

电工学 (电工技术)

教学课件

第10章 继电器接触器控制系统



中国矿业大学 研制



高等教育出版社
高等教育音像出版社

出版

第10章 继电器接触控制系统

- 10.1 常用控制电器
- 10.2 鼠笼式电动机直接起动的控制线路
- 10.3 鼠笼式电动机正反转的控制线路
- 10.4 行程控制
- 10.5 时间控制

第10章 继电器接触控制系统

本章要求：

1. 了解常用低压电器的结构、功能和用途；
 2. 掌握自锁、联锁的作用和方法；
 3. 掌握过载、短路和失压保护的作用和方法；
 4. 掌握基本控制环节的组成、作用和工作过程。
- 能读懂简单的控制电路原理图、能设计简单的控制电路。

第11章 继电接触控制系统

应用电动机拖动生产机械，称为电力拖动。利用继电器、接触器实现对电动机和生产设备的控制和保护，称为继电接触控制。

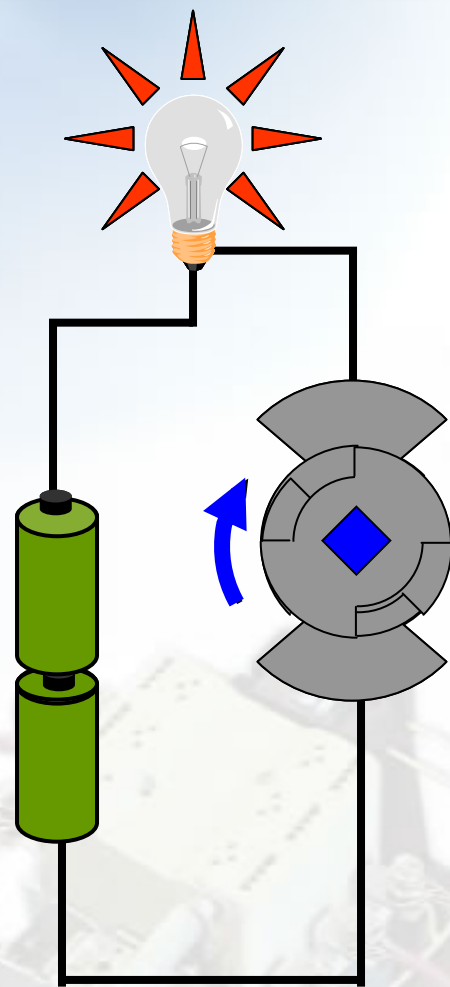
本章主要介绍几种常用的低压电器，基本的控制环节和保护环节的典型线路。

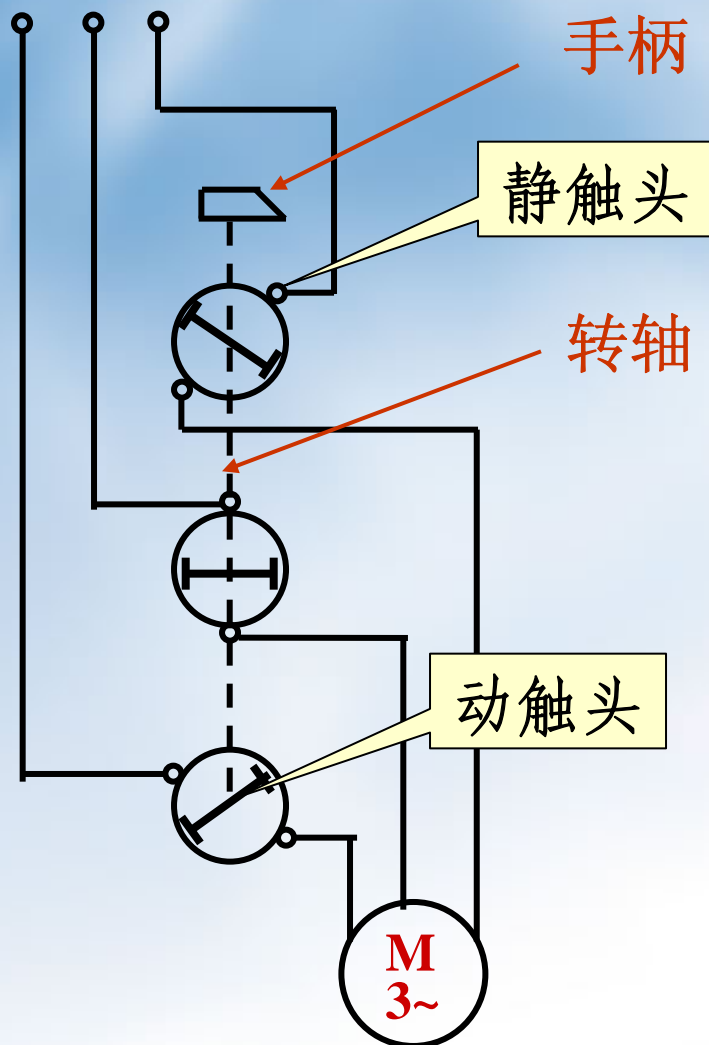
实现继电接触控制的电气设备，统称为控制电器，如刀闸、按钮、继电器、接触器等。下面介绍常用控制电器的用途及电工表示符号。

10.1 常用控制电器

10.1.1 组合开关

1. 用途：组合开关也称转换开关，常用于机床控制电路的电源开关，也用于小容量电动机的起 / 停控制或照明线路的开关控制。
2. 结构：对常用的三极开关来说，每一极有一对静触片与盒外接线柱相接，动触片受手柄控制可以转动，以达到线路的通 / 断控制。
3. 种类：有单极、双极、三极和四极等，额定电流有10、25、60和 100A等多种。





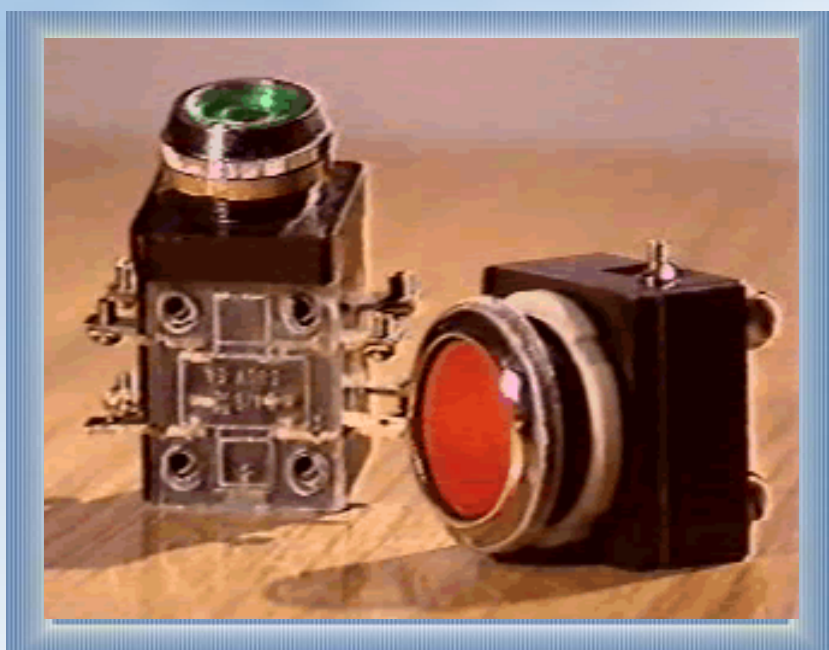
用手柄转动
转轴时，就
可将三个触
点同时接通
或断开。

用组合开关起停电动机的接线图

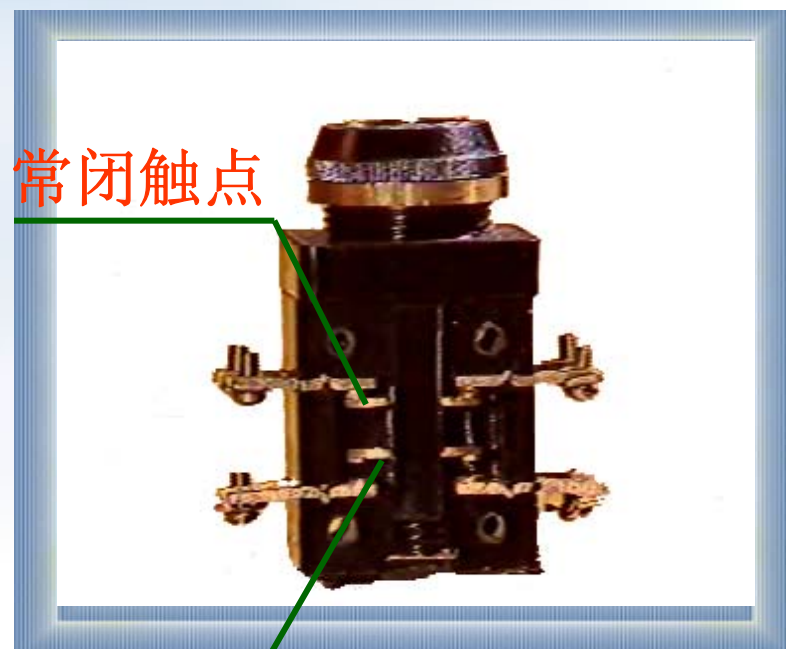
10.1.2 按钮(手动切换电器)

按钮常用于接通和断开控制电路。

按钮的外形图和结构如图所示。



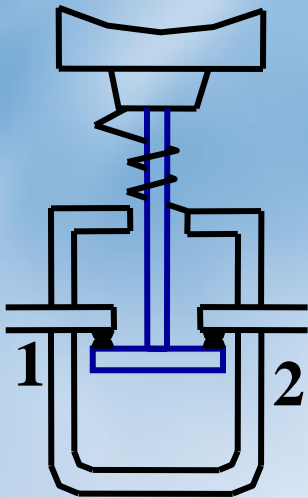
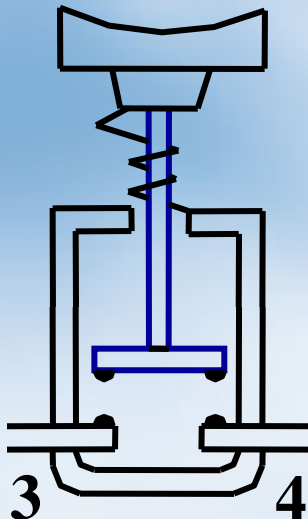
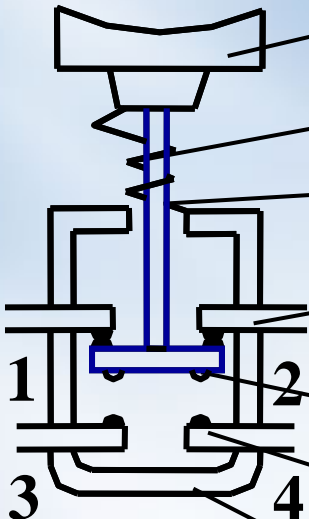
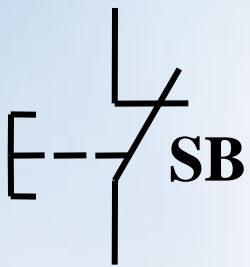
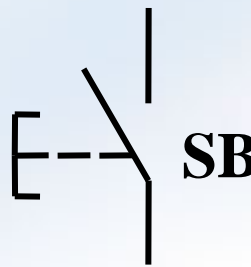
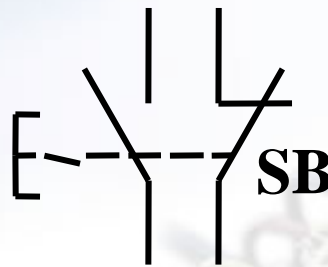
(a) 外形图



常开触点

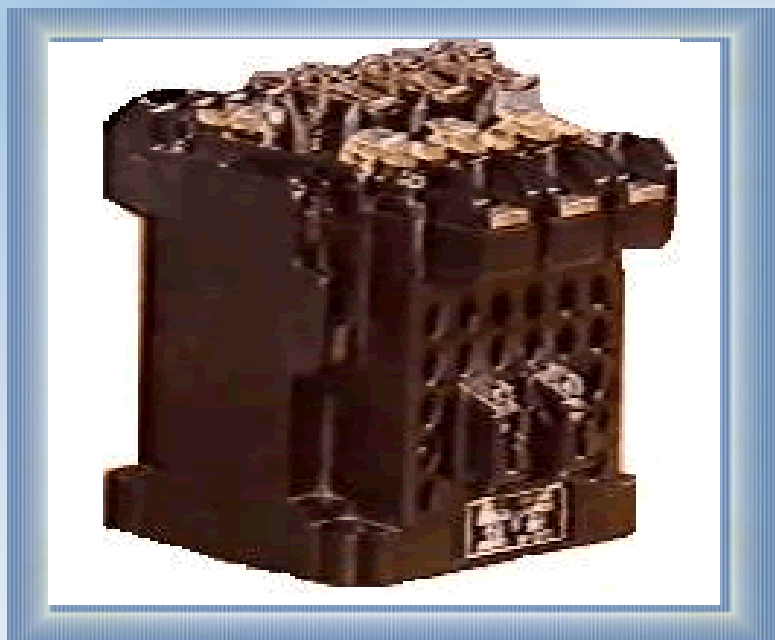
(b) 结构

按钮开关的外形和符号

<p>结 构</p>				<p>按钮帽</p> <p>复位弹簧</p> <p>支柱连杆</p> <p>常闭静触头</p> <p>桥式静触头</p> <p>常开静触头</p> <p>外壳</p>
<p>符 号</p>				
<p>名 称</p>	<p>常闭按钮 (停止按钮)</p>	<p>常开按钮 (起动按钮)</p>	<p>复合按钮</p>	

10.1.3 接触器

用于频繁地接通和断开大电流电路的开关电器。



(a) 外形

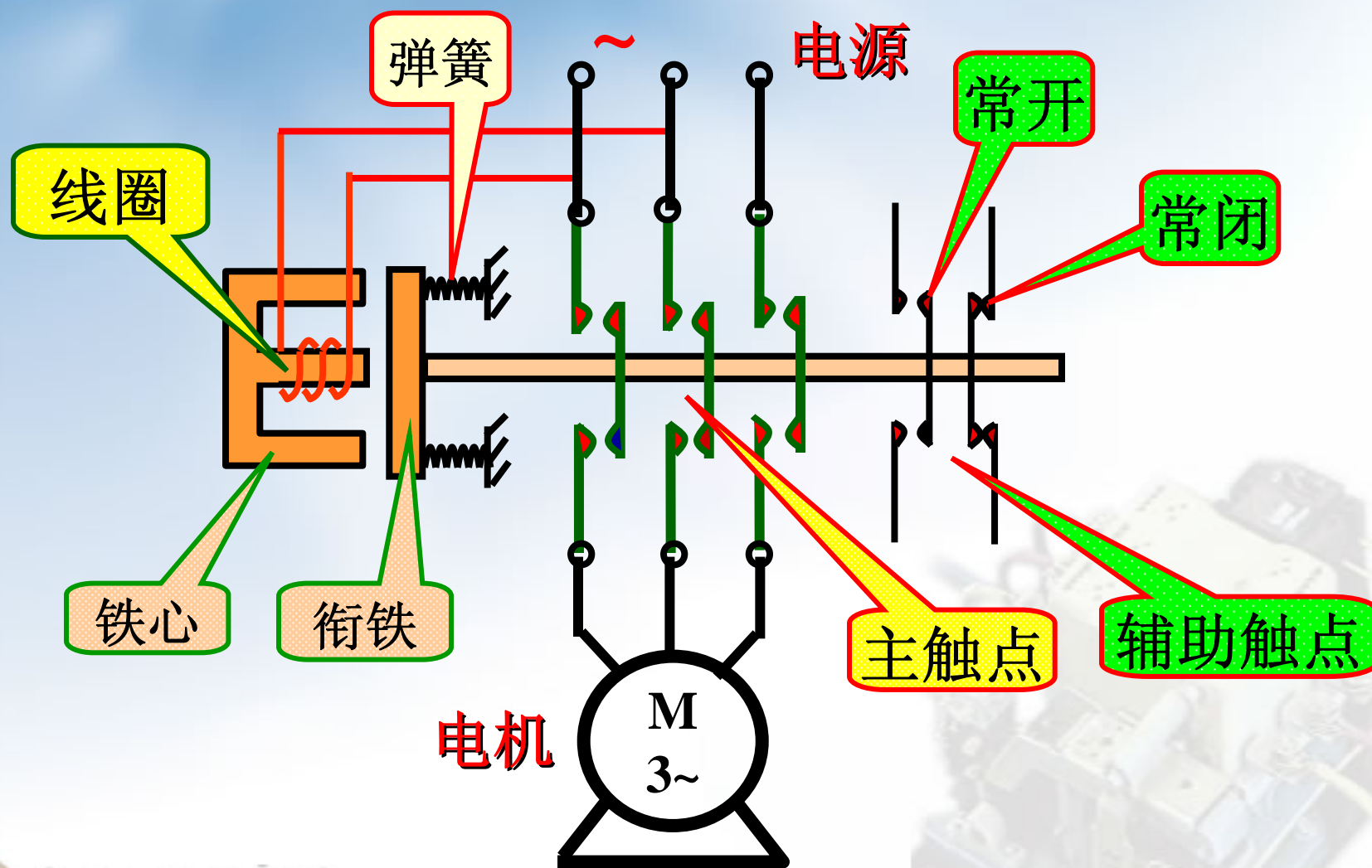


(b) 结构

交流接触器的外形与结构

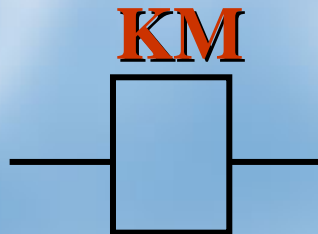
10.1.3 接触器

用于频繁地接通和断开大电流电路的开关电器。

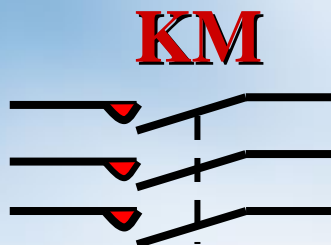


符号

线圈



动合(常开)主触点



用于主电路 流
过的大电流 (需
加灭弧 装置)

动合(常开)辅助触点



用于控制电路流
过的小电流 (无
需加灭弧装置)

