线图、电机引出线端字头的标号片等。

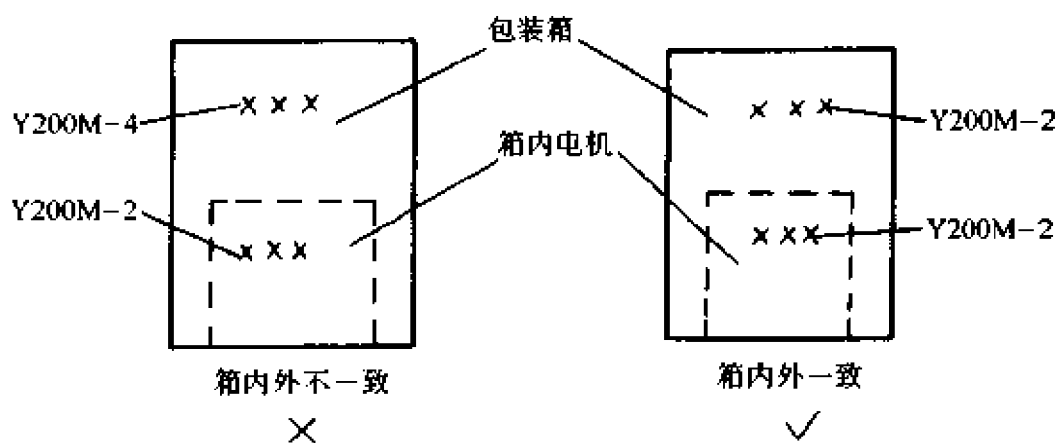
用薄金属板制造的标牌, 一般用机械方法 (如铆钉) 固定, 这种方法比较牢靠, 不易脱落。

当前压敏胶纸标牌应用日益增多, 这种标牌成本低、使用方便。但是当胶纸质量不好, 工件表面不清洁或粘帖未压紧时, 压敏胶纸容易脱落。电机出线盒内作为接线图的压敏胶纸标牌脱落后, 容易碰到接线柱造成短路事故。作为接线端字头的标号片脱落, 可能造成接线错误。因此要确保标牌牢靠, 避免脱落。使用者也应当认真保护标牌。

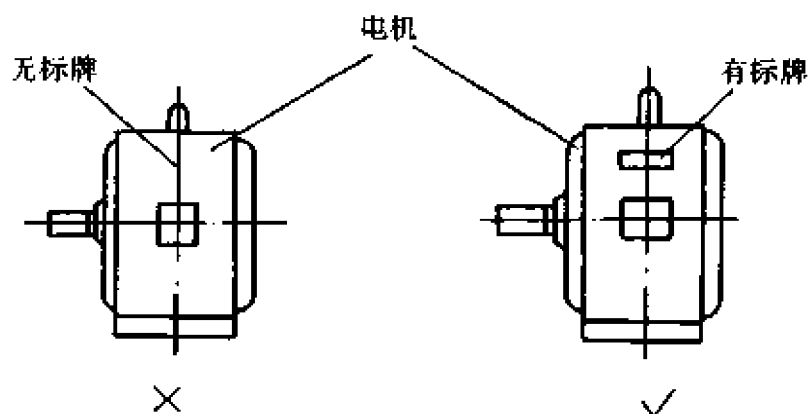
11.22 不要使包装箱标志和产品铭牌不一致

电气产品一般都要包装后发给用户使用。装箱时应检查包装箱上标明的产品型号规格和产品铭牌上所标注的是否相同, 并检查产品的外观情况及随机文件、附件是否齐全。

包装箱标注和产品铭牌不相符合, 不但造成贸易及产品往返运输方面的损失, 而且可能造成设备及人身安全事故。



11.23 不要使用无标牌或铭牌不清的电气产品

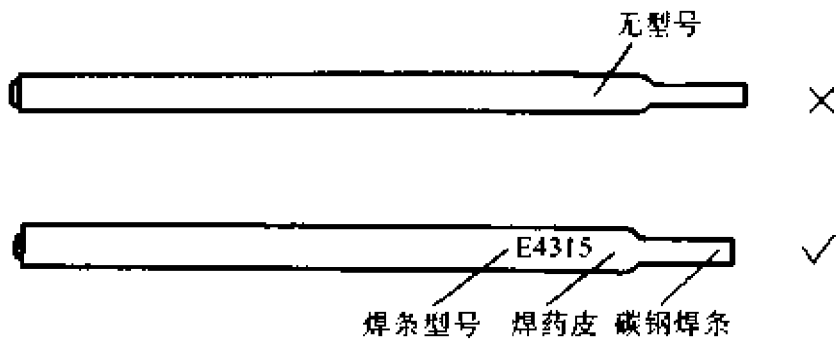


标牌或称铭牌是电气产品的重要部件。用户必须按标牌标明的数据正确使用。

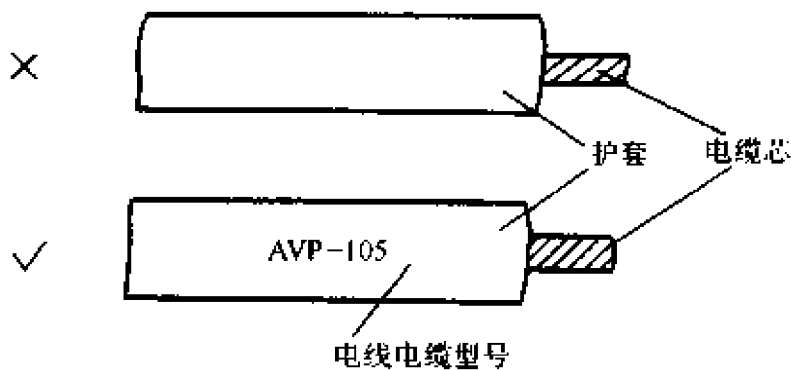
使用无标牌或标牌不清的电气产品，可能发生误操作事故，如电压不对、超负载、电机转速和负载不匹配、接线错误等，甚至导致电机或所拖动设备的损坏，发生人身事故。所以这样的产品绝对不允许使用。

11.24 对于不能用铭牌的产品也不能没有标记

如电线电缆、电焊条等电气产品，由于产品本身的原因，无法在产品上钉固铭牌。可以采用挂签办法，也可以在产品上印上标志。如在电焊条的夹持端的药皮上可印上一个焊条型号或牌号，如图 a。醒目的印刷字体颜色与焊条药皮间应有较强的反差，便于在正常的焊接操作前后都清晰可辨。又如绝缘电缆产品（如图 b），可在护套表面打印产品型号和制造厂的标志，便于安装使用。



a)



绝缘电缆(电线)标记

b)

11.25 电气设计时勿忘电气设备供电电源额定值的标记


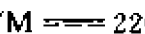


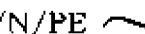

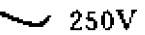
根据国家标准 GB17285 规定:

电气设备供电电源常用额定值标记见下表。

电气设备供电电源常用额定值标记的示例表

| 全 称 | 图 形 符 号 | 缩 写 |
|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| 直流电流 10A | === 10A | DC 10A |
| 交流电流 1kA | ~ 1kA | AC 1kA |
| 直流电压 230V | === 230V | DC 230V |
| 交流电压 400V | ~ 400V | AC 400V |
| 直流或交流电压 250V | ~ 250V | AC/DC 250V |
| 直流电压范围 0 至 400V | === 0...400V | DC 0...400V |
| 有两根相导体的单相双线系统 230V | 2 ~ 230V | 2AC 230V |
| 有一根相导体一根中性导体和一根保护导体的单相双线系统 230V 50Hz | 1/N/PE ~ 230V 50Hz ^① | 1/N/PE AC 230V 50Hz ^① |

(续)







| 全 称 | 图 形 符 号 | 缩 写 |
|------------------------------------|---|---|
| 有两根相导体一根中性导体的单相三线系统 220/110V, 60Hz | 2/N  220/110V 60Hz | 2/N AC 220/110V 60Hz |
| 直流三线系统 220V | 2/M  220V | 2/M DC 220V |
| 三相三线系统 400V | 3  400V | 3AC 400V |
| 有中性导体的三相四线系统 480/277V | 3/N  480/277V | 3/N AC 480/277V |
| 中性导体和保护导体分开的三相四线系统 400/230V | 3/N/PE  400/230V ^① | 3/N/PE AC 400/230V ^① |
| 用于交流电压的小型附件 250V, 16A |  $\frac{16A}{250V}$ ^② 或  250V 16A | AC $\frac{16A}{250V}$ ^② 或 AC 250V 16A |

① 美国和加拿大不使用符号 PE。

② 如果不致造成混淆可省去单位符号。

标准还规定电气设备供电电源常用字母代号及图形符号, 举例如下表。

电气设备供电电源常用字母代号和图形符号举例

| 项 目 | 字 母 | 图 形 符 号 ^① | |
|----------|-----------------|---|--------------------|
| | | 符 号 | IEC 号 ^③ |
| 电 流 类 型 | | | |
| —— 交流 | AC |  | 5032 |
| —— 直流 | DC |  | 5031 |
| —— 直流或交流 | AC/DC |  | 5033 |
| 端 子 接 线 | | | |
| —— 中性导体 | N ^② | N | |
| —— 保护导体 | PE ^② |  | 5019 |
| 设 备 类 别 | | | |
| —— I 类 | — |  | 5172 |
| —— II 类 | — |  | 5180 |

① GB/T 5465.2 中的符号。

② GB/T 4026 中的字母符号。

③ IEC 号为国际电工标准代号。

12 有关电气产品的包装运输问题

包装件尺寸的一般问题

- 12.1 不得任意确定包装单元货物尺寸 263
- 12.2 不得超过规定的单元货物尺寸偏差 264
- 12.3 出口电气产品，包装件基本尺寸不要选用
非标准尺寸 264
- 12.4 设计运输包装件时，不得违反集装箱内部
尺寸规定 265
- 12.5 包装件外廓尺寸不得超过托盘外部尺寸、
高度、公差 266

包装运输中的问题

- 12.6 不能单因素考虑电气产品的运输包装设计 267
- 12.7 不能忽视损坏包装件因素的原因 268
- 12.8 设计防水包装不应只考虑防水要求 269
- 12.9 不能忽视对防水材料的要求 270
- 12.10 设计运输包装件勿忘尺寸界限 270
- 12.11 国际集装箱货运交接勿忘方式代码 272

包装结构设计的问题

- 12.12 内装高精度产品的箱板不能用对口和压边接缝 274
- 12.13 金属板桶身与桶盖拼接忌直线式压接 274
- 12.14 防水材料之间不宜简单压接 275
- 12.15 敷设防水材料的外箱板不宜对口接缝 275

防水包装结构中的问题

- | | | |
|-------|---------------------------|-----|
| 12.16 | 外层防水层应伸出箱边 | 275 |
| 12.17 | 防水要求较高的产品包装加双层油毡 | 276 |
| 12.18 | 对防水要求很高的箱板要舌槽、榫槽接缝 | 276 |
| 12.19 | 防水包装箱的盖板另加密封材料 | 277 |
| 12.20 | 防水包装箱的通风孔不能没有百叶窗挡雨 | 277 |
| 12.21 | 防水包装箱的斜通风孔要挡雨盖防雨 | 277 |
| 12.22 | 包装袋口要有密封措施 | 278 |
| 12.23 | 摇盖箱接缝处不忘贴防水胶粘带 | 278 |
| 12.24 | 天、地盖箱接缝处需要贴防水胶粘带 | 279 |
| 12.25 | 包装桶的桶顶开口处需加塑料盖 | 279 |
| 12.26 | 带旋转螺帽的包装桶桶盖不得松动 | 279 |
| 12.27 | 必须旋紧防水包装桶的桶塞 | 280 |
| 12.28 | 防水包装桶应有边箍增强密封 | 280 |
| 12.29 | 防水包装桶应有锁扣 | 281 |
| 12.30 | 在防水包装箱内钉钉时要加密封垫 | 281 |
| 12.31 | 在防水包装箱内要穿孔时要加防水密封材料 | 281 |

防震包装结构中的问题

- | | | |
|-------|-----------------------------|-----|
| 12.32 | 没有缓冲材料的包装箱达不到防震目的 | 282 |
| 12.33 | 没有角衬垫的包装达不到防震目的 | 282 |
| 12.34 | 没有侧衬垫的包装达不到防震目的 | 283 |
| 12.35 | 不加受压板难于调整受压面积 | 283 |
| 12.36 | 大底盘的手提纸箱可防倒置 | 284 |
| 12.37 | 无撑档的包装箱难以防倒 | 284 |
| 12.38 | 箱装不能没有箱档措施 | 284 |
| 12.39 | 内装 25~50kg 的包装箱不能只加竖档 | 285 |
| 12.40 | 内装 50~150kg 的包装箱要整体加固 | 286 |
| 12.41 | 胶合板箱的各端面必须加档 | 286 |

- 12.42 瓦楞纸箱、钙塑类箱不能内装大型电气产品 287
- 12.43 普通滑木箱内装重量不能大于 1500kg 287

进行包装作业中的问题

- 12.44 入箱内的产品不要有可移动及凸出的零部件 287
- 12.45 防止箱内产品在搬运中移动和碰撞 288
- 12.46 箱内不要有脏物、异物 288
- 12.47 注意防止产品锈蚀 289
- 12.48 不要未经检验就包装入库 289
- 12.49 包装箱木材含水率不要超标 290
- 12.50 不要用有非允许缺陷的木材作包装箱 290
- 12.51 包装箱不允许有过大的缝隙 292
- 12.52 包装箱用钉数不宜过多或过少 292
- 12.53 不要将厚材往薄材上钉 292
- 12.54 钉帽不要突出或钉得过深 293
- 12.55 钢钉与材边距离不要过小 293
- 12.56 钉长不宜过短 293
- 12.57 避免不正确的布钉方法 294
- 12.58 包装箱不要尺寸超差及扭斜 295
- 12.59 不要使用未经加固的木箱 295

