欧姆社学习漫画

漫画顺序控制

〔日〕藤泷和弘 / 著
〔日〕高山ヤマ / 漫画绘
〔日〕株式会社TREND-PR
刘羽颖 / 译

科学出版社
www.sciencep.com

（TM-0520.0101）
责任编辑：王　炜　赵丽艳
责任制作：董立颖　魏　谨
封面制作：许思麒

用漫画这种形式讲数学、物理和统计学，十分有利于在广大青少年中普及科学知识。

周恩来、邓颖超秘书，周恩来邓颖超纪念馆顾问
中日友好协会理事，《数理天地》顾问，全国政协原副秘书长　赵炜

用漫画和说故事的形式讲数学，使面貌冷峻的数学变得亲切、生动、有趣，使学习数学变得容易，这对于提高全民的数学水平无疑是功德无量的事。

《数理天地》杂志社　社长 总编
“希望杯”全国数学邀请赛组委会 命题委员会主任　周国镇

用漫画的形式，讲解日常生活中的数学、物理知识，更能让大家感受到数学殿堂的奥妙与乐趣。

《光明日报》 原副总编辑
中华炎黄文化研究会 常务副会长　鲁谆

科学漫画是帮助学习文科的人们用形象思维的方式掌握自然科学的金钥匙。

中国人民大学外语学院日语专业 主任
大学日语教学研究会 会长　成同社

在日本留学的时候，我在电车上几乎每次都能看到很多年轻的白领看这套图书，经济实惠、图文并茂、浅显易懂，相信这套图书的中文版也一定会成为白领们的手中爱物。

大连理工大学 能源与动力学院 博士 副教授　曹晖

我非常希望能够在书店里看到这样的书：有人物形象、有卡通图、有故事情节，当然最重要的还有深厚的理工科底蕴。我想这样的书一定可以大大提升孩子们的学习兴趣，降低他们对于高深的理工科知识的恐惧感。

北京启明星培训学校 校长　[illegible]

书中的数学知识浅显实用，漫画故事的形式使知识贴近生活，概念更容易理解。

北京大学 数学科学学院 博士　张磊

上架建议：科普/漫画

ISBN 978-7-03-027108-2
9 787030 271082 >

科学出版社 东方科龙
http://www.okbook.com.cn
zhaoliyan@mail.sciencep.com

定价：32.00元

TP273/585
2010

欧姆社

漫画顺序控制

〔日〕藤泷和弘　著
〔日〕高山ヤマ　漫画绘制
〔日〕株式会社TREND-PRO　漫画制作
刘卫颖　译

科学出版社
北京

图字：01-2010-1567号

内 容 简 介

《漫画顺序控制》是欧姆社学习漫画系列之一。本书是以漫画的形式讲解顺序控制基础的入门图书。考虑到初学者的需要，将顺序控制的基础知识进行了深入浅出、通俗易懂的解说。只有在非常必要的时候，才会用各种通用符号来详细解释序列的基础知识。用顺序控制能够对各种零部件组合而成的机械进行灵活控制，用漫画的方式来展现这个过程，就能让读者轻松、生动地理解其中的原理。本书将能协助您快速掌握学习诀窍，取得突飞猛进的进步。

本书适合顺序控制电路初学者（电气、设备）楼层管理等初学者阅读。

图书在版编目（CIP）数据

漫画顺序控制 /（日）藤泷和弘著；（日）高山ヤマ漫画绘制；（日）株式会社TREND-PRO 漫画制作；刘卫颖译—北京：科学出版社，2010

（欧姆社学习漫画）

ISBN 978-7-03-027108-2

Ⅰ.漫… Ⅱ.①藤…②高…③株…④刘… Ⅲ.顺序控制-普及读物 Ⅳ.TP273-49

中国版本图书馆CIP数据核字（2010）第054409号

责任编辑：王 炜 赵丽艳 / 责任制作：董立颖 魏 谨
责任印制：赵德静 / 封面制作：许思麒

北京东方科龙图文有限公司 制作
http://www.okbook.com.cn

科学出版社 出版
北京东黄城根北街16号
邮政编码：100717
http://www.sciencep.com

北京天时彩色印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年5月第 一 版 开本：787×1092 1/16
2010年5月第一次印刷 印张：13
印数：1—5 000 字数：208 000

定价：32.00元

（如有印装质量问题，我社负责调换）

Original Japanese language edition
Manga de Wakaru Sequence Seigyo
by Kazuhiro Fujitaki and Kabushikikaisha TREND-PRO.
Copyright ©2008 by Kazuhiro Fujitaki and TREND-PRO
Published by Ohmsha, Ltd.
This Chinese version published by Science Press, Beijing
Under license from Ohmsha, Ltd.
Copyright ©2010
All rights reserved.

マンガでわかるシーケンス制御
藤瀧和弘 TREND-PRO 2008
オーム社

著者简介

藤泷和弘

日本东京都职业能力开发中心兼职讲师。目前正在管理基于个人兴趣而开设的电气工程师考试资讯网——Kazuwan 老师的电气工程师技能应试教室（http://www10.ocn.ne.jp/~denkou/。）主要著作有：《图解易懂的电学基础及构造入门》、《图解易懂的顺序控制基础及构造入门》（秀和 SYSTEM 出版社），《“分解！”试着分解家电！》（技术评论社），《第二种电气工程师笔试考试指南》、《第二种电气工程师技能考试指南》（电波新闻社）。

株式会社 TREND-PRO

1988 年创立。公司灵活利用漫画为报纸、杂志制作广告专刊，并承接政府、大型企业及社会团体等的广泛领域内的漫画广告制作。近来来，公司利用数字化内容积极参与广告制作与出版策划工作。

关于公司的更多详情请参见公司官方网站：http：//www.ad-manga.com/

re-akino

脚本创作。

高山ヤマ

漫画绘制。

株式会社 Makey soft

DTP。

✿前　言✿

在现代社会的各个领域，带有自动控制功能的机器无处不发挥着它们的作用。自动洗衣机、空调等这些人们身边常见的家电产品，因为安装了自动控制电路而使我们的生活变得越来越舒适、便利；在工厂的生产线上，自动化的机械设备更为减少人工做出了巨大贡献；高楼大厦里的电梯、十字路口的交通信号灯，也都是受系统自动操作。所有这些都在告诉人们——自动控制已经成为人们生活中不可缺少的一部分。

自动控制总体来说有几种方式，但其中最基本的就是运用于信号灯或者电梯中的顺序控制。现在，实际中大多数的控制是由微型计算机完成的，但是对于初次学习顺序控制的人来说，还是先从电磁继电器控制学起更好。另外，要想掌握顺序控制的运行工艺，很重要的一点是要做到只看顺序图就能对实际运行过程了然于心，为此，不仅要会看顺序图，而且亲身体验控制电路的配线过程也是一种行之有效的方法。

本书中的漫画人物小开君，为我们演示了怎样给传统的电磁继电器顺序电路配线。在绘制配线图时，负责漫画制作的株式会社的多伦多普罗先生还用电磁继电器等实物制作了一个真正的电路。所以，在这里也请大家和小开君一起体验配线的乐趣，身临其境地感受顺序控制电路配线究竟是怎么一回事。相信经过这一过程，大家一定会对顺序控制产生兴趣的。

本书的制作出版，承蒙负责漫画绘制的高山先生、负责漫画制作的TREND-PRO的大力协助，在此向他们表示深深的感谢。此外，还要向给予我这次执笔机会的欧姆社开发部的诸位同仁表示由衷的感谢。

藤泷和弘

✿目　录✿

序　章　当宅女遇到麻烦鬼　1

第1章　控　　制　9

・手动控制和自动控制　14

・电气电路和控制电路　17

・触点的作用　21

・触点的种类　23

✿小　结　27

・何为自动控制　27

・控制电路的基本原理　30

・触点的基本种类及其作用　32

第2章　顺序控制　37

・顺序控制　40

・利用反馈控制运行的机器　44

✿小　结　49

・全自动洗衣机中的顺序控制　49

・空调和反馈控制　52

第3章　品种繁多的控制器件　57

・按键开关　60

・搬钮开关　61

・旋钮开关　63

・微型开关　64

・电磁继电器　66

・定时器 68
小　结 75
・指令型器件 75
・检测用器件 78
・控制操作用器件 80
・显示用器件和警报用器件 87

第 4 章　顺序图的绘制方法 89
・纵向绘制与横向绘制 93
・表示器件的字母符号 96
・连接点的表示方法和实际的连接 98
・怎样轻松看懂顺序图 100
小　结 105
・顺序图的基本绘制方法 105
・顺序图和字母符号 105
・控制器端子符号 109
・顺序图的位置参照方法 109
・顺序图的解读法 111
・查找顺序电路故障原因的方法 113

第 5 章　触点和逻辑电路 115
・何为数字 118
・何为逻辑电路 122
小　结 138
・二值信号 138
・基础逻辑电路 139
・逻辑电路图形符号 143

序 章

当宅女遇到麻烦鬼

这就是“希望”！
我即将搬进去的公寓，
真让人期待。
espoir
可是，
5F
故障！
中止！
禁止使用！
但是这电梯为什么一直坏着啊？
虽然因为这个租金打了折扣，

搬来之后和邻居们都问候过了，只剩下房东还没有见过……会是个什么样的人呢？

电梯的事儿要不要也顺便问问呢……

听说6楼只有房东一个人住……

打扰了……
我是楼下刚搬来的恩节开——

谢谢！
啪
那个，
啊，请等一……
好可爱……
……下！
不要！
那什么，你就是房东啊？你的家人呢？
我是房东，一个人住……你这样随便闯进来……我可是要赶你出去了！
啪

真对不起！
可那个，那个……
电梯！对，想起来了！电梯不修了吗？
那可是在你们入住前就告知过的。
哼——
是……
不过……
房东小姐你住最上面一层不觉得不方便吗？
没有修理的必要，
我不出去……
不出去？
你的意思是不到外面去吗？！
是的，
没有出门的必要，
另外，
也不想出去。
这个人，难不成是……
宅女！？
宅女——房东小姐！？

可是，法律上有问题呀？就是这个……
合同没问题。
那个，可是……
肯定是因为天天宅在家里，才会变得这么古怪……
无论如何我得为她做点什么！！
这样是绝对不可以的!!
修好电梯，咱们一起出去享受外面的美好世界吧！！
哈哈
?
这个人，可真够麻烦的……

不出去！
其实，电梯就是控制电路坏了，你要那么想修，就随便你吧！
控制电路？
这电梯是由顺序控制系统控制运行的。控制电路就负责控制这个系统，
就在屋顶的机房里。
顺序控制？
？
那个——
居然什么都不懂啊……麻烦的家伙！

嘭
顺序控制
按下行按钮，电梯自动到达该楼层，然后打开门，等待一定时间后再关上门。接着再按目的楼层按钮，电梯自动运行到目的层，停止后打开门。
像这样，电梯首先按照在各楼层已设定的动作控制整个运行流程，
顺序控制
顺序控制
按照预先设定的顺序运行到各设定楼层……
?
就是说电梯的电路坏了对吧！
明白啦！我学习一下就去修理！没问题！我的手可是很灵巧的哦！
那么修好后咱们就一起出去玩吧！
但是在那之前，
哦……
瞪眼睛
你得给我出去！

第1章
控　制

叮咚——♪♪
怎么又是你？
这几天要拜托你教教我顺序控制的知识啊。你在这方面是专家吧？电梯我来修，所以……
干嘛非得我来教……
嗯？他手里拎着的，不会是……
小鸡五屋家的草莓大福！一起吃吧？这叫礼尚往来！
这个男的……
好鬼啊，

我就打扰啦！
啊！……

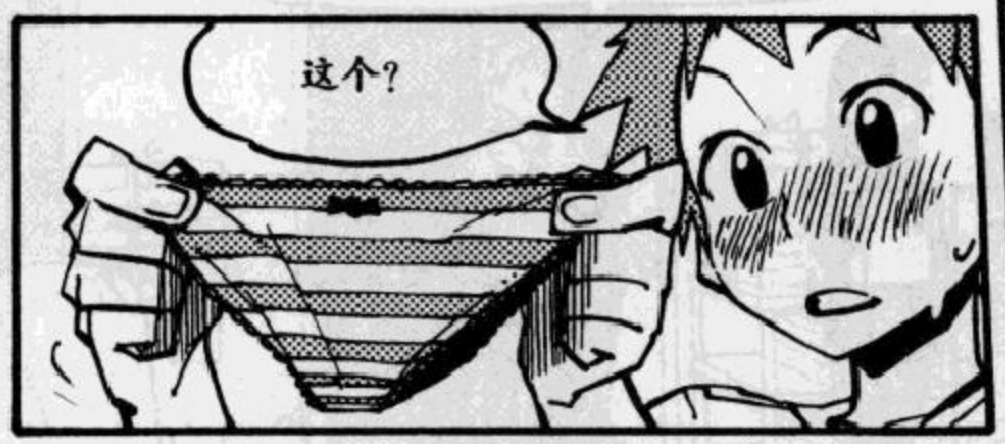
天啊！这么多书……
你喜欢读书？

嗯……

所以你知道那么多，机械方面的……

不过这也太乱了吧……
嗯？

你再这样无礼我就叫警察了！
呀啊——
实在对不起……


这个？

美味
好吃

那你所有的生活必需品都在网上买吗？

是！
垃圾也是拜托物业来这儿收……
有租金收入、又能网上购物，收支不成问题……
确实，真的，不出门也能照常生活啊——

但是！！！
小鸡五屋家的草莓大福在网上可买不到喔！
是啊！
有好多年没有吃到超级喜爱的草莓大福了……
吱
喂！
你来这儿可不是为了打听我私生活的吧？
可恶　可恶
啊，是，是……
是来学顺序控制的！
要是连“顺序控制”这个词的意思都不明白，
就不得不从最基础的内容开始给你讲了！
拜托啦！

手动控制和自动控制

像这样为了让某种对象物体实现某种目的而进行的必要操作，就叫做“控制”。
当我们想要房间亮起来的时候，就要先接通电路来打开照明灯。
当我们想看电视的时候，就要先操作遥控器来打开电视。
也就是，
接通开关、切换开关，对吗？
简单地说，就是这样。
控制分为两大类：“手动控制”和“自动控制”。
像这样，我们动手来切换照明设备的“开”“关”，就叫手动控制。
ON
OFF
而另外一种开关，安装能够感知明亮度的器件后，会自动地控制启动或者关闭程序，这种控制就叫自动控制。
原来如此。

比如商店里的招牌！
如果光线暗了，就手动打开招牌灯；如果光线亮了，就关闭招牌灯。
招牌灯
on
开灯
像这样的控制就叫手动控制。
的确是手动的呀！
但是，那样很费时间，也很麻烦，所以……
在招牌灯开关的电路上，如果安装一种叫做自动开关器的控制设备，利用它可以通过感知明亮度来开、关电路的功能，
呵呵♪
电源
自动开关器
招
招牌灯就可以随着光线的明暗自动地开关了。
这就是自动控制。
哦！自动的话会很方便呀！
而且商店里的店员也会轻松不少的！
嗯

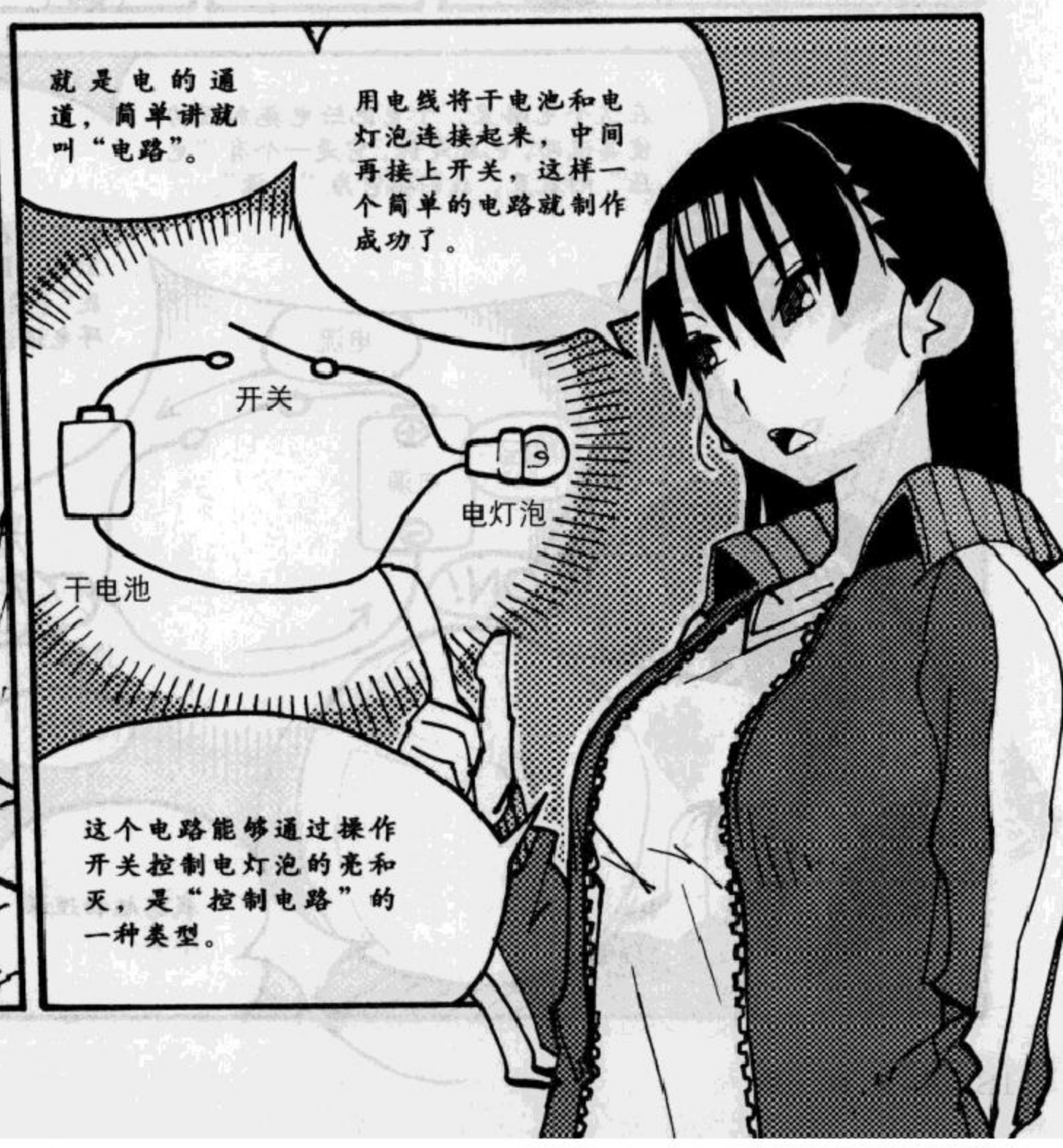
加上自动开关器后是方便了，但是如果再安装一个定时开关设备，让它在规定的时间开灯的话，
电源
自动开关器
定时开关
招牌灯
就可以设置招牌灯只在晚上的营业时间点亮。这样还可以实现节能的用的。
环保！还为地球作贡献了！
当然，不仅仅招牌灯，还有很多地方都在使用带自动控制的机械设备。
从洗衣机、空调等家电产品，
再到大街上的自动售货机、交通信号灯，还有大楼里的电梯，甚至工厂里的生产线都在使用！

