

110kV 变电站 典型二次回路图解



作者：蒋剑

2008-12-01

前言一

目前，在针对电力系统职工和电力专业学生的培训教材中，关于二次接线的内容仍然主要以电磁式继电器回路为讲解示例。在微机保护已经普遍应用的今天，这种模式在很大程度上已经脱离了电力生产的实际情况，造成了理论与实践的脱节，尤其不利于基层技术人员的培养。

形成这种局面的原因是多方面的。首先，在教学中，继电器回路它具有接线简明、原理清晰、易于理解的优点，便于学生理解，而微机保护装置由于采用了微型计算机作为核心，许多功能都由芯片运算完成，在保护原理的算法和实现上进行了很大的改进，对高等数学及计算机等专业知识水平要求较高，不利于讲解和普及。其次，电磁式继电器保护装置的定型化程度很高，各项技术条件在电力系统内得到了高度的认同。微机保护则是由不同厂商根据继电保护的基本原理独立开发的，各套产品之间在配置原则、保护算法等方面存在较大差异，尽管经过一定时间的运行实践，我们总结出了一定的经验，但是仍然很难确定地将某一种产品作为范例进行推广，这也导致了在教学中对微机保护二次接线提及较少。

在微型机继电保护和自动装置的二次接线方面，由于实际工作情况的不同，各供电公司的相关部门目前采用最多的仍然是“师傅—徒弟”言传身教和班组学习的模式。这种各自为战的模式不利于技术的交流与推广，也不利于电力系统人才的培养。鉴于此，针对 110kV 变电站主要继电保护和自动装置的二次回路接线，笔者结合本单位的生

产实践编制了本文。本文以国内各大微机保护厂商设备为例，结合图纸讲解二次回路的工作方式，较少涉及继电保护原理，主要面对电力系统中刚参加工作的大中专学生编写，力求浅显易懂又不失专业性，使他们能尽快完成理论与实践的结合，投入工作中去。

前言二

我一直有一个想法，那就是二次接线必须与继电保护作为两个专业分开。虽然两者有着千丝万缕的联系，但是我认为——至少在教学上——应该予以更大程度的独立化，就如同我制作此文的目的：进行二次接线的学习，或者说尽快的学会看二次图纸，不涉及较深的继电保护原理。我认为，在微机保护时代，供电公司的一般技术人员已经很少参与保护装置的研发工作，所以，对于微机保护在继电保护原理方面的工作方式，我们当中的大多数人不需要进行太深入的学习。很多知识点，我们只要简单的了解或者记住结论就可以了。

许多刚开始学习的朋友问我：“二次回路复杂吗？难学吗？”事实上，我认为，只要你明白一个“干电池、开关、灯泡”组成的照明回路是如何工作的，那么你就算是入门了。

为什么这么说呢？针对二次回路分析的文章有很多，从各个方面对绘图、识图等方面进行了阐述。实事求是的讲，作为入门的一种学习途径，我认为大家恰恰忽略了最为简单的方法：**从纯粹电路学的角度来看二次回路**。二次回路是什么？它的本质就是一个两端电压为220V的直流回路罢了。从电路学的角度来看二次回路，也正符合了

我最初“尽量抛开继电保护原理”学习二次回路的思路。

前言三

完成这个文件的制作是我很久以来的想法，《图解》在我的博客连载以后，很多朋友就很多问题和我进行了交流，对此，我感到非常的高兴。关于二次回路的书籍有很多，我希望自己编写的这个小册子能够与以往的书籍有所不同：这不是一本讲义，而是我们交流学习的一个平台。

二次回路注重的是动作逻辑，而想用简单明了的文字准确的描述动作逻辑是不现实的，所以某些段落的叙述有些象绕口令，有时又显得语无伦次，重复多变，希望读者能够理解。

由于没有现成的资料可供参考，本文中很多定义性的文字全部为根据本人对此的理解而进行的描述，不代表行业或者学术界对此的统一定义。

感谢卢素霞女士对本文的贡献。


前言四

本文依照我在 2006 年完成的科技项目及博客内容汇总而成，因时间紧张，现将前面几章发布以征求大家的修改意见。此后几章亦将在整理完成后随即发布，文中难免错误之处，望大家多多指正。

版权声明

本文由作者根据多年工作实践总结而成，文中图纸均为设备厂家公开图纸或由作者独立绘制，作者享有全文内容的著作权及其它相关权利。

作者同意将此文依托互联网模式供广大朋友因学习交流需要而下载、打印、复印；如需转载文中内容，请注明出处；如将本文用于任何商业用途（结集出版，培训等），须经作者本人书面授权。



作者简介：蒋剑，男，工程师，毕业于武汉水利电力大学电力系统及其自动化专业，从事变电站二次专业设计工作。

工作单位：河南省商丘市供电公司设计所

博客：<http://zlchzh.blog.sohu.com/>

电子邮箱：zlchzh@126.com

联系电话：0370-2205772

系统号：93264-5772

目录

- 第一章.....110kV 变电站常见二次设备
- 第二章.....微机型二次设备的工作方式
- 第三章.....电流互感器和电压互感器
- 第四章.....如何看二次回路图
- 第五章.....断路器的控制
- 第四章.....110kV 线路二次接线（待续）
- 第五章.....110kV 主变二次接线（待续）
- 第六章.....10kV 开关柜专题（待续）
- 第七章.....自动装置二次接线（待续）
- 第八章.....连锁回路二次接线（待续）
- 第九章（待定）
-

第一章 110kV 变电站常见二次设备

由于主网电压等级的升高，110kV 变电站的重要性较之从前下降了很多。对于一般规模的市区 110kV 变电站，多使用 110/10kV 两圈变压器，无 35kV 电压等级。110kV 配电装置采用 GIS 或 PASS，一次接线形式多为桥型接线，部分重要变电站为单母分段接线；10kV 配电装置采用中置柜，一次接线形式为单母分段接线。

以内桥接线的 110 /10KV 变电站为例，其站内主要二次设备包括：110kV 主变保护测控屏（主变保护、测控、操作箱）、综合测控屏（公共测控、110kV 电压并列）、110kV 备自投屏（备自投、内桥充电保护）、远动屏、电度表屏（主变两侧计量）、10kV 线路保护装置（安装在开关柜上，类似还有电容器、接地变、10kV 电压并列）。

对于外桥及单母分段接线的变电站，除上述以外还会有 110kV 线路保护测控屏（线路保护、测控、操作箱）。但是，外桥接线时无 110kV 备自投装置。

第二章 微机型二次设备的工作方式

习惯上，我们将变电站内所有的微机型二次设备统称为“微机保护”，实际上这个叫法是很不确切的。从功能上讲，我们可以将变电站自动化系统中的微机型二次设备设备分为微机保护、微机测控、操作箱（目前一般与微机保护安装在一个装置内，以往多为独立装置）、自动装置、远动设备等。按照这种分类，可以将二次回路的分析更加细化，易于理解。在本文中，对设备的称呼将一直参照这种分类方法。

首先，简单介绍一下各类设备的主要功能：

微机保护将电流量、电压量及相关状态量采集进来，按照不同的算法实现对电力设备的继电保护，并且根据计算结果做出判断并发出相应指令。

微机测控的主要功能是测量及控制，取代的是常规变电站中的测量仪表（电流表、电压表、功率表）、就地及远传信号系统和控制回路。

操作箱用于执行各种针对断路器的操作指令，这类指令分为合闸、分闸、闭锁三种，可能来自多个方面，例如本间隔微机保护、微机测控、强电手操装置、外部微机保护、自动装置等。

自动装置与微机保护的区别在于，自动装置虽然也采集电流、电压，但是只进行简单的数值比较或“有、无”判断，然后按照相对简单的固定逻辑动作。这个工作过程相对于微机保护而言是非常简单的。

2.1 微机保护与测控的工作方式

微机保护是根据所需功能配置的，也就是说，不同的电力设备配置的微机保护是不同的，但各种微机保护的工作方式是类似的。笼统地说，我们可以将这个方式概括为“开入”与“开出”两个过程（事实上，整个变电站自动化系统的所有设备几乎都是以这两种模式工作，只是开入与开出的信息类别不同而已）。

微机测控与微机保护的配置原则完全不同，它是对应于断路器配置的，所以，几乎所有的微机测控的功能都是一样的，区别仅在于其

容量的大小而已。如上所述，微机测控的工作方式也可以概括为“开入”与“开出”两个过程。

2.1.1 开入

微机保护和微机测控的开入量都分为两种：模拟量和数字量。

2.1.1.1 模拟量的开入

微机保护需要采集电流和电压两种模拟量进行运算，以判断其保护对象是否发生故障。变电站配电装置中的大电流和高电压必须分别经电流互感器和电压互感器变换成小电流、低电压，才能供微机型保护装置使用。

微机测控开入的模拟量除了电流、电压外，有时还包括温度量、直流量等。微机测控开入模拟量的目的主要是获得其数值，同时也进行简单的计算以获得功率等电气量数值。

2.1.1.2 数字量的开入

数字量也称为开关量，它是由各种设备的辅助接点通过“开/闭”转换提供，只有两种状态，也称为硬接点开入。

微机保护对外部数字量的采集一般只有“闭锁条件”一种，这个回路一般为弱电回路（直流24V）。（这是针对110kV及以下电压等级的设备而言，对于220kV设备而言，由于配置双套保护装置，两套保护装置之间的联系较为复杂。）

微机测控对数字量的采集主要包括隔离开关及地刀位置、断路器机构信号等。这类开关量的触发装置（即辅助开关）一般在距离主控室较远的地方，为了减少电信号在传输过程中的损失，通常采用强电

系统（直流 220V）进行传输。同时，为了避免强电系统对弱点系统形成干扰，在进入微机运算单元前，需要使用光耦单元对强电信号进行隔离、转变成弱电信号。

2.1.2 开出

对**微机保护**而言，开出是指微机保护根据自身采集的信息，加以运算后对被保护设备目前状况作出的判断以及针对此状况作出的反应，主要包括操作指令、信号输出等反馈行为。之所以说是反馈行为，是因为微机保护的**动作永远都是被动的**，即受设备故障状态激发而自动执行的。

对**微机测控**而言，微机测控的开出指的是对断路器、电动隔离开关及地刀发出的操作指令。与微机保护不同的是，微机测控不会产生信号，而且其操作指令也是主动的，即人工发出的。

2.1.2.1 操作指令

一般来讲，**微机保护**只针对断路器发出操作指令，对线路保护而言，这类指令只有两种：“跳闸”或者“重合闸”；对主变保护、母差保护而言，这类指令只有一种：“跳闸”。

在某些情况下，微机保护会对一些电动设备发出指令，如“主变温度高启动风机”会对主变风冷控制箱内的风机控制回路发出启动命令；对其它微机保护或自动装置发出指令，如“母差动作闭锁线路重合闸”、“母差动作闭锁备自投”等。微机保护发出的操作指令属于“自动”范畴。

微机测控发出的操作指令可以针对断路器和各类电动机构，这类

指令也只有两种，对应断路器的“跳闸”、“合闸”或者对应电动机构的“分”、“合”。微机测控发出的操作指令属于“手动”范畴，也就是说，微机测控的操作指令必然是人为作业的结果。

2.1.2.2 信号输出

微机保护输出的信号只有两种：“保护动作”、“重合闸动作”。至于“装置断电”等信号属于装置自身故障，严格意义上不属于“保护”范畴。

微机测控不产生信号。严格意义上讲，微机测控也输出信号，它会将自己采集的开关量信号进行模式转换后通过网络传输给监控系统，起到单纯的转接作用。这里所说的“不产生信号”，是相对于微机保护的信号产生原理而言的。

2.2 操作箱的工作方式

操作箱内安装的是针对断路器的操作回路，用于执行微机保护、微机测控对断路器发出的操作指令。操作箱的配置原则与微机测控是类似的，即对应于断路器，一台断路器有且只有一台操作箱。一般来讲，在同一电压等级中，所有类型的微机保护配备的操作箱都是一样的。在110kV及以下电压等级的二次设备中，由于操作回路相对简单，目前已不再设置独立的操作箱，而是将操作回路与微机保护整合在一台装置中。但是需要明确的是，尽管在一台装置中且有一定的电气联系，但是操作回路和保护回路在功能上是完全独立的。

2.3 自动装置的工作方式

变电站内最常见的自动装置就是备自投装置，此外还有低周减载装置等。自动装置的功能主要是为了维护整个变电站的运行，而不是象微机保护一样针对某一个间隔，例如备自投主要是为了防止全站失压而在失去工作电源后自动接入备用电源，低周减载是为了防止因负荷大于电厂出力造成频率下降导致电网崩溃而按照事先设定的顺序自动切除某些负荷。自动装置的具体工作过程，将在后面的章节中专门详细介绍。

2.4 微机保护、测控与操作箱的联系

对一个含断路器的设备间隔，其二次系统需要三个独立部分来完成：微机保护、微机测控、操作箱。这个系统的工作方式有三种，如下所述。

①在后台机上使用监控软件对断路器进行操作时，操作指令通过网络触发微机测控里的控制回路，控制回路发出的对应指令通过控制电缆到达微机保护里的操作箱，操作箱对这些指令进行处理后通过控制电缆发送到断路器机构的控制回路，最终完成操作。动作流程为：微机测控——操作箱——断路器。

②在测控屏上使用操作把手对断路器进行操作时，操作把手的接点与微机测控里的控制回路是并联的关系，操作把手发出的对应指令通过控制电缆到达微机保护里的操作箱，其后与以上叙述相同。使用操作把手操作也称为强电手操，它的作用是防止监控系统发生故障时

(如后台机“死机”等)无法操作断路器。所谓“强电”，是指操作的启动回路在直流 220V 电压下完成，而使用后台机操作时，启动回路在微机测控的弱电回路中。动作流程为：操作把手——操作箱——断路器。

③微机保护在保护对象发生故障时，根据相应电气量计算的结果做出判断并发出相应的操作指令。操作指令通过装置内部接线到达操作箱，其后与以上叙述相同。动作流程为：微机保护——操作箱——断路器。

微机测控与操作把手的动作都是需要人为操作的，属于“手动”操作；微机保护的動作是自动进行的，属于“自动”操作。操作类型的区别对于某些自动装置、联锁回路的动作逻辑是重要的判断条件，将在以后的章节中具体介绍。

2.4.1 110kV 电压等级二次设备的分布模式

这三个部分以前一般是三个独立的装置，现在许多厂家开始将微机保护与操作箱合为一体。以 110kV 线路保护为例，各公司设备配置如表 2-1 所示。

表 2-1

110kV 线路间隔 (主保护为距离保护)			
公司	微机测控	微机保护	操作箱
原许继四方	CSI200E	CSL163B	ZSZ-11S
许继	FCK-801	WXH-811	
南瑞继保	RCS-9607	RCS-941A	

从组屏方案上来看，微机保护安装在 110kV 线路保护屏上，微机测控安装在 110kV 线路测控屏上；保护屏上还安装有信号复归按钮，测控屏上还安装有操作把手及切换把手。

2.4.2 35/10kV 电压等级二次设备的分布模式

对 35/10kV 电压等级的设备，这三个部分一般会整合成一个装置。例如，对 10kV 线路，许继公司配置的设备型号是 WXH-821，南瑞公司配置的设备型号是 RCS-9611，它们都是保护、测控和操作一体化的装置。一般来讲，35kV 线路与 10kV 线路使用的二次设备型号是相同的，这是因为其保护配置相同。

第三章 电流互感器和电压互感器

3.1. 电流互感器

3.1.1 5A 还是 1A?

电流互感器 (CT) 的作用是将一次设备的大电流转换成二次设备使用的小电流，其工作原理相当于一个阻抗很小的变压器。其一次绕组与一次主电路串联，二次绕组接负荷。电流互感器的变比一般为 X:5A——它的含义是：首先，X 不小于该设备可能出现的最大长期负荷电流，如此即可保证一般情况下 CT 二次侧电流不大于 5A；其次，在被保护设备发生故障时，在短路电流不使 CT 饱和的情况下，CT 二次侧电流可以按照此变比从一次电流折算。

在超高压电厂和变电站中，如果高压配电装置远离控制室，为了增加电流互感器的二次允许负荷，减小连接电缆的导线界面及提高准

确等级，多选用二次额定电流为 1A 的电流互感器。相应的，微机保护装置也应选用交流电流输入为 1A 的产品。根据目前新建 110kV 变电站的规模及布局，绝大多数都是选用二次侧电流为 5A 的电流互感器。

3.1.2 10P10、0.5 还是 0.2?

在变电站中，电流互感器用于三种回路：保护、测量和计量，而这三种回路对电流互感器的准确级要求是不同的。最常见的三种准确级就是我们上面所列的用于保护的 10P10、用于测量的 0.5 和用于计量的 0.2。简单地讲，测量、计量级绕组着重于精度，即误差要小；保护级绕组着重于抗饱和能力，即在发生短路故障时，一次电流超过额定电流许多倍的情况下，一次电流与二次电流的比值仍在一定允许误差范围内接近理论变比。

对于 0.5、0.2 级电流互感器而言，0.5 或 0.2 就是其比值误差，计算公式为： $(A-B)/B$ 。

A: 二次侧实测电流

B: 根据一次侧实测电流和理论变比折算出的理论二次电流

比值差的最小值分别为 $\pm 0.5\%$ 和 $\pm 0.2\%$ 。需要注意的，此类电流互感器的不保证在短路条件下满足此比值差。

对于保护级(P)的电流互感器而言，准确级分为 5P 和 10P 两种，其额定一次电流下的比值误差是固定的，分别为 $\pm 1\%$ 和 $\pm 3\%$ ，复合误差分别为 5% 和 10%。5P20 级的电流互感器的含义我们可以简单的认为是：在电流互感器一次电流为 20 倍额定电流时，其二次电流

误差为 5%。一般来讲，10P 级已经能够满足 110kV 变电站的需要，至于是 10 倍还是 20 倍过流，需要根据实际的潮流及短路计算确定。

3.1.3 星形还是三角形？

电流互感器二次绕组的接线常用的有三种，完全星形接线、不完全星形接线和三角形接线，其接线形式及电流方向如图 3-1 所示。

完全星形接线：三相均配置电流互感器，可以反映单相接地故障、相间短路及三相短路故障。目前，110kV 线路及变压器、10kV 电容器等设备配置的电流互感器均采用此接线方式。

不完全星形接线：仅在 A、C 两相配置电流互感器，反映相间短路及 A、C 相接地故障。目前，35kV 及 10kV 架空线路在不考虑“小电流接地选线”功能（以后简称“选线”）的情况下多采用此接线方式，以节省一组电流互感器；否则，必须配置三组电流互感器，以获得零序电流实现“选线”功能。

电缆出线时，由于配置了专用的零序电流互感器实现“选线”功能，电流互感器均按不完全星形接线方式配置。

三角形接线：三相均配置电流互感器。在继电器保护时代，这种接线用于“Y，d11”接线的变压器的差动保护的高压侧，使变压器星形侧二次电流超前一次电流 30° ，从而和变压器低压侧（电流互感器接成完全星形）二次电流相位相同。目前，主变微机差动保护本身可以实现因主变接线组别造成的相位角差的校正，主变星形侧和三角形侧电流互感器均采用完全星形接线。三角形接线已经不再使用。

3.1.4 A、C 还是 A、B、C？

变电站主要设备的电流互感器配置情况如图 3-2 所示。在图 3-2 中,针对不同设备保护、测控的需要,电流互感器的配置也是不同的。

①变压器和电容器属于元件保护,必须在三相都配置电流互感器;

②110kV 线路属于大电流接地系统,配置有零序电流保护,而且发生单相接地故障时保护应动作跳闸,所以必须在三相都配置电流互感器;

③10kV 线路属于小电流接地系统,允许单相接地运行一段时间,为节省一组电流互感器往往只在 A、C 两相配置电流互感器。同时,这种配置在同一母线上同时发生两条线路单相接地故障时,有 2/3 的机会只切断一条线路。由于两相 CT 无法计算出零序电流,所以在电缆出线中配置了专用的零序电流互感器 LH,用于测量零序电流供小电流接地选线装置使用。

3.1.5 接地还是不接地?

电流互感器的二次侧不允许开路,而且在星形接线中,电流互感器二次侧中性点必须接地,只是在不同情况下的接地点不同。在 110kV 变电站中,只有主变高、低压侧用于差动保护的电流互感器二次侧是在主变保护屏一点接地,其余均是在电流互感器现场接地(不考虑 110kV 母差保护)。具体的接地方法将在各章节里详细讲述。

另:用于元件差动保护的各电流互感器的二次侧必须在一点接地,例如主变差动保护、母线差动保护。高压线路差动保护是依靠光

纤传输电流量（经过变换以后）进行比对实现的，不是直接由差电流启动保护元件，所以线路两端电流互感器二次侧单独接地

3.2. 电压互感器

3.2.1 V-V、星形还是开口三角？

电压互感器的作用是将电力系统的一次电压按一定的变比转换为要求的二次电压，其工作原理与变压器基本相同。电压互感器的一次绕组并联接在主电路上，二次绕组接负荷。电压互感器的接线方式主要有 V-V 接线和星形-星形/开口三角两种，如图 3-3 所示。

V-V 接线为不完全三角形接线，其一次绕组不能接地，二次绕组接地。V-V 接线的特点是：只用两支单相电压互感器就可以获得三个对称的线电压，但是无法得到相对地的电压。V-V 接线以前较广泛地应用于各种电测仪表，目前新建 110kV 变电站已经不再使用这种接线方式。

星形-星形/开口接线是目前广泛采用的接线方式，其一次绕组和二次绕组均接地。在这种接线方式中，从星形二次绕组可以获得对地的电压、线电压和相对中性点电压。根据相关规程要求，计量电压必须单独使用一组二次绕组。所以，在电压互感器二次侧，一般每相配置三个线圈，两个分别接成两组星形接线，一个接成开口三角接线。在以后各章节中，论及电压互感器时，均指此种接线方式。

3.2.2 开关场还是主控室？

图 3-3 中所示的接地方式仅仅是一种示意，实际上，电压互感器

一次绕组和二次绕组的接地点是分开的。实际接线的原理图如图 3-4 所示，蓝色部分为用于继电保护和测量的星形绕组，紫色部分为用于监测零序电压的开口三角绕组，红色部分为用于计量的星形绕组，绿色为主控室接地点。

在图 3-4 中，我们可以看出，电压互感器的一次绕组在开关场接地，所有的二次绕组在控制室一点接地（一般是在电压切换装置上汇集成一点，然后接地）。需要注意的是，三个二次绕组的接地线 N600 是通过三根独立的电缆汇合到主控室接地点的。保护电压和计量电压的相线在进入电压切换装置之前，还必须经过开关电器（空气开关或熔断器），而零序电压和地线则不经过开关电器。

3.2.3 重动还是并列？

重动：电压互感器的二次电压在进入微机保护装置之前必须经过重动装置。所谓重动，就是使用一定的控制电路使电压互感器二次绕组的电压状态（有/无）和电压互感器的运行状态（投入/退出）保持对应关系，避免在电压互感器退出运行时，二次绕组向一次绕组反馈电压，造成人身或设备事故。

并列：在变电站一次主接线为桥形接线、单母分段等含有分段断路器的接线方式下，两段母线的电压互感器二次电压还应经过并列装置，以使微机保护装置在本段母线电压互感器退出运行而分段断路器投入的情况下，可以从另一段母线的电压互感器二次绕组获得电压。

目前，大多数厂家都将重动和并列两种功能整合为一台装置。如许继的 ZYQ-824、南瑞的 RCS-9663D 等，习惯性称为“电压并列装置”。

3.2.4 电压并列与电压切换

这个问题原本打算作为专门的一章来写，后来考虑还是加在这里，以便对一些概念进行比较。

“电压并列”、“电压切换”使我们最经常提到的跟“电压”有关的两个名词，它们有什么区别呢？简单来讲，我们在3.2.3中提到的“重动”、“并列”是针对电压互感器的二次回路而言的，这两个概念适用于某个电压等级母线上的所有电压互感器的配合。“电压切换”呢？它指的是一个一次主接线形式为双母线的电气设备依靠隔离开关在两条母线之间变换位置时，其二次设备如何对应的变换电压的来源，即在两段母线上的两组电压互感器重动后的输出端上切换。

3.2.4.1 电压并列

以图3-5中所示主接线，许继公司ZYQ-824装置为例来说明电压重动、并列的基本原理。

图3-5所示主接线为单母线分段，两段母线依靠分段断路器和隔离开关（DL、1FG、2FG）联络或断开，每段母线上均有一组电压互感器（PT1、PT2）通过隔离开关（1G、2G）与母线相连。在图3-5中，这些符号代表的是高压配电装置，在图3-6-1中，他们代表的是各自的辅助接点。

图3-6-1所示为ZYQ-824的重动、并列启动回路。红色为“重动”启动回路，紫色为“并列”启动回路，蓝色为复归回路。图3-6-1

中，端子 7D37 外接正电源，7D48 外接负电源，各辅助接点的状态（开/闭）决定了回路的状态（通/断），实质上起到了开关电器的作用。从图 3-6-1 中可以看出，I 母电压重动的条件是 G1 常开接点闭合，即 I 母电压互感器处于运行状态；复归条件是 G1 常闭接点闭合，即 I 母电压互感器退出运行。II 母电压重动回路与 I 母类似。I 母与 II 母电压的并列回路是由分段开关 DL、1FG 和 2FG 的状态决定的，回路动作原理与重动回路也是相似的，不同的是，在回路中增加了切换开关 7QK。7QK 的 1-2 接点导通表示“允许操作”，即 1-2 接点导通后，由分段断路器即隔离开关状态变化造成的并列回路的自动起动或复归都是允许的，1-2 接点断开后，此功能被禁止；7QK 的 3-4 接点导通表示“并列复归”，即不论分段断路器和隔离开关的状态如何，都可以通过手动操作 7QK 强制取消电压并列。

我们也可以从另外一个角度看图 3-6-1。在电压互感器 PT1 运行时，即隔离开关 1G 闭合后，“I 母重动动作线圈” 1YQJ 带电；在电压互感器 PT1 退出运行时，即隔离开关 1G 断开后，“I 母重动动作线圈” 1YQJ 失电；2YQJ 动作原理与 1YQJ 类似；在两端母线并列运行时，即断路器 DL 与隔离开关 1FG、2FG 闭合后，“TV 并列动作线圈” 3YQJ 带电，此时，一般只有一组电压互感器在运行状态，另外一台退出运行。简单地讲，在两段母线都投入运行的情况下，1YQJ、2YQJ、3YQJ 存在三种组合形式，如表 3-1 所示。

表 3-1

继电器线圈状态	含义
1YQJ 带电、2YQJ 带电、3YQJ 失电	两段母线分列运行，PT1、PT2 均投入运行
3YQJ 带电、1YQJ 带电、2YQJ 失电	两段母线并列运行，PT1 投入运行，PT2 推出运行
3YQJ 带电、2YQJ 带电、1YQJ 失电	两段母线并列运行，PT2 投入运行，PT1 推出运行

图 3-6-2 所示为 ZYQ-824 的重动、并列接线展开回路。PT1 投入运行后，I 段母线电压（红色）从电压互感器输出后，经空气开关 1ZKK、2ZKK 后由控制电缆接入 ZYQ-824 的重动继电器 1YQJ 的常开接点。由于 PT1 投入，隔离开关 1G 闭合从而使 1YQJ 带电，1YQJ 常开接点闭合。电压从 1YQJ 常开接点输出后即完成电压重动，可接入电压小母线用于输出。所有在一次主接线上连接于 I 段母线的电气设备的二次装置的保护、测控电压取得点均为输出端 11，计量电压取得点为输出端 12。PT2 投入运行后的情况与 PT1 类似，图 3-6-2 中用蓝色表示。

由以上可以看出，虽然我们平时说重动、并列的时候总是将这两个词连在一起，但是在实际中的情况是，电压在进入二次装置前必须经过“重动”，未必经过“并列”。那么并列到底是如何起作用的呢？

以两段母线并列运行、PT1 投入运行、PT2 退出运行分析，如果

没有图 3-6-1、图 3-6-2 中的电压并列回路，则一切从输出端 21、输出端 22 取电压的二次设备都会失去电压。事实上，由于分段断路器 DL 和隔离开关 1FG、2FG 的闭合，使 3YQJ 带电，3YQJ 常开接点闭合后会将输出端 11 与输出端 21 导通，输出端 12 与输出端 22 导通，从而使连接于 II 段母线上的电气设备的二次装置能够取得电压。当然，这个电压是由 PT1 提供的，也就是说此时从编号为“640”的 II 段电压小母线取得的电压其实是编号为“603”的 I 段电压互感器电压经过重动、并列回来送来的，不过这在逻辑上并没有混乱，因为分段断路器合闸后，一次主接线实际上就从单母线分段变成了单母线，任何一组电压互感器提供的电压供给原来任何一段母线上的电气设备的二次装置都没有问题。另外一个问题，之所以要用 DL、1FG、2FG 的常开接点串联来启动 3YQJ，是因为这样才能保证两段母线在并列运行，单独的 DL 常开接点只能保证分段断路器在合位。

电压重动、并列的二次接线回路与一次主接线的变化是完全一致的。

我们经常谈到的还有一个问题，就是“重动”对设备及人身伤害的预防作用，我们来看一下它是如何工作的。以图 3-6-2 为例，假如 I 段母线电压无“重动”回路，将 PT1 的二次侧电压直接接至输出端 11 上，II 段母线电压有“重动”回路，则在两段母线并列运行且 PT1 退出运行的情况下，“并列”动作后，PT2 的二次电压被 3YQJ 的常开接点引至输出端 11，进而进入 PT1 的二次绕组，在 PT1 的一次绕组感应出高电压，使已经退出运行的设备带电!! 而在有“重动”回路

的情况下，1YQJ1 的常开接点随着 PT1 的退出运行被打开了，PT2 的二次电压无法到达 PT1 的二次绕组。

一次主接线为双母线时的情况与单母线分段是一样的。我认为，从母线的角度来讲，单母线分段与双母线没有任何区别，不同只在于对连接于母线的电气设备而言。

3.2.4.2 电压切换

以图 3-7 中所示主接线、南瑞继保公司 RCS-941A 装置的电压切换回路为例来说明电压切换的基本原理。

图 3-7 是典型的双母线接线形式，电气设备 A（可能是线路，也可能是变压器，这一点不重要）通过断路器 1DL，隔离开关 1G 或者 2G 连接到 I 母或 II 母上。I 母上接有电压互感器 PT1，II 母上接有电压互感器 PT2。在母联断路器 DL 和隔离开关 1FG、2FG 闭合的情况下，显然，通过在隔离开关 1G 和 2G 之间切换，可以使 A 分别接至 I 母或 II 母。我们希望的情况是，在 A 接至 I 母时，从 PT1 取得电压，接至 II 母时，从 PT2 取得电压。

首先，电压重动和并列的情况与 3.2.4.1 是一样的，那么我们要做的就是如何使电压（以保护电压为例）取得点在输出端 11 和输出端 21 之间随着 1G 和 2G 的状态而切换。

图 3-8 所示为电压切换回路的启动回路及接线展开图。启动回路图中，当 A 通过断路器 1DL、隔离开关 1G 连接至 I 母时，1G 常开接点闭合，继电器 1YQJ* 带电；在接线展开图中，1YQJ* 常开接点闭合，

将输出端 11 的电压接进二次设备。

当需要将 A 改接至 II 母时，先将 2G 合上，此时继电器 2YQJ*被启动，其常开接点闭合，将输出端 21 的电压接进二次设备；随后断开 1G，1G 的常闭接点闭合，使 1YQJ*复归，其常开接点断开。在这一动作中，我们重点需要注意的就是，进行上述操作前必须保证图 3-7 中母联断路器 DL 及隔离开关 1FG、2FG 都在合位，即 I 母、II 母已经处于并列运行状态，即 PT1、PT2 的二次电压已经并列!! 为什么呢？因为在 2G 闭合后，存在一个 1G、2G 同时闭合的时间段（此时报“切换继电器同时动作信号”），输出端 11 和输出端 21 的电压会在图 3-8 中紫色点位置短接在一起，如果此时两条母线未并列运行，就会出现此处强行将两条母线的二次电压并列的情况，这是绝对不允许的。当然，运行规程和操作票都会禁止这种情况的出现，我们在此只是从二次接线的逻辑上讨论一下这个不太可能出现的事故。

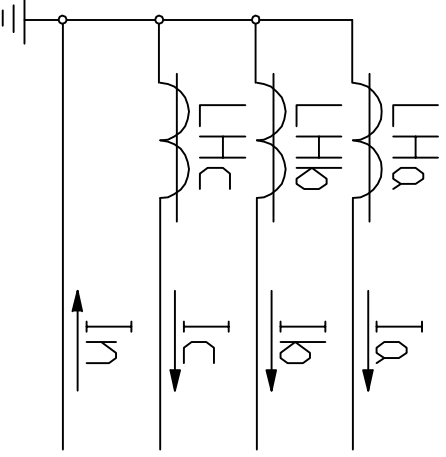
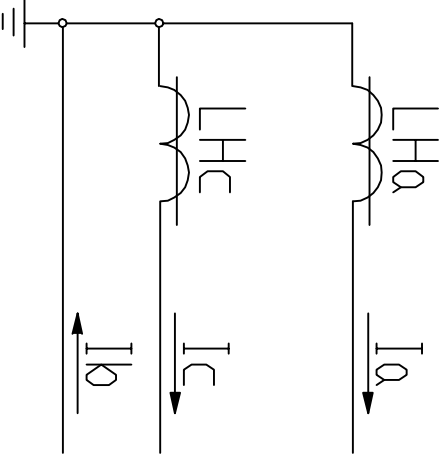
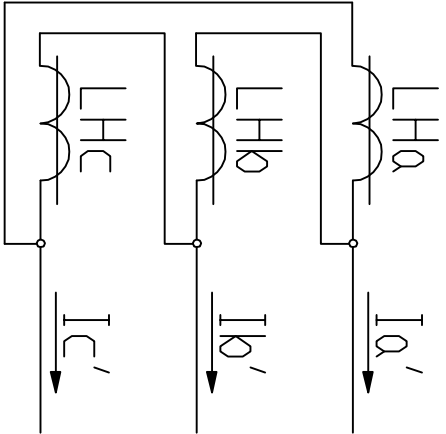
完全星形接线	不完全星形接线	三角形接线
		

