



Value & Technology

级式指令 编程指导

光洋电子(无锡)有限公司

绪 言

PLC（可编程序控制器）在 CPU 的高速化，I/O 的多功能化和集成化，网络化等方面取得了惊人的发展。

可是，作为可编程序控制器的编程语言，仍延用了继电器时代的梯形图语言来编程。

由于程序设计需根据顺序控制和条件控制组合后的顺序进行设计，用梯形图式语言，程序设计需专门的设计人员才能胜任。

如果是用梯形图式语言来编制复杂控制的程序，就是熟练者也要化很多时间，初学者就更困难了。级式编程语言，是光洋电子根据理论独家开发的，力求成为理想的控制用编程语言。可以说是最适合流程控制的编程语言。

级式程序适用于下述场合

- ☐ PLC 程序设计人员不中，订货增加，但设计人员不够。
- ☐ 需要消减开发费用，不能缩短开发周期吗？
- ☐ 机械设计经常修改，给 PLC 设计人员增加负担，不能对程序进行简单的修改、插入吗？
- ☐ 想要减少复杂条件控制程序的错误传感器、输出设备的调整不当，没有及时发现，浪费了许多时间，有无好的方法？
- ☐ 想改进他人设计的梯形图式程序，既困难又费时。
- ☐ 根据要求与新的规定，在设计时，工时不足。即使维护机械的技术人员也可以进行控制程序的维护、检修吗？

如果采用级式语言编程

- 机械动作明了，不是专家也能设计；
- 根据机械控制流程进行设计，可以缩短开发周期！
- 对每一道工序都进行编程，程序容易修改、插入！
- 由于每道工序的程序相当简单，减少设计错误！
- 由于对每道工序都进行编程，能及时发现错误，系统可及早投入运行！
- 根据机械的动作流程来编制程序，人为差别小，通用性强，容易理解，可任意改进！
- 由于级式程序与机械动作顺序相同有故障的工序，容易被发现，可尽早修复。

本书作为级式语言的入门篇，对级式语言的基本概念作了简单的说明，借此机会希望在理解的基础上，能给您的工作尽一份力。

目 录

1. 自动化与PLC	1
1-1. 自动化的要素	1
1-2. PLC的程序方式	2
1-3. 继电器信号方式的优缺点	2
1-4. 级式的特长	4
1-5. 支持级式程序的PLC型号	6
2. 级式程序	7
2-1. 级式程序	7
2-2. 级的基本形式	8
2-3. 级式的表示方法	9
2-4. 级的动作	10
2-5. 级的基本指令	11
2-6. 级内可执行的处理	12
2-7. 级的分支与合流	13
2-8. 级块处理指令（BREQ、BSTART、BEND）	16
2-9. 级式的指令	18
2-9-1. 级登记指令	19
2-9-2. 级的基本形式	20
2-9-3. 转移指令	22
2-9-4. 条件种类	23
2-9-5. 条件的作成	25
3. 级式控制回路的基本设计例	28
3-1. 基本回路的构成	28
3-1-1. 起动回路	28
3-1-2. 手动回路与自动回路	29
3-1-3. 紧急停止	33
3-1-4. 在中间工序起动	34
3-1-5. 循环动作	35
3-1-6. 分支与合流	36
3-1-7. 在运行过程中的异常情况检查	37
3-1-8. 暂停动能（暂时停止）	40
3-1-9. 停电返回	42
3-1-10. 最终级的处理	44
3-1-11. 检查回路	45
3-2. 定时器回路	46
3-3. 计数器回路	48
4. 级式控制回路的应用设计例	49
4-1. 运载机、打孔系统的设计	49
附录.指令互换表（SA-21 与 SZ-4）	

1. 自动化与 PLC

自动化的目的，是在人不介入时，完成物品的加工、组装、运输、检验等，自动化控制中，使用最广的是顺序控制。

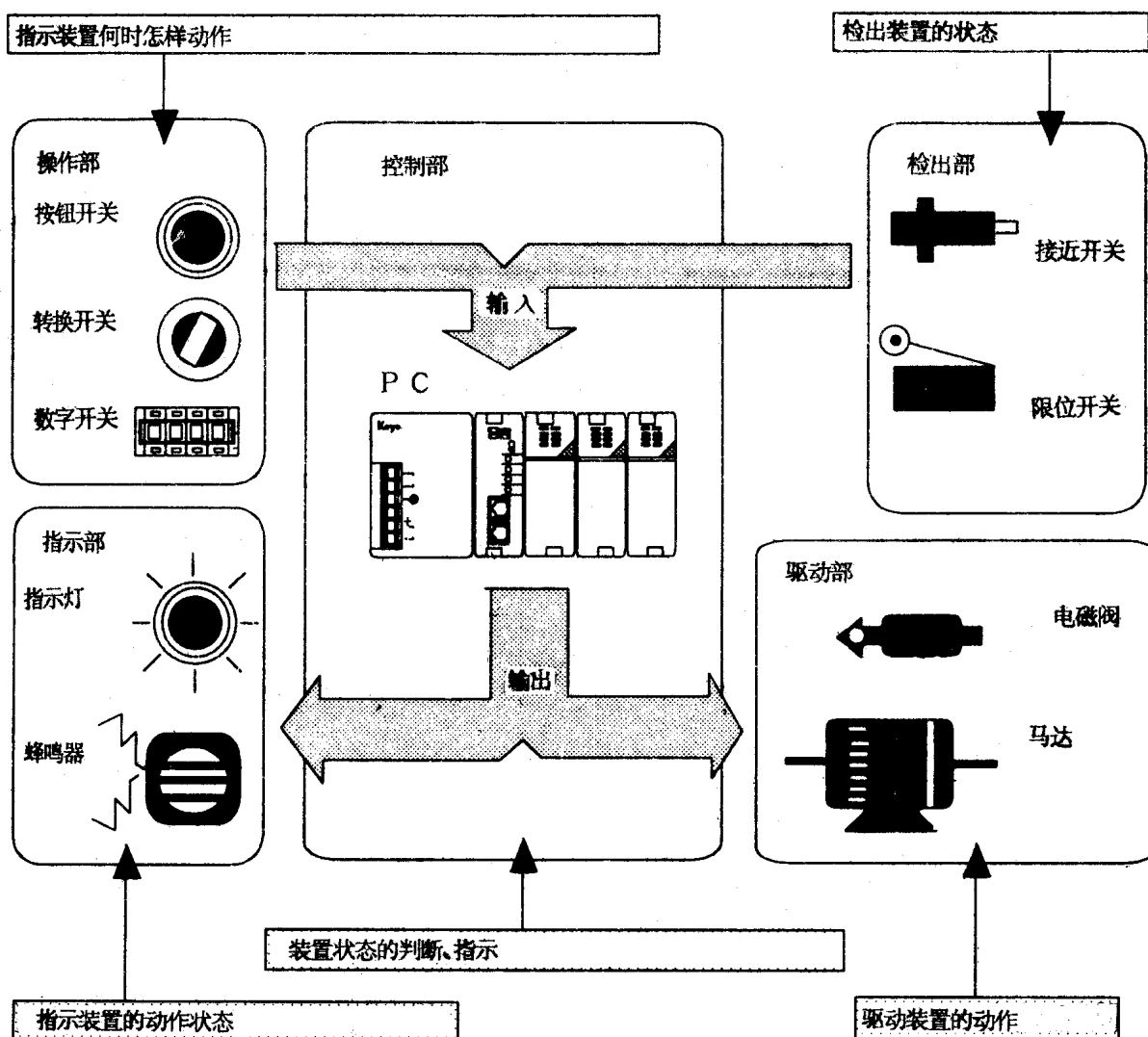
顺序处理是以输入（操作开关、传感器等）的 ON 或 OFF 作为条件，对输出（电磁阀、马达等）的 ON/OFF 进行处理。

PLC 就是通过执行顺序动作的程序，来实现其目标的控制装置。

1-1. 自动化的要素

PLC 根据操作面板上的按钮，开关的输入指令，或接近开关，限位开关等传感器检测出装置的状态，来控制电磁阀、马达等的驱动部件、指示灯、蜂鸣器等的输出。

这些根据输入状态，对输出的控制，可通过程序的内容自由设定。



1-2. PLC 的程序方式

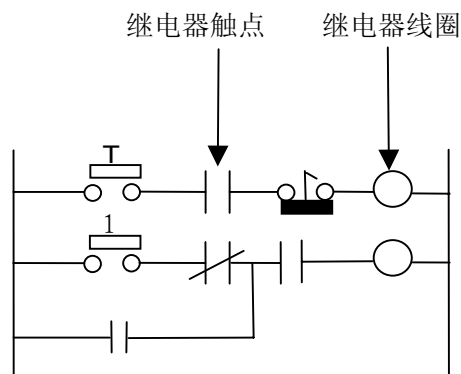
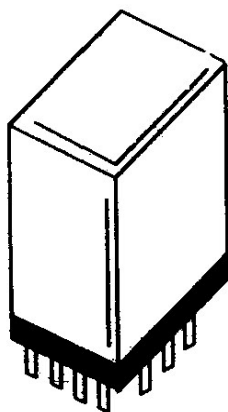
PLC 的程序，是用针对 PLC 动作的一批指令或指令语，经人为编制而成的程序语言。就象人类使用的语言有日语、英语、中文一样，依据 PLC 机种的不同，程序设计语言也不同。根据程序语言的不同表示方法，有下列几种程序方式。

- ①. 继电器信号方式（梯形图式）
- ②. 级式
- ③. 流程式

级式是既保持了最普通的继电器信号方式的优点，又摒弃了其缺点的最适用顺序控制的程序方式。

1-3. 继电器信号方式的优缺点

电磁继电器的信号方式



●优点：

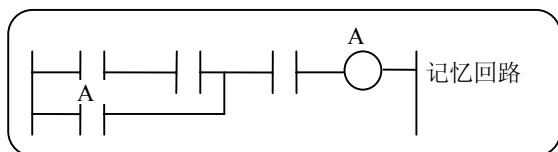
1. 容易作成复杂的条件回路。
2. 由于老的电气系统大多是继电器控制的，有继承性。

●缺点：

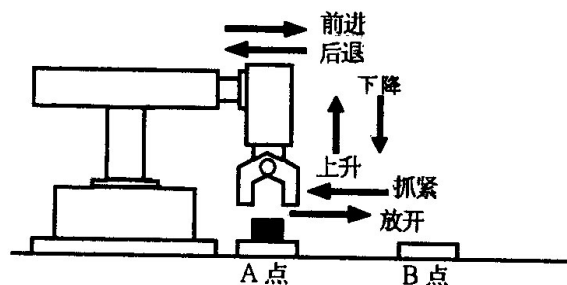
1. 要有一定的回路设计经验。
2. 由于程序不直接体现动作的流程，在调试、修改、维护时较难把握全部回路。
3. 从回路图难于看出动作过程。

●继电器回路不便进行工序管理

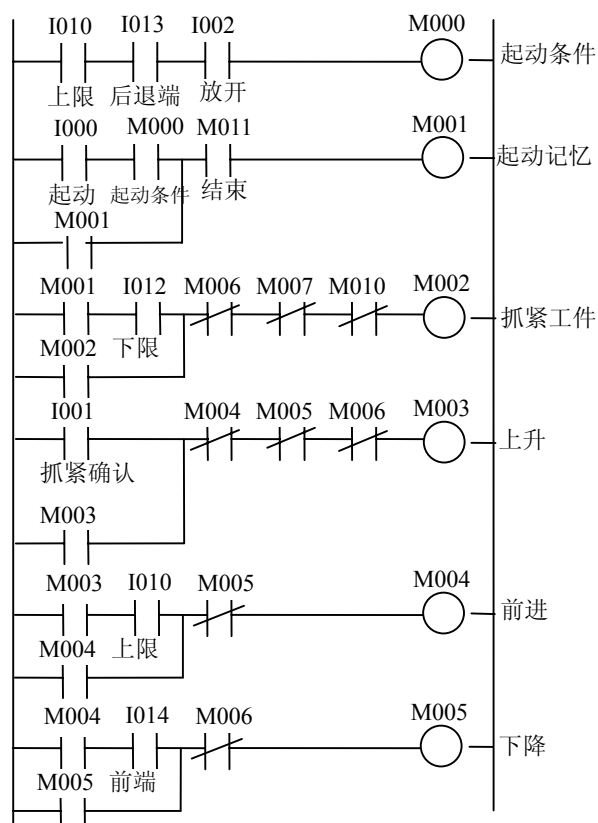
顺序控制是各种工序的组合。要知道现在进行哪个工序并在何时结束，需要有记忆功能，可是，继电器没有记忆功能，因此在继电器方式的场合，用自锁回路来进行记忆。



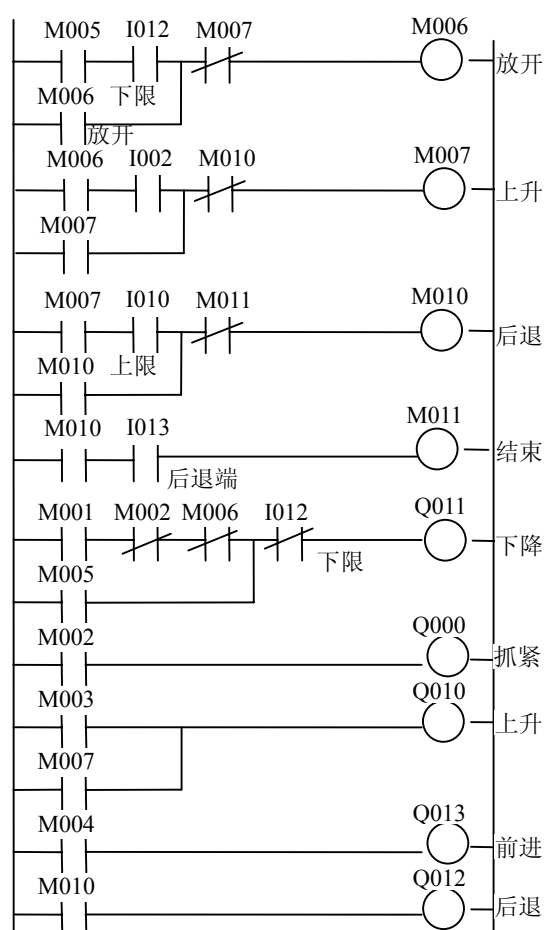
以右图的机械手为例
比较用梯形图式和级



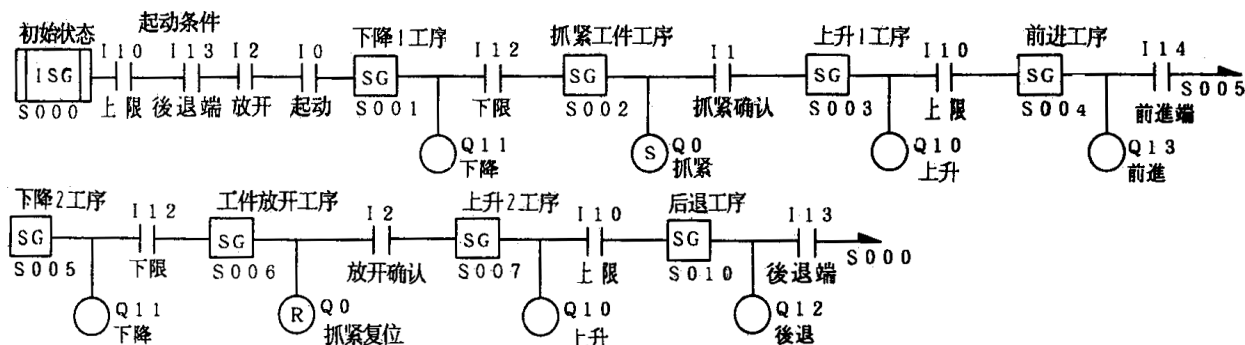
继电器符号式程序



继电器符号程序 ①自锁路等的设计较复杂，必须很熟练。
②回路中各工序不明确，从回路图中难以看出机械动作顺序。



级式程序



1-4. 级式的特长

级式程序有其它程序所没有的优点。

●可缩短设计时间

将复杂的条件控制，经过工序简单化的分解，容易理解。可缩短设计时间，变更功能，故障检查不必花费较多的时间。

●修改方便

按照每个工序的动作进行编程，不需要对复杂的条件进行分析，修改方便。

●程序容易理解

由每级工序的输出和转移条件组成单纯的程序，对应于机械的每步动作，然后组成整个程序，这样的程序很容易理解、分析。

●程序差别少

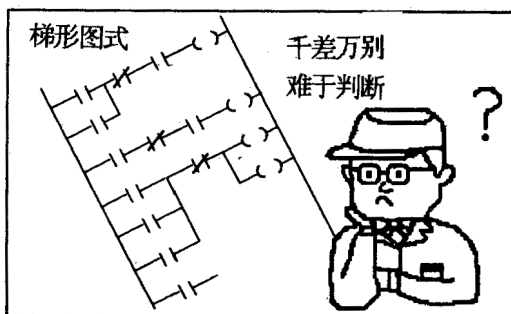
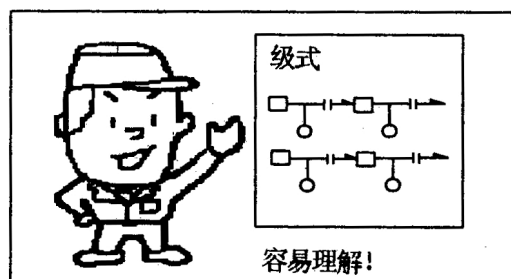
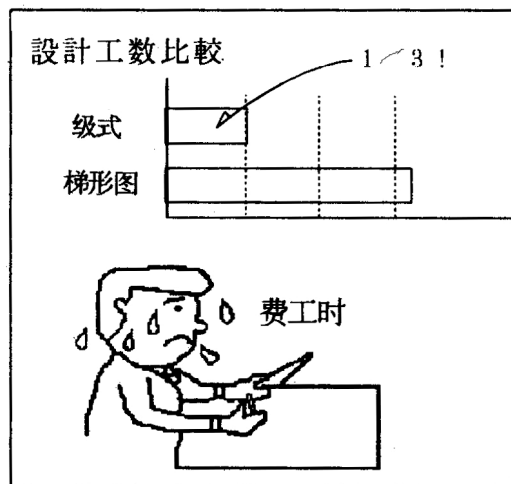
由于直接根据装置的每工序动作进行编程，所以编写出的程序人为差别较少，统一性强。

●不需要继电器控制的专家

由于编制程序只需把装置的动作顺序，加上每步工序的必要条件所构成的程序单元组合起来，所以即使不是继电器控制专家也能设计，另外，随着计算机的广泛使用，不熟悉继电器控制的越来越多，对于这些人，级式语言很快就能熟悉。

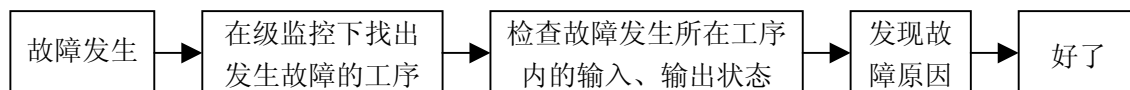
●系统调试快

程序的每部分清晰、明了，能很快发现不正确的动作、状态，程序的修正，追加很容易。调试轻而易举地完成了。

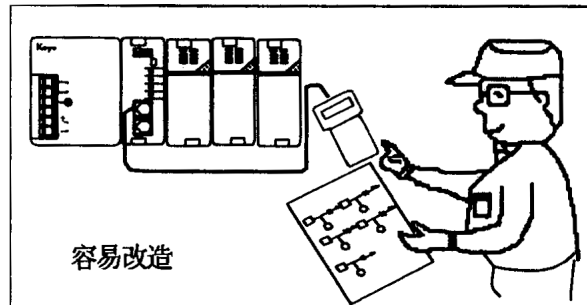


●维护检修方便

机械故障是避免不了的——但是，在级式语言编制的程序中，可很快查出故障所在。



检查 1 个级中的输入与输出，直接找出故障原因。



●动作的变更、追加等的修改容易

要改变机械动作时，梯形图改造很困难，即使改变一部分也要影响全体，如果用级式语言，则不影响其它部分。

●缩短扫描时间

在程序执行时，只扫描需要动作的那些级，不动作的级不扫描，可大大地缩短扫描时间。

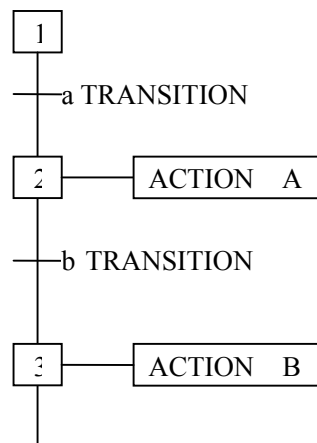
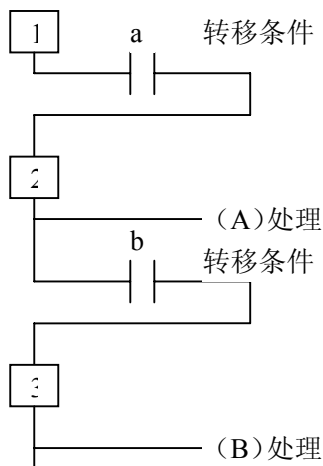
参考：SFC与级式

SFC（顺序流程图）是 IEC 标准的一种 PLC 程序方式，在欧洲开发，是基于工艺流程的高级语言。把级式语言与 SFC 作一比较，两者是以同一设计思想开发的程序方式。

所以 级式=SFC

●SFC 的基本动作

SFC 和级式完全按以下相同动作进行。



●SFC 与级式的优劣

根据上述，SFC 与级式的动作基本相同，两者是否存在差别呢？

级式更具优点。因为，SFC 完全由图示表现功能动作，PLC 内部的实际程序与图示控制程序没有 1: 1 对应关系。

与此相反，级式动作图表现的功能动作与内部程序 1: 1 对应，级的诸多特长，从这点反映出来。所以说，SFC 化的级式语言是最好的 PLC 编程方式。

1-5. 支持级式程序的 PLC 型号

下列 PLC 均可以用级式语言编程，也可以用梯形图语言编程，或两种语言混用：SG-8、SU-6、SU-5、SZ-4、SZ-3、SL-4、SE-22、SE-11。其中 SE-22、SE-11 在表示方法上与前几种略有不同，有关内容请参阅附录的介绍。

在本书正文中的程序例子，均以 SG/SU/SZ 系列的表示方法为例。

2. 级式程序

2-1. 级式程序

(1) 什么是级？

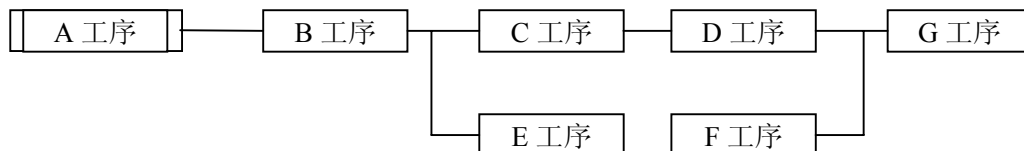
- 级是程序中决定各工序动作状态，工序转移的程序单元。

(2) 什么是级式程序？

- 级式程序语言，是由光洋电子独立开发的，最适合 PLC 控制的程序语言。
- 级式语言是面向工艺流程的可编程序控制器编程语言将控制过程按工艺流程分成若干动作工序，分别编制各工序的处理程序，并根据工序结束条件及工序转移方向，将这些处理程序连接起来，就是 2 级式语言。