防护包装设计方面的问题

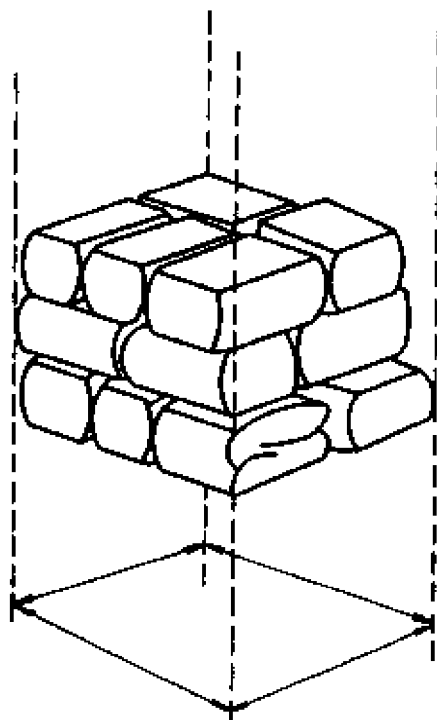
- 12.60 注意不同防护包装的不同有效期 296
- 12.61 不同防护包装对包装场所的不同要求 297
- 12.62 不能忽视对被包装件的严格要求 298
- 12.63 不能用不合格的材料进行防霉包装 299
- 12.64 防锈包装的特殊要求 299
- 12.65 防锈包装的工艺顺序不应颠倒 300

12 有关电气产品的包装运输问题

包装件尺寸的一般问题

12.1 不得任意确定包装单元货物尺寸

按照国际标准 ISO3676 (GB/T 15233)《包装 单元货物尺寸》的规定,在公路、铁路、水路和航空运输的单元货物,其最大底平面长、宽(AB)尺寸为 $1200\text{mm} \times 1000\text{mm}$ 、 $1200\text{mm} \times 800\text{mm}$ 和 $1140\text{mm} \times 1140\text{mm}$ 三种主要尺寸。通过一种或多种手段将一组货物或包装件固定在一起,使单元货物形成一个整体单元,以利于装卸、运输、堆码和贮存。该底平面尺寸是由一个水平面上的四个相互垂直相交的竖直平面在该水平面上所围成的矩形尺寸,这四个竖直平面能包容自由放置于该水平面上的单元货物,见图示。如任意确定该三种主要尺寸以外的单元货物尺寸,就会造成运输、装卸中的困难。所以,一定要按国际标准规定的尺寸选用单元货物尺寸。其高度尺寸可以自由选定。



单元货物最大底平面尺寸图

12.2 不得超过规定的单元货物尺寸偏差

为了包装单元货物尺寸的系列化,能组合成多种包装件,适应装卸、运输、堆码、贮存要求。标准规定单元货物尺寸偏差如下表。

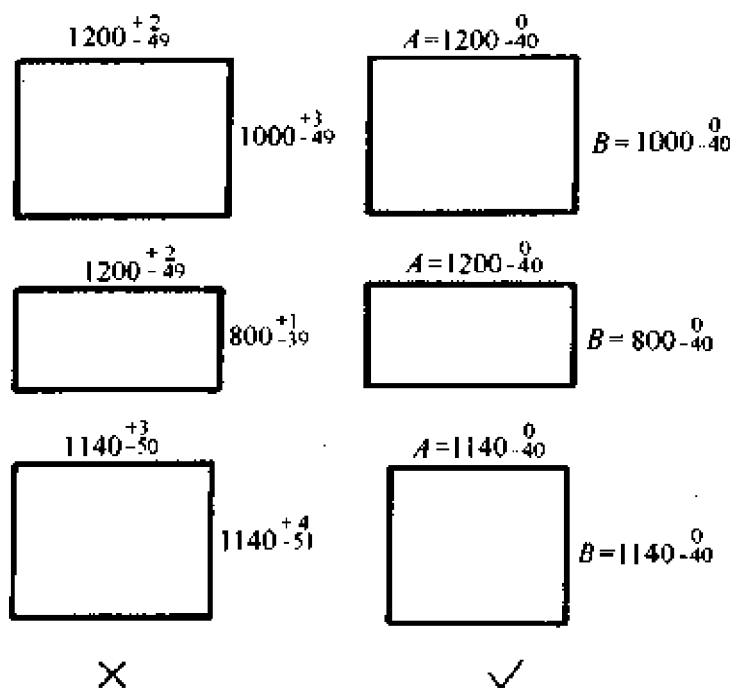
单元货物尺寸偏差 (mm)

| 序 号 | 尺寸 (a×b) | 允许偏差 |
|-----|-----------|-------|
| 1 | 1200×1000 | 0~-40 |
| 2 | 1200×800 | |
| 3 | 1140×1140 | |

注: a——单元货物底平面长度尺寸;

b——单元货物底平面宽度尺寸。

如超过这种允许偏差值,就会造成包装件运输、装卸、堆码作业中的困难。

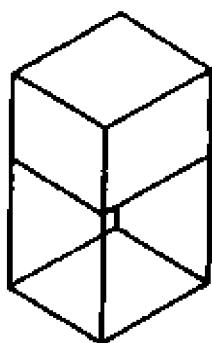


12.3 出口电气产品, 包装件基本尺寸不要选用非标准尺寸

为了国际贸易、进出口包装运输产品的需要,国际标准 ISO3394 (GB/T4892) 规定:

纸、木、塑、金属等各种材质的硬质直方体运输包装件的平面尺寸,用长度和宽度表示,以适用于单元货物运输的运输包装件。该平面尺寸由水平面上

四个相互垂直相交的竖直平面在该水平面上所围成的矩形尺寸(见图示;)具体的运输包装件的平面尺寸,可通过用整数去乘或除以模数尺寸 $600\text{mm}\times 400\text{mm}$ 而得到;单元货物尺寸为基础,用分割的方法,排列计算出尺寸系列如下表。运输包装件的高度尺寸可自行选定。运输包装件平面尺寸的偏差范围是 $0\sim\pm 4\%$ 。如采用本系列以外的非标准尺寸,就会给运输包装过程中带来困难和麻烦。



平面尺寸图

硬质直方体运输包装尺寸系列表

| 序 号 | 尺寸(长×宽)/mm | 序 号 | 尺寸(长×宽)/mm | | |
|-----|------------|-----------|------------|----|---------|
| 倍数 | 1 | 1200×1000 | 约数 | 13 | 200×200 |
| | 2 | 1200×800 | | 14 | 150×200 |
| | 3 | 1200×600 | | 15 | 120×200 |
| | 4 | 1200×400 | | 16 | 600×133 |
| | 5 | 800×600 | | 17 | 300×133 |
| 模数 | | 600×400 | | 18 | 200×133 |
| 约数 | 6 | 600×400 | | 19 | 150×133 |
| | 7 | 300×400 | | 20 | 120×133 |
| | 8 | 200×400 | | 21 | 600×100 |
| | 9 | 150×400 | | 22 | 300×100 |
| | 10 | 120×400 | | 23 | 200×100 |
| | 11 | 600×200 | | 24 | 150×100 |
| | 12 | 300×200 | | 25 | 120×100 |

12.4 设计运输包装件时,不得违反集装箱内部尺寸规定

货物集装箱运输已遍及世界各国,我国已广泛推广使用,以达到最经济、

安全的运输目的。我们在设计电气产品运输包装件时，一定要遵守国家标准 GB1413 中规定的尺寸（见下表），否则，就会造成运输、装卸中的困难。

集装箱最小内部尺寸和箱门开口尺寸表 (mm)

| 集装箱型号 ^① | 最小内部尺寸 ^② | | | 最小箱门开口尺寸 ^③ | | 总重 ^④ |
|--------------------|---------------------|------|-------|-----------------------|------|-----------------|
| | 高 | 宽 | 长 | 高 | 宽 | kg |
| 1AAA | 2655 | 2330 | 11998 | 2566 | 2286 | 30480 |
| 1AA | 2350 | 2330 | 11998 | 2261 | 2286 | 30480 |
| 1A | 2197 | 2330 | 11998 | 2134 | 2286 | 30480 |
| 1BBB | 2655 | 2330 | 8931 | 2566 | 2286 | 25400 |
| 1BB | 2350 | 2330 | 8931 | 2261 | 2286 | 25400 |
| 1B | 2197 | 2330 | 8931 | | | 25400 |
| 1CC | 2350 | 2330 | 5867 | 2261 | 2286 | 24000 |
| 1C | 2197 | 2330 | 5867 | 2134 | 2286 | 24000 |
| 1D | 2197 | 2330 | 2802 | 2134 | 2286 | 10160 |

① 符合国际标准 ISO6346 规定，适用于国际联运。

② 尺寸以温度 20℃ 时测量的数值为准，在其他温度下测得的尺寸应作相应的修正。内部尺寸指箱内接最大矩形六面体的尺寸。

③ 集装箱的总重量是指集装箱自重及其最大容许载重量之和。

④ 指设在集装箱端部的门孔尺寸。使货物能无阻碍地进入集装箱。

12.5 包装件外廓尺寸不得超过托盘外部尺寸、高度、公差

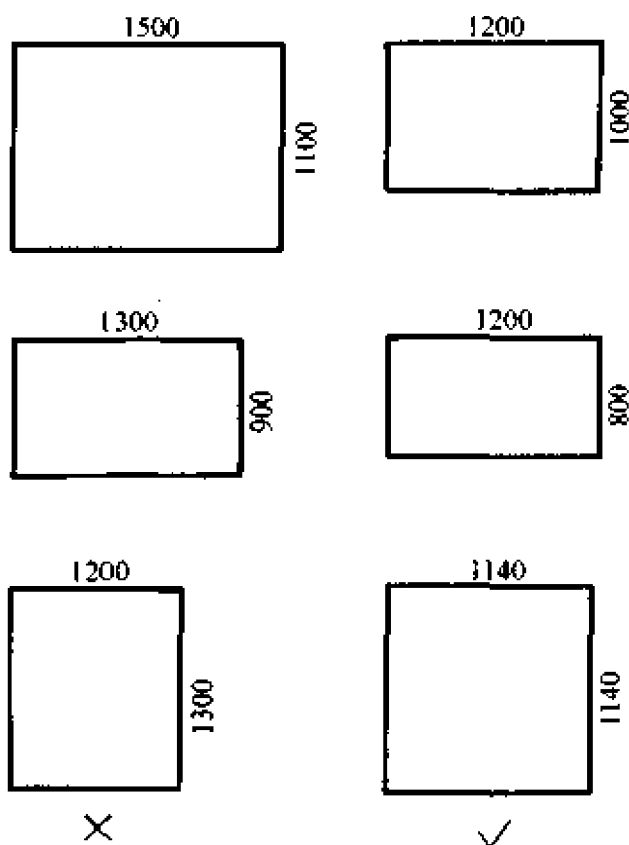
电气产品包装件在公路、铁路、航空等运输过程中，经常要使用托盘进行装卸作业。因此，在设计电气产品包装件外廓尺寸时，必须遵守托盘的三种基本尺寸，即 1200mm×800mm、1200mm×1000mm 和 1140mm×1140mm。否则，不利于利用托盘装卸作业。

托盘包装件的尺寸及重量的计算应考虑托盘、捆扎材料、加固附件及被码放的货物的尺寸及重量的影响。

同时，在包装件设计时不应忽视托盘的高度及其尺寸的公差。

根据国家标准 GB/T16470 规定：托盘包装的高度尺寸及公差应小于或等于 2200₋₅₀mm。托盘包装的平面尺寸及公差应符合下表的要求。

| 托盘包装的平面尺寸及公差 (mm) | |
|-------------------|----------|
| 长×宽 | 公差 |
| 1200×1000 | 0 -48 |
| 1140×1140 | 0 -40 |
| 1200×800 | 0 -32 |



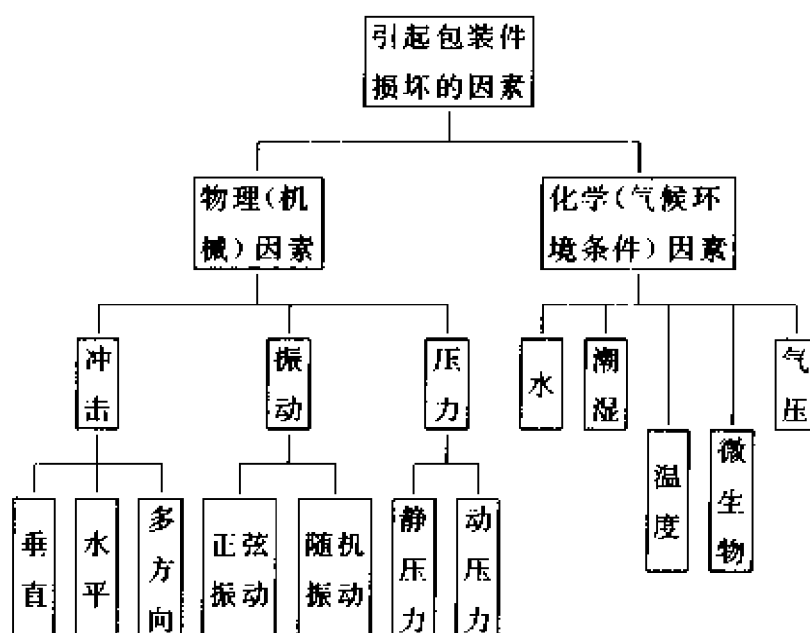
托盘包装件重量应小于或等于 2000kg。为了运输途中的安全，托盘包装件的重心高度应不超过托盘宽度的 2/3。同时应尽量减小托盘包装件的高度尺寸。

包装运输中的问题

12.6 不能单因素考虑电气产品的运输包装设计

在流通过程中，引起包装件损坏的因素有多种，在设计电气产品的运输包装时，除了充分考虑以上损坏包装件的各种因素外，还应针对电气产品包装件

到达目的地的过程中,可能遇到的损坏因素,而应采取必要的防护包装措施。否则,就达不到安全运输的目的。



12.7 不能忽视损坏包装件因素的原因

在设计电气产品运输包装件时,除了解损坏包装件的各种因素外,还应分析各种损坏因素的原因,才便于采取有针对性的防护包装措施。

损坏包装件的因素、原因

| 因素 | 主要原因 |
|------|---|
| 冲击 | 各种运输条件(汽车、火车、轮船、飞机)及装卸条件(人力搬运、机械搬运)产生的冲击 |
| 振动 | 各种运输条件(汽车、火车等)产生的振动 |
| 压力 | 运输中的堆积动载荷和仓库储存中堆码的静载荷对包装件产生的压力 |
| 水 | 流通过程中遇到的降雨(或雪),水运中由于水沫的飞溅或包装件沉入水中,使水渗入包装件 |
| 潮湿 | 流通过程中大气中的潮气(尤其是湿热地带)侵袭包装件 |
| 高、低温 | 流通过程中的环境温度(尤其是高温或低温地区)对包装件产生的不良影响 |
| 低气压 | 流通过程中的低气压(空运或高海拔地区储运)对包装件产生不良影响 |
| 微生物 | 流通过程中的环境条件适应某些微生物繁殖时,对包装件产生的不良影响 |