动断(常闭)辅助触点



属于同一器件的线圈和触点用相同的文字表示
常用的交流接触器有CJ10、CJ12、CJ20和3TB等系列。
接触器技术指标：额定工作电压、电流、触点数目等。

如CJ10系列主触点额定电流5、10、20、40、75、
120A等数种；额定工作电压通常是220V或380V。

10.1.4 继电器

继电器和接触器的结构和工作原理大致相同。

主要区别在于：

接触器的主触点可以通过大电流；

继电器的体积和触点容量小，触点数目多，且只能通过**小电流**。所以，继电器一般用于**控制电路**中。

1. 电流及电压继电器

电流继电器：可用于过载或过载保护，

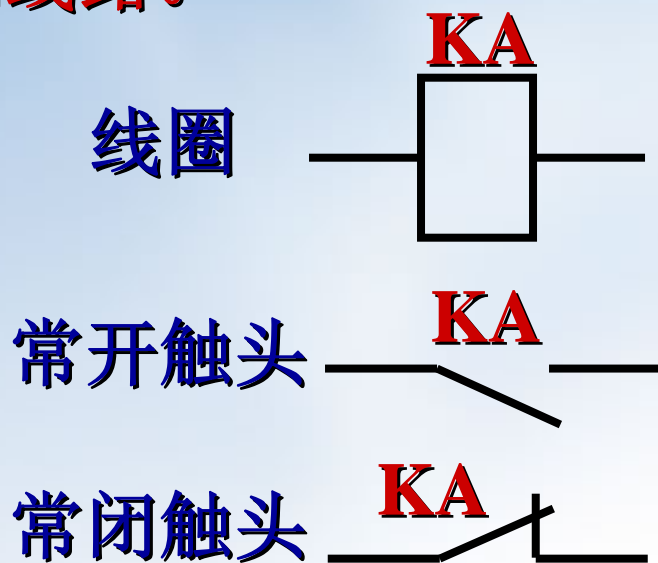
电压继电器：主要作为欠压、失压保护。



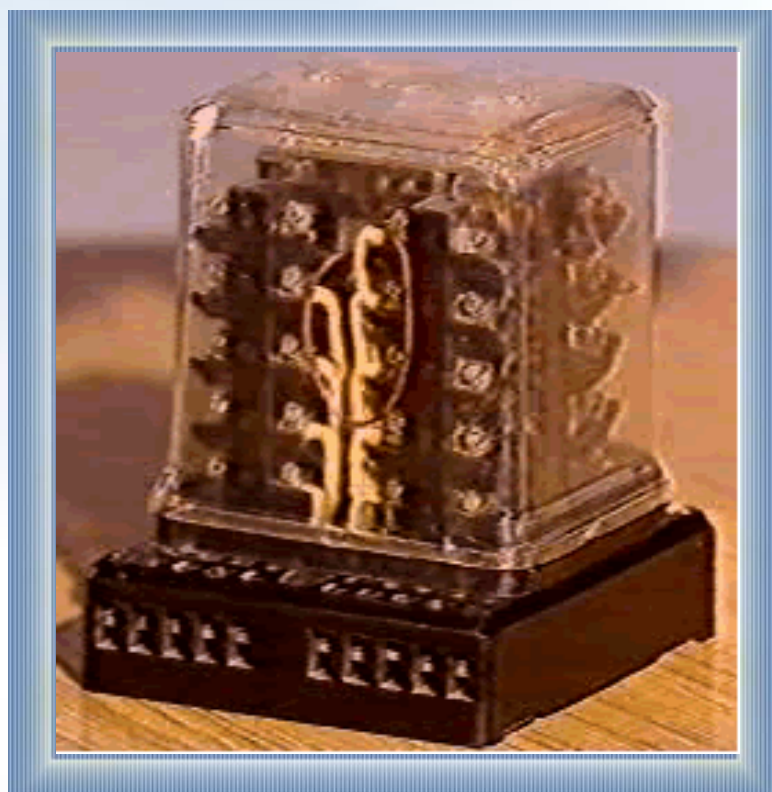
2. 中间继电器

通常用于传递信号和同时控制多个电路，也可直接用它来控制小容量电动机或其他电气执行元件。

中间继电器触头容量小，触点数目多，用于控制线路。



(b) 符号



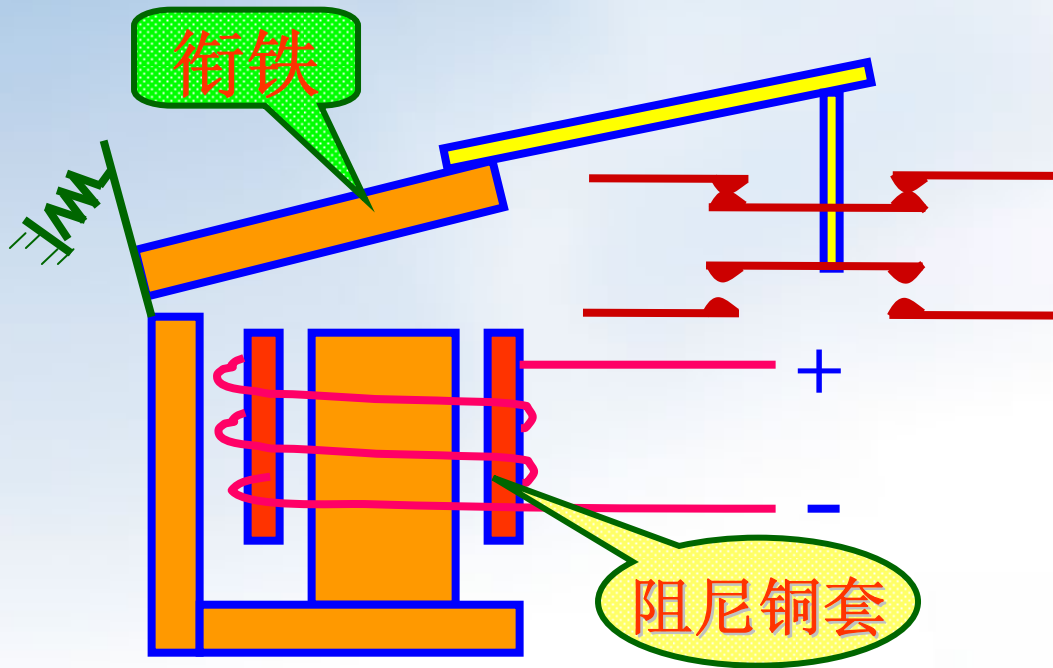
(a) 外形

中间继电器外形与符号

3. 时间继电器

是从得到输入信号(线圈通电或断电)起, 经过一段时间延时后才动作的继电器。适用于定时控制

(1) 直流电磁式 时间继电器

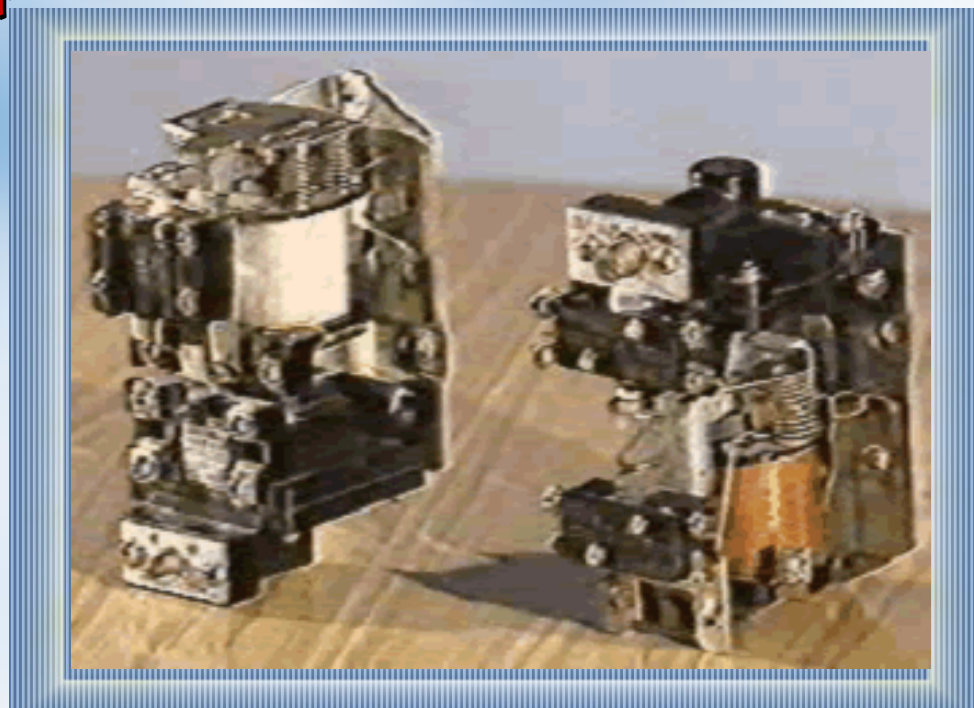
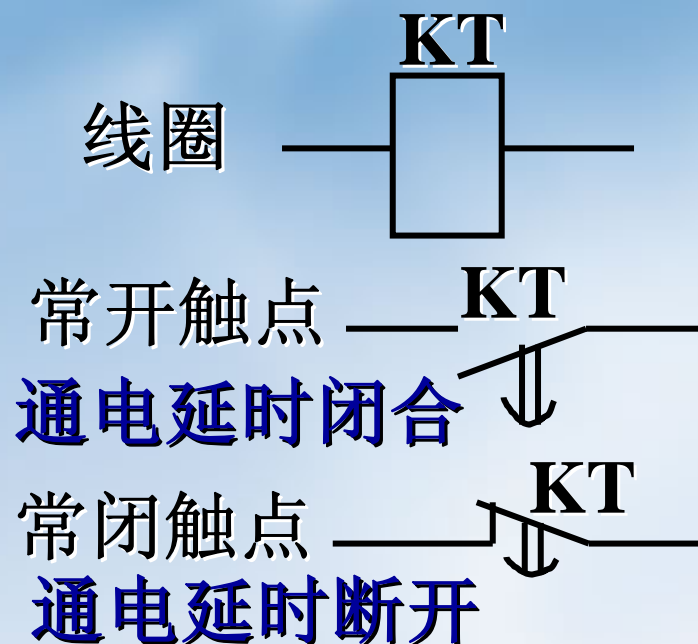


直流电磁式结构图

工作原理: 当衔铁未吸合时, 磁路气隙大, 线圈电感小, 通电后激磁电流很快建立, 将衔铁吸合, 继电器触点立即改变状态。而当线圈断电时, 铁心中的磁通将衰减, 磁通的变化将在铜套中产生感应电动势, 并产生感应电流, 阻止磁通衰减, 当磁通下降到一定程度时, 衔铁才能释放, 触头改变状态。因此继电器吸合时是瞬时动作, 而释放时是延时的, 故称为断电延时。

(2) 空气式延时继电器

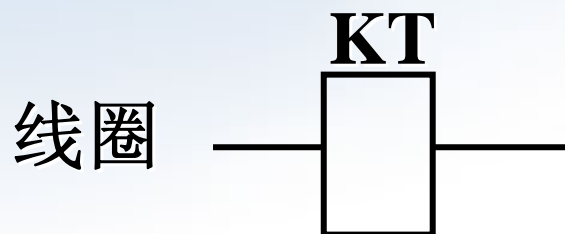
a) 通电延时继电器



(a) 外形

延时继电器的外形与结构

b) 断电延时继电器



(b) 符号

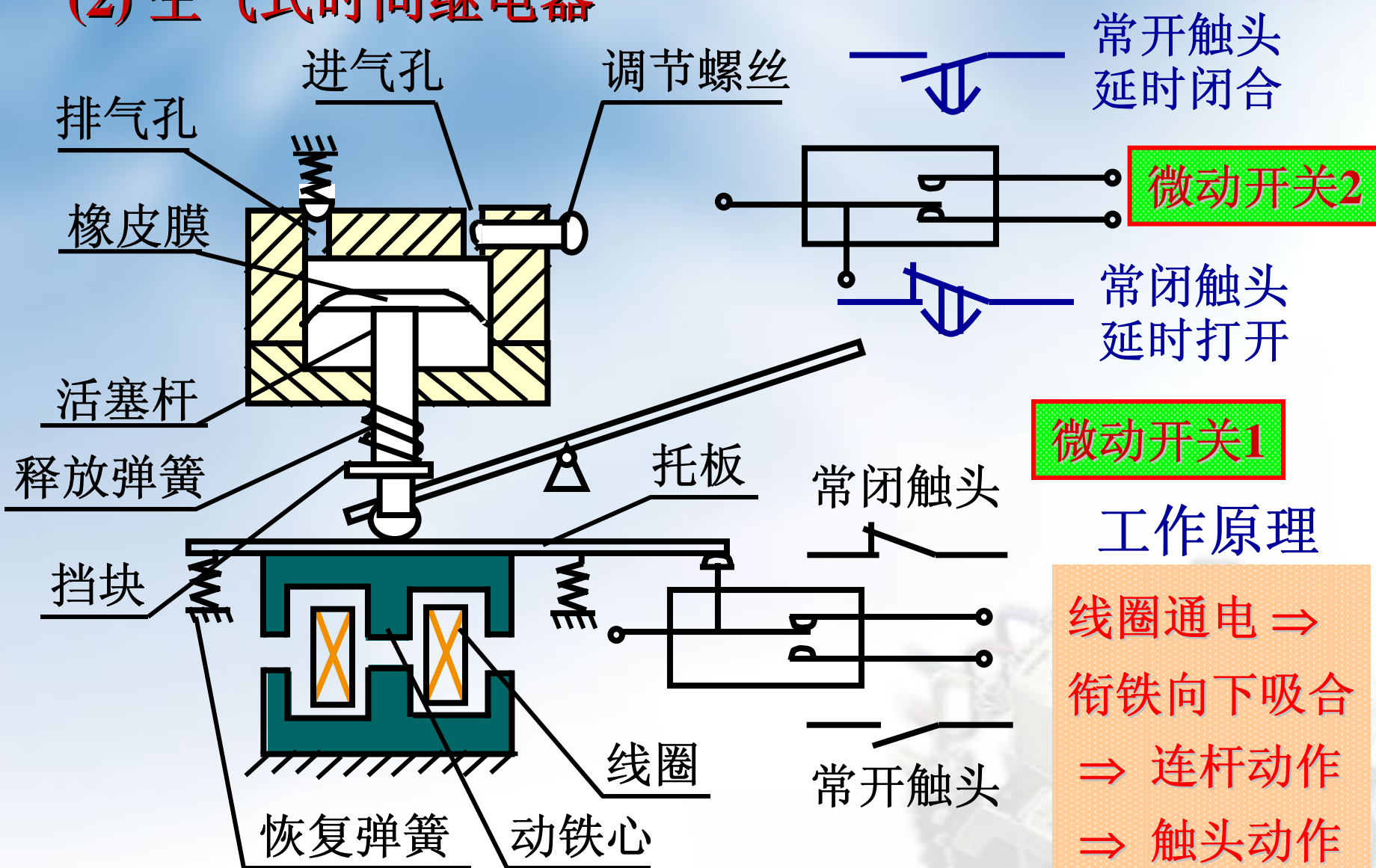


断电延时断开



断电延时闭合

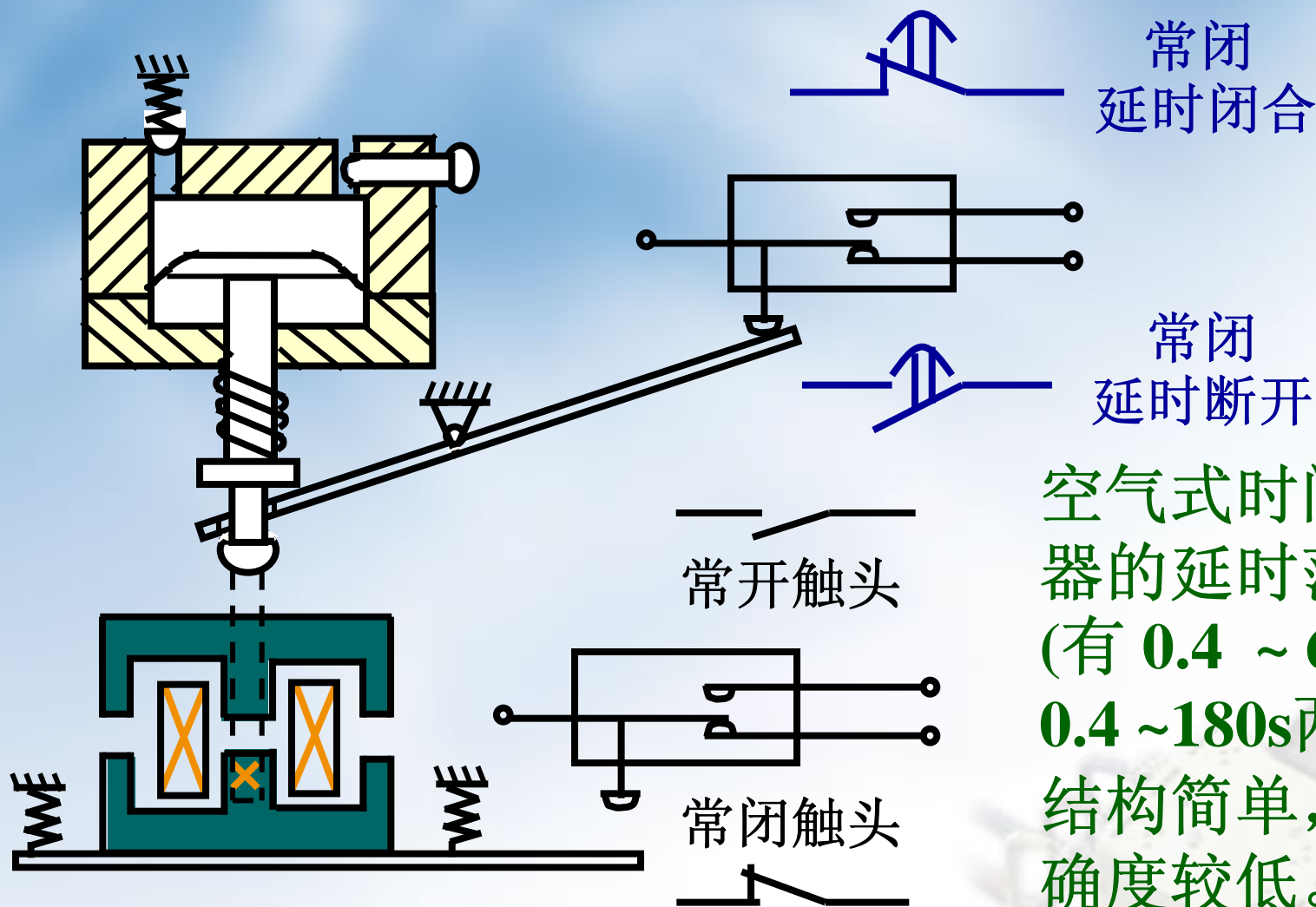
(2) 空气式时间继电器



工作原理

线圈通电 ⇒
衔铁向下吸合
⇒ 连杆动作
⇒ 触头动作

通电延时的空气式时间继电器结构示意图



空气式时间继电器的延时范围大(有 $0.4 \sim 60\text{ s}$ 和 $0.4 \sim 180\text{ s}$ 两种)。结构简单，但准确度较低。

断电延时的空气式时间继电器结构示意图

时间继电器的型号有JS7-A和JJSK2等多种类型。

10.1.5 热继电器

用于电动机的过载保护。



(a) 外形

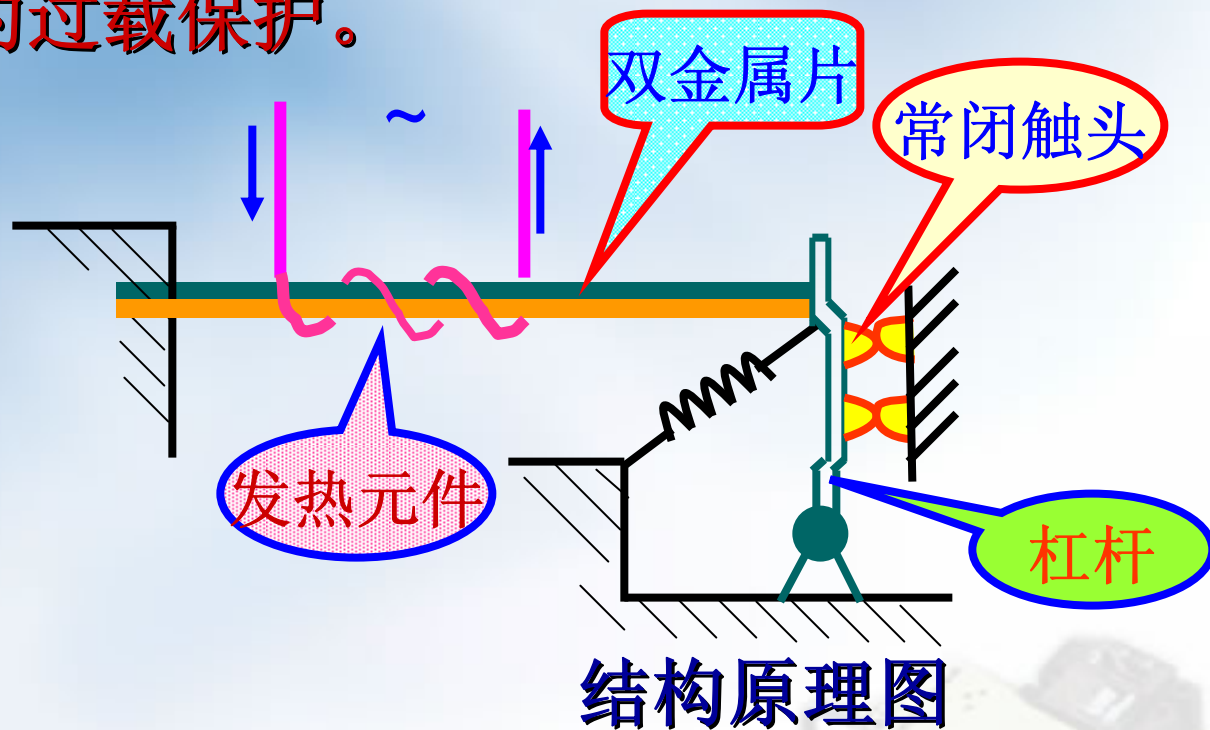


(b) 结构

热继电器外形与结构

10.1.5 热继电器

用于电动机的过载保护。



工作原理

发热元件接入电机主电路，若长时间过载，双金属片被加热。因双金属片的下层膨胀系数大，使其向上弯曲，杠杆被弹簧拉回，常闭触点断开。

10.1.6 熔断器

用于低压线路中的短路保护。

常用的熔断器有插入式熔断器、螺旋式熔断器、管式熔断器和有填料式熔断器。

符号

FU 

熔断器额定电流 I_F 的选择

(1) 电灯、电炉等电阻性负载

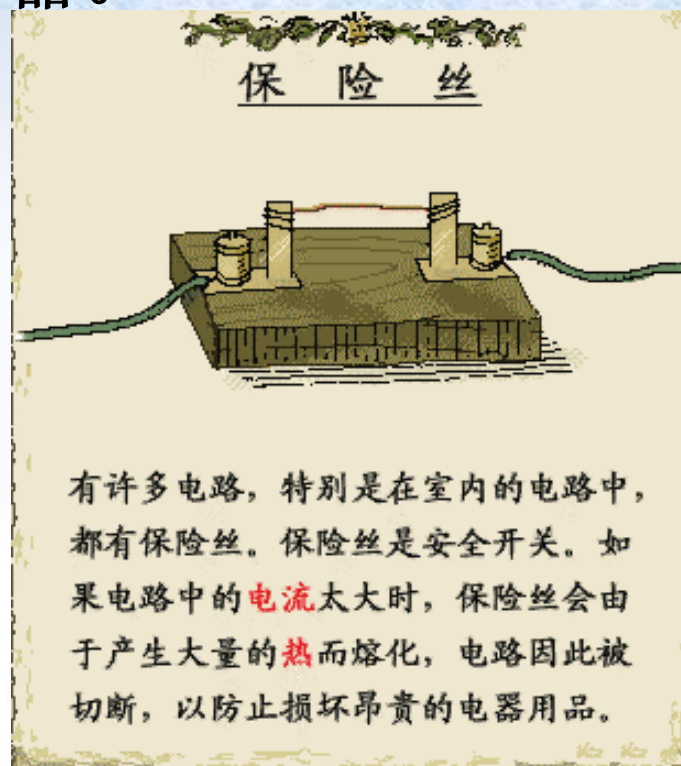
$$I_F > I_L$$

(2) 单台电机

$$\text{熔丝额定电流} \geq \frac{\text{电动机的起动电流}}{2.5}$$

(3) 频繁起动的电机

$$\text{熔丝额定电流} \geq \frac{\text{电动机的起动电流}}{1.6 \sim 2}$$



1.1.7 行程开关(限位开关)