(3) 这就是级式语言！

- 把各工序状态联接起来考虑。

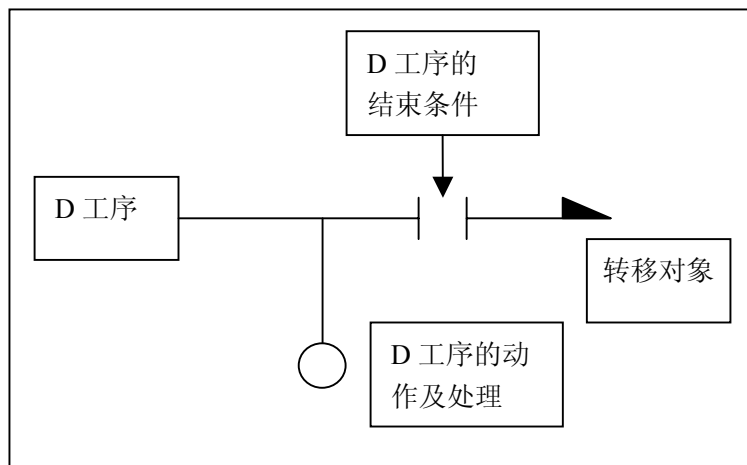


- 以动作工序为单位设计程序

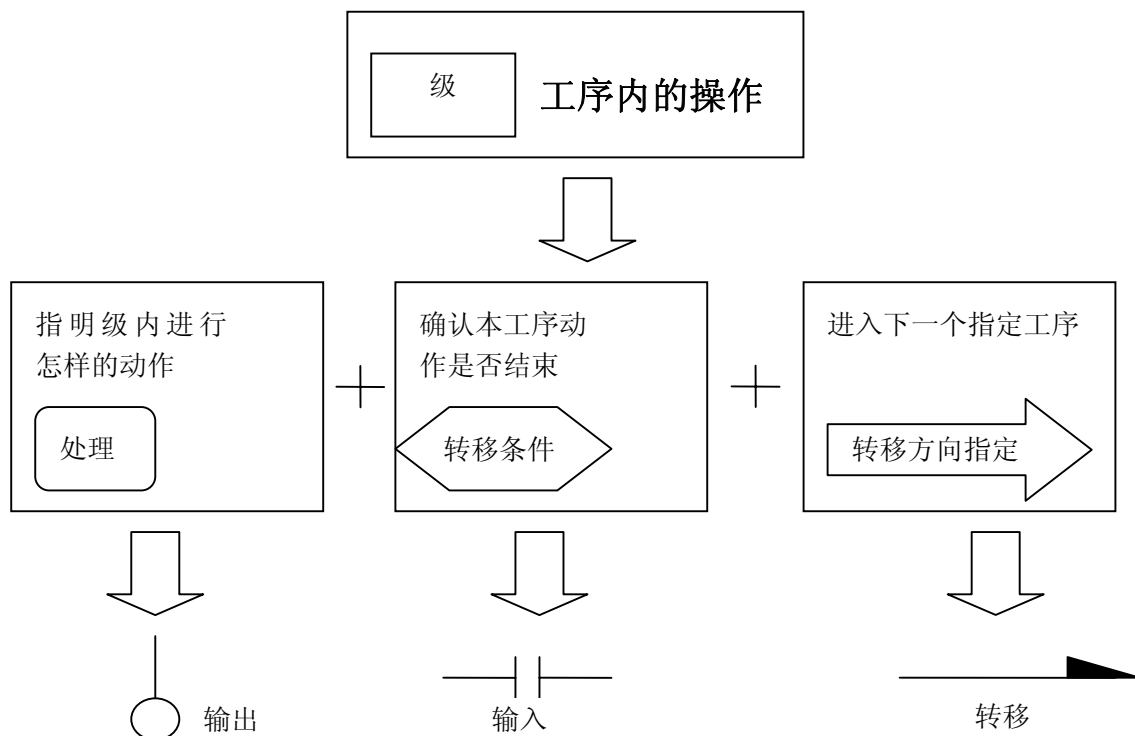
- 一个动作工序相当于一个级

- 在一个级中描述

- ① 这级中的动作和处理
- ② 动作结束的条件
- ③ 动作结束后的转向

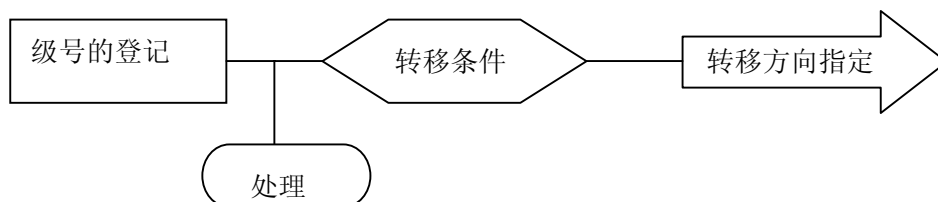


2-2. 级的基本形式



级由“各工序的处理”“转移条件”转移方向指定构成，是构成级式程序的基本单位。

●级内的构成



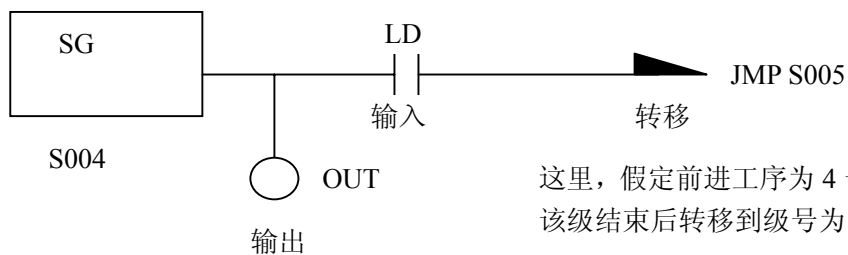
级号的登记：对各个程序级分别给予编号。动作中的级，其级号存储器为 ON，不动作的级，其级号存储器为 OFF。

处理内容：当本级为 ON 时，进行的动作内容。（输出）

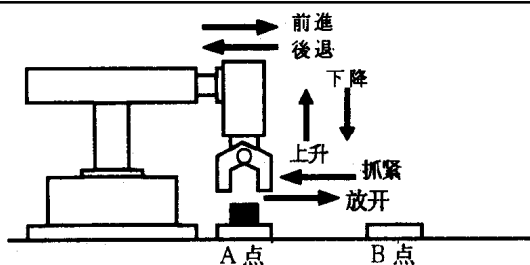
转移条件：表示向下一个级转移的条件。（输入）

转移方向指定：当转移条件成立时，指定向哪个级转移。（JMP）

●级式程序的基本形式



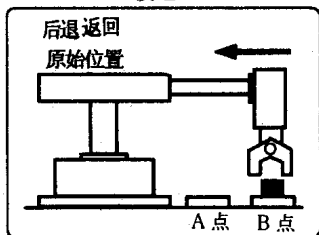
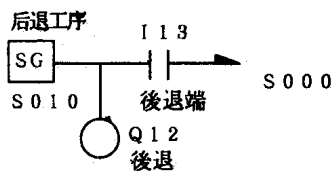
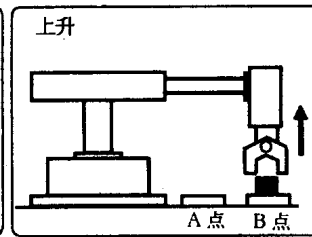
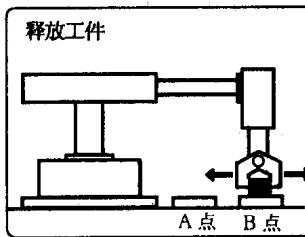
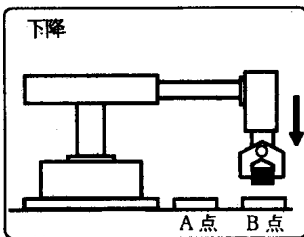
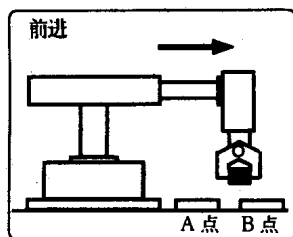
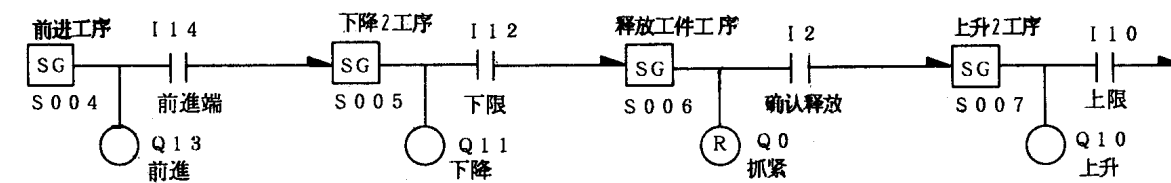
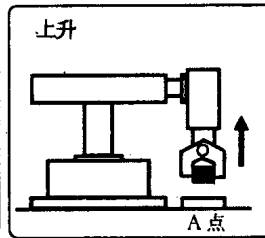
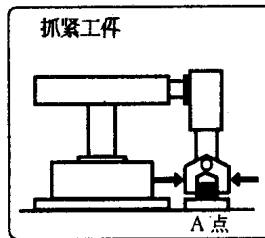
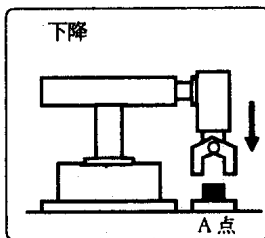
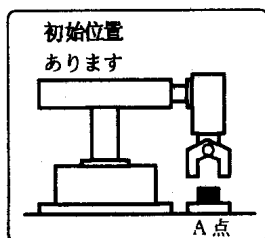
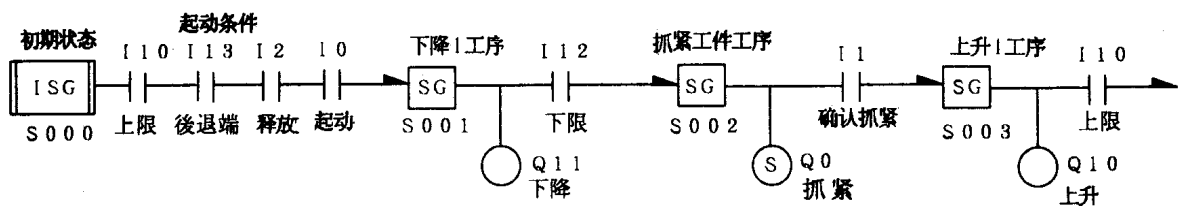
2-3. 级式的表示方法



左图为机械手的示意图。

该机械手可以执行“前进、后退”、“上升、下降”、“抓紧、放开”的动作。

该机械手把工件从 A 点移到 B 点的过程，可用以下的级式程序实现。



按照这样的级式来编程

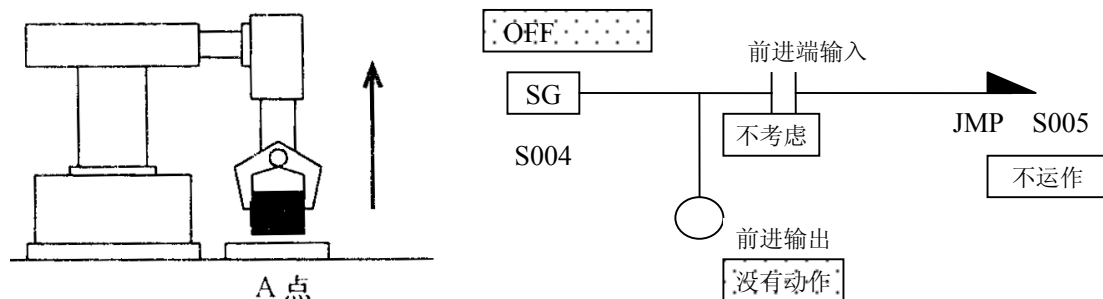
- 机械动作可以表现为以上工序流程的组合。进行到某一工序时，其它各工序停止工作。应该按顺序从初始状态开始控制。
- 在加路图中表现机械动作流程，并可直接编程。
- 任何人都能读懂回路图。
- 编程时，因人而异的差别小。

级式语言是实现控制的理想的编程语言。

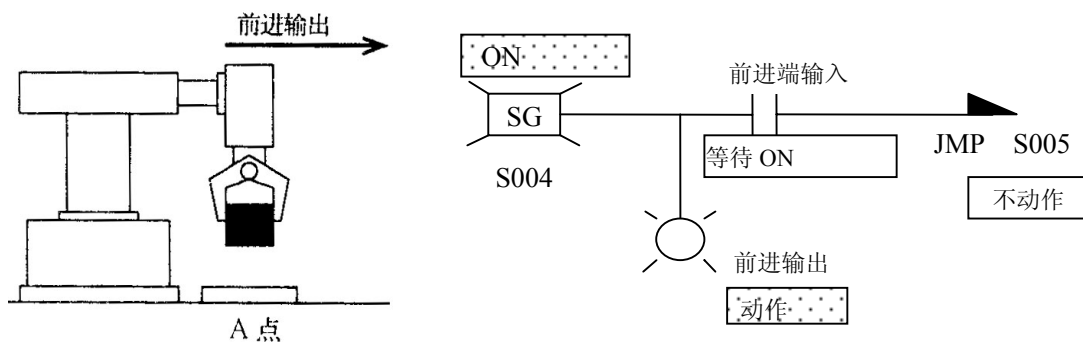
2-4. 级的动作

从前进工序的例子中，可知道级是怎样动作的。

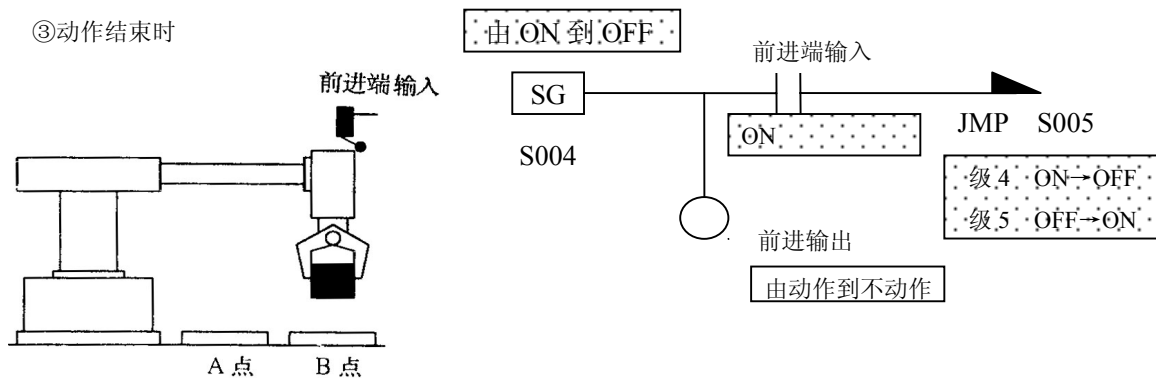
①级还没有 ON 时



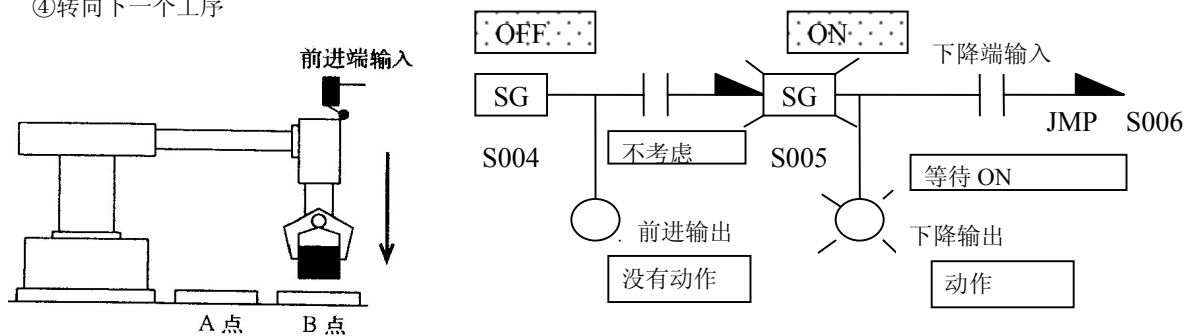
②级 ON 时



③动作结束时

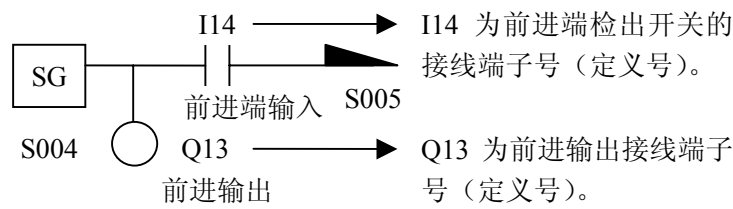


④转向下一个工序

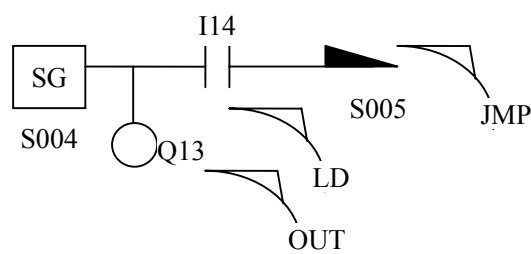


2-5. 级的基本指令

指令语由指令+定义号（功能存贮器号）组成。



上图为级式的动作图。
从这个动作图，可使用相对应的符号指令向 PLC 中写入程序。



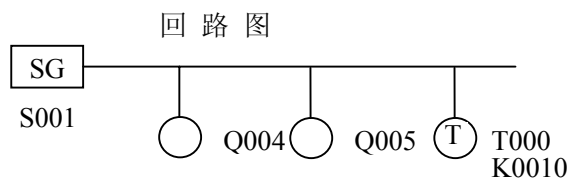
分类	指令语
登记指令	SG 级号 S□ □ □
处理指令	OUT 输出号 Q□ □ □
条件指令	LD 输入号 I□ □ □
转移指令	JMP 级号 S□ □ □

程序按顺序输入

- 1 SG S4
- 2 OUT Q13
- 3 LD I14
- 4 JMP S5

2-6. 级内可执行的处理

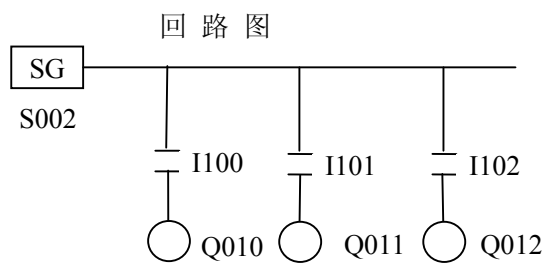
(1) 多路处理



指令语	
SG	S001
OUT	Q004
OUT	Q005
TMR	T000 K0010

这个处理的数量没有限制。
另外，处理对象不限于输出，也可以是定时器，计数器等。

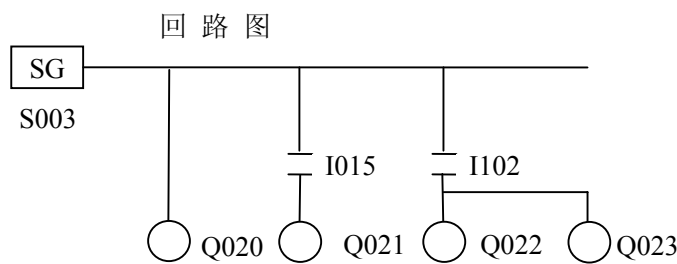
(2) 条件处理



指令语	
SG	S002
LD	I100
OUT	Q010
LD	I101
OUT	Q011
LD	I102
OUT	Q012

这个条件处理的数量不受限制。

(3) 无条件处理，条件处理的组合



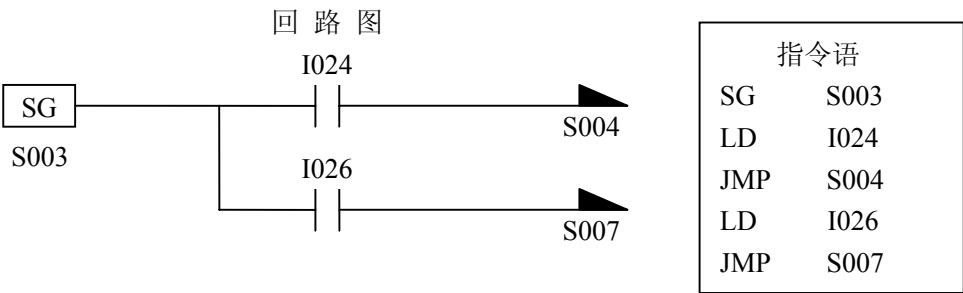
指令语	
SG	S003
OUT	Q020
LD	I015
OUT	Q021
LD	I102
OUT	Q022
OUT	Q023