图 3-1

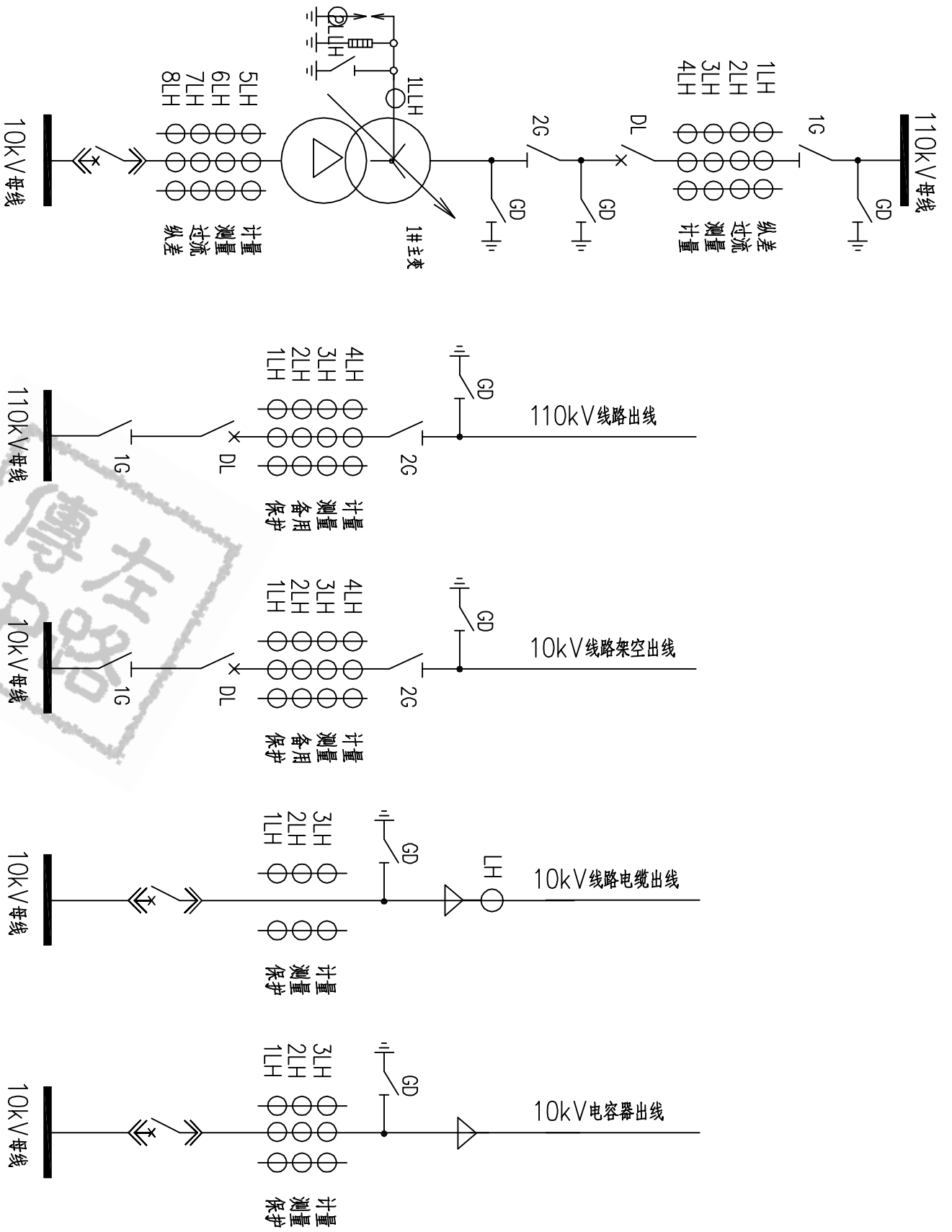
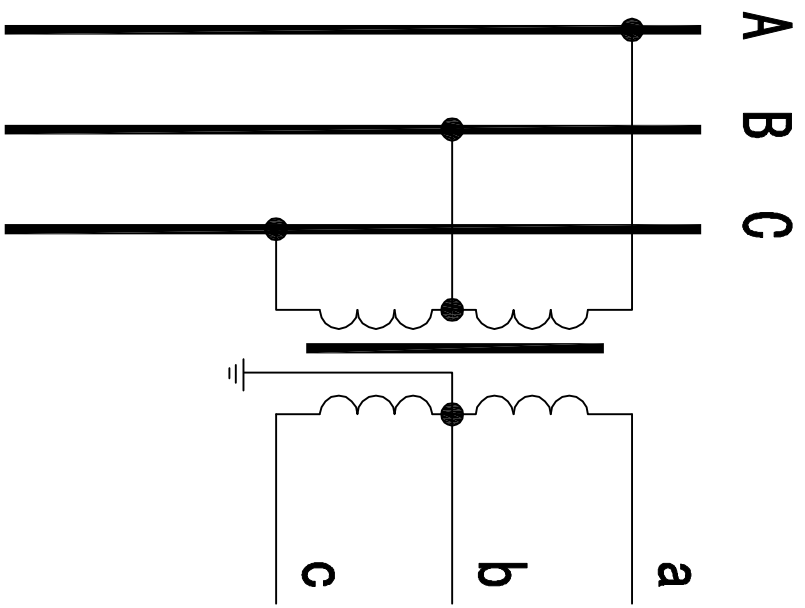
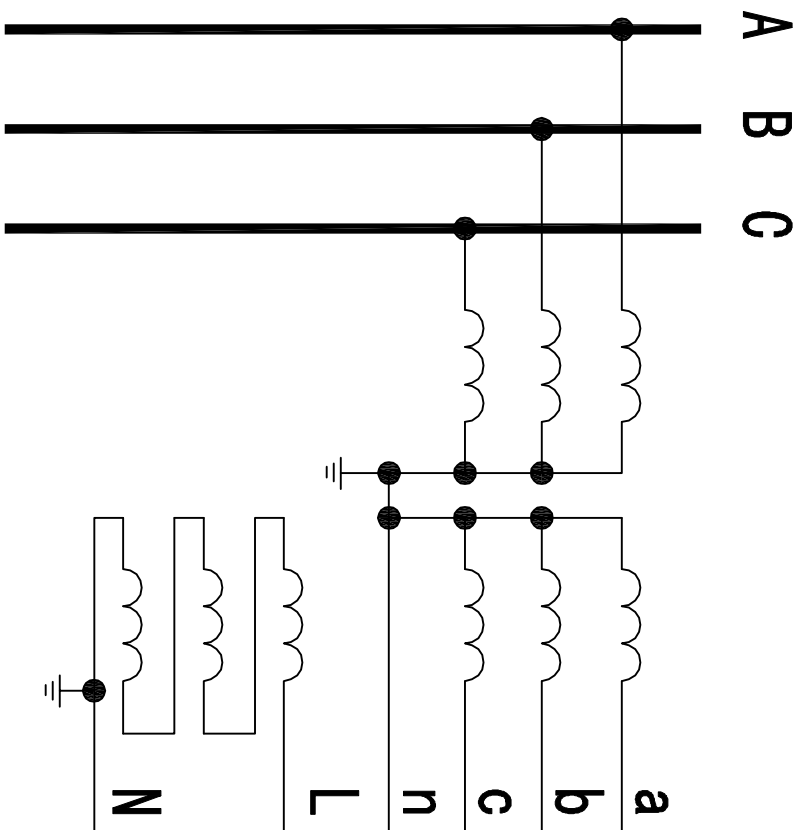


图 3-2



V-V接线



星形-星形/开口三角接线
(接地点为示意)

图 3-3

室外配电装置

二次绕组

主控室
接地

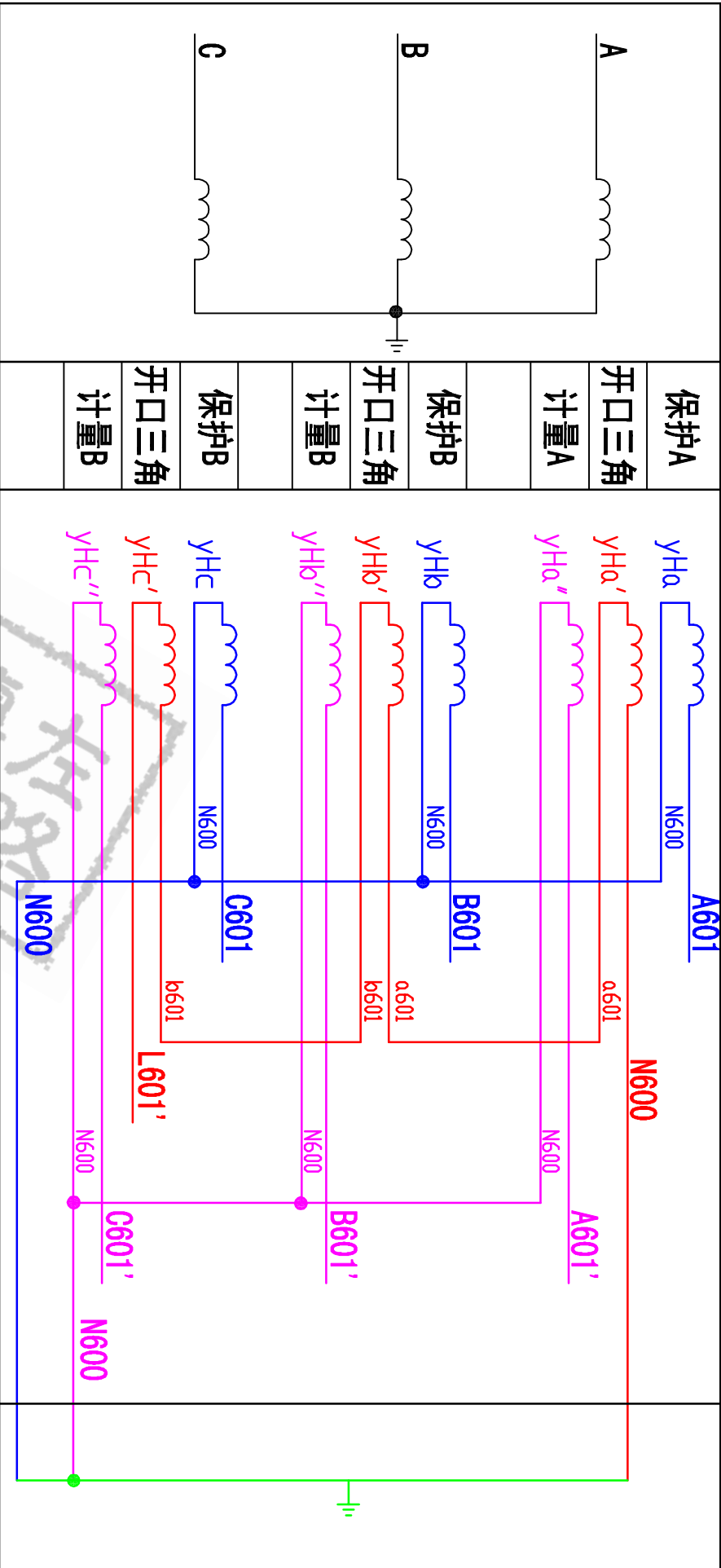


图 3-4

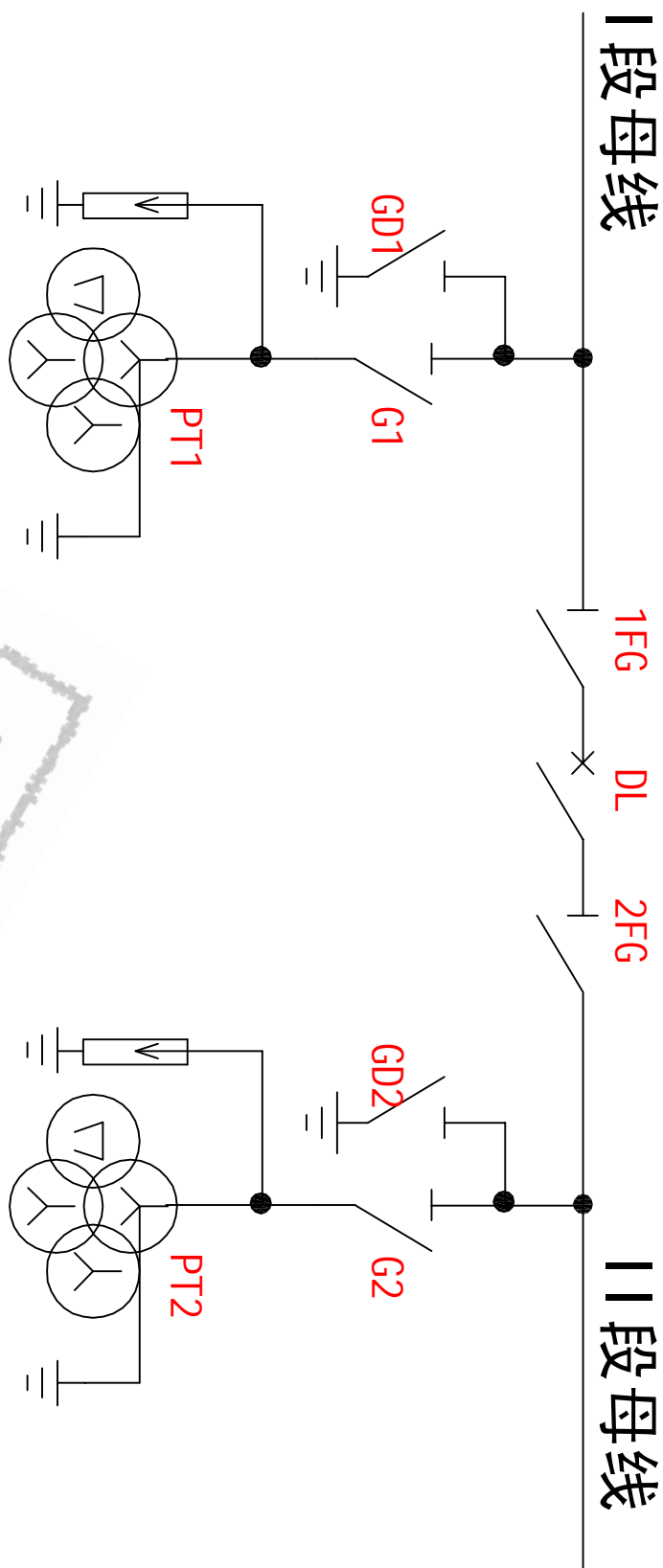


图 3-5

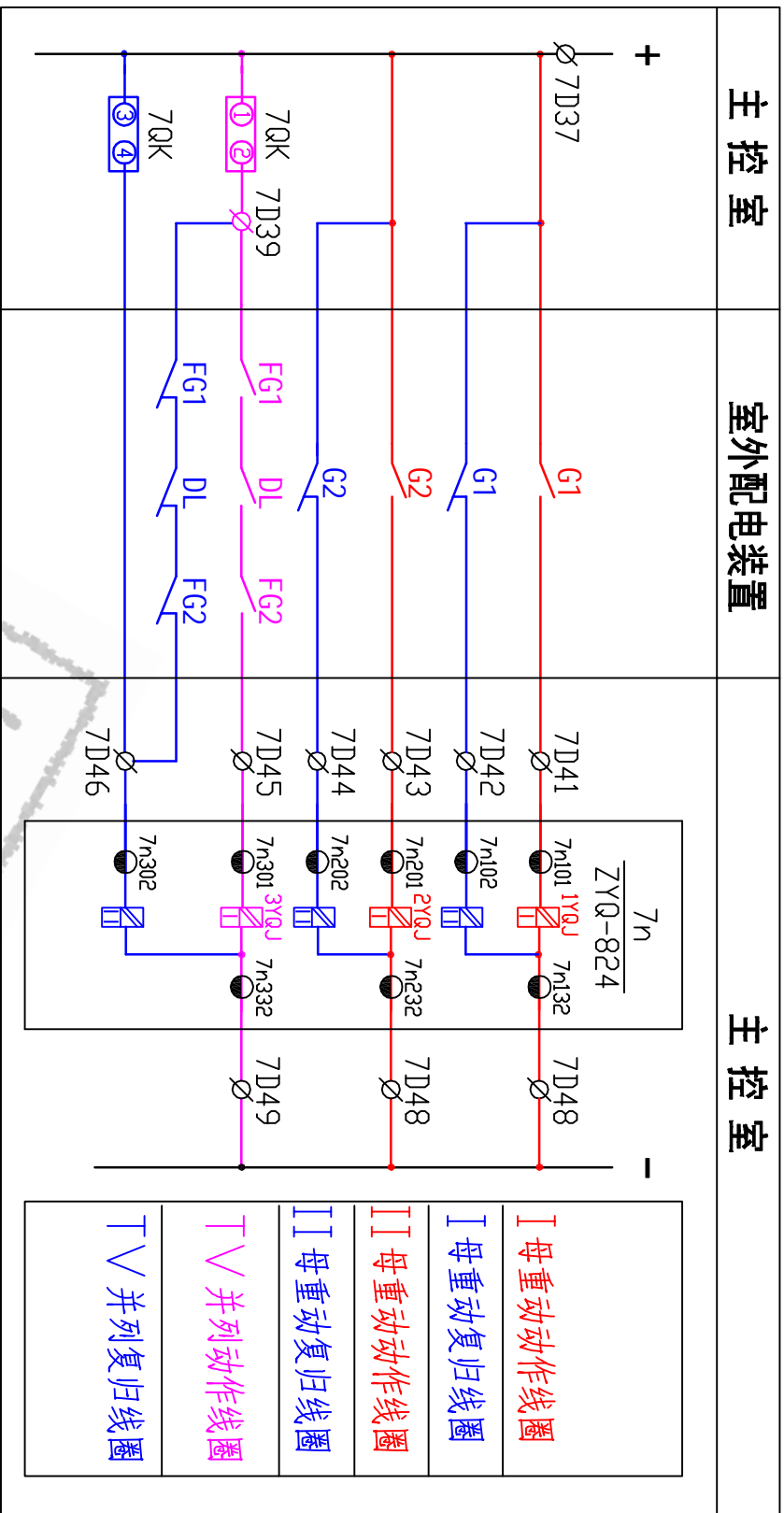
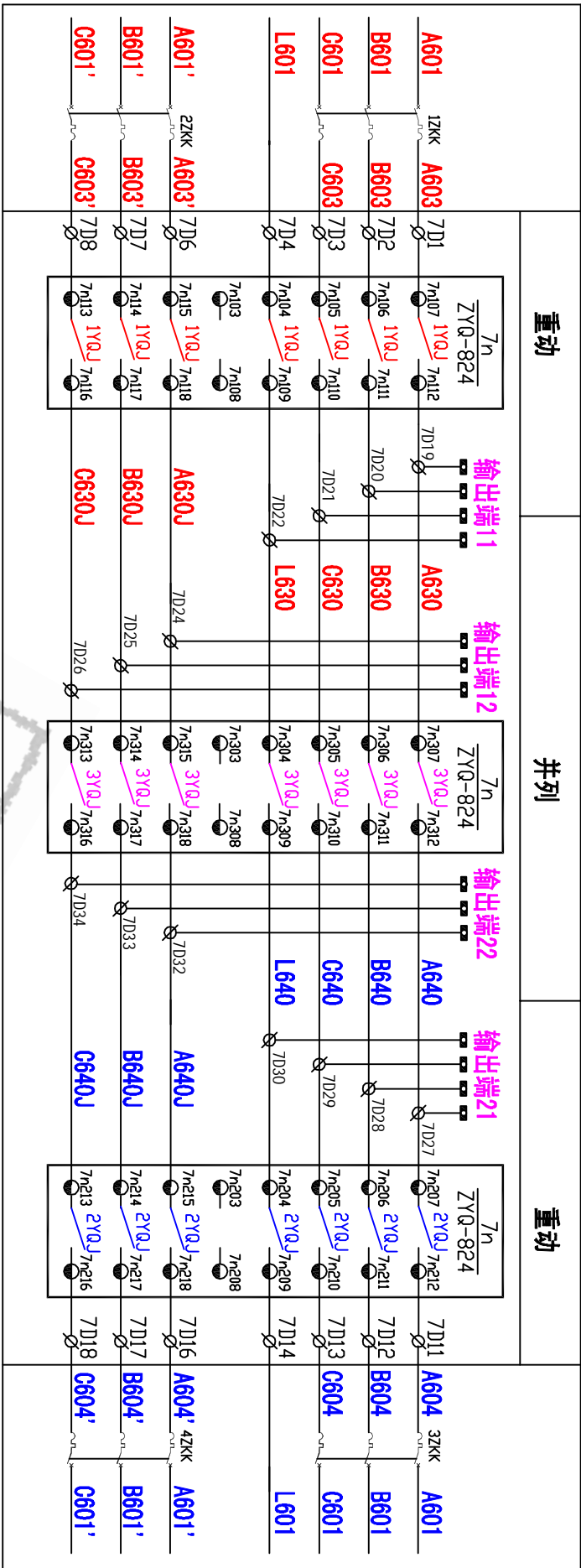


图 3-6-1

室外配电装置

主控室

室外配电装置



- 输出端11: I段保护(测量)电压输出
- 输出端12: I段计量电压输出
- 输出端21: II段保护(测量)电压输出
- 输出端22: II段计量电压输出

图 3-6-2

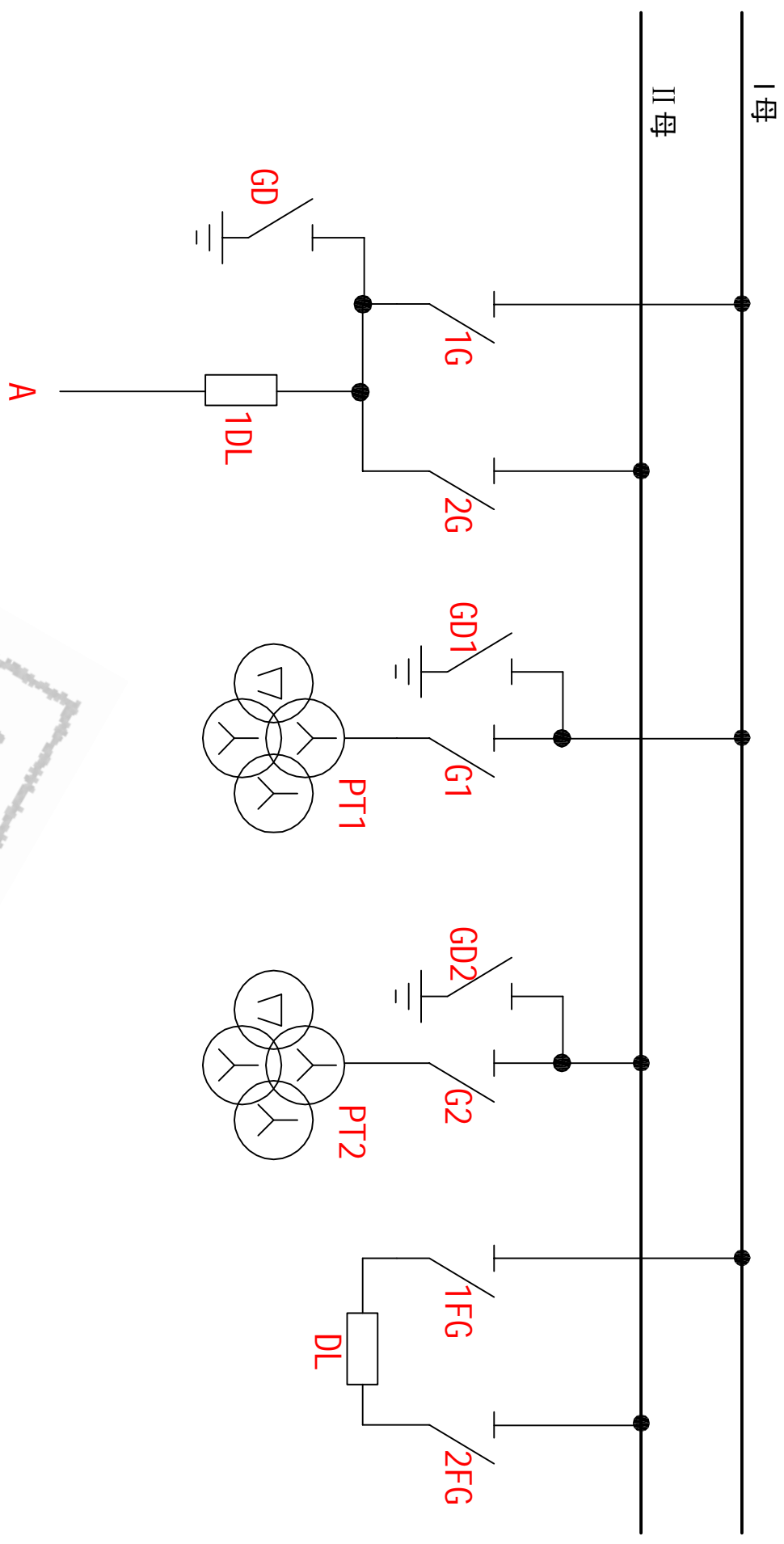
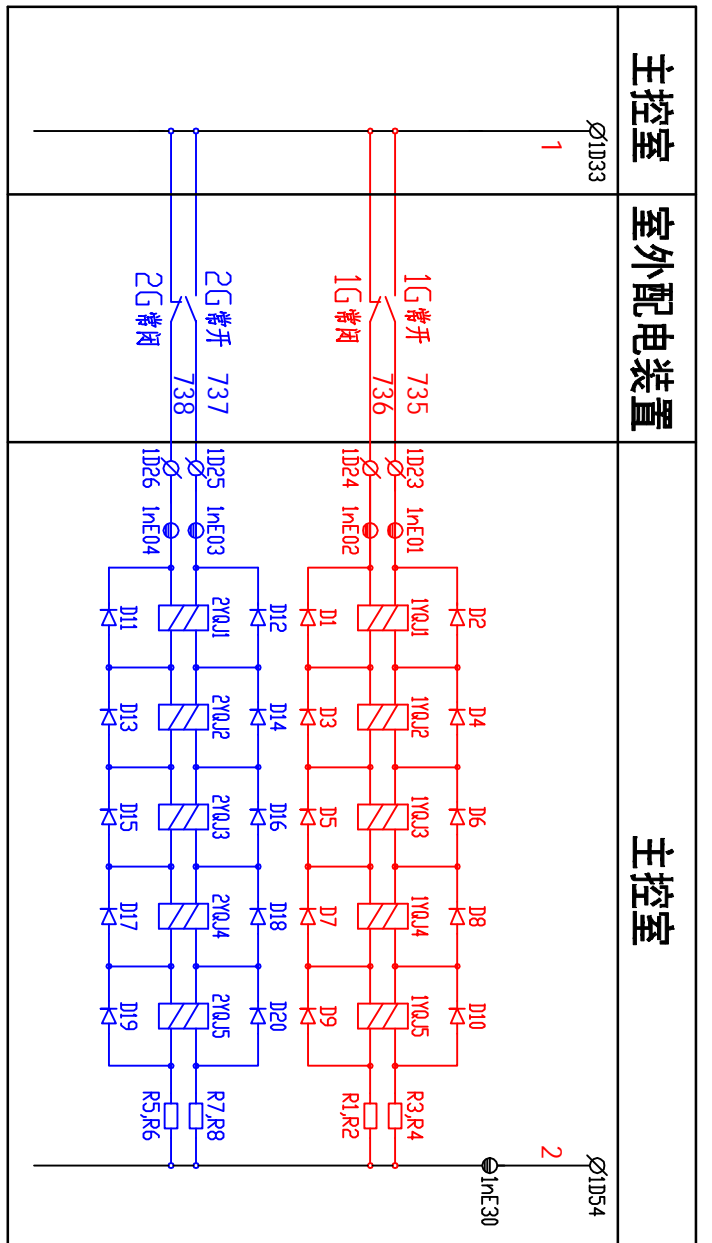
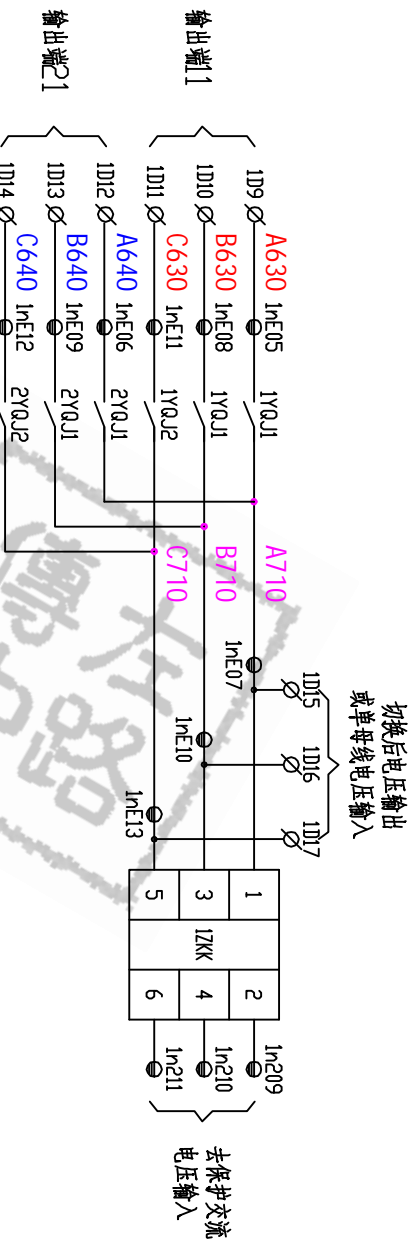


图 3-7





启动回路



接线展开回路 (局部)

图 3-8

第四章 如何看二次回路图纸

关于如何看懂二次回路图纸的资料也有很多，在此表达一下自己对这个问题的一点看法。个人认为，二次回路具有很强的规律性、通用性，看明白其实并不难。

4.1 二次回路的分类

二次回路的分类方式很多，如第一章提到的，分为“开入”、“开出”两种，这其实应该算是一种按照功能进行分类的方式。如果从纯粹的电路原理而言，我更倾向于将二次回路分为“有源回路”和“无源回路”两种。

4.1.1 有源回路

有源回路，顾名思义，就是指有直流电源在其中的回路，多为控制回路。实际上，现在我们看二次回路图主要就是看控制回路。如同我在前言中提到的那样，“只要你明白一个‘干电池、开关、灯泡’组成的照明回路是如何工作的，那么你就算是入门了”。为什么这么说呢？因为这个最简单的直流电路恰恰显示了绝大多数二次回路最根本的电路原理。**图 4-1**显示的就是灯泡回路与二次回路的对照。

图 4-1中的二次回路模型，体现了除电流电压回路以外的所有二次回路的共同点：在一个两端电压为直流 220V 的电路中，存在一个断开点（控制开关或辅助接点）使该电路不能连通，即没有电流通过。在某一情况下，该断开点可以闭合使电路导通，电路中其它元件带电；在相反情况下，该断开点又断开该电路，使电路中元件失电。

在直流灯泡回路中，手动按下电灯开关 DK 后该回路被接通，灯

泡 LD 发光；在二次回路中，AJ 的常开接点闭合后该回路被接通，中间继电器 ZJ 被起动。由此可见，DK 与 AJ 是对应的，D 与 ZJ 是对应的。整个回路的逻辑可以概括为：在某种情况发生时，该种情况造成的结果会导致另一情况的发生。例如：人手按压开关 DK 时，按压的结果——DK 闭合会使灯泡 D 发光；继电器 AJ 被起动后，AJ 起动的结果——常开接点闭合会使 ZJ 起动。

有源回路动作后必然产生一个结果，而这个结果必然可以通过某个无源回路表示出来。在图 4-1 中，这个结果就是中间继电器 ZJ 被启动，通过 ZJ 的常开接点闭合表现出来。

4.1.2 无源回路

无源回路这个名称不是很确切，既然没有电源，当然也就无法形成回路，所以叫做“无源接点”更合适一点。无源接点就像一个没有接入电路的开关 DK，可以接在任意回路中。

无源接点也是有意义的，例如“弹簧储能限位开关”的无源常闭接点 CK，将它接入信号开入回路则可以报信号，将它接入操作箱闭锁回路则可以闭锁断路器合闸，但是它在这两个回路中所表示的含义是一样的：弹簧未储能。

由此也可以看出，无源接点只有接入某一个有源回路才能发挥作用。在实际工程中，一个有源回路不被允许与另一个有源回路有电气联系。当两个有源回路需要逻辑上的联系时，一般的做法是：将代表一个有源回路动作结果的无源接点（可以是一个接点，也可能是几个接点的组合）接入另一个有源回路。这一点将在闭锁回路中详细解释。

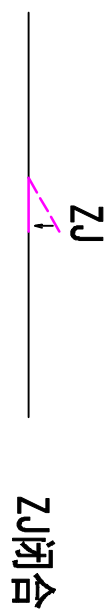
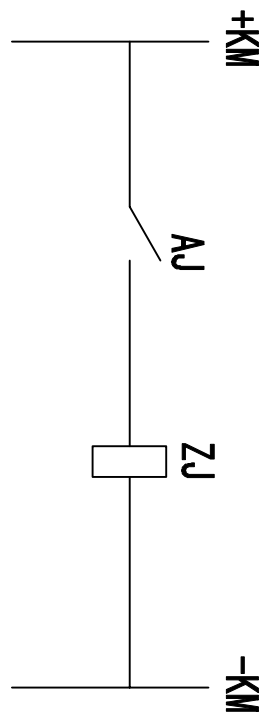
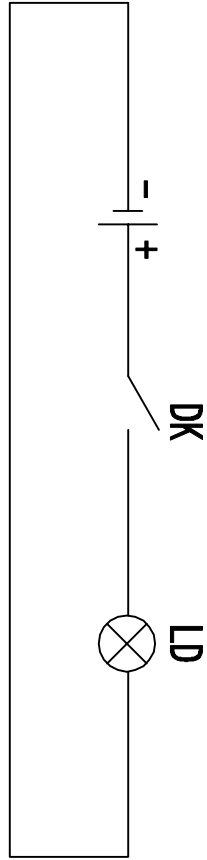
4.2 二次回路图纸的分类

二次回路的图纸分类与二次设备的分类是相似的，我们可以将它们简单地分为：电流电压回路图（模拟量开入）、信号采集回路图（开关量开入）、控制及操作回路图（开出）等。

4.3 二次回路图纸的看图顺序

由于图纸是与装置对应的，所以我们在拿到一张二次图纸时，首先要明白这张图纸是对应于哪个装置的，这个装置的作用是什么，这张图纸显示的是这个装置的哪一部分功能，这部分功能的动作逻辑是什么，这些逻辑是通过哪些回路一步步地完成的。按照这个顺序，我们就可以从整体到细节地看明白一张二次图纸了。

在看二次图纸时，需要多张图纸一起看，这是由于回路之间的交叉联系造成的。我们在看图时，应该按照某一个功能把所有相关的图纸全部找出来，按照动作逻辑逐张看完。例如，在研究断路器的操作回路时，我们需要微机测控的控制回路图、操作箱的操作回路图、断路器端子箱的端子排图、断路器机构箱的操作回路图。这样，我们就能比较容易的把这个回路的各个部分联系在一起，彻底地明白这个回路的动作原理。



灯泡回路

二次回路

图4-1

第五章 断路器的控制

这一章，是本文的重中之重！为什么这么说呢？因为：断路器是一切继电保护及自动装置二次回路逻辑的最终执行单位，或者说，变电站内所有的微机保护和自动装置动作的最终结果，不是让断路器跳闸，就是让断路器合闸。断路器在变电站中的作用是如此之大，以至于变电站的大部分二次回路都是围绕对断路器的控制展开的。

5.1 断路器的分类

断路器的分类方法有很多种，例如按照操作机构的不同分为弹簧机构断路器、气动机构断路器和液压机构断路器；按照工作介质的不同分为六氟化硫（SF₆）断路器、真空断路器和油断路器；按照工作电压的不同分为高压断路器、中压断路器等。按照不同分类方法分出的不同类型之间是可以互相组合的，如“SF₆ 弹簧断路器”、“真空弹簧断路器”等。

气压机构、液压机构逐渐退出运行，本章不再详述；油绝缘断路器逐渐退出运行，本章亦不再详述。本章中，只以采用弹簧机构、SF₆ 绝缘或真空绝缘的断路器为范例。

5.2 断路器的控制回路

断路器的控制回路主要包括断路器的跳、合闸操作以及相关闭锁回路。一个完整的断路器控制回路由微机测控、操作把手、切换把手、操作箱和断路器机构箱组成。

按照不同的分类方法，断路器的操作类型也分为两种：按照操作命令的来源不同分为手动操作和自动操作（分清这两种类别对备自投

装置是至关重要的);按照操作地点的不同分为远方操作和就地操作。就地操作必然是手动操作,远方操作有可能是手动操作,也可能是自动操作。

另:“就地”是一个相对的概念,它的基准点在“远方/就地”切换把手所安装的那个位置。在110kV断路器的操作回路中,一般有两个切换把手,一个安装在微机测控屏,一个安装在断路器机构箱。对微机测控屏的切换把手QK而言,使用微机测控屏上的操作把手KK进行操作属于“就地”,来自综自后台或集控站通过远动系统传来的操作命令都属于“远方”;对机构箱的切换把手43LR而言,在机构箱使用操作按钮进行操作属于“就地”,一切来自主控室的操作命令都属于“远方”。简单地讲,切换把手与操作把手(按钮)必然是结合使用的,某个切换把手配套的操作把手的操作属于“就地”,其余的操作类型都属于“远方”。例如,使用KK进行操作时,对QK属于“就地”,对43LR则属于“远方”。我们可以在图6-3中很直观的看到这一点。

5.2.1 断路器的合闸操作

断路器的合闸操作分为手动合闸和自动合闸两种。手动合闸包括:利用综自后台(或在集控站利用远动系统)合闸、在微机测控屏合闸、在断路器机构箱合闸;自动合闸包括:重合闸、自动装置(备自投装置等自动装置动作)合闸。

5.2.2 断路器的跳闸操作

断路器的跳闸操作分为手动跳闸和自动跳闸两种。手动跳闸包括：利用综自后台（或在集控站利用远动系统）跳闸、在微机测控屏跳闸、在断路器机构箱跳闸。自动跳闸包括：自身保护（与该操作箱配套的微机保护动作）跳闸、外部保护（母线保护等保护装置动作）跳闸、自动装置动作（备自投装置、低周减载等装置动作）跳闸、偷跳（由于某种原因断路器自己跳闸）。

5.2.3 断路器操作的闭锁回路

断路器操作的闭锁回路，根据断路器电压等级和工作介质的不同也有不同，但是总得来讲也可以分为两类：操作动力闭锁和工作介质闭锁。

操作动力闭锁指的是断路器操作所需动能的来源发生异常，禁止断路器进行操作。例如，弹簧机构断路器的“弹簧未储能禁止合闸”，液压机构的“压力低禁止合闸”等。

工作介质闭锁指的是断路器操作所需绝缘介质浓度异常，为避免发生危险而禁止断路器操作。例如：SF6 断路器的“SF6 压力降低禁止操作”等。

5.4 110kV 六氟化硫（SF6）断路器

SF6 断路器是 110kV 电压等级最常用的开断电器，关于它的控制，我们选用的模型是西高电气公司生产的 LW25-126 型 SF6 绝缘弹簧机构断路器。LW25-126 型断路器广泛应用于 110kV 电压等级，运行经验丰富，具有一定的代表性。