12.8 设计防水包装不应只考虑防水要求

防水包装主要是防止液态水渗入(流入)包装件内。它是防潮、防霉、防锈等包装的需要,也是这些包装最基本的第一道防线。要求防水包装能保证电气产品包装件在经过装卸、运输、储存环境中,各种危害因素的侵袭后,仍能使电气产品完好地到达用户手中。因此,在防水包装设计时,还应考虑以下要求,才是理想的防水包装件。

防水包装的一般要求

| 项 目 | 要 求 内 容 |
|------|---|
| 防水期 | 自包装出厂之日起2年内不因防水包装不善使其包装件渗水而影响产品质量 |
| 防震 | 防止由于运输过程中颠簸使产品移动而损伤防水包装材料 |
| 环境 | 要求包装环境清洁、干燥、无有害物质 |
| 包装 | 在包装时,包装容器在装填产品或零件后,应封缄严密 |
| 防水 | 木箱顶盖采用双层防水材料时,外层防水材料应伸出箱边的长度不小于100mm |
| 防水材料 | 外包装容器内衬防水材料时,应使防水材料平整、紧贴容器内壁,不得有破碎或缺。当拼接防水材料时,搭接方式应便于雨水外流,搭接宽度不小于60mm |
| 通风孔 | 包装箱如开设通风孔时,要采取措施,防止雨水侵入 |
| 穿孔 | 当被包装物需要穿过防水材料而固定在外包装箱上时,要在穿孔处用防水衬垫材料密封 |
| 防水性能 | 对经过浸水或喷淋试验后的包装件防水性能要求: 1. 外包装容器无明显变形 2. 包装箱箱面标志应保持牢固、清晰 3. 包装件防水密封程度,根据产品特点,应达到无渗水、漏水现象,或无明显渗透水现象,如外包装无明显漏水现象,内包装材料上不应出现水渍 |

12.9 不能忽视对防水材料的要求

防水包装设计能否达到防水的目的,选用防水材料至关重要,不能粗心大意,要按下表要求严格选用,否则,就达不到防水包装的要求。

对防水材料要求

| 项 目 | 要 求 内 容 |
|------------|--|
| 外包装 用材料 | 应具有耐运输强度,如采用瓦楞纸箱时,要经 5min 喷淋试验后,再进行压缩试验,喷淋试验后与试验前的压缩强度比不小于 70%。如选用耐水性低材料时,还应采用防水油漆、涂塑、沥青等进行防水涂料处理,以达到提高耐水性目的 |
| 敷设材料 | 外包装容器内外敷设的材料,如石油沥青油毡、石油沥青油纸、脂剂浸渍纸、防潮级柏油纸、工业用聚乙烯吹塑薄膜等材料。除了具有一定的强度和耐水性外,还应具有耐高温、低温、日晒、污染、虫咬等性能 |
| 粘结材料 | 防水粘结材料。如聚乙烯封口胶液、酚醛树脂、热熔胶以及防水压敏涂塑胶带和不干性胶带等材料。应具有良好的粘结性和耐水性,遇水后,粘结性能应不会明显下降,结合处应不自然分离 |

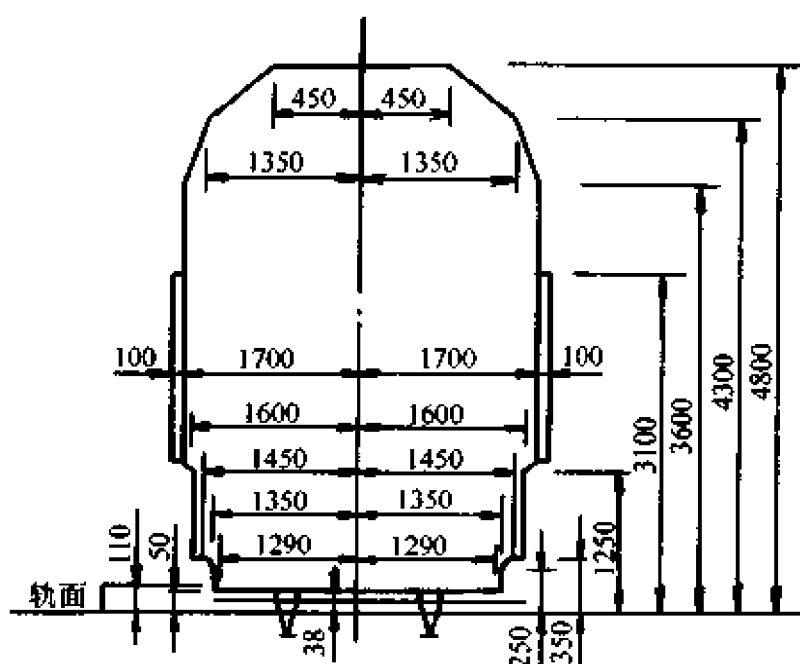
12.10 设计运输包装件勿忘尺寸界限

运输包装件通过公路、铁路、水路、航空等运输方式时,受到运输工具尺寸的制约。在设计运输包装件时,一定要充分考虑运输包装件外廓尺寸界限,如超过尺寸界限,就会造成不能运输。一般要求运输包装件长、宽、高最大分别不应超过 5639mm、2134mm、1981mm (航空运输除外)。具体要求,视运输方式不同而有不同的尺寸界限。按照国家标准 GB/T16471 规定:要考虑二种尺寸界限:一种是适用于运输工具各种载货空间的运输包装件通用的最大外廓尺寸;另一种是适用于运输工具某种载货空间的运输包装件允许的最大外廓尺寸。详见下表。

各种运输方式对运输包装件的通用与允许尺寸界限表 (mm)

| 运输方式 | 通用尺寸 | | | 允许尺寸 | | |
|--------------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------------------|
| | 长 | 宽 | 高 | 长 | 宽 | 高 |
| 公路运输 | <3540 | <1600 | <1650 | <12160 | <2500 | <4000 ^b |
| 铁路运输 | <2300 | <700 | <1782 | <13020 | ② | ② |
| 水路运输 ^b | <5000 | <3740 | <1100 | <32200 | <10500 | <5390 |
| 航空运输 ^c | <1514 | <1000 | <1400 | <3175 | <2438 | <1626 |
| 集装箱运输 ^d (航空运输除外) | <5867 | <2286 | <2134 | <11998 | <2286 | <2566 |

- ① 公路运输允许最高尺寸是指装车后运输包装件最高离地面不得超过 4000mm。超出此界限时，应作为特殊运输。
- ② 铁路运输的允许宽、高尺寸是指装车后运输件宽、高不得超过机车车辆界限(见图示)，超过此界限时应作特殊运输。



机车车辆界限图

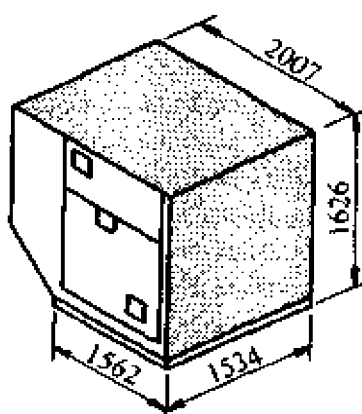
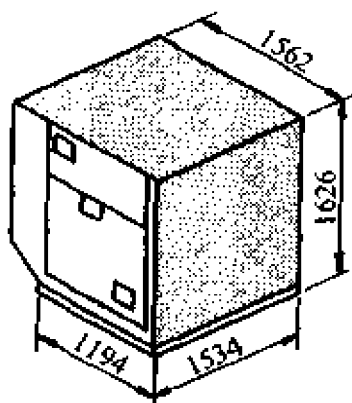
- ③ 水路运输根据不同的船型，其运输包装件的长、宽、高应分别小于该船型货舱的最小长、宽、高；最大的长、宽、高应分别小于货舱的最大长、宽、高，见下表。

水路主要船舶货舱尺寸范围表

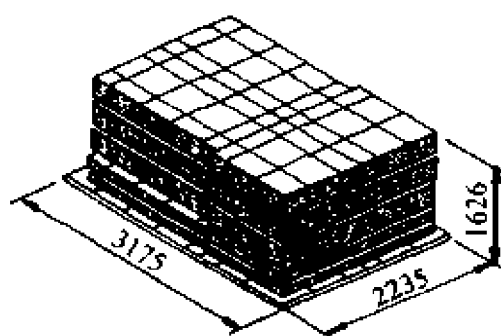
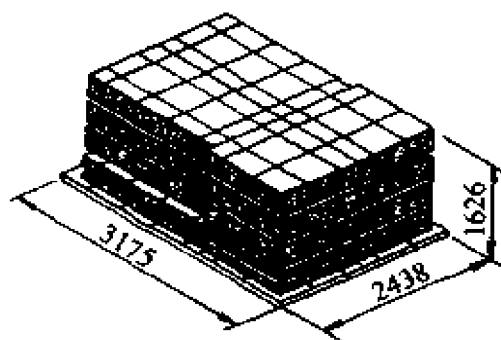
(mm)

| | 舱口长 | | 舱口宽 | | 舱内高 | |
|----|------|-------|------|-------|------|-------|
| | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 |
| 海船 | 6600 | 32200 | 4600 | 12650 | 2140 | 14560 |
| 河船 | 5000 | 60000 | 3740 | 10500 | 1100 | 5390 |

- ④ 航空运输尺寸界限主要是指集装运输包装件尺寸,如集装箱、集装板等,尺寸如图所示。
- ⑤ 集装箱运输尺寸界限,根据不同的箱型其长、宽、高应分别小于该箱型最小内部尺寸及最小箱门开口尺寸。



航空集装箱图

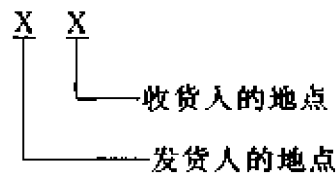


航空集装板单元图

12.11 国际集装箱货运交接勿忘方式代码

国际集装箱航运(或多式联运)企业与其业务伙伴之间有关信息的计算机处理和交换中,勿忘国际集装箱货运交接方式的代码。按国家标准

GB/T 15419规定：采用层次码，用二位数字表示。第一位代表发货人的工厂或仓库、集装箱堆场、集装箱货运站；第二位代表收货人的工厂或仓库、集装箱堆场、集装箱货运站。其代码结构如下：



代码含义详见附表。

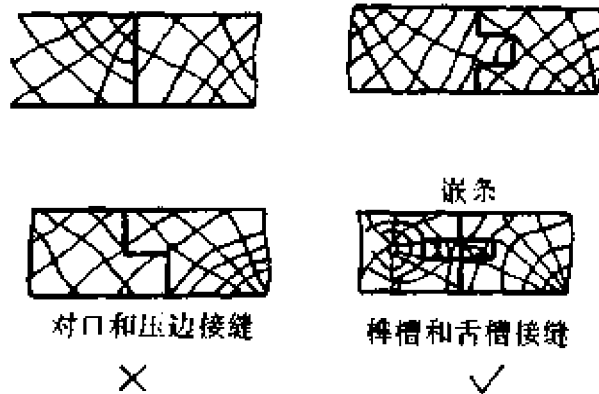
国际集装箱货运交接方式的代码

| 数字代码 | 集装箱货运交接方式 | 说 明 |
|------|---------------------|--|
| 11 | 门到门 DOOR TO DOOR | 发货人在工厂或仓库装箱，由承运人运至最终目的地工厂或仓库将集装箱交付给收货人 |
| 12 | 门到场 DOOR TO CY | 发货人在工厂或仓库装箱，由承运人运至卸货港或其指定的内陆集装箱堆场将集装箱交付给收货人 |
| 13 | 门到站 DOOR TO CFS | 发货人在工厂或仓库装箱，由承运人运至卸货港或其指定的内陆集装箱货运站，拆箱后将货物交收货人 |
| 21 | 场到门 CY TO DOOR | 承运人在装货港或其指定的内陆集装箱堆场接受集装箱，并运至最终目的地工厂或仓库交付给收货人 |
| 22 | 场到场 CY TO CY | 承运人在装货港或其指定的内陆集装箱堆场接受集装箱，并运至卸货港或其指定的内陆集装箱堆场交付给收货人 |
| 23 | 场到站 CY TO CFS | 承运人在装货港或其指定的内陆集装箱堆场接受集装箱，并运至卸货港或其指定的内陆集装箱货运站，拆箱后将货物交收货人 |
| 31 | 站到门 CFS TO DOOR | 承运人在装货港或其指定的内陆集装箱货运站装箱，然后将集装箱运至最终目的地工厂或仓库交付给收货人 |
| 32 | 站到场 CFS TO CY | 承运人在装货港或其指定的内陆集装箱货运站装箱，然后将集装箱运至卸货港或承运人指定的内陆集装箱堆场交付给收货人 |
| 33 | 站到站 CFS TO CFS | 承运人在装货港或其指定的内陆集装箱货运站装箱，然后将集装箱运至卸货港或承运人指定的集装箱货运站拆箱将货物交收货人 |

包装结构设计的问题

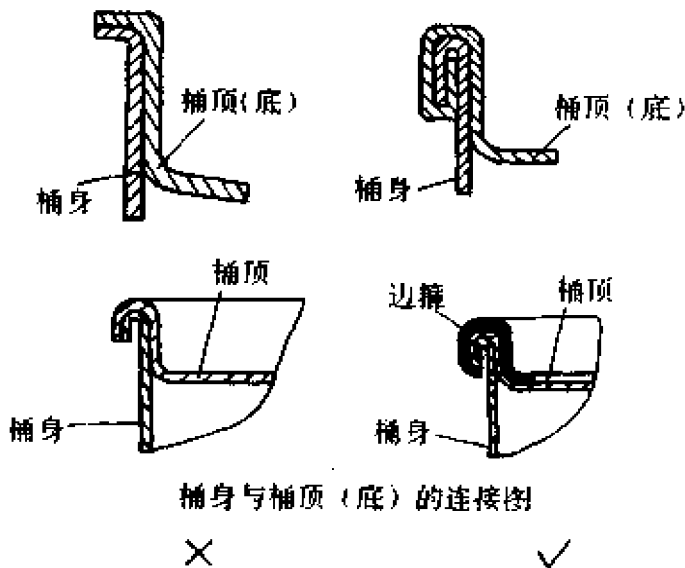
12.12 内装高精度产品的箱板不能用对口和压边接缝

对于内装高精密度的电气产品或零部件的封闭箱,要求防水性能极高,在箱体接缝处均应采用榫槽接缝。有时还用舌槽接缝,要求采用槽宽与槽深相同的嵌条进行接合。对口接缝和压边接缝形式均不易达到要求,故不宜采用。