在无条件处理和条件处理组合使用的场合，
编程时，先进行无条件处理。

2-7. 级的分支与合流

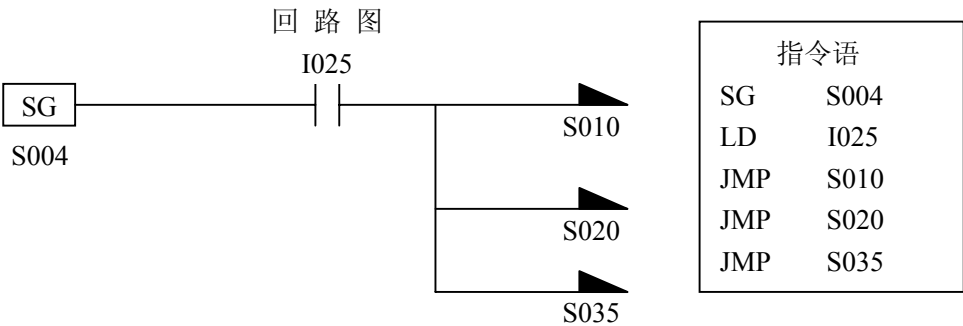
(1) 根据条件，转移到不同的指定级（条件分支）

分支数不受限制
多个条件同时成立的场合，同时转移到多个级。



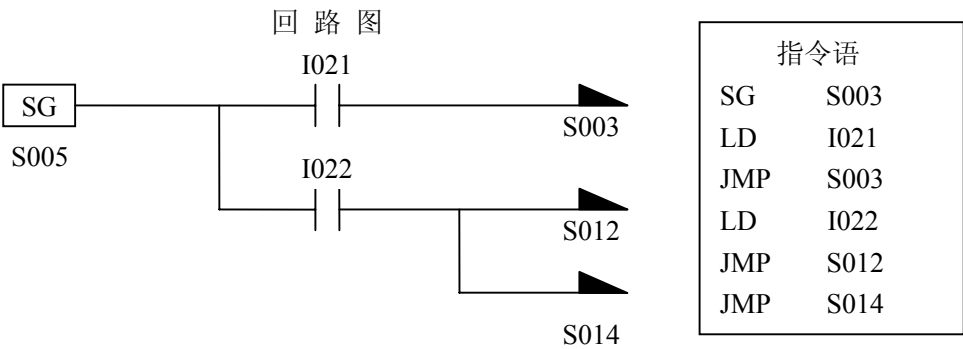
(2) 同时转移多个级（并列分支）

如果转移条件成立，可同时转移到指定的级。分支数没有限制。



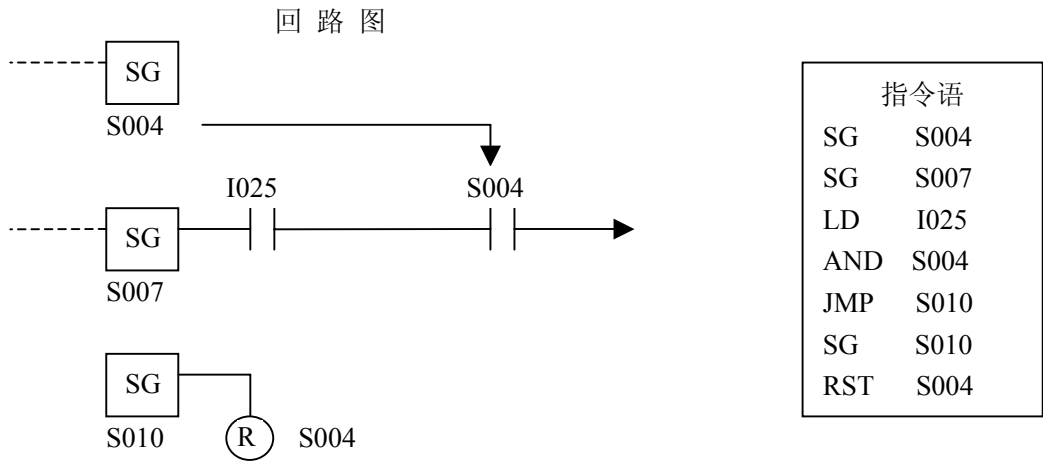
这动作是当级 4 为 ON 时，如果输入 I25 为 ON，则级 4 变为 OFF，级 10，20，35 同时变为 ON。

(3) 并列分支与条件分支的组合



(4) 级的合流

多个级为 ON 后，就转移到下面的级。

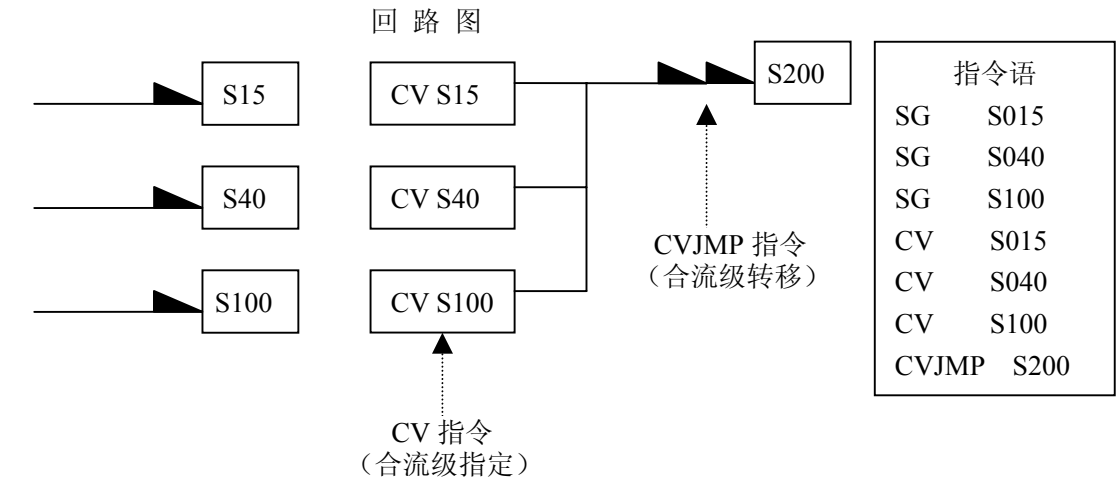


这个动作：当级 7 为 ON 时，如果输入 I25 和级 4 也为 ON，则级 7 变为 OFF，级 10 变为 ON，级 10 变为 ON，则级 4 为 OFF。

由上图，级的合流必须把需合流的全部级作为条件为 ON，转移后，被合流的全部级，用复位指令分别复位。

(5) 级合流指令

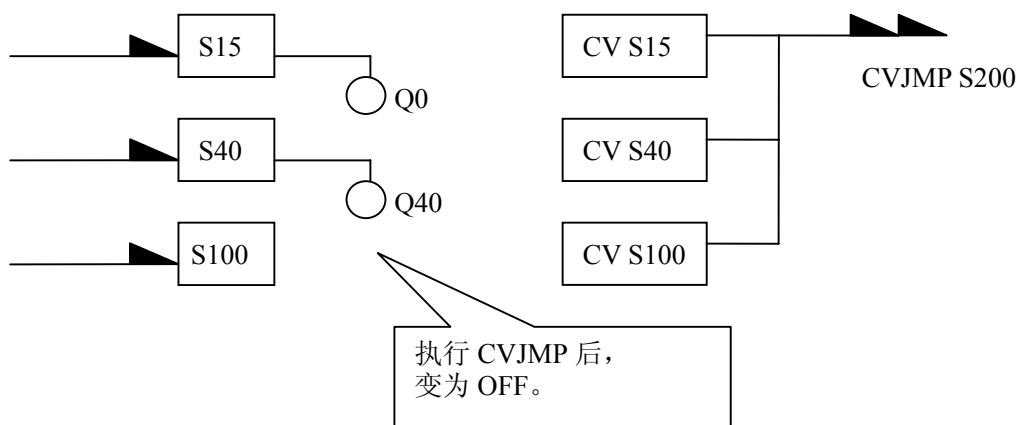
要达到上述级合流目的，也可使用合流指令 CV、CVJMP 形如下图所示。



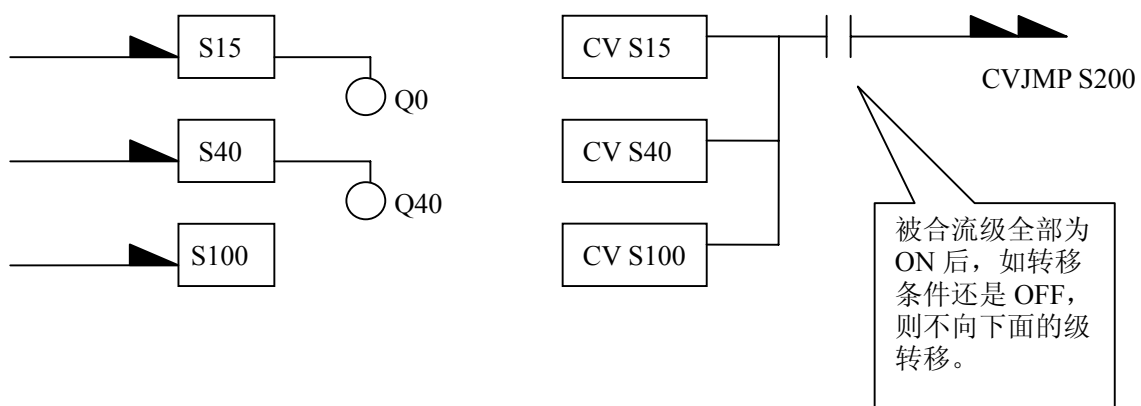
各流的最终级（S15、S40、S100）全部为 ON 时，实现转移，级 S200 变为 ON。
合流指定的各控制的最终级（S15、S40、S100）在 CVJMP 指令执行后，自动复位。

(6) 合流中，可使用级的处理。

但是，执行 CVJMP 指令后，由于级复位，处理也变为 OFF。



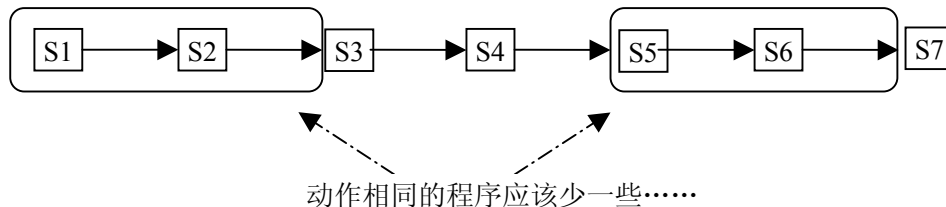
(7) 在 CVJMP 指令的前面，也可以加入转移条件。



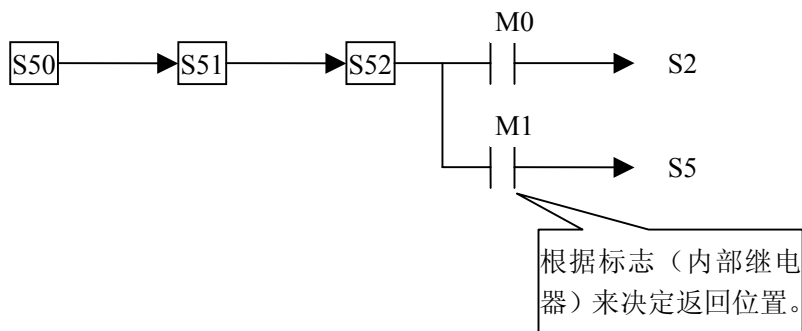
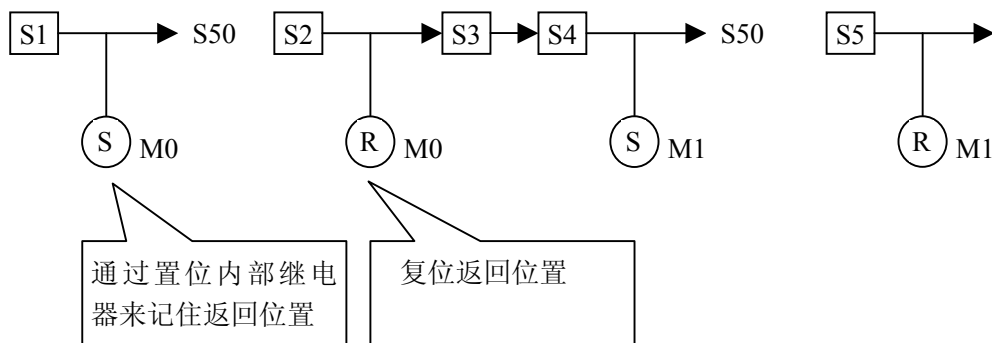
2-8. 级块处理指令（BREQ、BSTART、BEND）

- (1) 在程序中，可能会有在一次动作循环中有相同的动作要多次执行，遇到这种情况，可将相同的程序多次重复书写。如想缩短程序可以将重复的动作单独编制，通过设置内部继电器的状态来控制转移，当然这需要一定的技巧。为使处理程序简化，可使用级块处理指令。

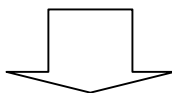
1) 多次书写相同程序的场合



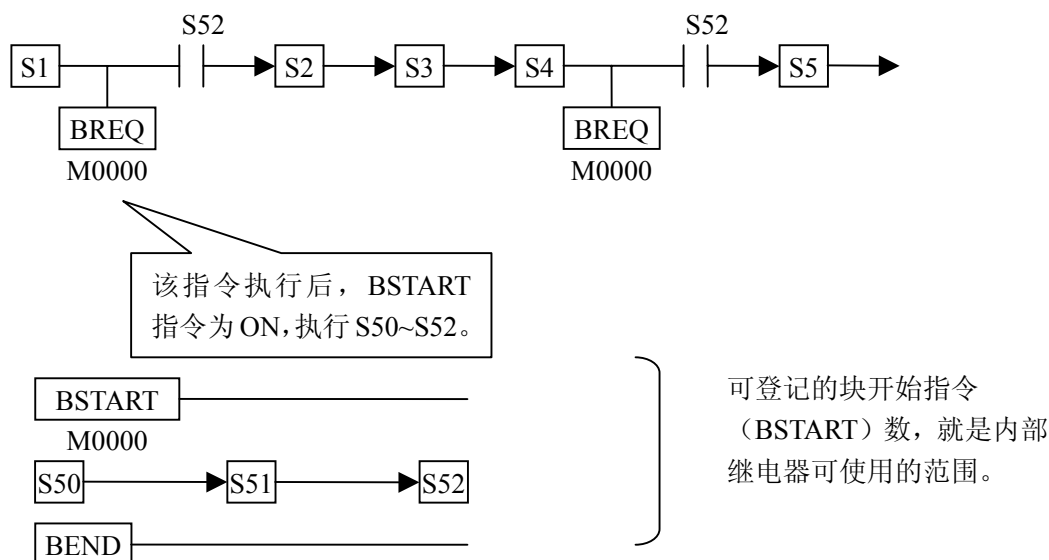
2) 由内部继电器来决定转移地点



程序复杂，理解困难……



为了简单实现这些处理，增加了 BREQ、BSTART、BEND 指令。
如把上面这样的回路用块请求指令，就得到容易理解的回路图。



（2）在前述级块处理指令中。

BREQ $M \times \times \times \times$ 在级块请求指令，当其执行条件 $OFF \rightarrow ON$ 时（即上升沿），指定的内部继电器 $M \times \times \times \times$ 转为 ON，作为由同一 M 号定义的级块执行的条件。

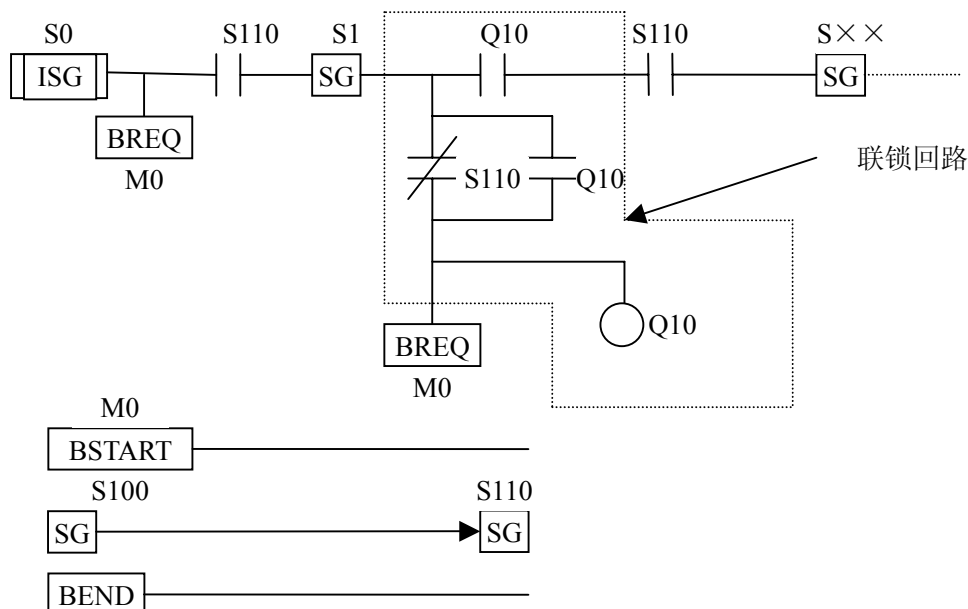
BSTART $M \times \times \times \times$ 为级块开始指令，当 $M \times \times \times \times$ 由 OFF 转为 ON 时，BSTART~BEND 之间的级块执行一次。

BEND 为级块结束指令，执行到该块的 $M \times \times \times \times$ 的状态自动转为 OFF。

当 $M \times \times \times \times$ 由 $ON \rightarrow OFF$ 时（下降沿），相应的级块内的级全部被置为 OFF。

（3）在 PC 的一个扫描周期内，同一个级块不能连续使用。因此在连续使用的场合有必要加入下面的联锁回路（隔 1 个扫描周期后进行级块请求）。

例



2-9. 级式的指令

(1) 级登记

指令	级号	符 号	功 能
ISG S △△△△ (初始级)		ISG S △△△△	RUN 开始时，为 ON 的级。
SG S △△△△ (级)		SG S △△△△	RUN 开始时，为 OFF 的级。

(2) 转移

指令	级号	符 号	功 能
JMP S △△△△ (跳转)		 S △△△△	条件成立时，跳转到指定的级。
NJMP S △△△△ (非跳转)		 S △△△△	条件不成立时，跳转到指定的级。

(3) 合流级指定/转移

指令	级号	符 号
CV S △△△△ (合流)		CV S △△△△
CVJMP S △△△△ (合流跳转)		 S △△△△

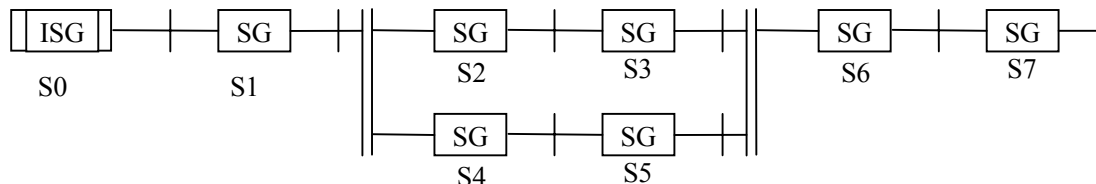
(4) 级块

指令	内部继电器号	符 号
BREQ (块请求)	M △△△△	BREQ M △△△△
BREQ (块开始)	M △△△△	BSTART M △△△△
BEND (块结束)		BEND

2-9-1. 级登记指令

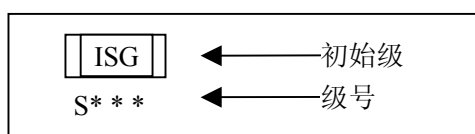
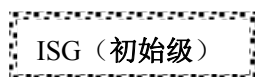
①级号的分配

根据 PC 机种，可以使用的级的总数和号码是确定的。设计时，级号的分配不要重复。

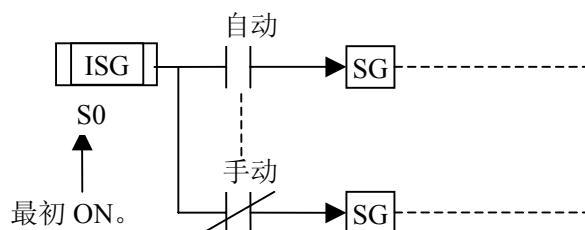


这时，如果不重复使用相同的级号，号码顺序可任意。

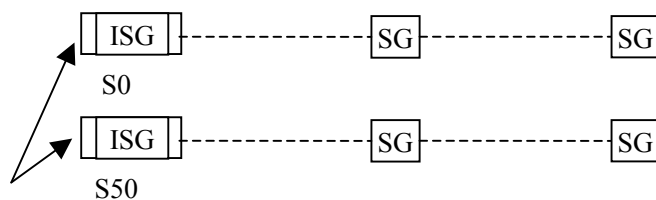
②初始为 ON 的级



用 SG 指令编程的级指令，是由别的级的转移指令置为 ON，但最初（通电或置为 RUN 为方式时）不为 ON。因此，程序里最初要置为 ON 的级，不是用 SG 指令而是用 ISG。

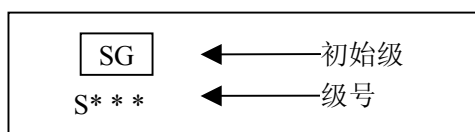


这 ISG 指令最初置为 ON 以外，其它的功能同 SG 指令一样。另外，ISG 指令在程序中使用多少个没有限制（注意号码不要重复）。



最初，两个同时为 ON。

③根据转移指令为 ON 的级



用来自于其它级的转移指令，置为 ON 的级。

2-9-2. 级的基本形式

①输出指令

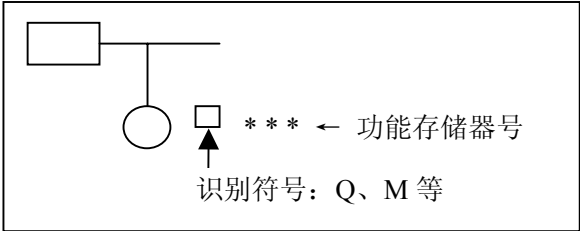
OUT

对象功能存储器

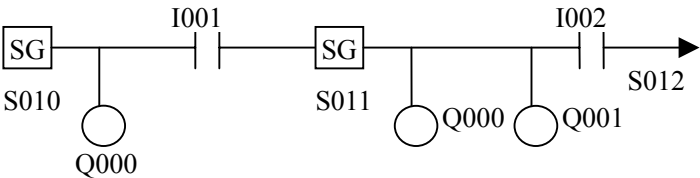
I: 输入继电器（实际安装使用的输入除外）

Q: 输出继电器

M: 内部继电器



该指令在通过输出模块驱动外部装置和使内部继电器动作的场合使用。在级为 ON（带有条件的场合，该条件也为 ON 时），输出动作也为 ON。另外，同一输出指令可以在不同的级中重复使用（梯形图式只能用 1 次）。当级为 OFF 时，输出就自动变为 OFF，不必用互锁回路。



如果级 S10 转移了，想要保持 Q0 的输出，则需在下一级 S11 中加上 Q0 的输出。

指令语
SG S010
OUT Q000
LD I001
SG S011
OUT Q000
OUT Q001
LD I002
JMP S012

SET/RST

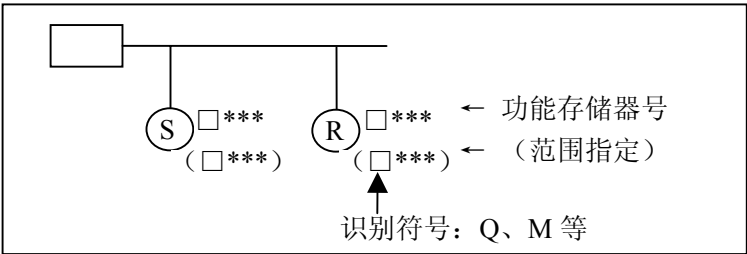
对象功能存储器

I: 输入继电器（实际安装使用的输入除外）

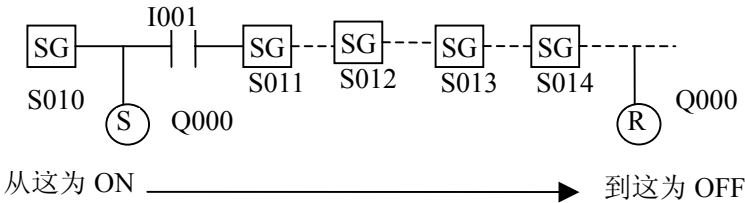
Q: 输出继电器

M: 内部继电器

S: 级



这两个指令是作为自保继电器输出使用的指令，当功能存储器被 SET 指令置为 ON 后，其 ON 状态将保持，必须由 RST 指令使其 OFF。



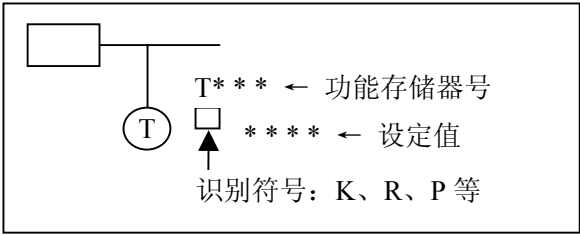
另外，SET 指令和 RST 指令可以重复使用相同的输出

指令语
SG S010
SET Q000
LD I001
SG S011
SG S012
SG S013
SG S014
RST Q000

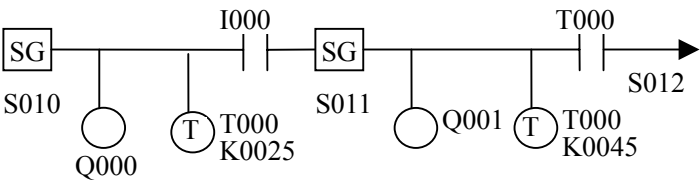
②定时器动作指令

TMR（定时器）

其它定时器指令
HTMR（0.01 秒定时器）
ATMR（0.1 秒累积定时器）
AHTMR（0.01 秒累积定时器）
ATMR 和 AHTMR 需要复位条件。



该 TMR 指令，级为 ON 后（附有条件的场合，该条件也为 ON 时），以 0.1 秒为单位，加至经过值最大为 999.9 秒。如果级变为 OFF 或条件变为 OFF，则定时器经过值归零。定时器指令，在不同时为 ON 的级中，同号的定时器可以任意使用。