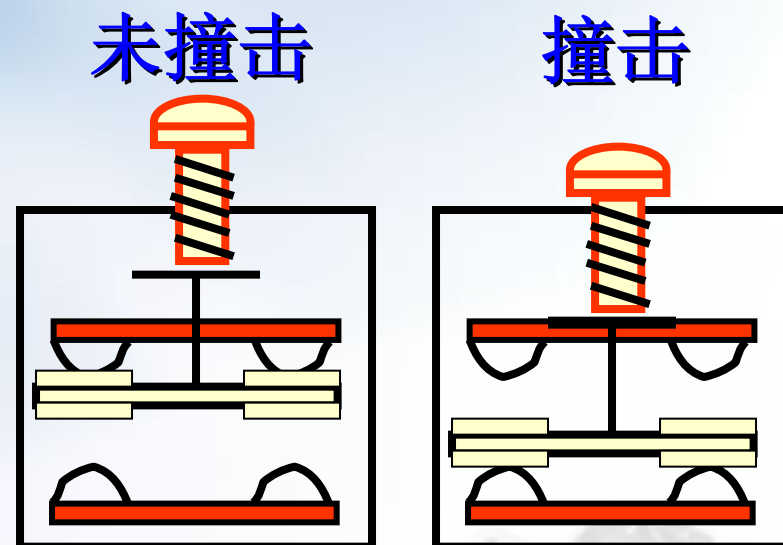
用于自动往复控制或限位保护等。

结构与按钮类似，但其动作要由机械撞击。



(a)外形图

行程开关的外形符号



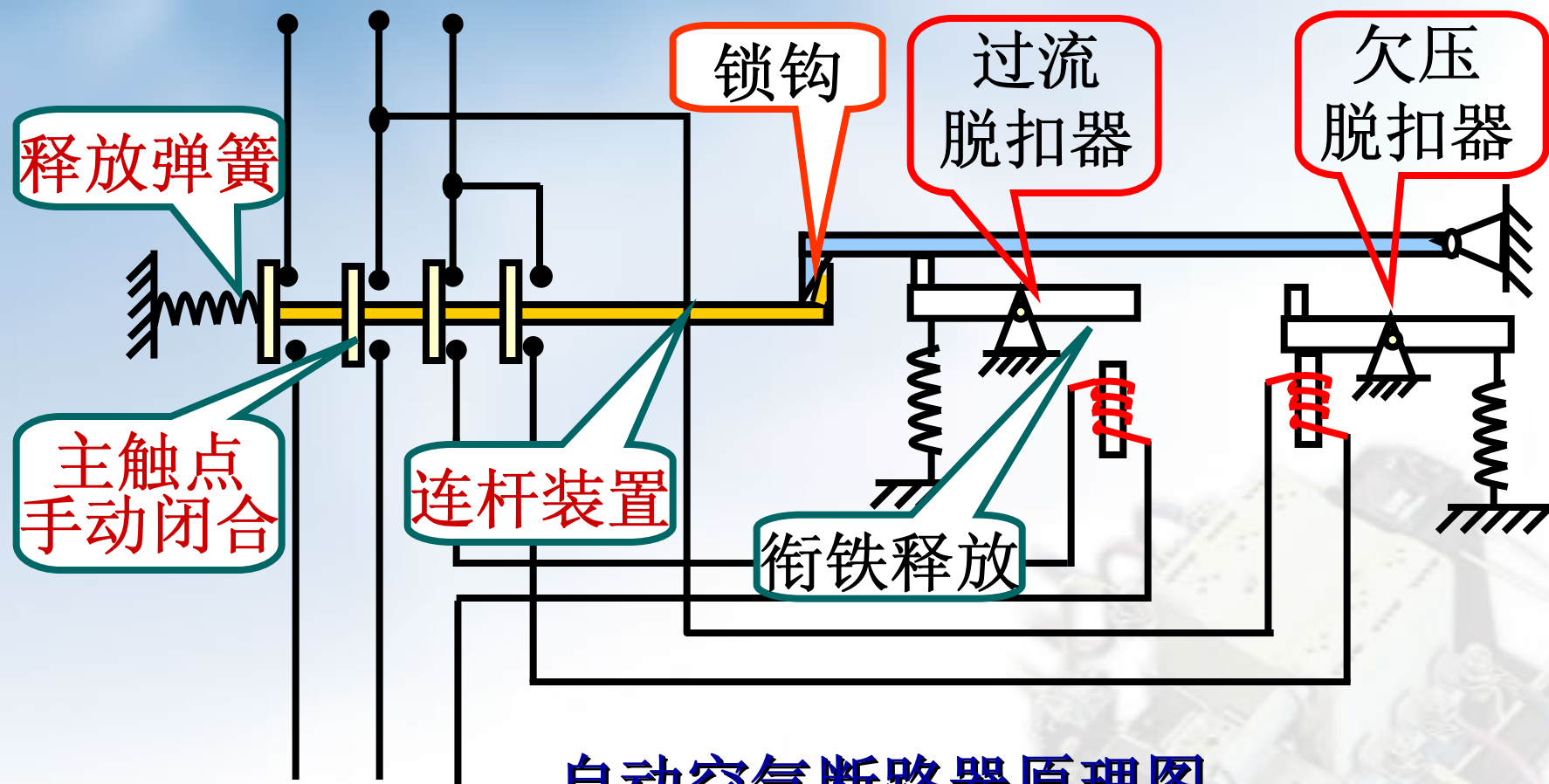
(b)示意图



(c) 符号

10.1.8 自动空气断路器(自动开关)

可实现短路、过载、失压保护。



自动空气断路器原理图

继电接触控制线路由一些基本控制环节组成，下面介绍继电接触控制线路的绘制。

在电工技术中所绘制的控制线路图为原理图，它不考虑电器的结构和实际位置，突出的是电气原理。

电器自动控制原理图的绘制原则及读图方法：

1. 按国家规定的电工图形符号和文字符号画图。
2. 控制线路由主电路(被控制负载所在电路)和控制电路 (控制主电路状态)组成。
3. **属同一电器元件的不同部分**(如接触器的线圈和触点)按其功能和所接电路的不同分别画在不同的电路中，但**必须标注相同的文字符号**。

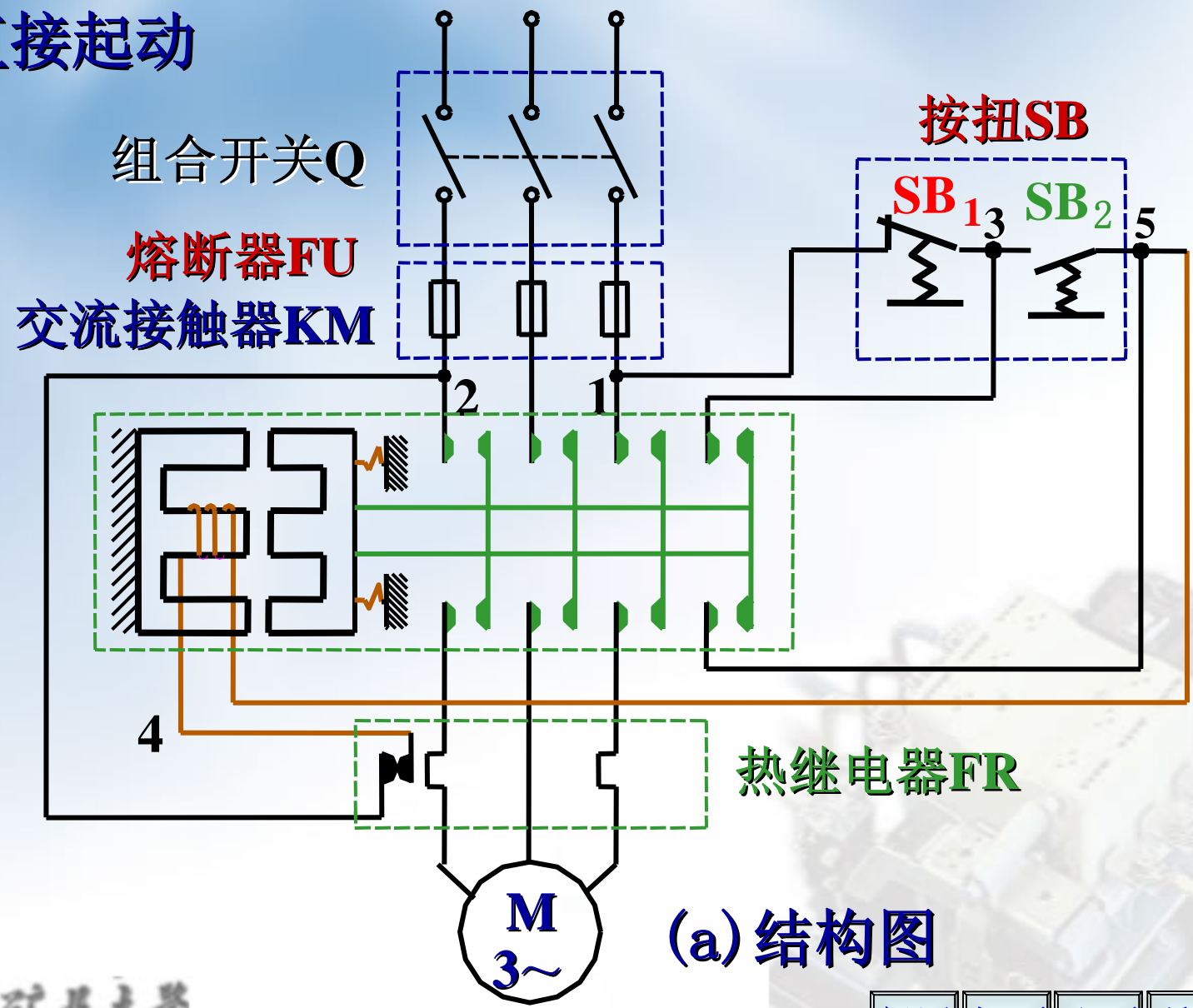
4. 所有电器的图形符号均按无电压、无外力作用下的正常状态画出，即**按通电前的状态绘制**。
5. 与电路无关的部件(如铁心、支架、弹簧等) 在控制电路中不画出。

分析和设计控制电路时应注意以下几点：

- (1) 使控制电路简单，电器元件少，而且工作又要准确可靠
- (2) 尽可能避免多个电器元件依次动作才能接通另一个电器的控制电路。
- (3) 必须保证每个线圈的额定电压，不能将两个线圈串联。

10.2 鼠笼式电动机直接起动的控制线路

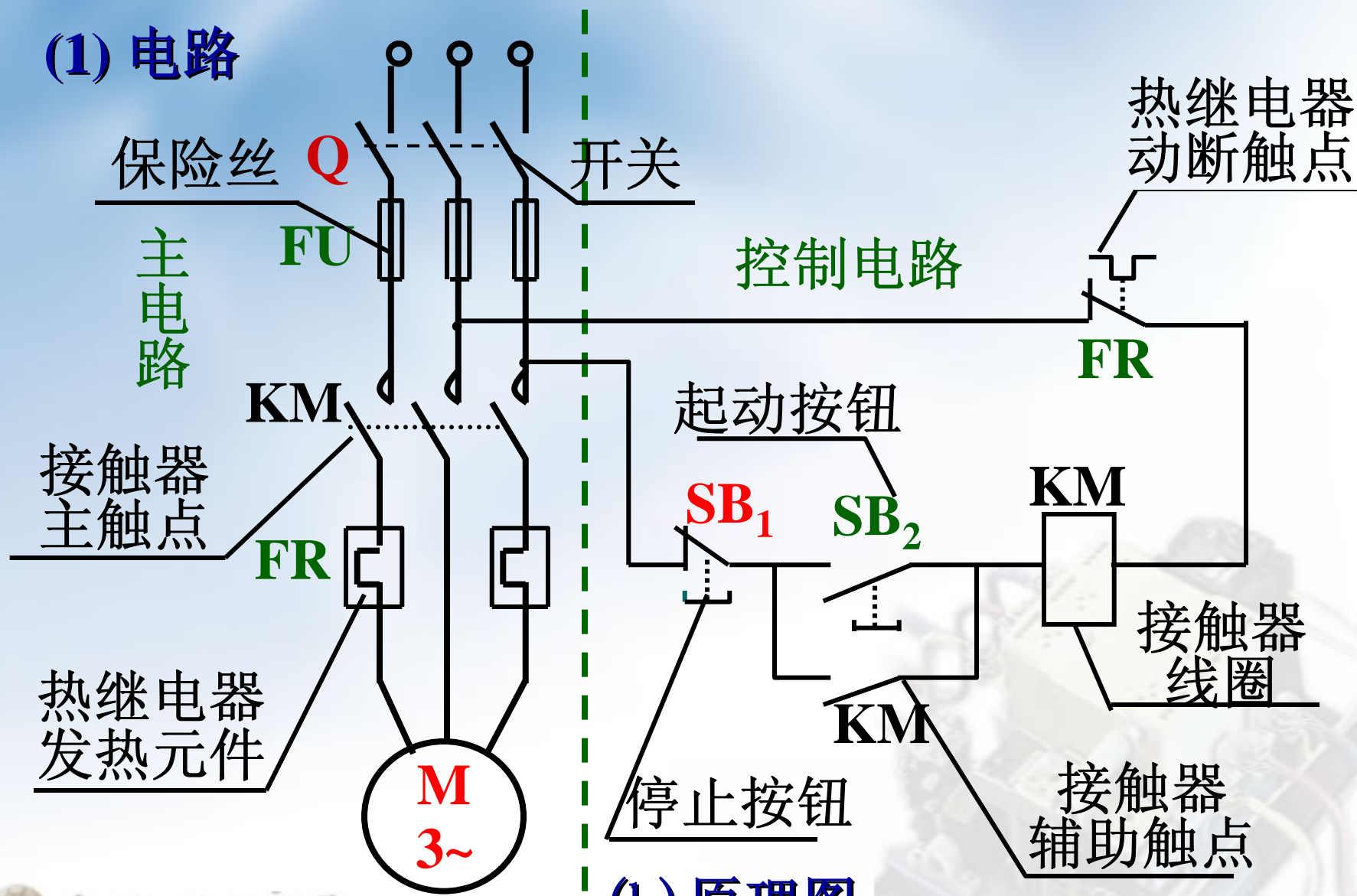
1. 直接起动



(a) 结构图

10.2 鼠笼式电动机直接起动的控制线路

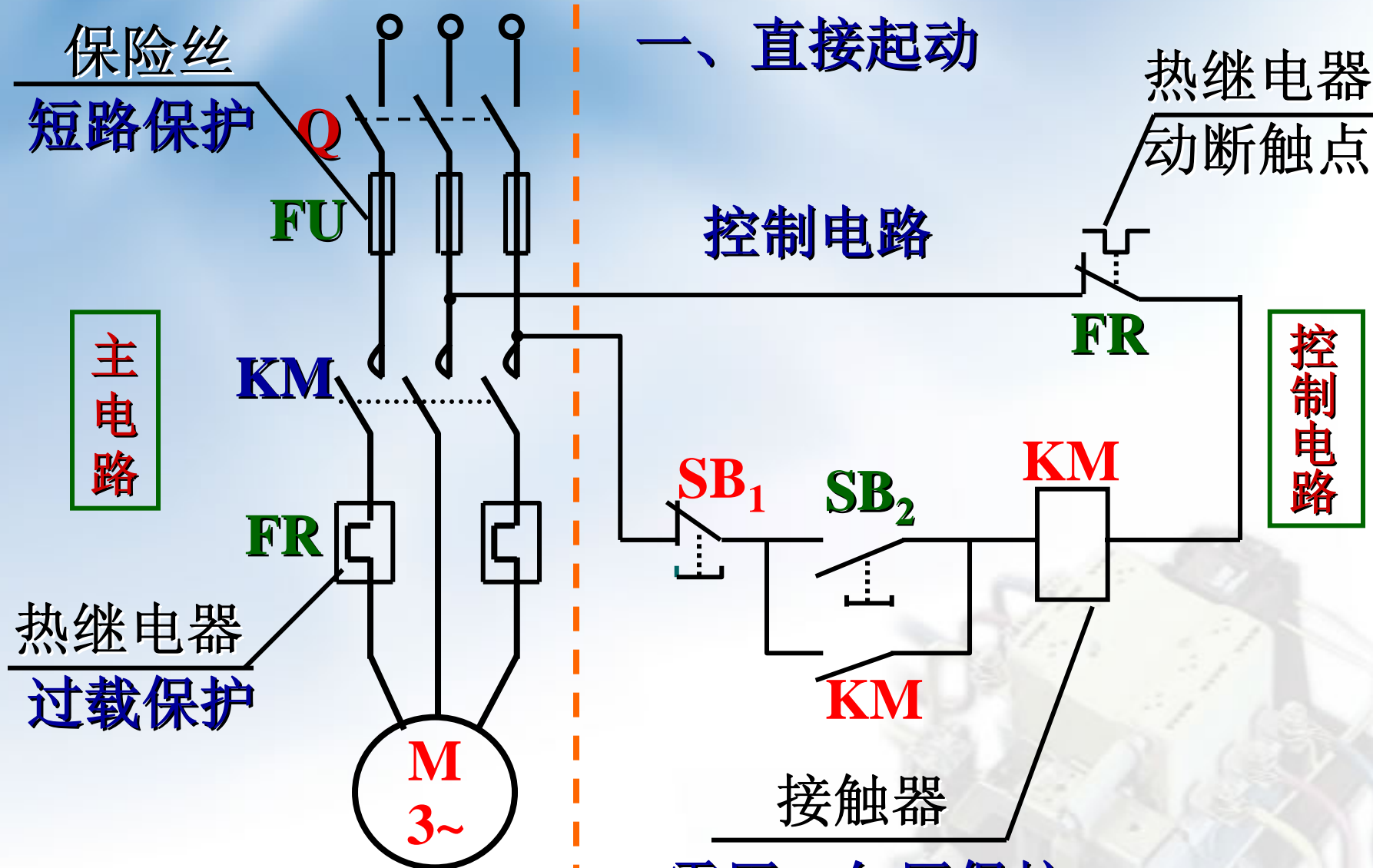
(1) 电路



(b) 原理图

电动机的保护

一、直接起动



电动机的保护

短路保护是因短路电流会引起电器设备绝缘损坏产生强大的电动力，使电动机和电器设备产生机械性损坏，故要求迅速、可靠切断电源。**通常采用熔断器 FU 和过流继电器等。**

欠压是指电动机工作时，引起电流增加甚至使电动机停转，**失压**(零压)是指电源电压消失而使电动机停转，在电源电压恢复时，电动机可能自动重新起动(亦称自起动)，易造成人身或设备故障。**常用的失压和欠压保护有：对接触器实行自锁；用低电压继电器组成失压、欠压保护。**