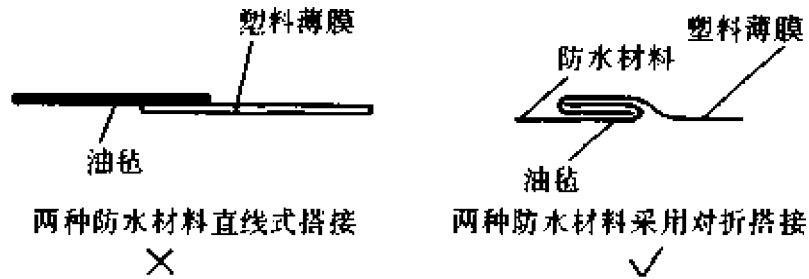
12.13 金属板桶身与桶盖拼接忌直线式压接

用钢板卷接压紧的防水包装桶,防水性能比用钢板直线式压接的防水包装桶要好。故不宜用直线式拼接。



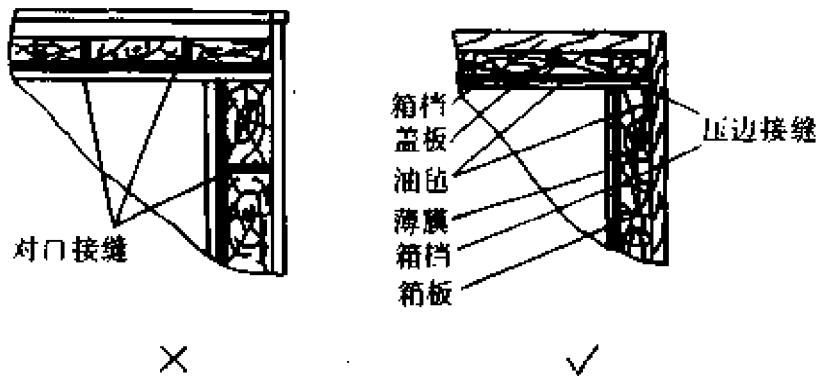
12.14 防水材料之间不宜简单压接

在外包装箱内敷设多层防水材料时,对于防水材料之间的搭接方法,宜采用对折搭接法,并要求搭边宽度不小于 60mm,以加强防水性能。如用简单的直线式压接(如图左),常达不到防水要求,故不宜采用。



12.15 敷设防水材料的外箱板不宜对口接缝

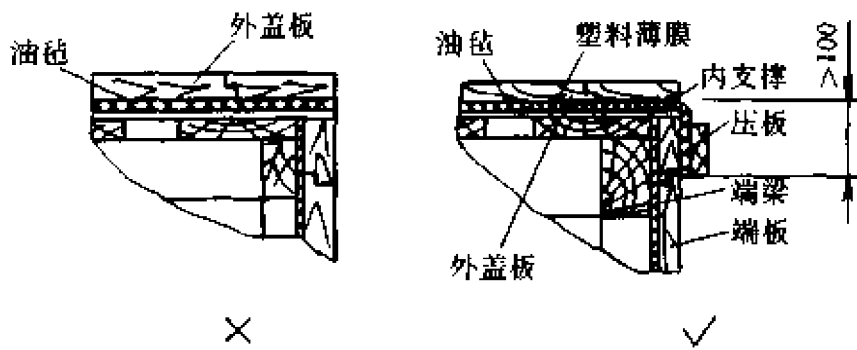
常用防水包装结构中,敷设防水材料时,对木箱箱板一般不应对口接缝,而应压边接缝,然后,在箱内六面采用单层或双层防水材料敷设,以提高其防水性能。