5.4.1 操作机构

LW25-126 型断路器的操作机构二次回路如图 5-1、图 5-2 所示。图 5-1 所示的是断路器操作机构控制回路图，红色部分为合闸回路，绿色部分为跳闸回路，黄色部分为储能电机启动回路。图 5-2 所示为辅助回路及信号回路。主要部件的符号与名称对应关系如表 5-1 所示。

表 5-1

符号	名称	备注
11-52C	合闸操作按钮	手动合闸
11-52T	分闸操作按钮	手动跳闸
43LR	“远方/就地”切换开关	
52Y	“防跳”继电器	
8M	空气开关	储能电机电源投入开关
88M	储能电机接触器	动作后接通电机电源
48T	电动机超时继电器	
49M	电动机过流继电器	
49MK	辅助继电器	反映电机过流、过热故障
33hb	合闸弹簧限位开关	弹簧未储能时，其接点闭合
33HBX	辅助继电器	弹簧未储能时，通电，常闭接点打开
52a、52b	断路器辅助接点	52a 为常开接点、52b 为常闭接点
63GL	SF6 气压压力接点	压力降低时，其接点闭合
63GLX	SF6 低气压闭锁继电器	压力降低时，通电，常闭接点打开
49MT	49MK 复归按钮	复归 49MK，现场增加

5.4.2 合闸回路

5.4.2.1 就地合闸

43LR 在“就地”状态时，合闸回路由 11-52C、52Y 常闭接点、88M 常闭接点、49MK 常闭接点、33HBX 常闭接点、52b 常闭接点、52C 和 63GLX 常闭接点组成。合闸回路处于“准备状态”（按下 52C 即可成功合闸）时，断路器需要满足以下条件：

①52Y 常闭接点闭合

52Y 是“防跳”继电器。“防跳”是指防止在手合断路器于故障线路且发生手合开关接点粘连的情况下，由于“线路保护动作跳闸”与“手合开关接点粘连”同时发生造成断路器在“合闸”与“跳闸”之间发生“跳跃”的情况。由于微机保护操作箱和断路器都配置了“防跳”回路，参照相关技术文件的要求，一般将断路器本体机构箱中的“防跳”回路拆除，只保留微机操作箱中的“防跳”回路（为什么要拆除断路器的“防跳”回路呢？这不仅仅是由于两套“防跳”系统在功能上发生重复，而且在两套“防跳”系统同时运行的情况下还会发生“断路器在合闸状态时绿灯亮”的情况。这一点将在 3.3 防跳回路中详细讲解）。

由于 LW25-126 型 SF6 断路器的“防跳”回路与典型“防跳”回路在原理上存在一定差异，所以在此也进行一下比较。

传统的防跳回路可以简化如图 5-3 所示。图中备注文字详细介绍了“合闸于故障点且 1KK 合闸接点粘连”情况时，各个动作阶段的回路状态及电路分析。图 5-4-1 介绍了“合闸于故障点但 1KK 合闸接点不粘连”情况下“防跳”回路的动作过程。图 5-4-2 介绍了“合闸于正常线路”情况下“防跳”回路的动作过程。

从图 5-3、图 5-4-1、图 5-4-2 中，我们可以得出这样的结论：

“防跳”回路起作用是由跳闸开始的，即“跳闸”这个动作启动了“防跳”回路，在“合闸于故障线路且合闸接点粘连”的情况下，跳闸后断路器就不可能进行第二次合闸操作；在“合闸于故障线路而合闸接

点不粘连”的情况下，其实“防跳”回路并没有被完整的启动（电压线圈未启动），实际上无法形成对合闸操作的闭锁；在“合闸于正常线路且合闸接点不粘连”的情况下，“防跳”回路完全不启动。

图 5-1 中，断路器本体的“防跳”回路可以简化成图 5-5 所示。

从图 5-5 中可以看出，按下手合按钮 11-52C 合闸后，如果 11-52C 在合闸后发生粘连，则 52Y 通过手合开关的粘连接点、断路器常开接点 52a、52Y 常闭接点起动，52Y 常开接点通过手合按钮的粘连接点和电阻 R1 实现自保持，52Y 常闭接点断开合闸回路。也就是说，在发生“手合按钮粘连”的情况下，52Y 的“防跳”功能是由断路器的合闸操作起动的，即“合闸”之后，断路器合闸回路已经被闭锁。这就是 LW25-126 “防跳”回路的动作原理！

我们不妨仔细想一想，是这样吗？在上一段文字中，我们忽略了一个问题：“防跳”回路的定义是什么？是“防止手合断路器于故障线路且发生手合开关接点粘连的情况下，由于“线路保护动作跳闸”与“手合开关接点粘连”同时发生造成的断路器在“合闸”与“跳闸”之间发生“跳跃”的情况”。那么，我们就有了一个问题，在上一段文字中，如果手合断路器于故障线路，那么断路器如何跳闸呢？由于是用 11-52C 合闸，切换把手 43LR 在“就地”位置，“保护跳闸命令”根本无法传输到断路器跳闸回路！这个错误是十分严重的，因为它造成了“合闸于故障线路且无法跳闸”的后果，必然造成越级跳闸从而使事故范围的扩大。这也就是为什么在将断路器投入运行的时候，我们必须在“远方”操作，不仅仅是因为保护人身安全的需要。

那么，断路器本体的“防跳回路”到底是如何起作用的呢？将切换把手 43LR 置于“远方位置”，若测控屏上的操作把手 1KK 合闸后发生粘连，那么 52Y 的动作情况与我们刚才分析的一样，并且起到了“防跳”功能，而不是我在上面提到的仅仅形成“断路器合闸回路被闭锁”。

我们总结一下两套“防跳”回路的异同点，如表 5-2 所示。

表 5-2

名称	相同点	不同点
操作箱“防跳”	都是针对测控屏上的操作把手 1KK 粘连；	由“跳闸”动作启动；“粘连”而无故障跳闸时，不启动。
断路器“防跳”	都能实现“防跳”功能	由“合闸”动作启动；只要“粘连”就启动

由于 52Y 的动作原理与传统“防跳”原理有这些不同，所以将 52Y 称为“防跳”继电器是不太严谨的，同样，称为“闭锁合闸”继电器也不太合适。这个问题还是留待将来解决吧。

比较严谨的说法是：将 52Y 的常闭接点串入合闸回路的目的在于，防止在手合断路器后且发生手合开关接点粘连的情况下，断开断路器的合闸回路。

②88M常闭接点闭合

88M是合闸弹簧储能电机的接触器，它由合闸弹簧限位开关 33hb

起动。弹簧未储能时，33hb常闭接点闭合起动88M，88M的常开接点闭合起动电机开始储能，88M的常闭接点打开从而断开合闸回路，实现闭锁功能。弹簧储能完成后，33hb常闭接点打开使88M失电，88M常开接点打开，断开电机电源回路。88M常闭接点闭合表示“电机停止运转”。

断路器机构内有两条弹簧，分别是合闸弹簧与跳闸弹簧。合闸弹簧依靠电机牵引进行储能（压缩），跳闸弹簧依靠合闸弹簧释放（张开）时的势能储能。断路器合闸结束后，合闸弹簧限位开关33hb自动启动电机回路进行储能，电机转动将合闸弹簧压缩到一定程度后停止运转，合闸弹簧由定位销卡死。在下次合闸弹簧释放前，电机均不再运转。在排除电机故障的情况下，“电机停止运转”在一定程度上表示“合闸弹簧储能完成”。

将88M的常闭接点串入合闸回路的目的在于，防止在弹簧正在储能的那段时间内（此时弹簧尚未完全储能）进行合闸操作。

③49MK常闭接点闭合

49MK是一个辅助继电器，它是由“电机过流继电器”49M或“电机超时继电器”48T起动的，概括地说，它代表的是电机故障。在电机发生故障后，49M或48T通过49MK的常闭接点起动49MK，而后49MK通过其常开接点及电阻R2实现自保持，其常闭接点打开以断开合闸回路，实现闭锁功能。49MK常闭接点闭合表示“电机正常”。

在图5-1中，我们可以看出，在49MK的自保持回路接通以后，

存在无法复归的问题。即使电机故障已经排除，49M和48T已经复归，49MX仍然处于动作状态，其常闭接点一直断开合闸回路。最初，检修人员只能断开断路器操作回路的电源开关使49MX复归；现在，我们在49MX的自保持回路中串接了一个复归按钮（图中虚线框内49MT），解决了这个问题。

合闸弹簧释放后（即合闸成功）后，将自动起动电机进行储能。如果电机存在故障，则合闸弹簧储能就不能正常完成，从而导致无法进行下一次合闸操作。在实际运行中，手合断路器成功后，如果电机故障造成合闸弹簧储能失败而断路器继续运行，则在发生故障时，断路器重合闸必然失败。

将49MX的常闭接点串入合闸回路的目的在于，防止将电机已经发生故障的断路器合闸。

④33HBX 常闭接点闭合

33HBX是一个辅助继电器，它是由“合闸弹簧限位开关”33hb的常闭接点起动的。33hb的常闭接点闭合表示的是“合闸弹簧未储能”，它同时起动电机接触器88M和“合闸弹簧未储能继电器”33HBX，88M的常开接点接通电机回路进行储能，33HBX的常闭接点打开断开合闸回路，实现闭锁功能。33HBX的常闭接点闭合表示的是“合闸弹簧已储能”。

将33HBX的常闭接点串入合闸回路的目的在于，防止弹簧未储能时进行合闸操作，若无此常闭接点断开合闸回路，则会由于合闸保持继电器的作用导致合闸线圈持续通电被烧毁。

⑤断路器的常闭辅助接点 52b 闭合

断路器的常闭辅助接点 52b 闭合表示的是“断路器处于分闸状态”。从图 5-1 中可以看出，有两个 52b 的常闭接点串连接入了合闸回路，这和控制回路图纸中的一个常闭接点是不一致的。这是由于，断路器的辅助节点和断路器的状态在理论上是完全对应的，但是在实际运行中，由于机件锈蚀等原因都可能造成断路器变位后辅助接点变位失败的情况。将两对辅助接点串连使用，可以确保断路器处于这种接点所对应的状态。

将断路器常闭辅助接点 52b 串入合闸回路的目的在于，保证断路器处于分闸状态，更重要的是，52b 用于在合闸操作完成后切断合闸回路。

⑥63GLX 的常闭接点闭合

63GLX 是一个辅助继电器，它是由监视 SF6 密度的气体继电器的辅助接点 63GL 起动的。由于泄漏等原因都会造成断路器内 SF6 的密度降低，不足以满足灭弧的需要，这时就要禁止对断路器进行操作，通常称为“SF6 低压闭锁操作”。63GLX 起动后，其常闭接点打开，合闸回路及跳闸回路均被断开，断路器的操作被闭锁。

与前面几对闭锁接点不同的是，63GLX 串入的不仅仅是合闸回路，从图 5-1 中，我们可以明显的看出，这对接点闭锁的是“合闸”及“跳闸”两个回路，所以它的意义是“闭锁操作”。

将 63GLX 的常闭接点串入操作回路的目的在于，防止在 SF6 密度降低不足以安全灭弧的情况下进行操作而造成断路器损毁。

在满足以上五个条件后，断路器的合闸回路即处于准备状态，可以在接到合闸指令后完成合闸操作。

5.4.2.2 远方合闸

针对断路器而言，远方合闸是指一切通过微机操作箱发来的合闸指令，它包括使用微机测控屏上的操作把手合闸、使用综自系统后台软件合闸、使用远动功能在集控中心合闸等，这些指令都是通过微机操作箱的合闸回路传送到断路器的。

这些合闸指令其实就是一个高电平的电信号(我们也可以简单地认为它就是直流正电源)，当 43LR 处于“远方”状态时，它通过 43LR 以及断路器的合闸回路与断路器操作回路的负电源形成回路，起动 52C 完成合闸操作。

断路器本体的“远方合闸”回路，除了 43LR 在“远方”位置且无 11-52C 外，与“就地合闸”回路是一样的。

5.4.3 跳闸回路

5.4.3.1 就地跳闸

43LR 在“就地”状态时，跳闸回路由跳闸按钮 11-52T、52a 常开接点、52T 和 63GLX 常闭接点组成。跳闸回路处于准备状态(按下 11

- 52T 即可成功合闸) 时, 断路器需要满足以下条件:

① 断路器的常开辅助接点 52a 闭合

断路器的常开辅助接点 52a 闭合表示的是“断路器处于合闸状态”。从图 5-1 中可以看出, 跳闸回路使用了 52a 的四对常开接点。每两对常开接点串连, 而后再将它们并联, 这样既保证了辅助接点与断路器位置的对应关系, 又减少了辅助接点故障对断路器跳闸造成影响的几率。

将断路器常开辅助接点 52a 串入跳闸回路的目的在于, 保证断路器处于合闸状态, 更重要的是, 52a 用于在跳闸操作完成后切断跳闸回路。

② 63GLX 的常闭接点闭合

同 5.4.2.1-⑥ 中所述。

5.4.3.2 远方跳闸

针对断路器而言, 远方跳闸是指一切通过微机操作箱发来的跳闸指令, 它包括使用微机测控屏上的操作把手跳闸、使用综自系统后台软件跳闸、使用远动功能在集控中心跳闸等, 这些指令都是通过微机操作箱的跳闸回路传送到断路器的。

这些跳闸指令其实就是一个高电平的电信号, 在 43LR 处于“远方”状态时, 它通过 43LR 以及断路器的跳闸回路与断路器操作回路的负电源形成回路, 起动 52T 完成跳闸操作。

5.5 辅助回路

辅助回路指的是除合闸回路、跳闸回路之外的其它电气回路，包括信号回路、电机回路、加热器回路。

5.5.1 信号回路

信号回路均为无源接点形式，可接入光字牌报警系统或微机测控装置，主要包括：“SF6 压力降低报警”、“SF6 压力降低闭锁操作”、“电机故障”、“合闸弹簧未储能”等。

5.5.2 电机回路

电机回路包括电机控制回路和电机电源回路。电机控制回路由合闸弹簧限位开关常闭接点 33hb 和电机接触器 88M 组成，合闸弹簧释放后，33hb 闭合起动 88M 后 88M 起动电机。

电机在断路器合闸后（合闸弹簧释放失去势能）开始运转储能。储能结束后，即使断路器机构失去工作电源，在断路器跳闸后仍然可以保证进行一次合闸操作。考虑事故情况下全站失压的情况，为保证对断路器的多次控制，目前多采用直流电机（关于这一点尚无定论，不同地区的看法不同，也有很多单位倾向于使用交流电机）。

5.5.3 加热器回路

加热器回路由温湿度控制器 KT 自动控制。当断路器机构箱内温度偏低、湿度偏高时，KT 的常开接点起动加热器，对断路器机构箱进行加热、除潮，避免由于环境原因对机构运行造成影响。

电源	远方
	就地
合闸回路	就地
跳闸回路	远方
	就地
电动机控制及保护	
SF6低气压闭锁	

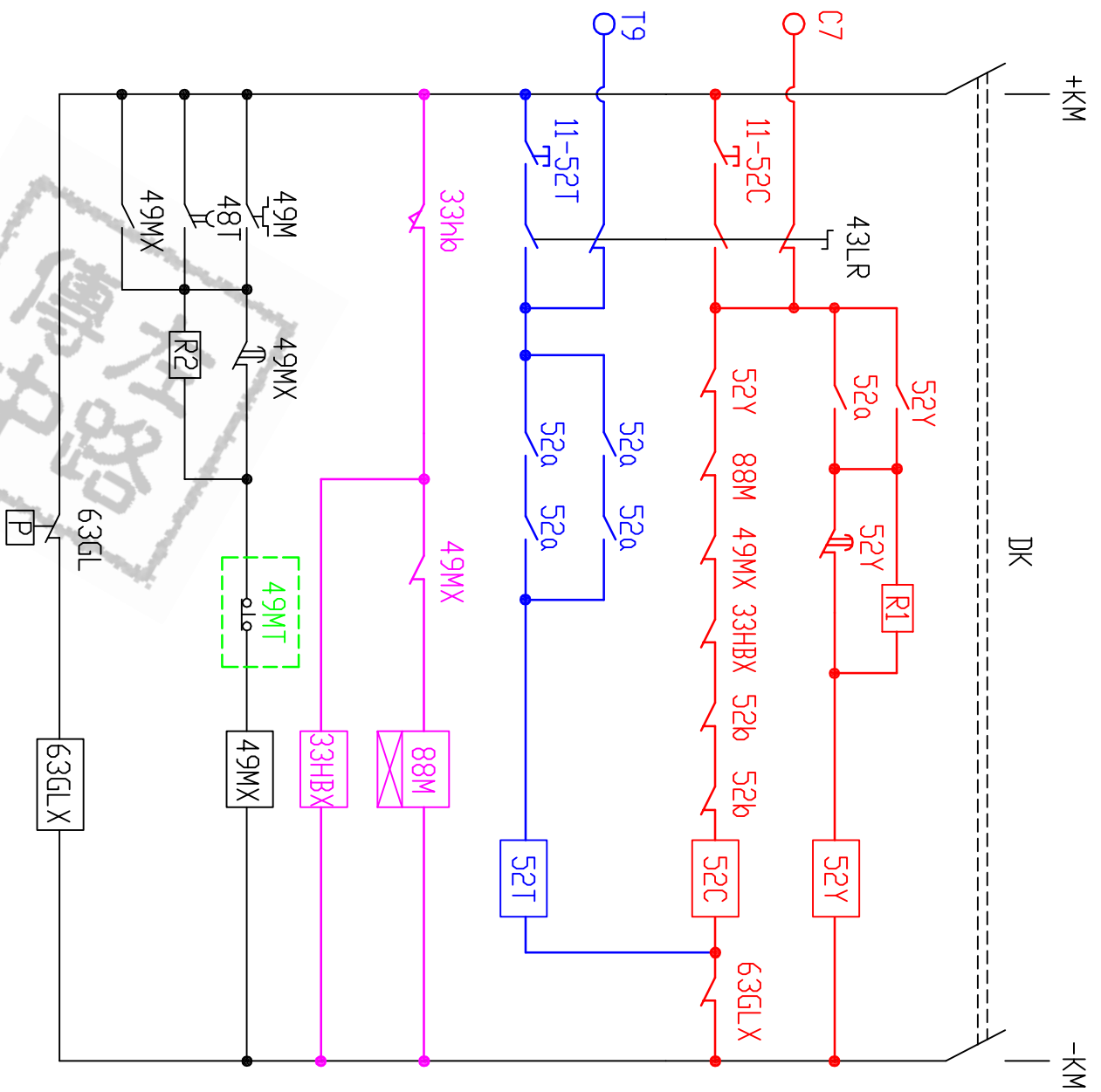


图 5-1

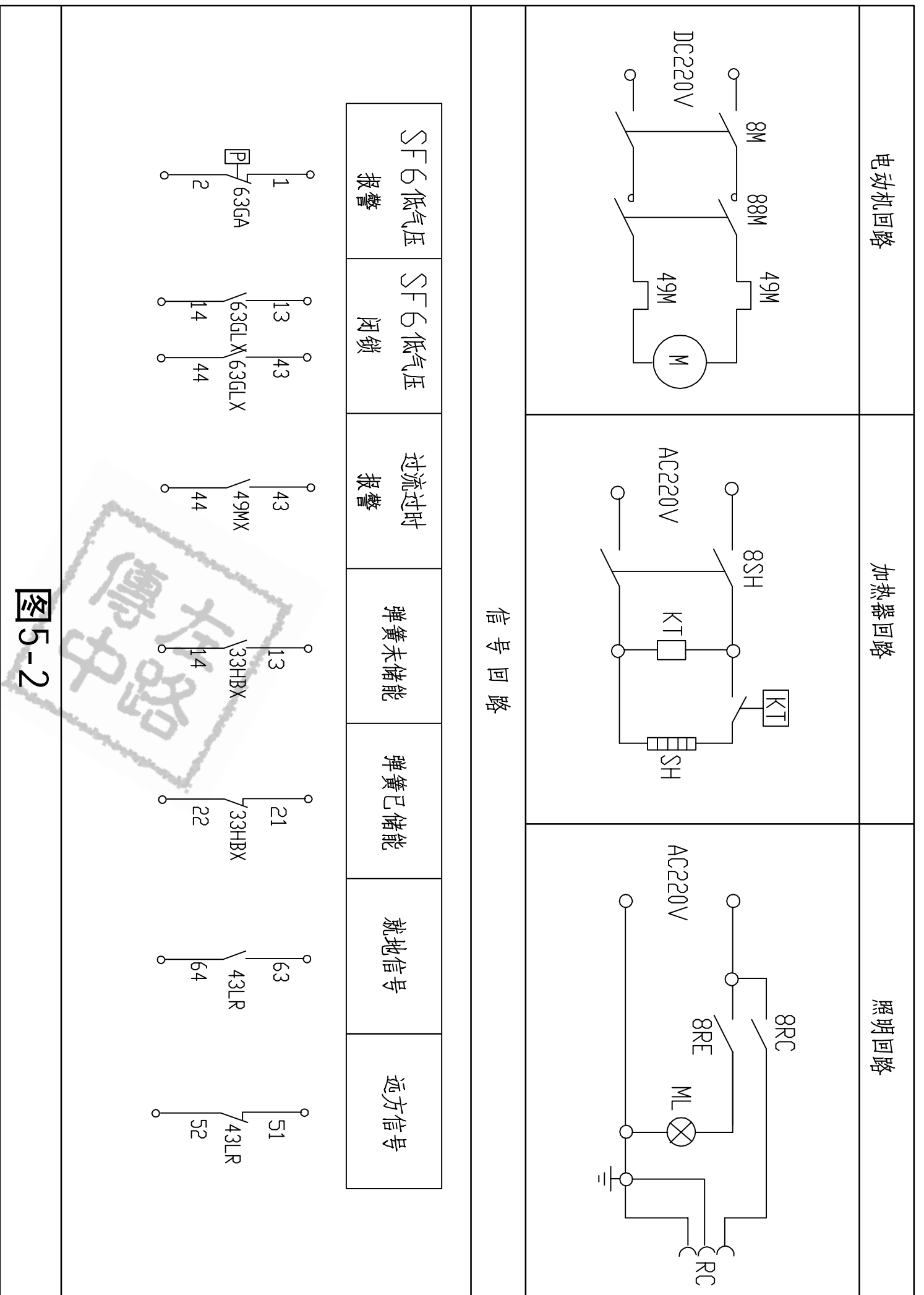


图5-2

<p style="text-align: center; font-size: 24px;">1</p> <p style="text-align: center;">+KM -KM</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">手合</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">手跳</div> </div>	<p>断路器在准备合闸状态，转动操作把手KK使5-8接点接通即可合闸。 本图常开、常闭接点遵照传统定义，下图均表示接点状态。</p>
<p style="text-align: center; font-size: 24px;">2</p> <p style="text-align: center;">+KM -KM</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">手合</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">手跳</div> </div>	<p>合闸后5-8接点粘连，电路等效为本图。 跳闸回路中DL接点闭合，合闸回路中DL接点断开。 因合闸于永久故障，保护动作，出口继电器TJ尚未闭合。</p>
<p style="text-align: center; font-size: 24px;">3</p> <p style="text-align: center;">+KM -KM</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">手合</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">手跳</div> </div>	<p>TJ接点闭合，TBJ电流线圈动作，TBJ常开接点闭合启动电压线圈，并实现自保持。 TBJ常闭接点断开合闸回路。</p>
<p style="text-align: center; font-size: 24px;">4</p> <p style="text-align: center;">+KM -KM</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">手合</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">手跳</div> </div>	<p>断路器已跳闸，保护复归，TJ接点断开。 跳闸回路中DL接点断开，合闸回路中DL接点闭合。 TBJ电压线圈自保持，TBJ常闭接点一直断开合闸回路，防止断路器再次合闸。</p>

图5-3

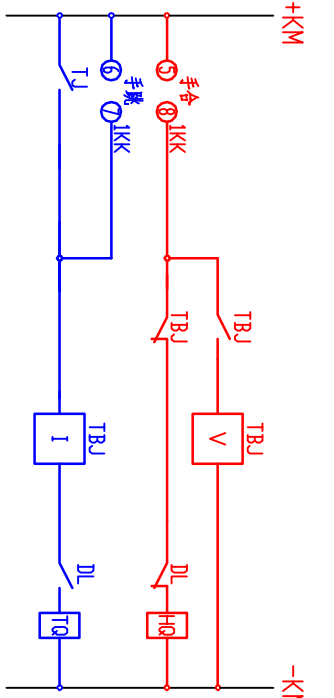
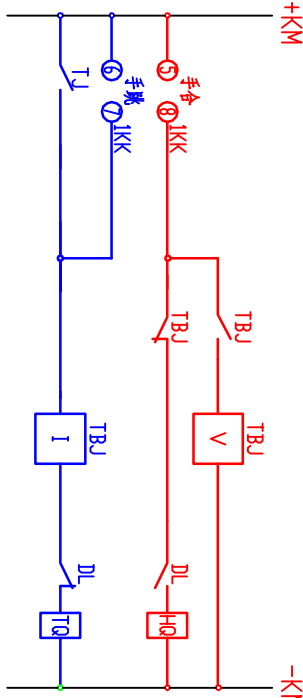
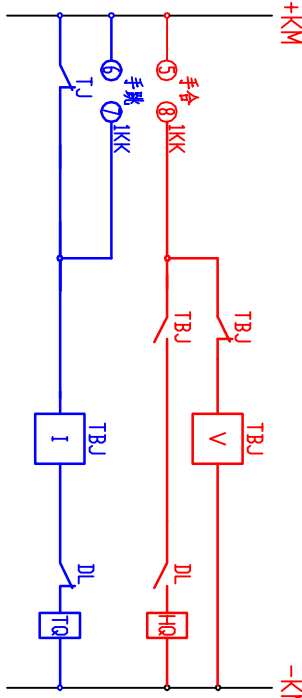
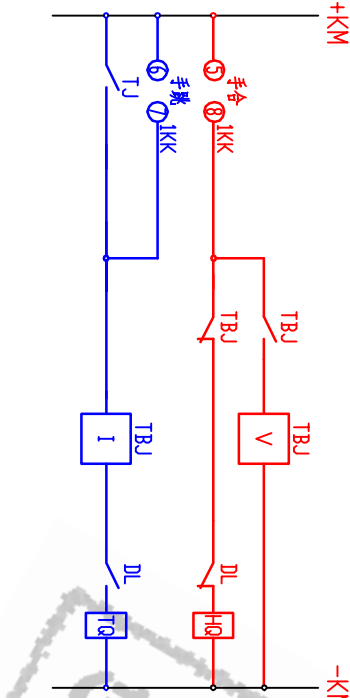
<p style="text-align: center;">1</p>  <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">手合</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">手跳</div> </div>	<p>断路器在准备合闸状态，转动操作把手KK使5-8接点接通即可合闸。 本图带开，带闭接点遵照传统定义，下图均表示接点状态。</p>
<p style="text-align: center;">2</p>  <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">手合</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">手跳</div> </div>	<p>合闸后5-8接点未粘连，电路等效为本图。 跳闸回路中DL接点闭合，合闸回路中DL接点断开， 因合闸于永久故障，保护动作，出口继电器TJ尚未闭合。</p>
<p style="text-align: center;">3</p>  <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">手合</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">手跳</div> </div>	<p>TJ接点闭合，TBJ电流线圈动作，TBJ常开接点闭合，TBJ电压线圈并未启动。 TBJ常闭接点断开合闸回路。</p>
<p style="text-align: center;">4</p>  <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">手合</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">手跳</div> </div>	<p>断路器已跳闸，保护复归，TJ接点断开。 跳闸回路中DL接点断开，合闸回路中DL接点闭合。 TBJ电流线圈复归，TBJ常开接点断开，带闭接点闭合，断路器可以再次合闸。 (此处的“可以合闸”仅针对此电路而言，具体操作需要依照运行规程)。图4与图1相同。</p>

图5-4-1

<p>1</p>	<p>断路器在准备合闸状态，转动操作把手KK使5-8接点接通即可合闸。 本图常开、常闭接点遵照传统定义，下图均表示接点状态。</p>
<p>2</p>	<p>合闸后5-8接点未粘连，电路等效为本图。 跳闸回路中DL接点闭合，合闸回路中DL接点断开。 因合闸于正常线路，保护不动作，出口继电器TJ不闭合。</p>
<p>3</p>	<p>TJ接点不闭合，TBJ电流线圈不动作，TBJ常开接点不闭合，TBJ电压线圈不启动。 TBJ常闭接点断开合闸回路。</p>
<p>4</p>	<p>若此时线路发生故障，保护动作出口，TJ常开接点闭合，则其后此回路动作情况转至图5-4-1中第3步。</p>

图5-4-2

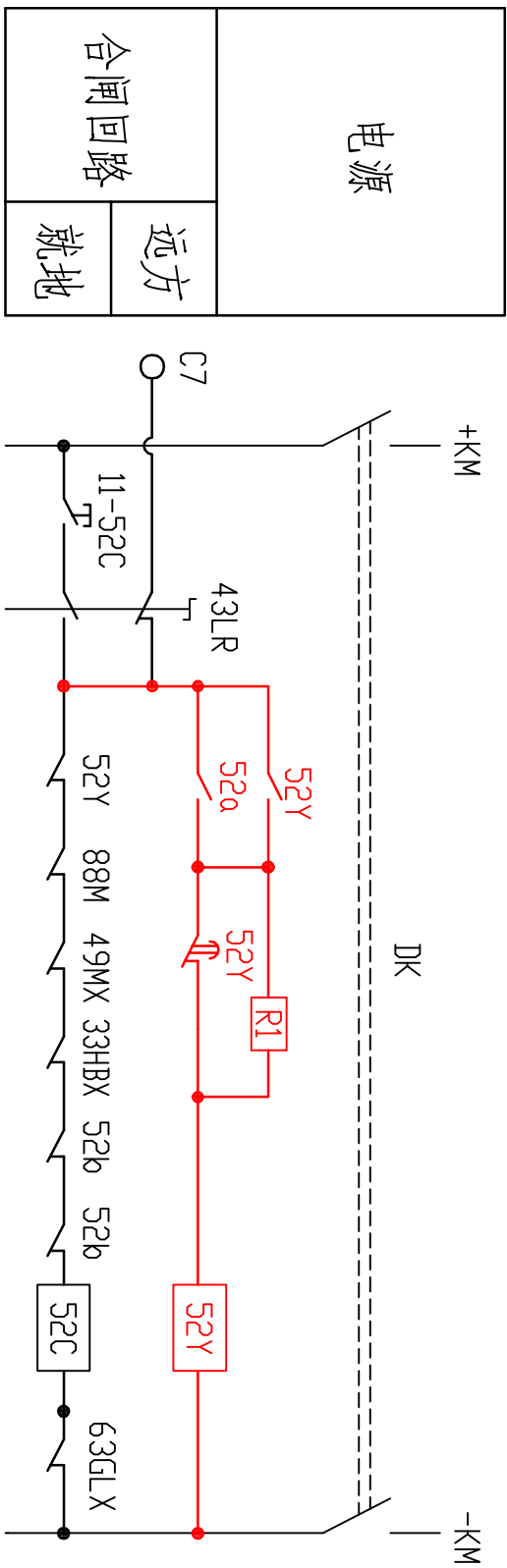


图 5-5



第六章 RCS-941A 的操作箱

微机操作箱是和微机保护配套使用的用于对断路器进行操作的装置，它取代了传统控制屏上的控制回路，并且增加了许多与断路器控制相关的回路。以往，在电力工程中应用较广泛的独立操作箱有 ZSZ-11S（许继公司产品，已停产）等型号，目前各大厂家多将微机保护和操作回路整合为一台装置，不再设置独立的操作箱。所以本章的标题不太严谨，严格意义上讲，应该是“RCS-941A 的操作回路”。但是，基于我们在上文 2.2 中分析，我们仍习惯性地称之为操作箱。RCS-941A，南瑞继保公司产品，操作回路插件原理接线如图 6-1 所示。

以图 6-1 分析，操作箱主要由合闸回路、跳闸回路、“防跳”回路、断路器操作闭锁回路、断路器位置监视回路等组成，在图 6-1 中，根据回路功能不同用不同颜色予以标示。红色：合闸回路；绿色：跳闸回路；蓝色：防跳回路；紫色：闭锁回路。可以看出，防跳回路与闭锁回路贯穿于合闸、跳闸回路之中，这也是它们发挥作用的必然要求。

6.1 合闸回路

6.1.1 手动合闸

手动合闸回路中的元件包括：控制开关 1KK、“远方/就地”切换开关 1QK（1KK、1QK 都是安装在微机测控屏上或者安装在常规控制屏上，严格意义上讲，这两个元件不属于操作箱的范畴）、“断路器本体异常禁止合闸”继电器（HYJ1、HYJ2）的常闭接点、“防跳”电压继

电器 TBJY 的常闭接点、合闸保持继电器 HBJ。图 6-1 中所示的“断路器辅助常闭接点 DL、合闸接触器 HC”是一个简略画法，代表断路器机构箱中整个合闸回路，具体可参照图 5-1 中的合闸回路。

“就地”手动合闸回路的动作逻辑为：“1QK 在就地位置”且“防跳电压继电器未形成自保持”且“断路器本体未禁止合闸”且“断路器机构‘远方’合闸回路处于准备状态”时，手动旋转 1KK 使其⑤⑥接点闭合，合闸回路接通。同时，合闸保持继电器 HBJ 动作，其常开节点闭合形成自保持。1KK 返回原来位置，⑤⑥接点断开，合闸回路依靠 HBJ 的自保持回路接通。断路器合闸成功后，DL 断开合闸回路，HBJ 的自保持接点随后断开。

“远方”手动合闸的逻辑与“就地”手合类似，不同在于：1QK 在“远方”位置，合闸指令来自微机测控装置而不是手动旋转 1KK 接通正电源。再次强调一点，此处的“远方”、“就地”都是针对 1QK 而言的，对断路器机构箱内的“远方/就地”切换把手 43LR 而言，两种合闸操作的性质均为“远方合闸”。

①控制开关 1KK

1KK 并不是 RCS-941 操作箱的固定组成部分，它是一个独立元件，在综合自动化变电站中一般和微机测控装置安装在一面屏上，用于实现对断路器的操作，在技术手段上通常称为“强电手操”。“强电手操”是指，在综合自动化变电站中为了防止弱电操作系统（后台软件、远动装置等）故障造成无法对断路器进行操作而保留的“强电（直流

220V) 手动操作方式”，可以切实保证对断路器进行控制。

② “远方/就地” 切换开关 1QK

1QK 同样是一个独立元件，用于实现“远方/就地”操作模式的切换。这里的“远方”是指一切通过微机测控装置向操作箱发出的跳、合闸指令，“就地”是指通过 1KK 向操作箱发出的跳、合闸指令。

③ “禁止合闸” 继电器 (HYJ1、HYJ2) 的常闭接点

HYJ 的中文名称应该是“合闸压力继电器”，最初是和“跳闸压力继电器”TYJ 配合使用来监测采用液压（或气动）机构的断路器的操作动力（即压力）是否满足断路器合闸、跳闸的要求。从操作箱中的回路来看，它可以反映一切应该禁止断路器合闸的情况，而且液压及气动机构逐渐退出运行，所以在这里将 HYJ1 及 HYJ2 合称为“禁止合闸”继电器。一般情况下，断路器本身带有完善的闭锁功能，如图 5-1 中，将代表“SF6 低闭锁操作”的常闭接点 63GLX 串联接入机构箱的操作回路，起到了闭锁合闸及跳闸的功能，所以，习惯上我们不再将闭锁接点引至操作箱启动 HYJ 以及下文将要提到的 TYJ 进行重复闭锁。也就是说，操作箱中 HYJ 和 TYJ 的常闭接点始终都是闭合的，其作用相当于导线。

④ “防跳” 电压继电器 TBJV 的常闭接点

TBJV 的常闭接点闭合，表示“防跳”电流继电器 TBJ 未起动，允许断路器进行合闸操作。详见 5.4.2.1 中相关内容所述。

⑤ 合闸保持继电器 HBJ

在传统的断路器操作回路中，合闸回路里是没有合闸保持继电器

HBJ 的，为什么在微机操作箱中要增加它呢？

要保证断路器合闸成功，必须保证使合闸回路中的电流持续一定的时间以启动合闸线圈。传统控制回路中采用的是 LW2 系列操作把手 KK，手动合闸时，在有值班人员操作的情况下，可以通过人力保证足够的合闸电流持续时间。

微机保护的发展思路是和变电站自动化系统紧密联系在一起，也是和无人值班模式变电站的发展联系在一起。遥控合闸指令是一个只有几十至几百毫秒的高电平脉冲，如果脉冲在合闸线圈启动之前消失，则合闸操作就会失败。所以，在微型操作箱中引入了合闸保持继电器 HBJ，依靠 HBJ 的自保持回路，可以保证在断路器合闸操作完成之前，断路器的合闸回路一直保持导通状态，确保断路器能够完成合闸操作。同时，HBJ 的自保持回路还保证了一定是由断路器的常闭接点 DL1 断开合闸回路，避免了不具备足够开断容量的 1KK 接点或遥合接点断开此回路造成粘连甚至烧毁的危险。这句话怎么讲呢？在 HBJ 启动以后，其常开接点闭合，在断路器合闸完成以前通过使合闸回路导通实现自保持。此时，1KK 的合闸接点或遥合接点断开都不会起到分断合闸电流的作用，只有在断路器合闸成功后，断路器常闭接点 DL1 打开才会切断合闸回路的电流。