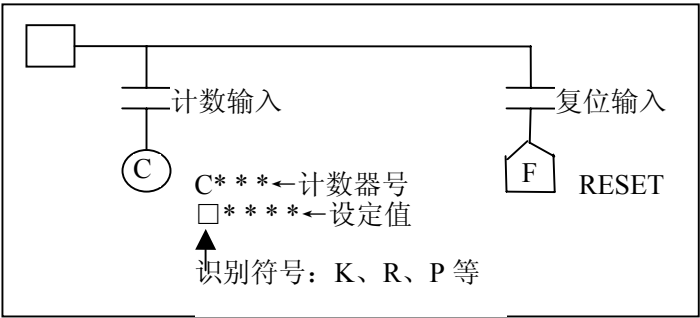
指令语
SG S010
OUT Q000
TMR T000 K0025
LD T000
SG S011
OUT Q001
TMR T000 K0015
LD T000
JMP S012

该图的 TMR 0 在 SG10 为 ON 后，经过 2.5 秒，定时器接点接通(ON)，转移到 SG11，这时，TMR 0 从 0 开始，又以 0.1 秒为单位递增计时。

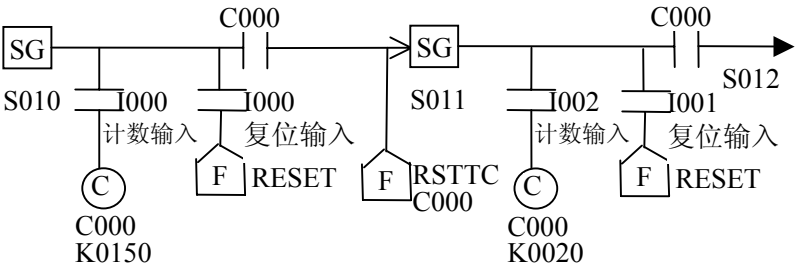
③计数器指令

CNT（计数器）

其它的计数器指令
GCNT（由其它复位）
UDCNT（加减计数器）
GCNT 必须用 RSTTC
指令来复位计数值



CNT 指令，当级为 ON 时，对输入条件由 OFF 变为 ON 的次数进行计数，最大可计数到 9999。通过复位输入及执行 RSTTC（复位、定时器、计数器）指令，使计数器的经过值为零。计数器指令，在不同时为 ON 的级中，同号的计数器可以任意使用。



指令语
SG S010
LD I000
LD I001
CNT C000 K0150
LD C000
RSTTC C000
JMP S011
SG S011
LD I002
LD I001
CNT C000 K0020
LD C000
JMP S012

2-9-3. 转移指令

①JMP 指令

JMP（跳转）

所属级为 ON，且转移条件成立时，ON 状态就从所属级转移到指定的级。

SG S010

OUT Q000

LD I000

(JMP S011)

SG S011

OUT Q001

LD I002

(JMP S020)

如转移级没有紧接着书写到后面不能省略 JMP 指令。

SG S010

OUT Q000

LD I000

(JMP S011)

条件一成立，就只转移到后面紧接着书写的级（S011）
的场合，可以省略 JMP 指令。

SG S010

OUT Q000

LD I000

(JMP S011)

SG S011

OUT Q001

LD I002

(JMP S020)

②NJMP 命令

NJMP（非跳转）

所属级为 ON，且转移条件不成立时，ON 状态就从所属级转移到指定的级。

SG S011

LD I002

JMP S020

LDN I002

JMP S030

SG S011

LD I002

JMP S020

LDN I002

JMP S030

SG S011

LD I002

JMP S020

LDN I002

JMP S030

SG S011

LD I002

JMP S020

LDN I002

JMP S030

如上图，转移条件为 ON 或 OFF 时，转移到不同级的场合，可以使用 NJMP 指令。

SG S011

LD I002

JMP S020

LDN I002

JMP S030

SG S011

LD I002

JMP S020

LDN I002

JMP S030

SG S011

LD I002

JMP S020

LDN I002

JMP S030

SG S011

LD I002

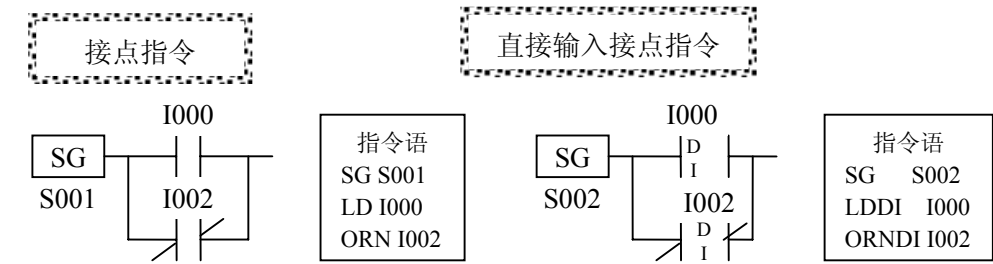
JMP S020

LDN I002

JMP S030

2-9-4. 条件种类

①输入状态

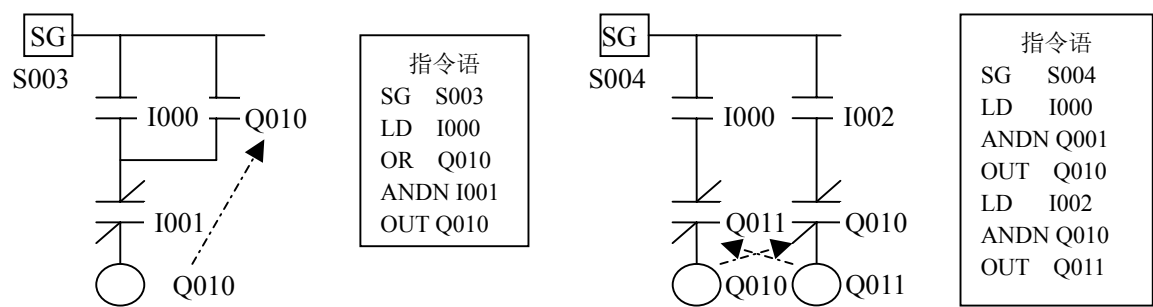


可把联接于输入模块上的操作开关和传感器等作为条件。该输入条件的号码可以重复使用，常开接点或常闭接点两个都可使用。

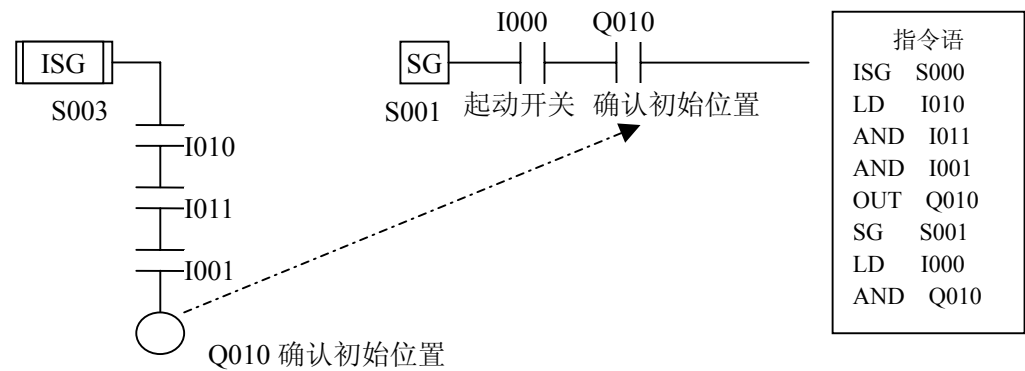
输入条件有在一次扫描中途不变化的通常的接点指令，也有在扫描过程中直接从输入模块读取输入状态进行处理的直接接点指令。

②输出状态

可以用输出的状态作为条件

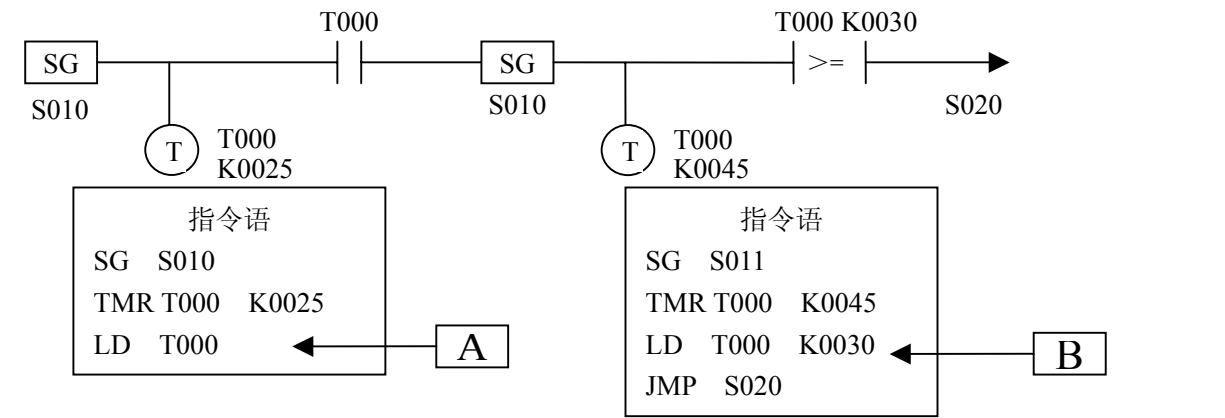


直接使用输出号，可用于手动程序的自锁和联锁等。



也可以作为一个中间继电器，在其它地方使用其状态。

③定时器/计数器接点指令



如上图所示，定时器及计数器的接点指令有二种。

A类，在接点旁没有设定值，定时器或计数器根据线圈旁的设定值动作。

该程序例中，2.5 秒时，接点变 ON，向 SG011 转移。

B类，在接点旁标注任意的设定值，与线圈旁标注的设定值没有关系，定时器或计数器只根据接点旁的设定值动作。

该程序例中，3 秒时接点变 ON，向 SG020 转移。

●对于 1 个定时器/计数器指令，可以使用任意个带有设定值的定时器/计数器接点 (**B**)。

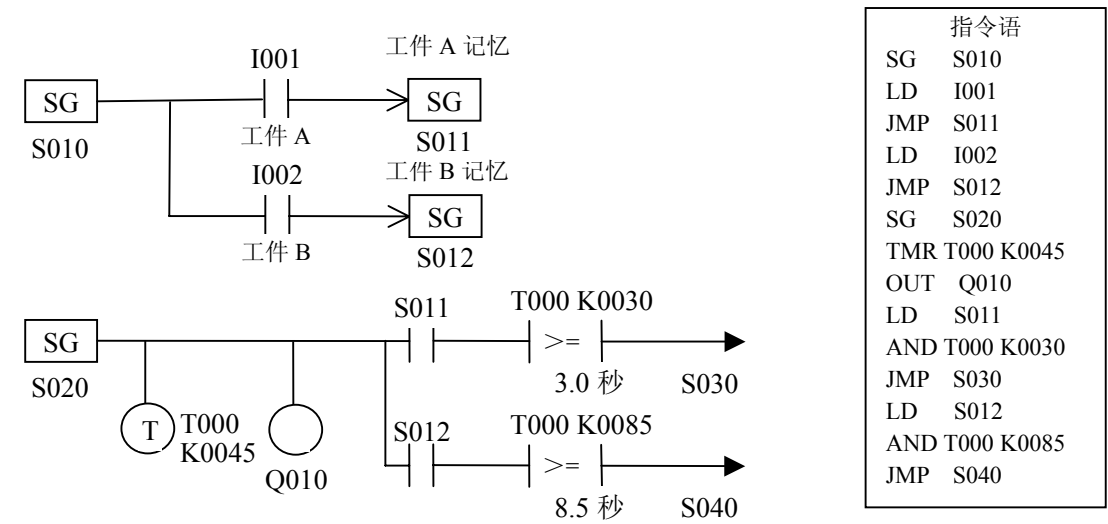
●带有设定值的定时器/计数器接点 (**B**) 的设定值可以分别自由设定。

●即使在写有定时器/计数器指令的级以外的级中，也可使用该定时器/计数器的接点。

●带有设定值的定时器/计数器接点 (**B**) 的设定值，可用常数指定，也可用寄存器指定。
(在指定的寄存器号中，存入设定值)。

④级的状态

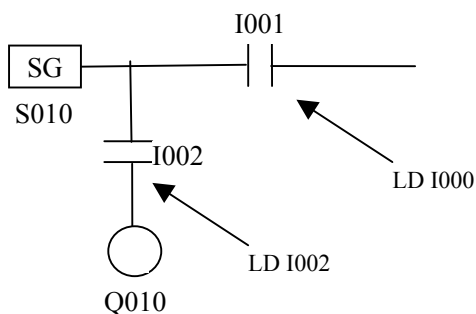
级的 ON/OFF 状态可作为条件。



上图是对不同种类的工作件，输出（Q010）的时间不同的例子。

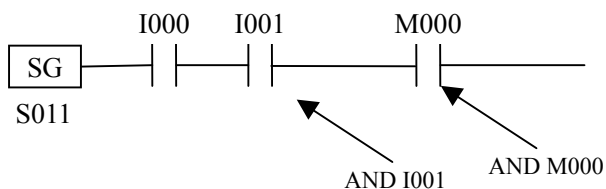
2-9-5. 条件的作成

①条件的开头用 **LD**（装入）指令



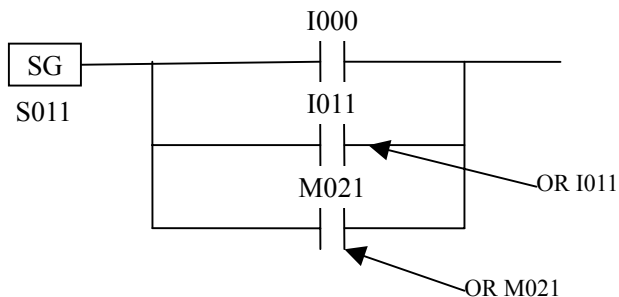
指令语	
SG	S010
LD	I001
OR	I002
OUT	Q010

②串联在前面接点上的条件接点用 **AND**（与）指令



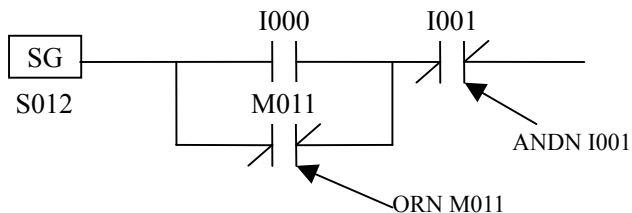
指令语	
SG	S011
LD	I000
AND	I001
AND	M000

③并联在前面接点上的条件接点用 **OR**（或）指令

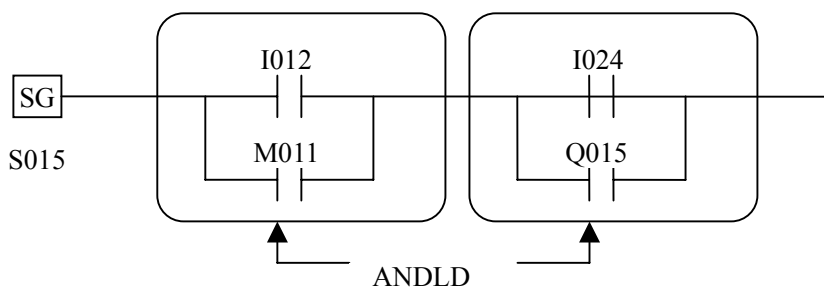


指令语	
SG	S011
LD	I000
OR	I011
OR	M021

④接点为 OFF 时，条件成立的场合，用在 LD、AND 和 OR 的后面加 **N**（非）指令。



指令语	
SG	S012
LD	I000
ORN	M011
ANDN	I001

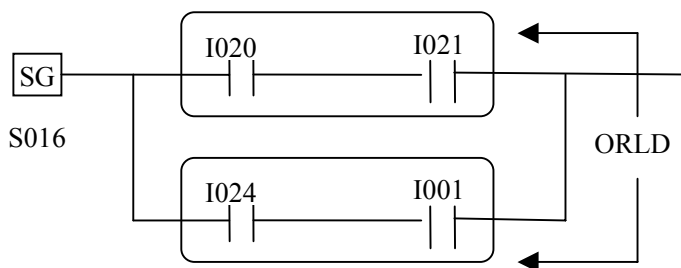
⑤回路块与回路块串联连接时，用 **ANDLD**

指令语

```

SG S015
LD I012
OR M011
LD I024
OR Q015
ANDLD

```

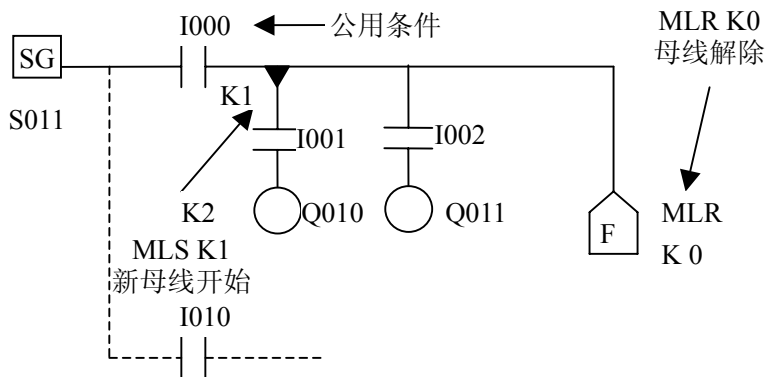
⑥回路块与回路块并联连接时，用 **ORLD** 指令

指令语

```

SG S016
LD I020
AND I021
LD I024
AND I001
ORLD

```

⑦当指定为公用条件时，用 **MLS**（母线开始）指令。当从公用条件退出时，用 **MLR**（母线解除）指令。

指令语

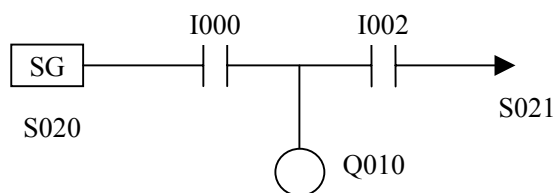
```

SG S011
LD I000
MLS K001
LD I001
OUT Q010
LD I002
OUT Q011
MLR K000

```

由于前面已经由 MLR K0 指令从公用条件退出，因此该 LD 指令是直接接在 S11 上的

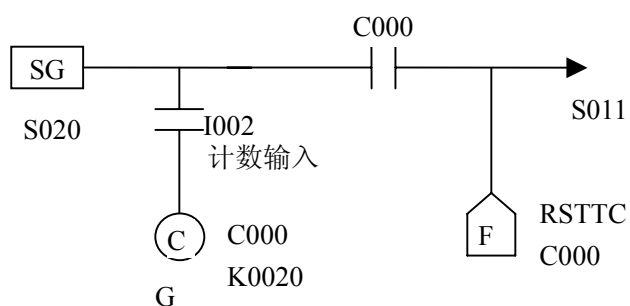
⑧条件的共用



指令语	
SG	S020
LD	I000
OUT	Q010
AND	I002
JMP	S021

此处 I000 是 OUT 指令与 JMP 指令的共用条件，在共用条件之后也可追加其它条件（此处为 I002）。

⑨同一条件中的处理与转移



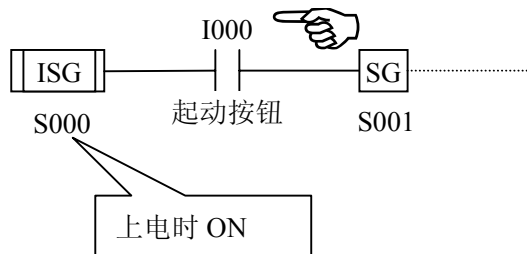
指令语	
SG	S010
LD	I002
GCNT	C000 K0020
LD	C000
RSTTC	C000
JMP	S011

即使对相同条件下的处理指令（此处为 RSTTC）和转移指令（此处为 JMP）进行编程。在 1 次扫描中可以进行处理，因此，象计数器复位这样一次扫描就执行完的指令，可使用这种方法。