防水包装结构中的问题

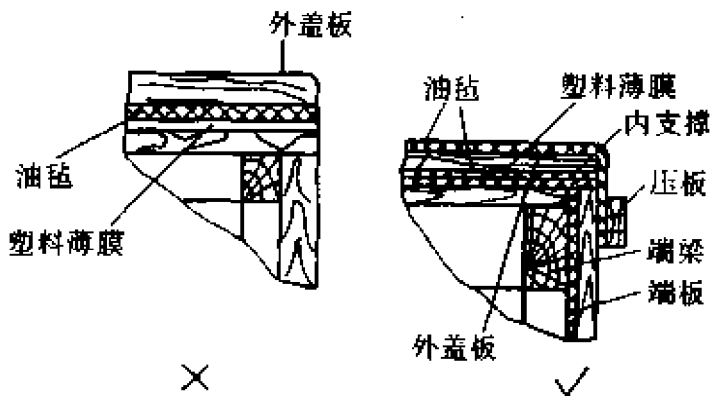
12.16 外层防水层应伸出箱边

箱板除采用压边接缝外,在外盖板下应采用油毡和塑料薄膜等双层防水材料,外层防水材料应伸出箱边不小于 100mm。



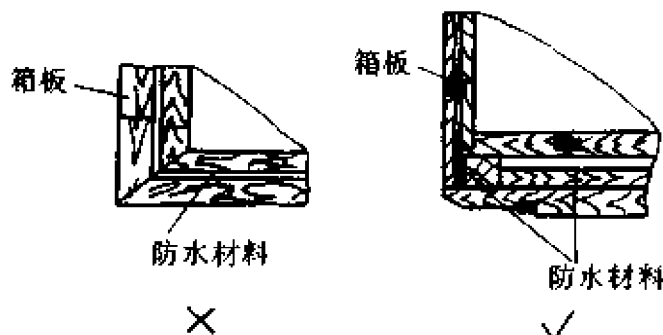
12.17 防水要求较高的产品包装加双层油毡

对于防水要求较高的产品，在外盖板上再加一层油毡，以提高防水性能，外层防水材料伸出箱边也不得小于 100mm。



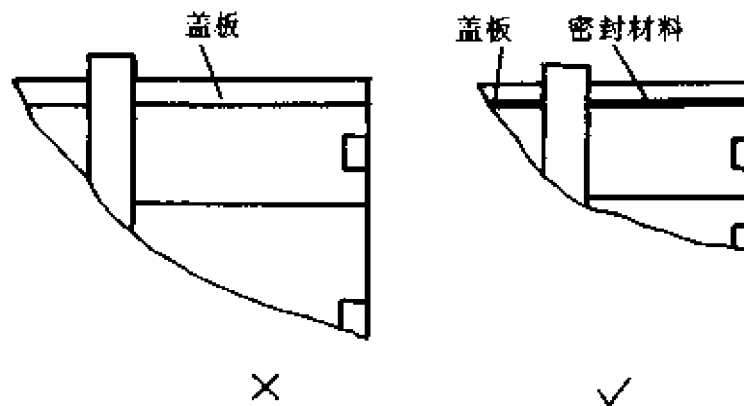
12.18 对防水要求很高的箱板要舌槽、榫槽接缝

对防水要求很高的电气产品包装，全部箱板均应舌槽或榫槽接缝结构，箱内六面铺以两种以上防水材料，以保证防水性能。



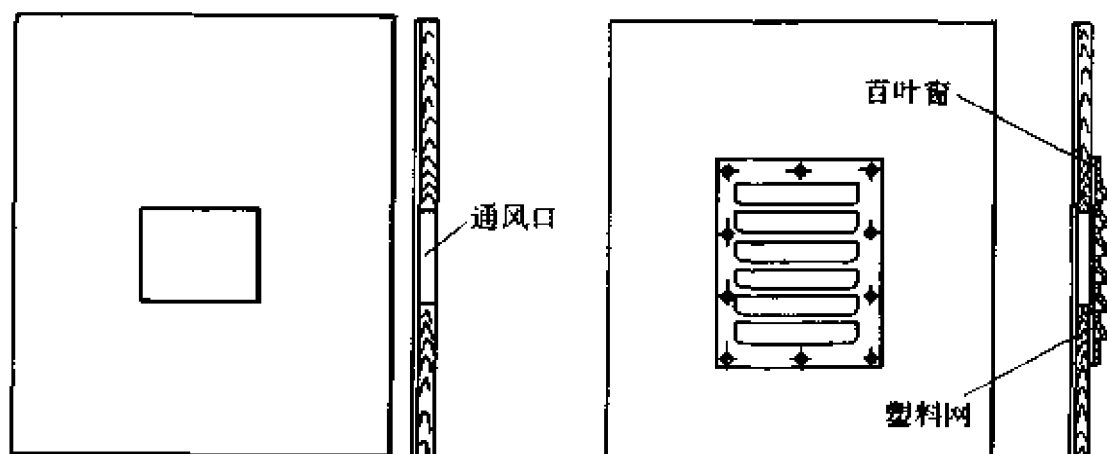
12.19 防水包装箱的盖板另加密封材料

防水包装的木箱箱板全部采用舌槽、榫槽接缝后，箱内六面采用油纸覆盖。在箱盖板与箱体之间仍应采用密封材料封箱，才能保证防水要求。



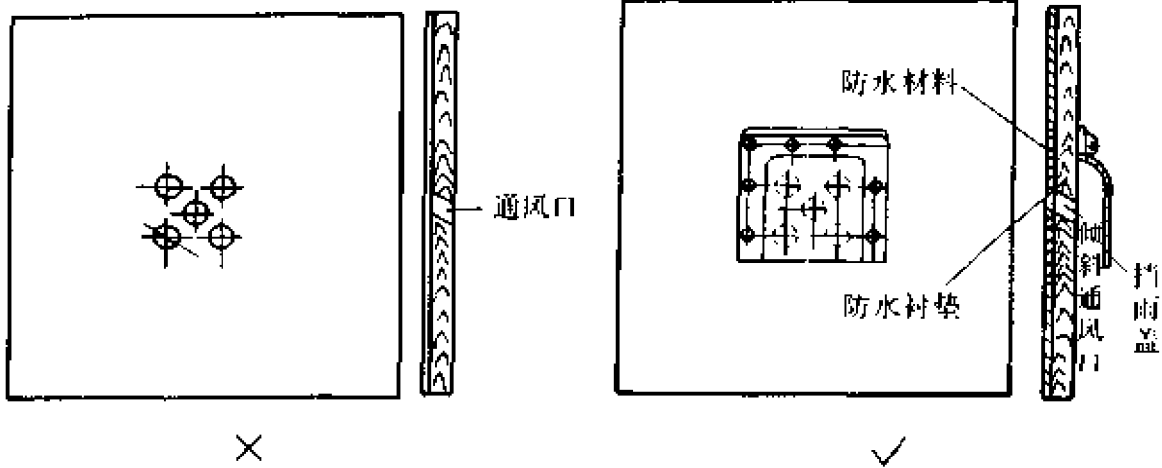
12.20 防水包装箱的通风孔不能没有百叶窗挡雨

防水包装箱需要开设通风孔，便于通风干燥。在孔外应有百叶窗等防雨措施，如在外侧钉塑料网、外加百叶窗，防雨水漂入。



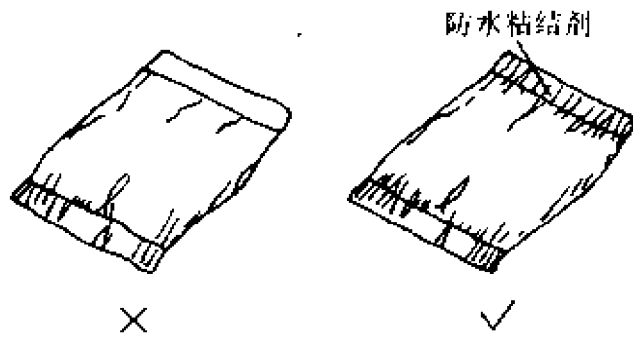
12.21 防水包装箱的斜通风孔要挡雨盖防雨

防水包装箱如采用倾斜通风口时，应在外侧另加挡雨盖，防雨水漂入。

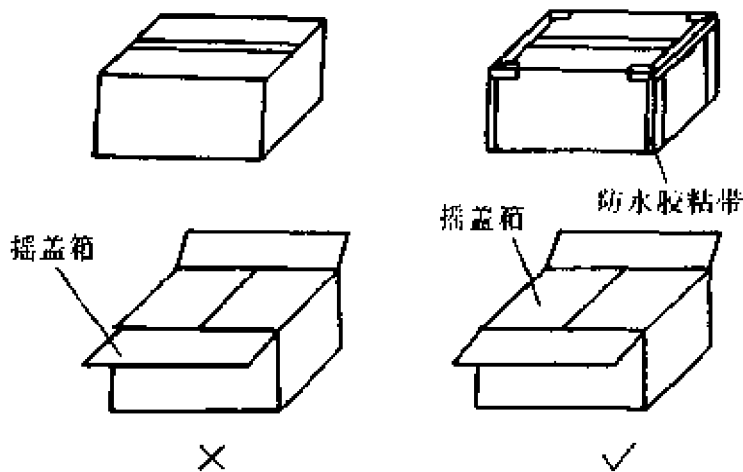


12.22 包装袋口要有密封措施

用复合材料、塑料薄膜等材料制成的防水包装袋，在袋的接缝处，必须用热封或用防水粘结剂予以密封好。否则，达不到防水要求。



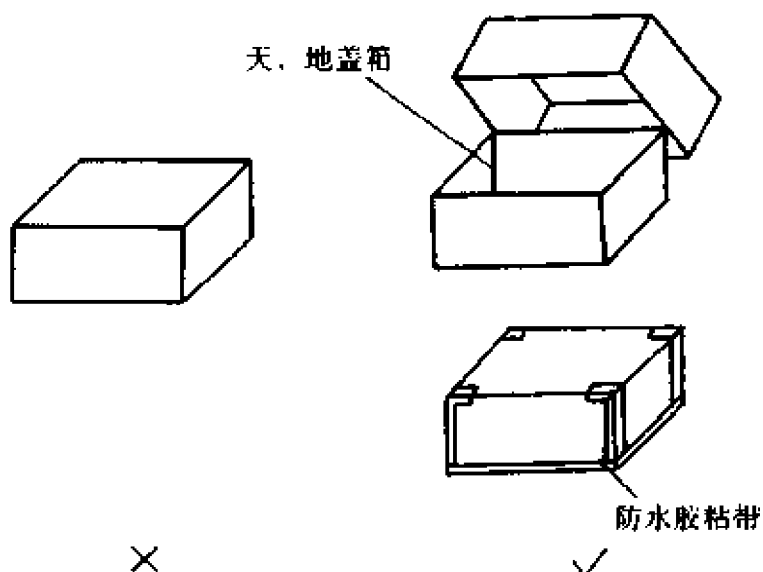
12.23 摇盖箱接缝处不忘贴防水胶粘带



经过防水处理的纸箱、钙塑箱的摇盖接缝处，在合箱后，各接缝处均需用防水胶粘带粘贴，达到密封防水要求。否则，水易渗入箱内。

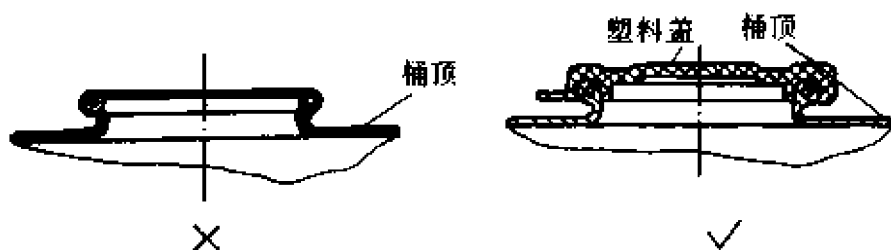
12.24 天、地盖箱接缝处需要贴防水胶粘带

经防水处理的纸箱、钙塑箱的天、地盖接缝处，均需用防水胶粘带密封。否则，水易渗入箱内。



12.25 包装桶的桶顶开口处需加塑料盖

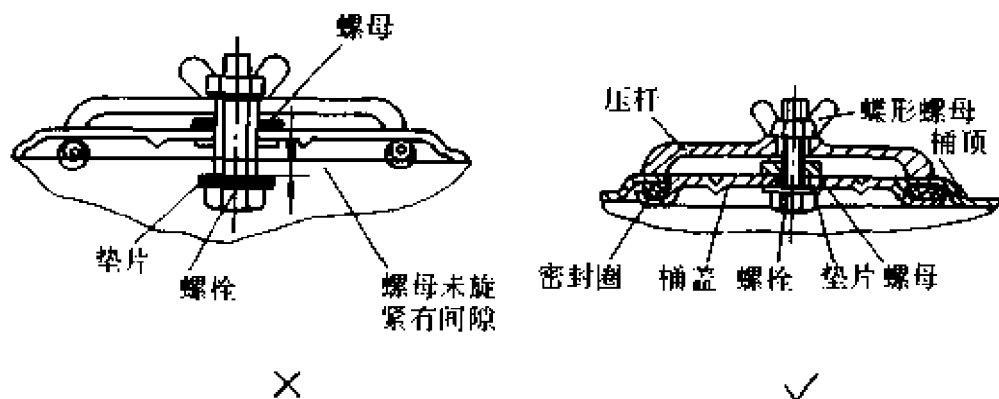
防水包装桶的桶顶的开口处如向上翻边后端部向外卷口时，应把塑料盖直接压入卷口上达到密封防水要求，否则，水易渗入，达不到防水包装要求。



12.26 带旋转螺帽的包装桶桶盖不得松动

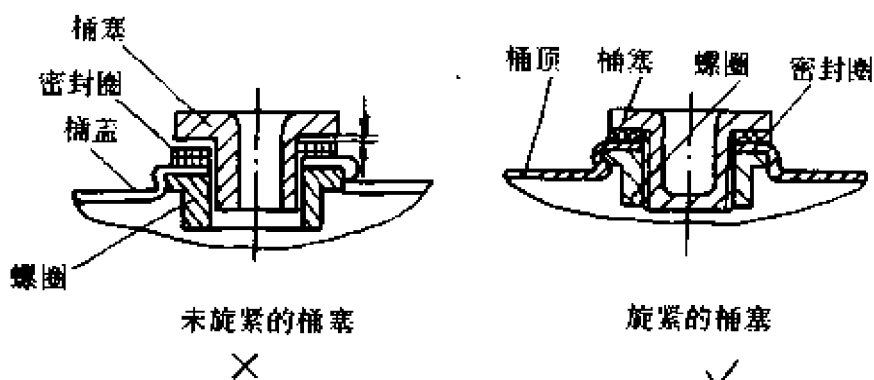
带旋转螺帽的防水包装桶，是通过压杆压紧桶面，使密封垫紧贴桶顶，达到良好的密封。如果旋转螺帽没有旋紧，在螺帽、垫圈、螺栓之间产生间隙，

就压不紧密封垫，达不到密封的要求，水汽容易渗入。故必须拧紧螺帽，不得松动。

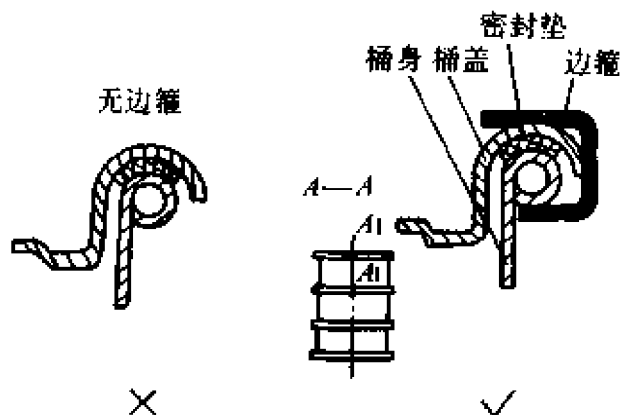


12.27 必须旋紧防水包装桶的桶塞

防水包装桶的桶顶带有桶塞，桶塞的螺纹与螺圈内螺纹咬合，将桶塞旋紧后，靠螺纹紧压密封圈，实现密封，达到良好的密封效果，否则就起不到密封作用。



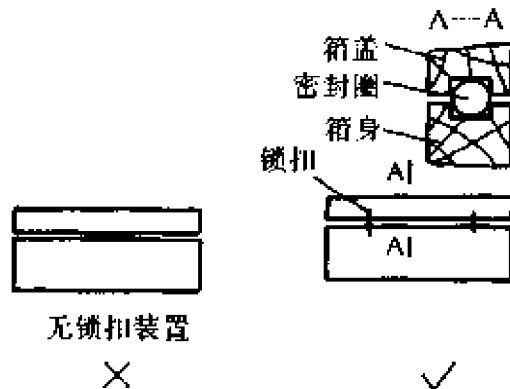
12.28 防水包装桶应有边箍增强密封



防水包装桶的桶身与桶盖之间有密封圈,如没有边箍箍紧,密封圈就不能紧贴桶身与桶盖,达不到密封的目的。

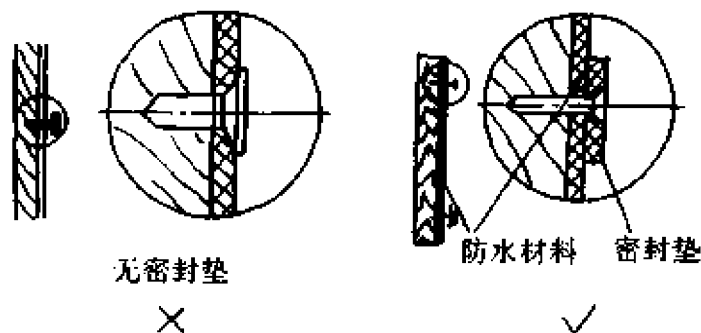
12.29 防水包装桶应有锁扣

防水包装桶的桶身与桶盖之间有密封圈,安装锁扣装置,能使密封圈紧贴桶身与桶盖,达到非常密封的效果。否则,密封效果差。



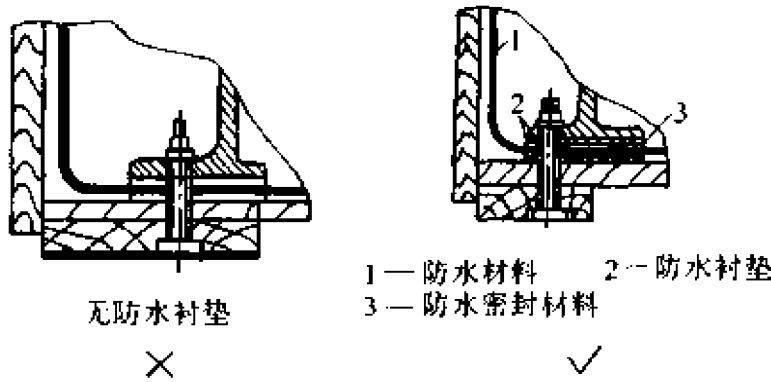
12.30 在防水包装箱内钉钉时要加密封垫

防水包装需用钉子加固油毡等防水材料时,必须在钉钉处加密封垫,以防破坏防水层,引起水渗入内部。



12.31 在防水包装箱内要穿孔时要加防水密封材料

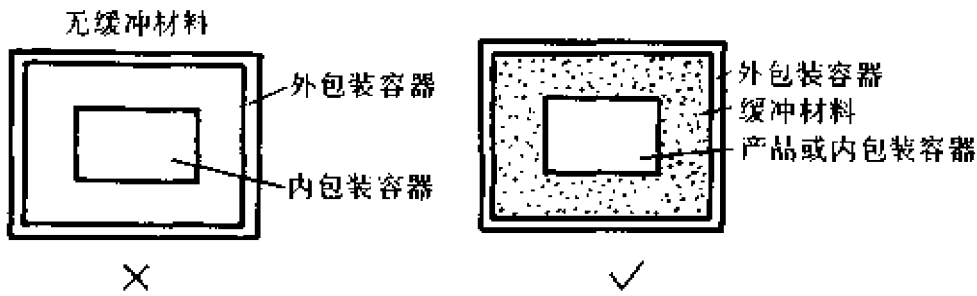
防水包装箱内装物需要穿过防水材料层固定在外包装箱上时,在穿孔处应加防水材料作衬垫,起密封作用。否则,易渗水、受潮,达不到防水包装的目的。