被你这么一说，觉得我们和控制之间的距离一下子被拉近啦！
和控制间的距离？说什么呢……

电气电路和控制电路

要学习控制电路，就必须先学习“电气电路”。

电气电路？


就是电的通道，简单讲就叫“电路”。
用电线将干电池和电灯泡连接起来，中间再接上开关，这样一个简单的电路就制作成功了。
开关
电灯泡
干电池
这个电路能够通过操作开关控制电灯泡的亮和灭，是“控制电路”的一种类型。

手电筒里也有个非常棒的控制电路呢……
ON
OFF
啪
不要随便动别人的东西……
对不起
在这个电路里，干电池给电施加压力使其流动，也就是说，它是一个有“电压”的装置，我们称它为“电源”。
电流
电压
电源
电灯泡在电流动时负责发光工作，因此我们称之为“负载”；负载有“电阻”，会阻碍电流流动。
是啊！
ON!
亮
负载
电阻
我想起物理课来啦。

当打开开关时，电从干电池的正极流向负极，电灯泡发光。
电的流动就叫“电流”。
哇
噢
我来啦——
电流和电源电压成正比，和负载电阻成反比。
这叫“欧姆定律”。
怎么听着这么耳熟……
电气电路接通干电池后，电流的方向和大小通常是恒定不易变化的，这种电流叫做“直流”。
相反，
像插座上供应的电流，其方向和大小会随时间变化而发生改变。这种电流叫做“交流”。
直流
交流
电流
时间
时间
?
这个我听说过，但是不明白为什么要特意地区分直流和交流呢？
嗯

其实，有很多电器产品的内部电路都是用直流电。
要是，
都用直流电不是更好……
发电厂为了有效地远距离输电，必须不时地增减电压。
这时，如果是交流电，就能用变压器这种构造相对简单的装置增减电压，所以发电厂从很早以前就开始发交流电。
虽然直流电也可以改变电压，但是需要比变压器更复杂的装置才行。
原来是这样！
电路要根据其上的负载类别来选择直流电源或者交流电源。

触点的作用

打开或关闭开关时，内部的“电极”或通或断，电流随之或流或止。
电极相接触的部分叫做“触点”，在控制电路中具有非常重要的作用。
触点
电流
电极
这是关于开关的内容吧。
电灯泡的亮灭就是由触点的开闭决定的。
也就是说，控制触点就能控制这个电路！
哇！

如果用手动方法开闭触点就是手动控制；使用控制设备自动开闭触点就是自动控制。

原来如此！

晃眼啊！

比如，在触点上配置一个会随温度变化弯曲的“双金属片”，

触点因温度变化自动开闭，

双金属片

电流

触点打开

电灯泡随之或亮或灭。

哦～

好比电热被褥？

1.JIS=Japanese Industrial Standards 日本工业标准。

第二种叫“b 触点”。
这种触点在动作之前处于闭合状态。使用此类触点时，电路一开始就处于工作状态，触点动作后，触点断开，电流被阻断。
b 触点的 b 取自 break contact(阻断电路）的第一个字母。
b 触点
平时处于闭合状态的触点
动作前
动作后断开
在 JIS 里被称为“阻断触点。”
……
那就是！
a,b 都有了，还有一种就是……
……

c！
干脆地！
反应好冷淡啊……
别以为我会和你似的兴奋！
“c触点”兼有a触点和b触点的特点。
c触点带有切换电路的功能，所以取change-over contact（切换触点）的第一个字母为其命名。
c触点
我们一般管这类触点叫做转换（transfer）触点，
而在JIS里被称作“切换触点”。

另外，在绘制顺序电路的时候，必须使用JIS规定的触点符号，以便大家都能看明白。

JIS—符号

连通触点（a触点）　阻断触点（b触点）　切换触点（c触点）

有好多东西要记啊……

已经讲了很长时间啦，今天就到这里……

呼

你刚才说“今天”，对吧？

嗯……

那我会再来向你求教的！！

哇——噢！

糟了……

第1章 小 结

何为自动控制

所谓控制，JIS（日本工业标准：Japanese Industrial Standards）的定义是：为了达到某种目的而对控制对象进行必要的操作。例如，为了使房间亮起来，就需要操作开关，点亮作为控制对象的照明设备。

控制就是：

“为了达到某种 目的 而对 控制对象 进行 必要的操作 ”

亮起来　　照明设备　　打开开关

控制大体上可以分为“手动控制”和“自动控制”两种。

用手开闭电路的触点、开关照明设备的控制方式就是手动控制；如使用自动开关器等控制设备的控制就属于自动控制。

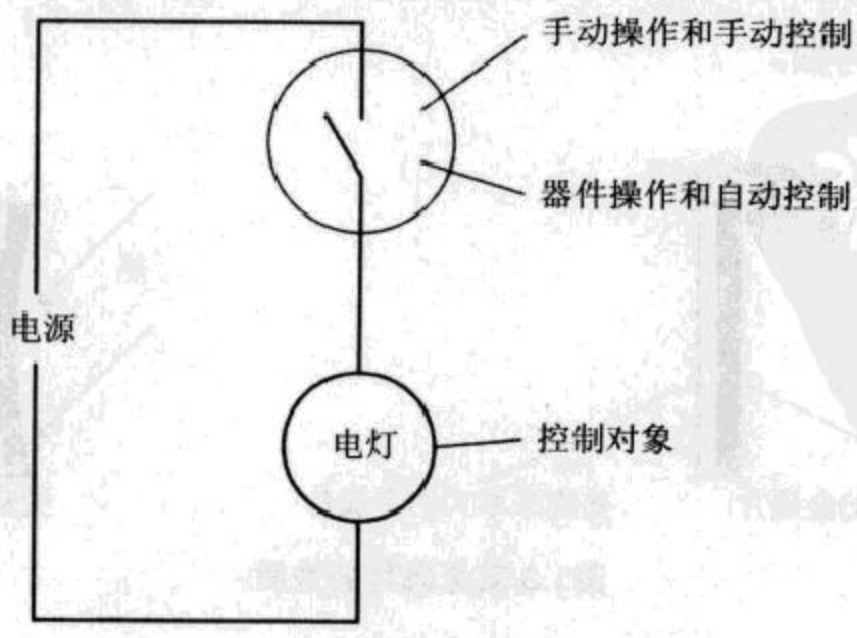


图1.1 手动控制和自动控制

JIS 对这两种方式也分别给出了定义：手动控制就是“由人直接或者间接地决定操作量的控制”；自动控制就是“先建立控制系统再使其自动运行的控制”。

表 1.1　JIS（日本工业标准）

控　制	为了达到某种目的而对控制对象进行必要的操作
手动控制	由人直接或者间接地决定操作量的控制
自动控制	先建立控制系统再使其自动运行的控制

灯光照明和自动开关器组合后，可以根据周围的明暗度自动点亮或熄灭照明。构造最简单的自动开关器的组成部分有：光线传感器、加热器、双金属片，以及触点等。

光线传感器上，安装了一种光敏电阻（Cds），它一旦受光，电阻即会减小。

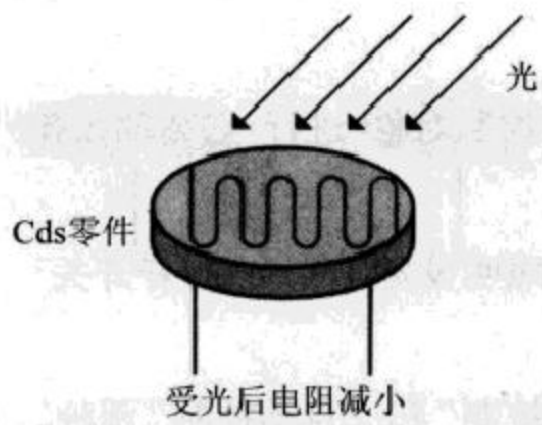


图1.2 cds 零件

双金属片是由热膨胀率各异的两种金属板黏合而成，随着温度发生变化，金属片会因其热膨胀率的不同而导致弯曲。

图1.3 双金属片的性质

当周围光线变亮，Cds 电阻减小，电流通过串联电路上的加热器，加热器发热后引起双

金属片受热升温，于是触点打开，照明熄灭；当周围光线变暗，Cds 电阻增大，经过加热器的电流减少，双金属片冷却，于是触点闭合，照明点亮。

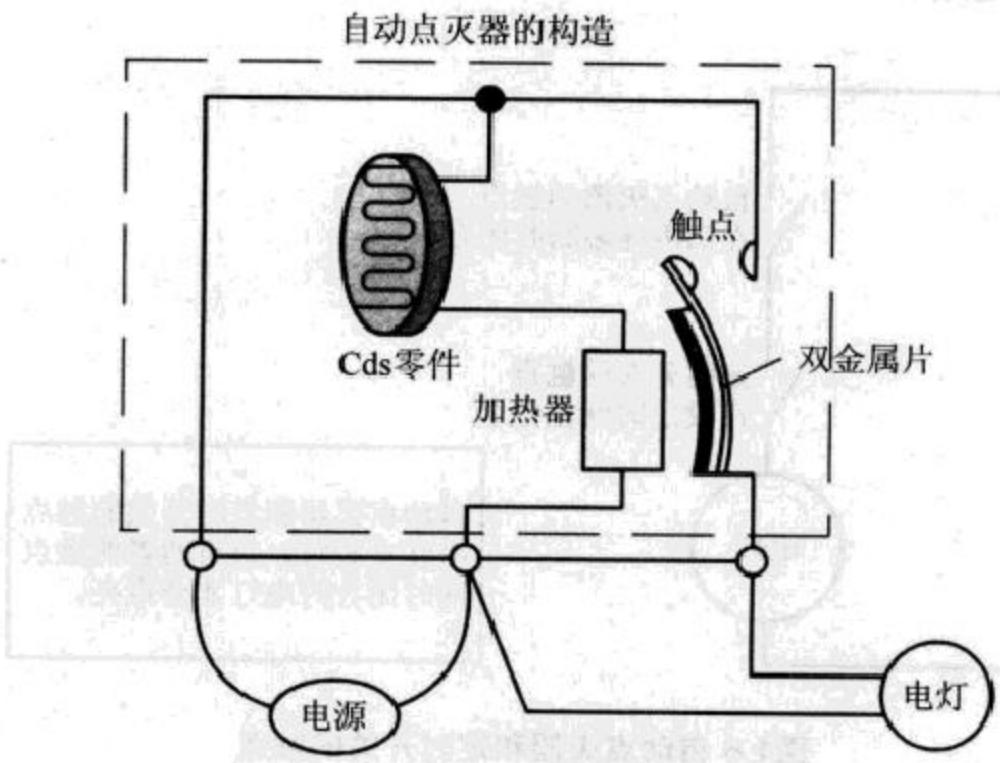


图1.4 双金属片的作用

在上面的电路中，如果再加入一个定时开关，则可以让照明设备再次在设定的时间段内点亮。定时开关就是一个 24 小时时钟与一个内部触点的控制器件的组合，该触点在设定时间内处于闭合状态。

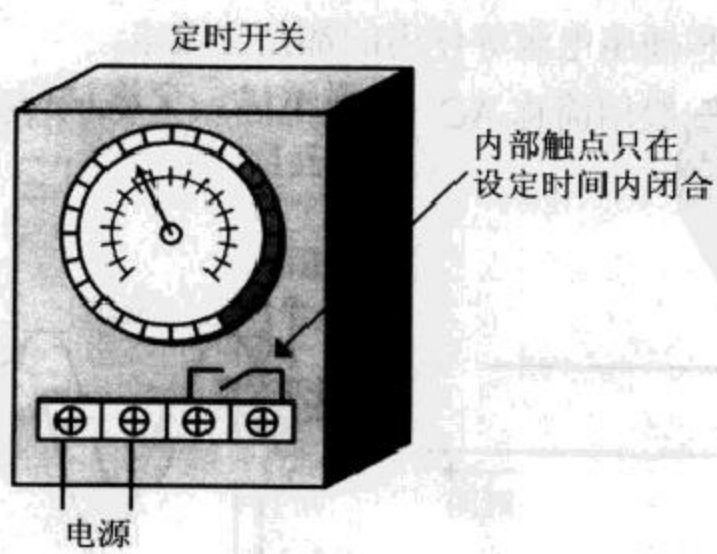


图1.5 定时开关

例如，假如我们先设定下午 5 点到晚上 11 点触点闭合，那么到了下午 5 点，定时开关的触点准时闭合，而此时如果环境又很暗，那么自动开关器的触点也会闭合，于是照明设备点亮。

到了晚上 11 点，光线暗，自动开关器的触点闭合，但尽管如此，因为定时开关打开，照明设备还是会熄灭。像这样如果将多个控制器件的触点组合运用的话，就可以制作出功能更多、使用更方便的控制电路。

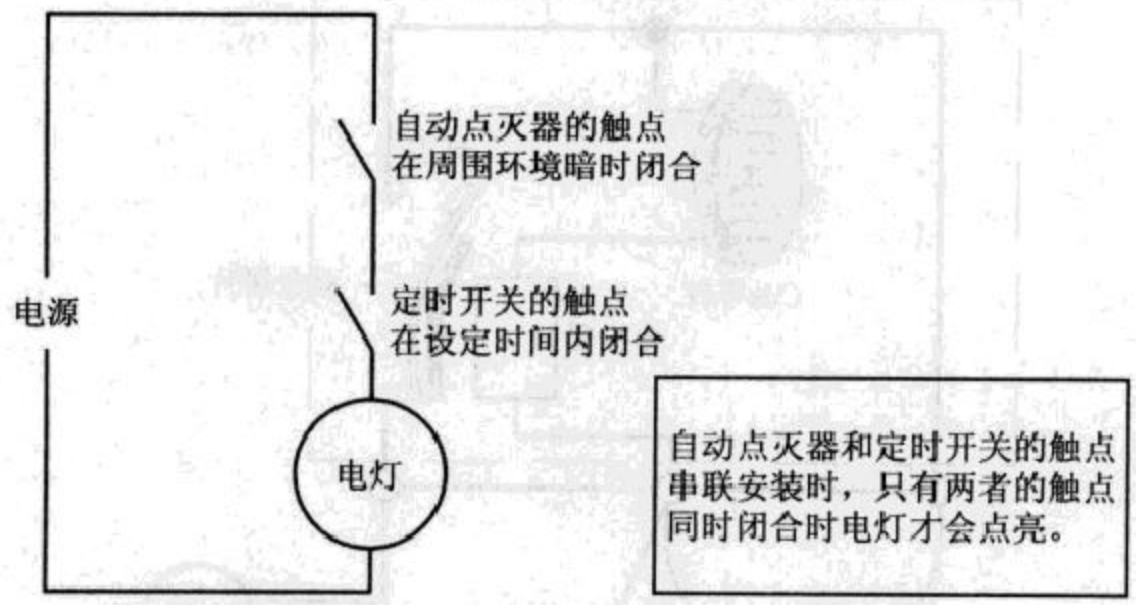


图1.6 自动点灭器和定时开关的触点

控制电路的基本原理

控制电路通常根据所使用的设备选择适当电压的直流电源或者交流电源。因直流电大小和方向恒定不变，所以干电池也属于直流电源的一种。交流电的大小和方向周期性地发生变化，所以普通家庭用的电灯和插座电源等使用的都是交流电。