3. 级式控制回路的基本设计例

3-1. 基本回路的构成

3-1-1. 启动回路



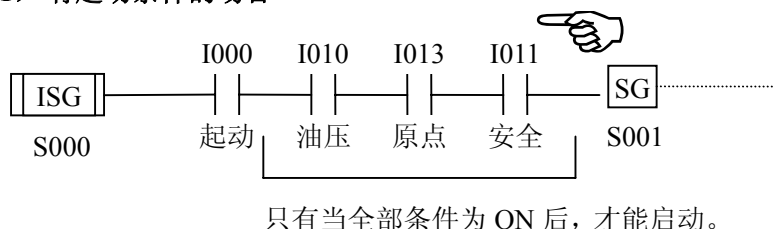
指令语

```
ISG S000
LD I000
SG S001
```

① 1 个程序内，至少必须有一个 ISG（初始级）。

② 该例中，实际控制从 SG1 以后开始。

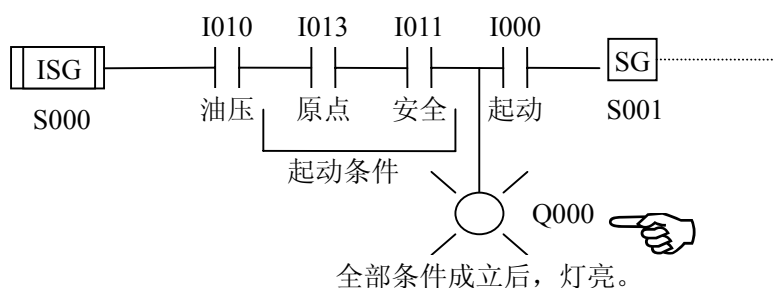
1) 有启动条件的场合



指令语

```
ISG S000
LD I000
AND I010
AND I013
AND I011
SG S001
```

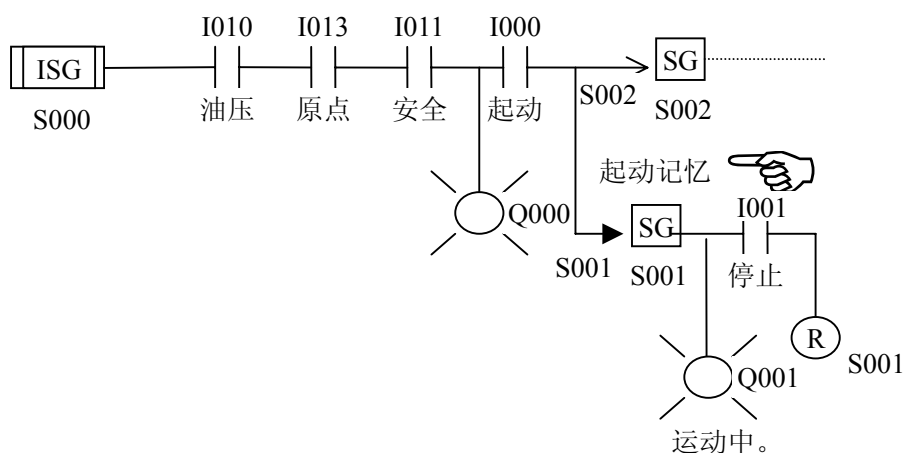
2) 启动条件确认的显示



指令语

```
ISG S000
LD I010
AND I013
AND I011
OUT Q000
AND I000
SG S001
```

3) 启动记忆（动作中的记忆）



指令语

```
ISG S000
LD I010
AND I013
AND I011
OUT Q000
AND I000
JMP S002
JMP S001
SG S001
OUT Q001
LD I001
RST S001
SG S002
```

3-1-2. 手动回路与自动回路

1) 自动——手动的切换（自动转换开关为 OFF 时，即为手动）。

该命令用于
返回手动后，
全工序复位。
指令语：
RST S001 S016

手动回路

自动回路

连续循环

指令语

```
ISG S000
RST S001 S016
LDN I000
JMP S001
LD I000
JMP S002
JMP S003
SG S001
OUT Q000
LD I002
ANDN I003
OUT Q031
LD I004
ANDN I005
OUT Q032
LD I000
JMP S000
SG S002
LDN I000
JMP S000
```

指令语

```
SG S003
LD I010
AND I013
AND I011
OUT Q001
AND I001
JMP S004
JMP S005
SG S004
OUT Q002
SG S005
OUT Q031

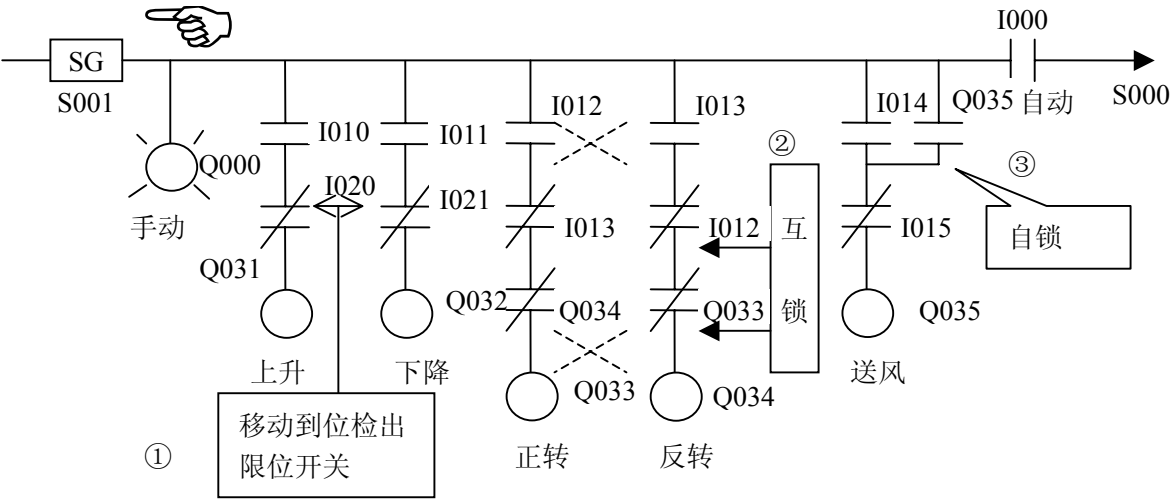
SG S016
OUT Q046
LD I004
MLS K001
LD I005
JMP S005
LDN I005
JMP S000
```

① 该回路是手动回路优先。在自动运行中，自动——手动切换开关变为 OFF，自动回路的级与输出立即变为 OFF。

② 为了开始自动运行，机械必须返回原位。

③ 先把连续循环开关置为 ON，就可以循环执行 SG5-SG16 间的自动工序，这期间自动运行指示灯亮。连续循环开关置为 OFF，自动工序在一个循环后结束，返回初始状态。

2) 手动回路：原则上，全部手动回路应都包括在 1 个级内。



- ① 在手动回路中加入限位开关，以便在移动到位置时停下。
- ② 正转、反转不能同时为 ON，二者可互为条件，组成互锁回路。
- ③ 利用自己的接点来保持输出，这样的回路称为自锁回路。
该例中，I014 为 ON，则输出 Q035 为 ON，这时，即使 I014 变为 OFF，Q035 用自身的接点保持输出为 ON，直到 I015 为 ON 为止。
- ④ 在级式中，只要级不同，就可以使用相同的处理（输出），因此，手动回路的处理（输出）只要考虑手动条件。

●手动回路的用途

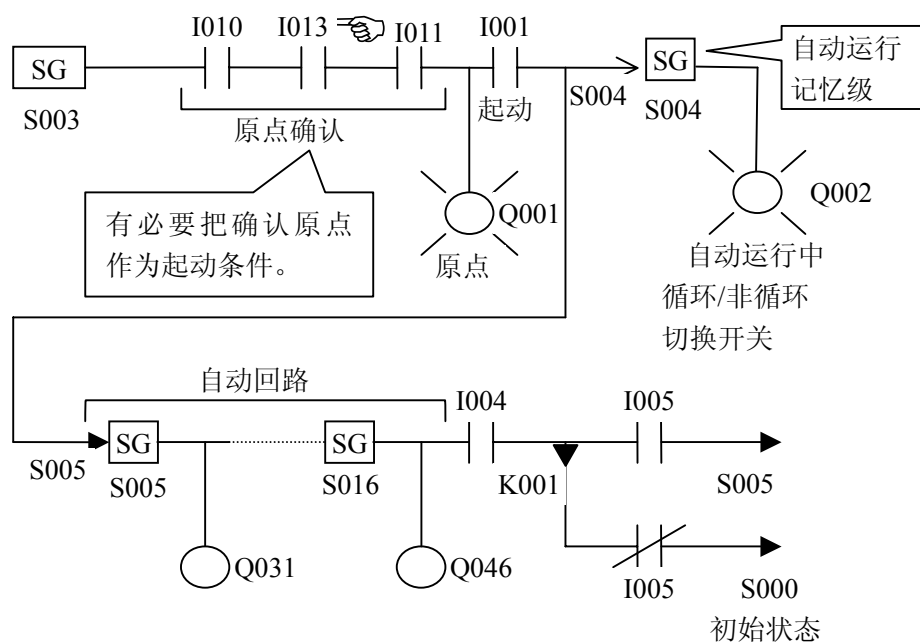
- ① 自动运行时，发生故障中途以便排除故障。
- ② 起动时，由于机械偏离了原点，造成不能起动时，由手动返回原点。（由自动也可返回原点）
- ③ 确认机械的动作状态。
- ④ 试运行，作调整。

指令语

```
SG S001
OUT Q000
LD I010
ANDN I020
OUT Q031
LD I011
ANDN I021
OUT Q032
LD I012
ANDN I013
ANDN Q034
OUT Q033
LD I013
ANDN I012
ANDN Q033
OUT Q034
LD I014
OR Q035
ANDN I015
OUT Q035
LD I000
JMP S000
```

3) 自动回路

● 确认原点



指令语

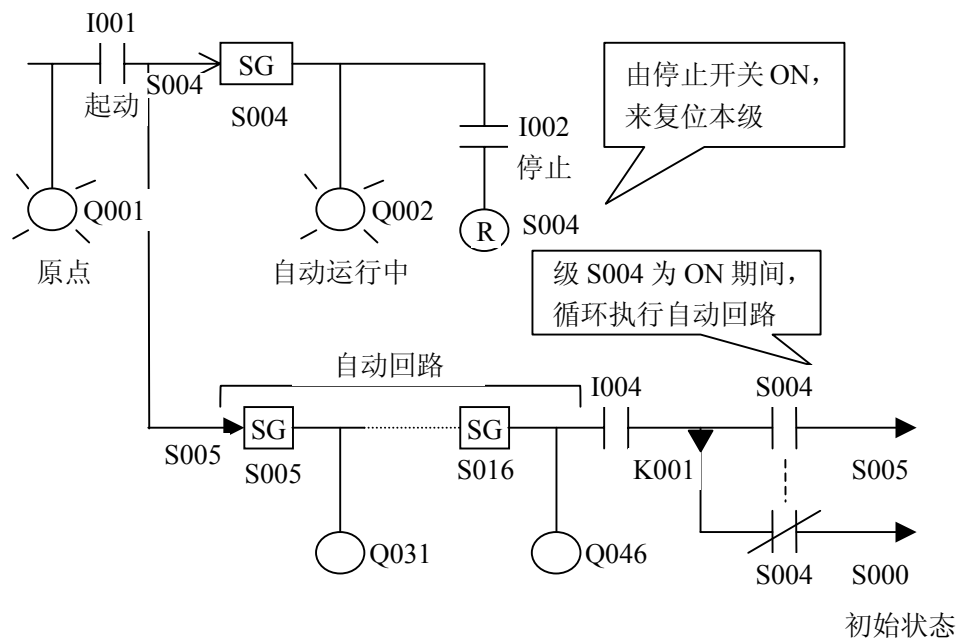
```

SG S003
LD I010
AND I013
AND I011
OUT Q001
AND I001
JMP S004
JMP S005
SG S004
OUT Q002
SG S005
OUT Q031
|
SG S016
OUT Q046
LD I004
MLS K001
LD I005
JMP S005
LDN I005
JMP S005

```

● 使用起动、停止开关时

起动开关为 ON，即开始连续循环，停止开关为 ON，循环结束，停止。

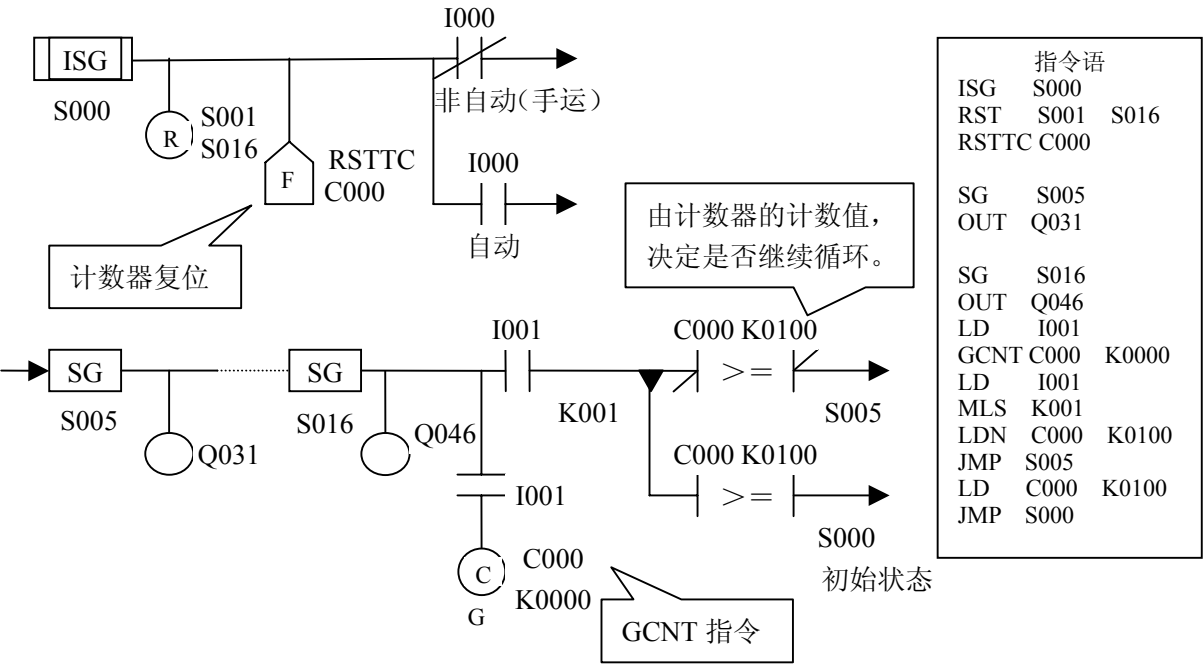


```

OUT Q001
AND I001
JMP S004
JMP S005
SG S004
OUT Q002
LD I002
RST S004
SG S005
OUT Q031
|
SG S016
OUT Q046
LD I004
MLS K001
LD S004
JMP S005
LDN S004
JMP S000

```

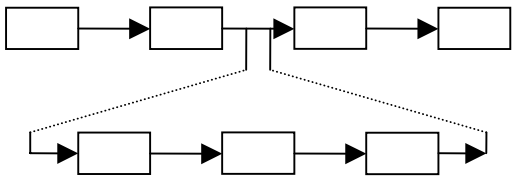
●决定自动循环的次数。 例：循环 100 次后，返回初始状态。



级 S000 对计数器 C000 的经过值复位。每次循环结束时，I001 输入 ON 计一次数，计数次数不到 100 时，JMP 到 S5 继续循环，达到 100 次时，JMP 到 S0。

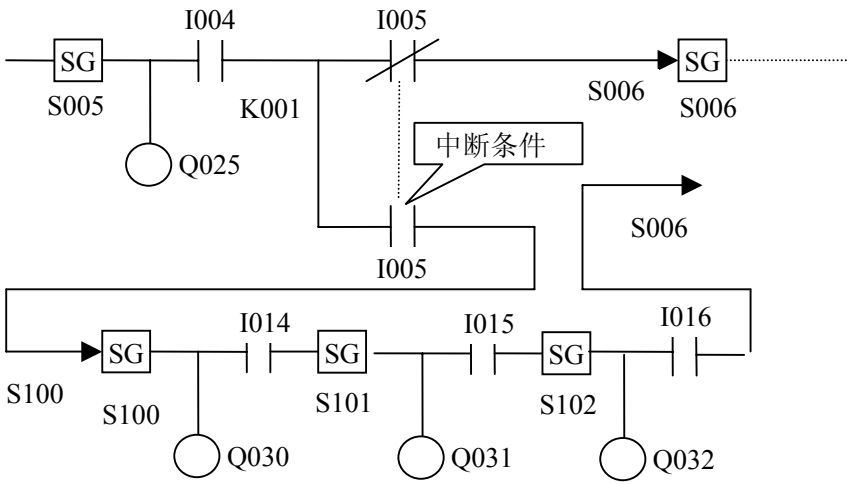
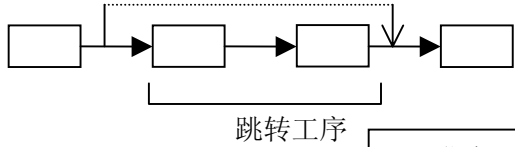
●中断与跳转

中断



中断与跳转本质是相同的。

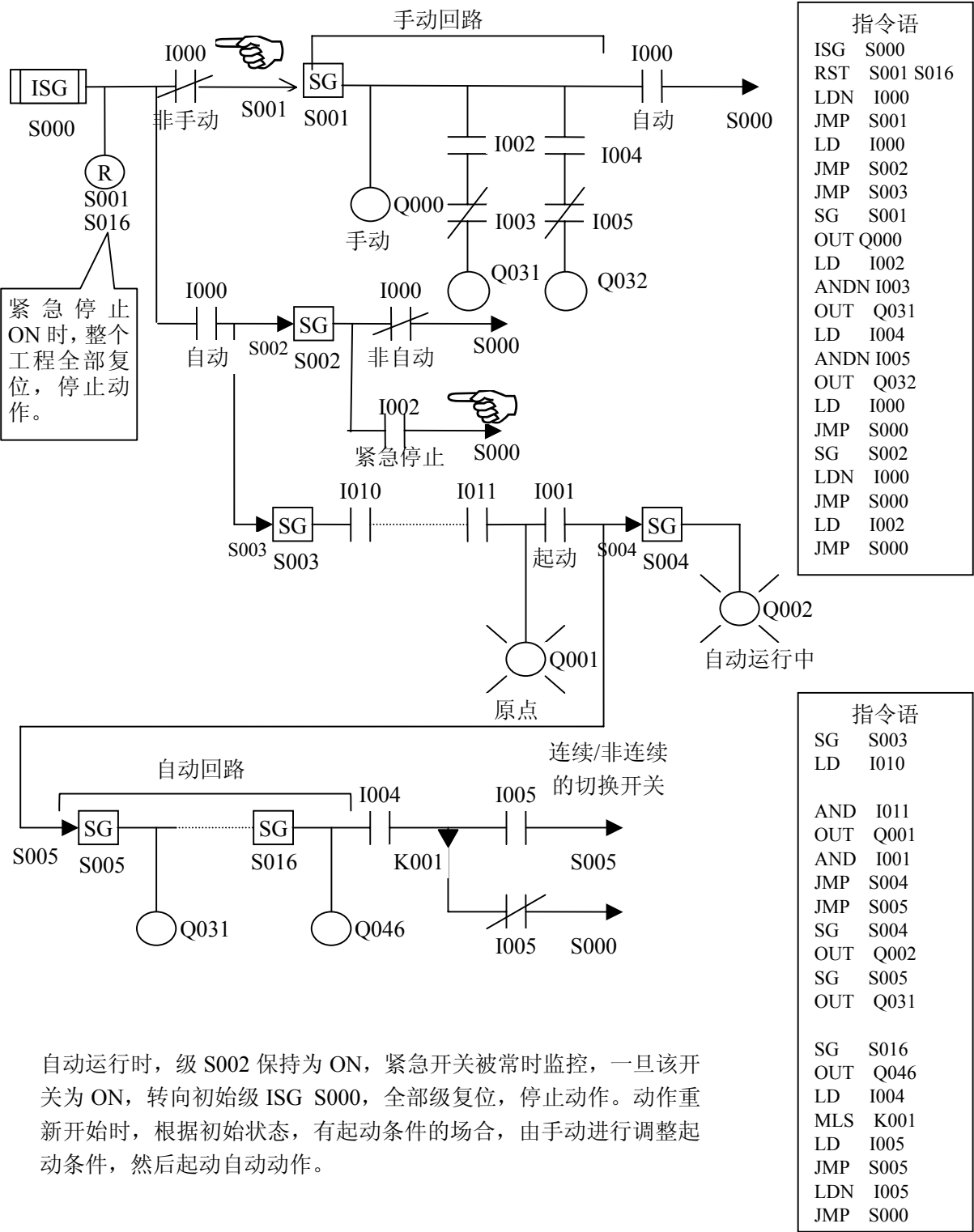
跳转



指令语	
SG	S005
OUT	Q025
LD	I004
MLS	K001
LDN	I005
JMP	S006
LD	I005
JMP	S100
SG	S006
SG	S100
OUT	Q030
LD	I014
SG	S101
OUT	Q031
LD	I015
SG	S102
OUT	Q032
LD	I016
JMP	S006

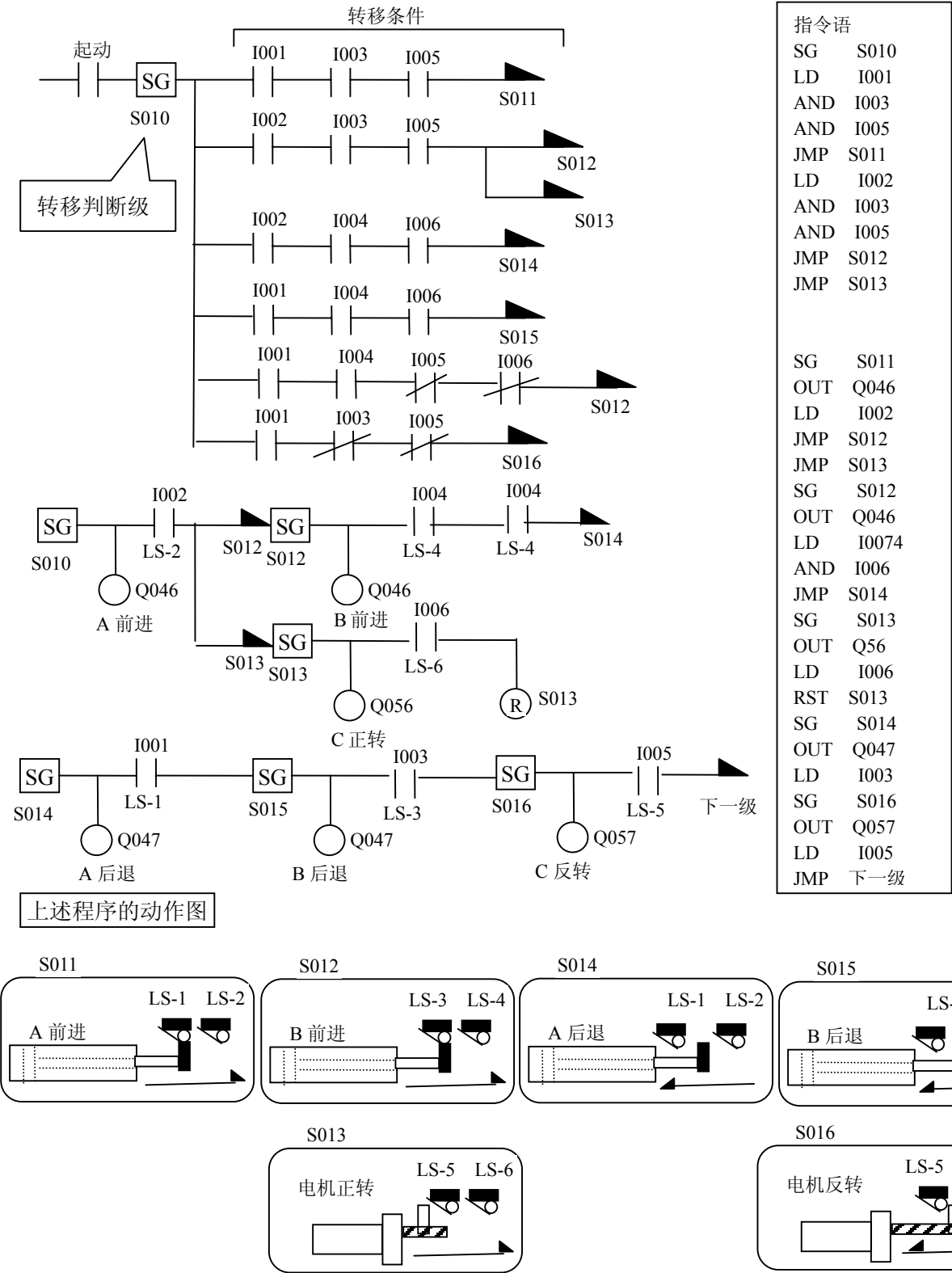
当级 S005 ON 和输入 I004 ON 时，由输入 I005 的 ON、OFF 的选择实行中断。