在运行中，也出现过由于增加了 HBJ 造成合闸线圈 HQ 烧毁的情况。这种情况的原因是：在图 6-1 中，合闸回路中断路器机构内的部分（虚线框内）只是一种示意画法，其实不只是一个断路器的常闭接点 DL 和合闸线圈 HQ，它还串联了断路器机构内的一些闭锁接点。但

是，很多采用弹簧机构的断路器合闸回路中没有串连“弹簧已储能”的常开接点 CK，只是将“弹簧未储能”作为预报信号引入中央信号系统进行告警。在这种状态下，如果操作箱在“弹簧未储能”时发出合闸指令，则断路器由于合闸弹簧没有足够的势能无法合闸成功，断路器常闭接点 DL1 无法断开合闸回路，HBJ 的自保持回路会一直导通，使 HQ 中长时间有电流通过而烧毁。这个情况发生后，许多断路器厂家都对产品设计进行了修改，在弹簧机构断路器合闸回路中都已串连了“弹簧已储能”的常开接点 CK，电力部门对此前运行的不符合此要求的就设备也进行了相关改造。

在以上条件均满足的情况下，旋转 1KK 使①②接点闭合，即可使合闸指令到达 1D41 端子，然后通过控制电缆到达断路器机构箱（具体参照 5.4.2.2），实现合闸功能。

6.1.2 自动合闸

自动合闸包括重合闸和自动装置合闸，重合闸是最常见的一种。从图 6-1 中可以看出，重合闸回路是由重合闸继电器 HJ 的常开接点起动的，而 HJ 是由继电保护 CPU 驱动的。从图 6-1 中还可以看出，重合闸不受“断路器本体禁止合闸”继电器 HYJ1、HYJ2 的限制。关于自动装置合闸的部分，将在关于备自投装置的章节中具体讲解。

6.2 跳闸回路

6.2.1 手动跳闸

手动跳闸回路中的元件包括：控制开关 1KK、“远方/就地”切换开关 1QK、“断路器本体异常禁止跳闸”继电器（TYJ1、TYJ2）的常闭接点、“防跳”电流继电器 TBJ。图 6-1 中所示的“断路器辅助常开接点 DL、跳闸接触器 TQ”是一个简略画法，代表断路器机构箱中整个跳闸回路。

“就地”手动跳闸的动作逻辑为：“1QK 在就地位置”且“断路器本体未禁止跳闸”且“断路器机构‘远方’跳闸回路处于准备状态”时，手动使 1KK 的⑦⑧接点闭合，跳闸回路接通。同时，“防跳”电流继电器 TBJ 动作，其常开接点闭合形成自保持。1KK 返回后，⑦⑧接点断开，跳闸回路依靠 TBJ 的自保持回路接通。断路器跳闸成功后，断路器常开接点 DL2 断开跳闸回路，TBJ 的自保持接点随后断开。

“远方”手动跳闸的逻辑与“就地”手跳类似，不同在于：1QK 在“远方”位置，跳闸指令来自微机测控装置而不是手动旋转 1KK 接通正电源

6.2.2 自动跳闸

自动跳闸包括本体保护跳闸、外部跳闸和自动装置跳闸。“本体保护”指的“操作”这个操作箱的微机保护装置。微机操作箱是和微机保护装置配套使用的，微机保护负责对采集到的数据进行运算分析，确定是否要对断路器进行操作，操作箱则仅仅负责执行微机保护发出的对断路器的操作指令。所以，操作箱一个主要的功能就是执行其服务的微机保护的“跳闸”命令。从图 6-1 中可以看出，保护跳闸

是由保护跳闸继电器 TJ 的常开接点启动的，而 TJ 是由继电保护 CPU 驱动的。此时，我们需要提到“防跳”继电器 TBJ 常开接点的另一个重要作用就是：防止在自动跳闸时，保护出口继电器 TJ 常开接点先于断路器常开接点 DL2 断开时，起到切断跳闸电流的作用而烧毁。保护跳闸受“断路器本体禁止跳闸”继电器 TYJ1、TYJ2 的限制。

外部跳闸和自动装置跳闸指的是由操作箱配套的微机保护之外的其它微机保护或自动装置发出的跳闸命令，例如母差保护动作、低周解列动作、备自投动作等。这些都在以后相关章节里详述。

6.3 防跳回路的配合

操作箱中“防跳”回路的作用与断路器机构箱操作回路中的“防跳”回路的作用也是重复的，保留一套即可。一般情况下，我们选择拆除断路器机构箱内的“防跳”回路，保留操作箱中的“防跳”回路。

两套“防跳”回路同时运行时，会出现多种配合问题，我们在此讨论一个比较常见的现象：“断路器在合闸状态。TWJ 不动作而绿灯亮”。图 6-2 是 RCS-941A 的前身 LFP-941A 的操作箱二次回路图，它的简化图与图 5-1 的连接如图 6-3 所示。

图 6-1 与图 6-2 的一个主要区别就是将绿、红指示灯分别从 TWJ、HWJ 的串联回路中拆除了，改为由 TWJ、HWJ 的常开接点启动（图 6-1 中未显示）。这个变化看似没有什么实际的意义，因为指示灯还是随着相应位置继电器的状态（带电/失电）而变化（亮/灭），其实还是有点讲究的，请注意图 6-3 中的蓝色部分。合闸动作逻辑为：操作箱

发出合闸指令后，合闸保持继电器 HBJ 起动并实现自保持，断路器机构箱内合闸回路导通，断路器开始合闸；合闸成功后，断路器常闭辅助接点 52b 断开合闸回路，常开辅助接点 52a 闭合，由于合闸操作把手 1KK 的⑤⑥接点没有粘连，所以机构箱防跳回路启动失败。但是，此时图 6-3 中所示蓝色回路处于导通状态，由于操作箱内电阻 R5-R7 的分压，TWJ 和 52Y（均为电压继电器）都不足以起动，但此回路中有足够的电流起动绿灯 LD，最终形成“断路器在合闸状态，跳位继不动作，绿灯亮”的故障。所以，在施工时一般在图 6-3 中红色×处将断路器机构箱“防跳”回路拆除。

在此，我们顺便提一下另外一个问题：用 TWJ、HWJ 的常开接点启动绿、红指示灯与用断路器的常闭、常开辅助接点启动有区别吗？答案是肯定的！就“以指示灯的状态（绿灯亮还是红灯亮）区别断路器的状态（分位还是合位）”而言，用两者启动指示灯都不回造成功能上的错误。但是，TWJ、HWJ 还担负着另外一个重担：分别监视合闸回路与跳闸回路是否处于“准备状态”（参考 5.4.2.1 中的定义），即操作回路本身是否存在故障，同样，用其常开接点启动的指示灯不但可以显示断路器的状态，对应的可以表示此监视功能。例如“控制回路断线”这个信号（由 TWJ、HWJ 的常闭接点串联组成，代表 TWJ、HWJ 同时失电，实际运行中，它们必然有一只带电），它代表的可能是“操作电源消失”这个故障，例如操作电源空气开关跳闸，也可能是运行中（以断路器在合闸状态为例，此时 TWJ 处于失电状态，跳闸回路应该处于“准备状态”，即 HWJ 处于带电状态），跳闸回路（操作

箱与机构箱的跳闸回路的串联)的某处发生了断线故障,导致 HWJ 失电。所以我们可以得出结论:以位置继电器接点或断路器位置辅助接点启动的指示灯都可以表示断路器的状态,但是位置继电器启动的指示灯还可以监视操作回路,但断路器位置辅助接点启动的指示灯则无此功能。



图 6-1

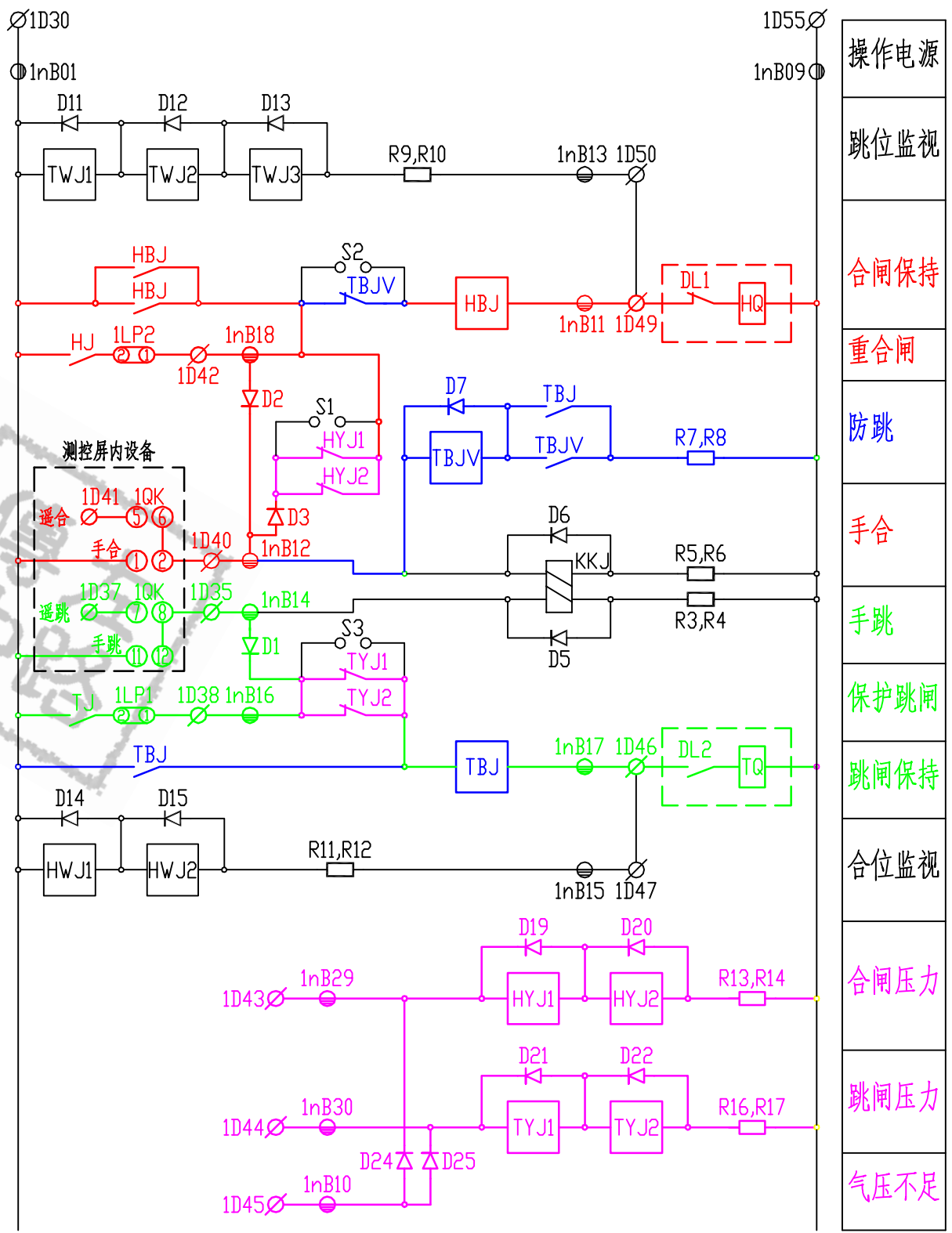
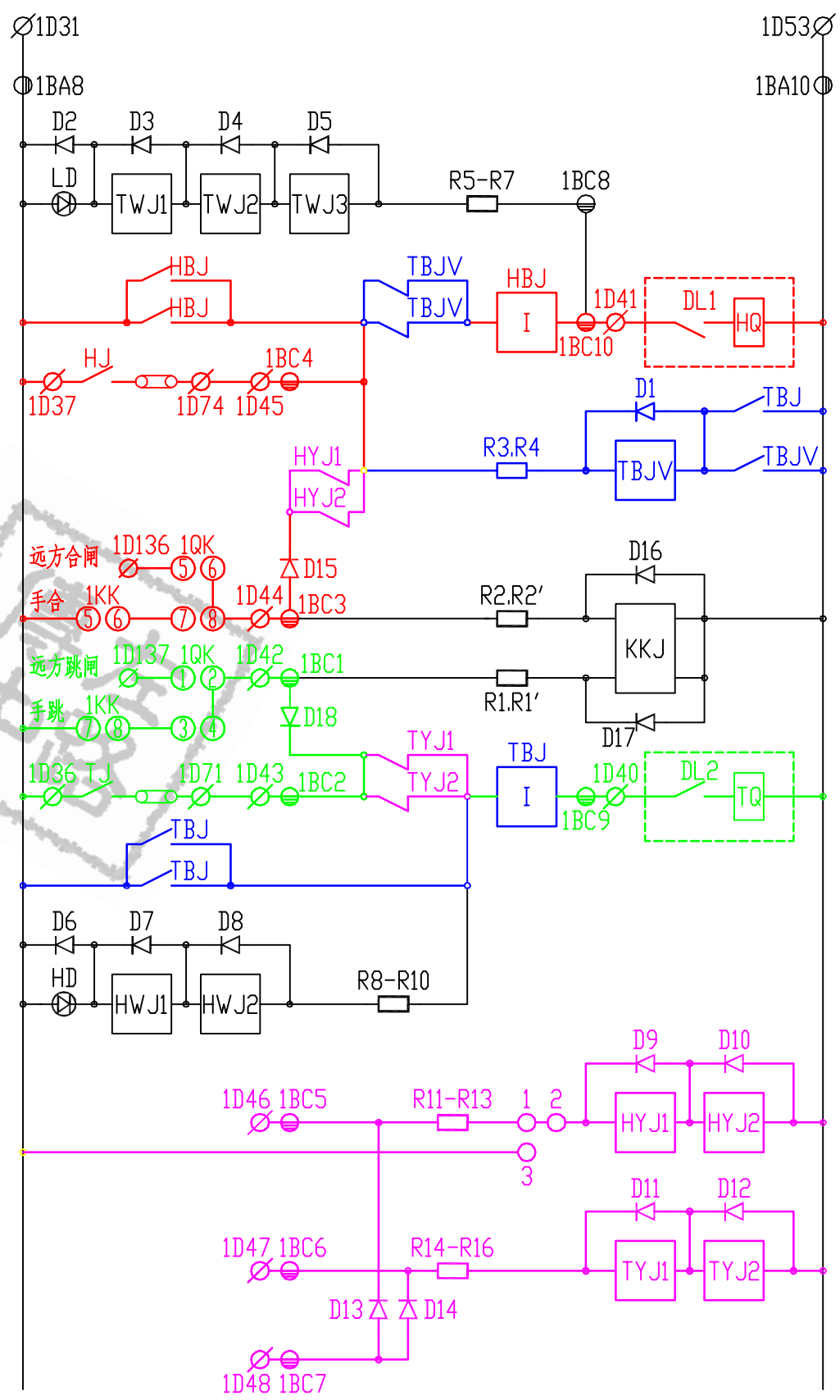


图6-2



- 操作电源
- 跳位监视
- 合闸保持
- 重合闸
- 防跳
- 手合
- 手跳
- 保护跳闸
- 跳闸保持
- 合位监视
- 合闸压力
- 跳闸压力
- 气压不足

微机操作箱

断路器机构箱

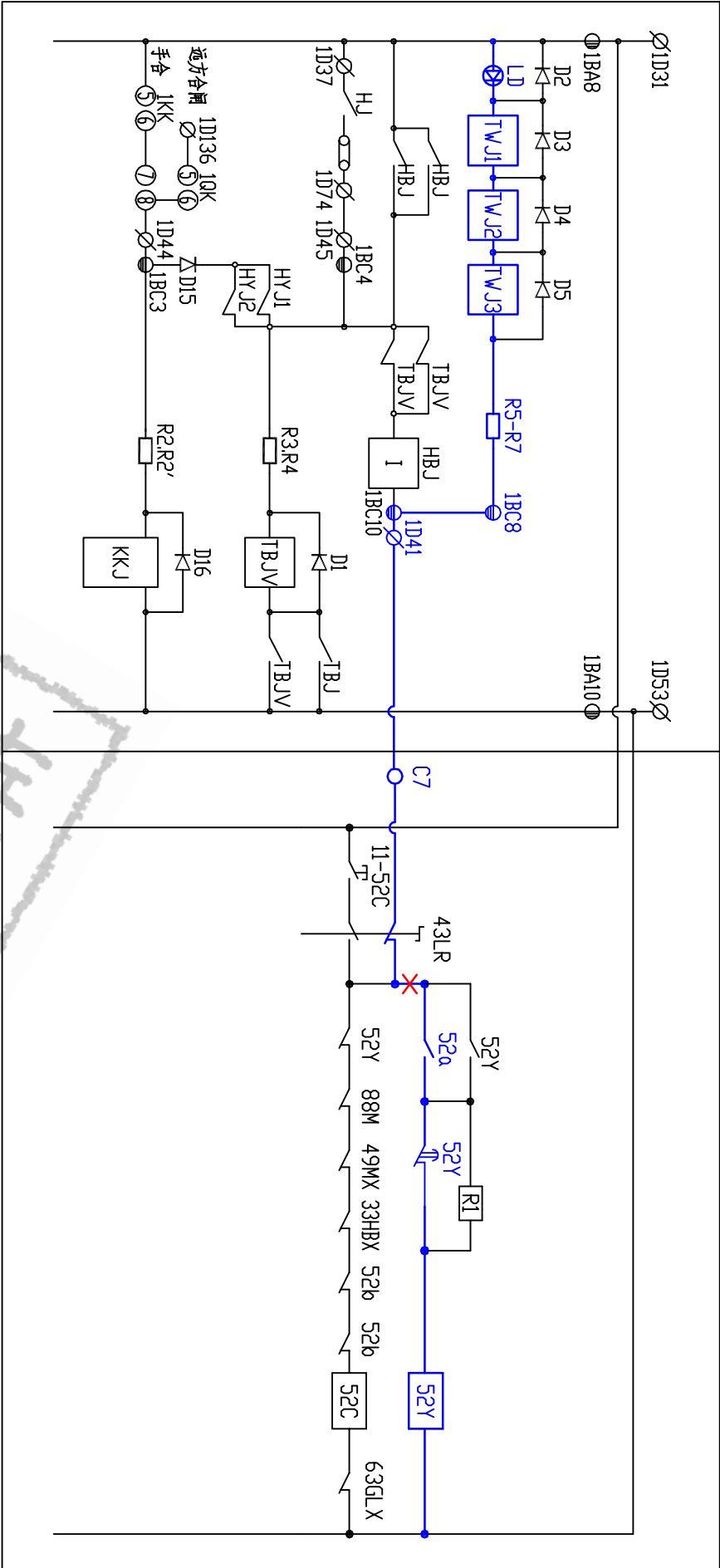


图 6-3

第七章 110kV 线路二次接线

在这一章，我们分析的重点是：对一个 110kV 线路间隔而言，相关的全部二次设备相互之间是如何配合的。在变电站自动化系统中，针对 110kV 线路间隔配置的二次设备主要包括：微机线路保护装置（带操作箱）、微机测控装置、断路器机构箱控制回路。我们选择的模型是 *RCS-941A*（南瑞继保公司产品，数字式输电线路成套保护装置，含微机操作箱）+*CSI-200E*（四方继保公司产品，数字式综合测控装置）+*LW25-126*（西高电气产品，SF6 绝缘弹簧机构断路器）。

RCS-941 是南瑞继保公司生产的广泛用于 110KV 线路的微机保护组装置，是 *LFP-941A* 的替代产品，可作为 110kV 线路的主保护及后备保护。*RCS-941A* 包括完整的三段相间和接地距离保护、四段零序方向过流保护和低周保护；配备三相一次重合闸、过负荷告警、频率跟踪采样功能；配备操作回路及交流电压切换回路。在本章中提到的 *RCS-941* 只指其保护功能，不包括其自带操作回路（操作箱部分详见第六章）。

CSI-200E 是四方继保公司生产的综合测控装置，按间隔设计，广泛应用于 110kV 电压等级。*CSI-200E* 的功能主要包括：遥控（断路器及所有采用电动机构的刀闸）、遥信（状态量、告警、BCD 码等）、交流量采集（交流电流、电压）、直流量采集（直流电压、主变温度）等。根据工程的实际需要，可以对各种功能在 *CSI-200E* 中的配置量进行调整。

LW25-126 是西高电气用于 110kV 电压等级的弹簧机构 SF6 断路

器，其机构箱二次回路在第五章已经详细介绍。

7.1 RCS-941A

7.1.1 主要技术指标

直流电源：220V 或 110V

（包括保护装置的工作电源即“保护电源”、操作箱的控制电源即“操作电源”、电压切换回路的直流电源。变电站多采用 220V 电压等级，电厂采用 110V 较多。）

交流电压：100/ $\sqrt{3}$ （额定相电压）

从电压互感器二次侧输入 RCS-941A 用于继电保护功能的交流电压，数值为相电压值。

交流电流：5A 或 1A（额定电流）

从电流互感器二次侧输入 RCS-941A 用于继电保护功能的交流电流。

额定频率：50HZ 或 60HZ

交流电压、交流电流的频率，中国电力系统为 50HZ，国外有工频为 60HZ 的电力系统。

7.1.1.1 电源回路

RCS-941A 的电源回路如图 7-1 所示。从同一电源干线经不同空气开关引出的不同电源分支，开关投退相互独立，可视为来自不同的电源。从图 7-1 左侧可以看出，空气开关 1K1、1K2 的输入端来自同一个电源（屏顶直流小母线），其输出端分别进入 RCS-941 的两个不

同功能模块，则我们即可认为 RCS-941 的保护电源、操作电源来自不同的电源。

规程要求“保护电源与操作电源必须分开”，我们按照上述的方法实现了；规程要求“一个断路器的操作回路只有一个电源”，我们是按照图 7-1 右侧的方式实现的。操作电源从 1K2 接入 RCS-941A 的操作回路后，通过控制电缆（蓝色）将+KM接至测控装置，通过控制电缆（紫色）将+KM -KM 都接至断路器机构箱。图 7-1 中红色框中的空气开关 8D 安装在断路器机构箱内，在实际工程中，8D 是不允许投入的。图中绿色虚线代表的控制电缆实际是不存在的。这里有两个问题要讨论一下：为什么 8D 不允许投入？为什么不讲-KM 接至测控装置。

我们先来讲一下第一个问题。首先，重复一下第四章提到的一个问题：两个有源回路之间是不允许有电气联系的。如果存在绿色虚线，在直流电源进入 1K2 之前将其接入 8D，则在 8D 投入运行的情况下，断路器机构箱的控制电源（简称电源 3）与 RCS-941A 操作箱的控制电源（简称电源 2）就是两个不同的电源，那么在图 6-1 中可以看出，在对断路器进行操作的时候，其实是电源 2 的+KM与电源 3 的-KM组成了回路，这是绝对不允许的！这种接线方式造成的一个最明显的事情就是：在 1K2 断开时，从理论上讲 RCS-941A 已经断电，但是如果此时 8D 投入，则实际上 RCS-941A 是带电的！所以，一个断路器的控制回路（包括所有的参与设备）只能使用一个电源，即由一个空气开关控制所有相关的回路的带电与否，这就解释了为什么绿色虚线

不存在的问题。在没有绿色虚线的情况下，8D 投入还是退出对断路器的控制没有什么实际意义，投入 8D 只会使其输入端带电（即反送），所以一般不投入 8D。

第二个问题，即-KM不接入测控装置的问题，因为牵涉到测控装置内部的接线，我们在下文 7.2.4.1 中再详细讨论。

7.1.1.2 电流开入回路

110kV 电压等级为大电流接地系统，110kV 线路发生单相接地故障时须保护动作跳闸，所以必须在三相都配电流互感器，如图 3-1 中所示。

RCS-941A 的电流输入回路如图 7-2 所示。三相电流进入装置以后，分别经过采集元件后流出，在 1D6 端子处汇集在一起得到零序电流 I_0 （正常情况下， $I_0=0$ ；发生故障情况时， $I_0 \neq 0$ ）， I_0 再次进入 RCS-941A 经过零序电流采集单元后流出。

电流进入 RCS-941A 后是如何工作的不在本文的讨论范围内。

7.1.1.3 电压开入回路

RCS-941A 的电压输入回路在 3.2.4.2 中已经详细介绍，在此再补充一点。3.2.4.2 中是以主接线为双母线形式为例讲述“电压切换”原理为主，在主接线为单母线形式（含单母线分段、桥形接线，此类接线形式有一个共同点，即某一条线路被固定在某一段母线上）的情况下，不存在“电压切换”的问题，图 3-8 中启动回路取消，继

电保护所需电压直接从电压并列装置接至“切换后电压输出或单母线电压输入”位置上。

若此线路接于单母线或桥形接线的 I 段母线上，则电压从图 3-6-2 中输出端 11 取；若接于 II 段母线上，则电压从图 3-6-2 中输出端 21 取。若主接线形式为单母线，则电压互感器二次回路只有“重动”而无“并列”，电压从输出端 11 取即可（此时，2YQJ 启动及展开接线回路全部取消）。

线路电压互感器二次电压（A609、N600）表示的是线路的电压情况（是否带电，电压相位等），一般用于重合闸的检无压、检同期（有压）判断。需要提到的一点是，线路电压互感器二次电压与母线电压互感器二次电压的接地点是在一起的，即全站所有的电压互感器的接地点都在一起。

结合本节文字，以单母线分段接线、110kV 线路接在 I 段母线上、配置线路电压互感器为例，图 3-8 等效为图 7-3。

电压进入 RCS-941A 后是如何工作的不在本文的讨论范围内。

7.1.1.5 数字量开入回路

RCS-941A 对数字量的采集很少，我们最常用的就是“收临线闭锁”，它涉及的继电保护习惯上称为“双回线相继速动”。一次及二次接线如图 7-4 所示。

双回线指的是始端和终端都连接在同一段母线上的两条平行线路，一次接线的示意如图 7-4 上部所示。M 与 N 分别为两个电源系统，

线路 L1、L2 即为“双回线”，1、2、3、4 代表线路断路器，同时也代表在此处配置的微机保护（均为 RCS-941A），A 代表在线路 L1 末端发生的故障，B 为假设的发生在 L2 末端与 A 对称位置的故障。

我们简单分析一下“双回线相继速动”这个功能的动作逻辑。在 A 发生故障时，最理想的情况就是保护 1、2 动作跳闸隔离故障点，断路器 3、4 继续运行。实际上，在 A 处发生故障时，对保护 1、2、3 而言均为正方向故障，由于 A 处是在 L1 线路末端，保护 1、3 无法区分故障点是在 A 处还是 B 处，所以无法确定该由谁跳闸。于是，我们采用了这样一种方法：发生故障时，保护 1、3 的距离 III 段元件均启动，等待设定的出口时限结束发出跳闸指令；同时，保护 1、3 的 FX-1 接点都闭合（此接点在下节图 7-5 中可见），闭锁另一条线路的对应保护装置的距离 II 段保护出口（即保护 1 禁止保护 3 的距离 II 段出口，保护 3 禁止保护 1 的距离 II 段出口；保护 2、4 的闭锁关系类似）；同时，保护 2 动作后，其距离 I 段动作使断路器 2 跳闸，此时则可判断故障点在 A（如在 B 处，则应为保护 4 动作使断路器 4 跳闸），由于断路器 2 的跳闸使保护 3 与故障点隔离，所以保护 3 的距离保护启动元件返回，其 FX-1 接点断开，则保护 1 收不到闭锁信号，其距离 II 段经短延时出口使断路器 1 跳闸，从而隔断了故障点与电源的所有联系。

“相继速动”实现了在没有配置快速保护的情况下，快速切除故障点，同时避免相邻线路的距离 II 段误动作跳开非故障线路。

图 7-4 中所示的数字量开入均属于 2.1.1.2 中所述的弱电（24V）

开入回路。在“闭锁重合闸”等回路中，其实是用压板来代替接点实现相应的功能。其实，压板不就是手动控制的接点吗？从电路学的角度来讲，只要将+24V 的电源接至 RCS-941A 的“611”、“618”，那么对应的功能就会被启动，这才是二次回路的关键。

7.1.1.5 开出回路

“开出”是一个很笼统的概念，我们在 2.1.2 中已经详细介绍了保护装置的输出。具体到 RCS-941A，其开出回路如图 7-4 所示。

图 7-5 中，绿色为保护跳闸接点，保护动作后此接点闭合；红色为重合闸接点，重合闸功能启动后此接点闭合。这两付接点对应了 2.1.2.1 所述的“操作指令”开出类型，同时对应于 4.1.2 所述的“无源接点”的概念，因为只有将这两付无源接点接入操作箱的对应回路中，由操作箱供给它们正电源（+KM），它们才能在动作后启动对应的断路器控制回路，详见图 6-1。

图 7-5 中，紫色为中央信号接点，蓝色为遥信接点，都属于 2.1.2.2 所述的“信号输出”开出类型。在以往的常规变电站中，中央信号接点接入变电站当地的中央信号系统，根据信号类别启动灯光或音响；遥信接点接入 RTU 装置远传给调度中心。我们可以看出，这两套系统中，表示同一含义的接点是不同的，区别在于：中央信号的接点在动作后会一直保持在动作后的状态，需要复归按钮或远方复归命令才会返回原状态；遥信接点为瞬时接点，接点在动作后会自动返回原始状态。

在变电站自动化系统中，由于微机保护的信号可以通过网络传输至后台系统，不再将其信号接点作为“开关量输入”接进微机测控装置。目前，考虑到网络故障的可能性，一般将“保护动作”等几个主要信号接入微机测控装置，以增加信号传输的可靠性。

7.2 CSI-200E

7.2.1 主要技术指标

直流电源：220V 或 110V

交流电压输入：100/ $\sqrt{3}$ （额定相电压）

交流电流输入：5A 或 1A（额定电流）

额定频率：50HZ

7.2.2 电源回路

CSI-200E 的电源回路与 RCS-941A 的区别很明显，它只有“工作电源”而没有“操作电源”的概念，这是因为它不配置操作回路的原因。其实，在使用独立操作箱的时代，类似 RCS-941A 这样的微机保护装置也只有“工作电源”这样一个电源回路。

7.2.3 电流电压开入回路

CSI-200E 的电流电压开入回路如图 7-6 所示。电流开入回路的原理与 RCS-941A 类似，区别在于 CSI-200E 不考虑对零序电流的采集，即没有图 7-2 中的紫色部分。

本节的重点在电压开入回路中。我们可以看到，CSI-200E 没有类似 RCS-941A 的“电压切换回路”，它的电压开入点是固定的。对于单母线分段之类的主接线形式，我们可以根据本条线路所在母线，很容易地从图 3-6-2 中找到 CSI-200E 的开入电压来源，输出端 11 或者输出端 21。

那么，对于主接线为双母线形式的线路，从哪里取电压呢？让我们重新回到 RCS-941A 的电压切换回路，即图 3-8 中。图中的“切换后电压输出或单母线电压输入”这个位置点值得我们注意，我们在 7.1.1.3 及图 7-3 中已经讲了“单母线电压输入”的使用方法，那么

“切换后电压输出”是输出给谁呢？输出给 CSI-200E 以及其它一切需要与微机保护电压保持一致电压的装置，例如功率变送器（现在的变电站已经见不到这些设备了，其作用类似于 CSI-200E 的模拟量远传）。

由此，我们可以得出结论：一个接于双母线的电气设备的所有二次设备公用一个“电压切换回路”。基于前文的思路，我们可以认为，同操作回路一样，“电压切换回路”也是 RCS-941 自带的一个与其继电保护功能无关的独立回路，也就是说，RCS-941A 其实是三个独立装置的集合体。

7.2.4 控制回路

CSI-200E 的控制回路其实就是它的开出回路，包括断路器控制回路、电动隔离控制回路。所有的微机测控装置的控制回路都可以归为这两类，一般来讲，一台测控装置只配置一个断路器控制回路，多

个电动隔离控制回路，这也对应了 2.1 中提到的“微机测控是对应于断路器配置的”。CSI-200E 的控制回路如

7.2.4.1 断路器控制回路

图 7-7 中彩色部分是断路器的控制回路，红色为合闸回路，绿色为跳闸回路，蓝色为公用部分。WS（五防系统电气锁）、1KK、1QK 为安装在微机测控屏上且独立于 CSI-200E 的元件。

从图 7-7 中可以看出，断路器的控制回路其实有两条完全独立的路径：一条就是通过 WS、1KK、1QK 的“就地接点”发出指令，另一条通过 CSI-200E 的接点、1QK 的“远方接点”发出指令。这两条路径是并联的关系，但是由于 1QK 的接点只能在“就地”、“远方”之一，所以这两个回路不可能同时导通。

WS 是微机五防系统中安装在微机测控屏的电气五防锁，在将电脑钥匙插入此电气锁后，若按照程序要求应该操作此断路器，则可以认为 WS 的两个接点被短接，正电源到达 1KK；若程序中不应该操作此断路器，则 WS 的两个接点为开路状态，正电源被阻断在 WS 的①处。如此，即实现了“防止误操作断路器”的功能。但是，我们也可以看到，利用 CSI-200E 的接点操作断路器是不受 WS 影响的，那么是否就意味着这种操作模式不安全呢？答案是否定的。微机五防系统和变电站自动化系统的软件可以实现相互配合，通过这种“软五防”的方式来保证后台系统操作顺序的正确。

微机保护、测控、操作箱、断路器机构，构成一个断路器控制回

路的四个部分我们都已经分开介绍了，下面我们就来看一看他们倒是如何配合的。图 7-8 描述了这个完整的控制回路。

图 7-8 中，各设备按照不同的安装位置被分为三个部分，其中微机保护与操作箱被分在一起。红色部分为完整的合闸回路，绿色部分为完整的跳闸回路，蓝色部分为公用回路，紫色为控制电缆。个人认为，这张图是学习二次回路识图的一个重要标本。我们来简单理一下这个回路：

第一步：正电源 1 从微机保护屏操作箱引出，经控制电缆至微机测控屏给操作把手及 CSI-200E 提供正电源；正电源 1 从操作箱引出，经装置内部接线给微机保护的操作出口接点 HJ、TJ 提供正电源。

第二步：从微机测控屏发出的操作指令合闸 3、跳闸 33（其实就是经过一串控制开关或接点的正电源）通过控制电缆回到微机保护屏操作箱；微机保护动作后，操作指令经装置内部接线回到操作箱。

第三步：操作指令经过操作箱的各种回路转变成合闸 7、分闸 37，经控制电缆至断路器机构箱。

第四步：断路器机构箱负电源 2 由微机保护屏操作箱提供，这个完整的操作回路就形成了。

在此分析基础上，微机测控屏上的红绿指示灯与操作箱位置继电器接点的配合也就很容易理解了。以上分析同时也解释了在 7.1.1.1 中提到的“为什么-KM 不进入微机测控装置”的问题。补充一点：断路器机构箱 43LR 在“就地”状态时，由于其负电源由操作箱提供，所以其正电源也应由操作箱提供。

对任何一个微机操作箱，我们都可以用“4个点”、“6个点”、“8个点”、“9个点”这四种方法来分析，以完成接线，并搞清楚回路走向。

4个点：1（正电源，空开下端）、2（负电源，空开下端）、7（操作箱合闸回路出口端）、7（操作箱跳闸回路出口端）；

6个点：在4个点的基础上，增加3（手动合闸输入端）、33（手动跳闸输入端）；

8个点：在6个点的基础上，增加6（红灯）、36（绿灯）；

9个点：在8个点的基础上，增加R133（外部保护跳闸输入端）。

这一点留待后文再详细讲解。

我们可以随便找一套 110kV 线路保护或者变压器保护的二次图纸，看一下操作回路相关的原理图和端子排图，找一找从微机保护屏外引的是不是这8个点，这8个点中是否1、3、33、6、36与微机测控屏相联系，1、2、7、37与断路器机构箱相联系。

补记：这其实也是看二次图纸的一个好方法，首先确定这个回路涉及到哪几个设备，原理图中这些设备之间的联系必然通过控制电缆完成，那么端子排的接线也就明了了。

7.2.4.2 隔离开关电动机构控制回路

图 7-7 中下半部分就是 CSI-200E 中针对隔离开关电动机构的控制接点。就控制回路整体而言，隔离开关与断路器的最大区别就是：隔离开关的控制回路没有操作箱。

隔离开关电动机构箱的简化二次回路及其与 CSI-200E 的配合如图 7-9 所示。图 7-9 中，红色部分为合闸回路、绿色部分为跳闸回路，蓝色部分为控制回路公用部分，紫色部分为控制电缆。S43 为“运行/试验”切换开关，KC 为合闸接触器，KO 为分闸接触器，SC 为合闸按钮，SO 为分闸按钮，SC1 为隔离开关常闭辅助接点，SA1 为隔离开关常开辅助接点。

以合闸回路为例分析其动作过程：隔离开关电动机构的控制电源 +KM -KM 由直流馈线屏提供，在运行状态下，正电源 1 经控制电缆进入 CSI-200E，后台系统发出合闸命令后，其控制、合闸接点闭合，合闸指令 3 由 CSI-200E 发出经控制电缆进入电动机构，经 SC1 及相关联锁回路（图中未示出）起动 KC，并由 KC 的常开接点实现自保持，同时 KC 的常开接点接通电动机 M 的电源，电机旋转带动机械系统使隔离开关合闸。合闸到位后，隔离开关辅助接点 SC1 断开合闸回路。

在试验状态下，S43 接点闭合，按下合闸按钮 SC 即可起动 KC。随后动作逻辑与上文相同。

分闸回路与合闸回路的电气原理类似。在电动机控制回路中可以看出，分闸操作是通过使电动机电源的 A、C 相反接，电动机反向旋转带动机械系统方向运动（以上均为相对于合闸时的方向）完成的。

后记：这一章写的有些乱，虽说是整理以前的东西，其实还是增加了不少内容。写东西的时候，很多情况是随性而发，想到哪里就写到哪里，大家迁就一下。这一章，我认为是全文的一个重点，不谦虚

地说，我认为二次回路的要点已经在这一章被我讲完了。如果初学者能从前面到本章结束彻底看懂，那么举一反三，后面的问题就能迎刃而解了。

其余章节正在整理中，欢迎提出修改意见以便完善。后文预告：第八章，我们将主要以 110kV 主变的二次设备为例讨论一下主变保护的特点、保护与外间隔断路器的配合等问题。 ...