控制器件上的电源标识一般用简称 AC（Alternating Current）表示交流，DC(Direct Current)表示直流。

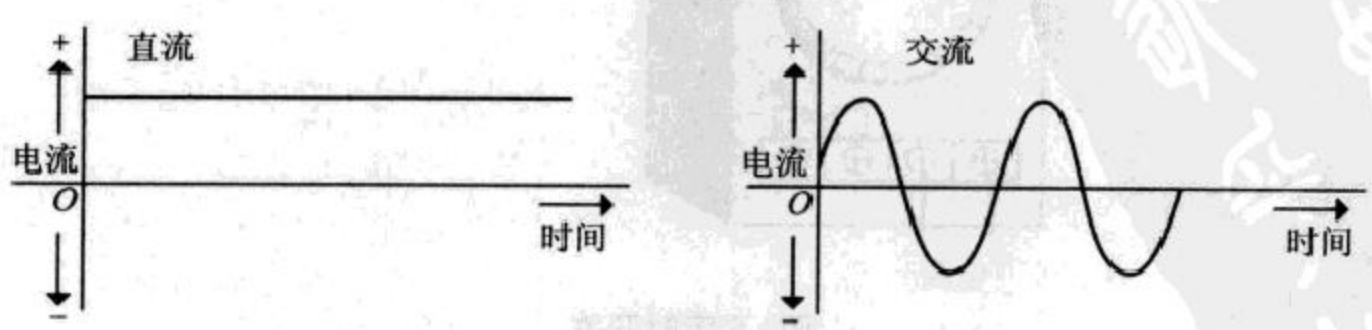


图1.7 直流和交流

另外，控制电路上的电源必须适合要使用的控制器件。比如，控制器件需要交流电 200V 才能够运转，这时就必须配用交流 200V 的电源。

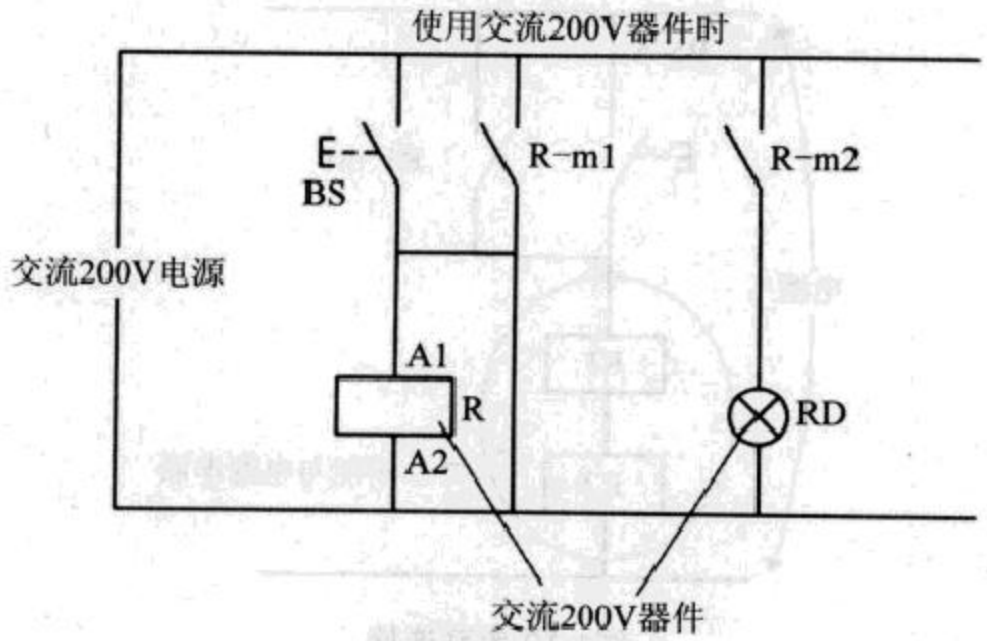


图1.8 交流200V器件

还有，为了使电源电压直接满足控制电路上的各个器件的运转需要，必须将所有器件与电源并联连接。

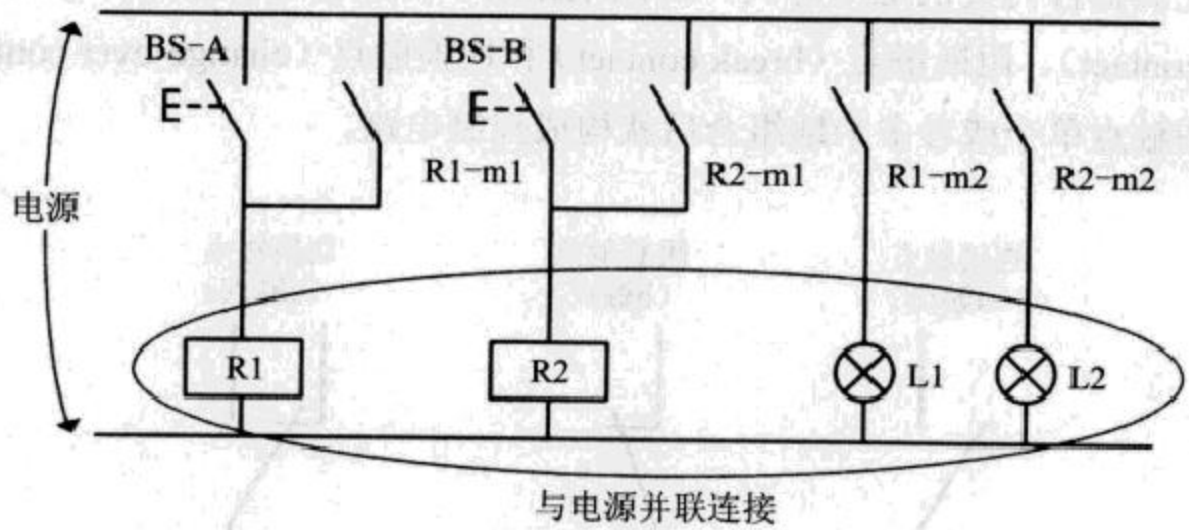


图1.9 并联连接

如果器件和电源为串联连接，那么电源电压被分压，分到各个器件上的电压低于规定值，结果无法运转。

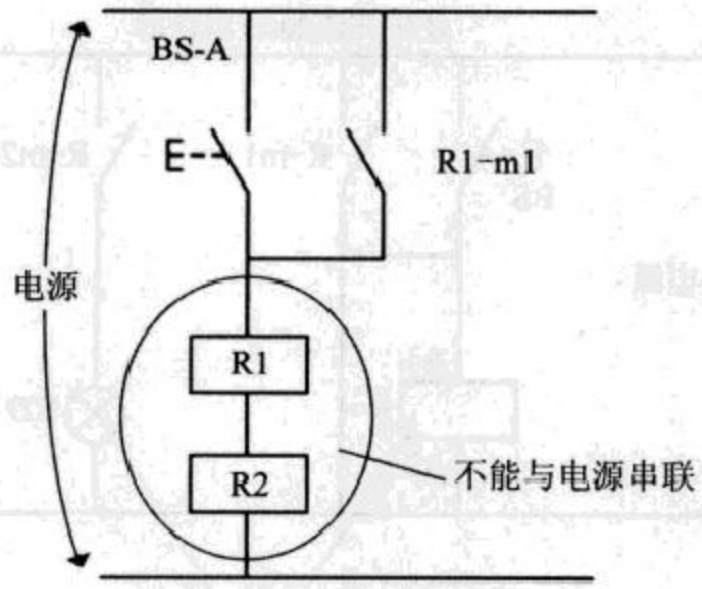


图1.10 串联连接

触点的基本种类及其作用

通过利用控制器件内置的触点开关，控制电路得以控制各种各样的负载。触点，包括连通触点（make contact）、阻断触点（break contact）和切换触点（change-over contact）等 3 种基本种类。将这些触点单个或者多个地组合后就构成控制电路。

图1.11 JIS图形标记

连通触点一般叫做 a 触点 (arbeit contact)，在动作前处于断开状态，动作后即闭合。

在连通触点处安装电灯的电路上，当触点动作后闭合，电灯点亮。

连通触点因其平常处于断开状态，所以也被叫常开触点（normally open contact），在控制器件上用 NO 表示。

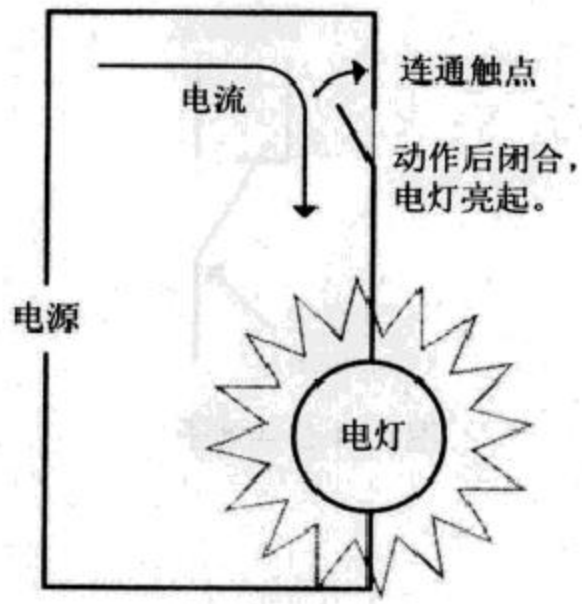


图1.12 连通触点

阻断触点一般叫做 b 触点，动作前处于闭合状态，动作后即断开。

在阻断触点处安装电灯，则电流通过、电灯亮起，但是触点动作后断开，则电灯熄灭。

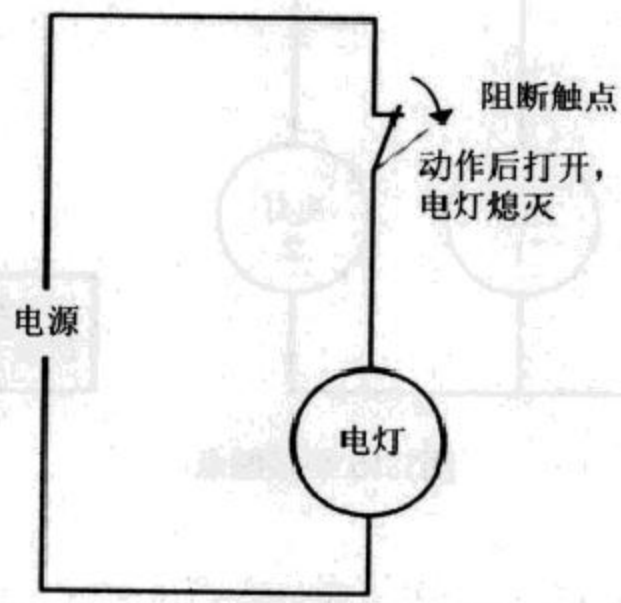


图1.13 阻断触点

阻断触点因其平常处于闭合状态，所以也被叫做常闭触点（normally closed contact），在控制器件上用 NC 表示。

切换触点因其同时具备连通触点和阻断触点的功能，所以一般叫做 c 触点，或者转换触点（transfer contact）。切换触点的公共端子叫做 common terminal，触点可以将该端子切换到连轴上。在控制器件的公共端子上用 COM 表示。

图1.14 公共端子

切换触点用于电路的切换。

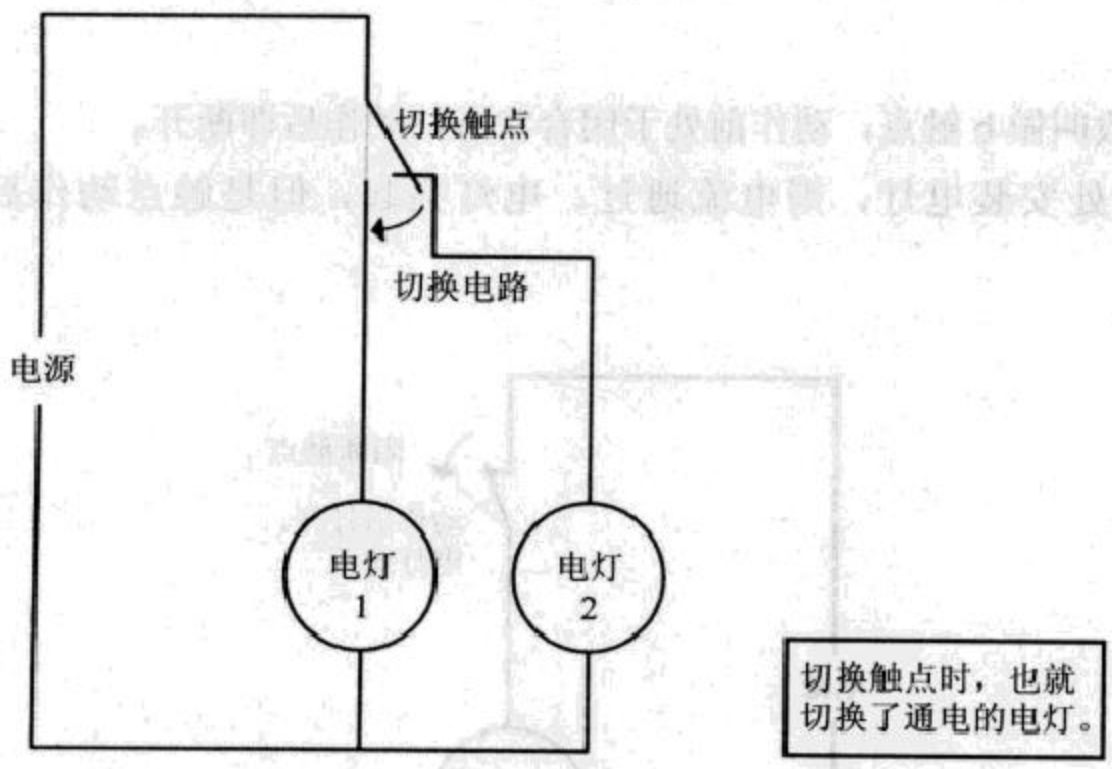


图1.15 切换触点

控制电路上的触点有着非常重要的作用。触点如果损坏，控制装置就会发生故障。

负载中有电流流通时，如触点打开，电极间会产生电弧放电现象，这是导致触点损耗、破损的原因（图 1.16）。因此，各器件的触点都要规定启动开闭的电流和电压的值，也就是触点容量。

尤其对需要控制大负载的电路来说，充分考虑触点容量来选择控制器件是非常必要的。

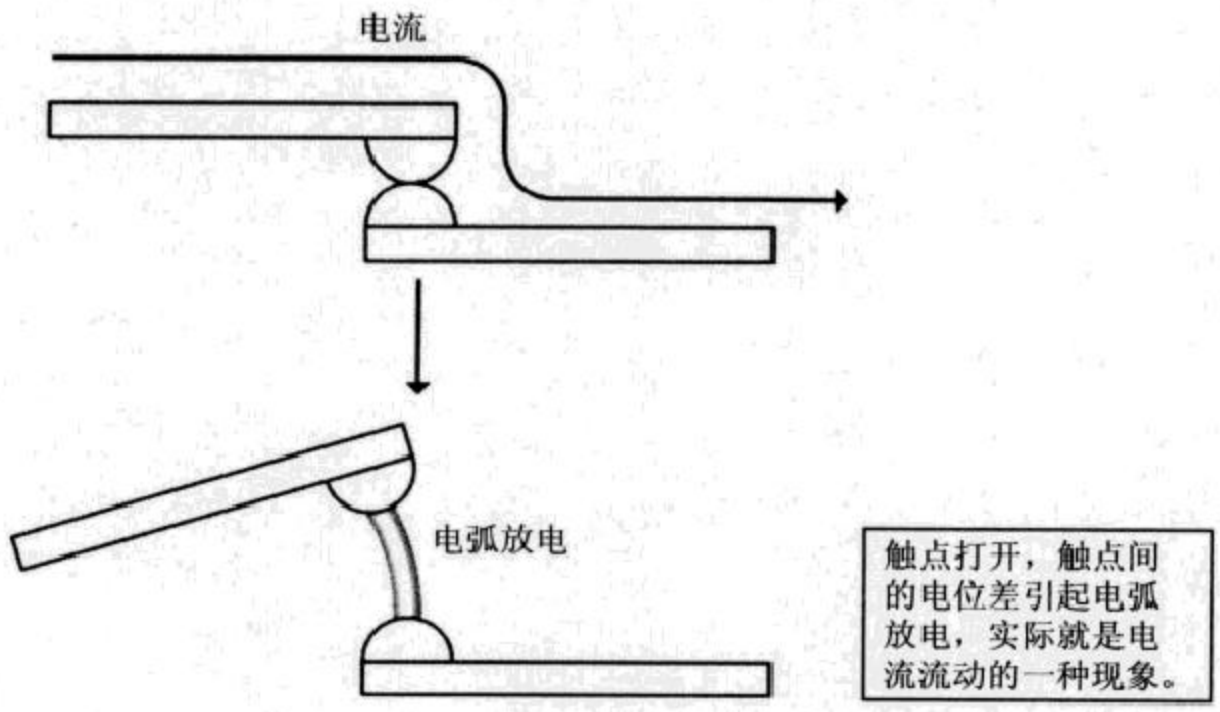


图1.16 触点发生电弧放电

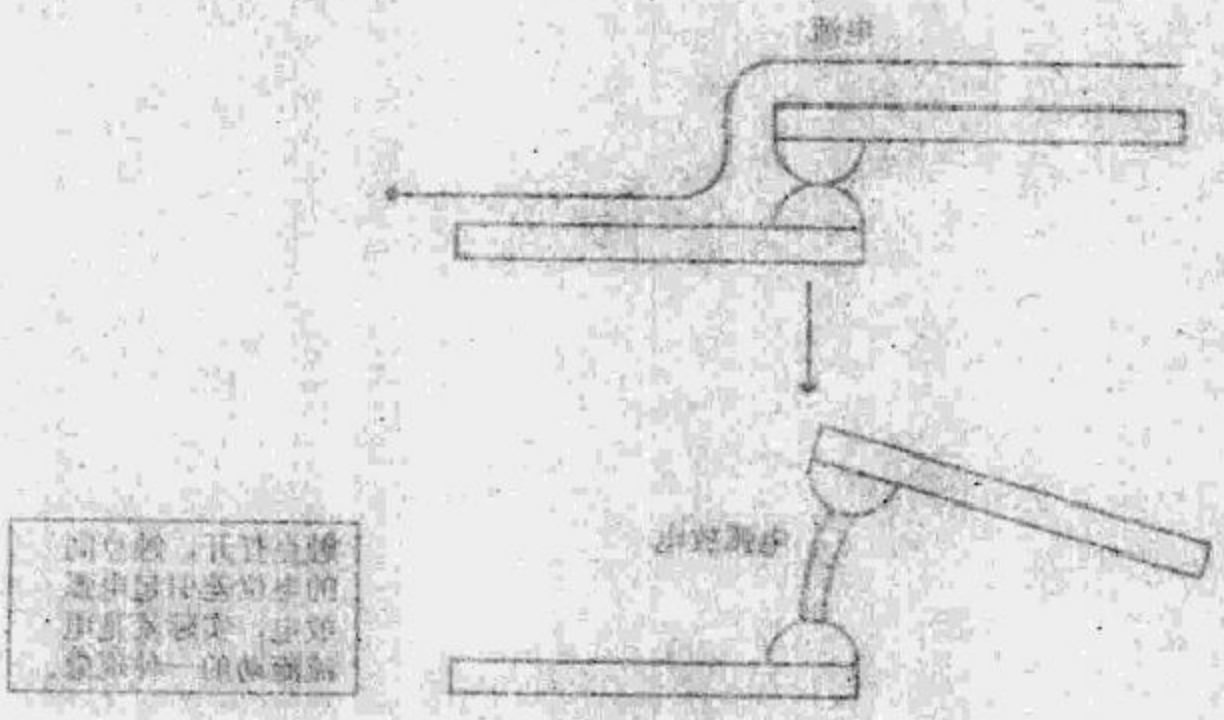


图1.16 碰撞发生的过程

第2章
顺序控制

你好！

那个呢？

601

那个？

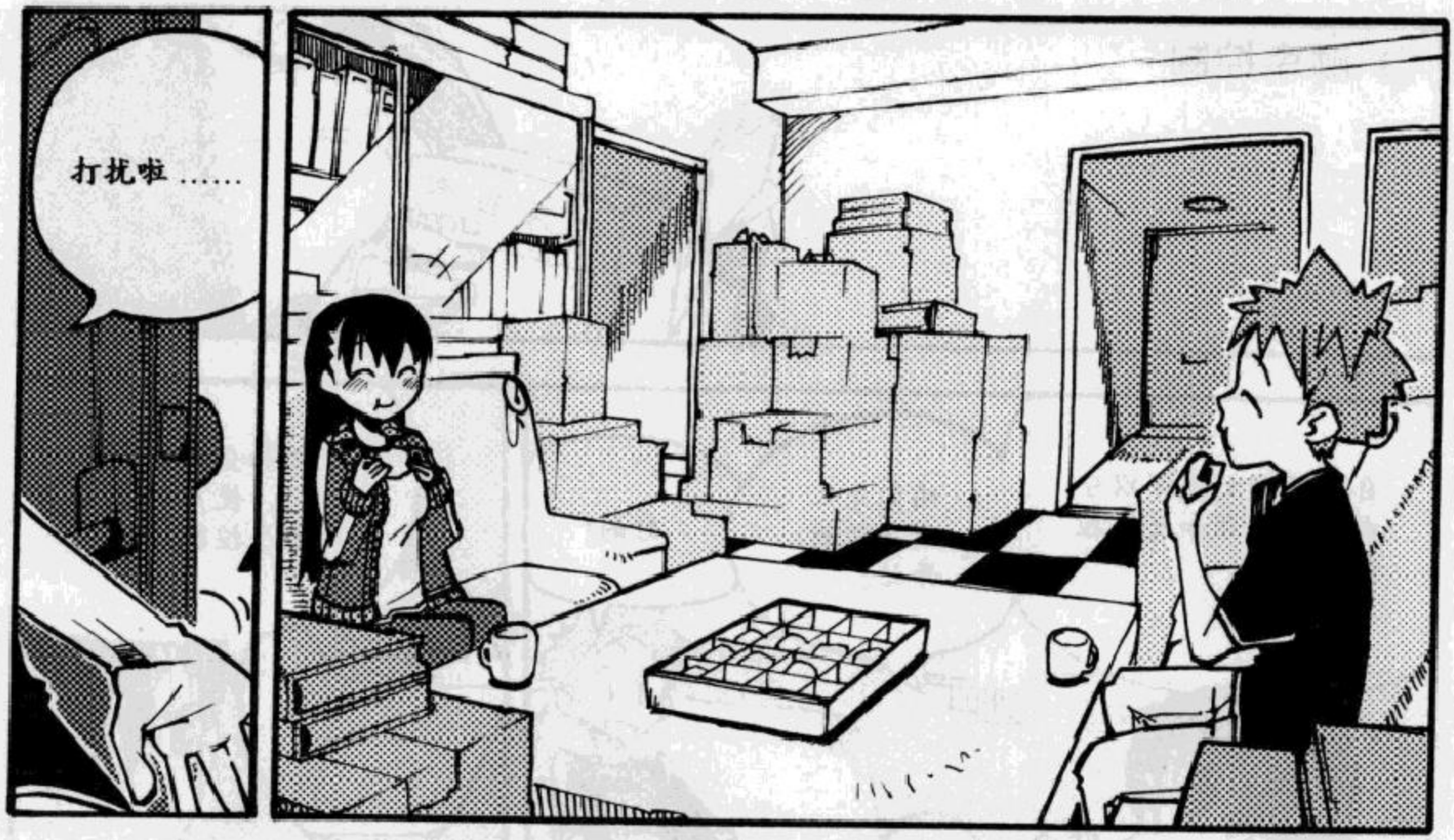
哐当

……

喂……
买来了呀！
那个！！

哗啦

……


打扰啦……

真的想继续?