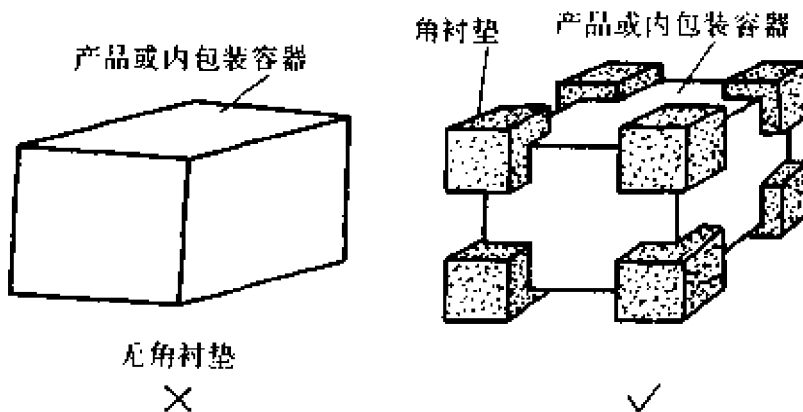
防震包装结构中的问题

12.32 没有缓冲材料的包装箱达不到防震目的

在外包装容器内加细条状、粒状、片状的缓冲材料，将产品或内包装的整个表面衬垫，以达到全面缓冲包装防震的目的。此种方法适合于小批量的包装件。



12.33 没有角衬垫的包装达不到防震目的

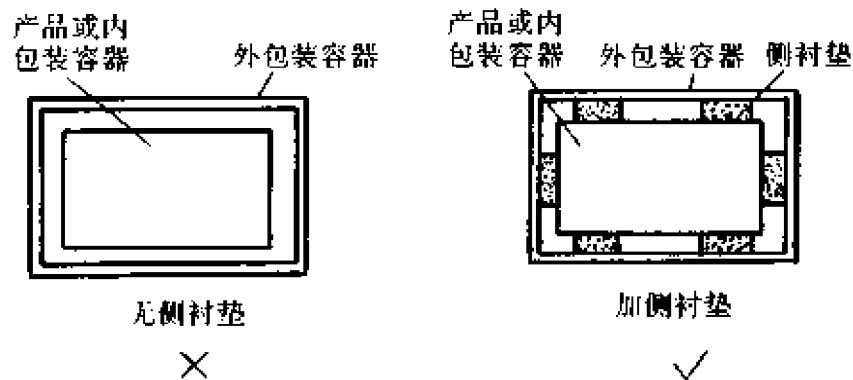


对于大批量的包装件，必须采用专用块状衬垫材料，加工成角衬垫，达到防震包装目的。否则，包装件易产生移动，达不到防震包装的目的。

12.34 没有侧衬垫的包装达不到防震目的

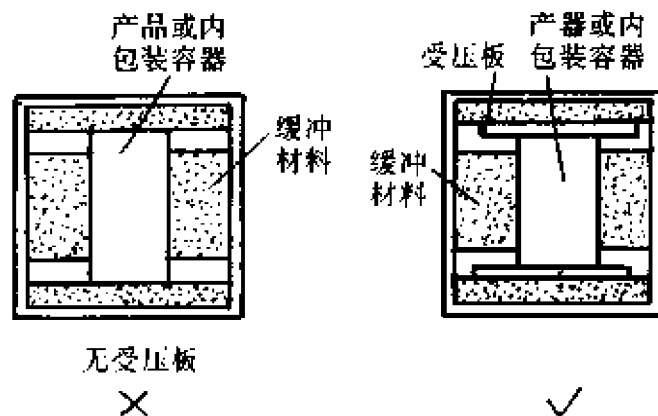
在外包装容器与产品或内包装容器之间采取侧衬垫方法，可以达到防震包装的目的。

当负荷面积缩小的场合，可用角衬垫或侧衬垫。或两者并用，以达到防震的目的。



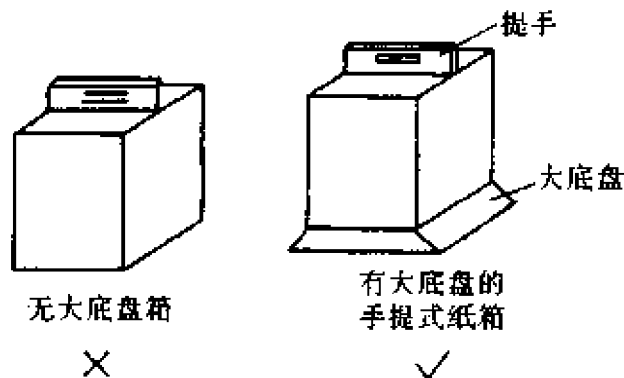
12.35 不加受压板难于调整受压面积

为了有效地利用缓冲材料，除了调整载荷外，还可以在负荷面积扩大的场合，需要扩大特定方向的面积时，就在这个面上加装一块受压板，即可调整受压面积，达到防震目的。



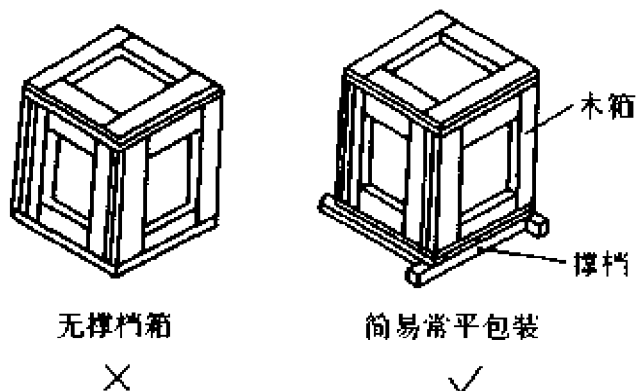
12.36 大底盘的手提纸箱可防倒置

对怕倒置的电气产品,一般采用瓦楞纸板做成的手提式包装纸箱,在底部做成大底盘,就是一种简易的防倒包装箱,不易倒置。否则,在运输、装卸过程中易跌倒倾斜。



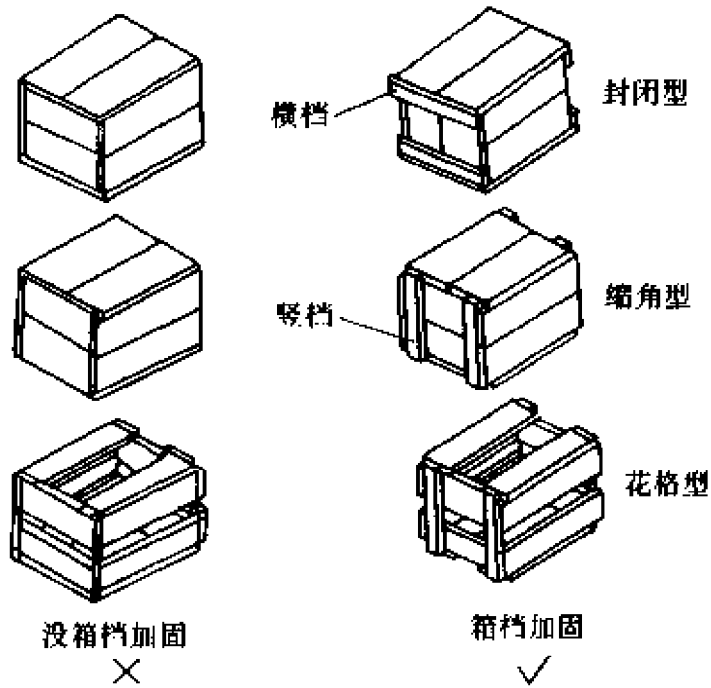
12.37 无撑档的包装箱难以防倒

对于包装产品或零部件的木箱或胶合板箱,可在箱底下用木条搭成撑档,向四面伸出做成简易常平包装,可防止箱体随便倒下。该类包装纸箱、木箱、胶合板箱适合于必须向上置放而不能侧放或倒放的产品包装。无撑档的包装箱,就会在运输、装卸中发生倒置、倾斜,造成产品受损。

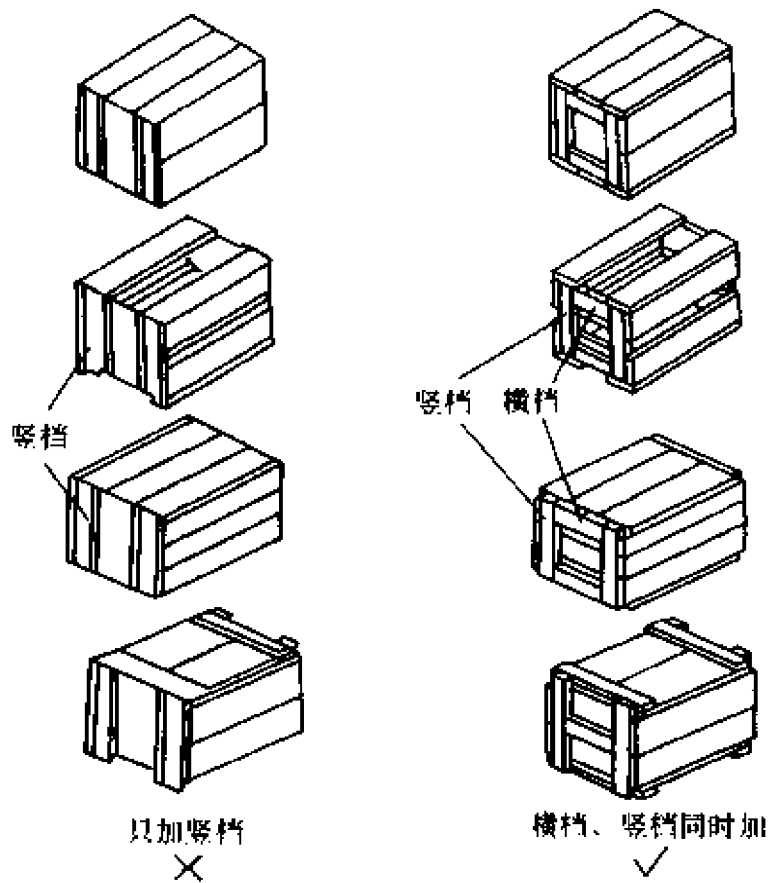


12.38 箱装不能没有箱档措施

普通箱体形式有封闭型、缩角型、花格型,但都需要在箱端面加横档或竖档,以保证箱体的强度。这类箱体内装产品重量一般不应超过 25kg,常与托盘配合使用。如没有箱档,箱体在运输、装卸过程中易破损。

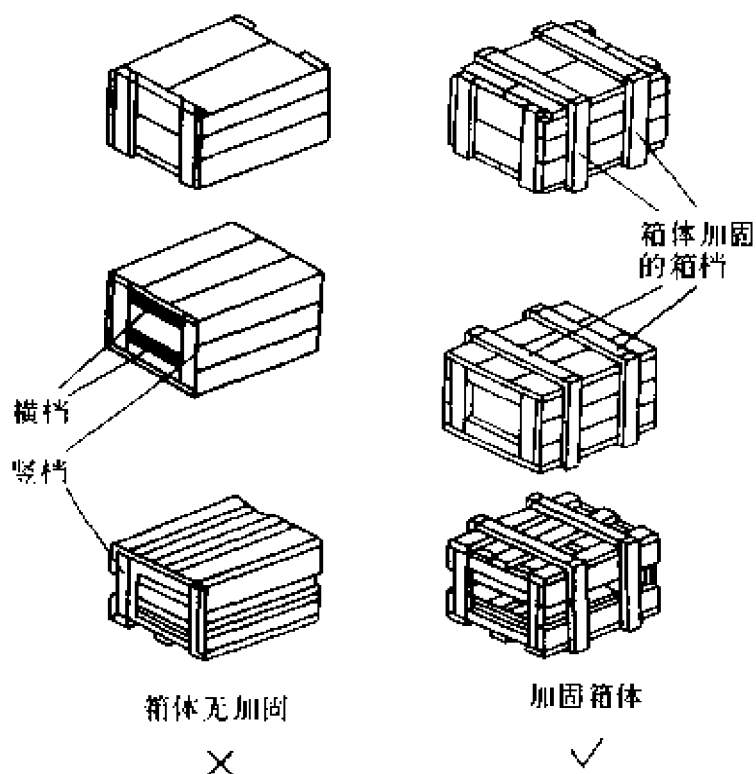


12.39 内装 25~50kg 的包装箱不能只加竖档



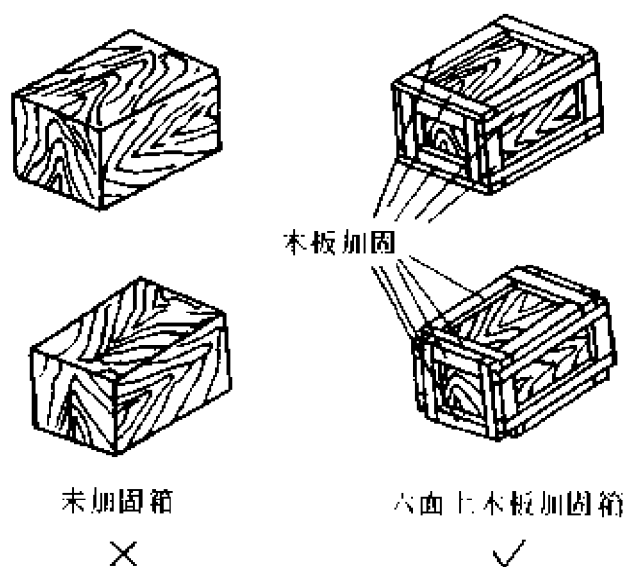
由于内装产品重量大于 25kg 的包装箱体,要求箱端面要同时加横档和竖档,并且封箱后,还要用氧化钢带加固,才能保证箱体强度。

12.40 内装 50~150kg 的包装箱要整体加固



普通型包装木箱,内装产品重量达 50~150kg 时,除了要在箱端面同时加横档和竖档以外,同时对木箱箱体进行整体加固,才能保证箱体强度。

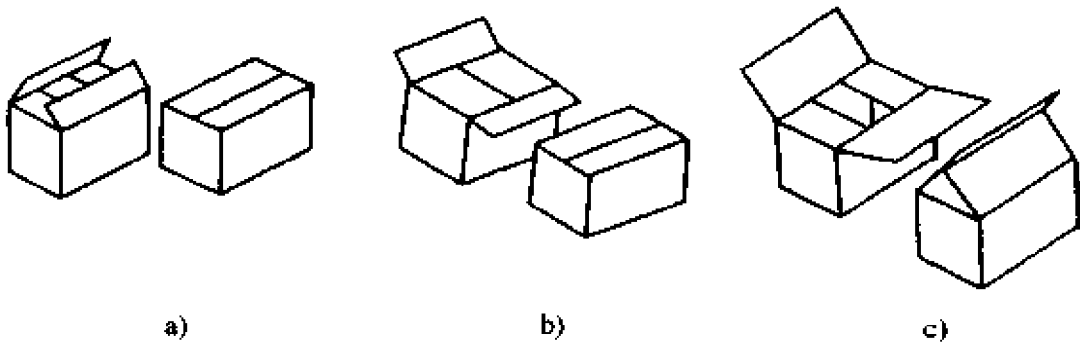
12.41 胶合板箱的各端面必须加档



对精度要求较高的产品包装,一般使用胶合板做包装箱,但胶合板强度不够,必须在箱体的六个面上均加档板,才能保证强度。否则,在运输装卸中易散破损伤。

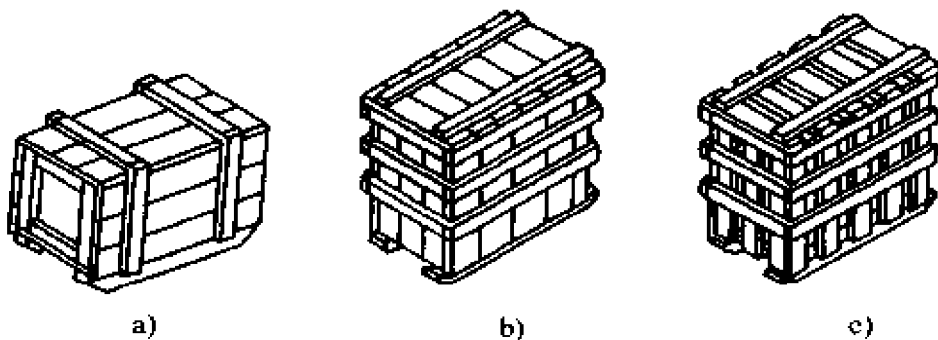
12.42 瓦楞纸箱、钙塑类箱不能内装大型电气产品

由于瓦楞纸箱及钙塑箱承受载荷有限等原因,一般不能内装大型电气产品,只能内装重量较轻的电工仪器、仪表及电器、元器件产品。通常使用的箱体结构有 a、b、c 三种,如图示。



12.43 普通滑木箱内装重量不能大于 1500kg

根据选用包装材料的强度计算和长期使用经验,普通滑木箱,包括封闭型和花格型木箱,内装电工产品或零部件总重量不能超过 1500kg,才能保证安全运输、装卸。国家标准推荐 a、b、c 三种外包装箱体结构,如图示。

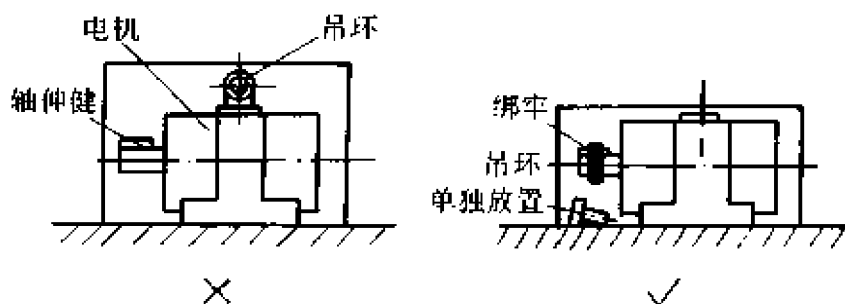


进行包装作业中的问题

12.44 入箱内的产品不要有可移动及凸出的零部件

包装箱内的产品,凡是能够移动的零部件应移至使产品具有最小外形尺

寸的位置并加以固定。凸出的零部件应尽可能取下，并固定在同一箱内（如电机的吊环），以减少包装箱的体积，并避免由于产品上凸出的零部件损伤包装材料，而影响包装防护性能。