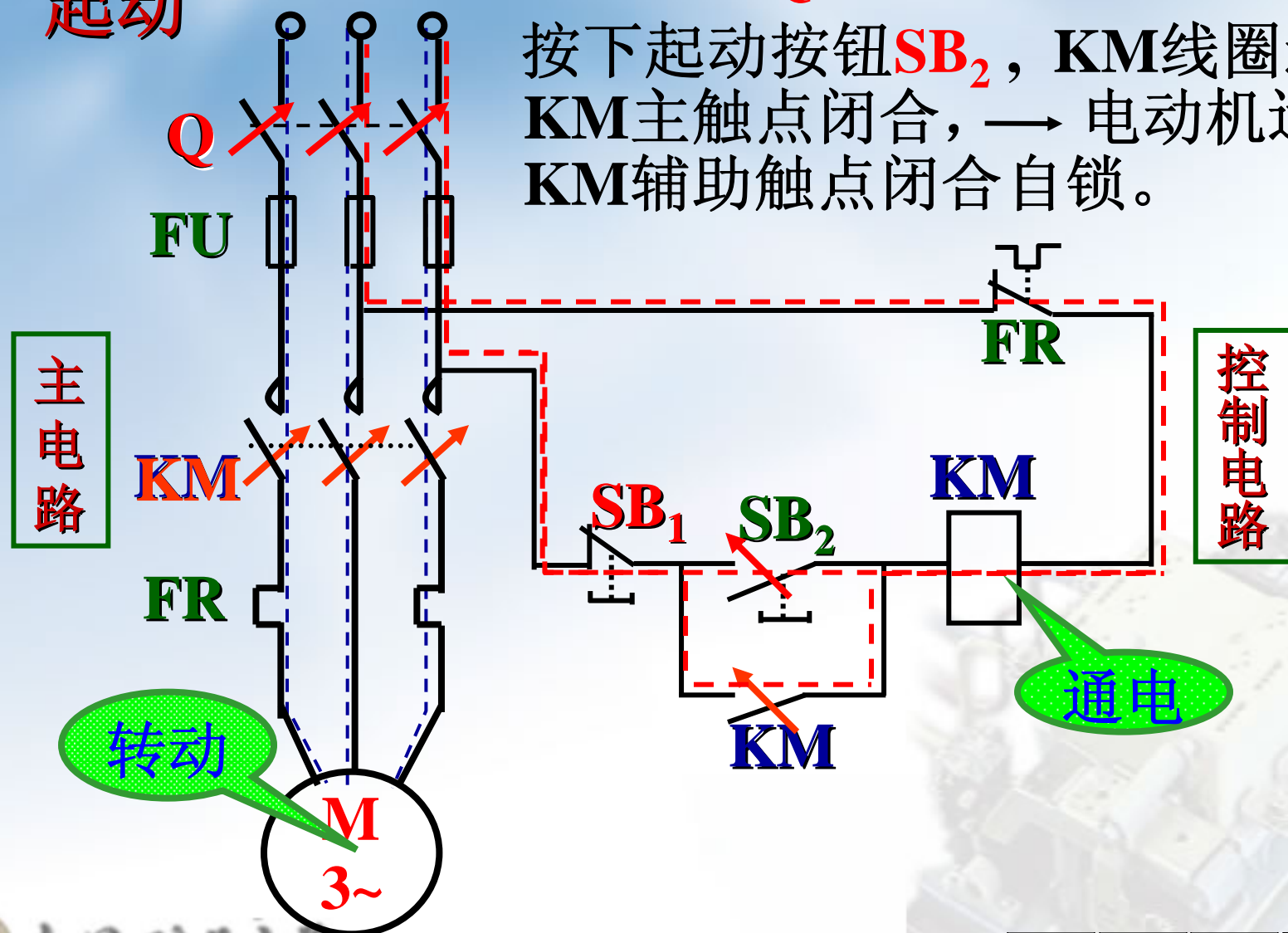
过载保护是为防止三相电动机在运行中电流超过额定值而设置的保护。**常采用热继电器 FR 保护，也可采用自动开关和电流继电器保护。**

(2) 控制原理

起动

合上开关**Q**

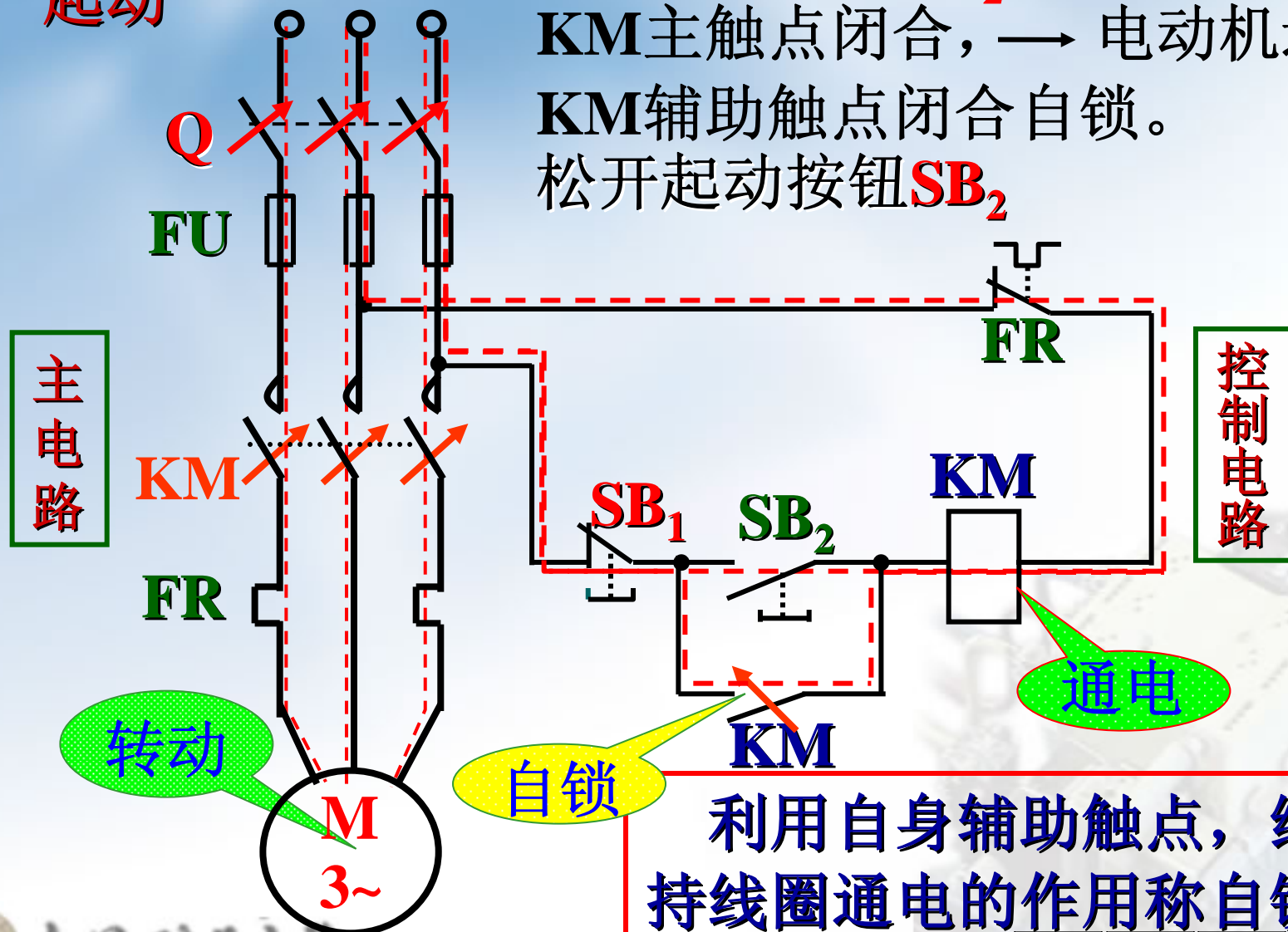
按下起动按钮**SB₂**，**KM**线圈通电，**KM**主触点闭合，→ 电动机运转。
KM辅助触点闭合自锁。



(2) 控制原理

起动

合上开关**Q**
按下起动按钮**SB₂**，**KM**线圈通电，**KM**主触点闭合，→ 电动机运转。
KM辅助触点闭合自锁。
松开起动按钮**SB₂**

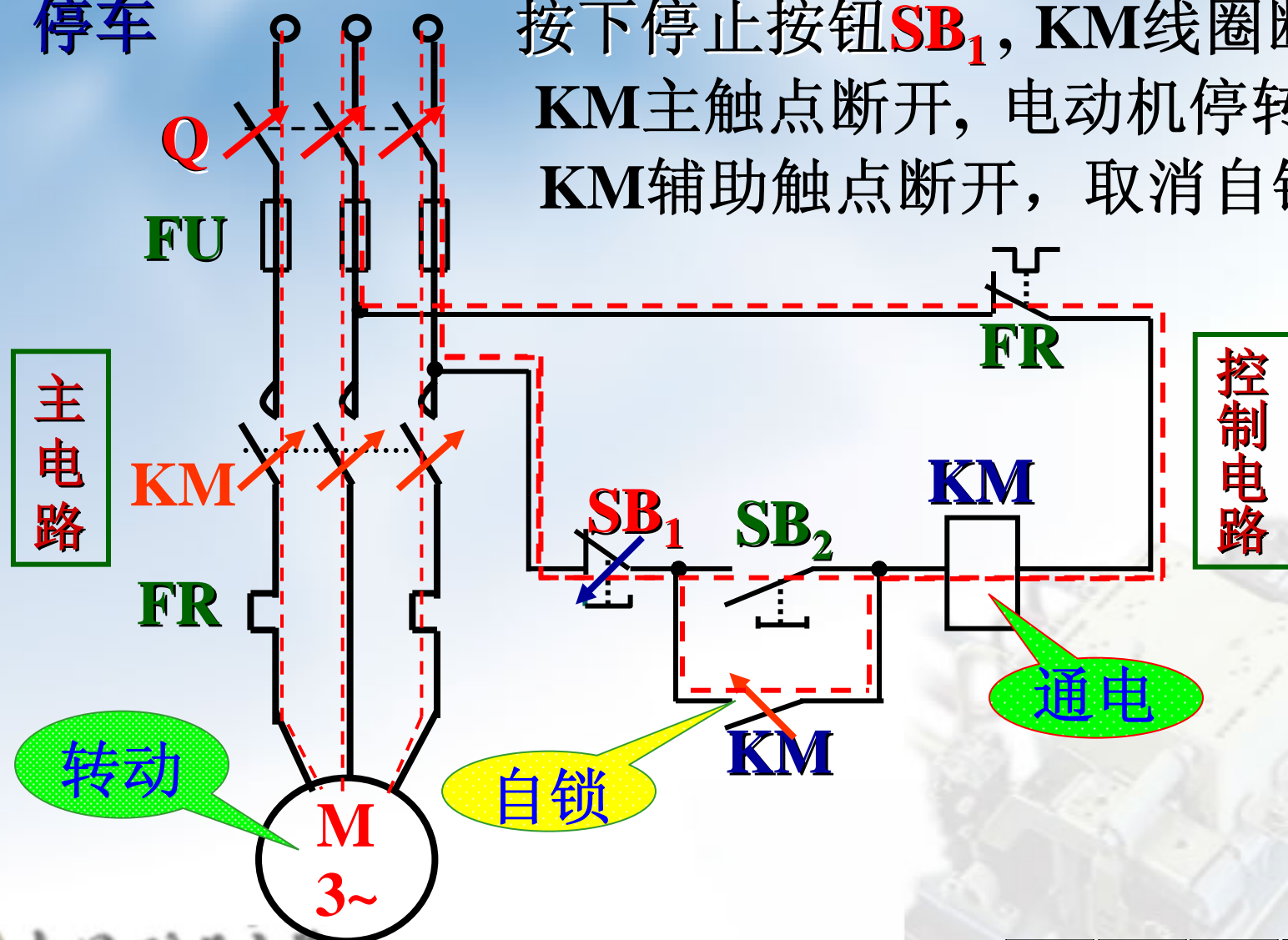


利用自身辅助触点，维持线圈通电的作用称自锁

(2) 控制原理

停车

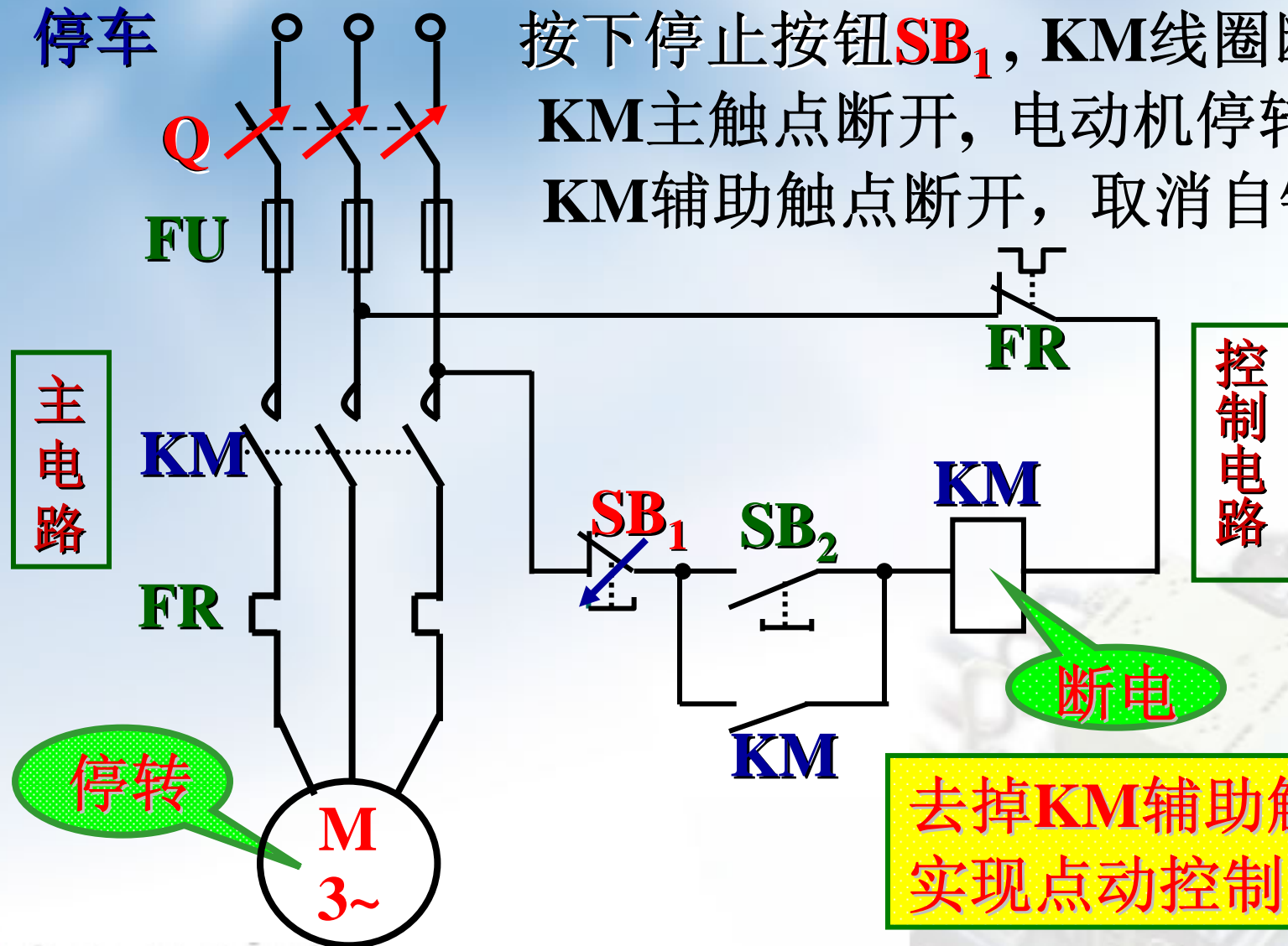
按下停止按钮 **SB₁**, KM线圈断电
KM主触点断开, 电动机停转。
KM辅助触点断开, 取消自锁。