傳
在
中
路

电源回路

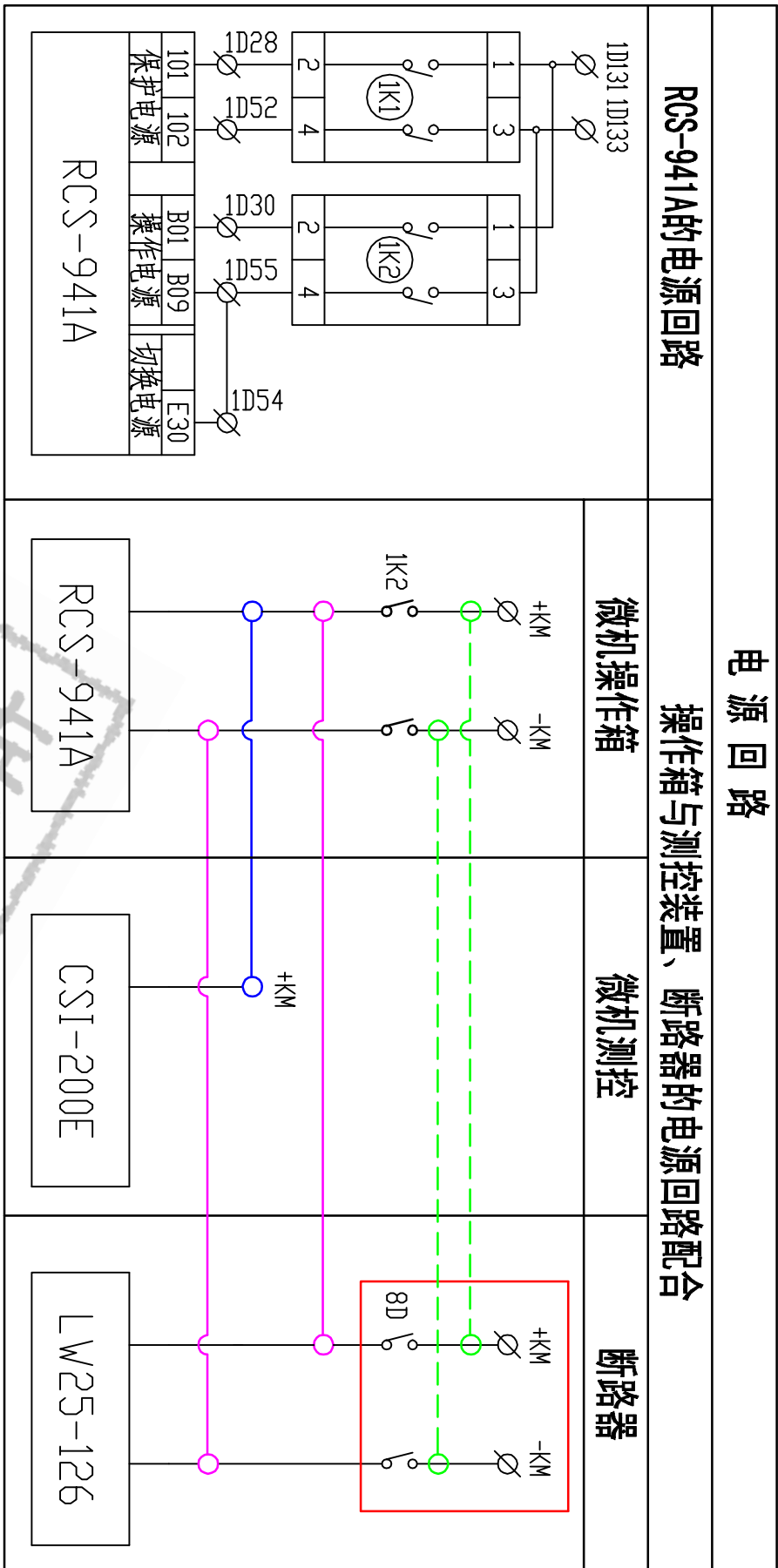


图7-1

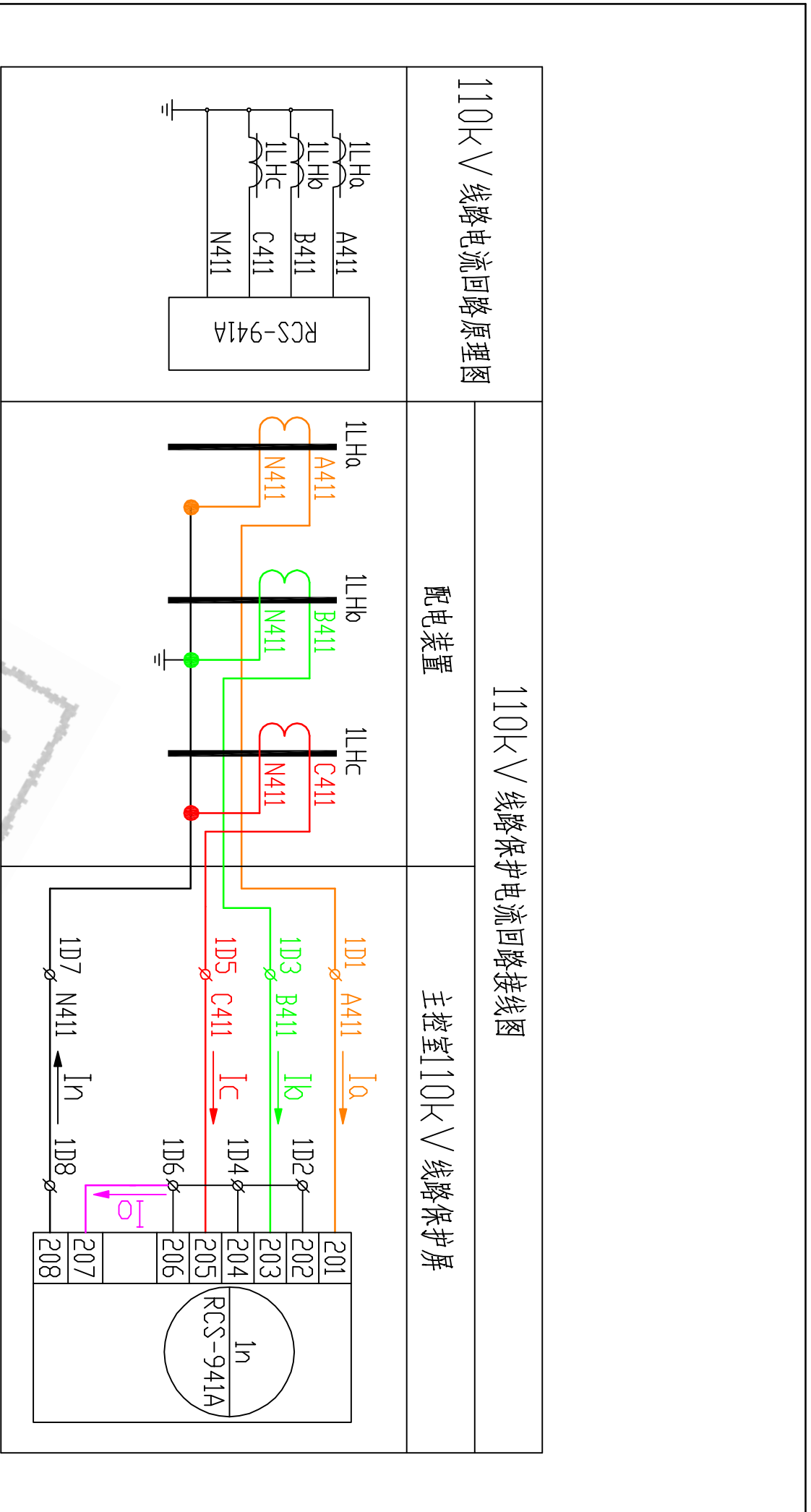
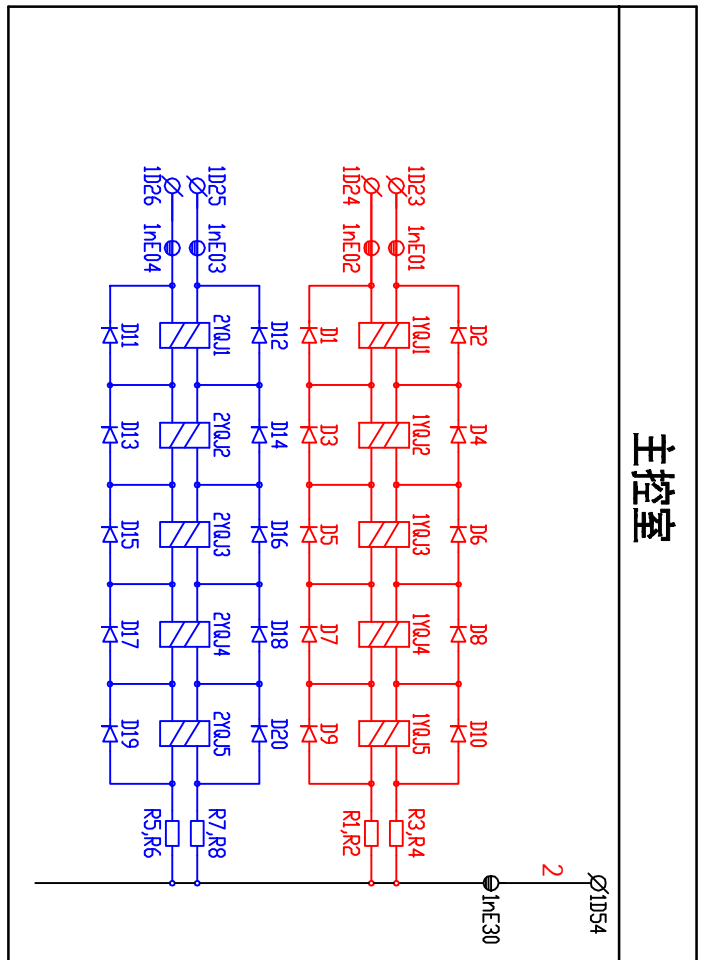
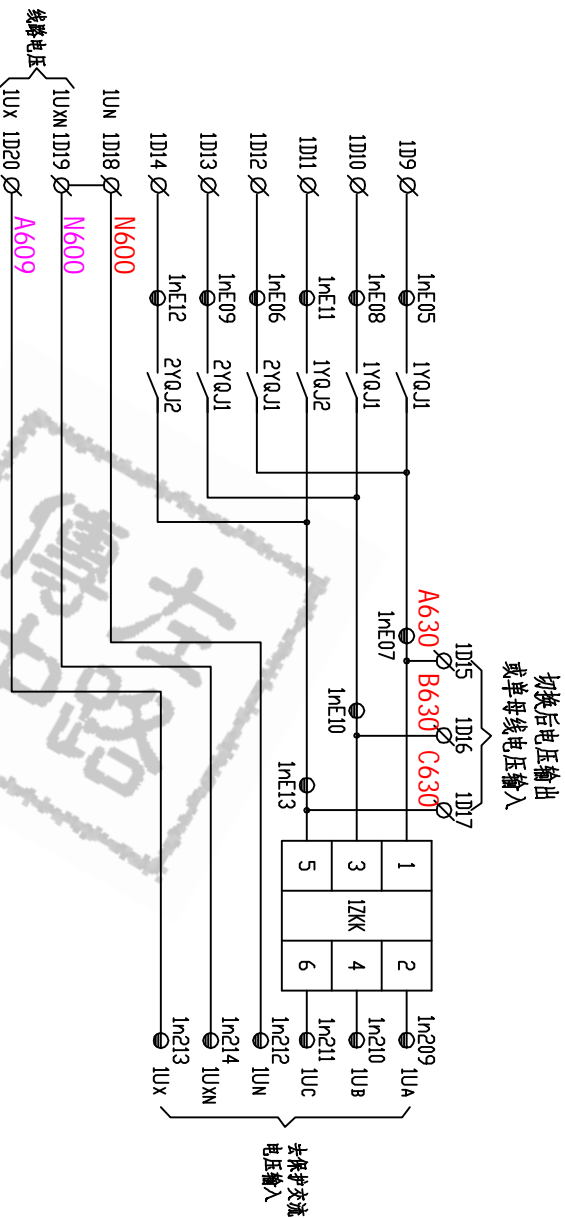


图7-2

主控室

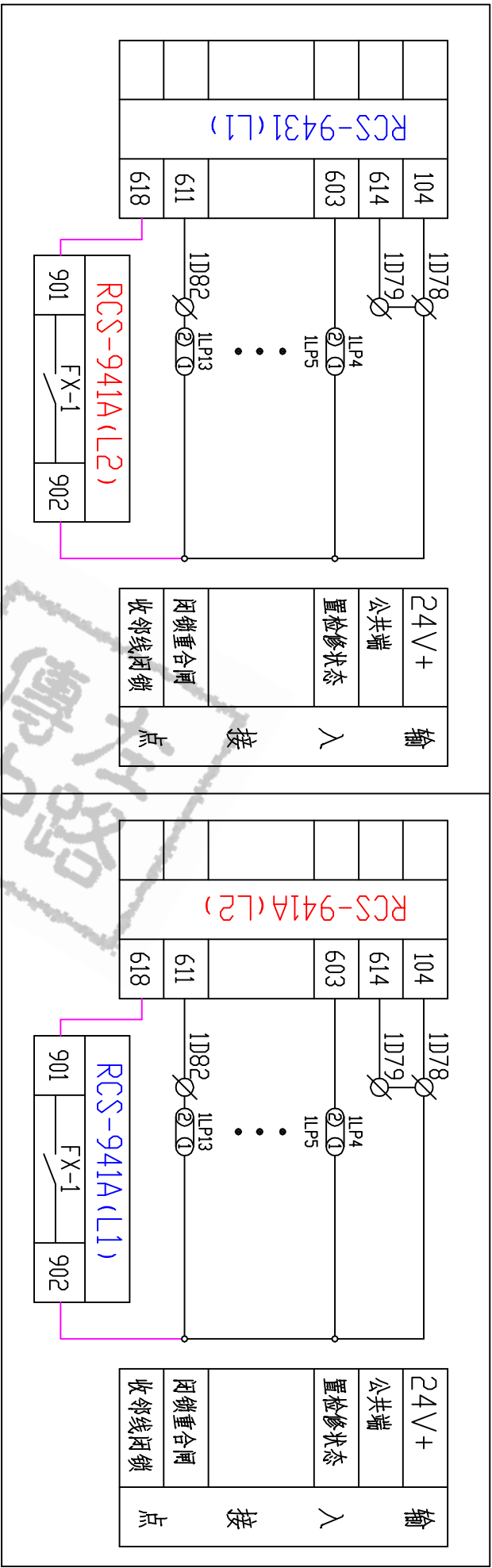
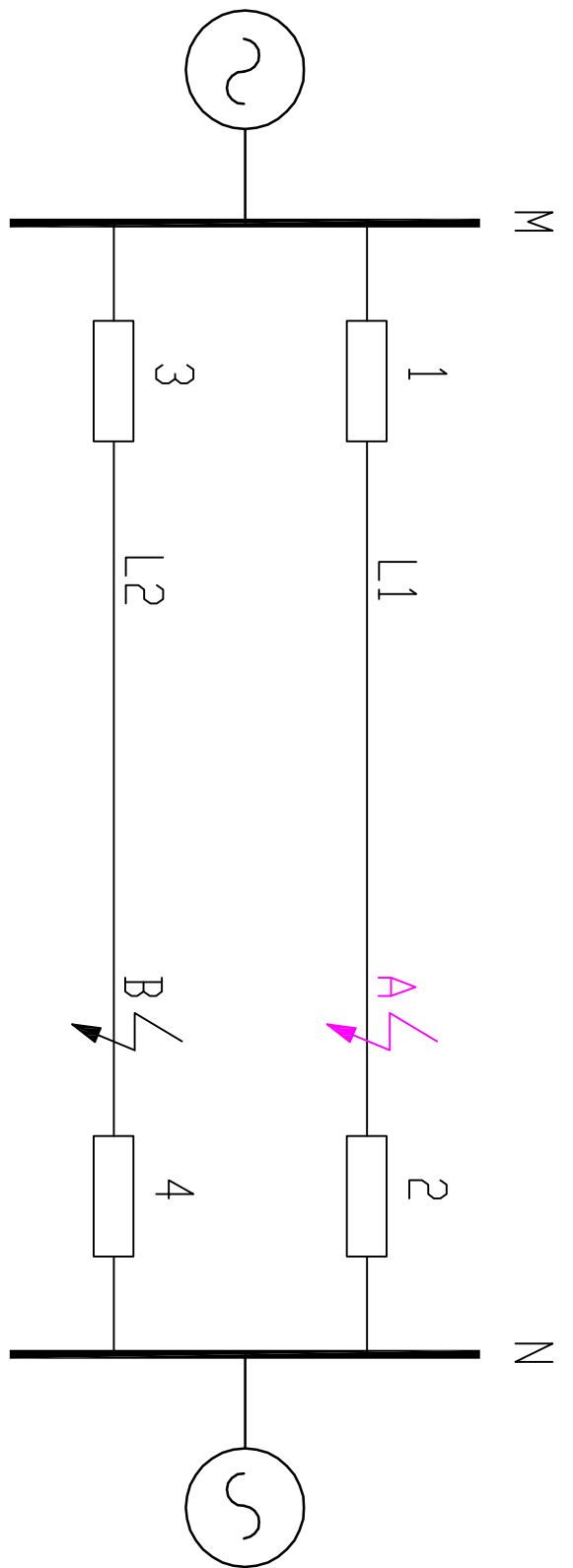


启动回路



接线展开回路 (局部)

图 7-3



输入接点	
24V+	公共端
	置检修状态
	闭锁重合闸
	收邻线闭锁

输入接点	
24V+	公共端
	置检修状态
	闭锁重合闸
	收邻线闭锁

图7-4

图 7-5

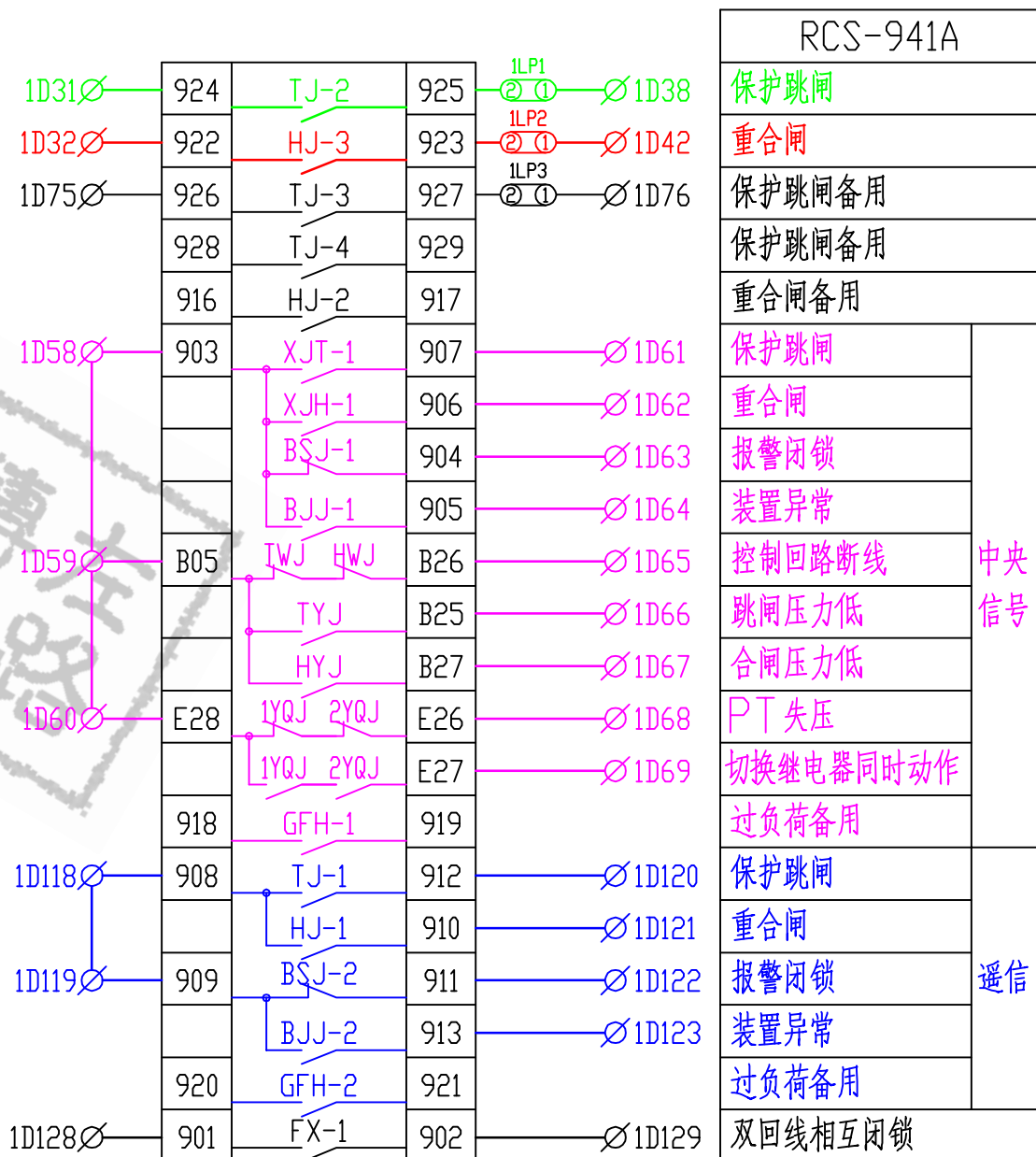
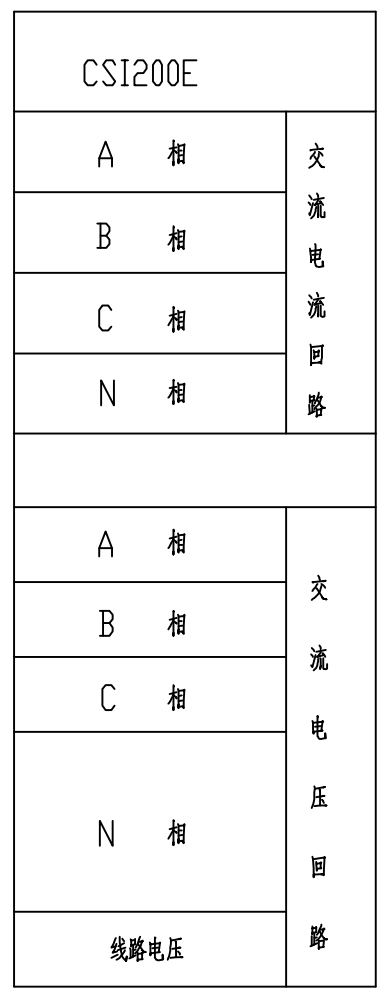
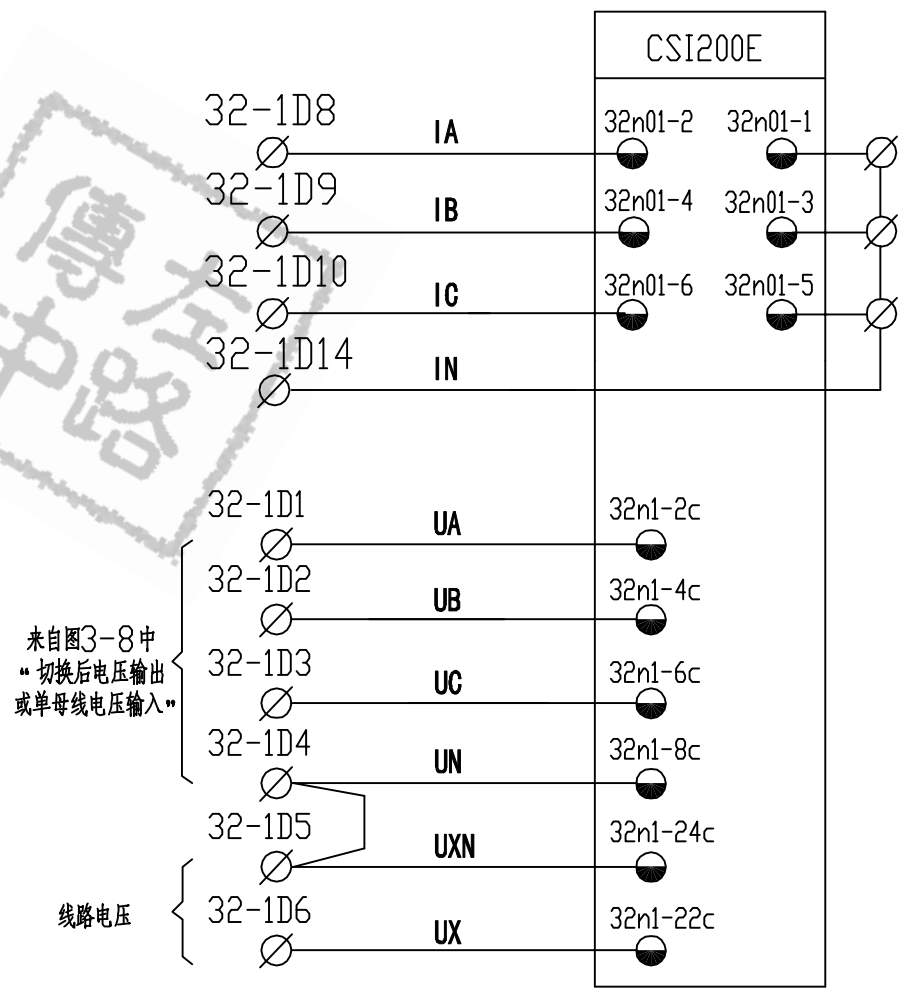
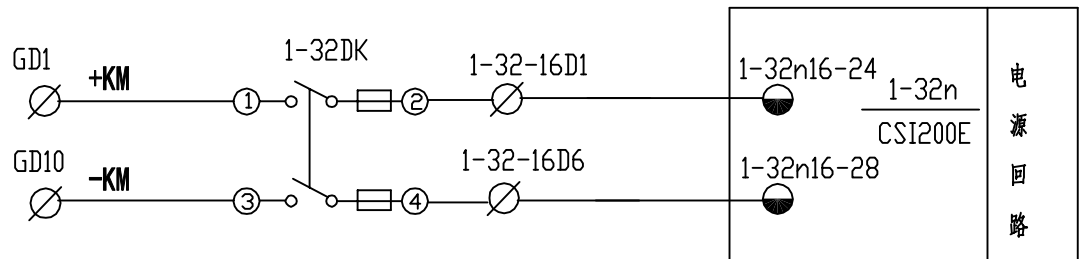
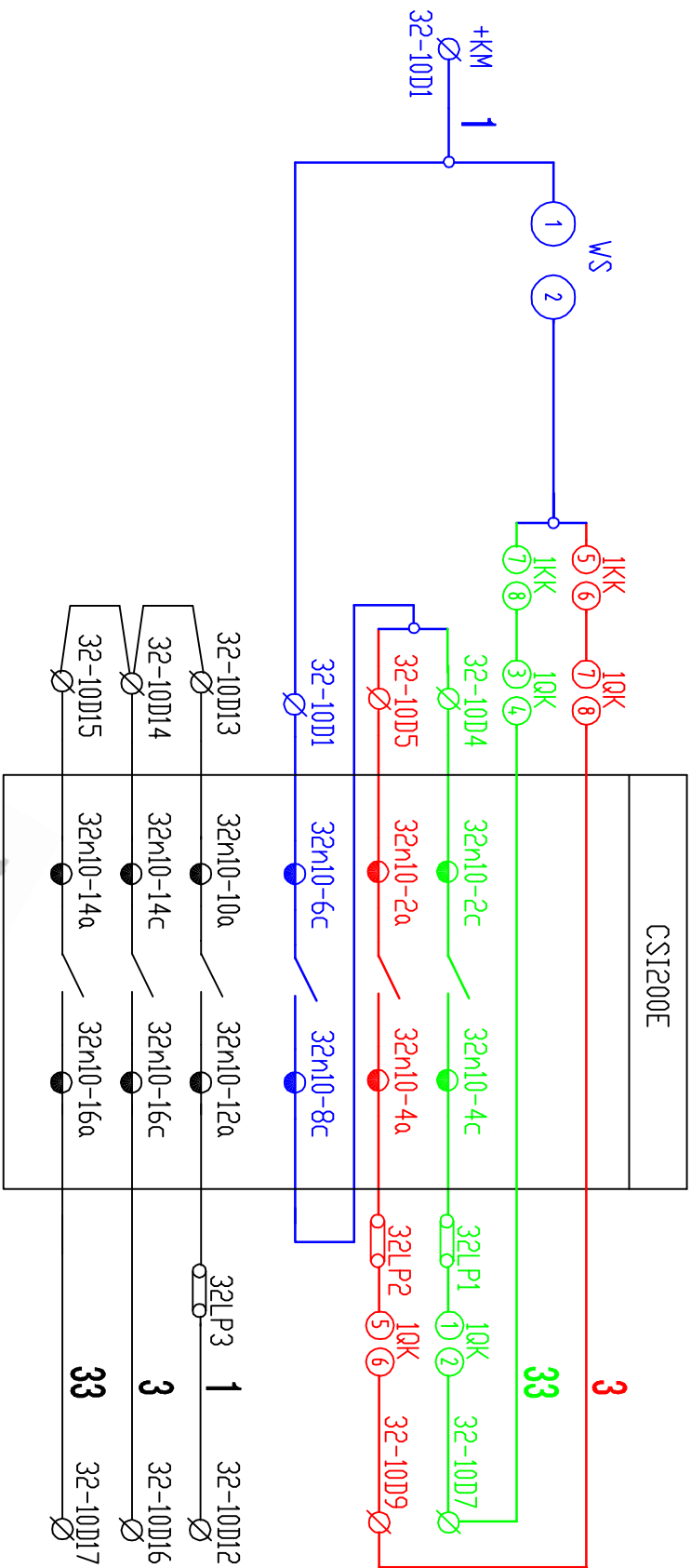


图 7-6





CS1200E		DL
手合	DL	
手跳	控	
遥控	制	
控制		
控制	刀闸控制	
1G合		
1G分		

图 7-7

微机测控屏

微机保护屏 (微机保护及操作箱)

断路器机构箱

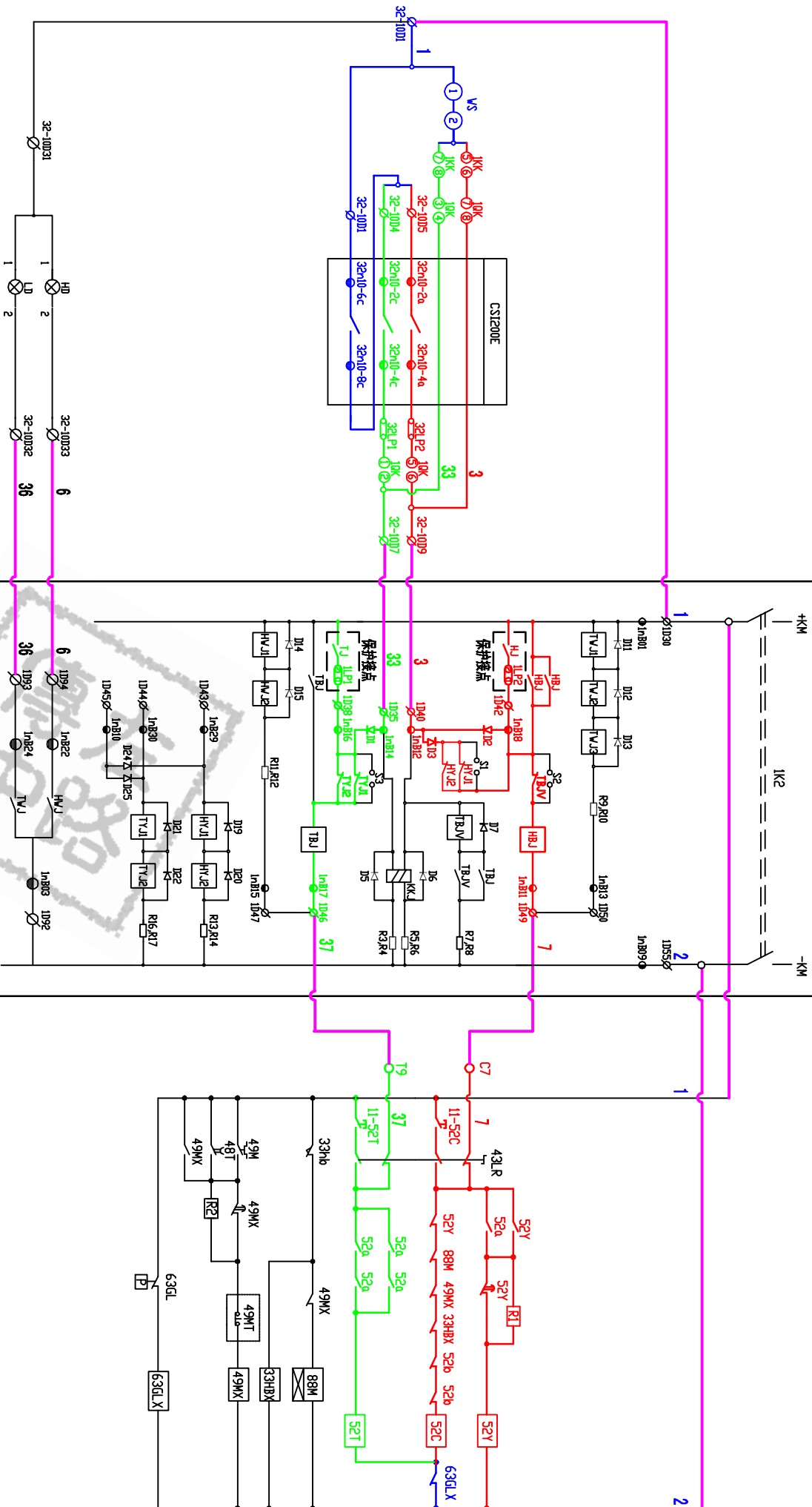


图 7-8

控制(远方)	控制(就地)		试验		电动机控制 400/230V-50HZ
	控制电源	闭合	断开	闭合	

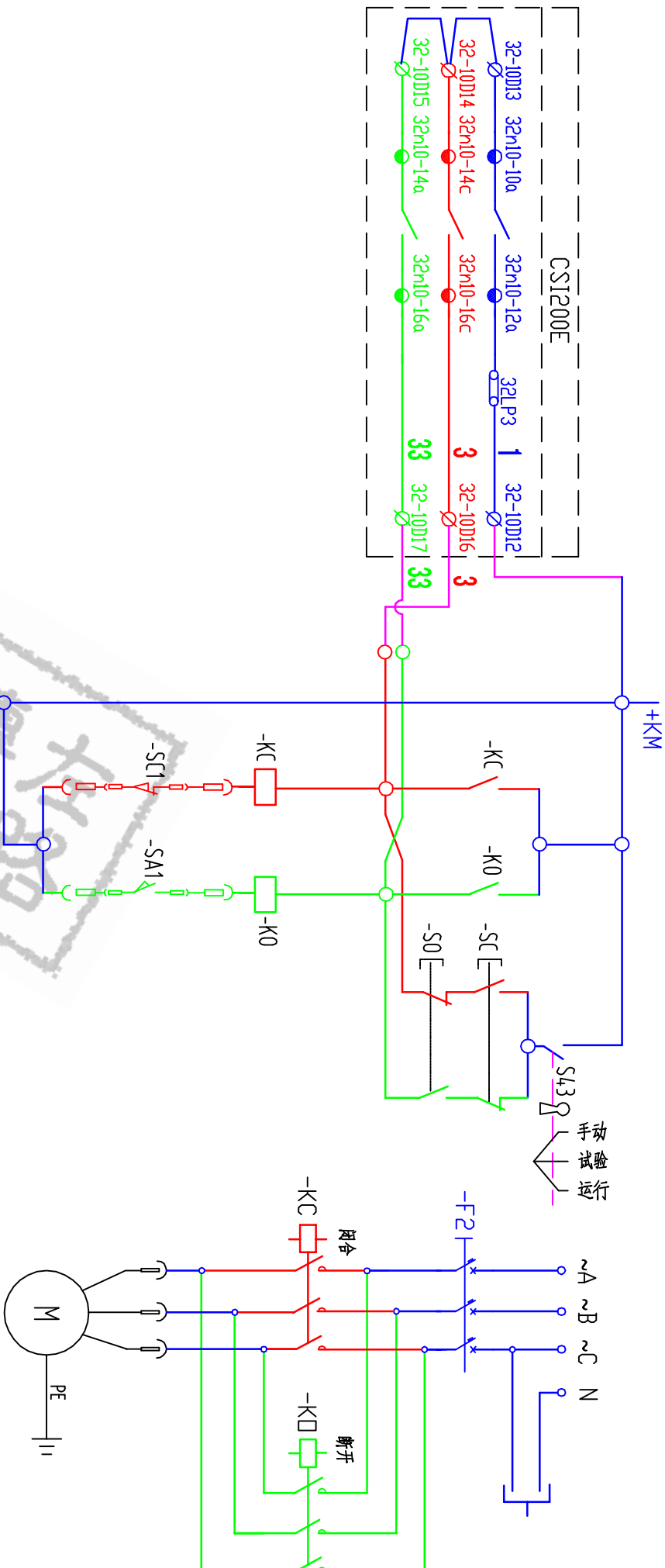


图 7-9

第八章 110kV 主变二次接线

电力变压器是电力系统重要的供电元件，它的故障将对供电可靠性和系统的正常运行带来严重的影响，因此必须根据变压器的容量和重要程度装设可靠的继电保护装置。简单谈一下变压器的保护配置，以便我们分析主变保护测控屏的设备组成。