当然!
对顺序控制的兴趣也上来啦!

那，今天就讲讲顺序控制吧!
好的!
顺序控制
顺序控制

顺序控制

顺序
顺序控制

自动控制大致可以分成顺序控制和反馈控制两种。
咱们先从顺序控制开始。
好的！
啪

比如全自动洗衣机，使用的就是顺序控制。

全自动洗衣机，其实就是洗衣机加上自动洗涤程序，只要放入洗涤剂，按下开始键即能照这个顺序开始洗涤了
真是方便啊！可是，我以前用洗衣板的……
启动
进水
洗涤
漂洗
脱水
结束
洗涤程序

像这样可以重复按照设定的顺序完成每一步程序的控制就叫做“顺序控制”。
这个在JIS里也有定义：重复按照预先设定的顺序或者流程并依次完成控制程序每一步的控制。
启动
进水
洗涤
漂洗
脱水
是！
无视我的话！
顺序这个词，意思就是连续或者次序！
是！
啊
全自动洗衣机里有一个自动进水阀装置，它取代了通过手拧自来水开关控制进水的方式；
还有一种水位开关，它可以自动检测水压控制水位，而不再需要通过人眼来观察水位是否达到规定标准。
机器能代替人做很多事呢……
嗯！
吱

接着电动机带动圆形波轮叶片旋转，形成水流，开始洗涤衣物。

搓
搓
搓

拧

脱水则是利用电动机带动洗涤槽旋转从而产生离心力的原理。

此外，负责洗涤槽储、排水功能的装置叫做排水阀。

这样的啊……

自来水开关
进水管
操作界面
水位开关
进水阀
排水阀
排水管
波轮
电动机

看来洗衣机也是个很复杂的东西呀！

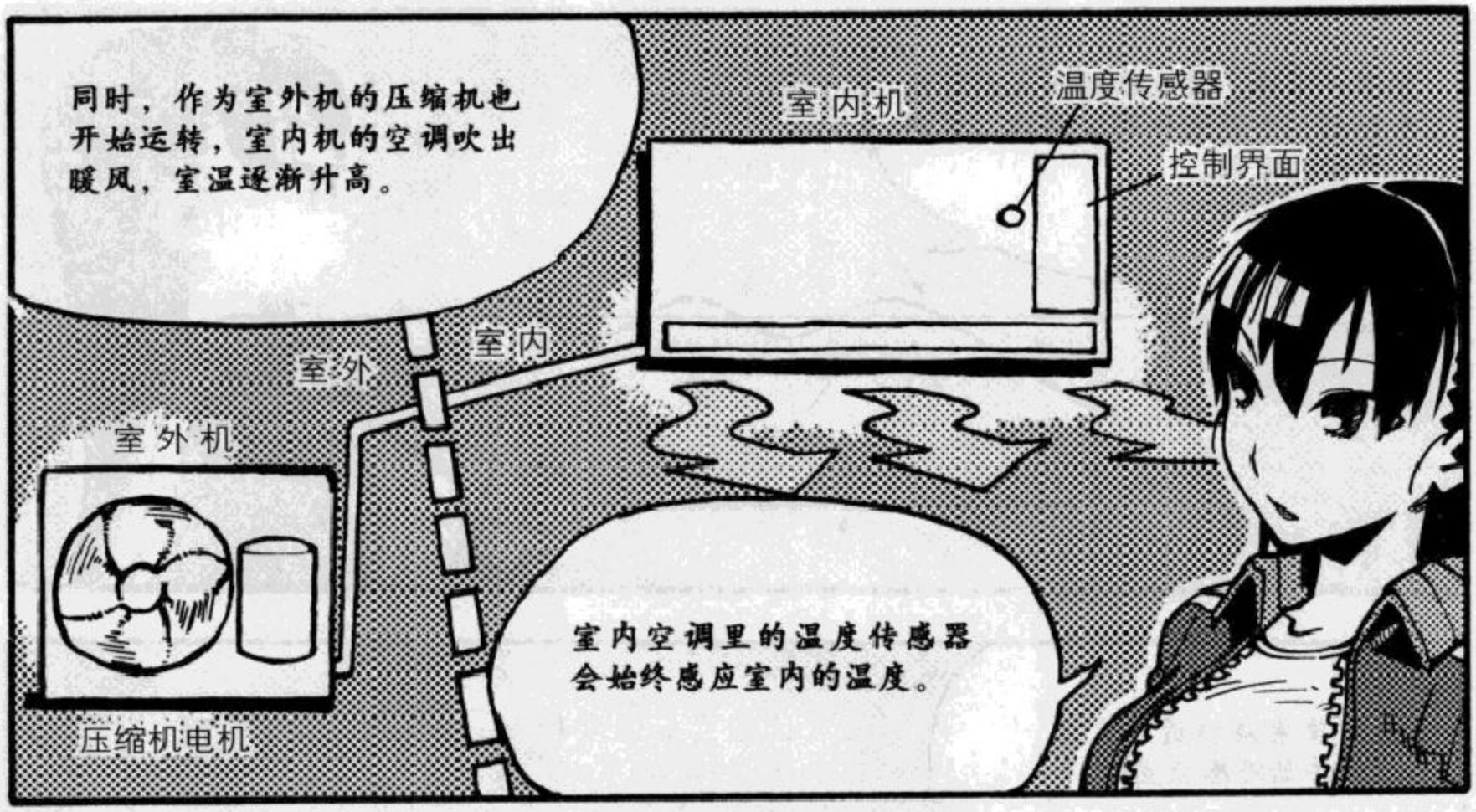
全自动洗衣机从洗涤开始到结束的每个程序，控制界面都会按顺序记住。
然后按照这个顺序进行洗衣控制，这种方式就叫做“次序控制”。

此外还有“条件控制”，比如水位开关检测到水满后自动停止进水等，这样类似的按照预先设定的某种条件进行的控制。
再比如，脱水过程中如打开洗涤槽的盖板则脱水工作立即停止，这也是一种条件控制。

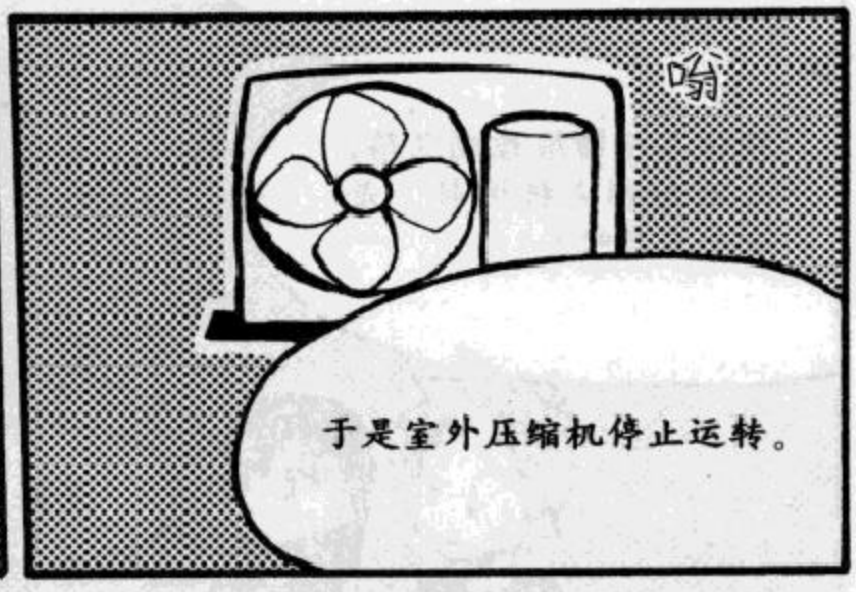
0
30
10
20
再就是，“时限控制”。
洗涤程序中波轮转动的时间是需要设定的，这种有时间规定的控制就叫“时限控制”。

次序控制、条件控制，还有时限控制……
一般来说，顺序控制都可以由这三种控制方式自由组合而成。

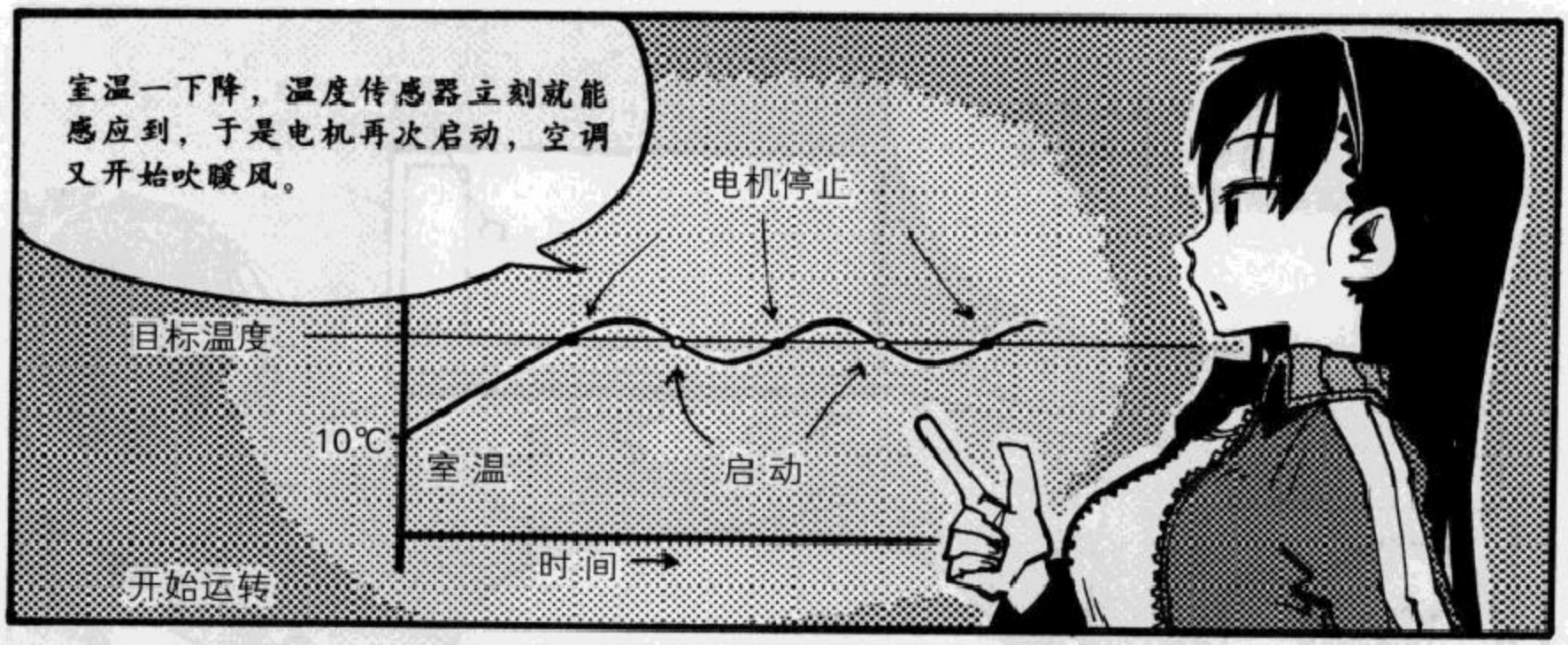
利用反馈控制运行的机器

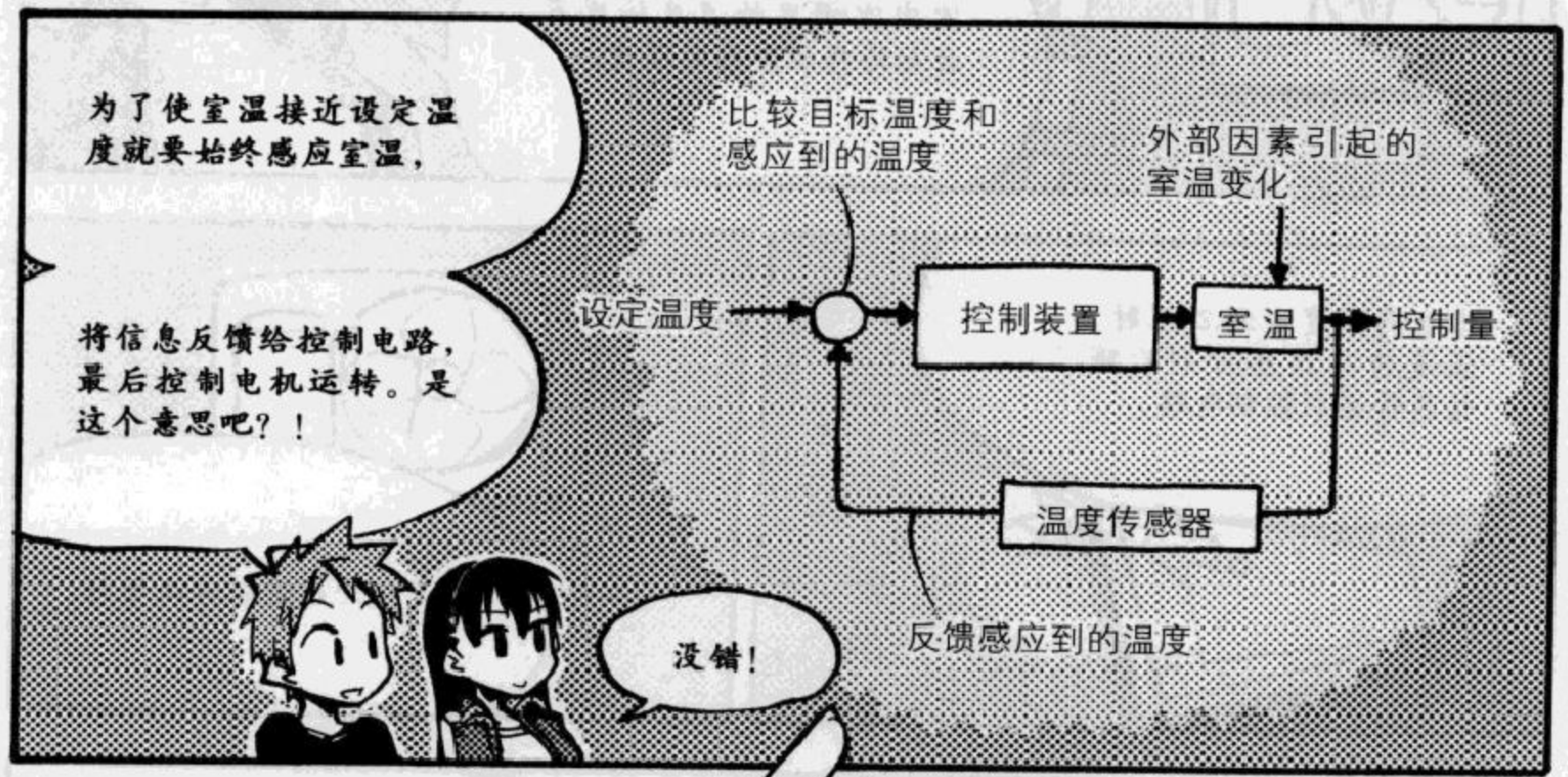

同时，作为室外机的压缩机也开始运转，室内机的空调吹出暖风，室温逐渐升高。
室内机
温度传感器
控制界面
室外
室内
室外机
压缩机电机
室内空调里的温度传感器会始终感应室内的温度。

当室内温度达到20℃时，温度传感器感应到后将信息传递到控制电路，


嗡
于是室外压缩机停止运转。

如果室内温度一直保持20℃不变的话，空调的任务就将到此结束。
但事实上暖风止后室温又会再度下降。
嗯


室温一下降，温度传感器立刻就能感应到，于是电机再次启动，空调又开始吹暖风。
电机停止
目标温度
10℃
室温
启动
时间
开始运转


为了使室温接近设定温度就要始终感应室温，
将信息反馈给控制电路，最后控制电机运转。是这个意思吧？！
比较目标温度和感应到的温度
外部因素引起的室温变化
设定温度
控制装置
室温
控制量
温度传感器
反馈感应到的温度
没错！

这种为达到目标温度而进行自动调节的控制方式就是“反馈控制”。
是这样啊！

真正的空调的温度控制并不单纯开关电机就行，
还要连续地调节电机的旋转速度，使室温的变动尽可能减小。
嗯……
宅人的生活也是靠这些控制器件实现的呀！
这个我不否认，
今天差不多了，就到这吧。
结束了？
嗯
哦！
今天打扰啦！

今天晚上……

什么事？

我已经说了，今天的课结束了。

嘿嘿嘿！

别人给的，正好借花献佛！是土豆烧肉！很好吃的哟！

嘿嘿

这些材料我在网上都能……

好啦好啦，就请尝尝吧！拜拜！

哐当

真是个讨厌的家伙……

第2章 小 结

全自动洗衣机中的顺序控制

自动控制大致分为顺序控制和反馈控制两大类。前者一般应用于信号灯和全自动洗衣机等，后者一般应用于空调和电热器等的温度控制。

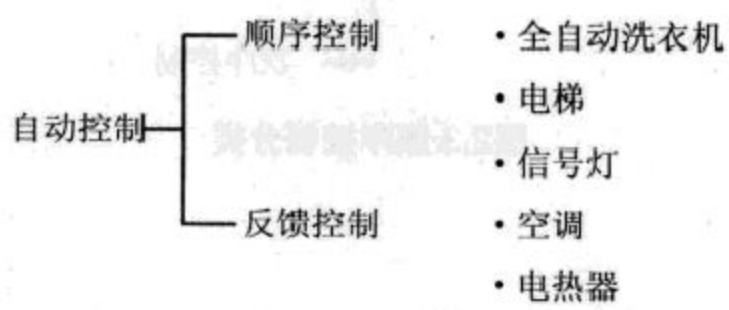


图2.1 自动控制的分类

全自动洗衣机能够完全自动地完成进水、洗涤、漂洗、脱水等各个洗衣环节。这种能够重复按照预设顺序完成每道程序的控制，就叫做顺序控制。

十字路口上交通信号灯会按红色、绿色、黄色顺序依次亮起，这也是顺序控制的功劳。还有电梯，按下下行键后轿厢下行，电梯门打开，这一连串动作也叫顺序控制。

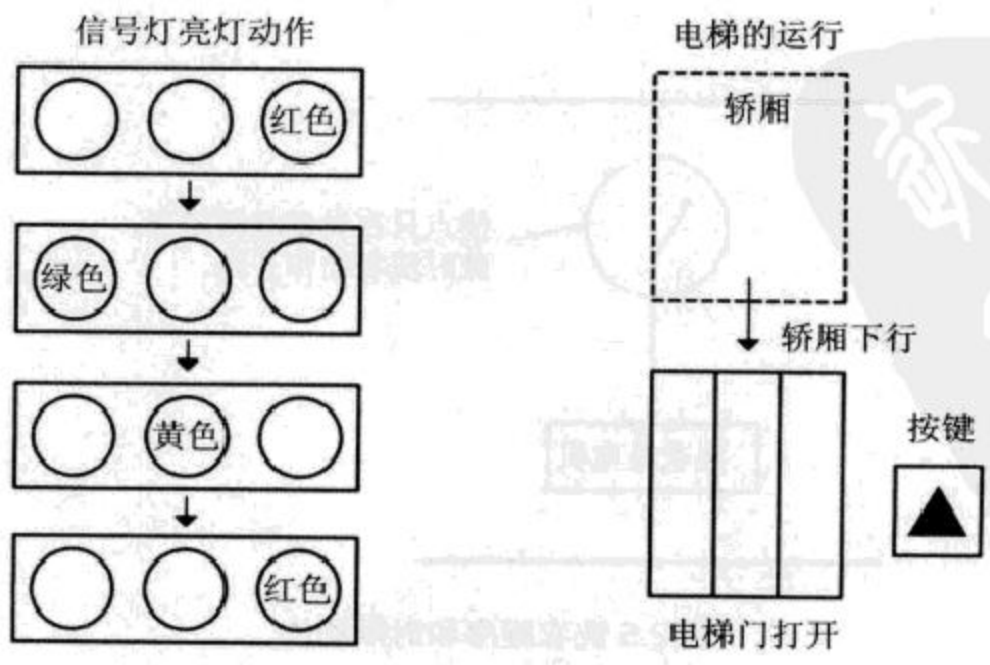


图2.2 信号灯/电梯的运行过程

顺序控制：JIS的定义

重复按照预设的顺序或者手续逐次完成控制程序的每一步的控制方式。

顺序控制分为时限控制、条件控制、次序控制等三类。

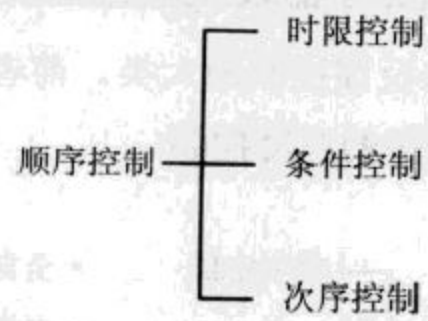


图2.3 顺序控制分类

·时限控制

全自动洗衣机的洗涤程序仅在控制电路预先设定的时间之内完成洗衣工作。我们把这种在规定的时间内完成工作内容的控制方式叫做时限控制或者时间控制。全自动洗衣机的漂洗程序和脱水程序是利用的时限控制原理。