(2) 控制原理

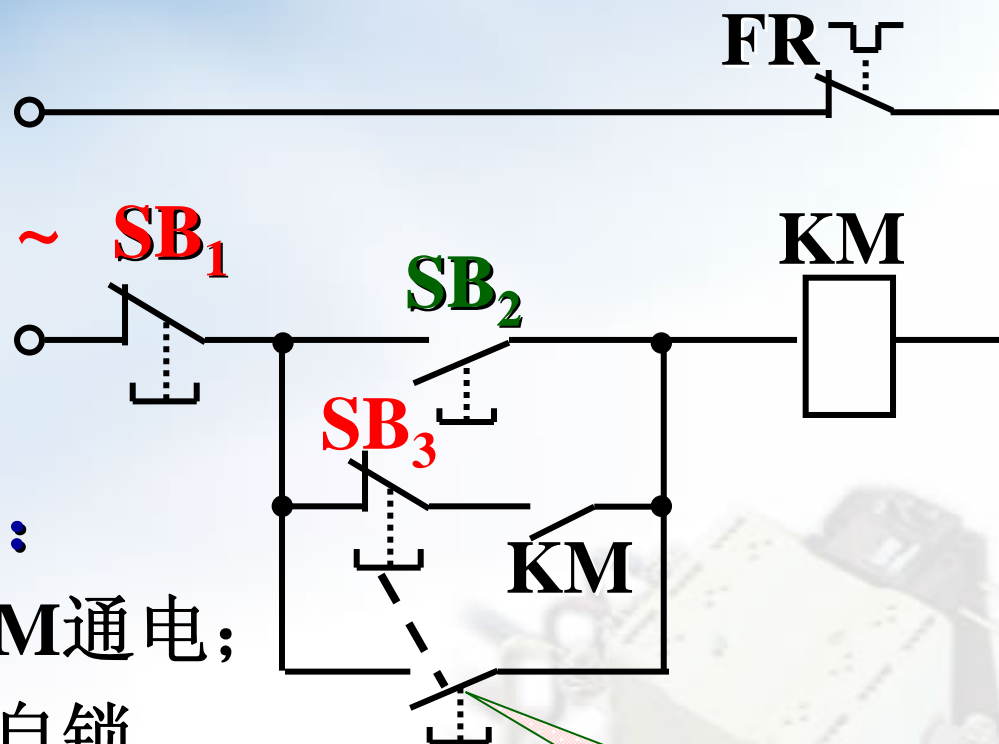
停车

按下停止按钮 **SB₁**, KM线圈断电
KM主触点断开, 电动机停转。
KM辅助触点断开, 取消自锁。



2. 既能长期工作又能点动的控制电路

按下起动按钮，电动机运转，松开起动按钮，电动机停转。



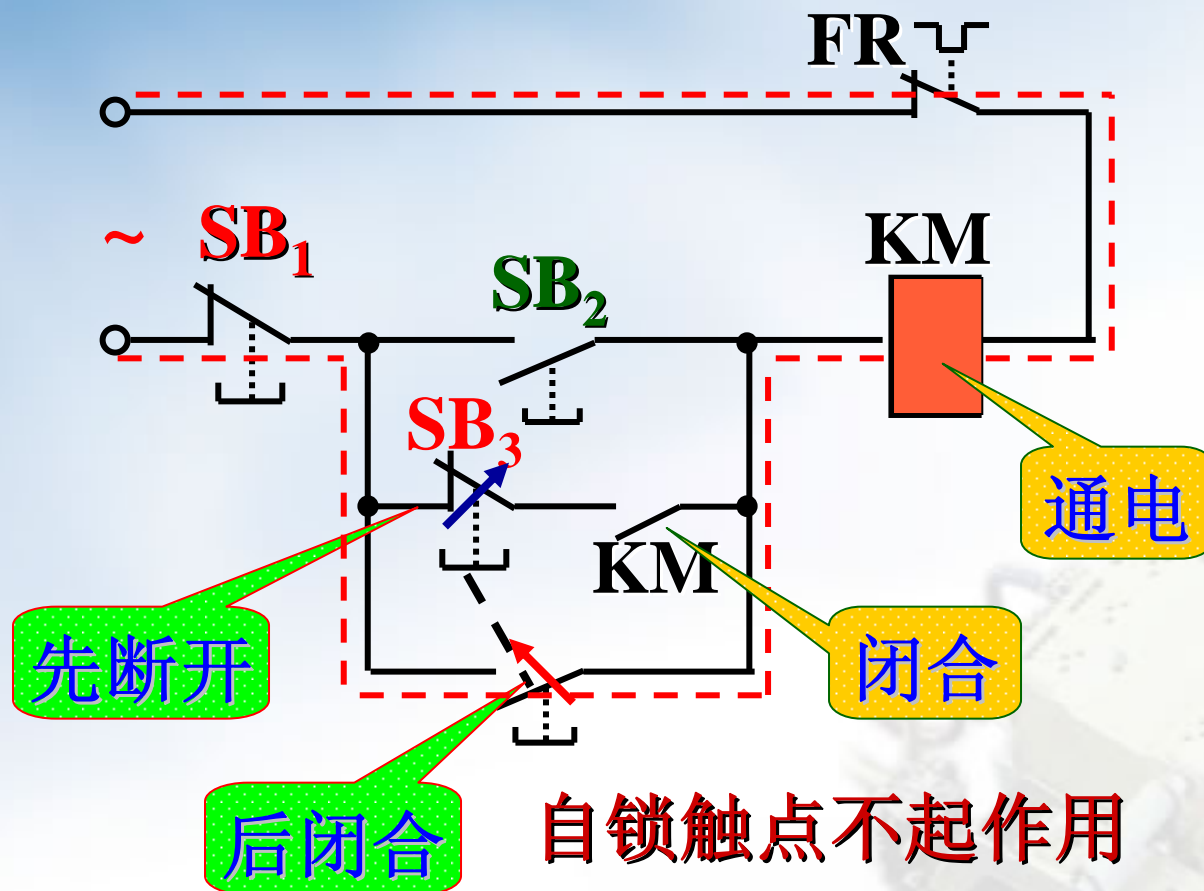
点动按钮 SB_3 的作用：

- (1) 使接触器线圈KM通电；
- (2) 使线圈KM不能自锁。

复合按钮

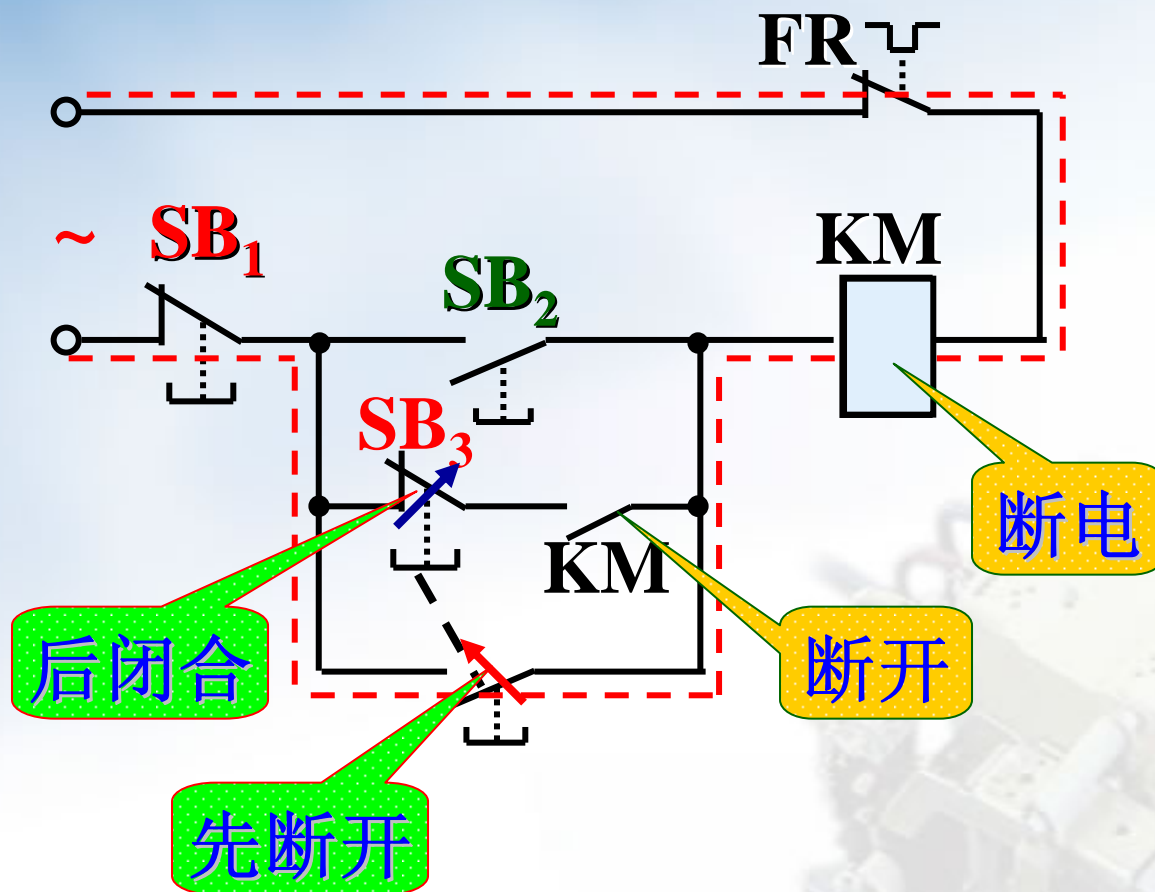
2. 既能长期工作又能点动的控制电路

点动时：按下SB₃ → 电机运转



2. 既能长期工作又能点动的控制电路

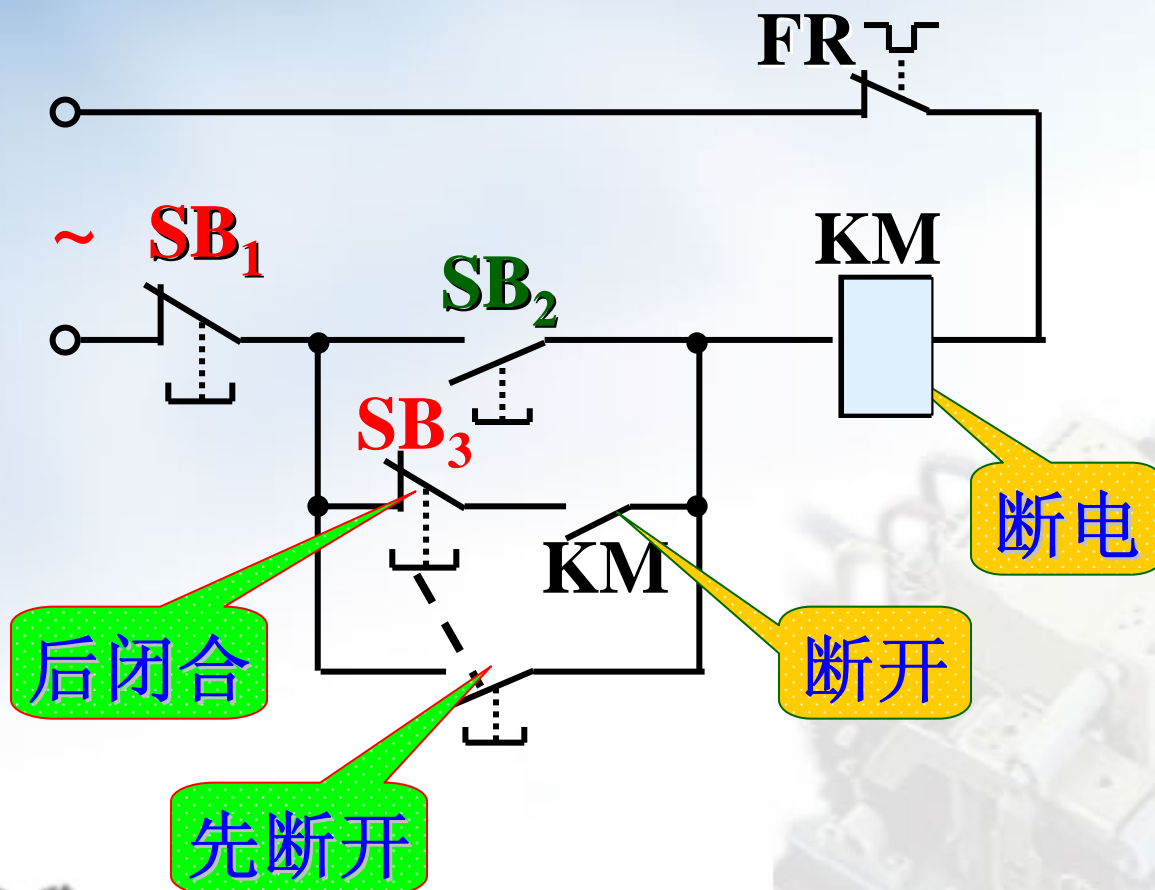
松开SB₃



2. 既能长期工作又能点动的控制电路

松开SB₃ → 电机停转 **实现点动**

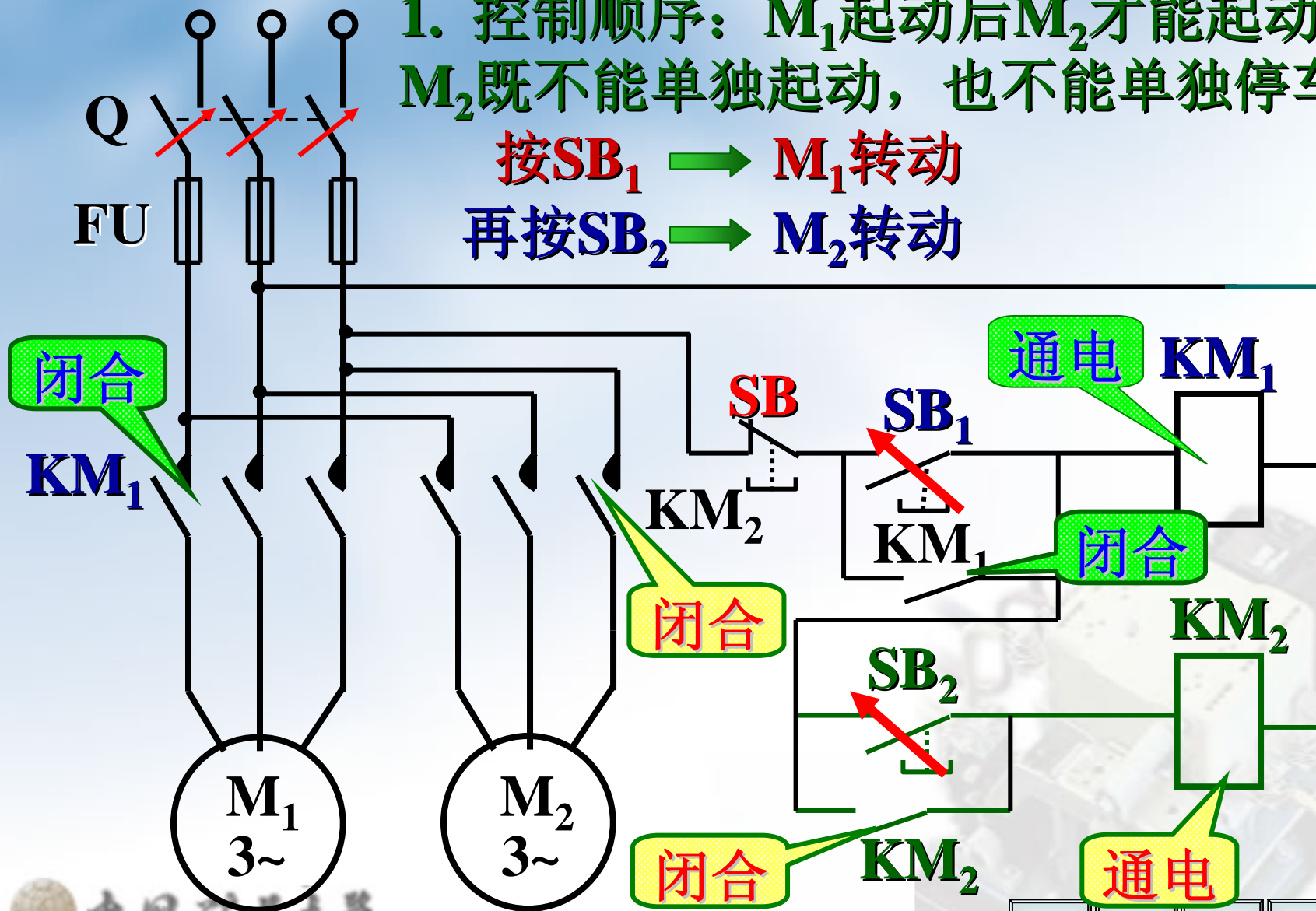
用途:试车、检修以及车床主轴的调整等。

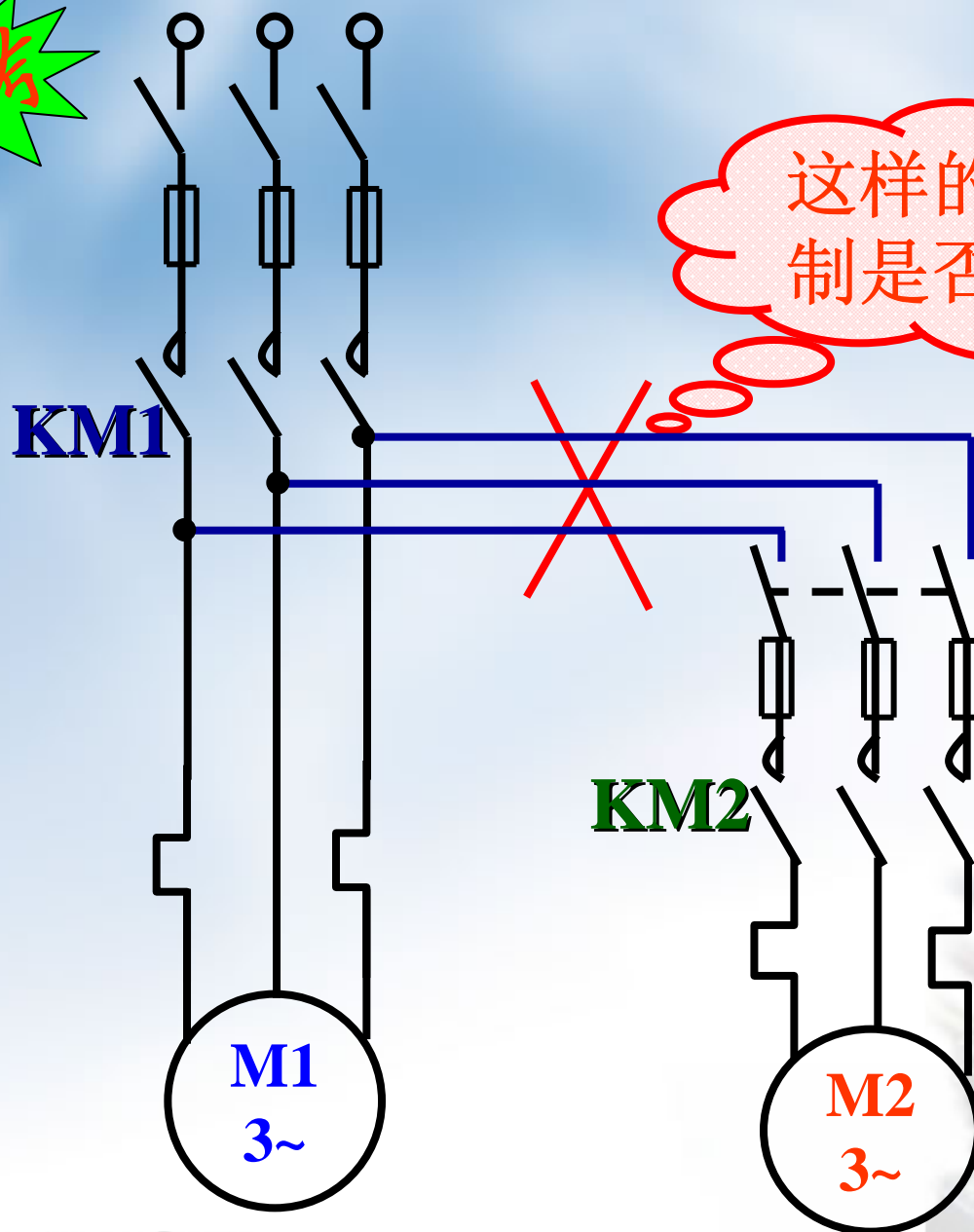


3. 电机的顺序控制

1. 控制顺序：M₁起动后M₂才能起动。
M₂既不能单独起动，也不能单独停车。

按SB₁ → M₁转动
再按SB₂ → M₂转动





这样的顺序控制是否合理？

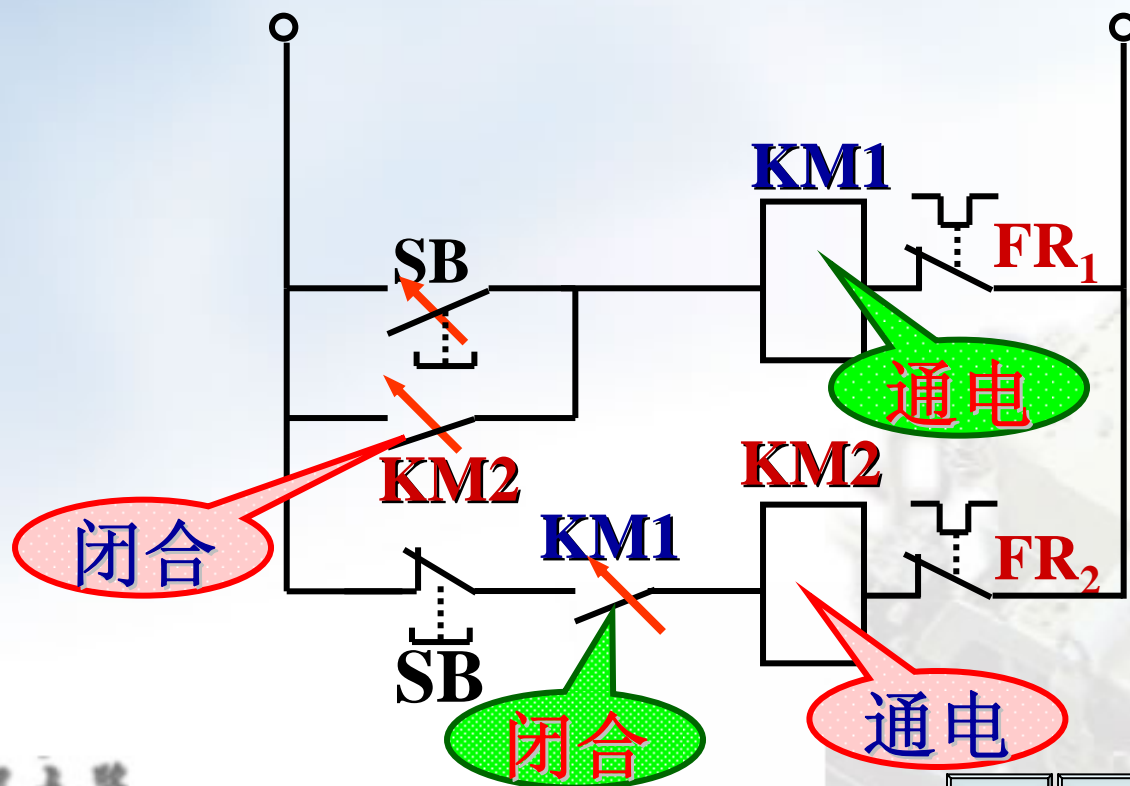
两电机各自要有独立的电源；这样接，主触头(KM1)的负荷过重。

例1: 两条皮带运输机分别由两台鼠笼异步电动机拖动，由一套起停按钮控制它们的起停。为避免物体堆积在运输机上，要求电动机按下述顺序启动和停止：

启动时: M_1 启动后 M_2 才能启动；

停车时: M_2 停车后 M_1 才能停车。应如何实现控制？

启动:

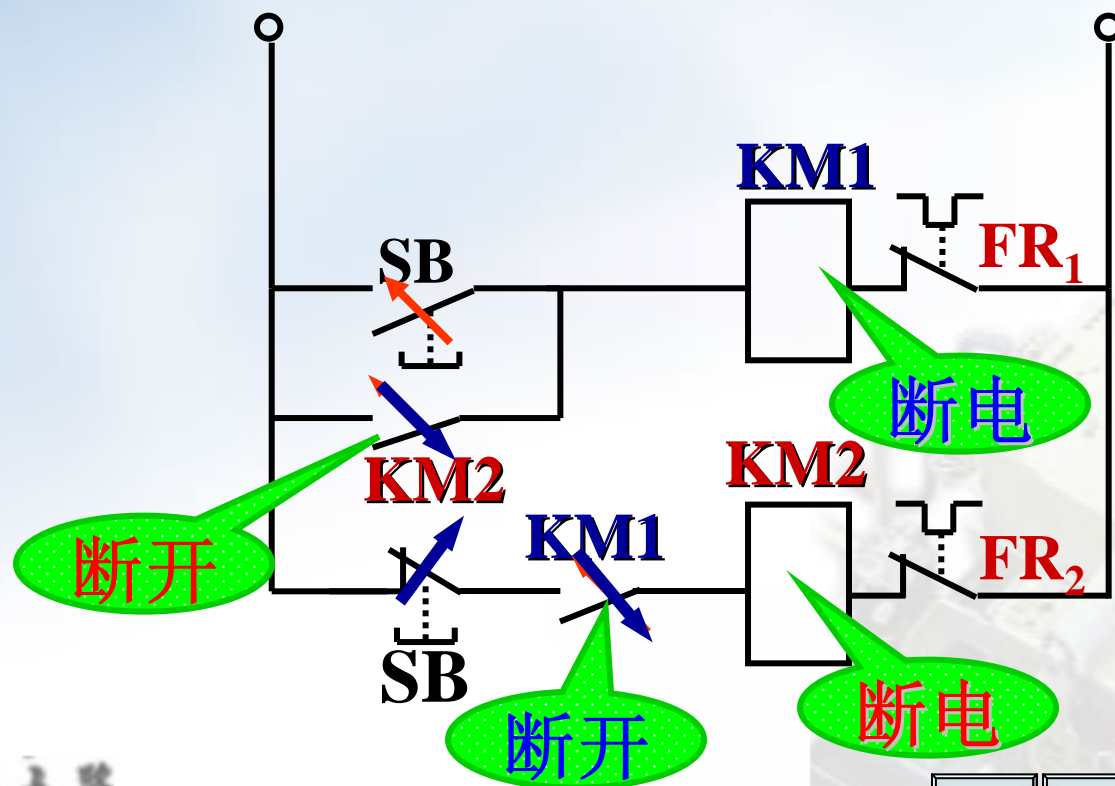


例：两条皮带运输机分别由两台鼠笼异步电动机拖动，由一套起停按钮控制它们的起停。为避免物体堆积在运输机上，要求电动机按下述顺序启动和停止：

启动时： M_1 启动后 M_2 才能启动；

停车时： M_2 停车后 M_1 才能停车。应如何实现控制？

停止：



10.3 鼠笼式电动机正反转的控制线路

将电动机接到电源的任意两根线对调一下，即可使电动机反转。

需要用两个接触器来实现这一要求。

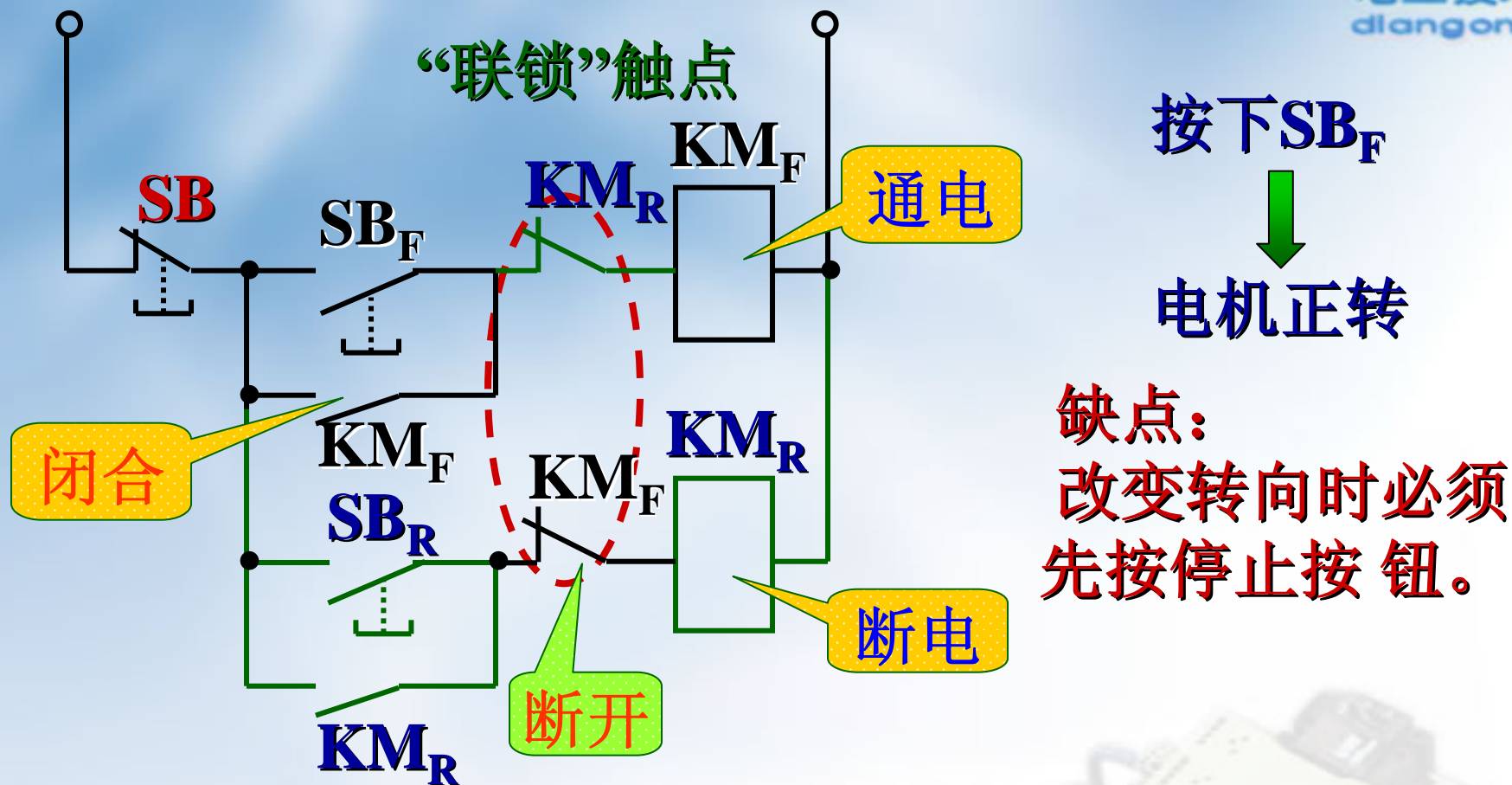
当正转接触器工作时，电动机正转；

当反转接触器工作时，将电动机接到电源的任意两根联线对调一下，电动机反转。

电工技术

正反转控制电路必须保证正转、反转接触器不能同时动作。

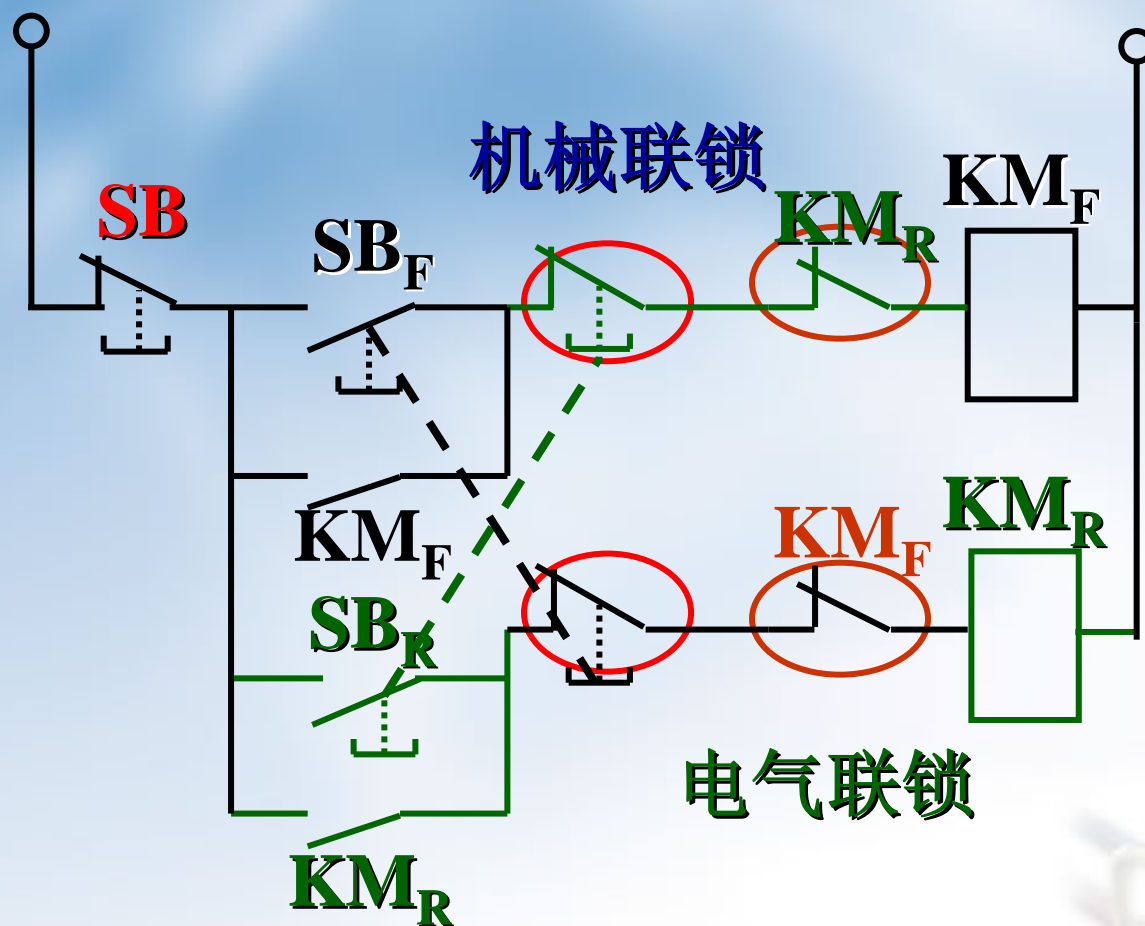




在同一时间内，两个接触器只允许一个通电工作的控制作用，称为“**联锁**”。

利用接触器的触点实现联锁控制称电气联锁。

解决措施：在控制电路中加入机械连锁。

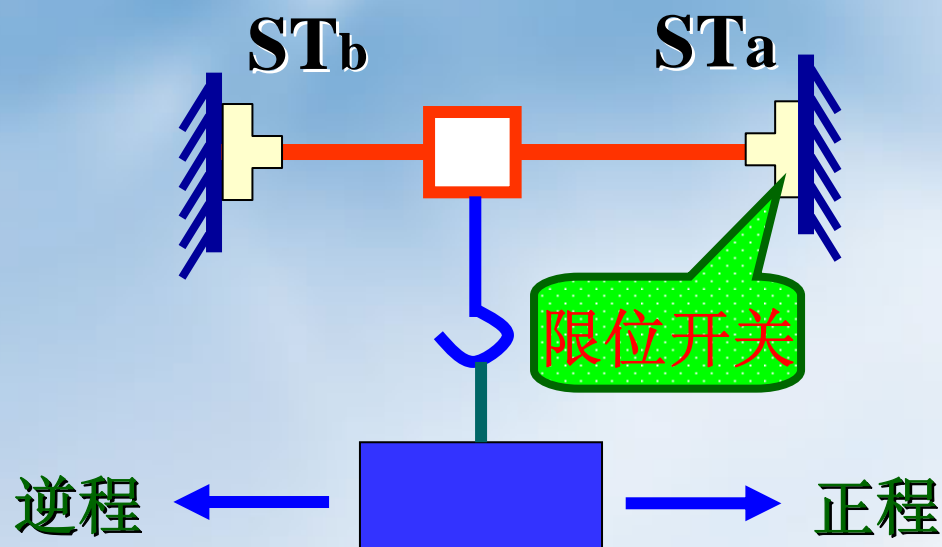


利用复合按钮的触点实现联锁控制称机械联锁。

鼠笼式电动机正反转的控制线路



10.4 行程控制

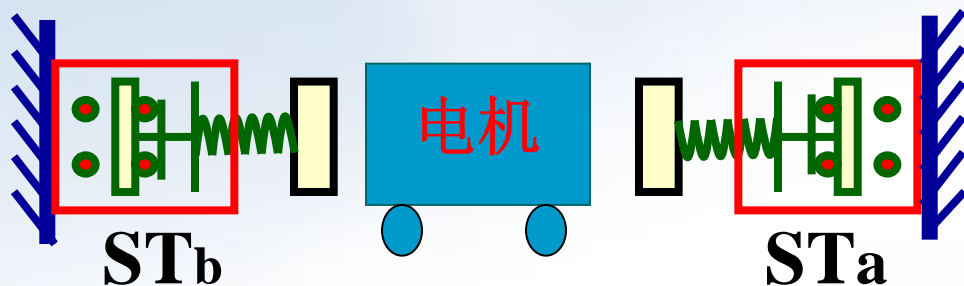


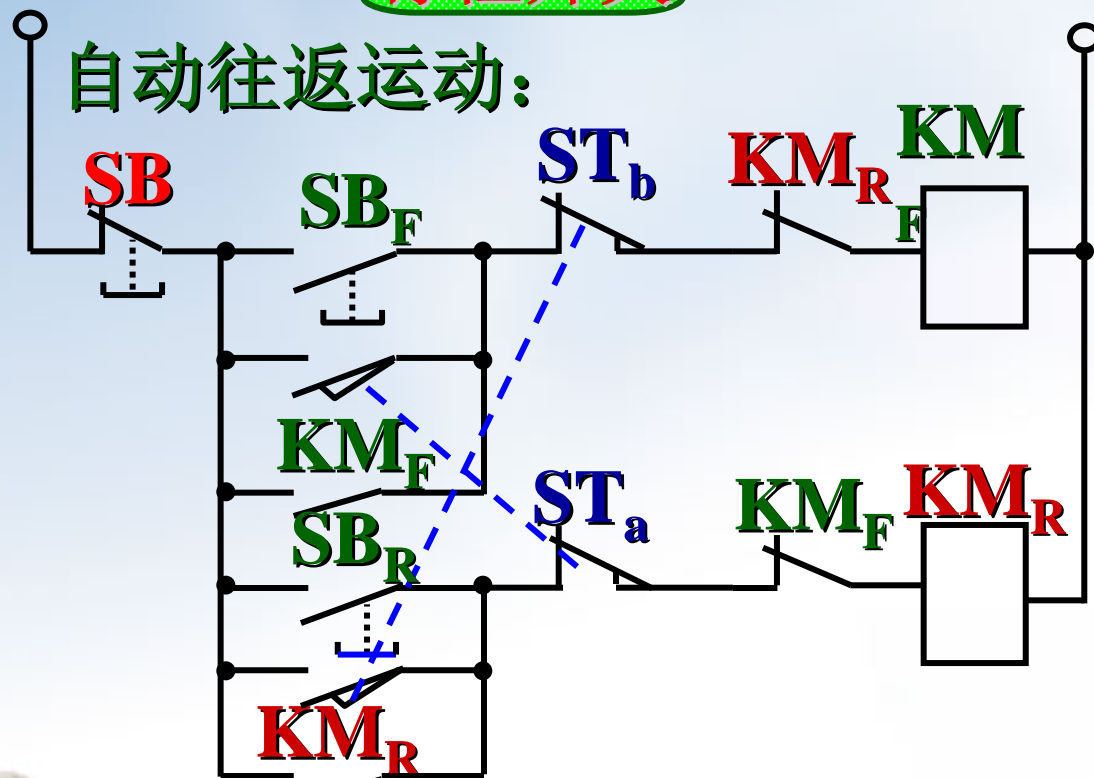
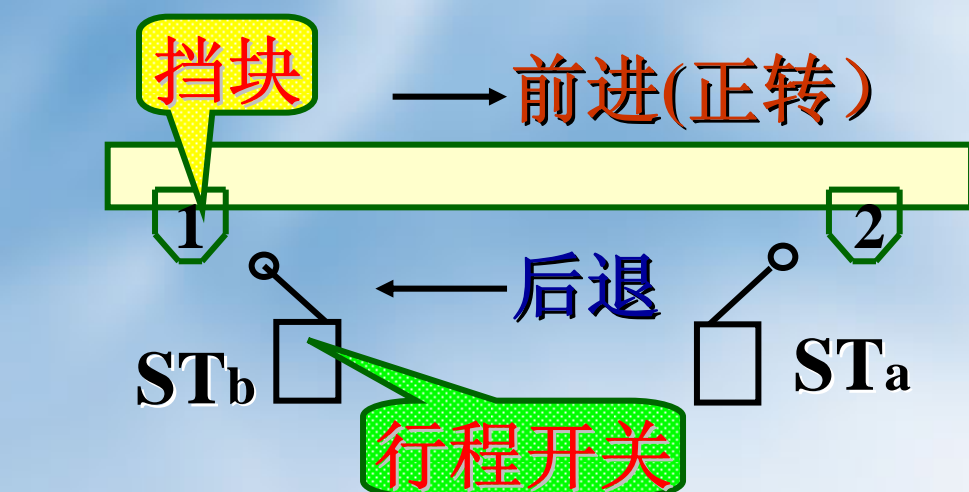
行程控制:

控制某些机械的行程，当运动部件到达一定行程位置时利用行程开关进行控制。

自动往返运动:

1. 能正向运行也能反向运行
2. 到位后能自动返回





按SB_F时

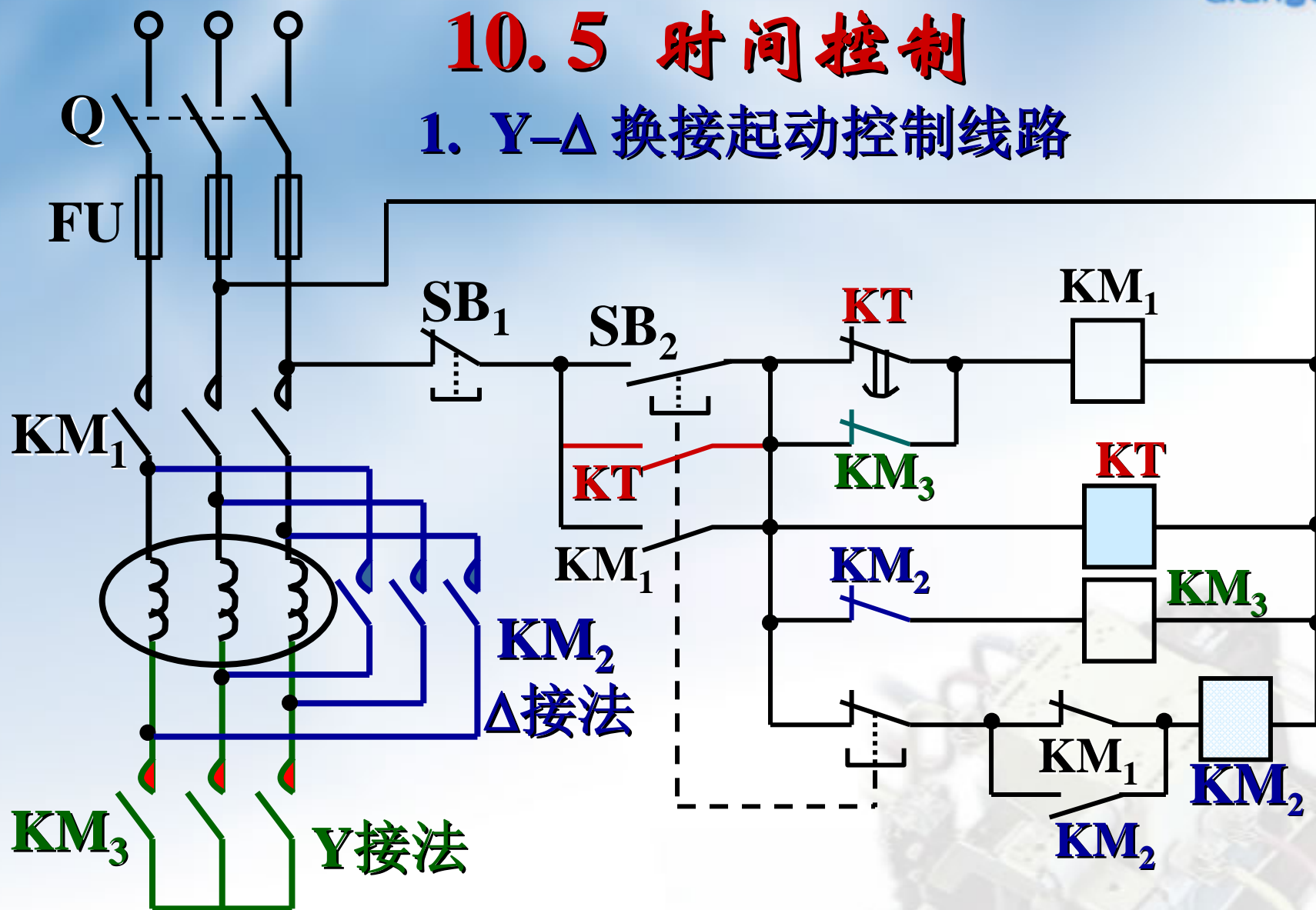
- KM_F通电
- 电机正转
- 工作台前进
- 到达预定位置, 挡块1撞击ST_b