对变压器的保护可以分为**本体保护**和**电气保护**两类：

变压器的**本体保护**也称为**非电量保护**，它只反映变压器内部故障，主要有：瓦斯继电器动作、油位异常、油温异常等，这些现象可能是变压器构造故障（如变压器漏油）造成的，也有可能是电气原因造成但由非电气量反映的（如匝间短路导致油膨胀产生气体并启动瓦斯继电器）。

变压器的**电气保护**依靠采集相关电流量、电压量完成。电气保护主要包括：纵差动保护、电流速断保护、过负荷保护等。电气保护反映变压器间隔（此处指变压器各电压等级进线断路器配置的电流互感器之间的设备总和）的短路故障及接地故障，以及变压器外部短路故障引起的变压器过电流等。

本章选用的主变模型是 SZ10-40000/110±8×1.25%/10.5kV，其含义为：主变容量为 40000kVA，两绕组，电压等级为 110/10kV、自冷、有载调压。微机保护模型是南瑞继保公司产品：RCS-9671（差动保护）+RCS-9681（高压侧后备保护测控）+RCS-9682（低压侧后备保护测控）+RCS-9661（非电量保护）+RCS-9603（主变测控及有载调压），以上装置和操作把手、切换开关、复归按钮等组成一面主变保护屏，

如图 8-1 所示。

8. 1RCS-9671

RCS-9671 为微机变压器差动保护，适用于 110KV 及以下电压等级的双圈、三圈变压器，能够满足四侧差动的要求。差动保护动作出口后，跳开变压器各侧断路器。

四侧差动：电力工程中应用的变压器，最多也只是三圈变压器，“四侧”从何而来？在主变高压侧为内桥接线的三圈变压器差动保护中，由于在内桥断路器投入（两台主变并列运行或另一条高压进线有功率输出）的情况下，流入主变高压侧的电流实际是流过进线与内桥的电流之差，所以主变差动电流由高压侧、内桥、中压侧、低压侧四侧电流（ I_1 、 I_2 、 I_4 、 I_5 ）“差得”，若高压侧差动电流 CT 使用主变套管 CT，则主变差动电流由高压侧、中压侧、低压侧三侧电流（ I_3 、 I_4 、 I_5 ）“差得”，具体如图 8-2 左侧所示。

主变差动保护的 protection 范围是主变各侧差动电流互感器的内部全部设备，即图 8-2 中红色部分，不仅仅是变压器本身，还包括导线、隔离开关等设备。在保护范围内设备正常运行时，理论上“差动”的电流应该是零；在保护范围内设备发生故障时，“差动”的电流即不为零，保护元件即被启动。

8.1.1 电流开入回路

以图 8-2 右侧所示主接线为例，RCS-9671 的电流开入回路接线

及保护出口接点如图 8-3 所示。图 8-3 中，电流开入回路接线与图 7-2 所示类似，不同点在于图 7-2 中用于 110kV 线路保护的电流互感器的二次绕组中性点在室外配电装置处接地，而图 8-3 中用于差动保护的两组电流互感器的二次绕组中性点在主控室 110kV 主变保护测控屏公用一个接地点接地。

8.1.2 电压开入回路

电流差动保护不需要电压配合，所以 RCS-9671 没有电压开入回路。

8.1.3 开入开出回路

RCS-9671 是微机保护装置，其“开出”只有无源接点，且均为跳闸继电器接点（“装置报警”等信号原则上不属于“保护”的范畴）。从图 8-3 来看，差动保护动作后会向主变各侧断路器均发出跳闸指令，如绿色字体所示，其作用途径就是将这些无源接点接进各侧断路器的操作箱，参照 7.1.1.5 中的相关文字。关于差动保护对备自投逻辑的影响，我们将来在专门的章节里再详细讨论。从图 8-3 来看，这些接点被定义为各种各样的用途，但是从电路学的角度来讲，这些无源接点的具体用途是什么完全取决于它被串联接入了哪个回路，而且不论其最终用途如何，它们在最根本上代表的都是一个含义：差动保护动作跳闸。

RCS-9671 的开入回路均为压板控制状态投退，且均为+24V 电压

回路，与前文 2.1.1.2 所述一致。

8.2 RCS-9681& RCS-9682

RCS-9681 为用于 110KV 电压等级变压器的 110KV 侧后备保护测控装置，其保护配置主要包括：三段复合电压闭锁过流保护、零序保护、过负荷发信号（启动主变风冷系统、闭锁有载调压）。

RCS-9682 为用于 110KV 电压等级变压器的中、低压侧后备保护测控装置，其保护配置主要包括：四段复合电压闭锁过流保护、过负荷发信号、零序过压报警。

与 RCS-9671 不同的是，RCS-9681& RCS-9682 带有测控功能，主要包括电流电压采集、遥信量采集、断路器控制等。

8.2.1 电流开入回路

RCS-9681& RCS-9682 的电流开入回路如图 8-4 所示，因为装置自带测控功能，所以每台装置都有两组电流开入，一组用于保护功能，一组用于测量功能，电流互感器二次绕组中性点均在室外配电装置处接地。

我们注意到图 8-4 中，进入 RCS-9681 保护回路的电流为两组电流互感器（2LH、10LH）二次绕组“并联”后得到的，**根据电流定律**，进入 RCS-9681 的电流实际为 I_1 与 I_2 之差即 I_3 。在这一点上，RCS-9671 与 RCS-9681 不同的是，前者采集各侧电流后计算差值，后者则需将电流差好后再输入采集单元。

8.2.2 电压开入回路

RCS-9681& RCS-9682 都不配置类似 RCS-941 自带的电压切换回路，其所需电压直接从图 3-6-2 中的输出端 11 取电压即可（本章主接线模型为内桥接线，且主变接于 I 段母线），本章不再详述。

如果 110kV 主接线为双母线，那么电压必须进行切换才能进入微机装置，此时需要加装专门的电压切换装置，例如南瑞公司的 RCS-9662B。目前，此类装置在双母线接线形式下应用非常广泛，我们在第七章中也谈过，RCS-941 的电压切换回路是完全独立于其保护功能的，因此将其单独组成一台装置是可行的；测控装置 CSI-200E 从 RCS-941A 的电压切换回路取电压，从机构上来讲也不是很合理。

在配置了专用的电压切换装置以后，取消微机保护自带的电压切换回路接线，整个间隔的二次电压分配回路就很清晰了，电压切换装置处于公用的地位，微机保护和微机测控以及其他设备以一种“并联”的关系从这里取得电压。

8.2.3 开入开出回路

RCS-9681& RCS-9682 为微机保护、测控一体化装置，所以其开出包括保护部分的无源空接点、测控部分的断路器和隔离开关控制，开入包括+2V 的压板控制状态投退回路及开关量输入回路。开入回路相对简单，参照前文相关文字即可，在此不再赘述，我们主要谈一谈开出回路。

8.2.3.1 RCS-9681 的开出回路

RCS-9681 的开出回路如图 8-5 所示。RCS-9681 有三组保护跳闸出口接点，分别归类为：出口 1 (CK1)、出口 2 (CK2)、出口 3 (CK3)。习惯上，出口 2 的接点用于主变各侧断路器跳闸，出口 1、3 可由用户选择去何断路器跳闸（图 8-5 中对出口 1、3 所作注释仅为推荐用途，从电路学出发，我倾向于将其统一更改为“高后备跳闸出口备用”）。

除去保护跳闸出口，即图 8-5 中 TJ 系列常开接点，RCS-9681 还提供两个反应于“过负荷”的保护接点，一个常闭接点用于闭锁有载调压，即通常所说的“过负荷闭锁有载调压”；一个常开接点用于启动主变风冷系统，即“过负荷启动风冷”。这两个接点的作用途径很简单，在此，我们主要结合这两个接点谈一下“闭锁”及其实现方式。

什么是闭锁？闭锁这个词是二次专业中接触非常多的一个概念，从字面意思讲，闭锁就是“使……不能……”的意思。“过负荷闭锁有载调压”就是“主变过负荷时，使“有载调压”不能动作”，而“过负荷启动风冷”的意思就是“主变过负荷时，使风冷系统能动作”，这是很好理解的。那么，“过负荷启动风冷”算不算闭锁呢？应该说，这不是闭锁的范畴，因为它代表的是一个“主动”的动作“启动”，而且我们也知道闭锁一般都是靠常闭接点实现的，“启动风冷”是一个常开接点，怎么能算闭锁呢？但是，如果我们从另外一个角度来理解这句话，是不是也可以描述为“主变不过负荷时，使“风冷系统”不能动作”呢？这样我们就可以得到一个结论：用“状态 A 发生时打

开”的常闭接点闭锁 B 回路时，在一般情况下，“闭锁”功能是关闭的，即 B 回路不受闭锁，只有在 A 发生时，B 回路才被“闭锁”，即“长期允许，短时闭锁”；用“状态 A 发生时闭合”的常开接点闭锁 B 回路时，在一般情况下，“闭锁”功能是放开的，即 B 回路受闭锁，只有在 A 发生时，B 回路才被“允许”，即“长期闭锁，短时允许”。仔细想一想，如此说来几乎所有的控制回路都可以被说成“闭锁”回路了，那样反而更混乱了。所以，在此我们提到这个问题只是提供一种分析二次回路的方法，关于“闭锁”的概念，我们还是沿用习惯的说法吧。

既然谈到闭锁，我们就来说一说闭锁的一些基本概念。变电站的配电装置的闭锁不外乎两类：**机械闭锁**和**电气闭锁**。

所谓**机械闭锁**，就是采用简单的力学原理，依靠机械结构比如连杆、梢子等使某个元件不能动作。例如，隔离开关在合位时，与它配套的地刀是合不上的，因为此时操作地刀位置的机构被卡住了，操作杆根本转不动；10kV 开关柜的断路器在合位时，中置柜的手车是拉不出来的，XGN 柜的隔离开关也是无法操作的，这都属于机械闭锁的范畴。几乎所有的机械闭锁都属于“五防”的范畴。

所谓**电气闭锁**，顾名思义就是在控制电路中增加用于闭锁的接点，使该回路的导通受到某种限制。常见的电气闭锁也很多，有些属于五防的范畴：比如将断路器的常闭接点串联接入配套隔离开关的电动操作回路，实现“断路器在合位不能操作隔离开关”的功能；GIS 中各间隔之间断路器、隔离开关与地刀电动机构的相互闭锁；微机五

防系统中的电器编码锁，如图 7-7 中的 WS；有些不属于五防的范畴：例如“过负荷闭锁有载调压”，操作箱中的“SF6 低闭锁操作”等，它们都只是一般的功能性闭锁。

机械闭锁没有很好说的，我们从二次回路的角度分析一下电气闭锁的动作逻辑。我们仍然以图 4-1 所示的灯泡回路为模型，修改后的回路如图 8-7 所示。我们假设这个灯泡在一个房间里，每个进来的人都可以通过按下开关 DK 使其带电发光。现在有一个人 C 要在这个房间休息，如何实现“有人休息禁止开灯”的功能呢？**方法一：**机械闭锁，用一个绝缘体把开关卡住，使 DK 按不下去。**方法二：**电气闭锁，增加一个开关 DK2 串联进电路中，C 在休息时将 DK2 置于断开位置，则可以防止别人使用 DK 开灯。将方法二变换为继电器实现方式，则得到**方法三：**C 在休息前按下 DK2，则中间继电器 ZJ 被启动，此时代表“有人休息”即“情况 A”发生；ZJ 的常闭接点串联在灯泡回路即“B 回路”中，ZJ 的常闭接点打开后，即实现对灯泡回路的闭锁。事实上，方法三中虚线框内的回路可以被认为是任何一个需要被闭锁的回路，那么我们就得到了一个闭锁的最基本电路原理：将代表情况 A 发生时打开的常闭接点串联接入 B 回路的干路中（因为 B 回路只是一个泛称，其内部可能包含多条回路），那么就可以实现“情况 A 闭锁 B”的功能了。

RCS-9681 还带有 5 组断路器控制出口，图 8-5 中引出两组至端子排，实际使用的只有其中一组。该控制出口接点接入主变 110kV 侧

断路器的操作箱，用于控制该断路器的跳、合闸，具体逻辑可参照前文 7.2.4.1 中相关文字。

8.2.3.2 RCS-9682 的开出回路

RCS-9682 的开出回路与 RCS-9681 相似，区别仅在于因为继电保护功能的不同造成的出口多少而已。整套主变保护的各装置跳闸出口的比较我们在后面再详细介绍。

8.3 RCS-9661

RCS-9661 为变压器的非电量保护装置，从主变本体引来各种非电量保护信号（主要包括：本体重瓦斯、本体轻瓦斯、有载重瓦斯、有载轻瓦斯、压力释放阀动作、油位异常、油温过高，主变本体提供这些信号的无源接点）都接入 RCS-9661 中。RCS-9661 的保护启动及出口回路如图 8-8 所示。

与 RCS-9671、81、82 不同的是，RCS-9661 的保护功能不是由模拟量经计算而启动的，而是由外部状态量直接启动的，所以它也没有电流、电压开入回路。从另一个侧面说，我们在图 8-8 中看到了“保护回路”，而在 RCS-9671、81、82 的图纸中则看不出具体的保护逻辑。中，红色虚线框内为引自变压器本体端子箱及变压器风冷控制箱的保护常开接点，以“本体重瓦斯”为例，重瓦斯继电器动作后，正电源经其闭合后的常开接点到达 4D7 端子，信号继电器 1XJ4 和保护出口继电器 1TJ4（7）两端带电被启动。1XJ4 接点用于启动音响报警

系统(图中未显示), 1TJ7 的常开接点用于启动跳闸继电器 TJ(图中紫色部分), 1TJ4 的常开接点用于“遥信”。

我们知道, 变压器本体发生故障时, 某些故障需要跳闸断路器, 另外一些故障只需要报信号即可。从图 8-8 中可以看出, 类似“本体重瓦斯”之类需要跳闸的保护都配置有两个出口继电器, 而“本体轻瓦斯”之类只需要报信号的保护都只配置一个出口继电器, 该继电器接点用于“遥信”。所有需要跳闸的出口继电器接点被并联在一起, 然后启动最终的出口继电器 TJ, TJ 的常开接点被接至主变各侧断路器的操作箱完成跳闸功能。

8.4 RCS-9603

RCS-9603 属于测控装置, 它与前文提到的 CSI-200E 没有本质的区别, 只是测控量的类型、数量多少而已。本节主要谈 RCS-9603 的有载调压功能。有载调压, 顾名思义就是允许变压器在运行状态下通过改变变压器的线圈匝数比来改变变压器的实际变比, 即“升压”或“降压”。那么匝数比是如何改变的呢? 说到底, 就是一个电动机通过正向或反向转动带动相关机械机构完成的, 就控制电路而言, 它与前文 7.2.4.2 提到的电动隔离开关没有本质的区别。

与有载调压功能相关的装置有两台, RCS-9603 提供“升”“降”“停”三种功能, 它属于测控装置的“开出”范畴, 与控制断路器、隔离开关的开出接点是一样的, 区别仅在于最终控制哪个设备而已; RCS-9681 提供“过负荷闭锁有载调压”功能, 其作用途径在

8.2.3.1 中已经讲过了。110kV 变压器的有载调压功能常见的有两种实现方式，一种是微机测控接点直接控制安装在变压器本体的有载调压开关机构，一种是微机测控接点开入到有载调压控制器中，该控制器再开出指令控制有载调压开关机构。我们结合图 8-9 谈一下这两种方式。图 8-9 与图 7-9 有很多共同点：控制电源（交流还是直流由测控装置的类型决定）都是先引至就地控制箱，再将正端引至微机测控装置；都使用三相交流电机带动机构运转，通过 A、C 相接线的变换实现电机的正、反向转动。这两点也是所有电动机构的共同点。

图 8-9 中，关于闭锁和“升”、“降”的内容在 8.2.3.1 和 7.2.4.2 的相关部分已经讲过了，在此只谈一下“停”是如何实现的。电动机都带有过热保护之类的功能，由专门的继电器实现，继电器动作后使电动机的电源空开跳闸，以实现切断电源保护电机的功能（与前文 5.4.2.1 中 49MK 的功能类似）。那么，如果我们用一个测控接点（或按钮）启动这个过热保护继电器（图 8-9 中为 Q1，“停”接点启动 Q1 的回路 with 电动机热保护的回路是并联的关系，后者未示出），不是就可以实现“停”的功能了吗？

图 8-9 中的右下部分显示了有载调压功能的第二种实现方式，即通过有载调压控制器实现。需要注意的是，此时的“过负荷闭锁有载调压”使用的是常开接点，因为从电路学的角度来讲，这些接点都是作为无源接点开入调压控制器的。在电路中，常闭接点可以反应于某种状态，但是只有常开接点可以代表这种状态。

8.5 主变保护装置出口

本文的重点不在继电保护，但是分析微机保护的出口对于理解二次回路还是很必要的。

RCS-9671:差动保护，动作后出口跳闸主变高压侧断路器、低压侧断路器、内桥断路器，同时闭锁高压侧内桥备自投。

RCS-9661:非电量保护，动作后出口跳闸主变高压侧断路器、低压侧断路器、内桥断路器，同时闭锁高压侧内桥备自投。

RCS-9681:高后备保护，动作后出口跳闸主变低压侧分段断路器、主变高压侧断路器、低压侧断路器、内桥断路器，同时闭锁高压侧内桥备自投。

RCS-9682:低后备保护，动作后出口跳闸主变低压侧分段断路器、低压侧断路器。

换一个角度总结则可以得到如下结论，用保护出口接点表示的电路如图 8-10 所示。

跳主变高压侧断路器的保护有：差动保护、非电量保护、高后备保护。

跳主变高压侧内桥断路器的保护有：差动保护、非电量保护、高后备保护。

跳主变低压侧断路器的保护有：差动保护、非电量保护、高后备保护、低后备保护。

跳主变低压侧分段断路器的保护有：高后备保护、低后备保护。

闭锁主变高压侧内桥备自投的保护有：差动保护、非电量保护、

高后备保护。

闭锁主变低压侧分段备自投的保护有：高后备保护、低后备保护。

主变保护出口接点接入主变各侧断路器操作箱(包含在RCS-9661中,与RCS-941A的操作箱类似,无重合闸功能)的方式与前文7.1.1.5中提到的方式是类似的。

8.5.1 主变保护出口逻辑分析

我们以图8-11所示的模拟故障为例来分析各保护装置的出口逻辑。

1、在差动保护范围内发生电气故障A时，RCS-9671动作，需要将主变各侧断路器全部跳闸才能隔离故障点。由于主变低压侧断路器跳闸后即可将10kV系统与故障点隔离开，所以不需要跳闸10kV分段断路器。图8-11所示主接线的运行方式在高压侧只可能是进线备自投，所以不存在闭锁内桥备自投的问题，此情况留待后文分析。

2、在主变本体发生非电量故障B时，RCS-9661动作，需要将主变各侧断路器全部跳闸才能隔离故障点，不需要跳闸10kV分段断路器。图8-11所示主接线的运行方式在高压侧只可能是进线备自投，所以不存在闭锁内桥备自投的问题，此情况留待后文分析。

3、在10kV系统发生故障时，如10kV线路发生短路故障C但微机线路保护拒动导致故障点未被隔离，或10kV母线发生电气故障D，则主变低后备动作跳闸。事实上，在D点发生故障时，两台RCS-9682

(分别对应于 DL4 和 DL5) 均无法识别故障点到底是在 D 点还是在 E 点。

假设故障在 D 点, 则低后备动作跳闸 10kV 分段断路器后, 2#主变的 RCS-9682 保护元件返回, 2#主变带 10kV II 段母线负荷继续运行; 1#主变的 RCS-9682 保护元件仍动作, 则说明故障在 D 点, 此时 1#主变的 RCS-9682 再跳闸 1#主变低压侧断路器即可隔离故障点, 防止故障向主变 110kV 侧扩大。在图 8-11 所示的接线情况下, 低后备保护先跳 10kV 分段断路器可以确定故障点, 并且可以使正常母线继续带电运行。图 8-11 所示主接线的运行方式在主变低压侧不可能配置任何方式的备自投。

我们把图 8-11 稍加改动, 变成 DL3、DL5 断开, 这也是一种常见的运行方式。同样, 在 D 点发生故障时, 唯一的一台 RCS-9682 无法识别故障点到底是在 D 点还是在 E 点。如故障在 E 点, 则跳闸 10kV 分段断路器后, 即可以隔离故障点, 保证 I 段母线上的负荷得以继续运行而不失压; 若低压侧分段跳闸后, 的保护元件仍然动作, 则出口跳闸 1#主变低压侧断路器。也就是说, 低后备保护首先出口跳闸 10kV 分段断路器的优点是: 有 50% 的几率可以隔离故障点且保证部分负荷不失压。改动后的主接线的运行方式在低压侧只可能是主变进线备自投, 所以不存在闭锁分段备自投的问题, 此情况留待后文分析。

4、实际上, 在以上三种情况发生的时候, RCS-9681 的保护元件都可能是动作的, 但是由于出口时限的设置问题, 它其实是没有机会出口跳闸的, 因为在它的出口接点闭合之前, 别的保护已经出口将断

路器跳闸，所以它就没有出口的必要性了。但是，这不等于 RCS-9681 是没有用处的，它其实处于一种远后备的状态，例如 D 点故障但是 RCS-9682 发生故障拒动，而 D 点又不属于 RCS-9671 的保护范围，那么在时限 Δt 后，由 RCS-9681 出口代替 RCS-9682 完成跳 10kV 分段断路器、主变低压侧断路器的功能。

5、与 110kV 线路保护不同的是，主变保护均不配置重合闸功能。

8.5.2 主变保护出口对备自投方式的影响

主变保护对备自投方式的影响是非常大的，而各种影响又跟具体的主接线方式有关，我们结合图 8-12 中所示各种接线方式先简单谈一下，具体的备自投逻辑在第九章中再详细分析。

8.5.2.1 两台主变并列运行

图 8-12-①是常见的一种运行方式，此时高压侧内桥断路器在合位，所以高压侧为进线备自投方式；10kV 分段断路器在合位、2#主变低压侧断路器在合位，则 10kV 侧不可能有任何备自投方式。**分析：**在差动、非电量保护动作跳闸 DL1、DL3、DL4 后，检测到 110kV I 段母线无压且 DL1 无流，则备自投装置动作使 DL2 合闸，带 2#主变运行。高后备保护的动作用则分为三类：1、当 10kV 系统 E 点故障而低后备未动作时，高后备跳 DL6 切除故障，1#主变正常运行，110kV I 段母线有压且 DL1 有流，备自投装置不动作；2、当 10kV 系统 D 点故障而低后备未动作时，高后备跳 DL6、DL4 切除故障，2#主变正常运

行，110kV I 段母线有压且 DL1 有流，备自投装置不动作；3、A 或 B 点故障且差动、非电量保护拒动时，高后备跳 DL1、DL3 后，检测到 110kV I 段母线无压且 DL1 无流，则备自投装置动作使 DL2 合闸，带 2#主变运行。至此，得出结论：任何主变保护都不闭锁高压侧进线备自投！

8.5.2.2 两台主变分列运行

图 8-12-②也是常见的一种运行方式，此时内桥断路器在分位，进线断路器均在合位，只有桥备自投一种方式。10kV 分段断路器在分位、2#主变低压侧断路器在合位，则 10kV 侧为分段备自投方式。

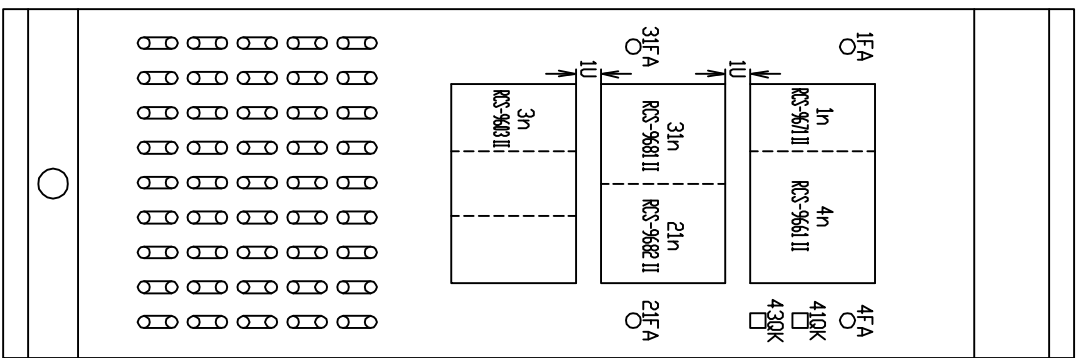
分析高压侧备自投：在差动、非电量保护动作跳闸 DL1、DL4 后，检测到 110kV I 段母线无压且 DL1 无流，若则备自投装置动作使 DL3 合闸，则会将 110kV 进线 2 及 2#主变连接至故障点，所以差动、非电量保护动作后必须闭锁桥备自投；高后备保护的动作为两类：
1、当 10kV 系统 D 点故障而低后备未动作时，高后备跳 DL1、DL4 切除故障，110kV I 段母线无压且 DL1 无流；
2、A 或 B 点故障且差动、非电量拒动时，高后备跳 DL1、DL4 后，110kV I 段母线无压且 DL1 无流。以上两种情况下，若则备自投装置动作使 DL3 合闸，或者使 110kV 进线 2 带#1 主变空载运行，或者将 110kV 进线 2 连接至故障点。至此，得出结论：差动、非电量、高后备保护动作后必须闭锁高压侧分段（桥）备自投。

分析低压侧备自投：在差动、非电量保护动作跳闸 DL1、DL4 后，

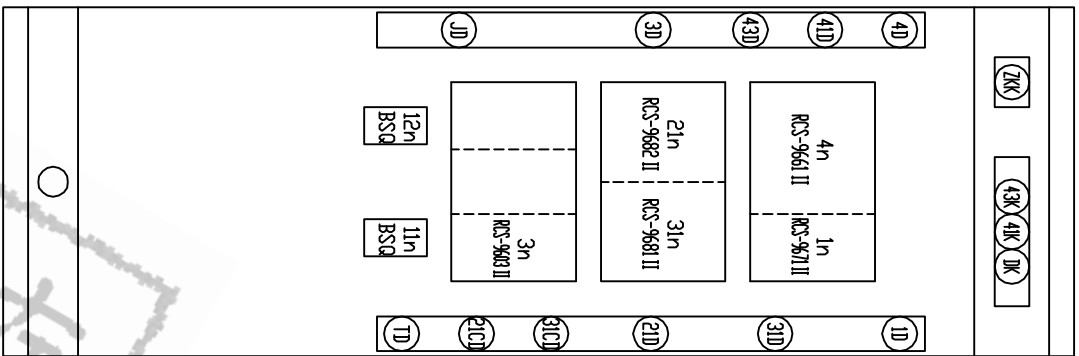
检测到 10kV I 段母线无压且 DL4 无流，则备自投装置动作使 DL6 合闸，2#主变带两段母线运行。所以，**差动、非电量保护动作后不闭锁低压侧分段备自投**；低后备动作于 10kV 系统故障，所以低后备动作跳闸 DL4 后，10kV I 段母线无压且 DL4 无流，若备自投装置动作使 DL6 合闸，则会将 2#主变及 10kV II 段母线连接至故障点，所以低后备保护必须闭锁低压侧分段备自投（如果是瞬时故障呢？对主变保护而言，我们认为所有的故障都是永久性故障，如同主变保护不配置重合闸一样）。高后备保护的动作用分为两类：1、高后备作为低后备的后备保护动作时，显然必须闭锁低压侧分段备自投；2、高后备作为差动、非电量保护的后备保护动作时，原则上可以不闭锁低压侧分段备自投，但是这种情况发生的几率实在是太小了。至此，得出结论：**高后备、低后备保护动作后必须闭锁低压侧分段备自投。**

通过 8.5.1 与 8.5.2 的分析，我们就可以比较全面的理解图 8-10 了。

后记：变压器这一章在最初的文稿中写得相对简单，所以本次修订时基本上都是重新写的，因为时间的关系，很多思路和角度可能不是很缜密，错误之处大家多多指正。

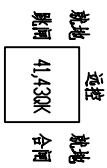


正面



背面

说明 本图仅适用于高压侧为内桥接线的两卷变压器保护及测控，其中RCS-9681、RCS-9682为微机变压器后备保护装置配合测控功能，其“四遥”量接入的对应位置见装置端子排中“测控部分”。



15		交流照明灯			
14		试验端子(电流回路)	URTK/S	1	柜内适当位置
13	41,430K	控制开关	LM21-16D/49,4040.4	2	
12	ZK	电压开关	S253S-B02	2	
11	41,43K	电压开关	S253S-B04-DC	2	
10	DK	电源开关	S252S-B02-DC	5	
9	LP	连接片	XH17-2T/7	45	
8		按钮	LA42P-10/G	4	
7	12n	电压变送器	EPVX-V2-P2-F1-08	1	测所变电压
6	11n	温度变送器	EPT-T4-Y1-P2-08	1	测变压器本体油温
5	3n	主变分接头调节及测控装置	RCS-9603 II	1	
4	4n	变压器非电量保护装置	RCS-9661 II	1	
3	21n	变压器后备保护测控装置	RCS-9682 II	1	用于主变高压侧
2	31n	变压器后备保护测控装置	RCS-9681 II	1	用于主变高压侧
1	1n	变压器差动保护装置	RCS-9671 II	1	
序号	符号	名称	型号	数量	备注

图 8-1

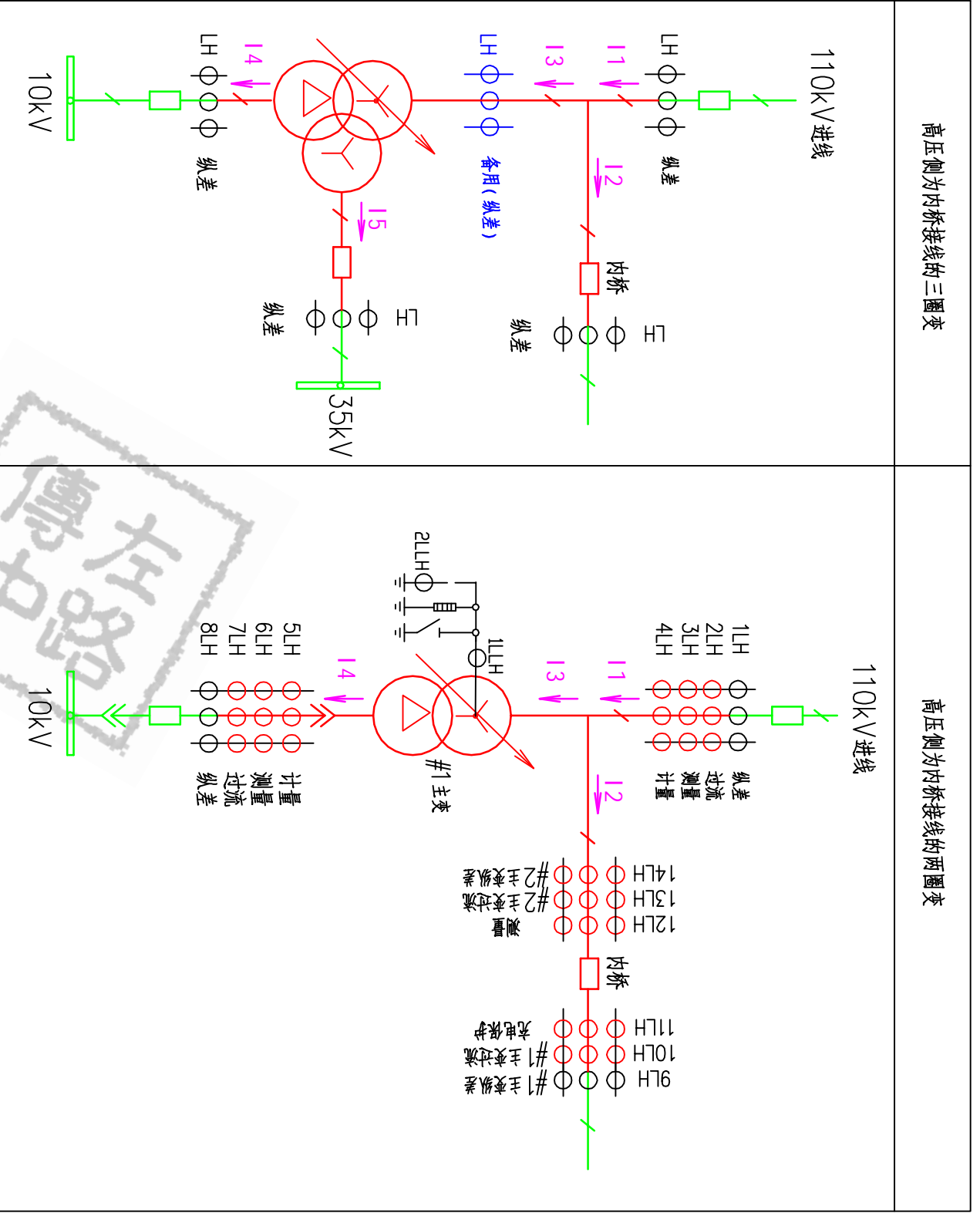
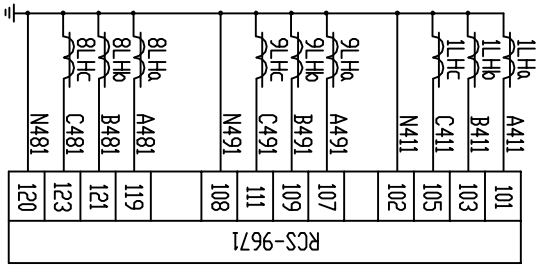
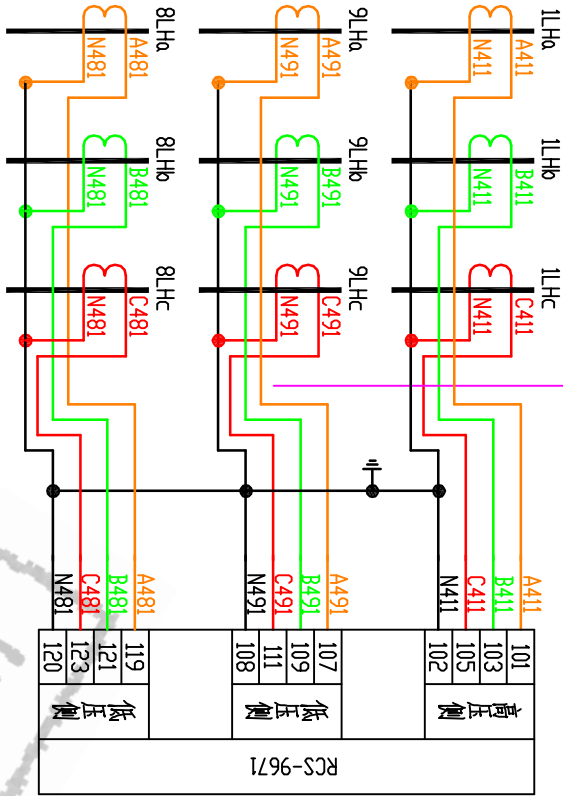