3-1-3. 紧急停止



3-1-4. 在中间工序起动

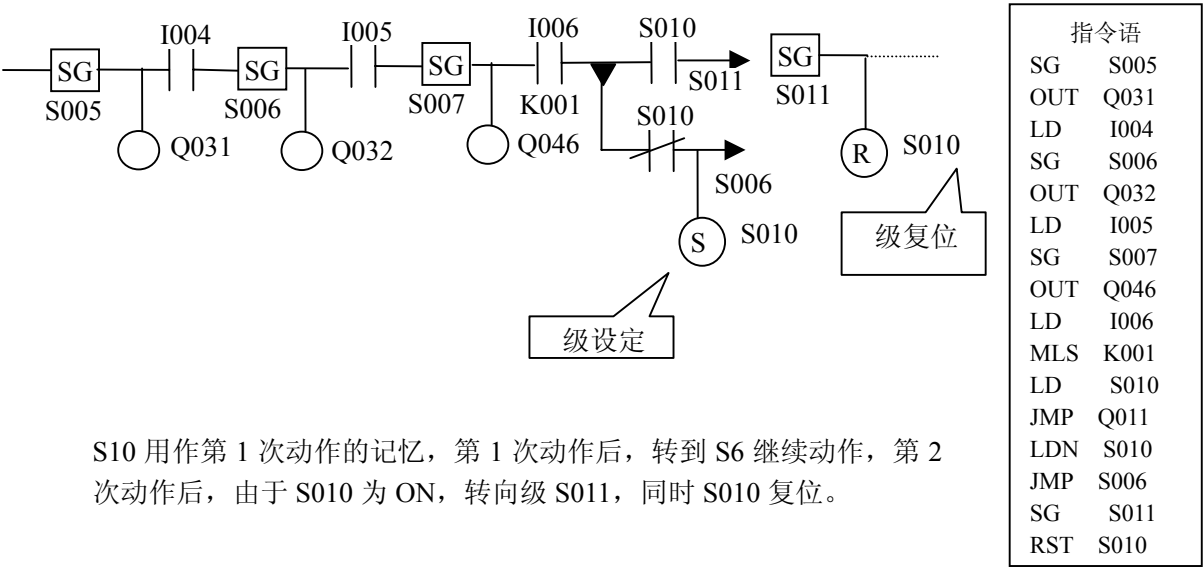
●根据机械的输入序号，在某个中间工序起动。



机械停止的位置，决定了各个限位开关的 ON/OFF 状态，在 S10 级中，根据级开关的状态决定动作从指定的某个工序起动。这种回路。在手动与自动结合使用的半自动过程中，运用相当便利。

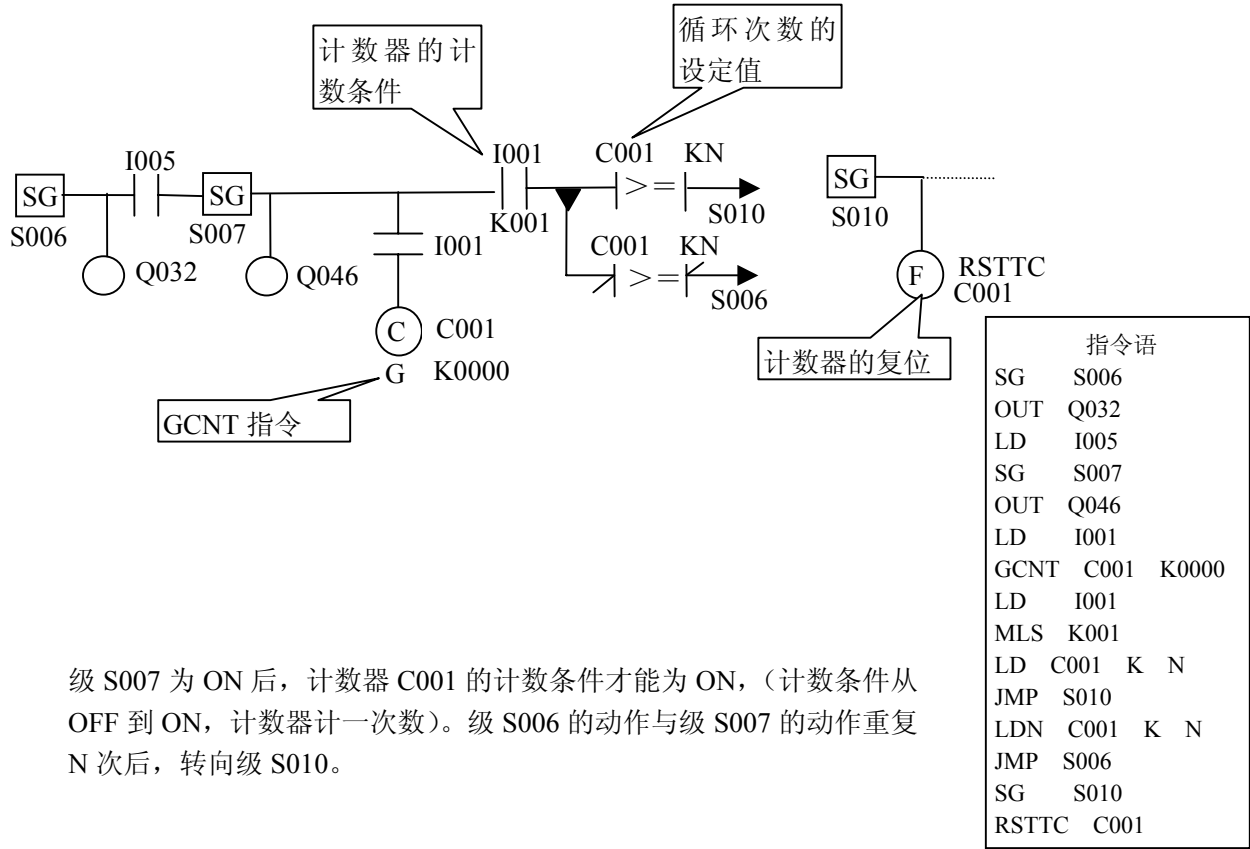
3-1-5. 循环动作

1) 1 次循环



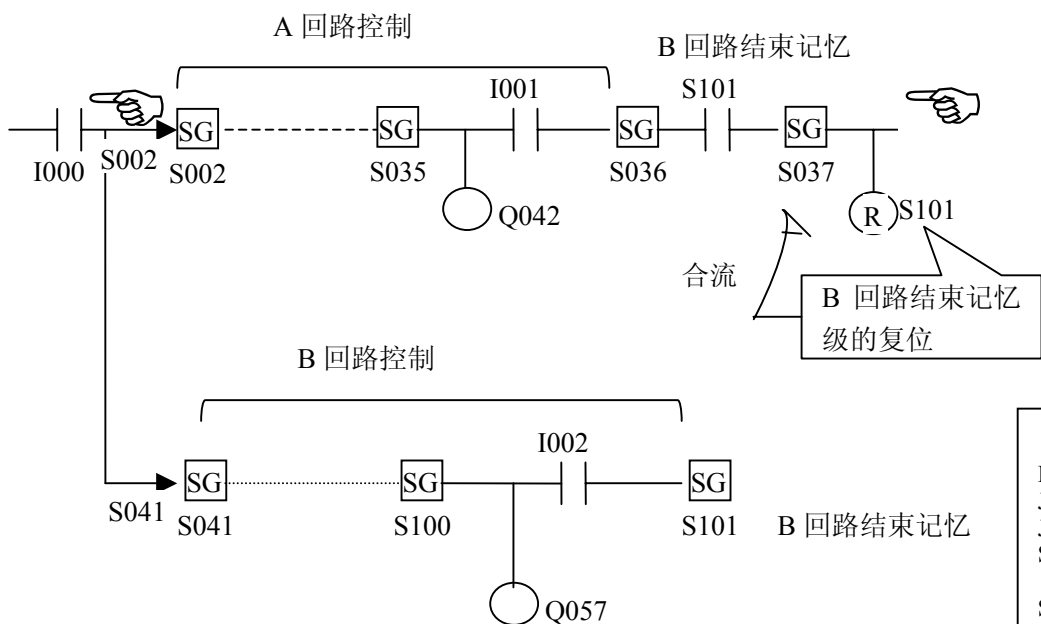
S10 用作第 1 次动作的记忆，第 1 次动作后，转到 S6 继续动作，第 2 次动作后，由于 S010 为 ON，转向级 S011，同时 S010 复位。

2) N 次循环：使用计数器



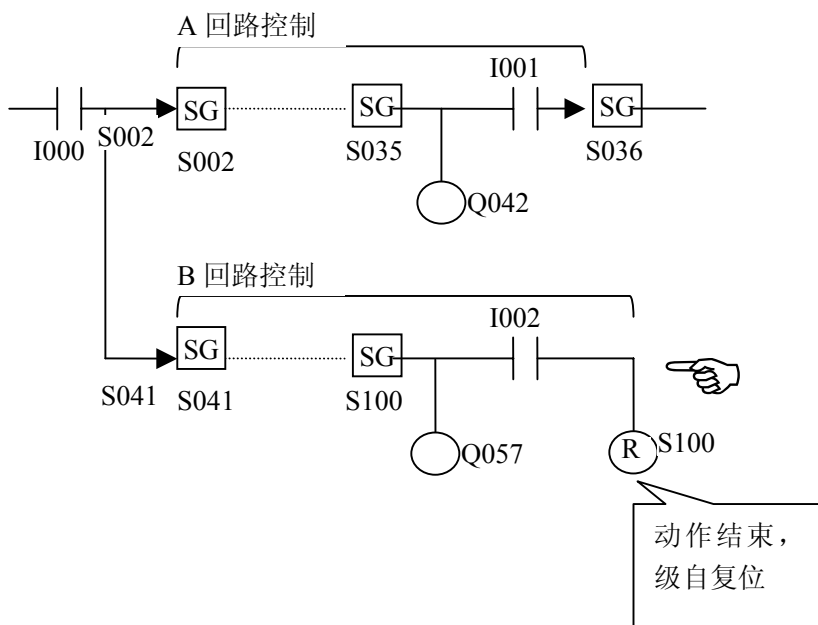
级 S007 为 ON 后，计数器 C001 的计数条件才能为 ON，（计数条件从 OFF 到 ON，计数器计一次数）。级 S006 的动作与级 S007 的动作重复 N 次后，转向级 S010。

3-1-6. 分支与合流



A 控制回路与 B 控制回路，同时并行控制运行，在时序上完全独立动作。
S101 级是为了两方的合流时序设置的记忆级，因此在 S101 级中不能写入“JMP S37”指令。

● 不进行合流的处理



根据动作的流程，最后动作结束，不转向，在本级内对自身级复位。

指令语

```
LD I000
JMP S002
JMP S041
SG S002

SG S035
OUT Q042
LD I001
SG S036
LD S101
SG S037
RST S101

SG S041

SG S100
OUT Q057
LD I002
SG S101
```

指令语

```
LD I000
JMP S002
JMP S041
SG S002

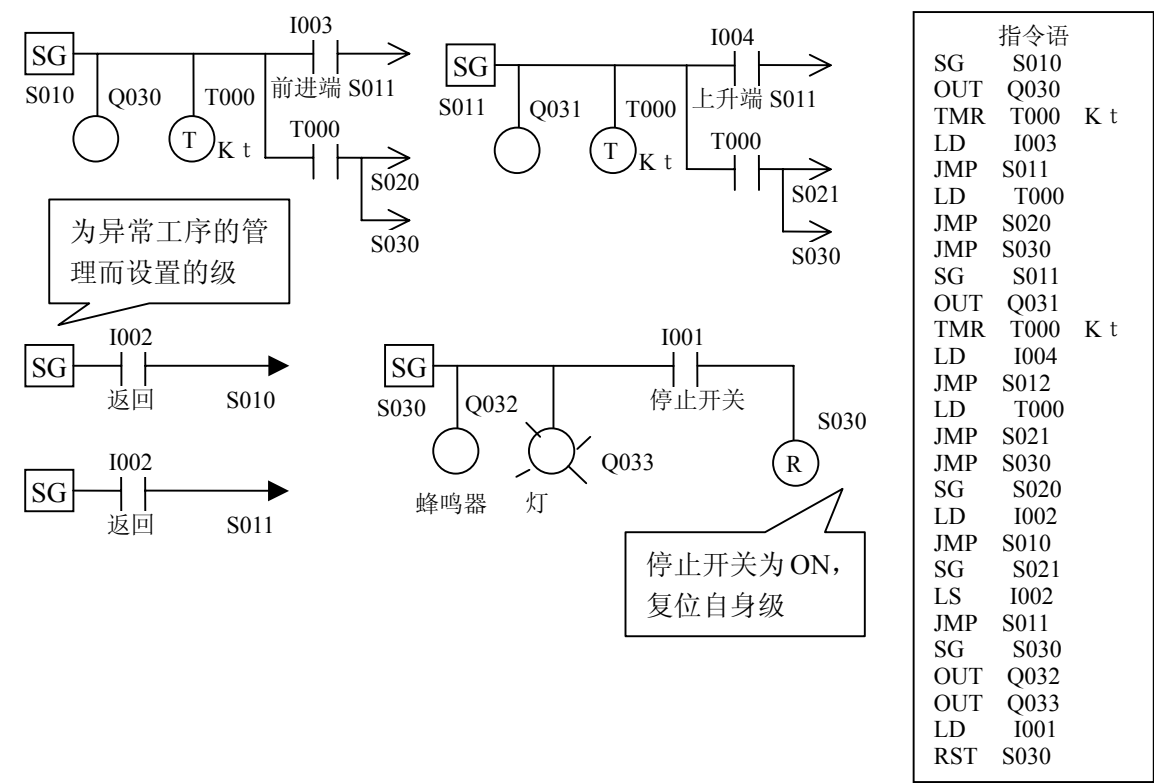
SG S035
OUT Q042
LD I001
SG S036

SG S041

SG S100
OUT Q057
LD I002
SG S101
```

3-1-7. 在运行过程中的异常情况检查

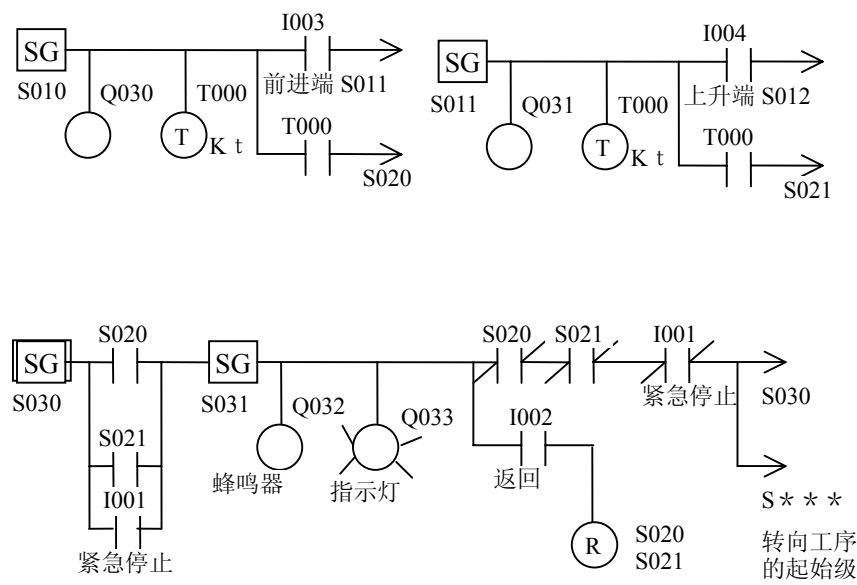
1) 暂时停止与返回



级 S010 动作输出 t 秒内，前进端没有输入，异常蜂鸣及灯亮，停止动作。当返回开关再次 ON 时，停止的工序再继续运行。

级 S030 的蜂鸣器及指示灯在独立回路中，停止开关 I001 为 ON 时，蜂鸣器及指示灯为 OFF。

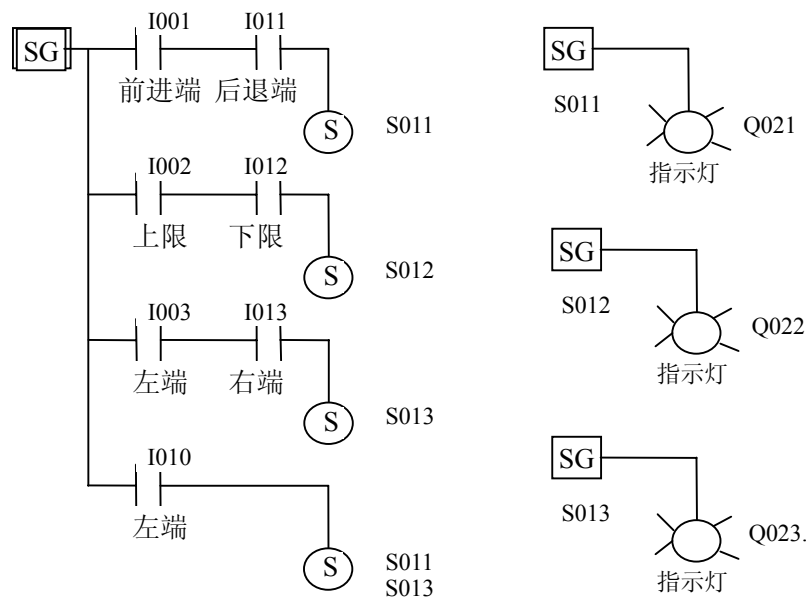
2) 停止并从工序的起始级启动



级 S010 的输出动作运行 t 秒内，如前进端没有输入，则动作停止。
当返回开关 ON 时，从最初的工序开始动作。
异常指示，由级 S020 和 S021 记忆的状态决定。有异常情况，蜂鸣器
鸣叫和指示灯亮。

指令语	
SG	S010
OUT	Q030
TMR	T000 K t
LD	I003
JMP	S011
LD	T000
JMP	S020
SG	S011
OUT	Q031
TMR	T000 K t
LD	I004
JMP	S012
LD	T000
JMP	S021
ISG	S030
LD	S020
OR	S021
OR	I001
SG	S031
OUT	Q032
OUT	Q033
LDN	S020
ANDN	S021
ANDN	I001
JMP	S030
JMP	S***
LD	I002
RST	S020 S021

3) 输入开关的故障检查



指令语	
ISG	S010
LD	I001
AND	I011
SET	S011
LD	I002
AND	I012
SET	S012
LD	I003
AND	I013
SET	S013
LD	I010
RST	S011 S013
SG	S011
OUT	Q021
SG	S012
OUT	Q022
SG	S013
OUT	Q023