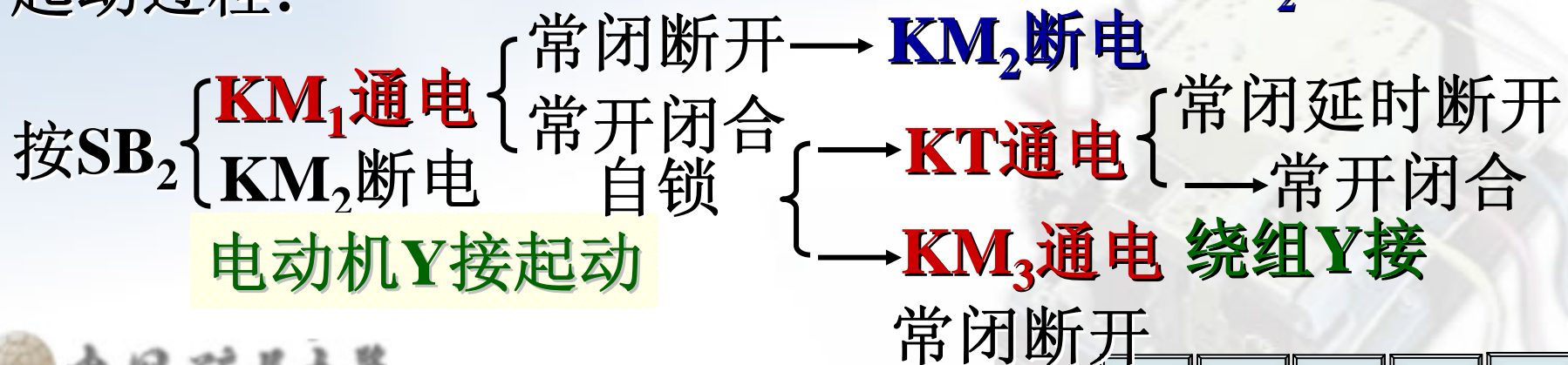
(其常闭断开, 常开闭合)

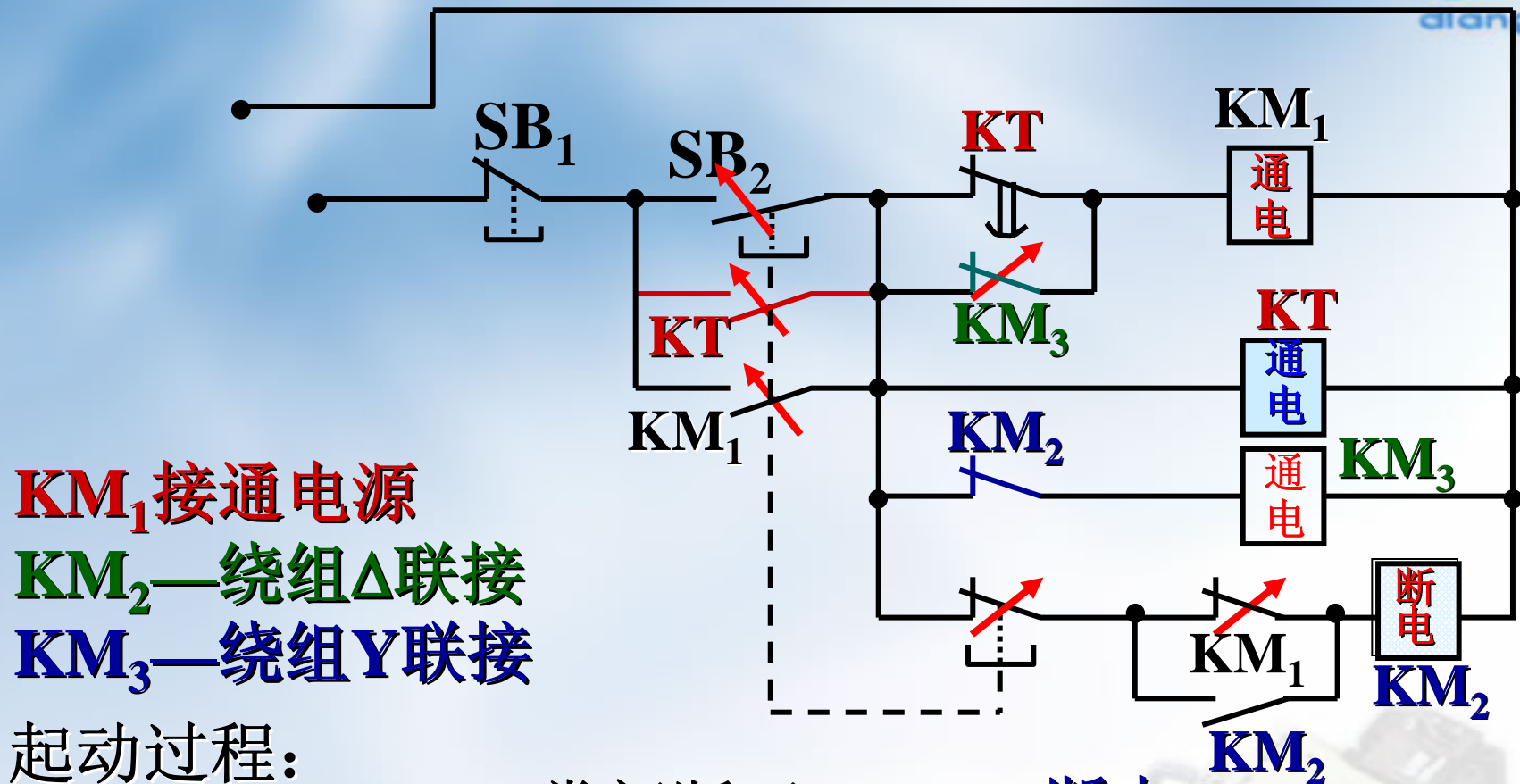
- KM_F断电
- 停止正转
- KM_R通电
- 电机反转 (工作台后退)

10.5 时间控制

1. Y-Δ 换接起动控制线路







KM_1 接通电源

KM_2 —绕组 Δ 联接

KM_3 —绕组Y联接

起动过程:

按 SB_2 { **KM_1 通电** { 常闭断开 → **KM_2 断电**
 { **KM_1 断电** { 常开闭合 → **KT 通电** { 常闭延时断开
 { 自锁 { 常开闭合 → **KM_3 通电** { 绕组Y接
 { 电动机Y接起动

松开 SB_2 , 电机仍处于Y 接起动状态。常闭断开

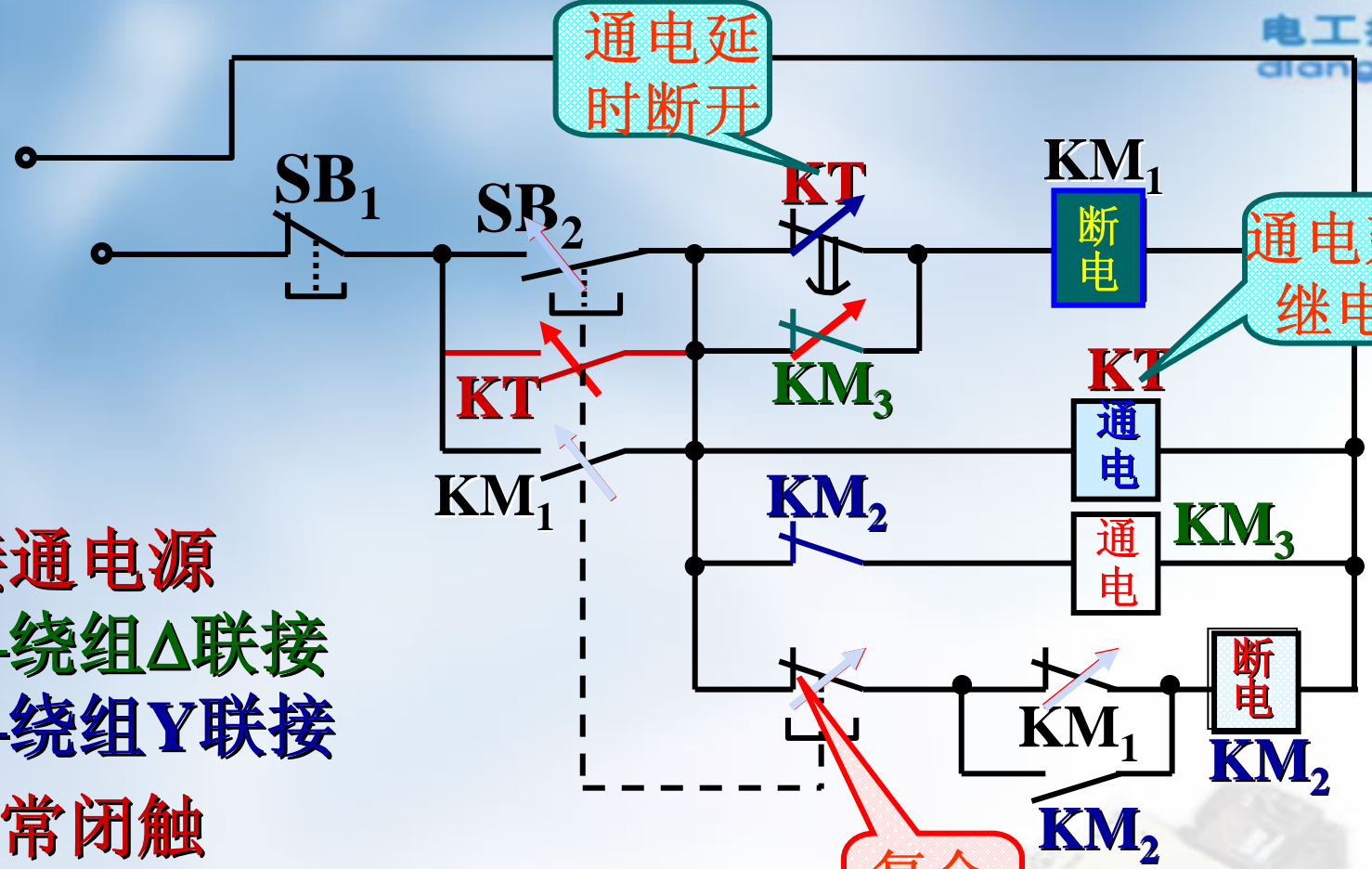
通电延
时断开

通电延时
继电器

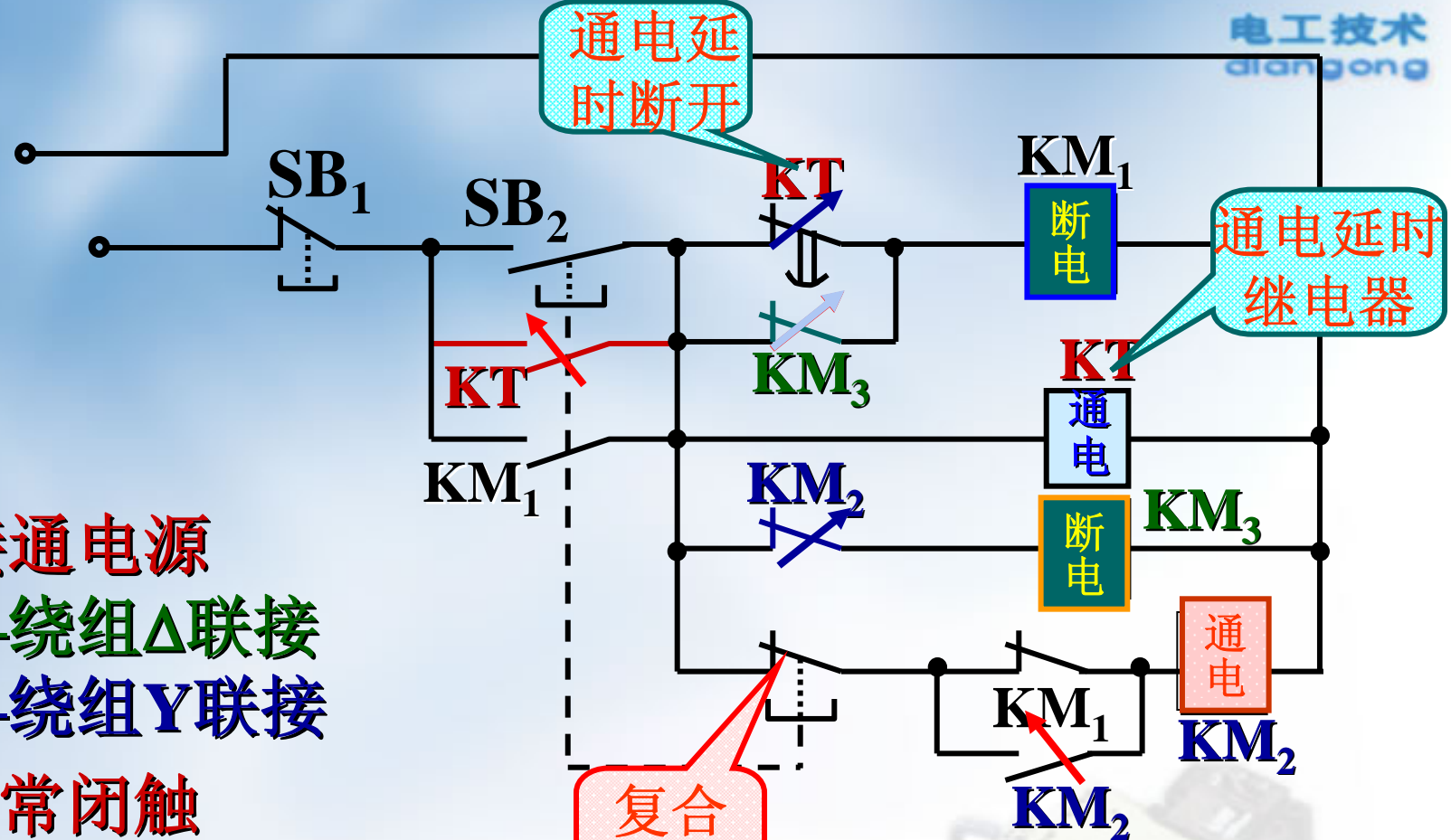
KM₁接通电源
KM₂—绕组Δ联接
KM₃—绕组Y联接

当 **KT** 常闭触
点延时断开时

KM₁断电 { 常开断开
常闭闭合



复合
按钮



KM_1 接通电源
 KM_2 —绕组 Δ 联接
 KM_3 —绕组 Y 联接

当 KT 常闭触点延时断开时

KM_1 断电 { 常开断开
常闭闭合

复合按钮

KM_2 通电 { 绕组 Δ 接
常闭断开
常闭闭合 { KM_3 断电
 Y 接断开

通电延
时断开

通电延时
继电器

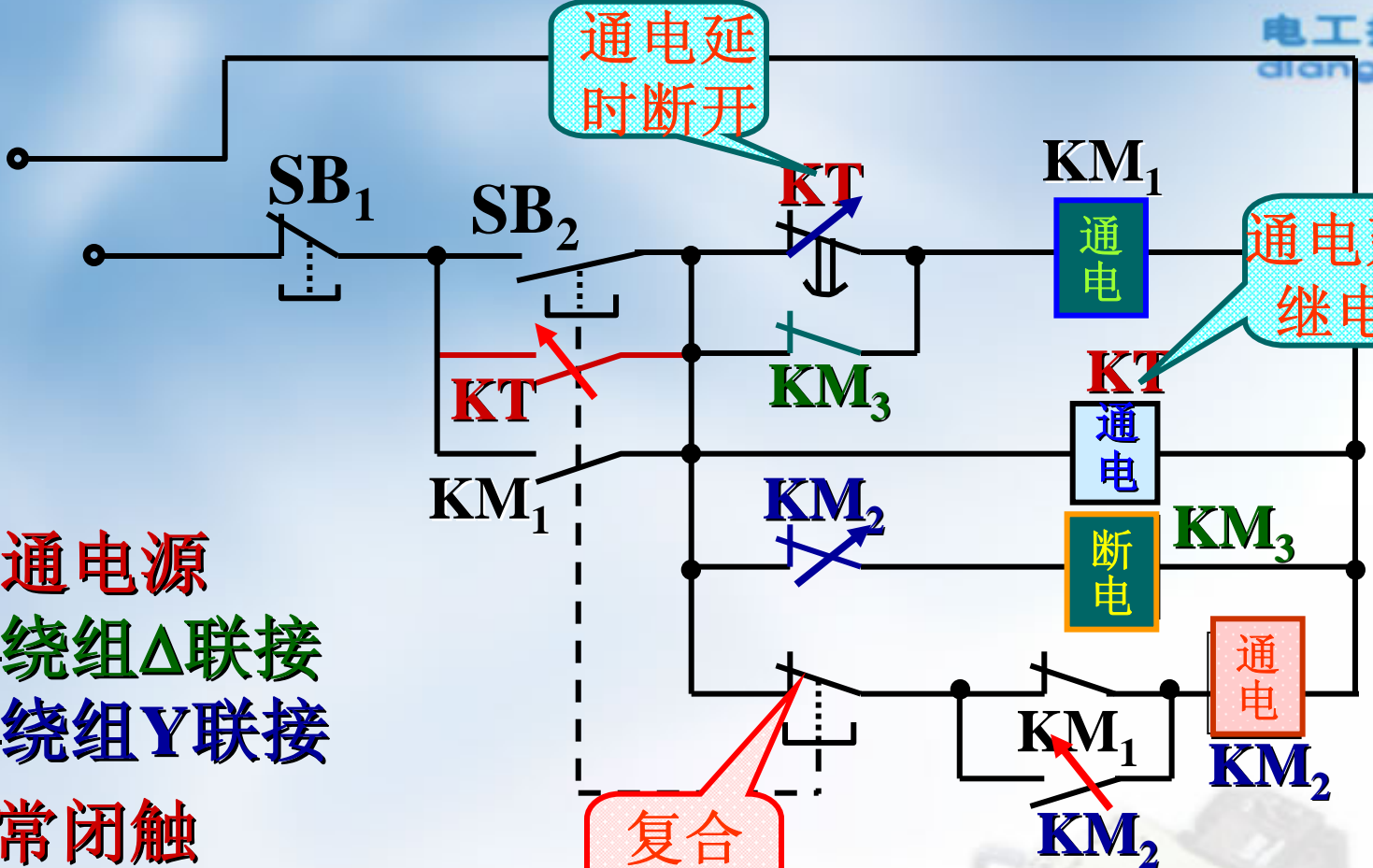
KM₁接通电源
KM₂—绕组Δ联接
KM₃—绕组Y联接
当 KT 常闭触点延时断开时