图8-2

主变差动保护电流回路原理图



主变差动保护电流回路接线图



配电装置现场

主控室110kV主变保护测控屏

开入开出回路

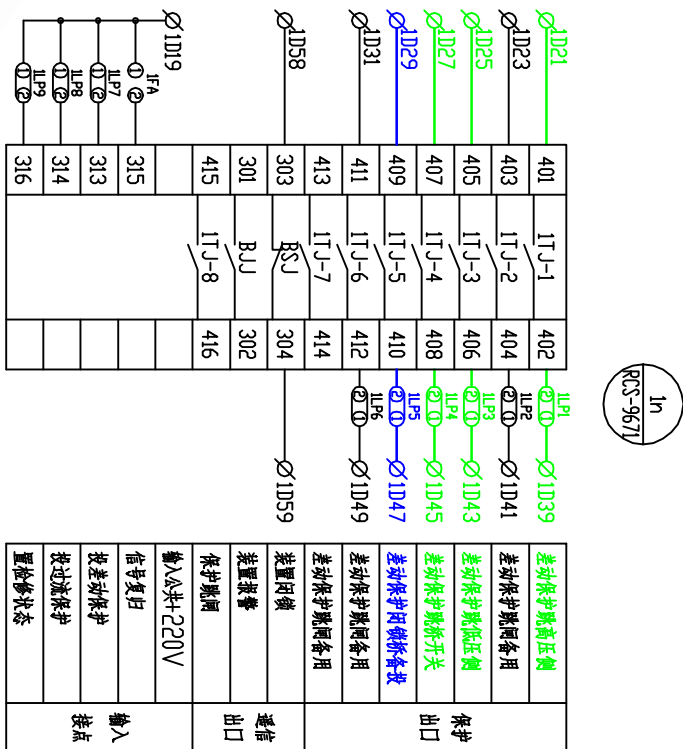


图 8-4

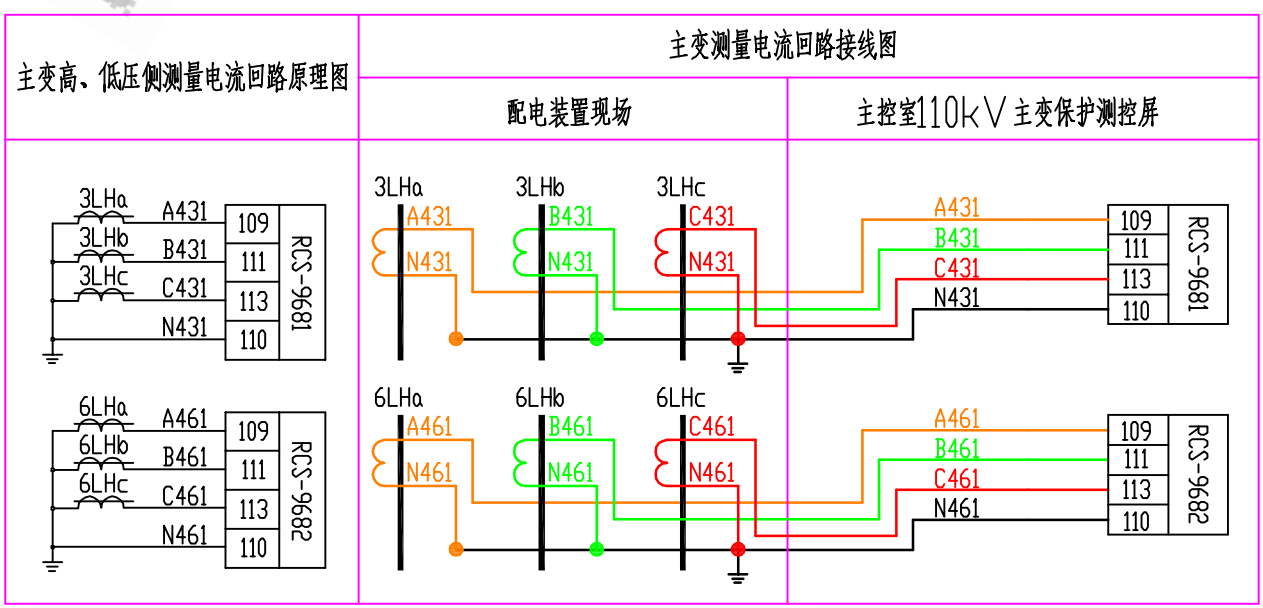
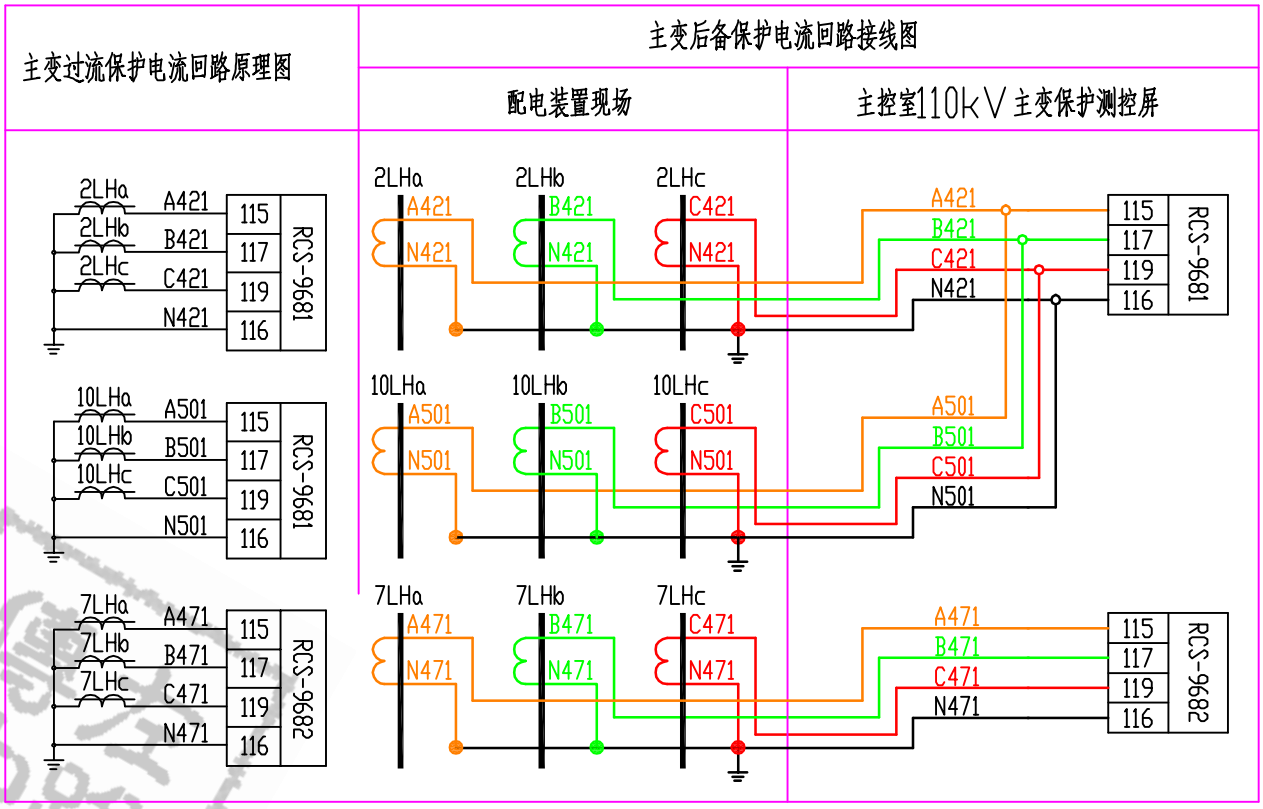


图 8-5

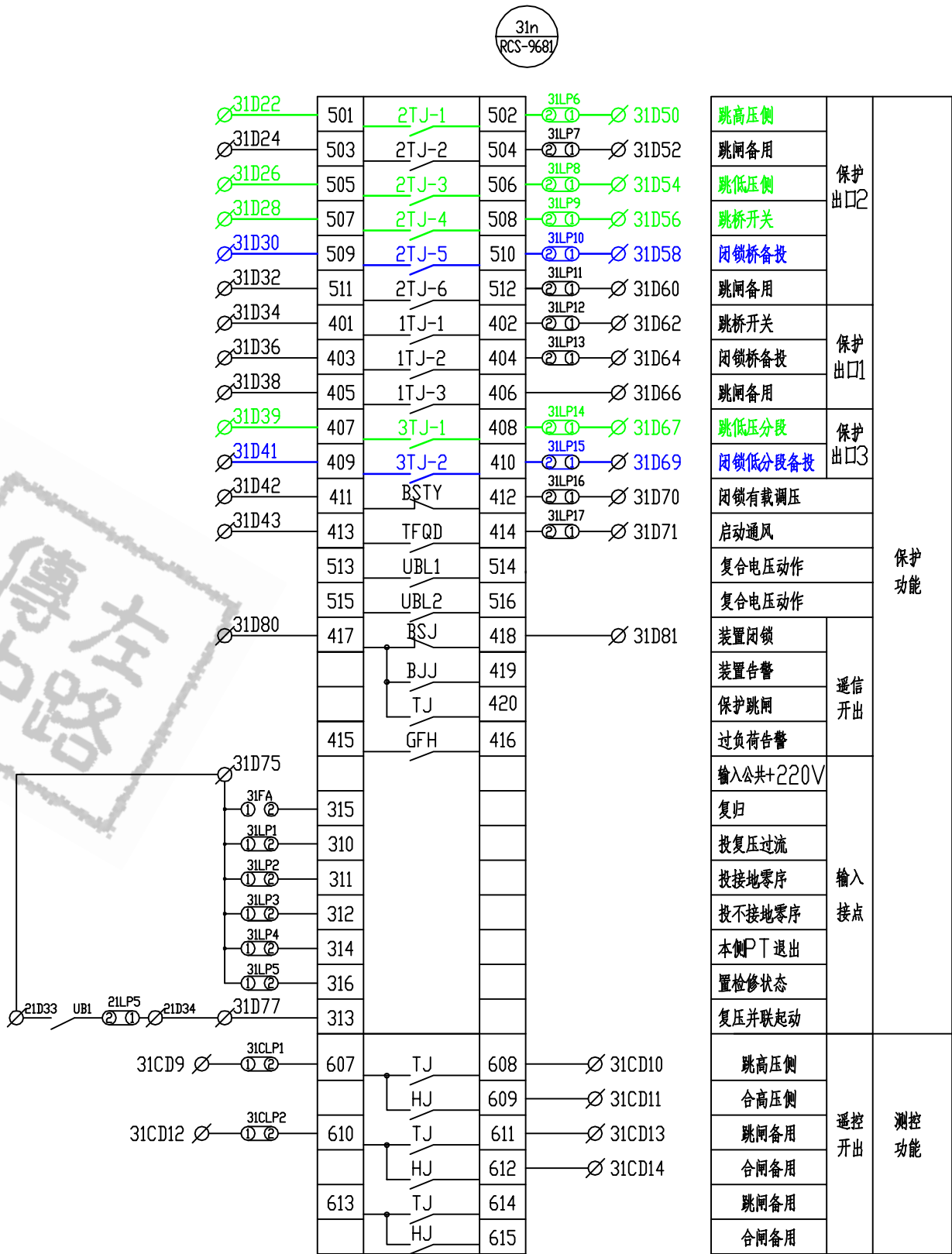
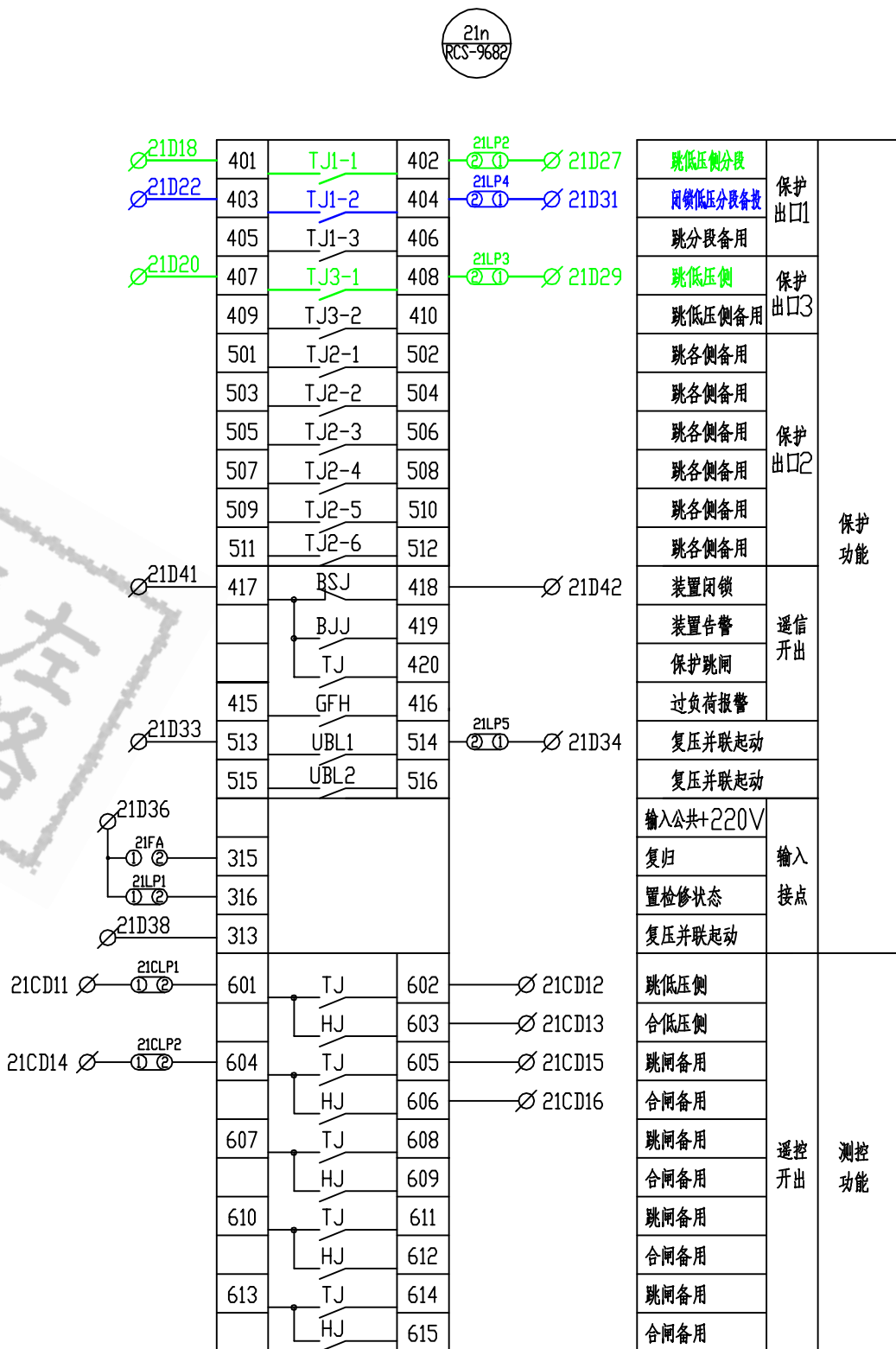


图 8-6



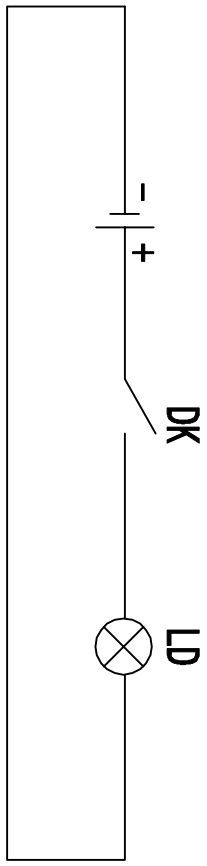
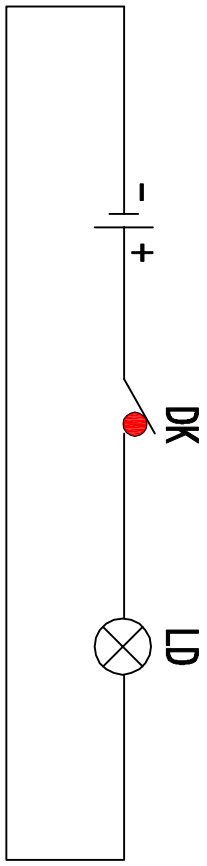
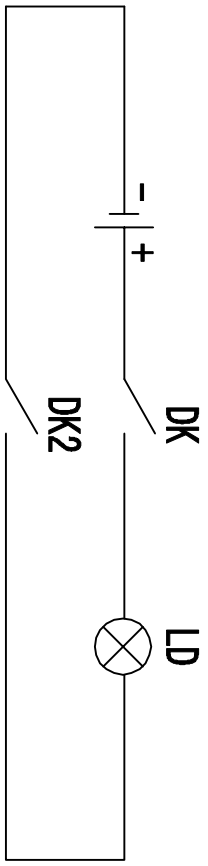
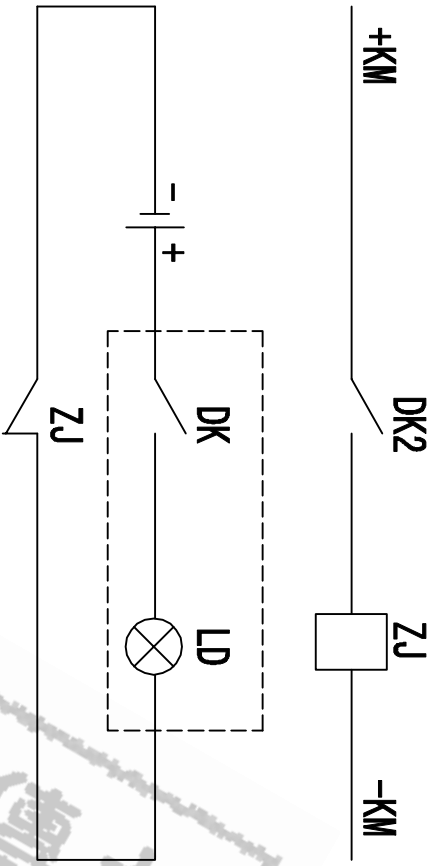
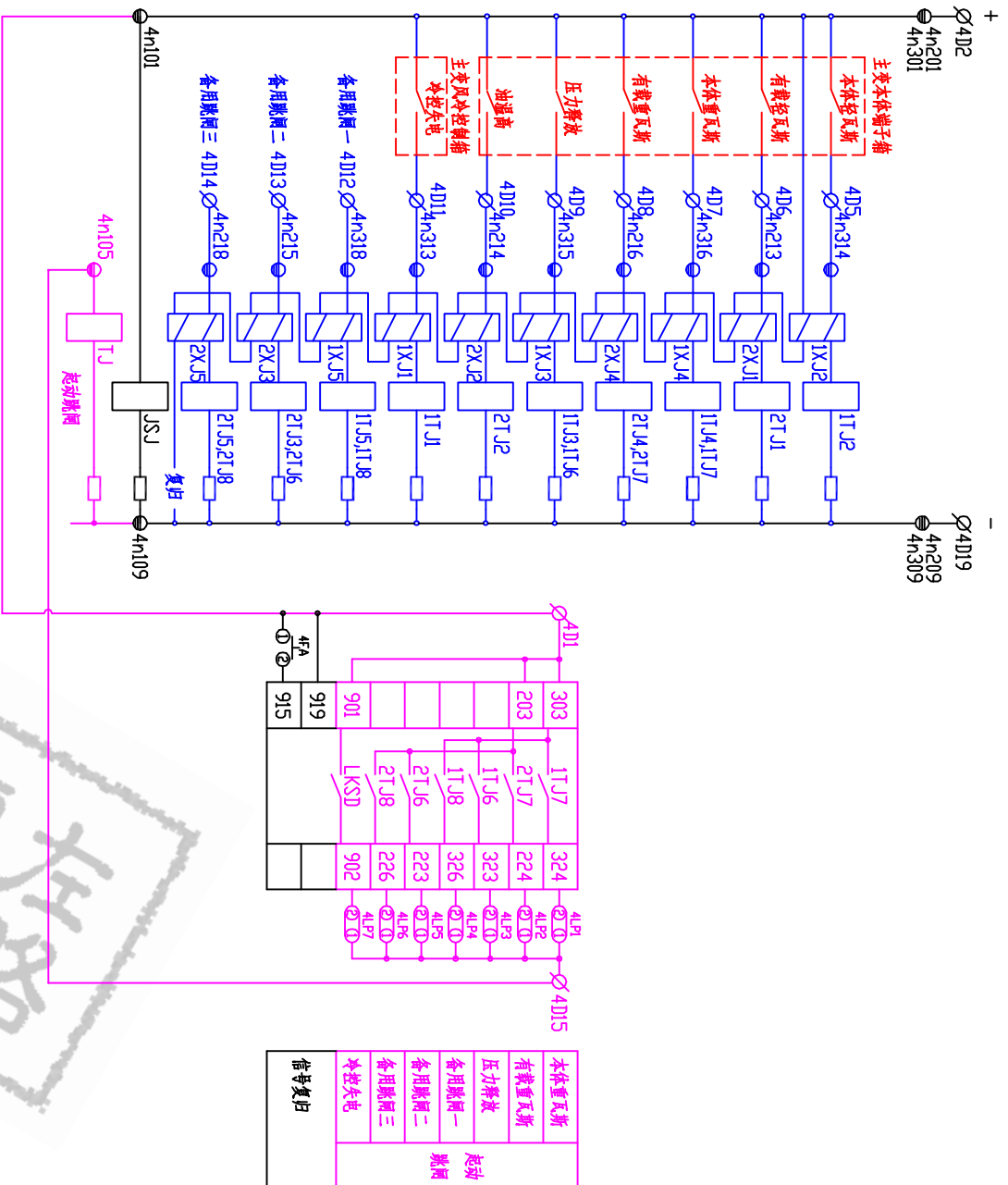
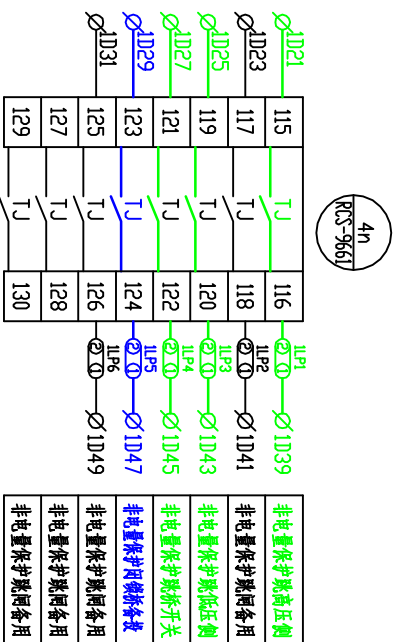
	<p>图4-1所示的灯泡回路的原理。</p>
	<p>方法一：机械闭锁，红色圆点为外置绝缘物。</p>
	<p>方法二：电气闭锁，增加开关DK2。</p>
	<p>方法三：电气闭锁的继电器实现方式。虚线框内设备可等效为任何电路。</p>

图8-7

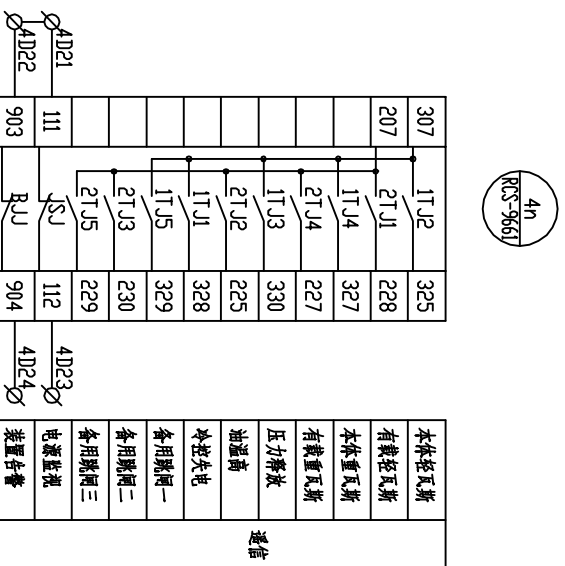
启动回路

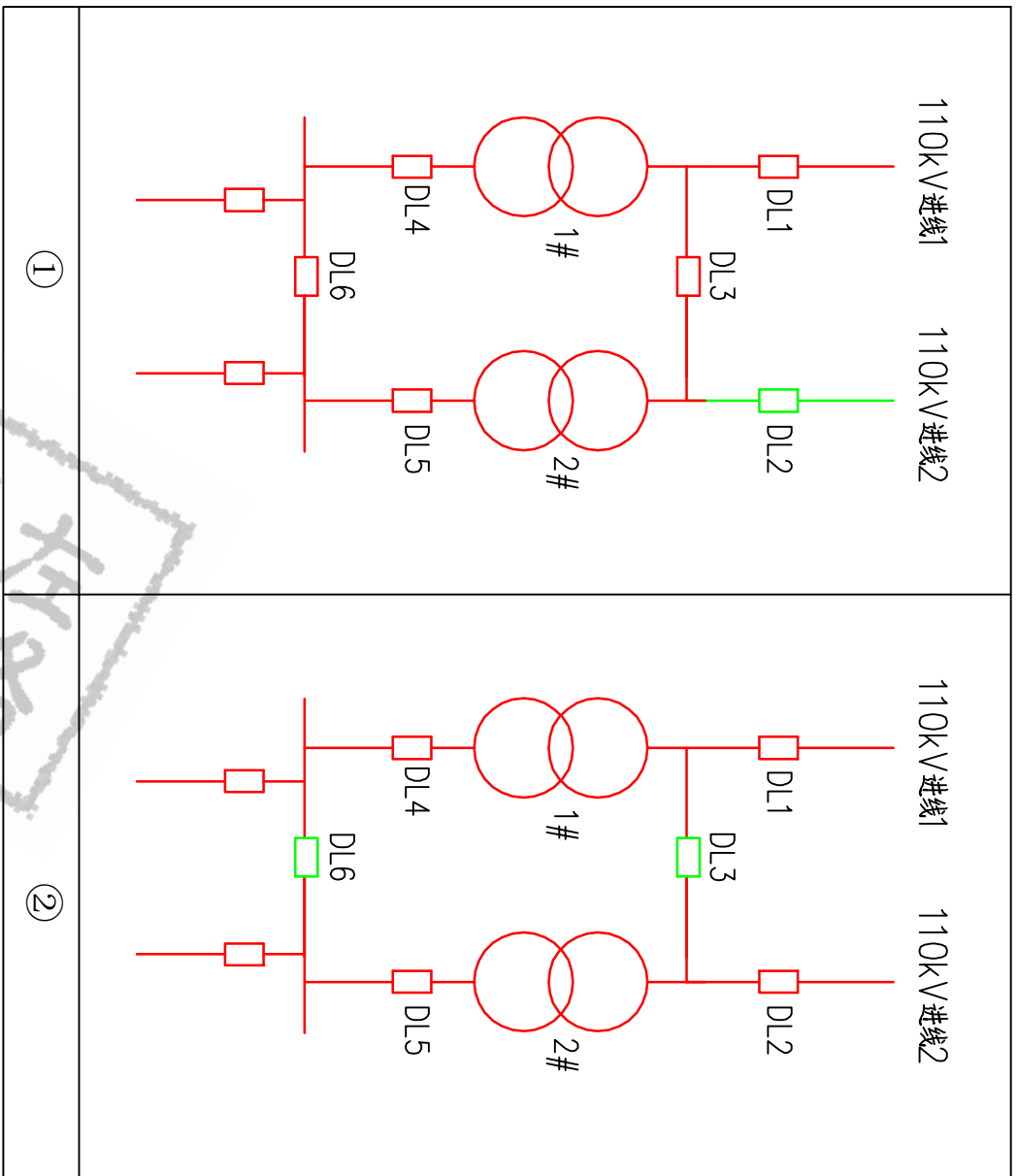


保护出口



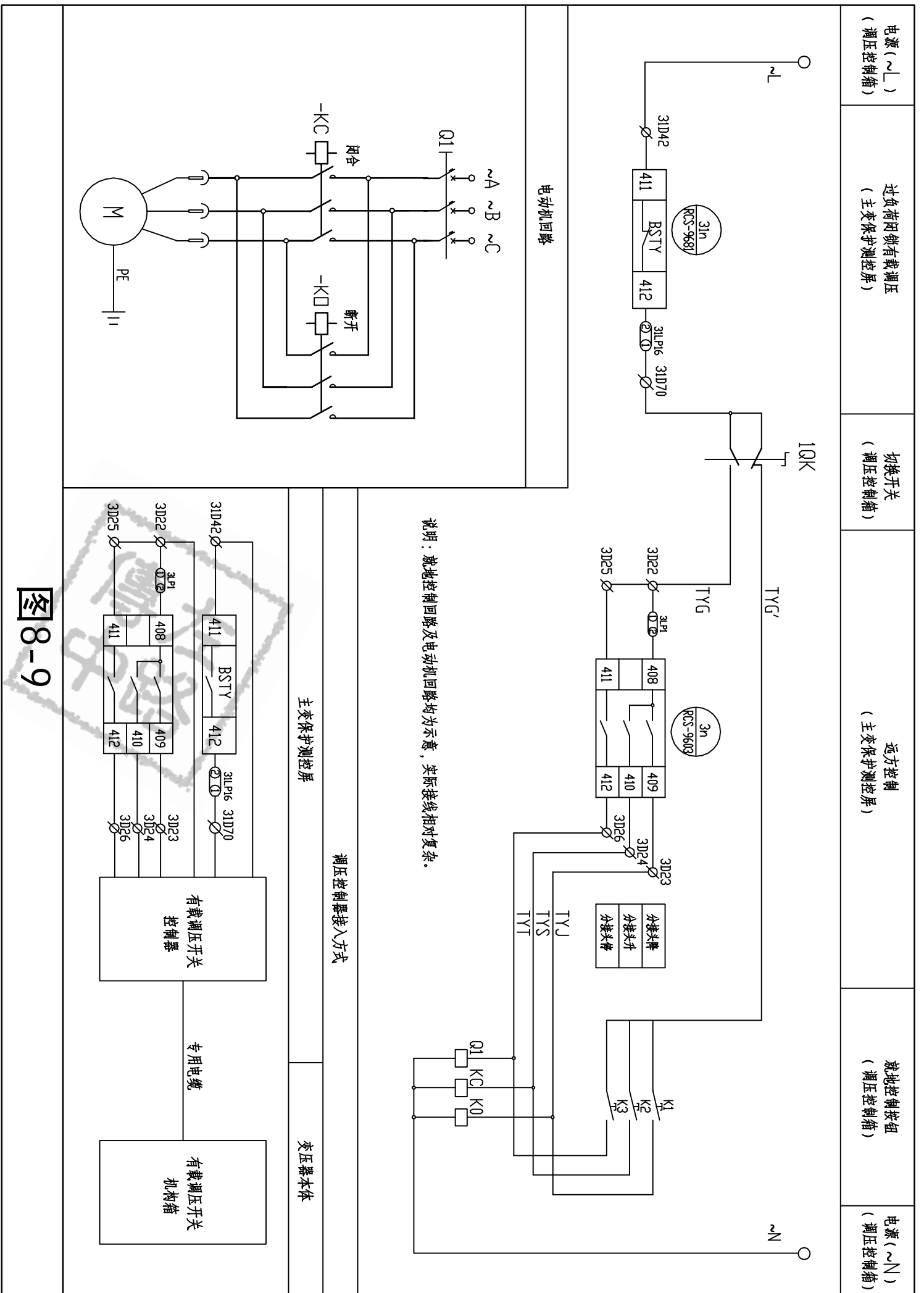
遥信出口





说明：红色为带电设备，绿色为不带电设备。

图8-12



第九章 备自投二次接线

9.1 概述

备用电源自动投入装置，可以在电力系统发生故障导致变电站失去工作电源时，将备用电源投入以使变电站设备继续运行，简称备自投装置。备自投装置接线简单、可靠性高，对提高电力系统的供电可靠性有很大的帮助，得到了广泛应用。

常见的备自投方式有三种：进线备自投、分段（桥）备自投、变压器备自投。备自投方式是由变电站的运行方式决定的，其对应如图9-1所示。

图9-1-①为进线备自投方式，DL1、DL2互为备用；

图9-1-②为高压侧分段（桥）备自投方式，DL3为备用；

图9-1-③为低压侧分段备自投方式，DL6为备用；

图9-1-④为变压器备自投方式，DL4、DL5互为备用；

备自投装置的主要使用原则：

1、备自投装置在合上备用电源断路器前，必须确保原工作电源断路器已经断开，以避免将备用电源系统连接至故障点。事实上，备自投装置动作后会首先向原工作电源断路器发出跳闸命令，在采集到该断路器的“份位”信号后继续以后的动作。

在某些故障情况下，原工作电源断路器可能被继电保护装置跳开，此时应根据实际情况判断是否闭锁备自投装置。

值班人员手动操作跳开工作电源断路器时，备自投装置亦不应该

动作将备用电源投入。

2、备自投装置只允许动作一次。在备自投装置将备用电源断路器合上以后，如果继电保护装置动作出口将此断路器跳闸，则备自投装置不应将此断路器再次合闸。

3、备自投装置判断失去变电站工作电源的判据应该是母线无电压且工作电源线路无电流，因为母线电压互感器二次回路的故障也可能导致测控系统认为母线已经失压，如果此时备自投装置动作，则会打乱正常的运行方式。

常用备自投装置的型号：

- 1、CSB-21A（四方公司产品）；
- 2、WBT-821（许继公司产品）；
- 3、RCS-9652（南瑞继保公司产品）。

某些型号的备自投装置配置有充电保护，此功能不在本章讲解范围内。本章选用模型南瑞继保公司 9000 系列 A 型备自投装置，重点介绍 RCS-9652。

9.2 RCS-9652

9000 系列 A 型备自投装置包括 RCS-9651（分段备自投，带充电保护）、RCS-9652（进线备自投、分段备自投，无保护功能，带测控功能）、RCS-9653（RCS-9651 与 RCS-9652 的结合，可用于变压器低压侧备自投）。这三种型号中，RCS-9652 的备自投功能比较典型，是本章介绍的重点。同时，本章关于 RCS-9652 的介绍不涉及其测控功

能。

9.2.1 RCS-9652 的开入回路

RCS-9652 的开入回路包括模拟量开入与数字量开入两种，如图 9-2-1 所示。无论备自投装置的厂家、型号、运行方式如何，其开入模拟量及开关量不外以下几种：

- ① I 段母线电压 $U1$ (线电压或相电压)
- ② #1 线路电压 $Ux1$ (线电压或相电压)
- ③ II 段母线电压 $U2$ (线电压或相电压)
- ④ #2 线路电压 $Ux2$ (线电压或相电压)
- ⑤ #1 线路电流 $I1$ (相电流)
- ⑥ #2 线路电流 $I2$ (相电流)

①~⑥为模拟量开入。

- ⑦ #1 进线断路器 DL1 的位置
- ⑧ #2 进线断路器 DL2 的位置
- ⑨ 分段(桥)断路器 DL3 的位置
- ⑩ 闭锁信号

⑦~⑩为数字量开入。

备自投装置与微机保护装置的区别在于，微机保护采集模拟量后会按照继电保护原理进行相应运算，而备自投装置采集模拟量后仅进行简单的“有/无”判断，所以备自投属于自动装置而不是微机保护。

以图 9-2-1 所示 RCS-9652 的开入回路为例，我们来仔细分析一下它的开入量。

1、电压。电压互感器二次电压在进入微机装置前，必须经过一个开断电器，如图 9-2-1 中所示。我们可以看到，“N”并没有进入 RCS-9652，所以它就采不到相电压。从图纸和说明书中也可以得到确认，RCS-9652 以线电压的值来判断母线是否失压。

2、电流。RCS-9652 采集两条进线的单相电流，以“无流”作为母线失压的辅助判据，以防止电压互感器二次回路发生断线故障时，备自投误认为母线失压。备自投装置采集的电流应来自电流互感器保护级绕组。同时，无论备自投方式如何，都不采集分段（桥）断路器处的电流，这一点在后面的备自投逻辑阐述中可以得到说明。