对于不能同时为 ON 的输入点（例：前进端与后退端），如同时为 ON 了，则判断为输入开关故障，
检查故障并运行对应设定的级，显示故障所在。

由解除开关对显示复位。

对故障显示级的运行用 SET 而不用 JMP 使其运行的理由时，为保证不间断地进行故障监视，不使 ISG S10（初始级）OFF。

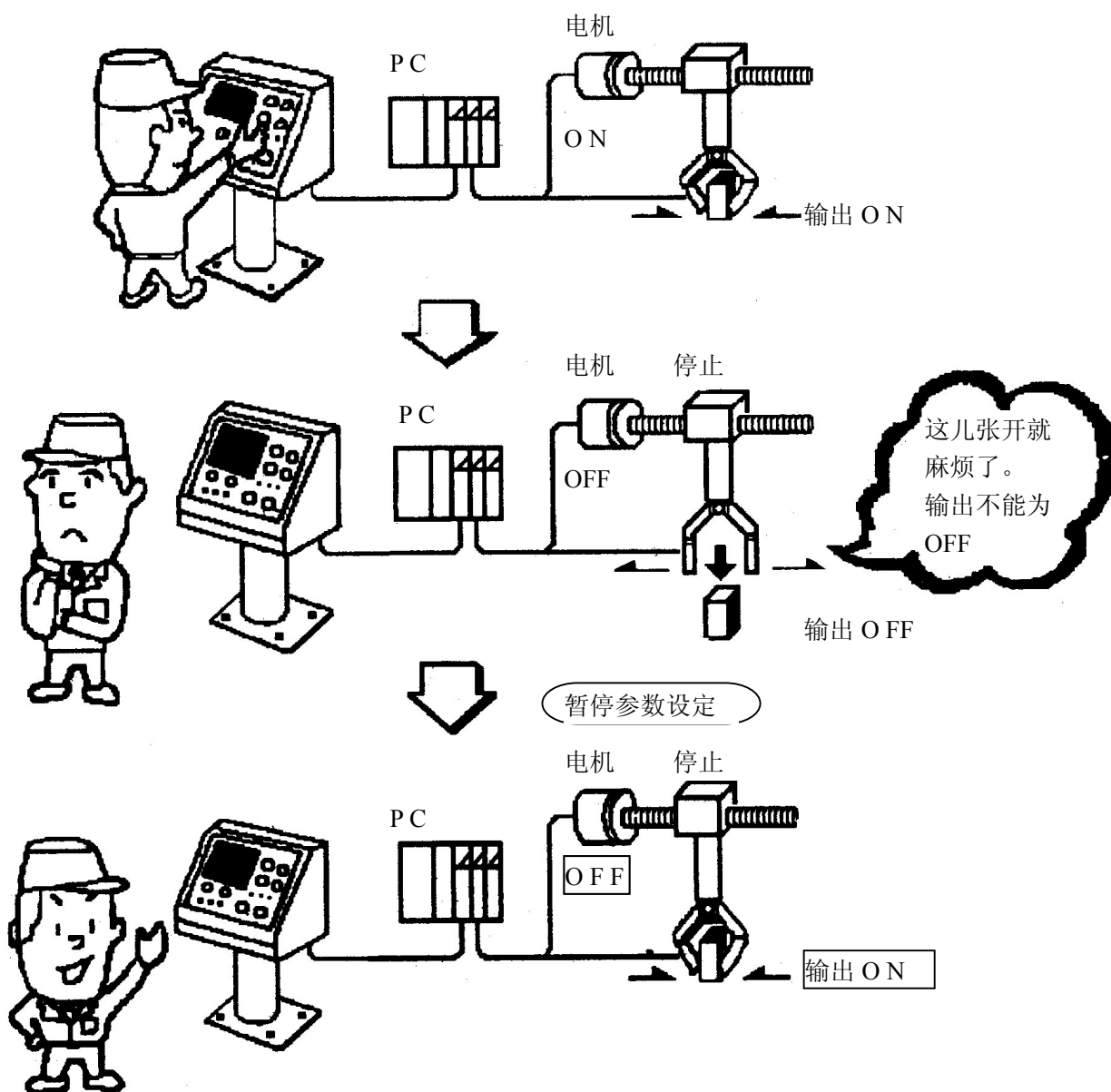
3-1-8. 暂停动能（暂时停止）

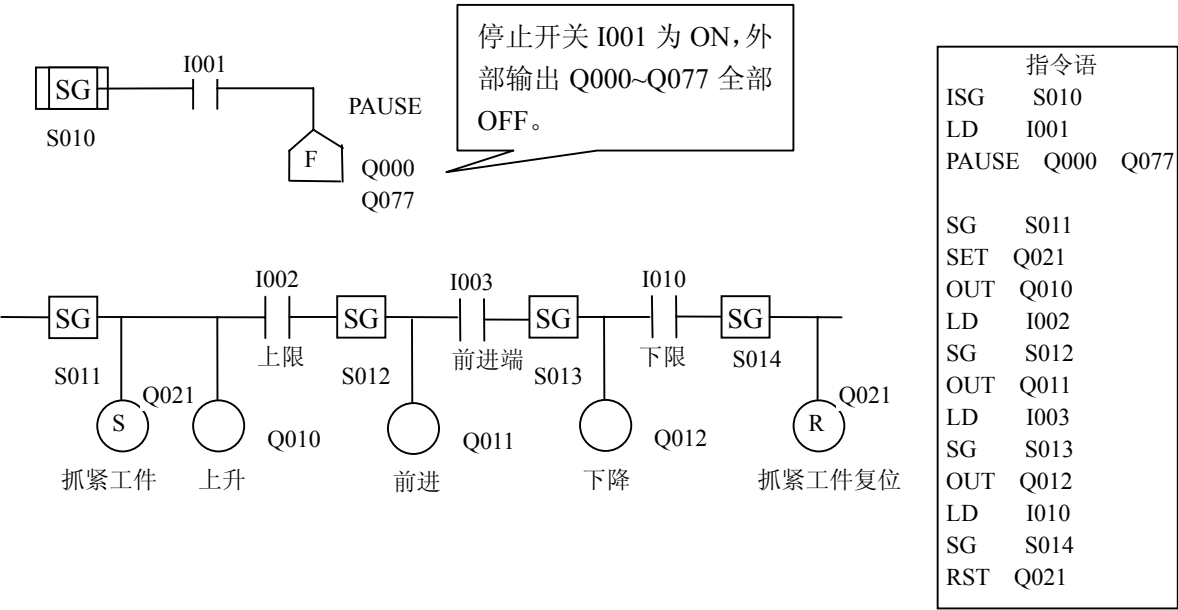
暂停功能，是为机械需暂停而设置。

处理

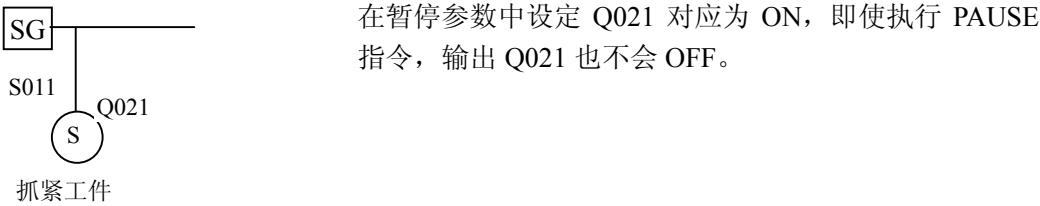
- ① 当机械在某种情况下需暂时停止时，有的输出需要 OFF 以使机器停止（如马达等），有些输出，需要保持原来的状态（如电磁阀），这点要充分注意。
- ② 这种要求可通过暂停参数的设定来处理，对暂停时需 OFF 的输出，暂停参数设为 OFF；对暂停时需保持状态的输出，暂停参数设为 ON。
- ③ 在下列情况下，暂停功能起作用。
 - a) 执行 PAUSE（暂停）指令，禁止外部输出。
 - b) 执行 BREAK 指令进入暂停状态。
 - c) 在 TEST 方式下的扫描停止（TEST-STOP）。

在这种情况下需要停止

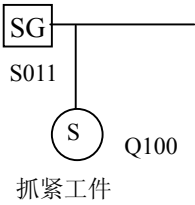




1) 通过暂停参数的设定，可使输出不受暂停指令（PAUSE）的影响。

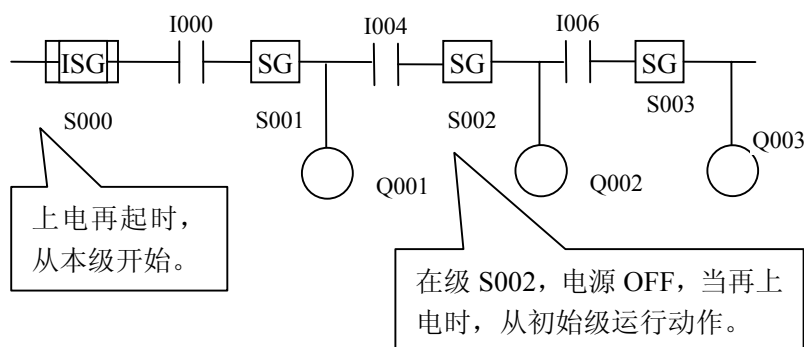


2) 使用 PAUSE 指令设定范围外的输出号。



3-1-9. 停电返回

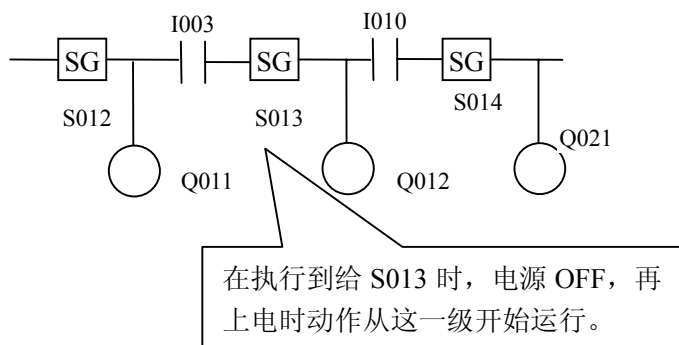
1) 通常，运行中停电，再上电时，从初始级开始动作，没有级的停电记忆功能。



指令语	
ISG	S000
LD	I001
SG	S001
OUT	Q001
LD	I004
SG	S002
OUT	Q002
LD	I006
SG	S003
OUT	Q003

2) 停电使动作停止，再次上电，从以前停止的级开始执行动作。

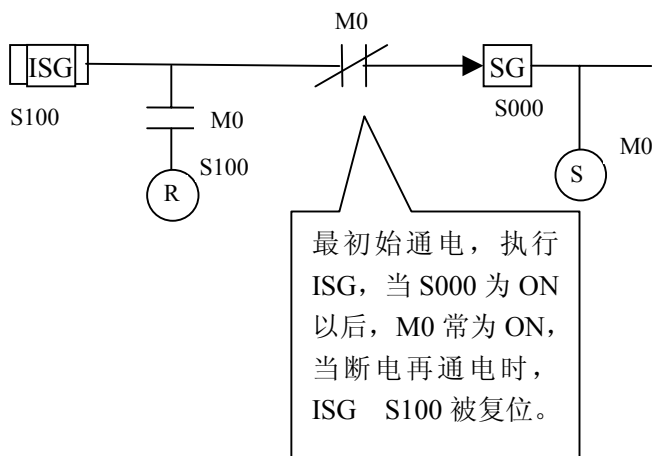
在系统参数的停电记忆区域内，设定级的停电记忆功能。



指令语	
SG	S012
OUT	Q011
LD	I003
SG	S013
OUT	Q012
LD	I010
SG	S014
OUT	Q021

3) 当 ISG 不是停电记忆功能的级时，每次从断电到通电，ISG 被执行，当 ISG 是停电记忆功能的级时，其功能和 SG 指令一样，最初级的通电不被执行，所以 ISG 宜采用没有停电记忆功能的级。

在制作程序时，从断电到通电，为了不执行 ISG，对 ISG 应作一些处理。

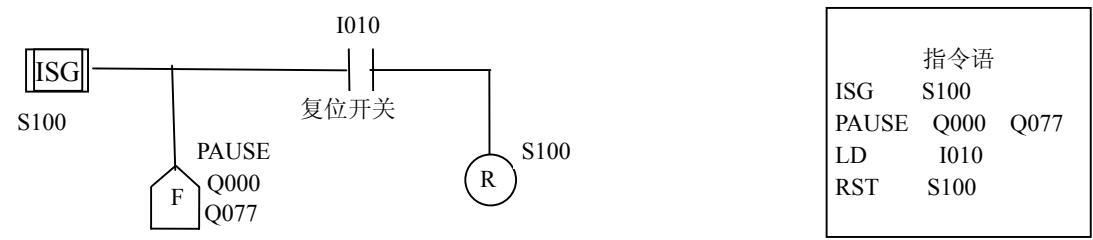


指令语	
SG	S100
LD	M0
RST	S100
LDN	M0
JMP	S000
SG	S000
SET	M0

4)根据 2) 中的内容，动作从停电的级开始执行。

当停电返回并且 ISG S100 为 ON 时，执行 PAUSE 指令，使指定的输出全部停止。

复位开关为 ON 时，ISG S100 复位，PAUSE 指令被解除，执行输出动作。



3-1-10. 最终级的处理

1) 1 次动作后结束的情况

最终动作确认后，返回到初始状态，停止后再可重新启动。

指令语	
ISG	S000
LD	I000
SG	S002
SG	S100
OUT	Q057
LD	I012
JMP	S000

2) 重复动作的情况

① 停止信号 OFF，重复执行 S2~S100 之间的控制。
② 停止信号 ON，最终动作结束后，返回到初始状态停止。

指令语	
ISG	S000
LD	I000
SG	S002
SG	S100
OUT	Q057
LD	I022
MLS	K001
LD	I003
JMP	S000
LDN	I003
JMP	S002

3) 2 个支流均完成后结束的情况

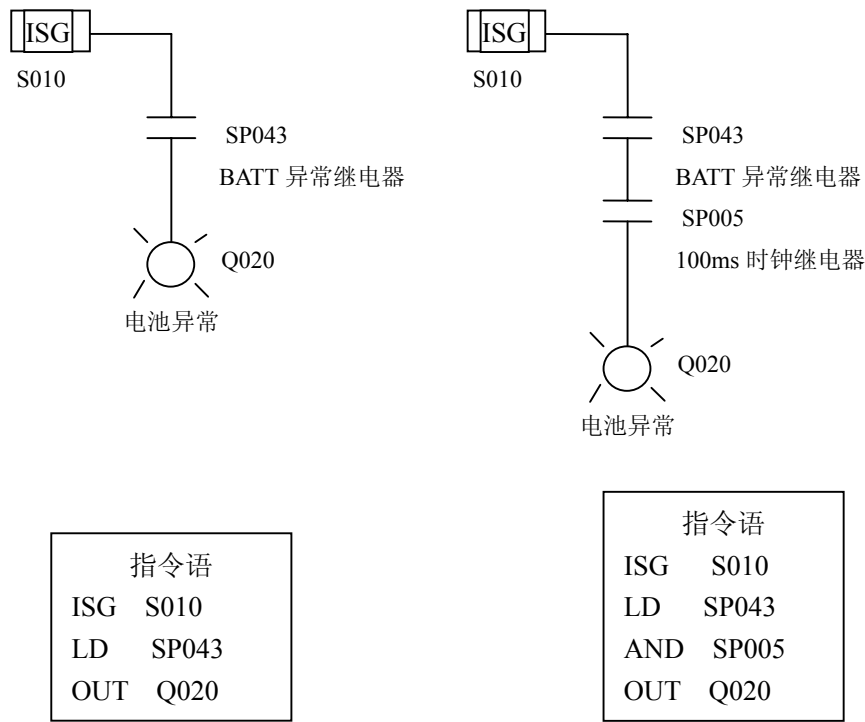
A 回路、B 回路的控制结束，S36 和 S101 都为 ON 时，返回到初始状态。

指令语	
ISG	S000
RST	S036
LD	I000
SG	S002
SG	S035
OUT	Q042
LD	I015
SG	S036
SG	S041
SG	S100
OUT	Q057
LD	I035
SG	S101
LD	S036
JMP	S000

3-1-11. 检查回路

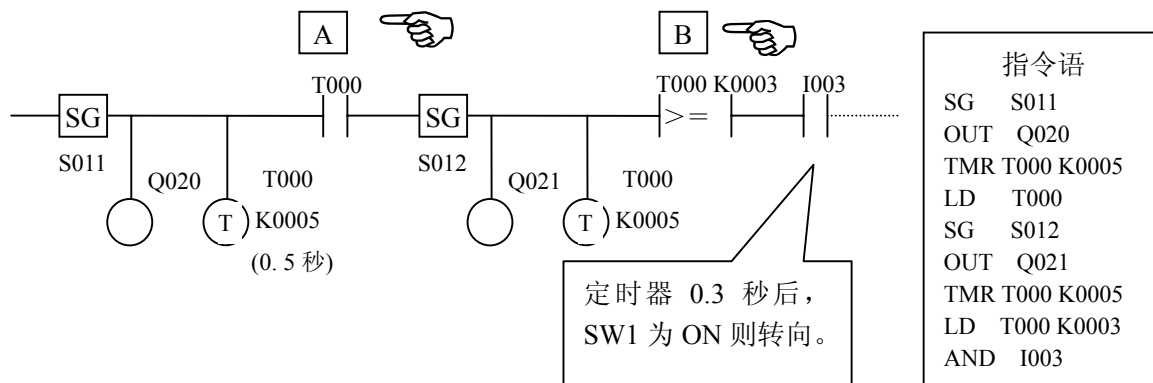
1) 电池异常 外部显示

- a) 外部指示灯指示
- b) 指示灯闪烁



3-2. 定时器回路

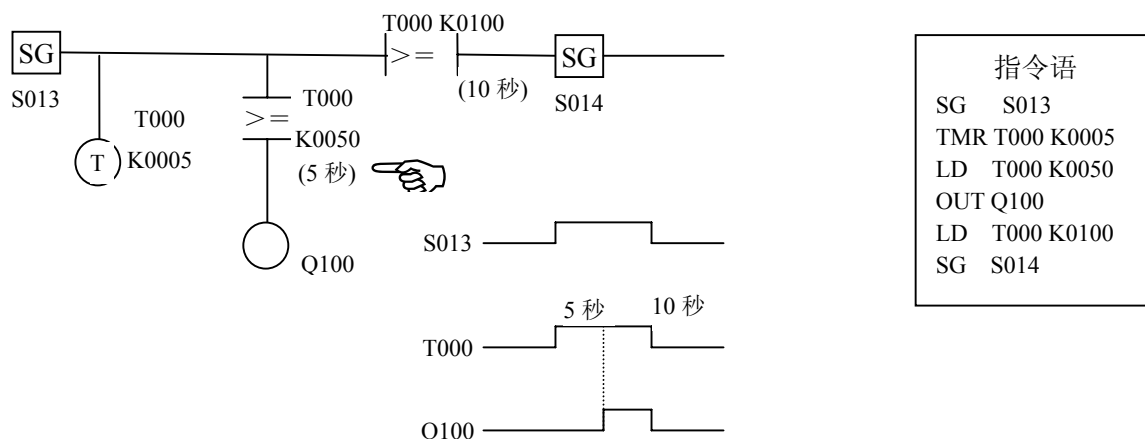
1) 作为转移条件使用(输出保持一定时间)



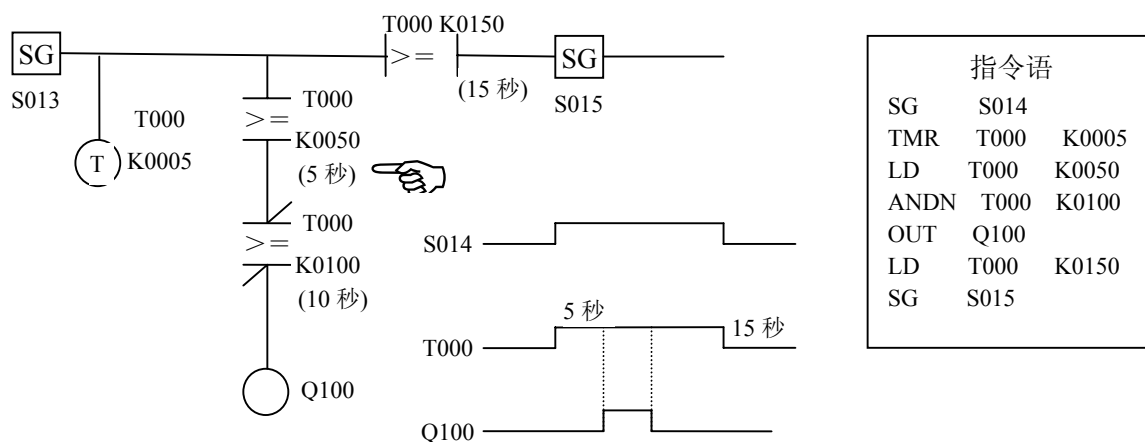
A 接点旁没有设定值，设定值 0.5S 写在线圈旁。

B 接点旁的设定值可任意设定其设定值 0.3 秒和线圈旁的设定值 0.5 秒没有关系。

2) 延迟接通(从级为 ON 开始，5 秒后，输出 Q100 的动作)

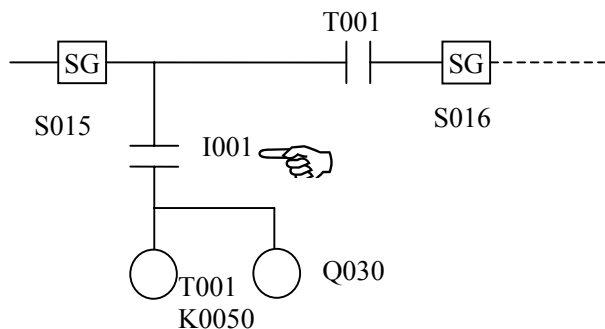


3) 接通/关闭延迟 (级 S14 为 ON，过 5 秒后，输出 Q100 动作，再过 5 秒，输出 Q100 为 OFF)



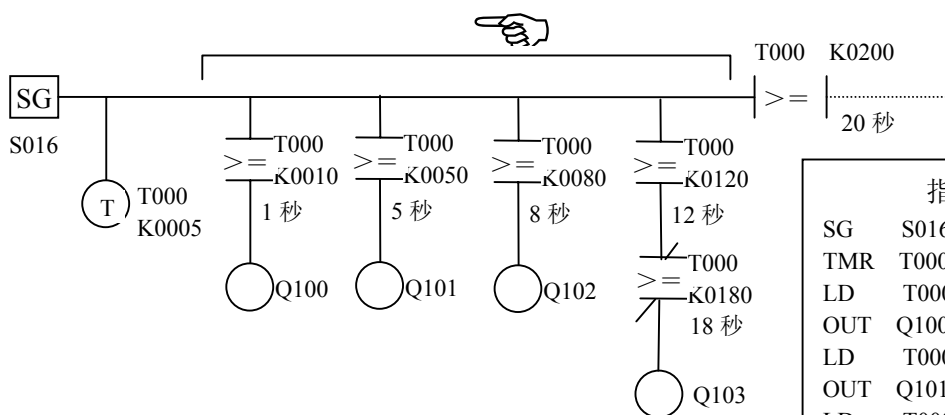
4) 输入信号经过连续的 t 秒 ON 后，转移到下一级。

级 S015 为 ON 时，输入 I001 动作，在定时器 5 秒经过值内，输入 I001 OFF，则定时器复位。所以定时器 5 秒过后没有 ON，则不向下一级转移。



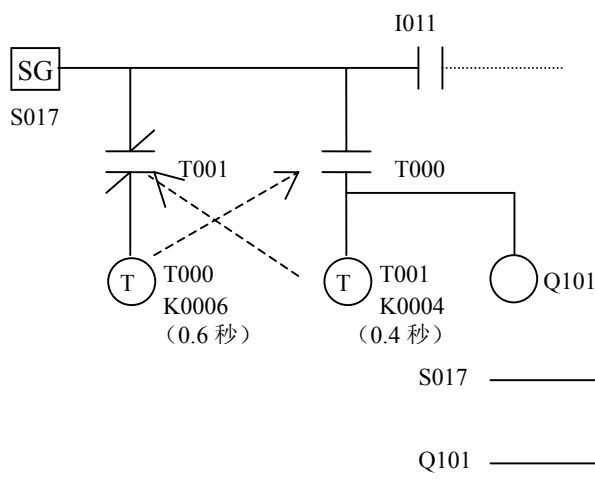
指令语	
SG	S015
LD	I001
TMR	T001 K0050
OUT	Q030
LD	T001
SG	S016

5) 多段定时（对于定时器 T000 的接点，在任意时间内设定运行）



指令语	
SG	S016
TMR	T000 K005
LD	T000 K0010
OUT	Q100
LD	T000 K0050
OUT	Q101
LD	T000 K0080
OUT	Q102
LD	T000 K0120
ANDN	T000 K0180
OUT	Q103
LD	T000 K0200

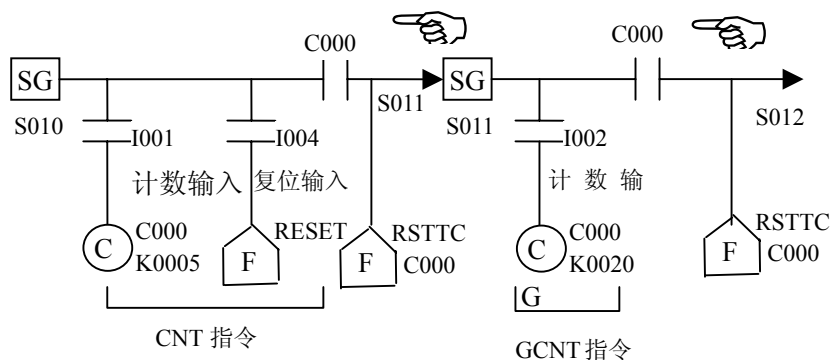
6) 定时闪烁（级 S017 为 ON，重复执行输出 Q101 的 ON/OFF）



指令语	
SG	S017
LDN	T001
TMR	T000 K0006
LD	T000
TMR	T001 K0004
OUT	Q101
LD	I011

3-3. 计数器回路

1) 作为转移条件使用



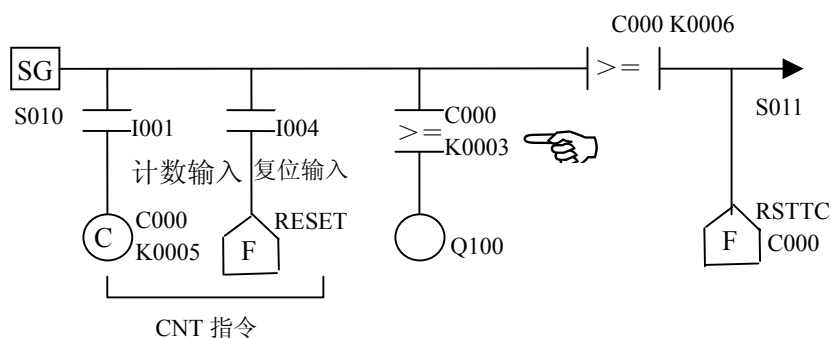
指令语

```

SG S010
LD I001
LD I004 K0005
CNT C000
LD C000
RSTTC C000
JMP S011
SG S011
LD I002
GCNT C000 K00020
LD C000
RSTTC C000
JMP S012