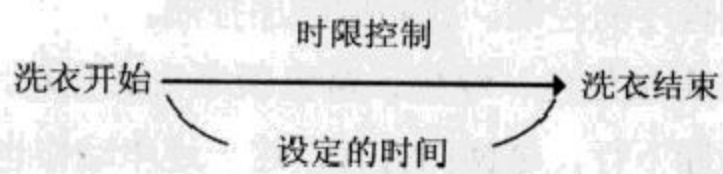


图2.4 洗衣程序的时限动作

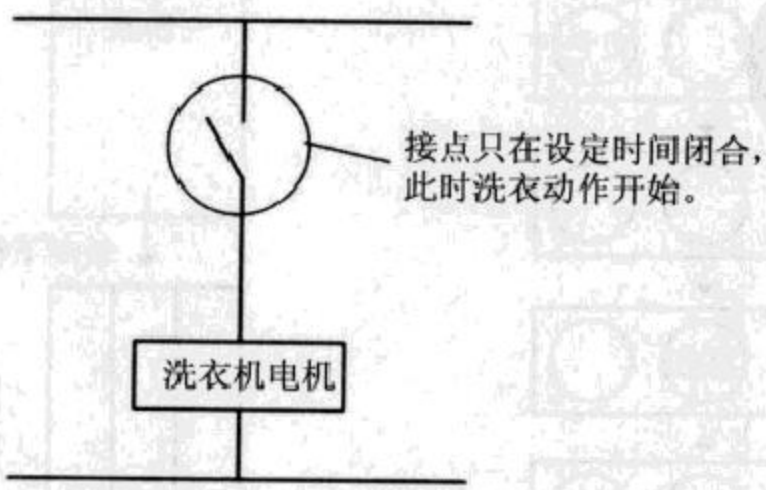


图2.5 洗衣程序和时限动作

·条件控制

当水位开关检测到水位达到规定位置时，进水停止，洗衣进入下一道洗衣程序。这种当规定条件成立随即开始下一程序的控制方式就叫做条件控制。要实现条件检测，就需要像水位开关这样的检测器。

再如，假如脱水程序进行当中时打开盖板，该动作即被盖板开关检测到，脱水程序立即停止。这也是条件控制。

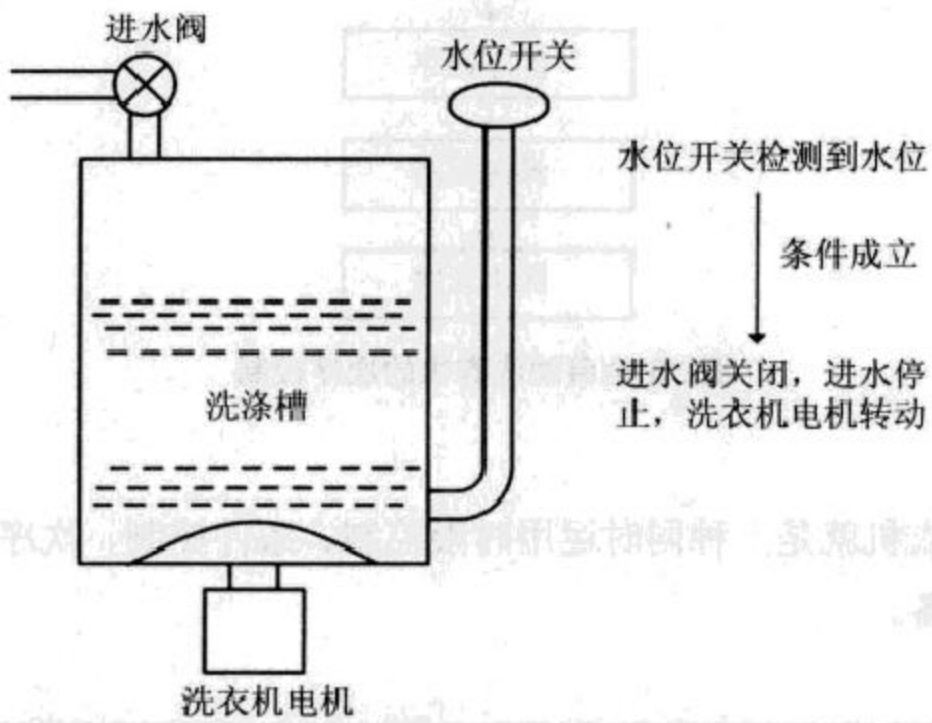


图2.6 条件控制

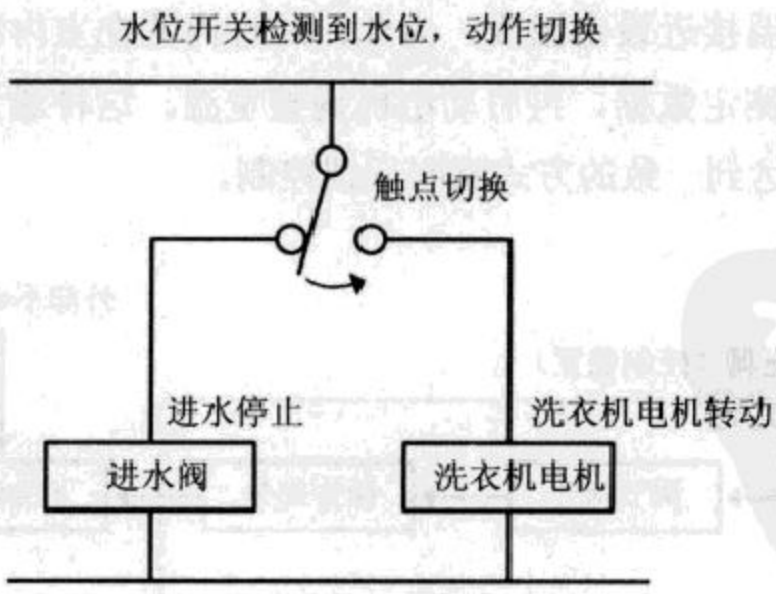


图2.7 水位开关和条件控制

·次序控制

全自动洗衣机的标准洗衣程序，其顺序一开始就在控制电路上被设定好了。每步程序都按照设定顺序依次完成的控制方式就叫次序控制。顺序控制要完成从某一个程序进入下一个程序的动作，就需要用到传感器之类的检测装置。

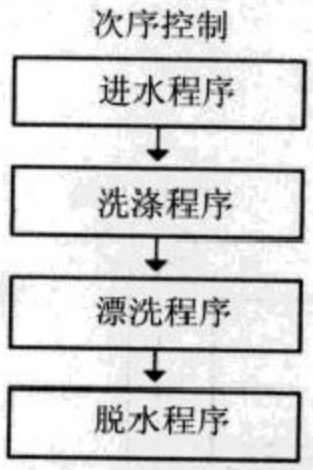


图2.8 全自动洗衣机的次序控制

所以，全自动洗衣机就是一种同时运用时限控制、条件控制、次序控制方式自动实施所有洗衣程序的电器设备。

空调和反馈控制

空调的作用就是使室温接近设定温度，为此，通过内置在室内机里的温度感应器测定温度，比较目标值和反馈的测定数据，再启动电机调整室温。这种通过反馈作用将控制值和目标值进行比较、再使两者达到一致的方式就叫反馈控制。

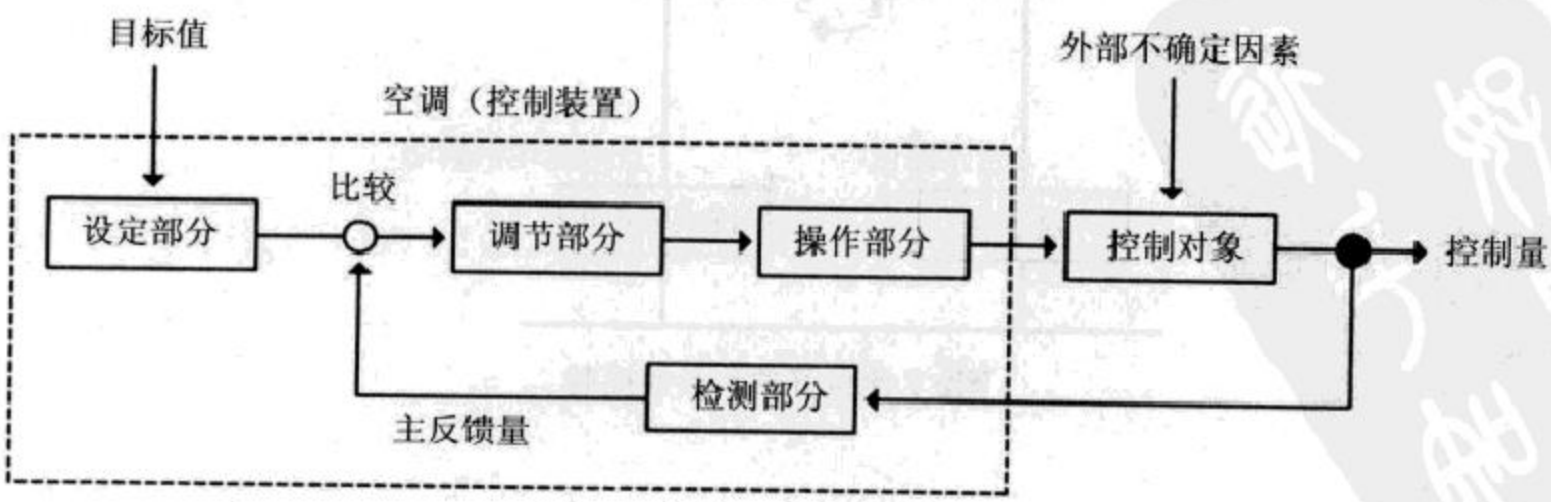


图2.9 空调和反馈控制

电热壶和电热被褥的温度控制就是运用反馈控制的原理来实现的。

反馈控制：JIS的定义

通过反馈作用将控制量的值与目标值进行比较并为使两者达到一致而决定操作量的控制方式

由反馈控制决定的负责使控制值接近目标值的控制动作可分为比例动作（P 动作：Proportional）、积分动作（I 动作：Integral）、微分动作（D 动作：Differential）等。

图2.10 反馈控制的动作

空调电机的输出是功率恒定不变的，空调通过打开或关闭电机来控制室温。这种控制我们叫它开关控制，或者二位控制（on-off control）。通常室温在达到目标值之后温度传感器才将信息传递到电机，电机即停止工作。此时室温往往高于目标值，所以室温总是很难和设定温度保持一致。

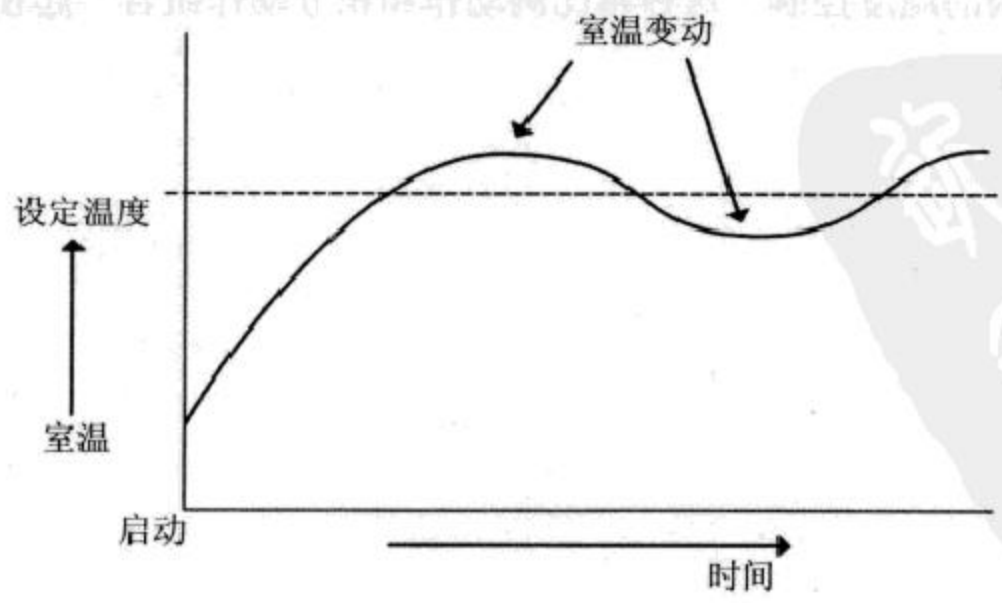


图2.11 空调的开关控制带来室温变化

不过，最近的新型空调因为能连续地调节电机的旋转速度，所以它的输出功率也能连续性地调整。

将比例动作、积分动作、微分动作组合在一起使用运转，就能够使室温更加接近于设定值。首先，所谓比例动作就是操作量与室温和目标值的差值成比例。比如，启动空调时，如果室温和设定温度之差（偏差）很大，电机运转的输出量也加大，当逐渐接近室温和设定温度之差时，由于偏差变小，电机的输出也按比例减小，此时室温接近目标值。

但是，此动作能使室温接近目标值，却不能使两者完全一致。

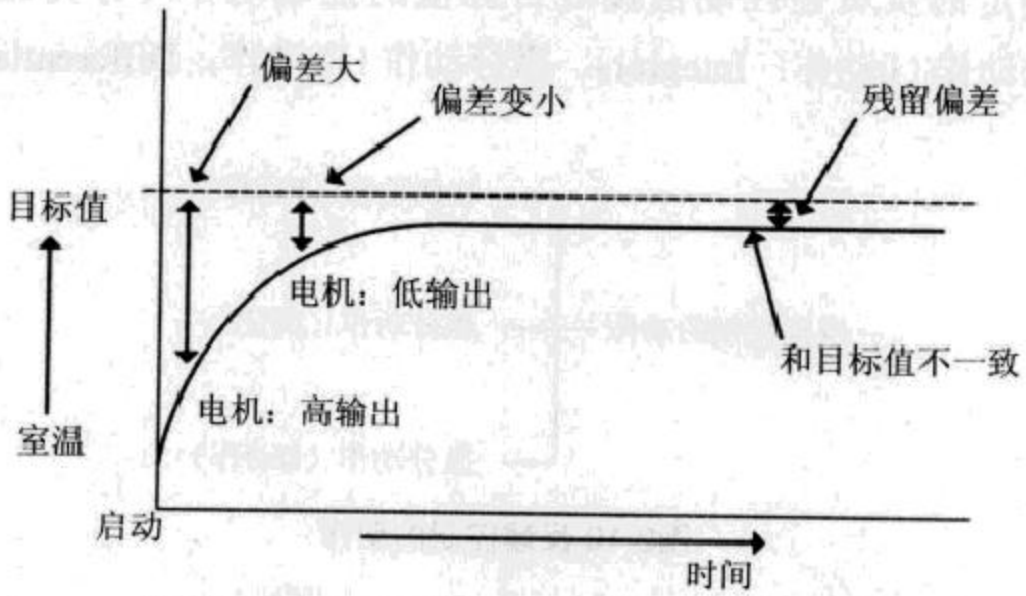


图2.12 空调的比例动作（P动作）带来室温变化

剩下的一点偏差我们叫做残留偏差，为了消除这点偏差就要使用积分动作（I动作）。所谓积分动作就是，电机的输出操作量与残留偏差的时间积分成比例，积分动作使残留偏差为0。空调启动时比例动作使室温接近设定温度，接着积分动作进一步使室温和设定温度达到一致，从而实现空调的温度控制。这种将比例动作和积分动作组合一起使用的叫做比例积分动作，也叫PI动作。

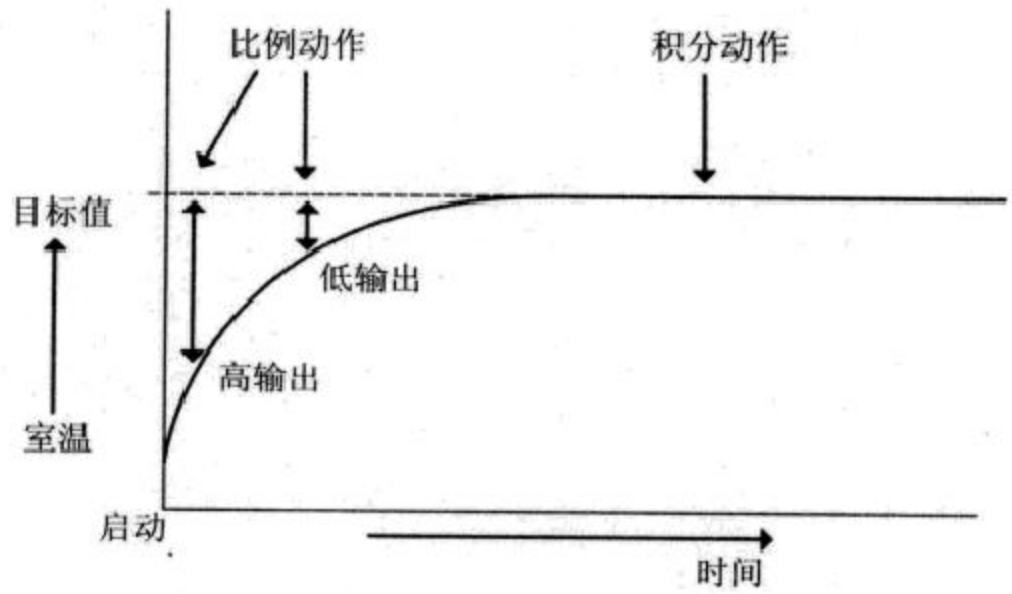


图2.13 比例积分动作（PI动作）带来的室温变化

空调在实际进行温度控制时，往往需要迅速应对像外面气温变动、门窗开闭等外部因素引起的室温变化。针对这些外部因素，应用微分动作就可以解决。微分动作在室温因外因导致变化的最开始，就可以按设定温度和室温的偏差微分比例调整电机的输出量，在偏差较小时进行修正动作能够防止室温产生较大的变动。