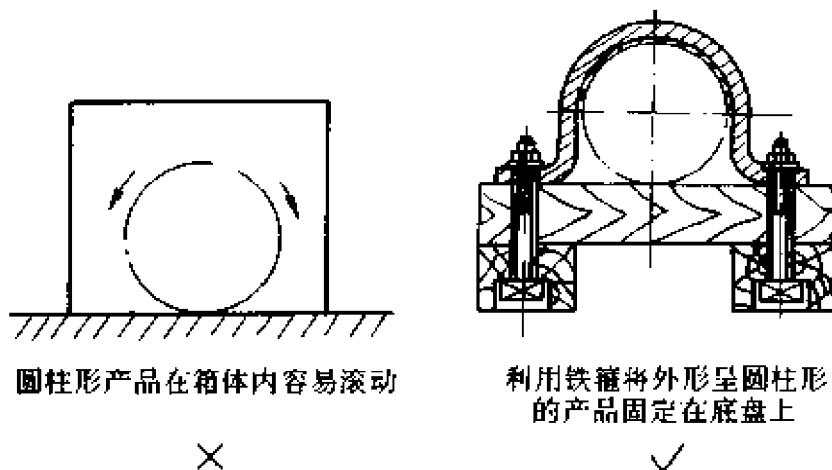


12.45 防止箱内产品在搬运中移动和碰撞

注意产品在箱内的固定。

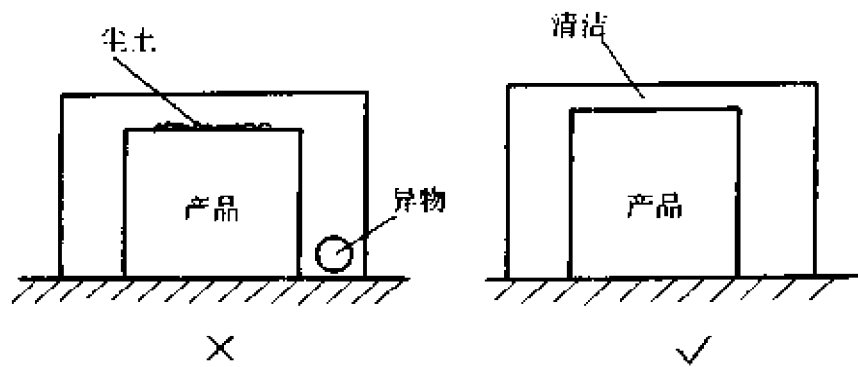
对箱内装有易于碰撞的零部件、精密加工表面的零部件以及仪表等须用防振材料如瓦楞纸、泡沫塑料等隔开。

箱内产品应垫稳、卡紧、固定，以免在运输和装卸作业时产生倾翻和滚动现象。



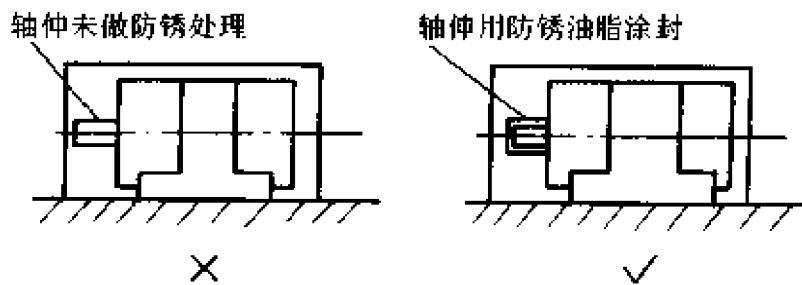
12.46 箱内不要有脏物、异物

包装箱内的产品、防振材料及紧固用零部件均应干净、干燥，不得带有尘土及任何无关的字迹或图样。



12.47 注意防止产品锈蚀

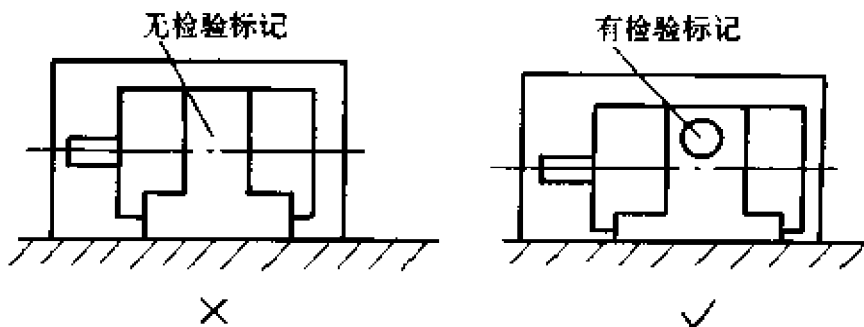
被包装产品的重要加工部位（如电机轴伸），应加防锈处理，例如涂防锈油脂。以免贮运过程中锈蚀。



12.48 不要未经检验就包装入库

产品必须经检验合格后方可进行包装，以免将不合格产品装入箱内。

装箱后封盖前应检查产品的随机文件及备品、备件是否齐全，防锈处理及产品在箱内紧固的情况。



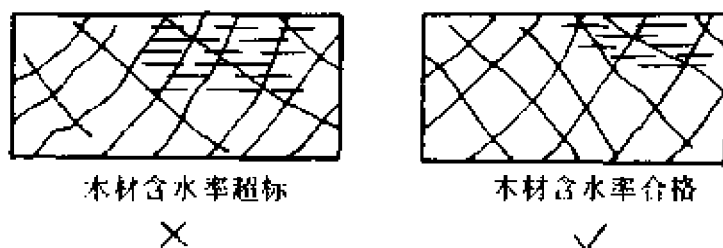
12.49 包装箱木材含水率不要超标

木材含水率是影响包装箱质量的重要因素。

含水率过高使木材强度降低,木材的干燥收缩使箱板的间隙和变形增加,降低箱的封闭性能。含水率高还容易加快箱的腐朽变形。

含水率过低制作时易产生裂纹,木材的“握钉力”下降,并且由于储运中的受潮吸湿膨胀,使箱体产生较大变形。

制箱木材必须经过干燥处理(烘干或自然干燥)。封闭箱箱板用木材,其含水率规定为8%~20%。滑木、枕木及框架木材的含水率不得大于25%。



12.50 不要有非允许缺陷的木材作包装箱



包装箱用材应保证包装箱的强度。主要受力构件应采用落叶松、马尾杉、紫云杉、白松、榆木等。次要部位可选用其他杂木。

同一包装箱的箱板色泽应基本一致，外表面应平整，无明显毛刺和蛀孔（已修补的虫眼除外）。

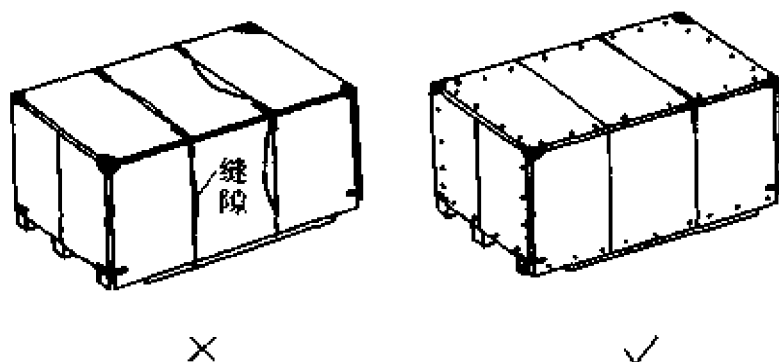
木材的缺陷包括活节和死节、腐朽、虫害、裂纹、钝棱、弯曲、斜纹等国家标准（GB/T 13384）中均有详细规定。对主要受力构件如滑木、枕木、横梁、框架构件等以及箱板等其他构件均有不同的要求，选用时不得超过其缺陷的允许值。木材的允许缺陷度规定如下：

| 缺陷名称 | 木材允许的缺陷限度 | |
|-------|---|--|
| | 滑木、枕木、横梁、框架构件等主要受力构件 | 箱板等其他构件 |
| 活节和死节 | 任意材长 1m 中，节子的个数不得超过 5 个，最大节子直径不得超过材宽的 30%（死节必须修补），直径不足 5mm 的节子不计。滑木的主要受力部位不得有死节 | 最大活节直径不得超过板宽的 40%，最大死节直径不得超过板宽的 25%（死节必须修补），直径不足 5mm 的节子不计 |
| 腐朽 | 不允许 | 不允许 |
| 虫害 | 任意材长 1m 中，虫眼个数不得超过 4 个（已修补的虫眼例外），直径不足 3mm 的虫眼不计 | 任意材长 1m 中，虫眼个数不得超过 10 个（已修补的虫眼例外），直径不足 3mm 的虫眼不计 |
| 裂纹 | 裂纹长度不得超过材长的 20%（宽度不足 3mm 的裂纹不计），不允许有贯通裂纹 | 裂纹长度不得超过材长的 20%（宽度不足 2mm 的裂纹不计） |
| 钝棱 | 钝棱最严重部分的缺角宽度不得超过材宽的 30%，高度不得超过材厚的 1/3 | 钝棱最严重部分的缺角宽度不得超过材宽的 40%，高度不得超过材厚的 1/2 |
| 弯曲 | 顺弯、横弯不得超过 1%，翘弯不得超过 2% | 顺弯、横弯不得超过 2%，翘弯不得超过 4% |
| 斜纹 | 纹理的倾斜度不得超过 20% | |

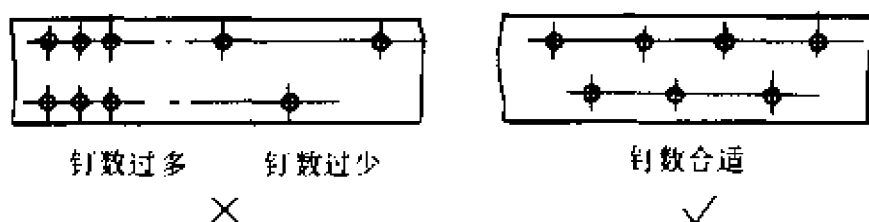
12.51 包装箱不允许有过大的缝隙

包装箱缝隙过大影响箱的密封性能。

各框架构件结合处的缝隙及侧端面联结处的缝隙不大于 3mm，试验后不大于 5mm。封闭箱箱板的拼接采用对口接缝处的间隙不大于 3mm。



12.52 包装箱用钉数不宜过多或过少



木箱钉箱应采用锯齿形均匀布钉，以避免钉钉时木板的劈裂。布钉可分为两行或数行。

木箱构件加固时的用钉数量：

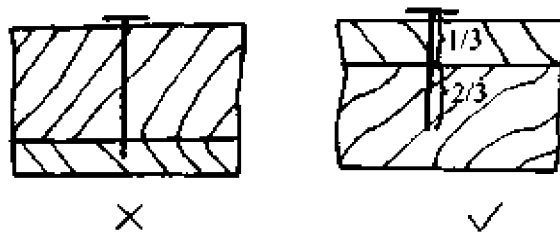
钉箱时以箱面宽度计，平均 75mm 1 只；单板大于 90mm 不少于 2 只；箱面 200mm 以上端板的上下部必须 2 只。