KM₁断电 { 常开断开
常闭闭合

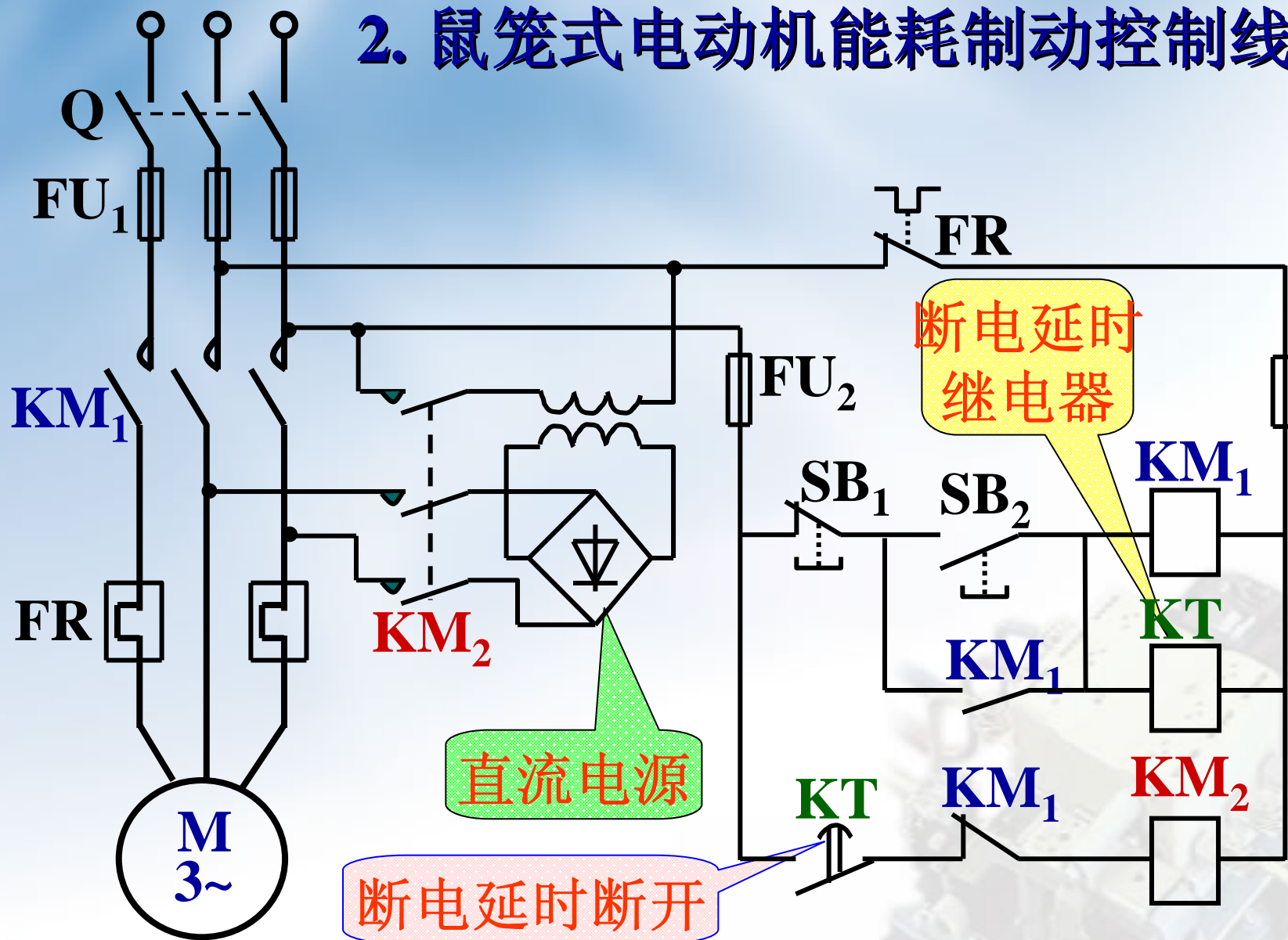
电机Δ接运行

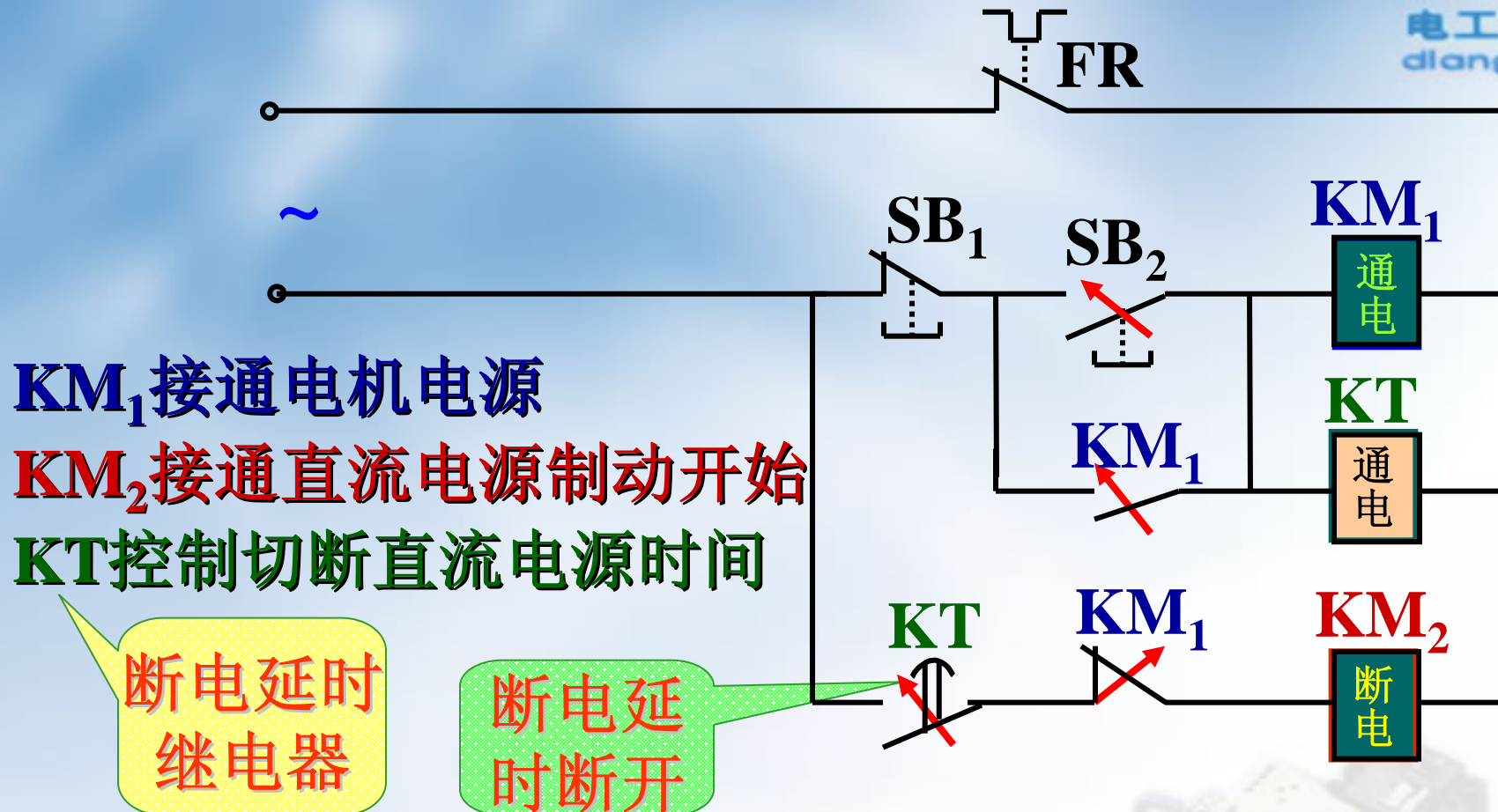
KM₂通电 { 常开断开
常闭闭合
KM₁通电 { 常开断开
常闭闭合
Y接断开

绕组Δ接
常闭断开
↓
KM₃断电



2. 鼠笼式电动机能耗制动控制线路





正常运行:

按SB₂ → **KM₁通电**

KM₁主触点闭合 → 电机运转

常开闭合 { 自锁

KT通电, 常开闭合

常闭断开 → **KM₂ 断电**

KM₁接通电机电源

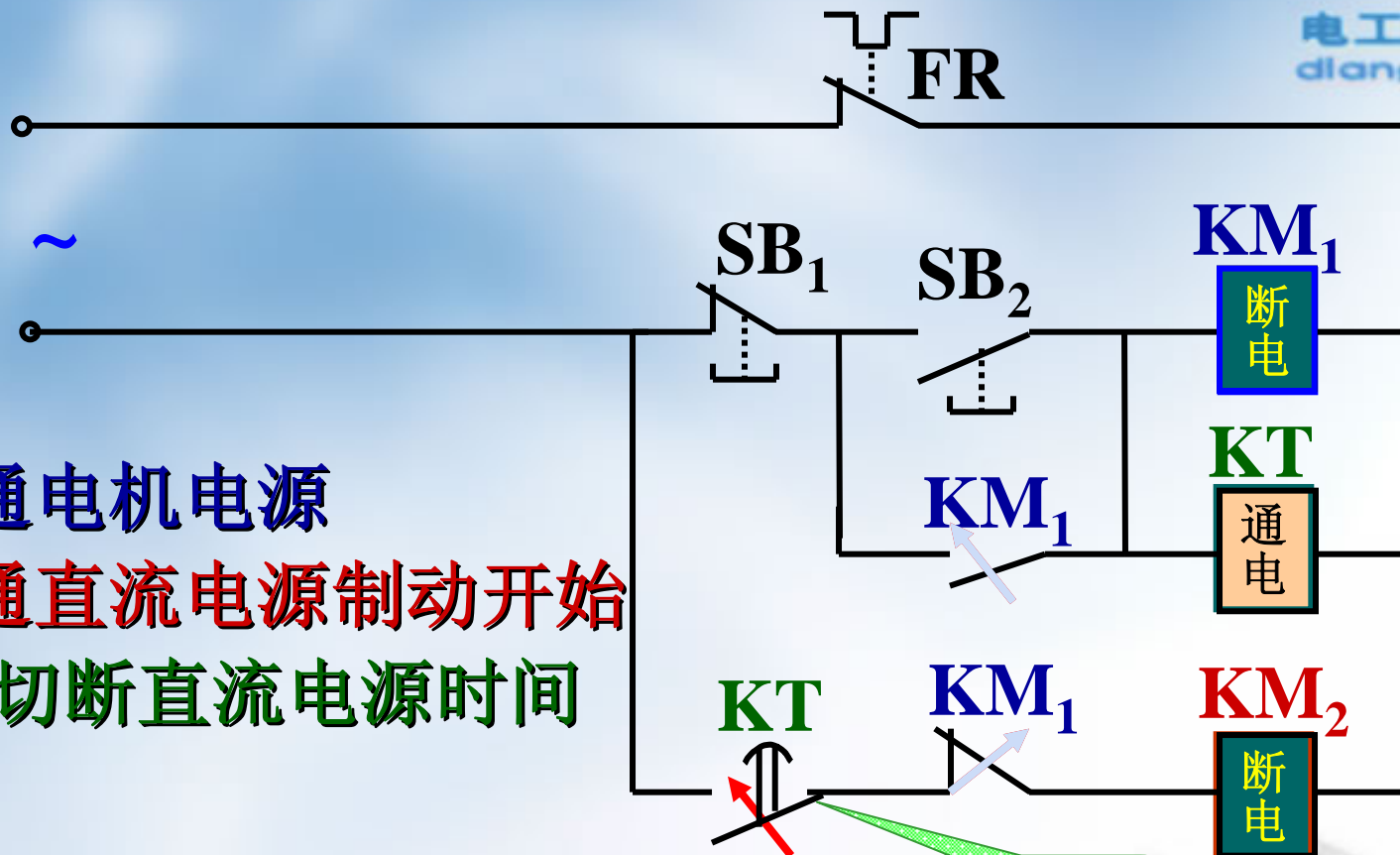
KM₂接通直流电源制动开始

KT控制切断直流电源时间

制动时:

按SB₁ → **KM₁断电**

{ KM₁主触点断开 → **电机脱离三相电源**
 常开断开
 常闭闭合



**断电延
时断开**

KM₁接通电机电源

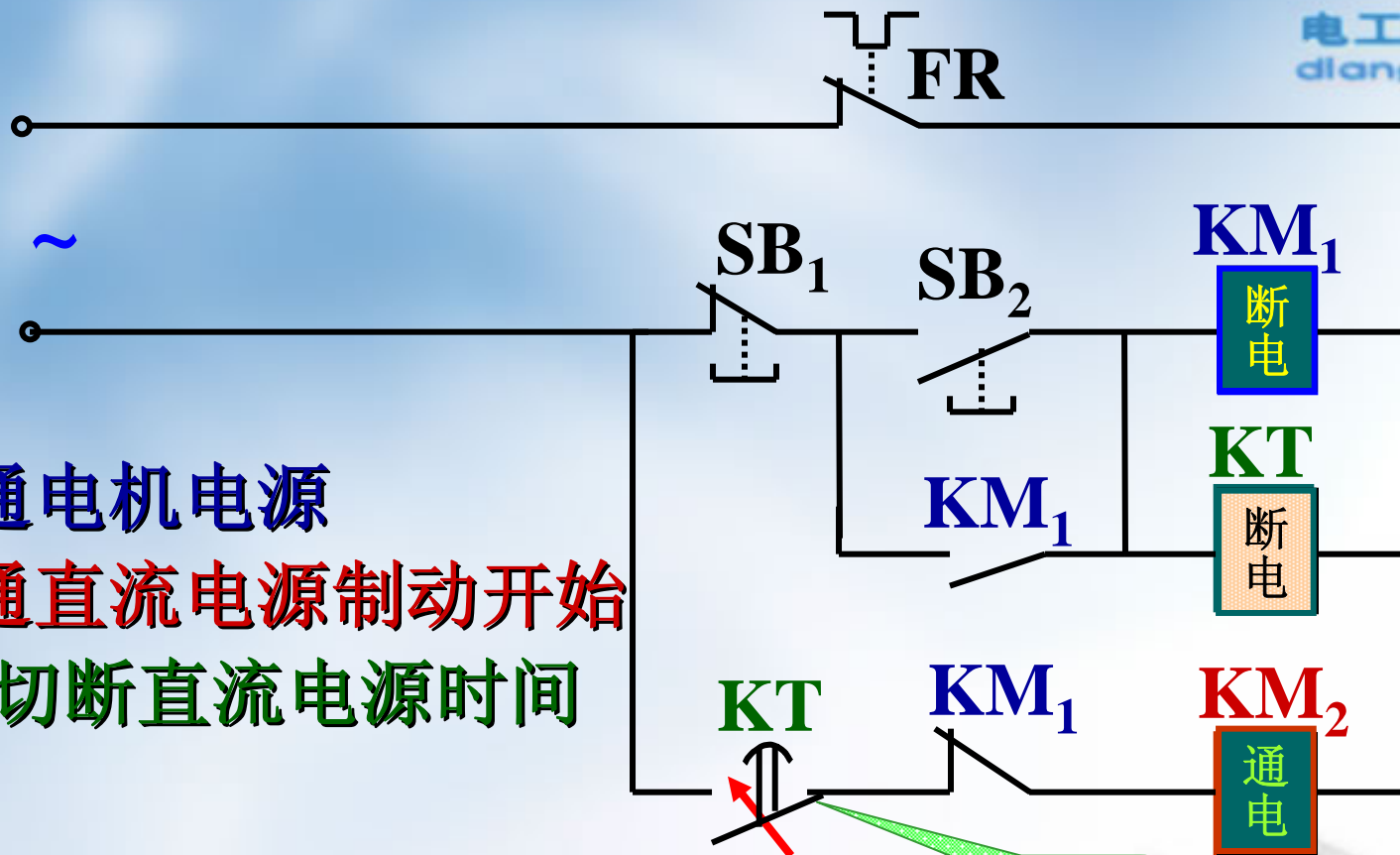
KM₂接通直流电源制动开始

KT控制切断直流电源时间

制动时:

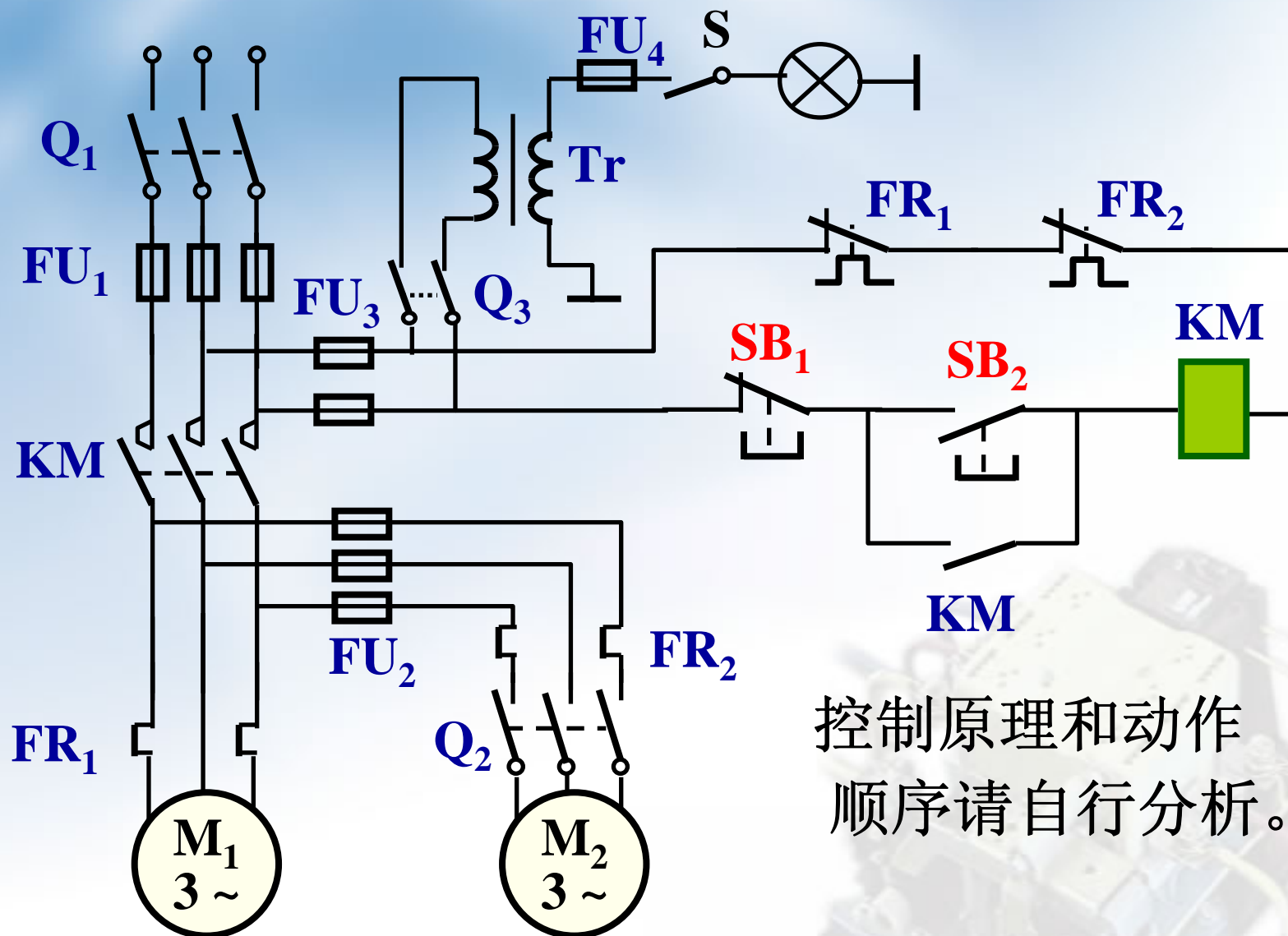
按SB₁ → **KM₁断电**

{ KM₁主触点断开 → **电机脱离三相电源**
 常开断开 → **KT断电**
 常闭闭合 → **KM₂通电** → **制动开始**



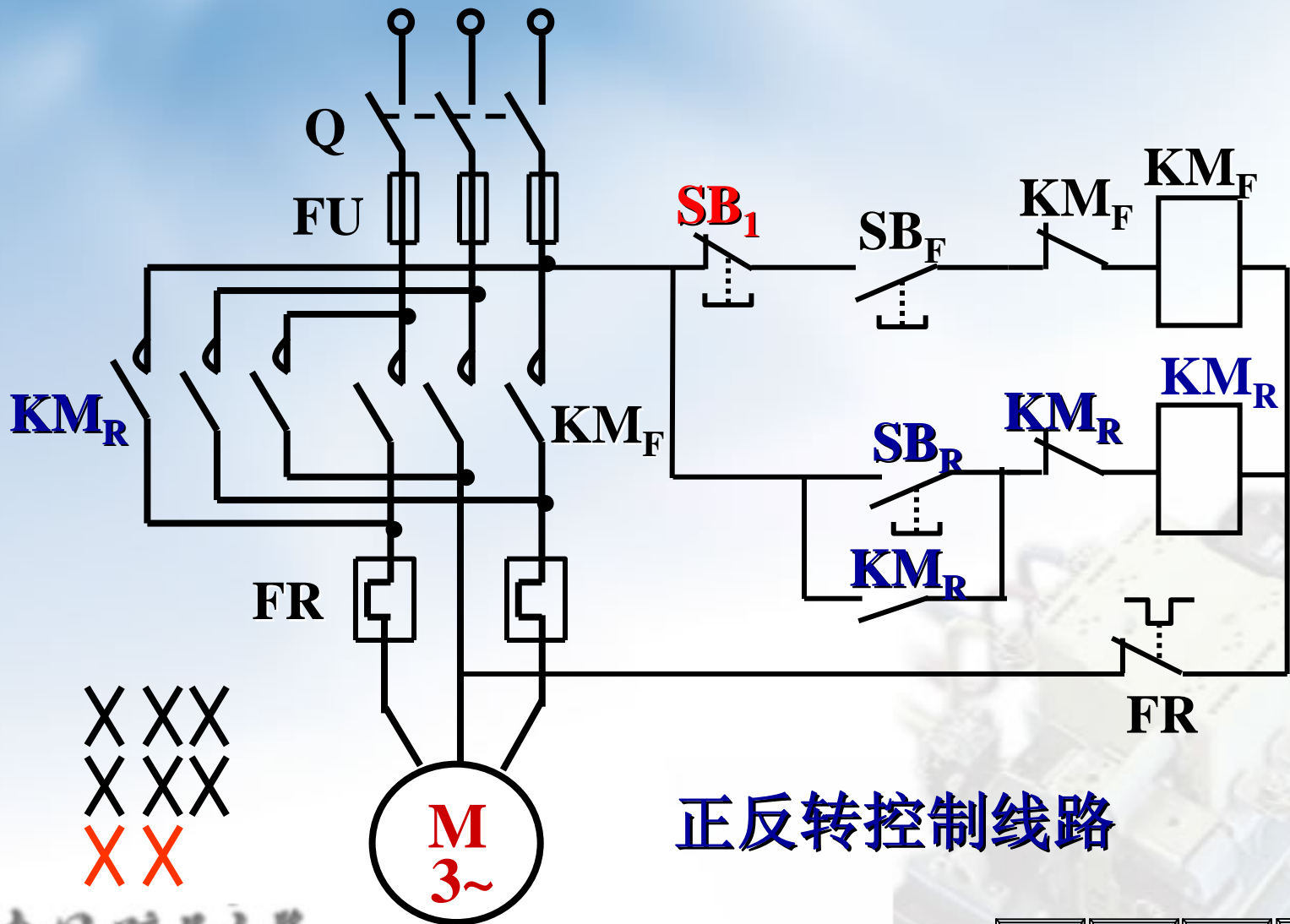
断电延
时断开

10.6.2 C620-1 型普通车床控制线路



控制原理和动作
顺序请自行分析。

下图所示的鼠笼式电动机正反转控制线路中有几处错误，请改正之。



XXXX
XXXX
XX

正反转控制线路