```

2) 计数从 N 到 N+9，输出 Q100 为 ON。



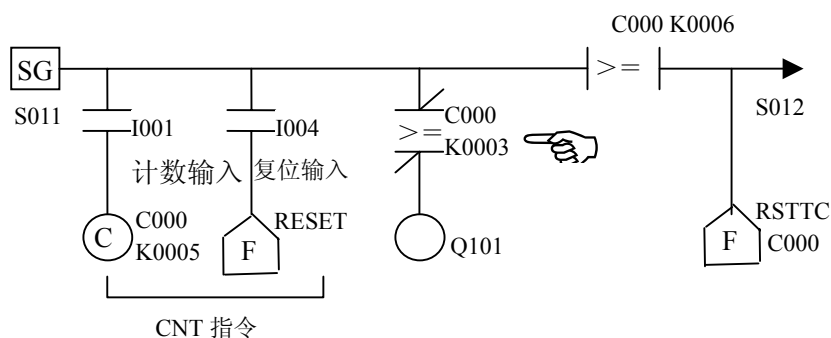
指令语

```

SG S010
LD I001
LD I004
CNT C000 K0005
LD C000 K0003
OUT Q100
LD C000 K0006
RSTTC C000
JMP S011

```

4) 计数从 0 到 N，输出 Q101 为 ON，N+9 次时向下一级转移。



指令语

```

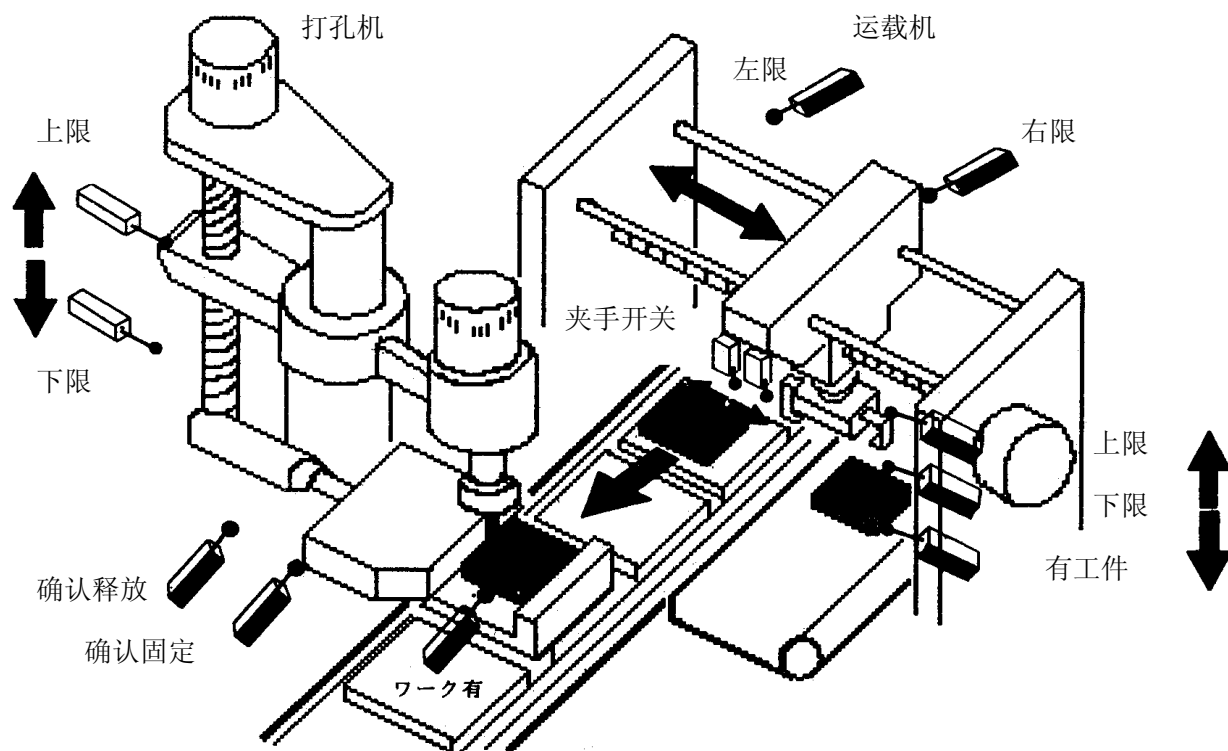
SG S011
LD I001
LD I004
CNT C000 K0005
LD C000 K0003
OUT Q101
LD C000 K0006
RSTTC C000
JMP S012

```

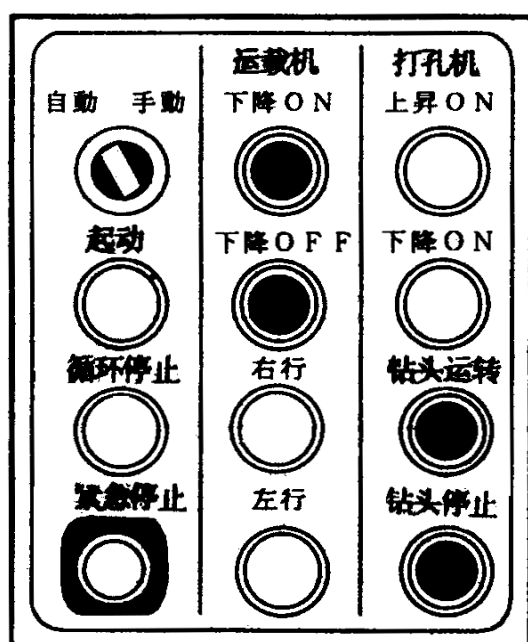
4.级式控制回路的应用设计例

4-1. 运载机、打孔系统的设计

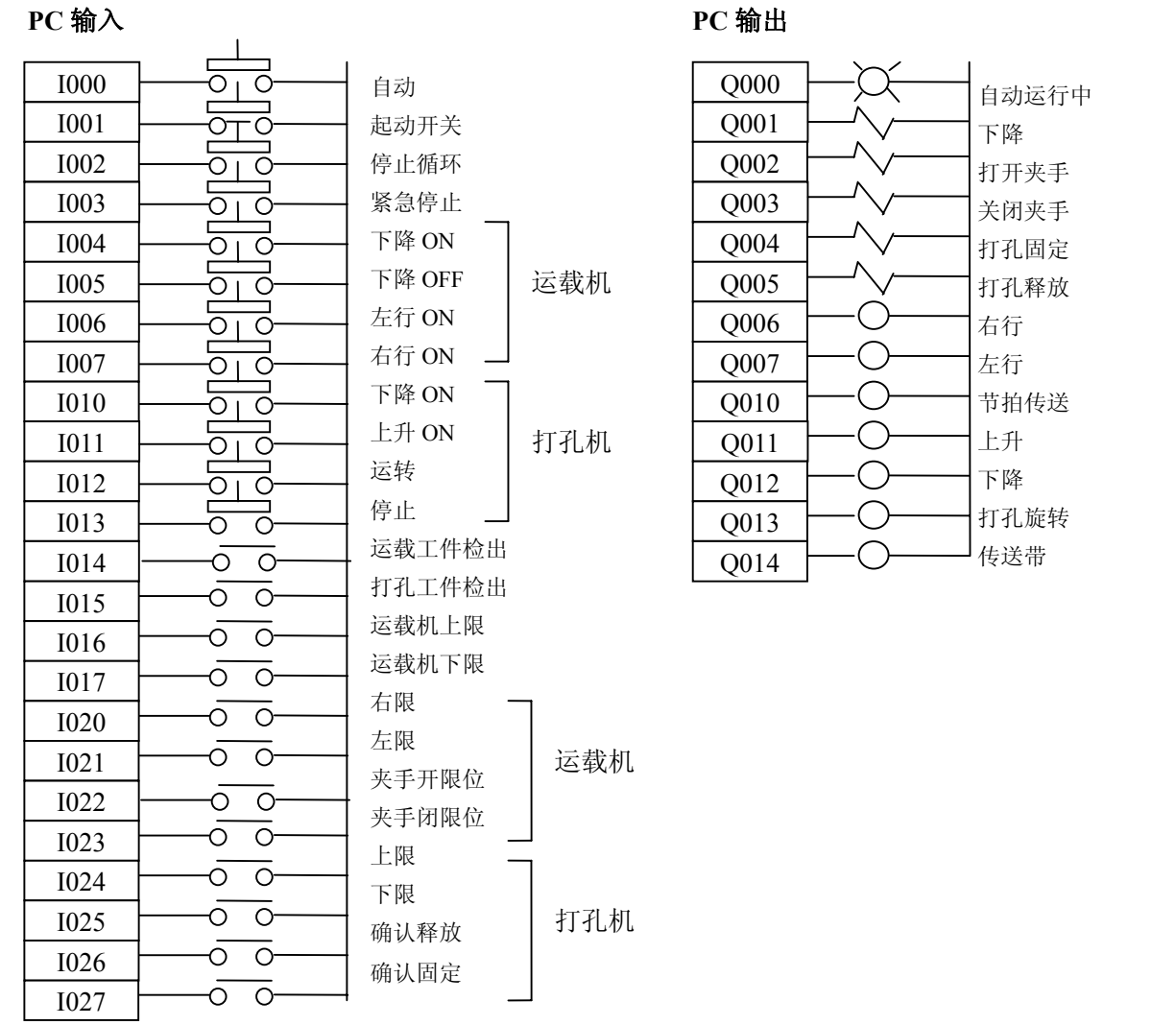
1) 系统构成



操作盘



2) PC 的接线



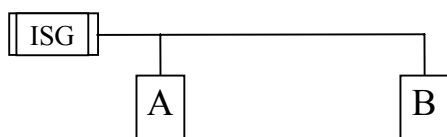
3) 程序重点

- 由块请求指令来执行手动运行、运载机动作和打孔动作。
- 级的块化，阶层化的使用，使得程序容易理解。

注意：程序使用了级的块处理指令，所以使用的 PLC 有限制。
适合的 PLC：SG－8B、SU－6B、SZ－4、SL－4

4) 程序的阶层构成

运行方式选择



手动动作

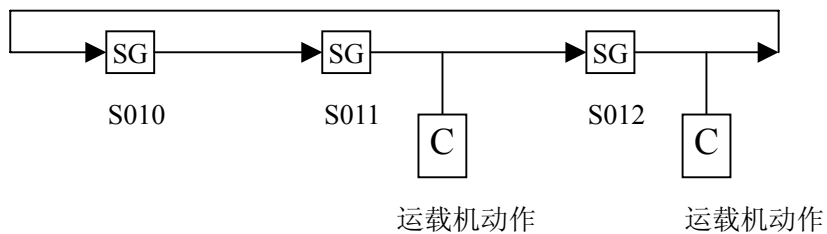
等待动载机动作，循环处理停止

A



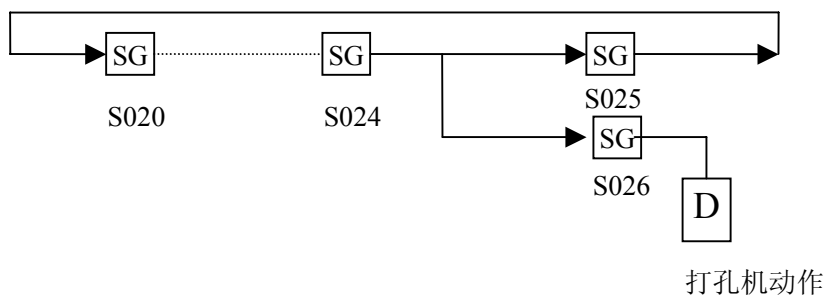
B

等待运载机动作，循环处理停止



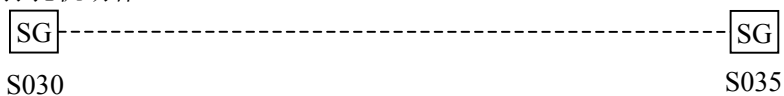
C

运载机动作

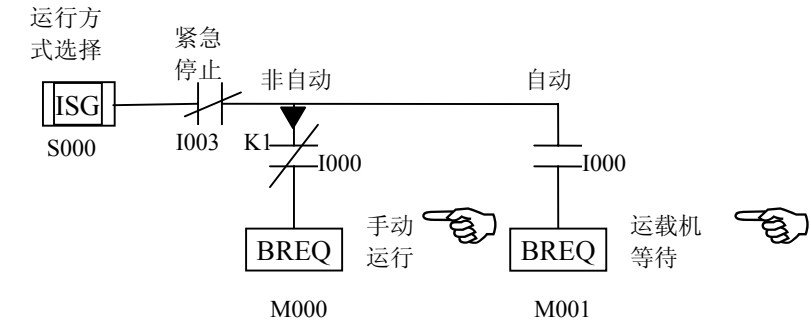


D

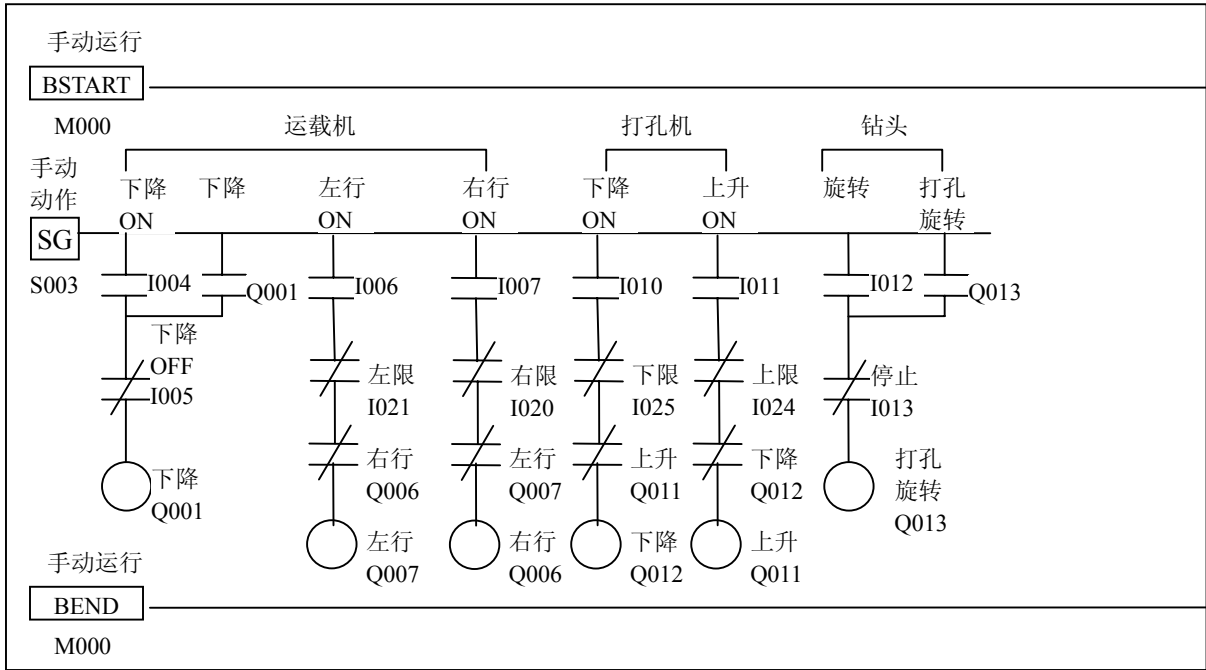
打孔机动作



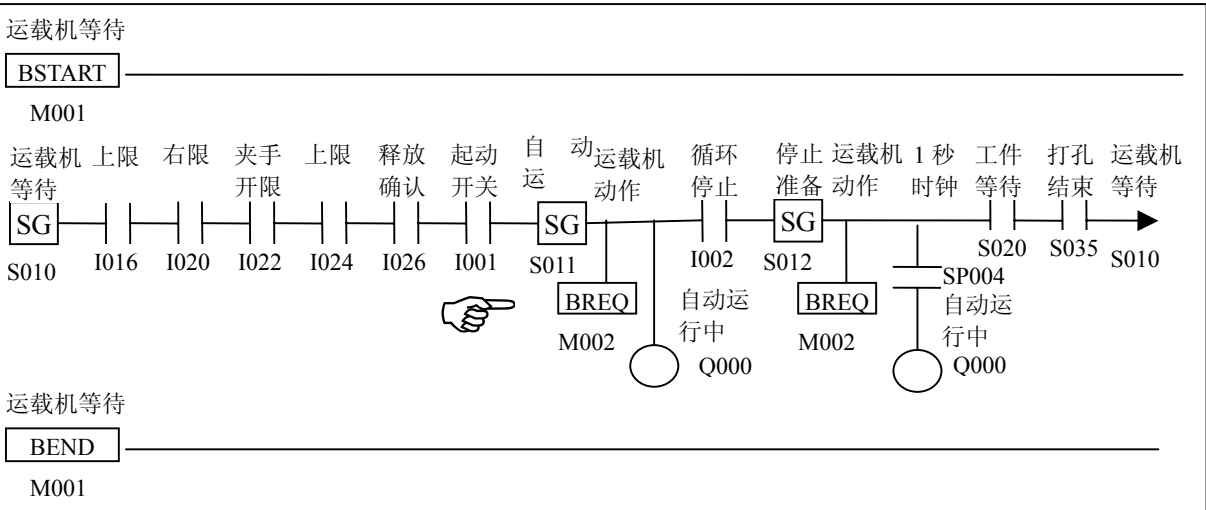
5) 程序



A



B

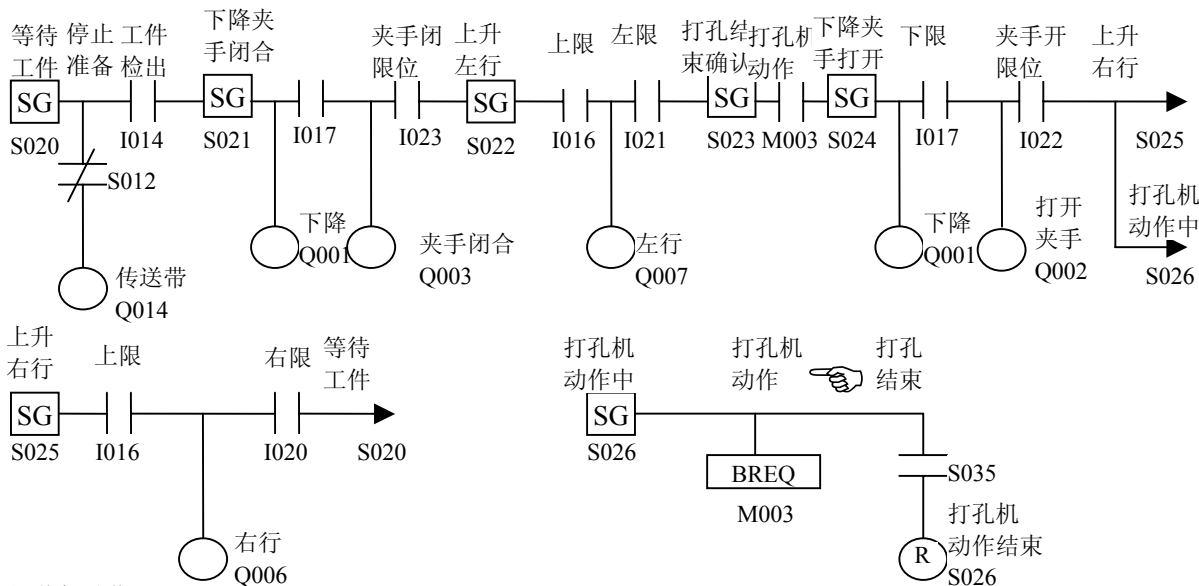


C

运载机动作

BSTART

M002



运载机动作

BEND

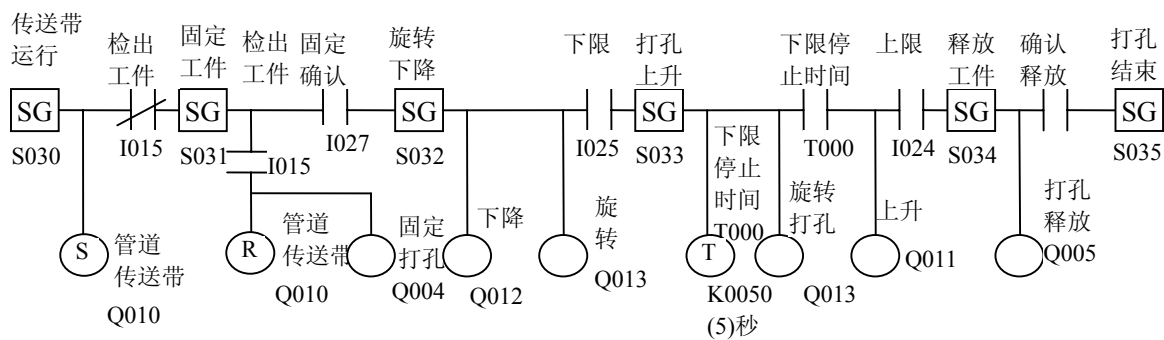
M002

D

打孔机动作

BSTART

M003



打孔机动作

BEND

M003

END

附录：各型 PC 级式指令及定义号表

(1) 下表列出各型 PC 可使用的级式指令，其它指令请参阅各自的用户手册。

指令	SG-8B	SU-6B	SU-6	SU-5	SZ-4	SZ-3	SL-4	* SE-22	* SE-11
SG	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ISG	○	○	○	○	○	○	○	○	○
JMP	○	○	○	○	○	○	○	○	○
NJMP	○	○	○	○	○	○	○	○	○
CV	○	○	—	—	○	○	○	—	—
CVJMP	○	○	—	—	○	○	○	—	—
BREQ	○	○	—	—	○	○	○	—	—
BSTART	○	○	—	—	○	○	○	—	—
BEDN	○	○	—	—	○	○	○	—	—

注：上表“○”表示支持该指令，“—”表示不支持该指令。

*：SE-22、SE-11 中，级式指令作代码表示，分别为：

SG: F21

ISG: F22

JMP: F23

NJMP: F24

(2) 各型 PC 级定义号（级号）表

PC 型号	定义号范围（八进制）	级 数
SG-8B	S0~S1777	1024 点
SU-6B	S0~S1777	1024 点
SU-6	S0~S577	384 点
SU-5	S0~S577	384 点
SZ-4	S0~S777	512 点
SZ-3	S0~S377	256 点
SL-4	S0~S577	384 点
SE-22	1400~1577	128 点
SE-11	30~137	72 点