木箱组装时用钉数量：

以箱面宽度计；平均每 50mm 1 只（包括钢带）；余数大于 30mm 时加钉 1 只；宽度 190mm 以下不少于 4 只。包角用钉不少于 4 只。

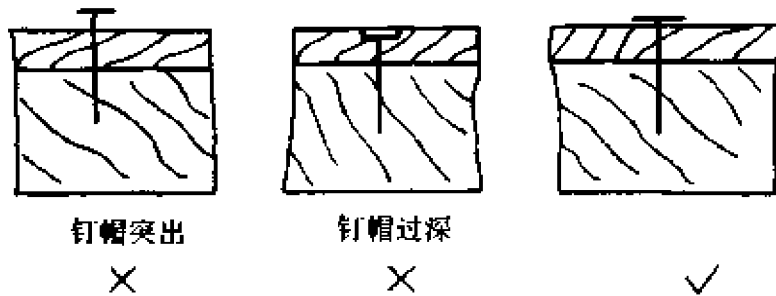
12.53 不要将厚材往薄材上钉

钉钉时钢钉要从薄材往厚材上钉，并将钢钉长度 2/3 以上钉进较厚的构件中。



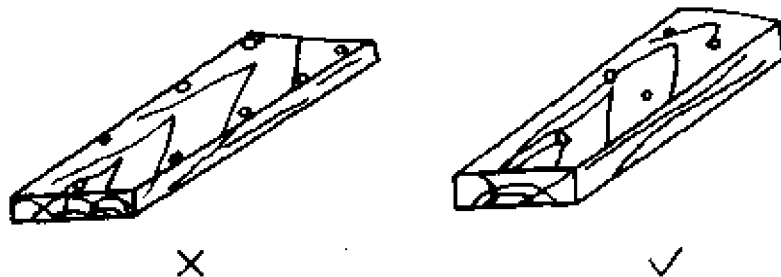
12.54 钉帽不要突出或钉得过深

钉帽突出会对产品、内包装及操作人员带来伤害。钉头钉得过深，凹处容易存水和渗水，防水性能下降。



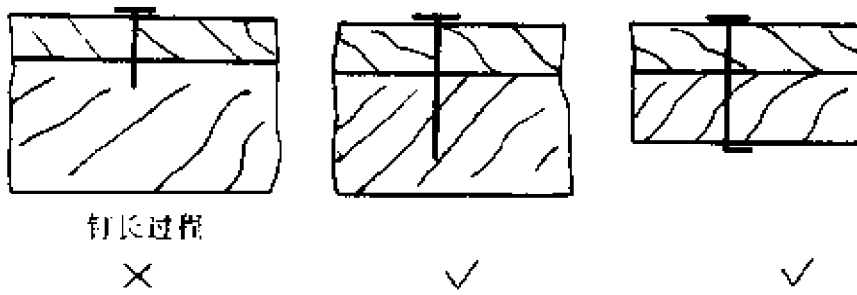
12.55 钢钉与材边距离不要过小

在木板的材端附近钉钉时，钢钉与材端的距离一般不小于板厚。在木板的材边附近钉钉时，钢钉与材边的距离一般不小于板厚的 $1/2$ 。



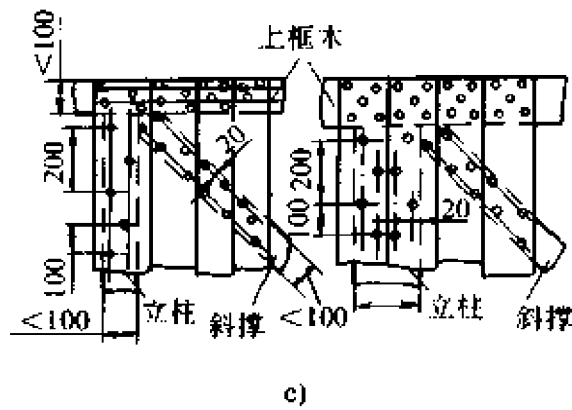
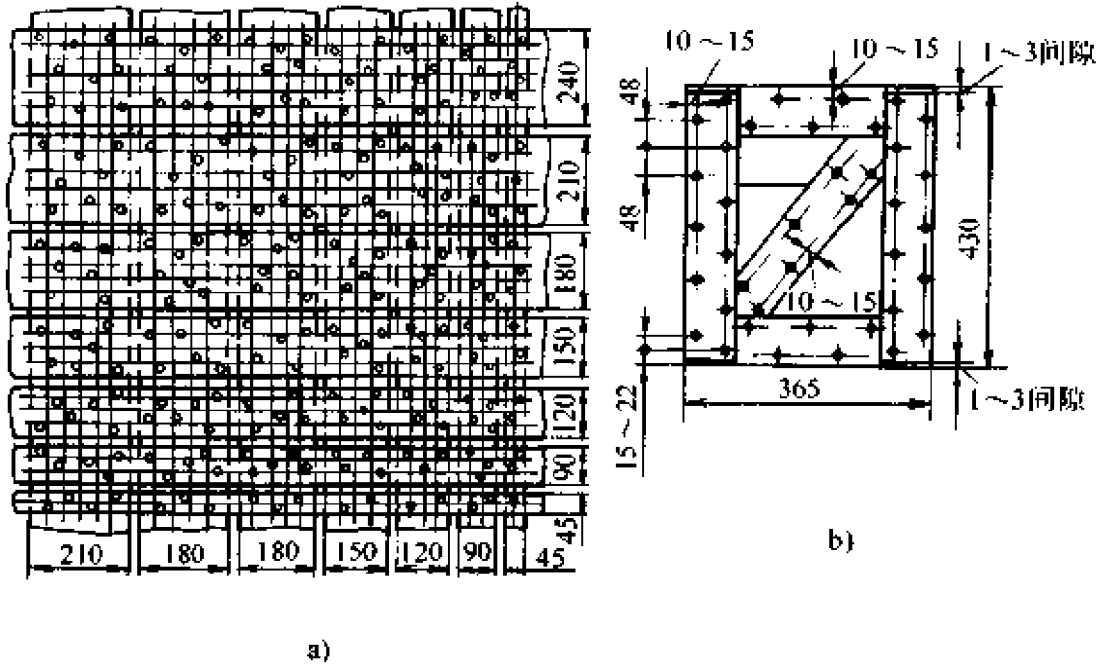
12.56 钉长不宜过短

从箱板往框架构件钉钉时，钉长一般为板厚的 $3\sim 3.5$ 倍。若构件的厚度不足箱板厚度的 2 倍，其突出的钉尖必须打弯 3mm 以上。



12.57 避免不正确的布钉方法

为保证木箱强度，布钉方法必须按标准规定，避免不正确的布钉方法。正确的布钉方法见图 a、b、c。



12.58 包装箱不要尺寸超差及扭斜

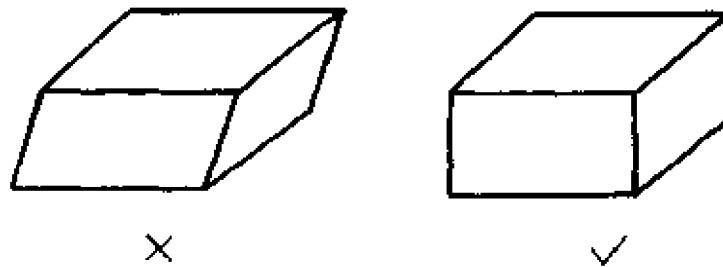
木箱尺寸必须符合图样要求，其极限偏差不得超过下列规定：

长：±5mm

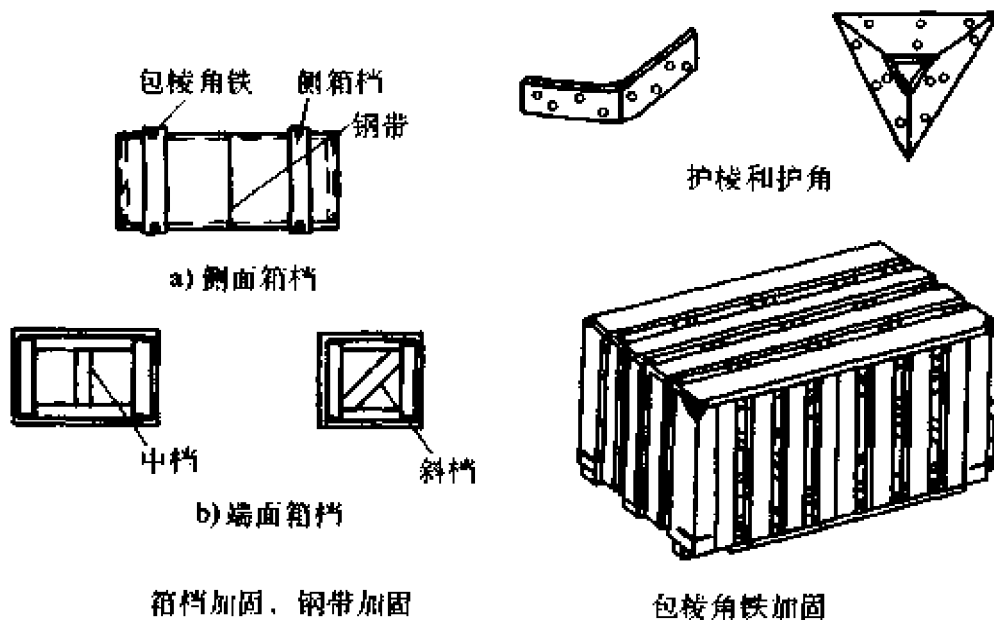
宽：±3mm

高：±2mm

各箱面两条对角线之差不大于对角线名义长度的0.3%。



12.59 不要使用未经加固的木箱



未经加固的木箱容易在起重运输过程中毁坏，造成不必要的损失。

木箱加固方法主要有箱档加固、钢带或铁丝加固及包棱角铁加固等。应根据箱内装物的重量及箱体尺寸大小分别选用。

箱档加固：

箱档的数量及位置应根据内装物的重量和箱子的体积大小选择适当形式

和尺寸的箱档，如斜档、中档等。侧面最外侧箱档距端面的距离应小于 150mm。

顶面与底面箱档均安装在与侧面箱档相连的位置，底面箱档可根据需要适当加厚。

铁丝加固只适用于长度 600mm 以下的小型木箱。

钢带加固：

钢带的间隔应在 600mm 以内，对于一级箱应在 450mm 以内。两端钢带至箱子端部的距离在箱长的 1/6 以下，但不得超过 150mm。对于内装物在 250kg 以下及箱长 300mm 以下时，也可以在木箱中间装设一根钢带。

钢带应紧紧地捆扎在木箱上，使其在木箱棱角处切入木箱内。可用捆扎机紧固或将钢带两端搭接后用钢钉钉在木箱上。

采用箱档加固时，应在箱档与箱档之间装设钢带。

包棱角铁加固可提高木箱棱角的刚度，木箱的侧面与底面、侧面与顶面箱档之间，应用包棱角铁加固。

防护包装设计方面的问题

12.60 注意不同防护包装的不同有效期

对于要求防潮、防霉、防锈包装的电气产品或零部件，都有一个包装要求。根据产品对象和防护要求不同，要求也是不同的，如下表。

不同防护包装的不同要求

| 类别 | 包装级别 | 期限 | 不同要求 |
|------|------|--------|---|
| 防潮包装 | 1级 | 1~2年 | 在温度大于 30℃，相对湿度大于 90%的情况下，对湿度敏感，易生锈长霉和变质的产品，以及贵重、精密的产品 |
| | 2级 | 0.5~1年 | 温度在 20~30℃之间，相对湿度在 70%~90%之间，对湿度轻度敏感的产品、较贵重、较精密的产品 |
| | 3级 | 0.5年以内 | 温度小于 20℃，相对湿度小于 70%，对湿度不敏感的产品 |
| 防锈包装 | 1级 | 3~5年内 | 水蒸气很难透入，透入的微量水蒸气被干燥剂吸收。产品经防锈包装的清洗、干燥后，产品表面完全无油污、水痕 |

(续)

| 类别 | 包装级别 | 期限 | 不同要求 |
|------|------|-------|---|
| 防锈包装 | 2级 | 2~3年内 | 仅少量水蒸气可透入,产品经防锈包装的清洗、干燥后,产品表面完全无油污、汗迹及水痕 |
| | 3级 | 2年内 | 仅有部分水蒸气可透入。产品经防锈包装的清洗、干燥后,产品表面无污物及油迹 |
| 防霉包装 | 1级 | 2年内 | 内外包装材料与包装件表面,按 GB/T 4857.21 包装运输包装件 防霉试验方法,进行霉菌试验,均未发现霉菌生长 |
| | 2级 | | 经霉菌试验后,内包装密封完好,产品表面未见霉菌生长,内包装薄膜表面亦无霉菌生长。外包装(以天然材料组成)局部区域有霉菌生长,生长面积不得超过整个包装件的10%,但不能因长霉而影响包装件的使用性能 |
| | 3级 | | 经人工加速霉菌试验后,产品及内外包装均出现局部长霉现象。长霉面积不得超过包装件全面积的25%。包装件本身未采取任何防霉措施 |
| | 4级 | | 产品包装件进行霉菌试验后,局部或整体产生严重长霉现象,长霉面积占包装件全面积的25%以上。该级产品不适于湿热季节在霉菌生长条件的环境中长时间的运输和储存 |

12.61 不同防护包装对包装场所的不同要求

对于有防锈、防潮、防霉等防护包装要求的电气产品或零部件,在进行包装的场所如不清洁、潮湿、温度变化剧烈、空气中存在有害气体等,都会直接影响包装质量。但不同的防护包装类型有不同的要求,如下表:

进行不同防护包装时对包装场地的不同要求

| 包装场所要求 | 进行防潮 包装时要求 | 进行防霉 包装时要求 | 进行防锈 包装时要求 |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|
| 1. 清洁 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 2. 干燥 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 3. 温度 35℃ 以下, 湿度 < 75% | ✓ | --- | --- |
| 4. 温度没剧烈变化 ^① | ✓ | --- | ✓ |
| 5. 地面无积水 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 6. 空气中无有害介质 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 7. 避免手汗 | --- | ✓ | ✓ |
| 8. 无污染物 | --- | --- | ✓ |
| 9. 能进行暂时性防锈处理 ^② | ✓ | --- | ✓ |
| 10. 能保护产品、容器整洁 | --- | ✓ | --- |

① 避免温度剧烈变化, 以防产生凝露现象。

② 当进行包装中断时, 必须采取暂时性的防锈处理。

12.62 不能忽视对被包装件的严格要求

在进行防锈、防霉、防潮等防护包装前, 对被包装的电气产品或零部件均有严格的要求。达不到包装前的要求, 包装后就达不到防护包装目的。

不同防护包装对被包装件的要求

| 对被包装件的 严格要求 | 被防潮包装的 产品要求 | 被防霉包装的 产品要求 | 被防锈包装的 产品要求 |
|---------------------------|----------------|----------------|----------------|
| 1. 干燥 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 2. 清洁 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 3. 对尖突部分保护措施 ^① | ✓ | ✓ | ✓ |
| 4. 外观、性能好 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 5. 产品质量符合标准 ^② | ✓ | ✓ | ✓ |
| 6. 无油渍 | ✓ | ✓ | --- |
| 7. 无污染 | --- | --- | ✓ |
| 8. 精加工无手汗 | --- | --- | ✓ |

① 对被包装产品尖突部分, 应采取包扎等措施, 以防止在运输、装卸作业中, 可能损伤防潮、防霉层。

② 被包装的产品或零部件, 必须是符合产品质量标准的合格品, 无损伤或缺陷, 这样才能进行防护包装。

12.63 不能用不合格的材料进行防霉包装

电气产品上长霉带来的主要危害,表现在绝缘材料的绝缘电阻降低,导致线路短路;引起金属和非金属材料表面保护层的破坏、松动、开裂、起泡,导致机械强度的下降和其他物理性能的变化;菌丝含有大量的水分,导致产品受潮损坏;霉菌的代谢产物能使金属产生间接腐蚀,产生的酸及其他电介质使材料产生电解或老化等。所以,在进行防霉包装设计时,选用的材料,必须符合以下要求:

①与产品直接接触的包装材料,不允许对产品有腐蚀作用,也不允许使用产生腐蚀性气体的材料;

②要选用吸水率、透湿度较低的材料进行包装,并有耐霉性强。凡耐霉性差的材料,应进行防霉防潮处理,并对产品不产生腐蚀;

③选用聚苯乙烯发泡型材料及同类材料制成包装容器时,必须干燥,以防包装后引起相对湿度升高,导致产品生霉;

④选用细孔型硅胶作干燥剂,其吸水率应大于33%。

12.64 防锈包装的特殊要求

对电气产品来说,有不少零部件是金属制品,在进行防锈包装时,有些特殊要求,如下表:

防锈包装的特殊要求

| 序号 | 项目 | 要求内容 |
|----|-------|--|
| 1 | 防锈处理 | 对制品进行防锈处理前,如遇制品处在热态时,必须待冷却到接近室温后,才能进行防锈处理,避免防锈剂受热流失或被分解,失去防锈作用 |
| 2 | 包装材料 | 对涂覆防锈剂的制品,如需要包贴内包装材料时,应选用中性、干燥、清洁的包装材料。不进行防锈处理的制品,直接包装时,应防止接触腐蚀和气氛腐蚀 |
| 3 | 慎用防锈剂 | 有的制品在涂覆或除去防锈剂会影响制品性能时,应不使用防锈剂 |
| 4 | 运输要求 | 设计防锈包装时,其每件重量、容积要尽量的小,并采取缓冲和止动措施,以防制品在运输或搬运中产生移动,破坏防锈包装 |

12.65 防锈包装的工艺流程不应颠倒

为了达到防锈包装的目的,在进行防锈包装时,如颠倒了工艺顺序就会产生严重的后果。如包装前不进行清洗、干燥处理,就涂上防锈剂,结果仍会生锈。必须按防锈包装工艺顺序进行,如图示。