3、线路电压。RCS-9652 采集两条进线的单相电压，以判断是否存在备用电源供投入。

4、断路器位置。各断路器（#1 进线、#2 进线、分段或内桥）的状态（RCS-9652 判断“分位”）由 TWJ 的常开接点提供，事实上，我们也可以用断路器本体的常开辅助接点代替，从理论上讲，用 HWJ 的常闭接点代替也是可以的。

5、手合后状态。手跳断路器时，备自投装置应被闭锁（原因在下文再详细讨论）。如何判断断路器是由值班人员手动跳闸呢？在一个断路器的操作回路中，有两个元件可以显示此操作：测控屏操作把手 1KK “合闸后”常开接点闭合、操作箱“手合后”继电器 KKJ（我们可以在图 7-8 中找到这个继电器，它是南瑞继保公司操作箱特有的继电器）常开接点闭合。RCS-9652 采用 KKJ 常开接点的形式进行开入（主要是因为本站其他设备均为南瑞继保产品，若采用许继公司的

操作箱，则更换为 SHJ（手合继电器）的常开接点），而实际逻辑则以该接点断开作为备自投装置放电的条件，即 $KKJ=0$ 。具体逻辑在后文中再详细论述。

6、强制闭锁。通过压板投退允许或闭锁某种备自投方式。

7、外部保护闭锁。变电站其他继电保护对备自投方式的闭锁，主要为变压器保护对分段（桥）备自投方式的闭锁。

9.2.1 RCS-9652 的开出回路

RCS-9652 的开出回路就是对断路器的遥控接点，如图 9-2-2 所示，包括对 DL1 的跳闸、合闸，对 DL2 的跳闸、合闸，对 DL3 的合闸。为什么对 DL3 没有跳闸操作呢？我们将在对备自投方式的分析中具体讨论。

9.2.3 进线备自投方式

进线备自投是最常见的备自投方式，其适用主接线形式为图 9-1-①，我们将此接线扩展为图 9-3-1 所示。

9.2.3.1 内桥接线进线备自投

主接线如图 9-3-1-①所示。

变电站由两条 110kV 线路提供电源（互为备用），一般情况下为 #1 线路带全站负荷，此时 DL1 在合位、DL3 在合位、DL2 在分位。此时，对端变电站 X 中断路器 1DL 在合位，110kV 线路保护 RCS-941A 投入；对端变电站 Y 中断路器 2DL 在合位，#2 线路带电空载运行。

在#1 线路 A 点发生永久性故障时，对端变电站 X 配置的 RCS-941A 动作跳闸 1DL，导致本站失压。此时，我们希望有一种装置能够使#2 线路给本站提供电源。

如果该装置简单地将 DL2 合闸，就会导致将#2 线路通过 DL2、DL3、DL1 接至故障点，使故障范围扩大，所以肯定是不行的，也就是说，在合闸 DL2 前，此装置还必须先将 DL1 跳闸以隔离故障点。以上是我们希望的该装置的动作逻辑，那么，作为一种自动装置，它必须还有相应的启动逻辑，也就是说，该装置在什么情况下开始执行上述操作？这个问题等价于：A 点永久故障会造成什么可以具体量化的后果，而且这种后果的表述必须有唯一性以免该装置误启动。这个结果我们也可以很容易的总结出来：本站母线失压、DL1 和 DL3 在合位、DL2 在分位、#1 线路无压、#1 线路无流（在 DL1 处测量）、#2 线路有压。

RCS-9652 将这种逻辑定义为“线路备自投方式 1”我们参照说明书对这种备自投方式进行详细的分析。

运行方式：#1 进线运行，#2 进线备用，即 DL1、DL3 在合位，DL2 在分位。当#1 进线电源因故障或其他原因被断开后，#2 进线备用电源应能自动投入，且备自投装置只允许动作一次。

说明：这种运行状态下，#2 线路是作为#1 线路的备用线路而空载运行的，符合进线备自投的逻辑。备自投装置的电路原理类似重合闸功能，充电完成后即处于“准备状态”，满足启动条件时可以且只可以动作一次。如有闭锁条件开入，则备自投装置被放电，无法动作。

充电条件：① I 母、II 母均三相有压，当“检#2 线路电压”控

制字投入时，#2 线路有压；②DL1 在合位，DL3 在合位，DL2 在分位。
同时满足以上条件，经 15S 后充电完成。

说明：本段是对“运行方式”的具体量化。检测“三相有压”可以在一定程度上避免 PT 二次回路故障对电压监测的影响，“#2 线路有压”是进线备自投方式的基础，若#2 线路无压，则备自投动作就毫无意义。

放电条件：①#2 线路失压；②手合 DL2；③手跳 DL1 或 DL3；④外部闭锁开入；⑤DL1、DL2、DL3 的 TWJ 异常；⑥整定控制字不允许 #2 进线断路器自投。

说明：放电即使备自投无法动作，原因为以上 6 种，分别解释如下。①#2 线路失压，则将#2 线路投入亦无法带本站负荷，备自投没有动作的必要；②手合 DL2，属于运行方式改变，破坏了进线备自投方式的前提，备自投则不应动作；③手跳 DL1 或 DL3，属于人为有目的甩掉本站全部或部分负荷，备自投不应动作；④外部闭锁开入，属于人为有目的地禁止备自投；⑤DL1、DL2、DL3 的 TWJ 异常，则备自投采集的各断路器位置可能有误，备自投容易误动作；⑥整定控制字不允许#2 进线断路器自投，属于人为有目的地禁止备自投。以上情况有任何一种发生，备自投装置即被放电。

动作过程：充电完成后，若 I 母、II 母均无压，I1 无流，#2 线路有压，则备自投启动，经延时 Tb1 发令跳闸 DL1，确认 DL1 断开后，发令合闸 DL2，此逻辑称为方式 1。

（若#2 线路为工作电源，#1 线路作为备用，逻辑与此类似，称

为方式2。)

说明：充电完成后，若没有放电情况发生，则备自投装置即一直处于“准备状态”。

在A点发生故障时，对端变电站X的1DL跳闸，导致本站I母、II母均无压、I1无流（检测I1的原因在于，PT二次回路发生断线故障也会导致I母、II母均无压，但此时I1有流），备自投启动后，跳闸DL1以隔离故障点，确认DL1断开后（若发出跳闸命令而DL1实际未断开，则备自投动作应停止），合DL2。如此则可以使#2线路带本站负荷继续运行。

下面我们主要分析一下变压器保护对内桥进线备自投方式的影响。

在B点发生故障时，#1变压器差动保护动作跳闸DL1、DL3，此时满足备自投“I母、II母均无压，I1无流、#2线路有压”的启动条件，备自投启动后，对DL1发出跳闸指令（其实DL1已经跳闸），确认DL1断开后，合DL2。如此即可使#2线路通本站#2主变带全站10kV负荷。

C点发生故障时，#1变压器低压侧（或高压侧）后备保护动作跳闸DL6、DL1、DL3，满足备自投“I母、II母均无压，I1无流、#2线路有压”的启动条件，备自投启动后，对DL1发出跳闸指令（其实DL1已经跳闸），确认DL1断开后，合DL2。如此即可使#2线路通本站#2主变带10kV II段负荷。

D点发生故障时，#1 变压器低压侧（或高压侧）后备保护动作跳闸 DL6 后返回，#2 主变保护低压侧（或高压侧）后备保护动作跳闸 DL5、DL3，此时“Ⅰ母有压，Ⅰ1 有流”不满足备自投的启动条件，备自投装置不会误动。

E点发生故障时，#2 变压器差动保护动作跳闸 DL5、DL3，此时“Ⅰ母有压，Ⅰ1 有流”不满足备自投的启动条件，备自投装置不会误动。

9.2.3.2 单母线分段进线备自投

主接线如图 9-3-1-②所示。

单母线分段接线的情况较为简单：A点故障时，备自投启动，动作逻辑与 9.2.3.1 中的分析相同；B、C、D、E点故障时，不满足备自投的启动条件，亦无需闭锁进线备自投。

综合以上分析，在图 9-3-1 所示的主接线形势下，任何主变的任何保护动作都不需要闭锁进线备自投。这和我们在前文 8.5.2.1 中得出的结论是一致的。

9.2.4 分段（桥）备自投方式

分段（桥）备自投也是常见的一种备自投方式，其适用主接线形式为图 9-1-②，我们将此接线扩展为图 9-3-2 所示。

9.2.4.1 内桥接线桥备自投

主接线如图 9-3-2-①所示。

变电站由两条 110kV 线路提供电源，#1 线路带#1 主变，#2 线路带#2 主变。此时，DL1 在合位、DL2 在合位、DL3 在分位。对端变电站 X 中断路器 1DL 在合位，110kV 线路保护 RCS-941A 投入；对端变电站 Y 中断路器 2DL 在合位，110kV 线路保护 RCS-941A 投入。在#1 线路 A 点发生永久性故障时，对端变电站 X 配置的 RCS-941A 动作跳闸 1DL，导致 110kV I 段母线失压、#1 主变失压、10kV I 段母线负荷失压。此时，我们希望备自投装置能够将桥断路器 DL3 合闸，以带#1 主变运行，这就是分段（桥）备自投方式。

在备自投装置合闸 DL3 前，同样必须先将 DL1 跳闸，以避免将#2 线路连接至故障点。内桥备自投的启动条件：I 段母线无压、#1 线路无流（在 DL1 处测量）、II 段母线有压、DL1 和 DL2 在合位、DL3 在分位。

RCS-9652 将这种逻辑定义为“线路备自投方式 3”我们参照说明书对这种备自投方式进行详细的分析。

运行方式：两台主变分列运行，即 DL1、DL2 在合位，DL3 在分位。当#1 进线电源因故障或其他原因被断开后，#2 进线电源应能同时带全站负荷。

说明：这种运行状态下，#1 线路与#2 线路是互为备用的。

充电条件：① I 母、II 母均三相有压；② DL1 在合位，DL2 在合位，DL3 在分位。同时满足以上条件，经 15S 后充电完成。

说明：本段是对“运行方式”的具体量化。检测“三相有压”可以在一定程度上避免 PT 二次回路故障对电压监测的影响，每段母线都有压是分段备自投方式的基础。

放电条件：①手合 DL3；② I 母、II 母均三相无压，延时 15S 放电；③手跳 DL1 或 DL2；④外部闭锁开入；⑤DL1、DL2、DL3 的 TWJ 异常。

说明：放电即使备自投无法动作，原因为以上 5 种，分别解释如下。①手合 DL3，属于运行方式改变，破坏了桥备自投方式的前提，备自投则不应动作；② I 母、II 母均确认失压，则备自投没有动作的必要；③手跳 DL1 或 DL2，属于人为有目的甩掉部分负荷，备自投不应动作；④外部闭锁开入，属于人为有目的地禁止备自投；⑤DL1、DL2、DL3 的 TWJ 异常，则备自投采集的各断路器位置可能有误，备自投容易误动作。以上情况有任何一种发生，备自投装置即被放电。

动作过程：充电完成后，若 I 母无压，I1 无流，II 母有压，则备自投装置启动，经延时 Tb3 发令跳闸 DL1，确认 DL1 断开后，发令合闸 DL3。此逻辑称为方式 3。

（充电完成后，若 II 母无压，I2 无流，I 母有压，则备自投装置启动，经延时 Tb3 发令跳闸 DL2，确认 DL2 断开后，发令合闸 DL3。此逻辑称为方式 4。）

说明：充电完成后，若没有放电情况发生，则备自投装置即一直处于“准备状态”。

在 A 点发生故障时，对端变电站 X 的 1DL 跳闸，导致本站 I 母无

压、I1 无流(检测 I1 的原因在于, PT 二次回路发生断线故障也会导致 I 母、II 母均无压, 但此时 I1 有流), 备自投启动后, 跳闸 DL1 以隔离故障点, 确认 DL1 断开后(若发出跳闸命令而 DL1 实际未断开, 则备自投动作应停止), 合 DL3 使#2 线路带全站负荷。

下面我们分析一下变压器保护对内桥备自投方式的影响。

在 B 点发生故障时, #1 变压器差动保护动作跳闸 DL1、DL4, 此时满足备自投“ I 母无压、I1 无流、II 母有压”的启动条件, 备自投启动后, 对 DL1 发出跳闸指令(其实 DL1 已经跳闸), 确认 DL1 断开后, 合 DL3。如此则将#2 线路连接于故障点 B, 导致对端变电站 Y 的 110kV 线路保护动作跳闸 2DL, 使本站由部分失压变为全站失压, 扩大了事故范围。所以, #1 主变差动保护和非电量保护(考虑到 B 点在变压器内部的可能性)动作必须闭锁桥备自投方式 3; #2 主变差动保护和非电量保护(E 点故障)动作必须闭锁桥备自投方式 4。实际上, 方式 3、方式 4 的闭锁开入点是一样的。

C 点发生故障时, 若#1 主变低后备动作跳闸 DL6、DL4, #1 主变为空载运行, 备自投装置不启动。若#1 变压器低后备拒动, 则由高后备保护动作跳闸 DL6、DL4、DL1, 满足备自投“ I 母无压、I1 无流、II 母有压”的启动条件, 备自投启动后, 对 DL1 发出跳闸指令(其实 DL1 已经跳闸), 确认 DL1 断开后, 合 DL3。因为 DL4 已经断开, 备自投如此动作虽不至于扩大事故范围, 但使#1 主变空载运行亦无实际意义。同时, 考虑到 B 点故障而差动或非电量保护拒动而由高后备出

口的情况，则#1 主变高后备保护动作应闭锁桥备自投方式 3，#2 主变高后备保护动作（D 点故障）应闭锁桥备自投方式 4。

9.2.4.2 单母线分段接线分段备自投

主接线如图 9-3-2-②所示。

单母线分段接线的情况较为简单：A 点故障时，备自投启动，动作逻辑与 9.2.4.1 中的分析相同；B、C、D、E 点故障时，不满足备自投的启动条件，亦无需闭锁分段备自投。我们可以得出结论：单母线分段接线时，任何主变保护都需不闭锁分段备自投。

综合以上分析，在图 9-3-2-①所示的内桥接线形式下，任何主变的差动、非电量、高后备保护都必须闭锁桥备自投；在图 9-3-2-②所示的单母线分段接线形式下，任何主变的任何保护动作都不需闭锁分段备自投。这和我们在前文 8.5.2.2 中得出的结论是一致的。

小结：对内桥接线而言，任何主变保护都不需要闭锁进线备自投，差动、非电量、高后备保护则必须闭锁桥备自投；对单母线分段接线而言，任何主变的任何保护都不需要闭锁任何备自投方式。

9.3 低压侧分段备自投和变压器备自投

在我所接触的工程中，这两种方式并不常见，在此也不做重点分析。在 8.5.2.2 中，我们已经谈了主变保护对低压侧分段备自投的影

响，那么它对变压器备自投的影响如何呢？其实，我们考虑继电保护对备自投的影响，最终目的就是为了防止备自投合闸备用电源点，进而导致事故范围扩大。所以，我们只需要避免在“低压侧母线故障”或“低压侧馈线故障且馈线保护拒动”时的主变保护动作时投入备用变压器即可，显然，这两种情况对应的保护就是“低后备保护”和“高后备”。在图 8-12 中并没有这两对接点去闭锁“变压器备自投”，一来是因为对于 110kV 变电站而言，“一台主变长期空载运行作为备用”这种运行方式实在没有经济性，所以设计图纸时也就没有考虑这种可能性；二来，万一需要以这种方式运行，将图 8-5、图 8-6 中的备用出口接点引出来就是了。

9.4 后话

备自投装置各种各样，备自投方式也有好几种，但动作目的却是相同的：在隔离故障点后，合闸备用电源断路器以使备用电源带本站全部或部分负荷运行。任何备自投装置的任何备自投方式的逻辑都必须以实现此目的为基本原则。根据这样的定义，我们也就有了针对具体工程进行分析的基准点。

备自投是我很感兴趣的一个话题，它的功能以及实现此功能的方式，完美地体现了“二次”设备而不是“保护”设备的特点。个人认为，针对备自投的分析体现了二次回路的真谛！

最初完成的《110kV 变电站典型二次回路图解》中的内容基本到本章就结束了，在博客连载后又追加了几章。但是，我认为到此为止，

关于 110kV 变电站二次设备的二次接线的论述的框架就已经建立起来了。随后的几章类似于随笔性质，想到哪写到哪，多属于补充或对前文某些细节再详细讲解一下，类似于对这个框架在进行一些润色吧。

后文预告：

第十章：外桥与内桥接线在二次回路方面的比较

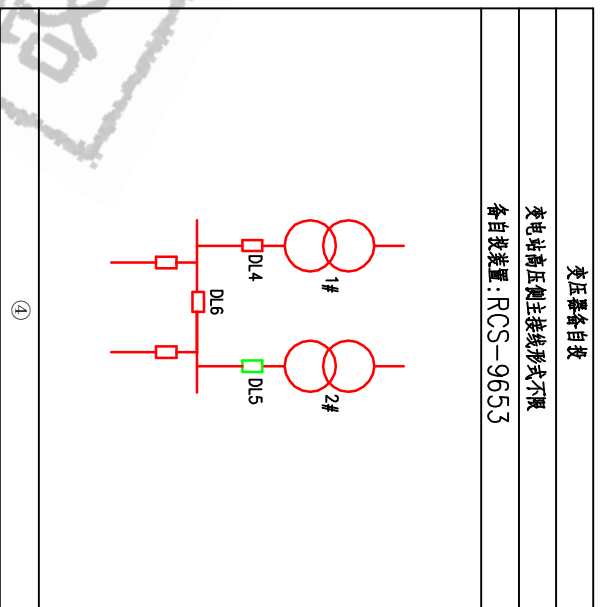
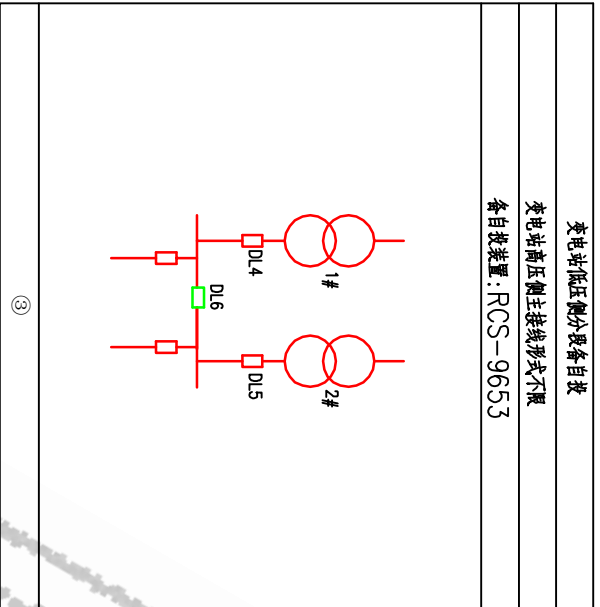
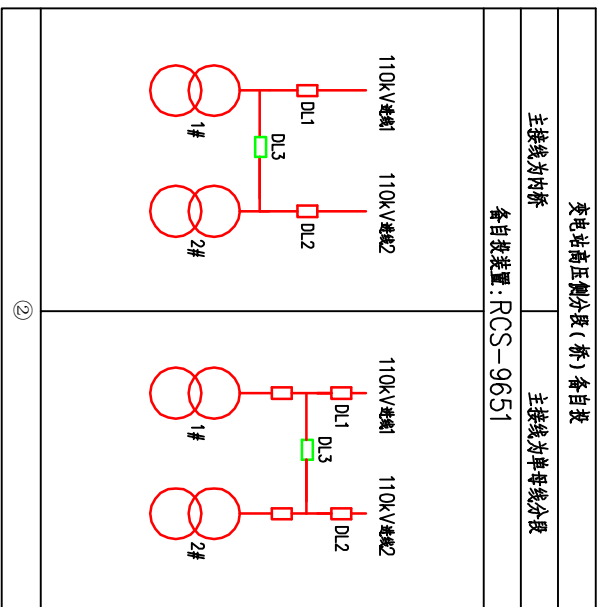
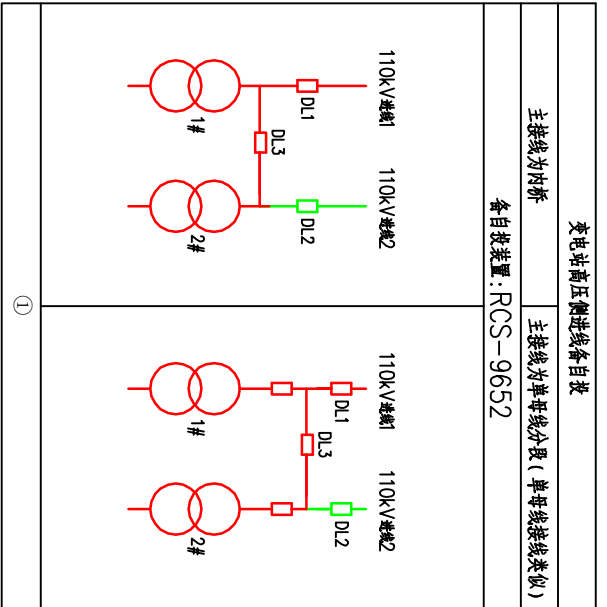
第十一章：10kV 开关柜专题

第十二章：电压互感器安装在线路侧的内桥接线的电压切换回路及其对进线备自投的影响（好长的名字啊!!!!）

.....

初步预备的三章。

第八、九两章的整理确实有些仓促，而且我是用拼音打字的，估计有不少错别字，希望大家对内容及错别字给予指正。ZG 被黑，使我失掉了很多朋友的联系方式（都是保存在 ZG 短信息里的），希望大家多交流。



说明：红色为带电设备，绿色为不带电设备。

图9-1

模拟量开入

数字量开入

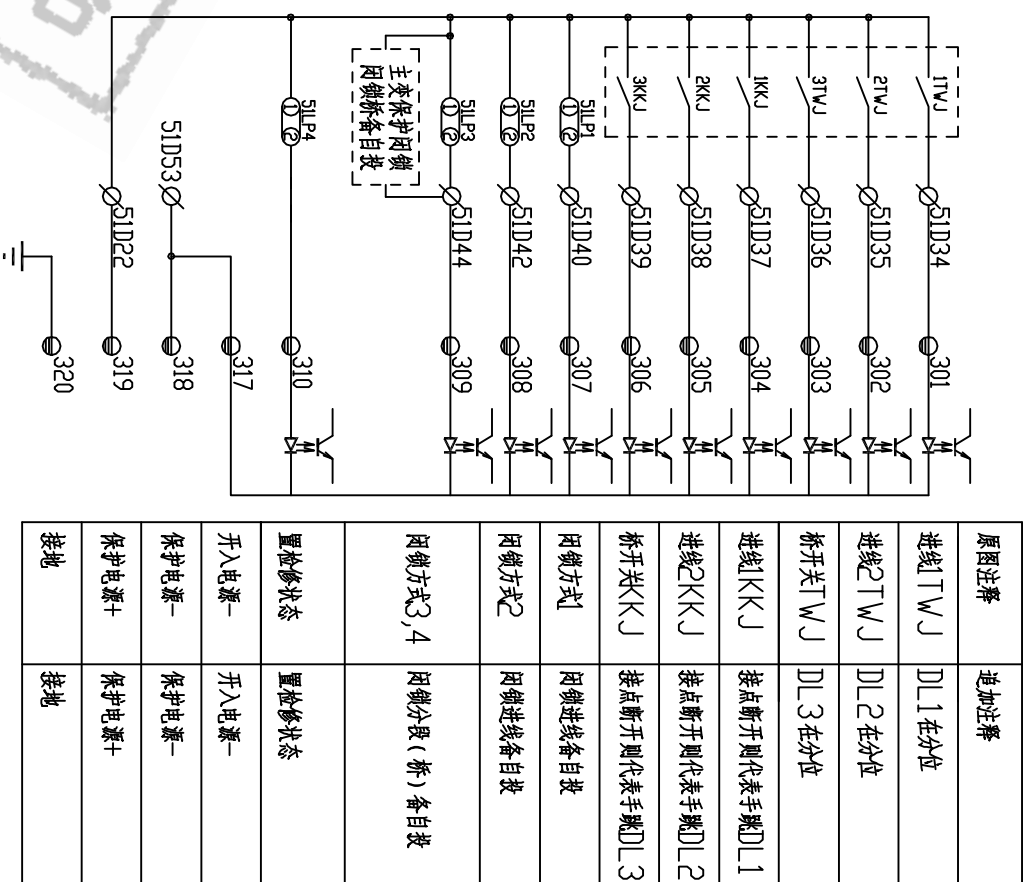
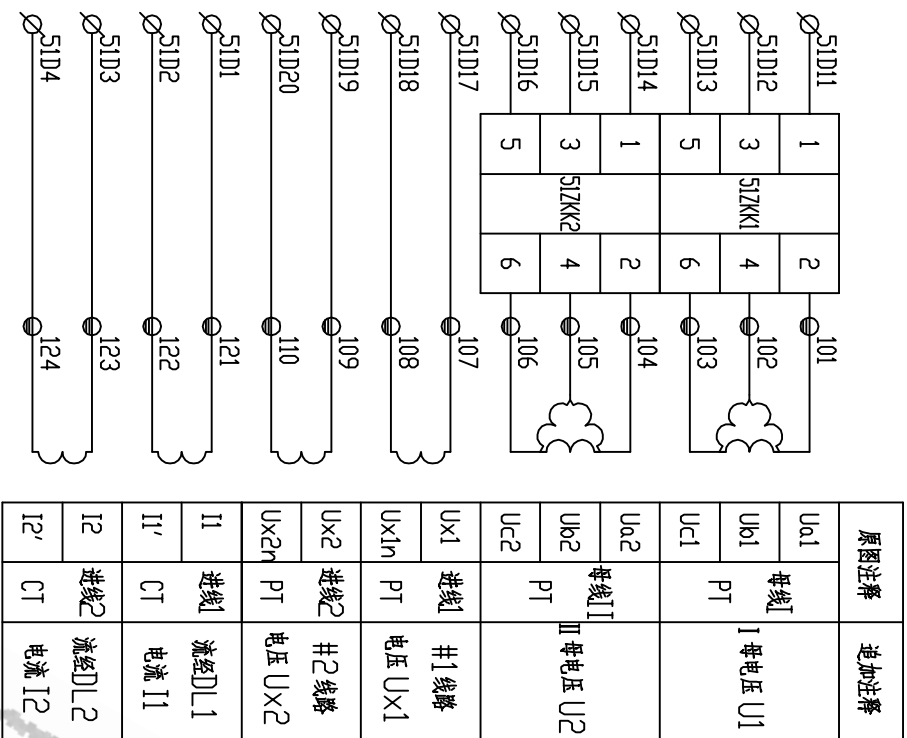


图9-2-1

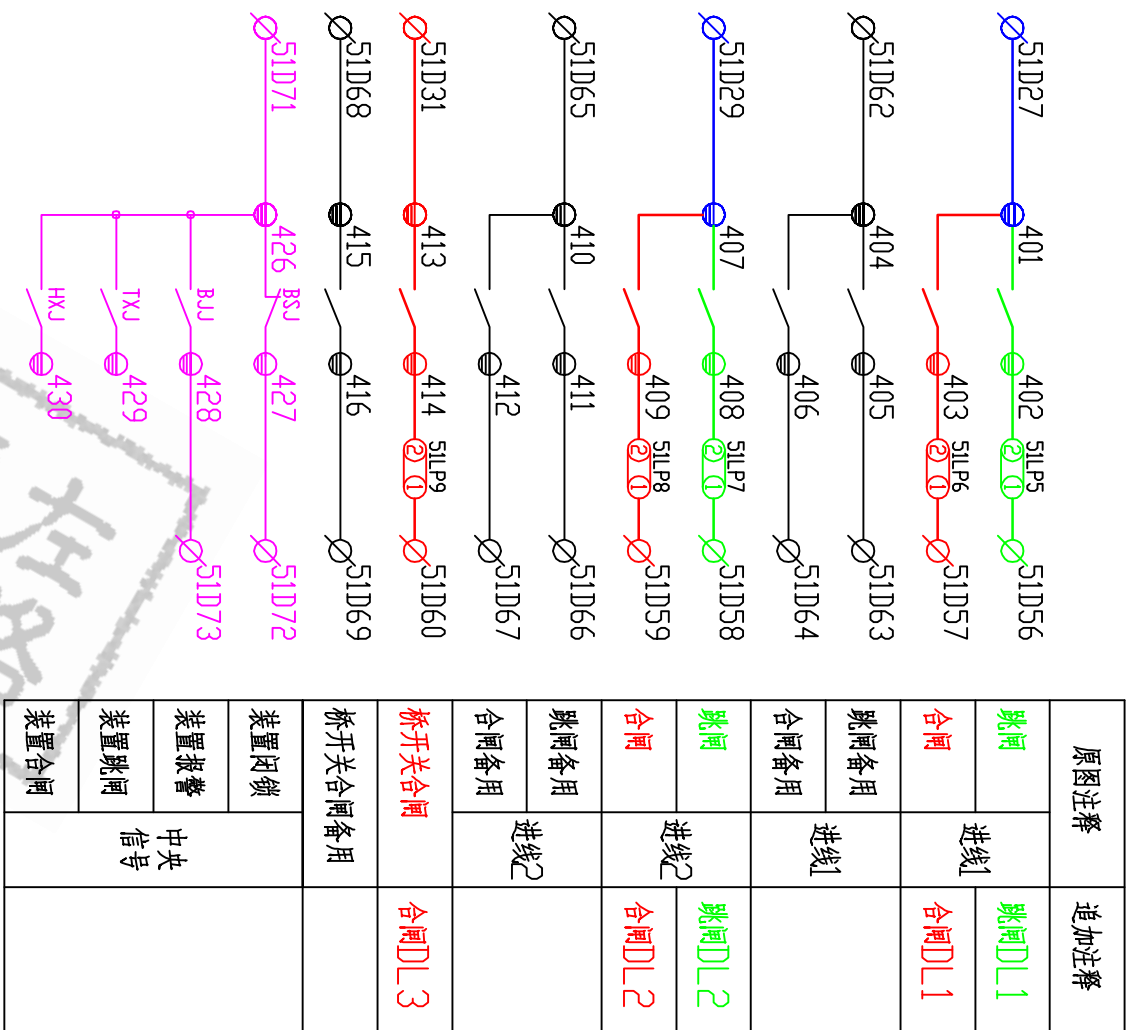
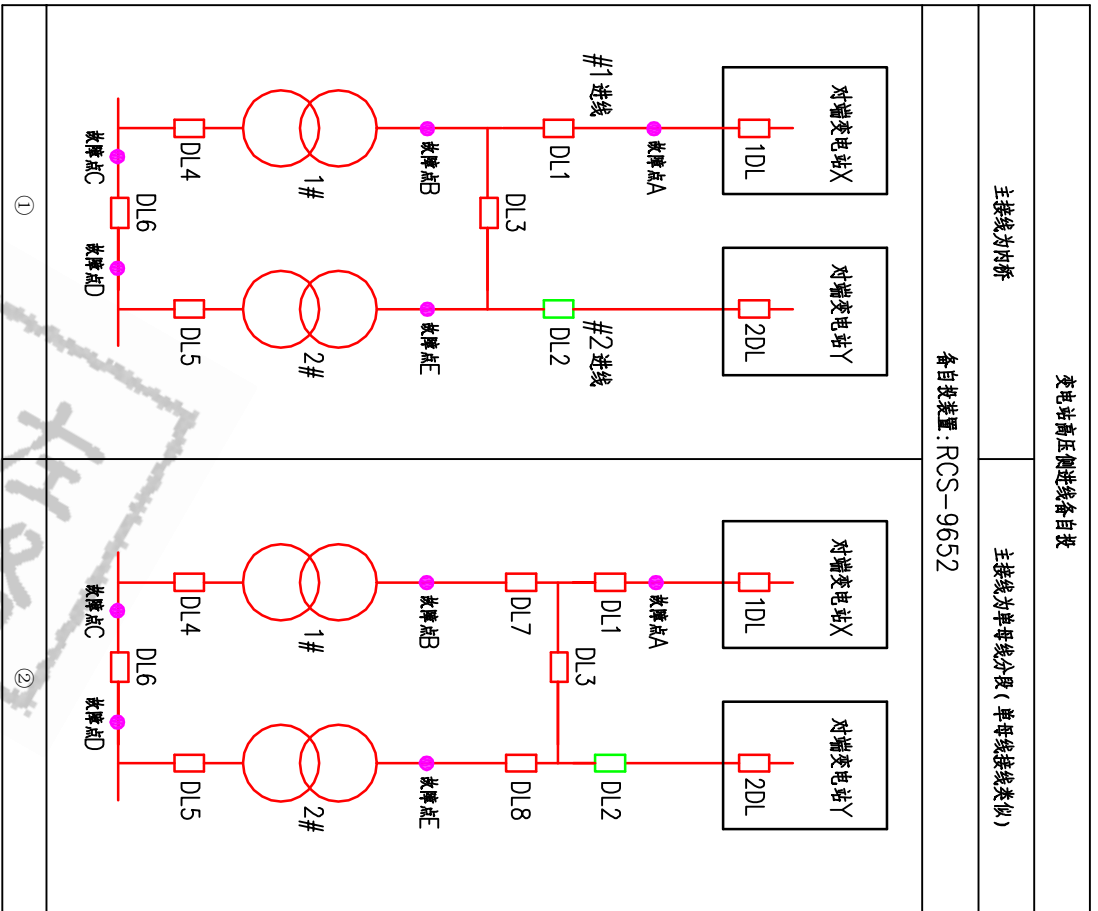
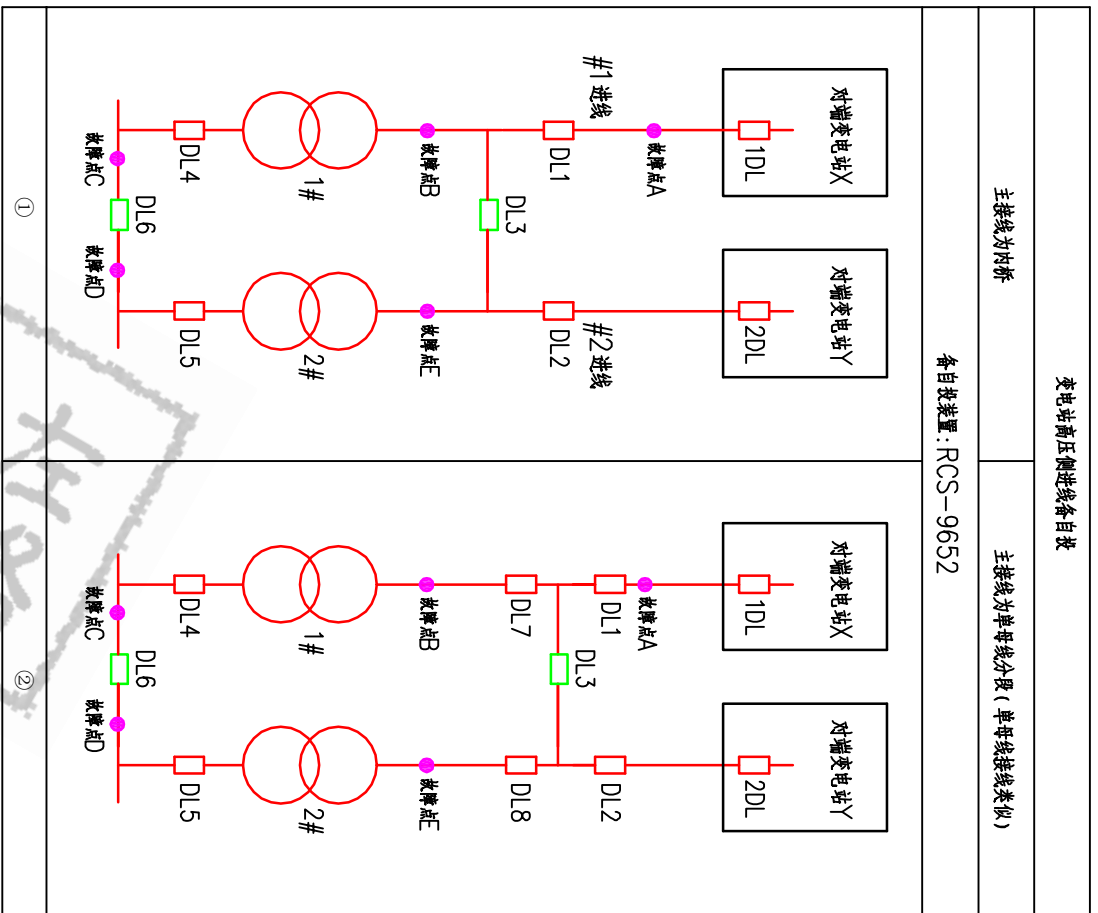


图9-2-2



说明：红色为带电设备，绿色为不带电设备。

图 9-3-1



说明：红色为带电设备，绿色为不带电设备。

图 9-3-2