例如，空调在吹暖风的时候，屋门被打开，室温迅速下降。在室温刚一开始下降时电机迅速加大输出功率，室温于是很快回到设定的温度。这就是微分动作。

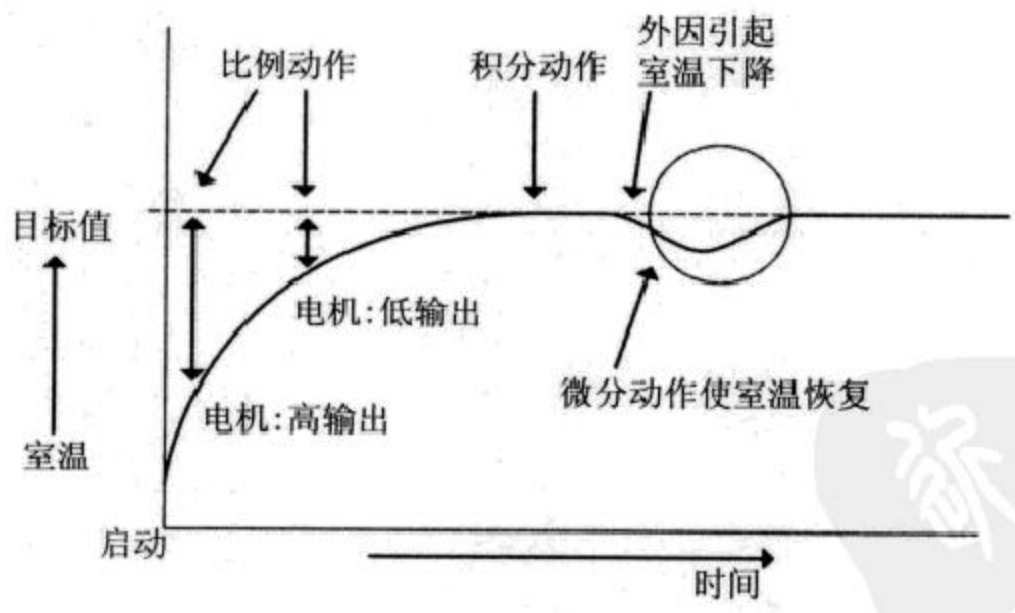


图2.14 微分动作带来室温变化

这样在比例积分动作的基础上再加上微分动作的，我们叫它 PID 动作，很多控制装置都会用到它。

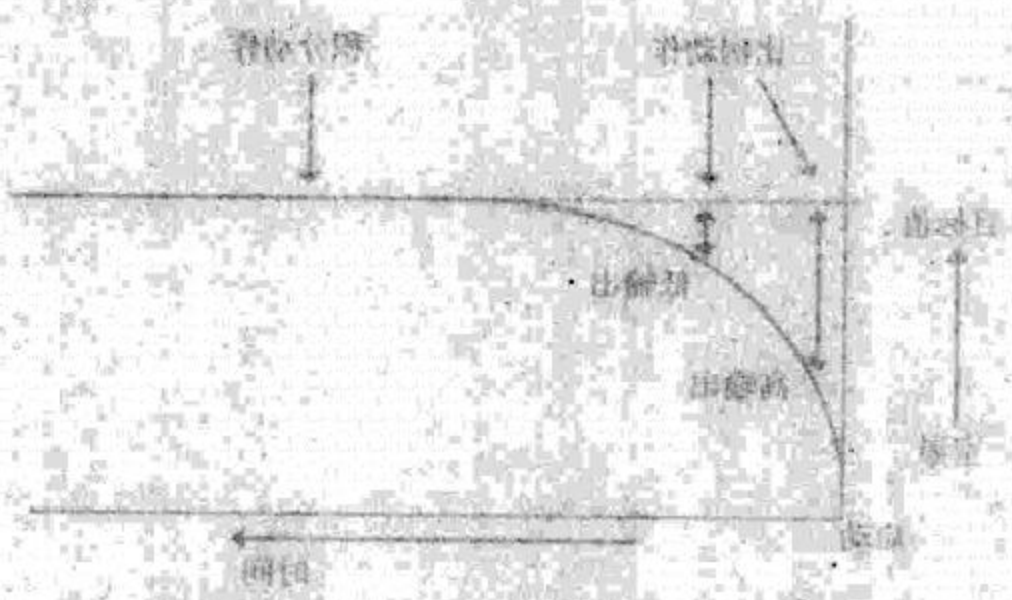


图2.13 比例和微分动作（PD动作）带来的系统变化

实际在实际进行温度控制时，当在需要迅速应对使外部产温变动，门窗开闭等外部因素的情况时变化。针对这些外部的事，应用微分动作就可以解决。微分动作在系统因外扰引起变化的瞬间，就可以使设定温度和空调的偏差微分比例偏差电机的转出量，在偏差较小时进行操作动作能够防止系统产生较大的变动。

例如，冬季时应使用的时候，温门窗开，室温还是下降，在室温刚一开始下降时即感觉加大操作量，室温下降发现时温度的温度。这就是微分动作。

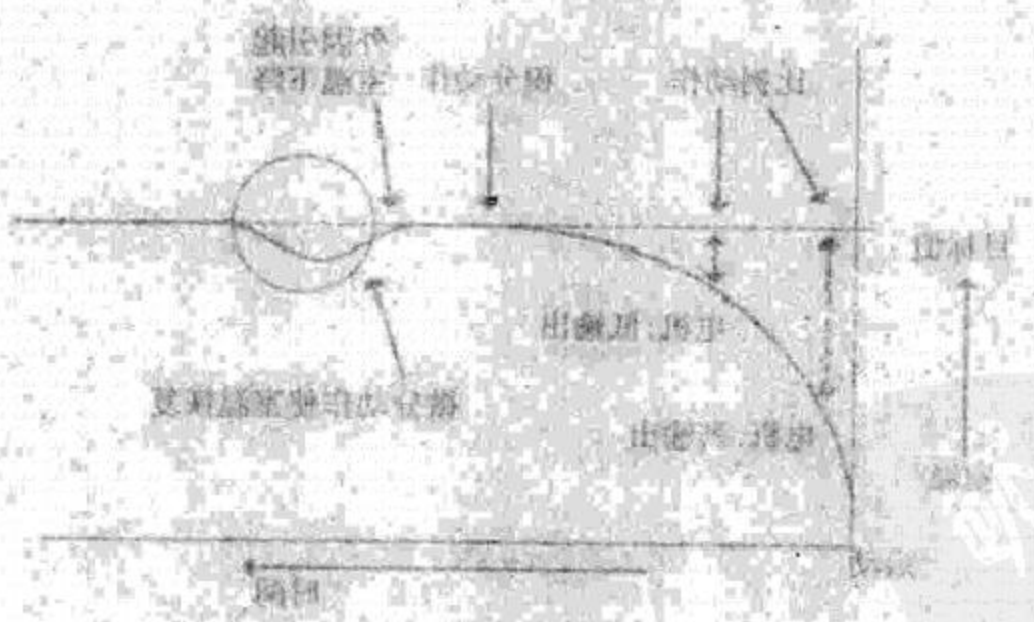


图2.14 微分动作带来系统变化

这样在比例积分动作的基础上再加上微分动作的，我们叫它PID动作。用多段制冷温暖

空调设备

第3章
品种繁多的控制器件

外面……

那个人……
因为恩节开那小子，最近老是胡思乱想……

那么，今天也一定……

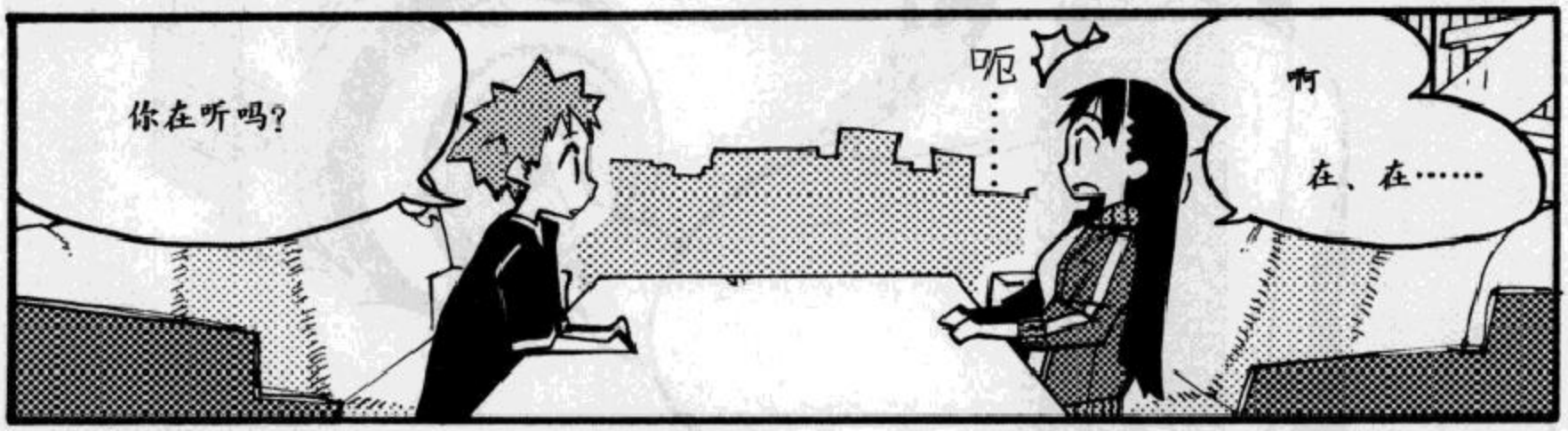
叮咚♪

呵

呵

我为什么非要给他上课……
可是……

为什么一看见他就觉得心态平和……
呵呵！


你在听吗？
呃……
啊
在、在……

那，今天就继续之前的话题吧。
好的！
那就大概地介绍一下控制器件吧。

按键开关

叮咚♪
首先讲
“按键开关”
要启动或者停止器件运转，就得使用按键开关等指令设备。
门铃也是按键开关？
是的。
我家那个你按过好几次的门铃，就是按键开关。
哼
……哈哈哈

啪

按键

触点断开

触点闭合

弹簧

动作状态

停止状态

嗒

这个按键开关，当手指按住按键，内部的触点开始动作。

当手放开，弹簧力又使其回到原来的状态。

按键开关的 JIS 图形符号

常开触点

常闭触点

E

E

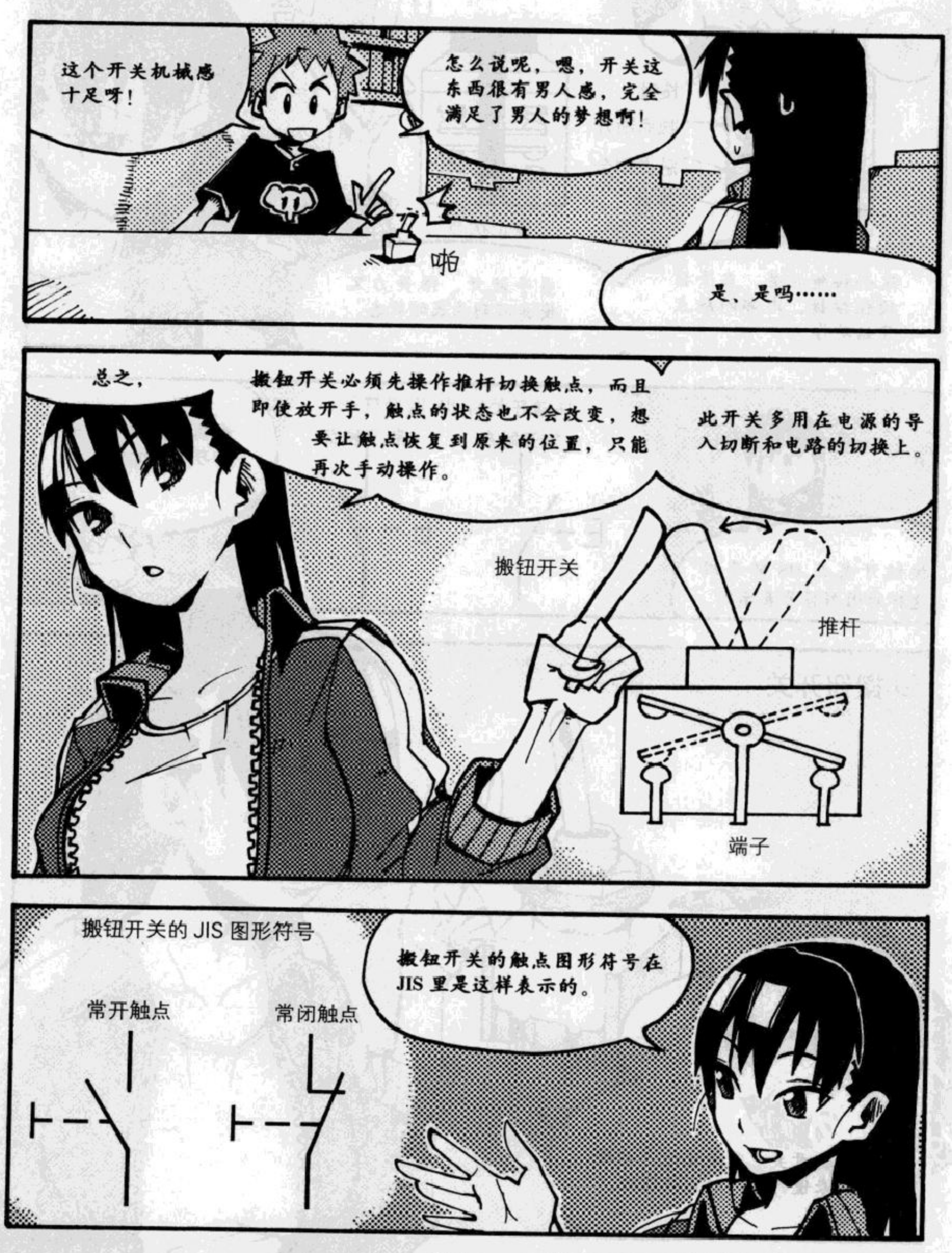
按键开关在 JIS 里是用这样的图形符号表示的。

看到图立刻有了专业学习的感觉呀！

搬钮开关

接下来讲搬钮开关，

也叫纽扣开关。它是通过手动操作推杆来使内部的触点动作的。


这个开关机械感十足呀！
怎么说呢，嗯，开关这东西很有男人感，完全满足了男人的梦想啊！
啪
是、是吗……
总之，
搬钮开关必须先操作推杆切换触点，而且即使放开手，触点的状态也不会改变，想要让触点恢复到原来的位置，只能再次手动操作。
此开关多用在电源的导入切断和电路的切换上。
搬钮开关
推杆
端子
搬钮开关的 JIS 图形符号
常开触点
常闭触点
搬钮开关的触点图形符号在JIS里是这样表示的。

旋钮开关

旋钮开关，就是要通过转动旋钮来使内部的触点动作。常用于器件的手动与自动间切换等电路的切换。

啊！

微波炉用的就是旋钮开关！

哼哼

旋钮开关之类的旋转型操作开关触点符号在JIS里是这样表示的

旋钮开关的JIS图形符号

常开触点

常闭触点

微型开关

我们说，位置、温度、压力等，都需要用检测器来检测，

比如，物体的位置，要用“微型开关”等检测器检测。

微型开关的动作靠的是与一个小盒子组合起来的触点连动推杆来实现的。

嗯？

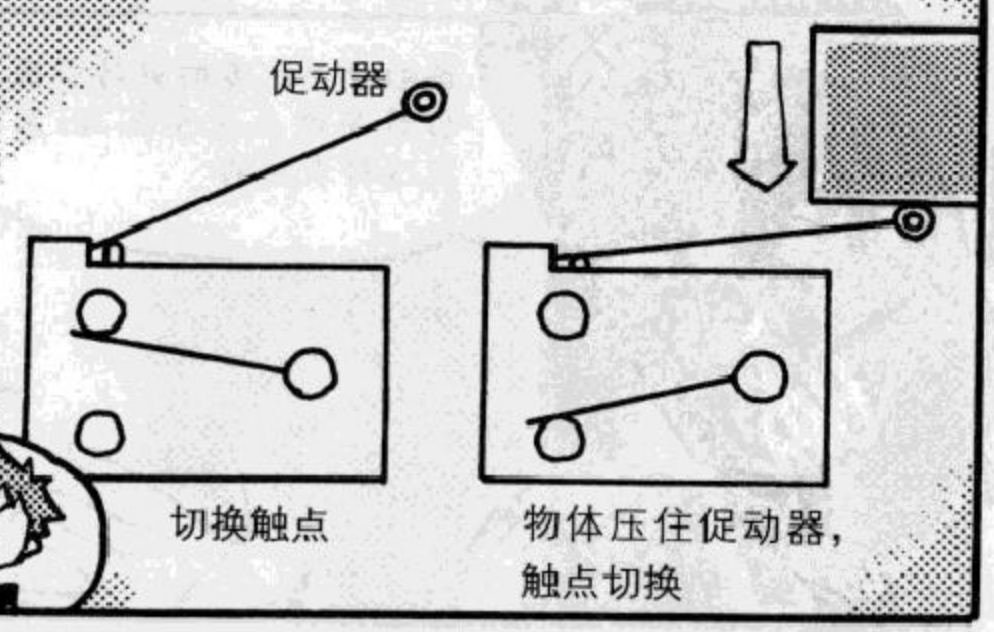
没见过这种开关啊！

因为它通常运用在人眼不容易看到的地方，比如鼠标键，所以并不引人注意。

物体一接触到微型开关的手杆，触点即切换；物体如果没有了，弹簧力又使触点恢复到原位。

像这种带推杆的动作装置被称作“促动器”。

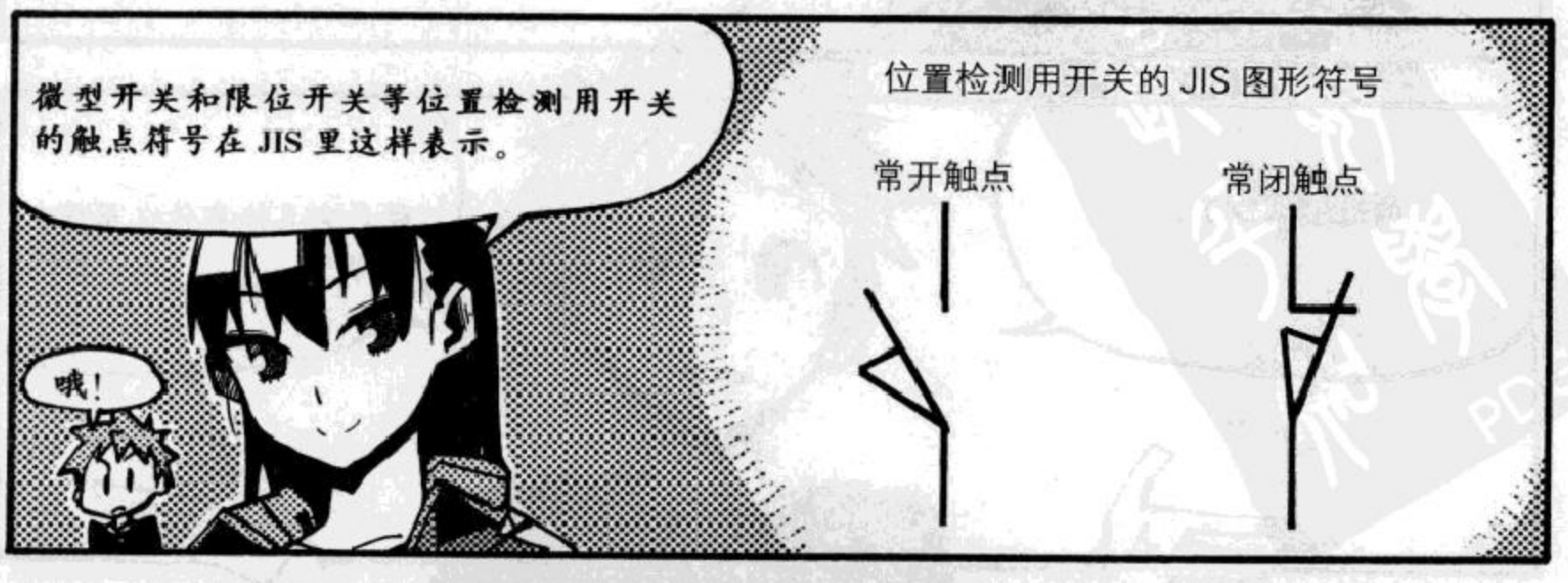
原来如此！



还有，
用坚固金属盒制作的“限位开关”。

微型开关的加固款就是限位开关吧？
是的！

微型开关
限位开关
带微型开关和限位开关的促动器因用途不同被设计成了各种形状。
哦……


微型开关和限位开关等位置检测用开关的触点符号在 JIS 里这样表示。
哦！
位置检测用开关的 JIS 图形符号
常开触点
常闭触点

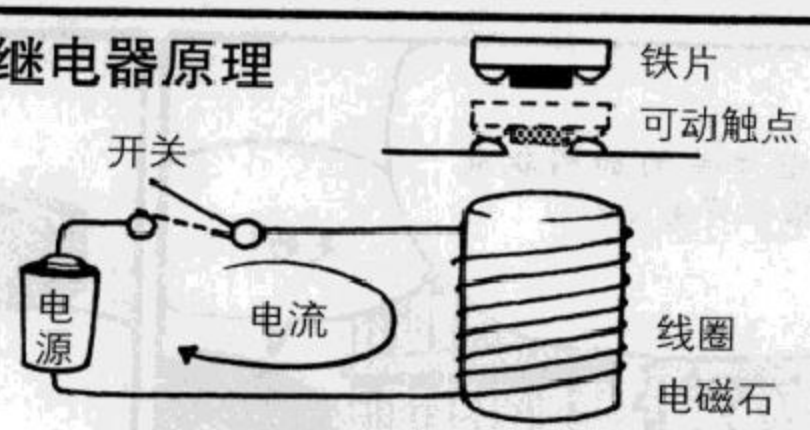
电磁继电器

除了开关，再给你介绍一下其他的基本器件。先说说电磁继电器。

电磁继电器？

电磁继电器是由电磁石和触点构成的。

电磁继电器原理



当电流通过电磁继电器的线圈，就形成电磁石，产生的电磁力使可动触点吸住铁片结成一体。当切断电流，电磁石失去电磁力，触点在弹簧的作用下恢复到原来的状态。

构造我明白了，

但是它具体有什么用呢？

自动控制里，那些内置了电子控制触点的操作器件起着非常重要的作用。

其中，电磁继电器就是控制电路里非常重要的一个器件。

啊……

表示电磁继电器的 JIS 符号

继电器的线圈　　常开触点　　继电器的触点　常闭触点

电磁继电器的 JIS 符号这样表示。

另外，电磁继电器里，还有一种为了控制大电流而制作的触点容量很大的“电磁接触器”，

在 JIS 里用符号表示……

电磁接触器的 JIS 符号

电磁接触器的线圈　　电磁接触器的触点　常开触点　常闭触点

嗯

电磁接触器

定时器

最后咱们来讲讲“定时器”，这个容易想象吧。

就是那种到了设定时间就开始某种动作的定时器吗？

就是这样。

控制器件里有很多器件都是由定时器来控制运转的。

例如洗衣机的脱水时间就是事先在控制界面上设定好的。

嗡 嗡 嗡

像这样，控制电路上的时限动作都要用到定时器。

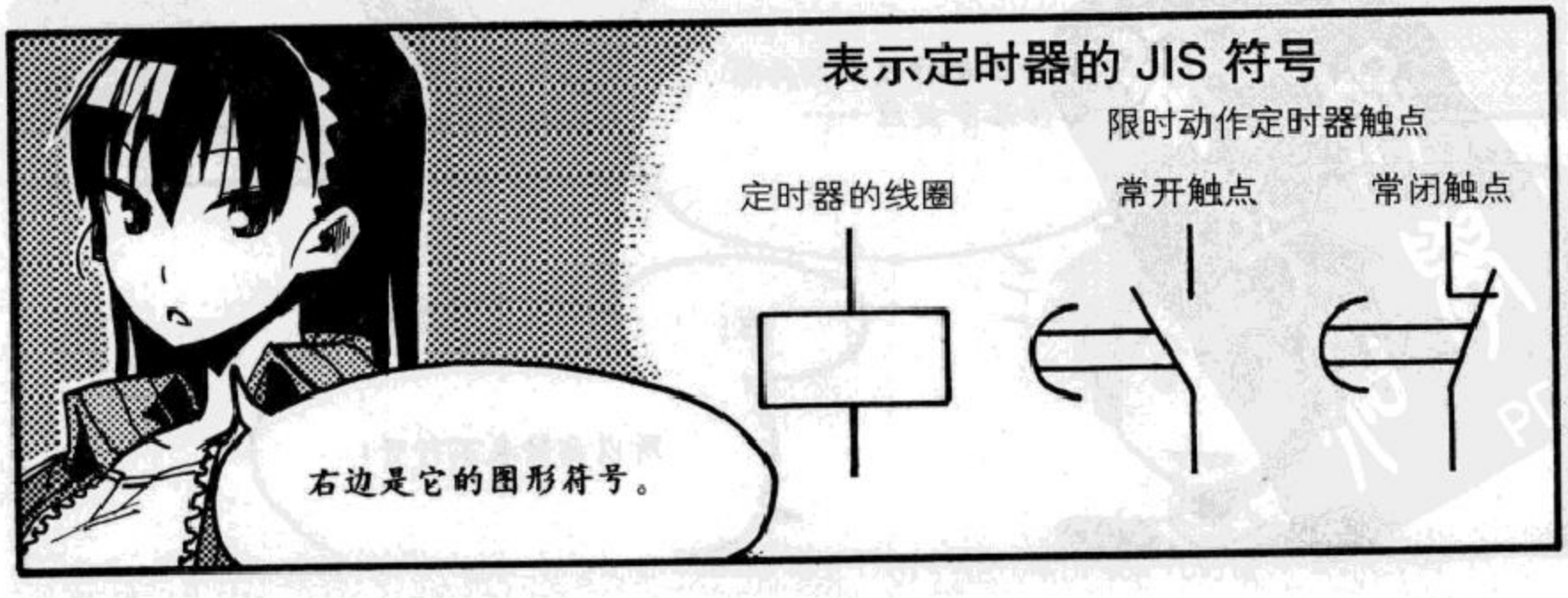
洗完了！

定时器也是货真价实的控制器呀！

啊哈哈！

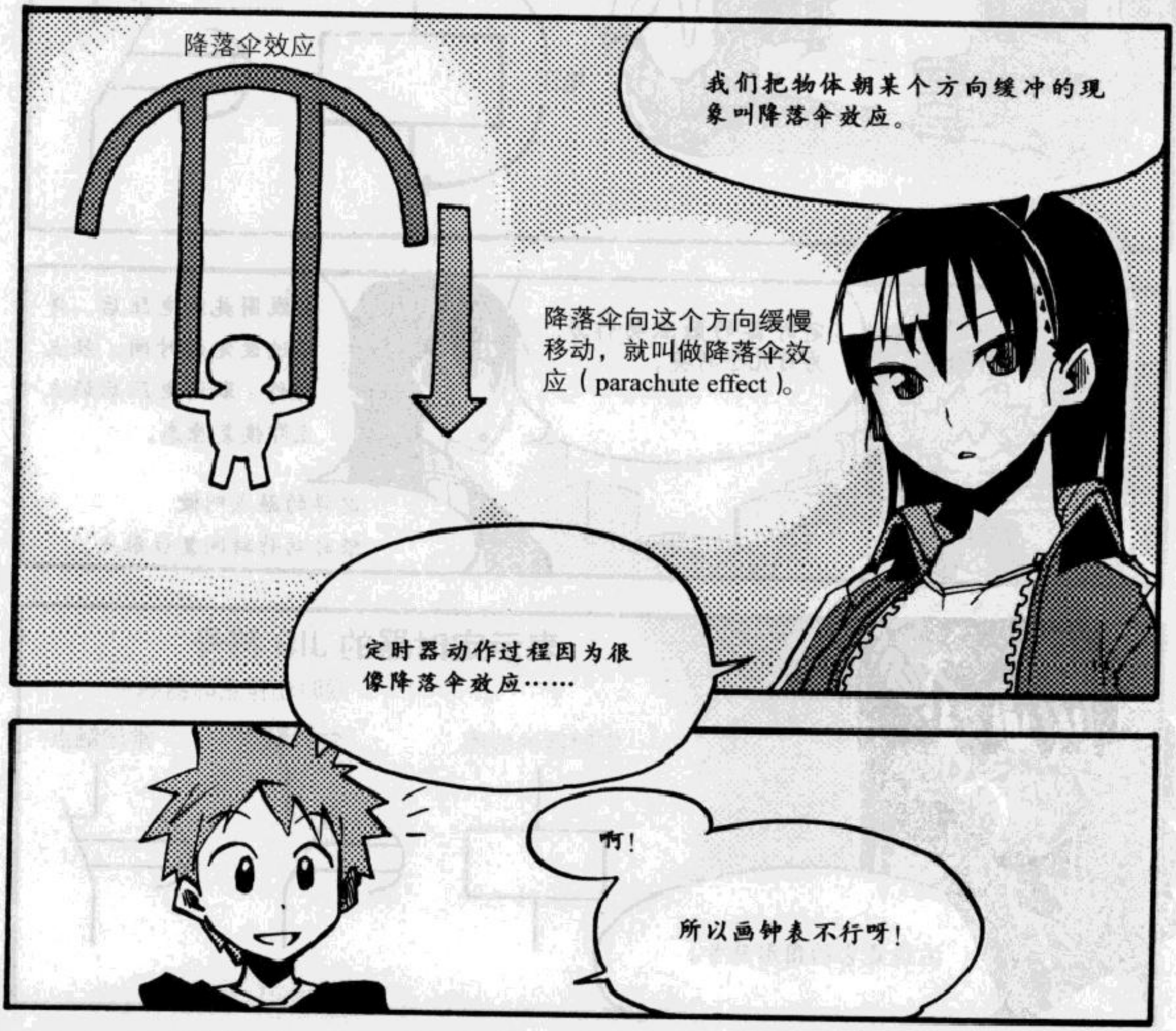
定时器是电磁继电器的一种。
电磁继电器向线圈施加电压，触点即刻动作，
但是这种定时器的触点则要在设定时间过后才会开始动作。
定时器的动作
向线圈施加电压
在设定时间之后触点开始动作
电压

这样啊。
定时器的触点动作分为好几个种类，
向线圈施加电压后，再经过设定的时间，触点动作；取消电压后触点立即恢复原态，
这样的触点叫做限时动作瞬间复位触点。


表示定时器的 JIS 符号
限时动作定时器触点
定时器的线圈
常开触点
常闭触点
右边是它的图形符号。

定时器的符号还有点变化呢。不过，如果画得更像个钟表的话，不是更容易理解……

这个符号最初是受降落伞形状启发得来的。
降落伞？


降落伞效应
我们把物体朝某个方向缓冲的现象叫降落伞效应。
降落伞向这个方向缓慢移动，就叫做降落伞效应（parachute effect）。
定时器动作过程因为很像降落伞效应……
啊！
所以画钟表不行呀！

对着圆弧中心的方向表示触点的限时动作方向。

电压产生时，瞬间动作开始；电压取消时，限时复位，这种定时器触点如图所示，圆弧是反方向的。

瞬间动作限时复位触点

向线圈施加电压时

触点瞬间动作

电压

设定时间后触点复位

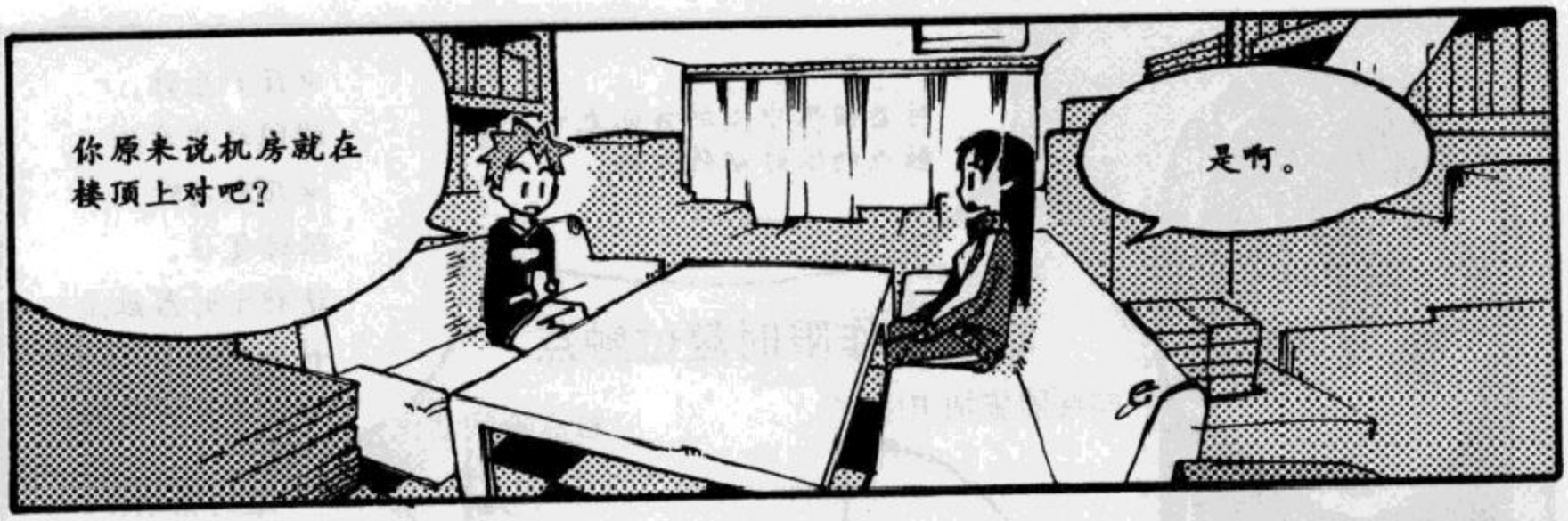
定时器动作

向线圈施加电压时

触点在设定时间后动作

电压

要是忘记了定时器的触点符号和动作方向，就想一想降落伞效应。

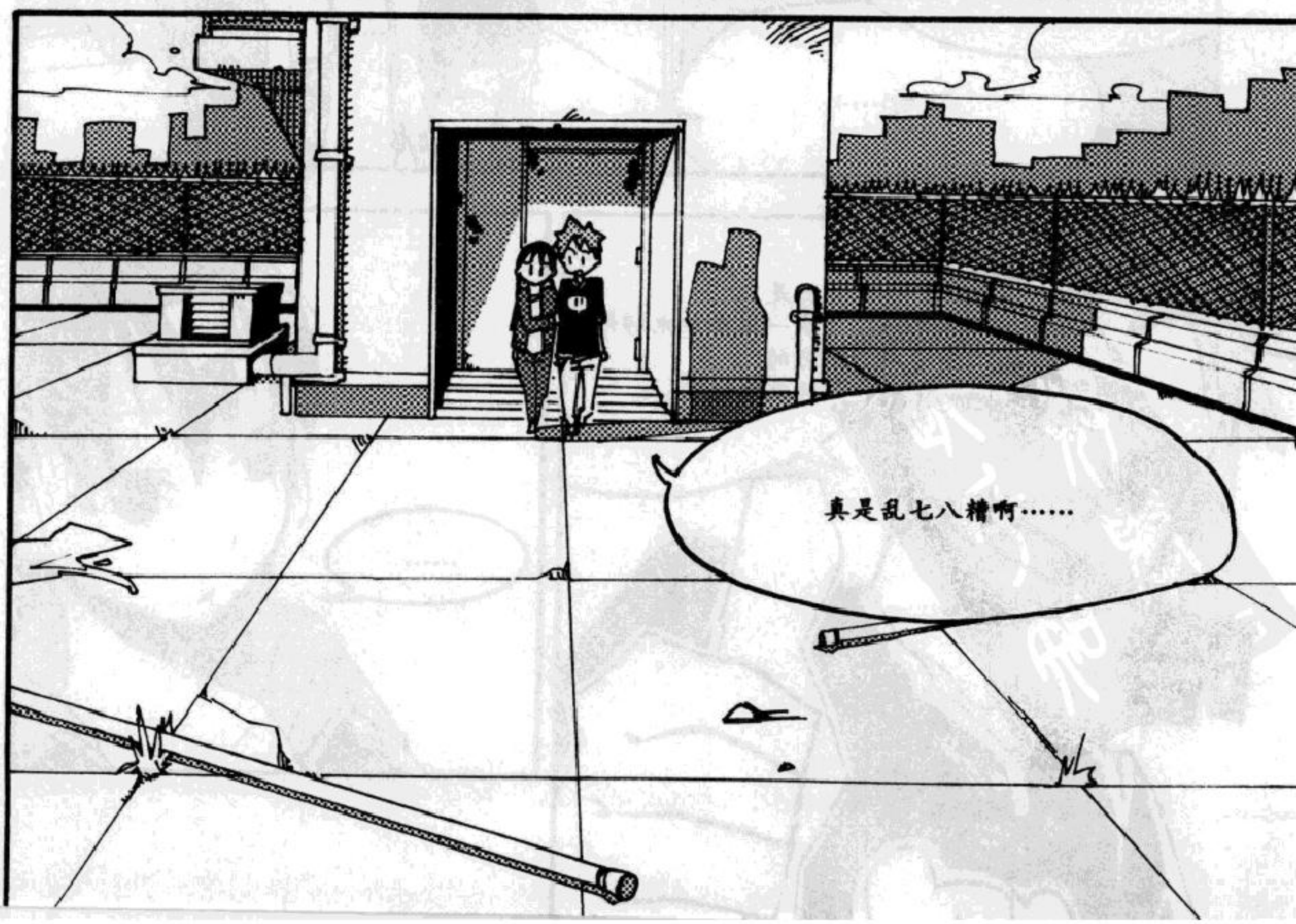

你原来说机房就在楼顶上对吧?
是啊。

现在上去看看怎么样?
屋顶!
就在上面对吧?
啊?

今天天气又这么好,
上去看看吧!
……

嗖

你……
害怕吗?
啊
……


真是乱七八糟啊……

应该有好多年没人来过了……
机房在这边……
嗯……果然现在还是没人动过的呀。
是啊……
但是！我一定会把电梯修好的！你就瞧好吧！
哈
……

第3章 小 结

指令型器件

自动控制里有各种各样带有输入指令、检测物体位置功能的控制器件。

按键开关就是一种按下按键内部触点即动作的指令型器件，它起到启动和停止控制装置的作用。

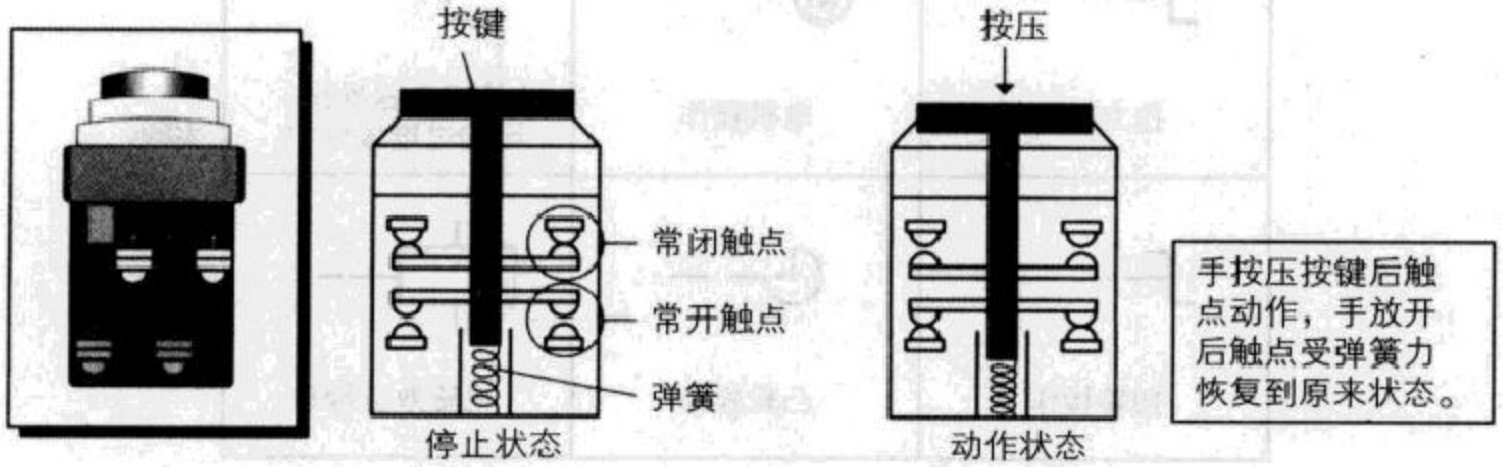


图3.1 按键开关和其构造

按键开关的触点符号是触点的基础形状结合表示按压操作的操作构造符号而形成的。

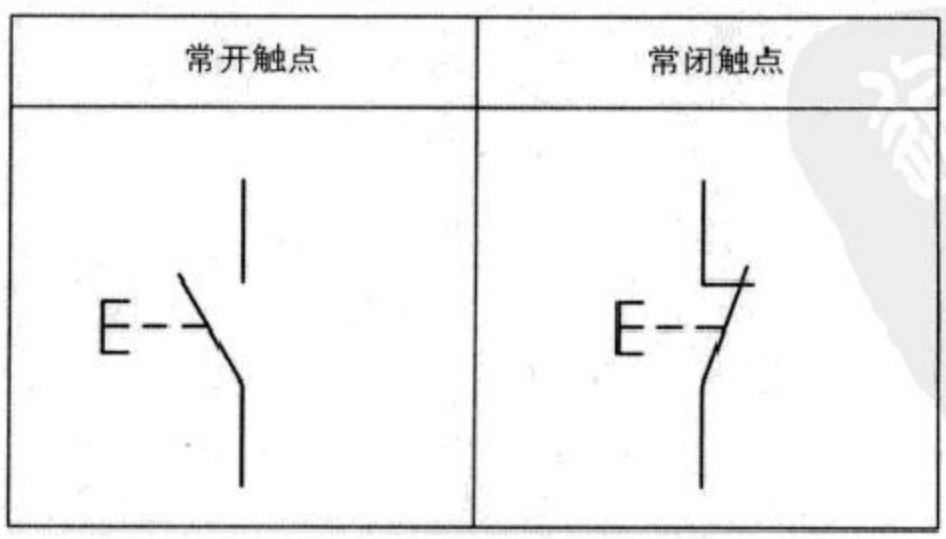


图3.2 按键开关的触点符号

对这种表示控制器件触点的操作方式的操作构造符号，JIS 里有固定的符号规定。

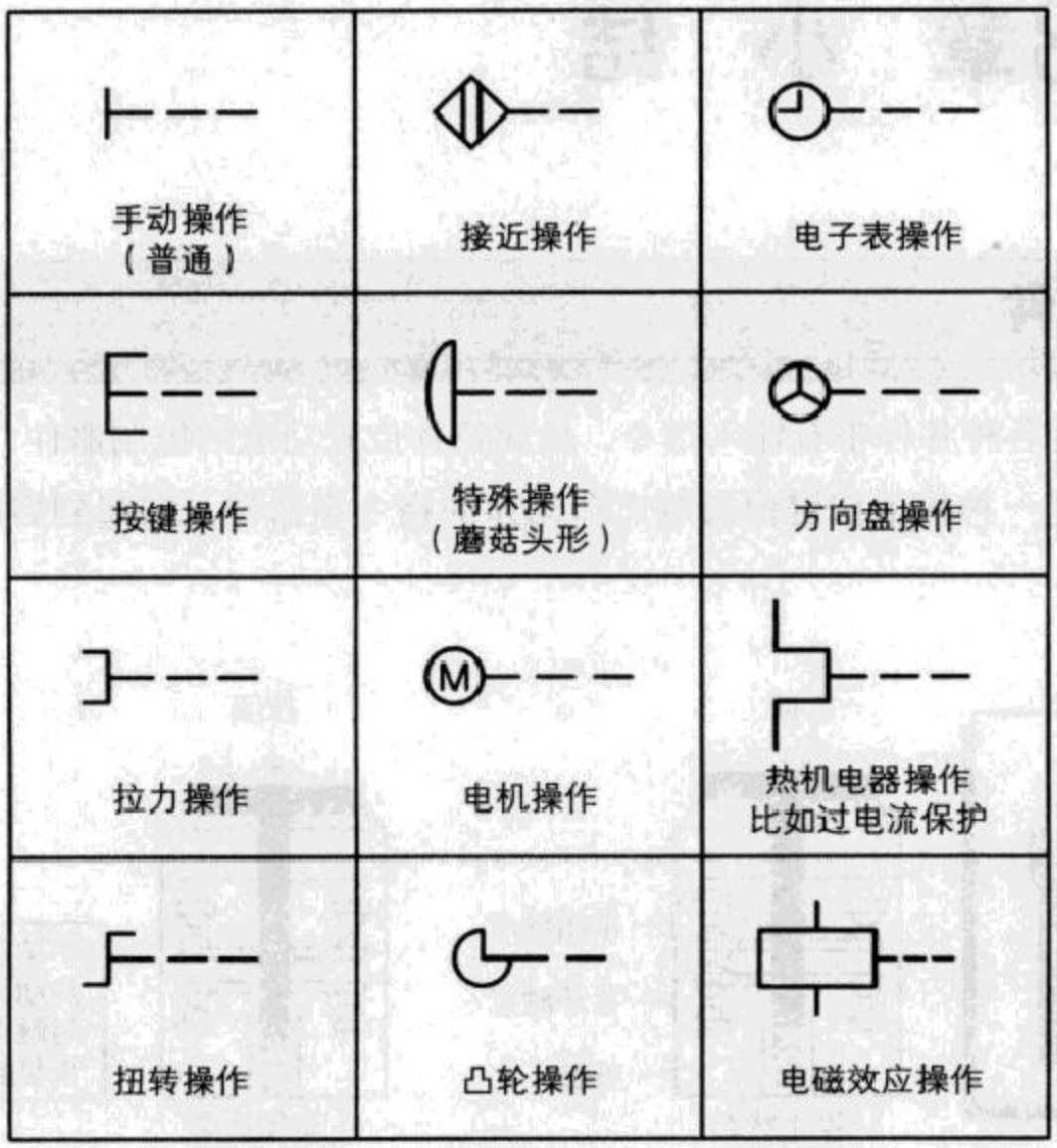


图3.3　操作构造符号

搬钮开关和翻转开关都属于要手动切换控制电路和电源的指令器件，所以使用相同触点符号表示。

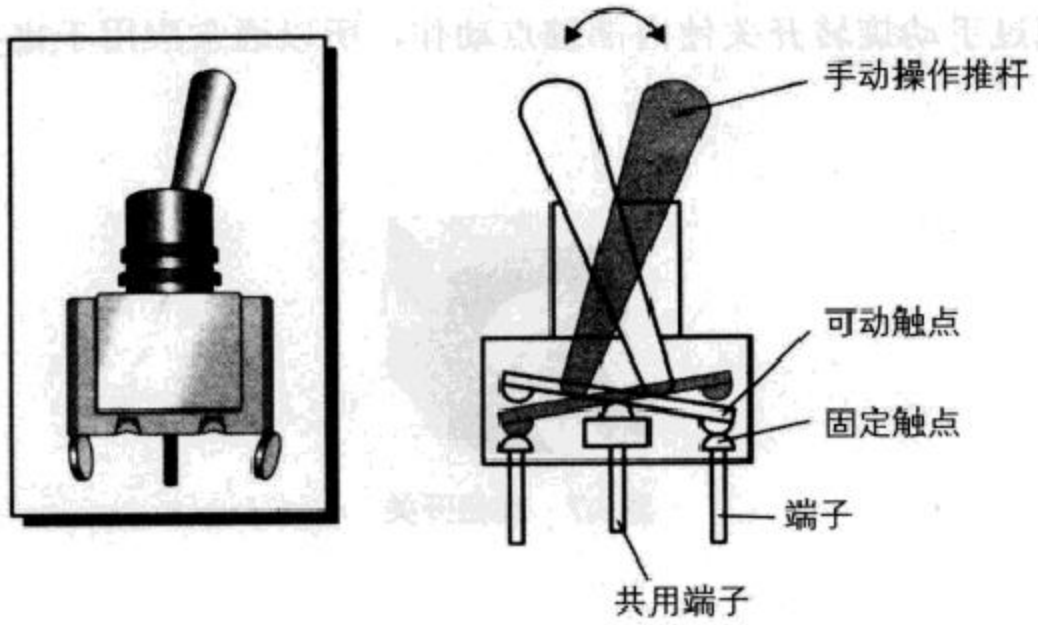


图3.4　搬钮开关的内部构造

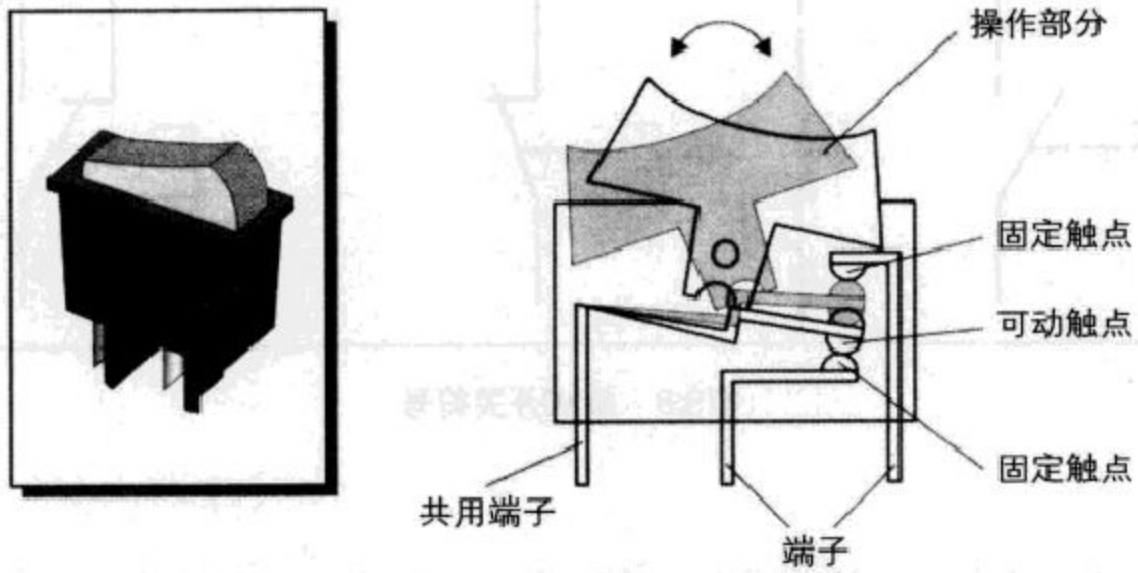


图3.5　翻转开关的内部构造

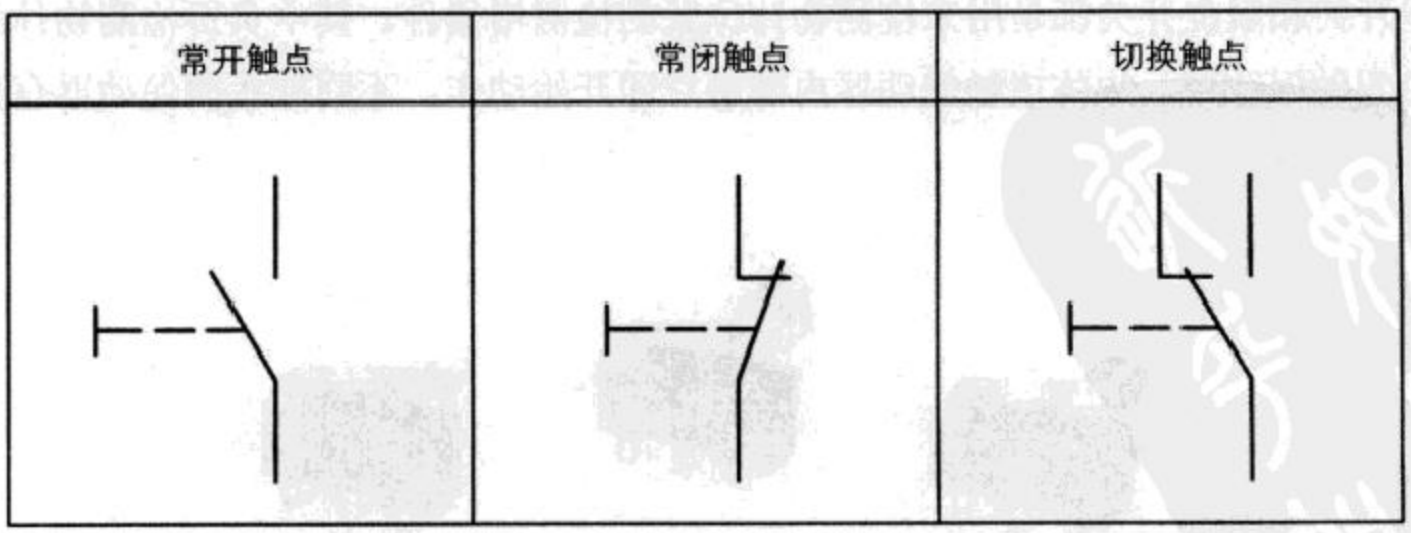


图3.6　搬钮开关和翻动开关的触点符号

旋钮开关要通过手动旋转开关使内部触点动作，所以通常应用于需要手动切换电路的场合。

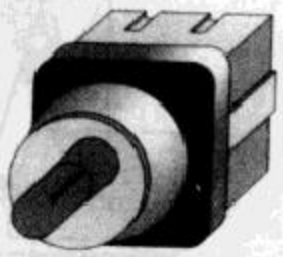


图3.7　旋钮开关

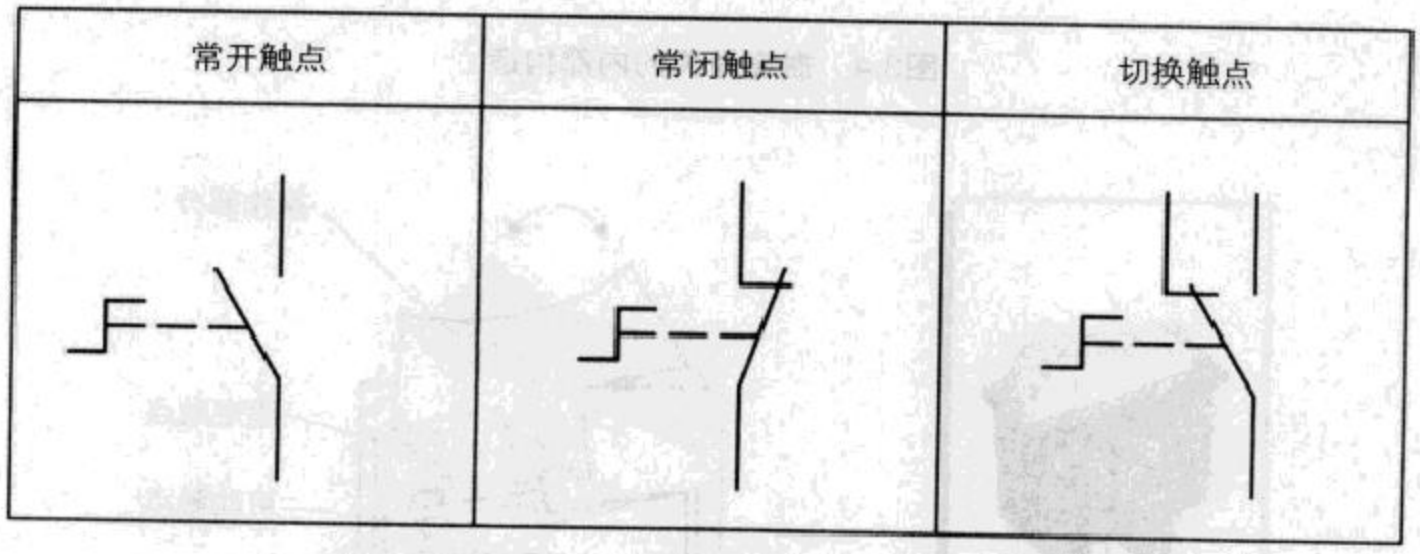


图3.8　旋钮开关符号

检测用器件

微型开关和限位开关都是用来检测物体位置的检测用器件。其中负责检测物体的控制杆或者滑轮叫做促动器，物体接触促动器内部触点即开始动作。不同形状的促动器有其不同的用途。

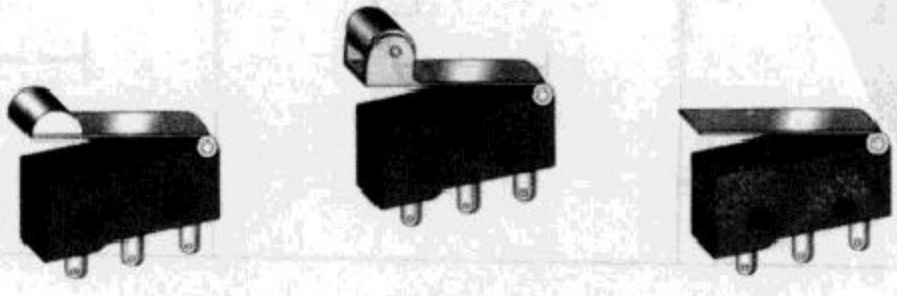


图3.9　微型开关

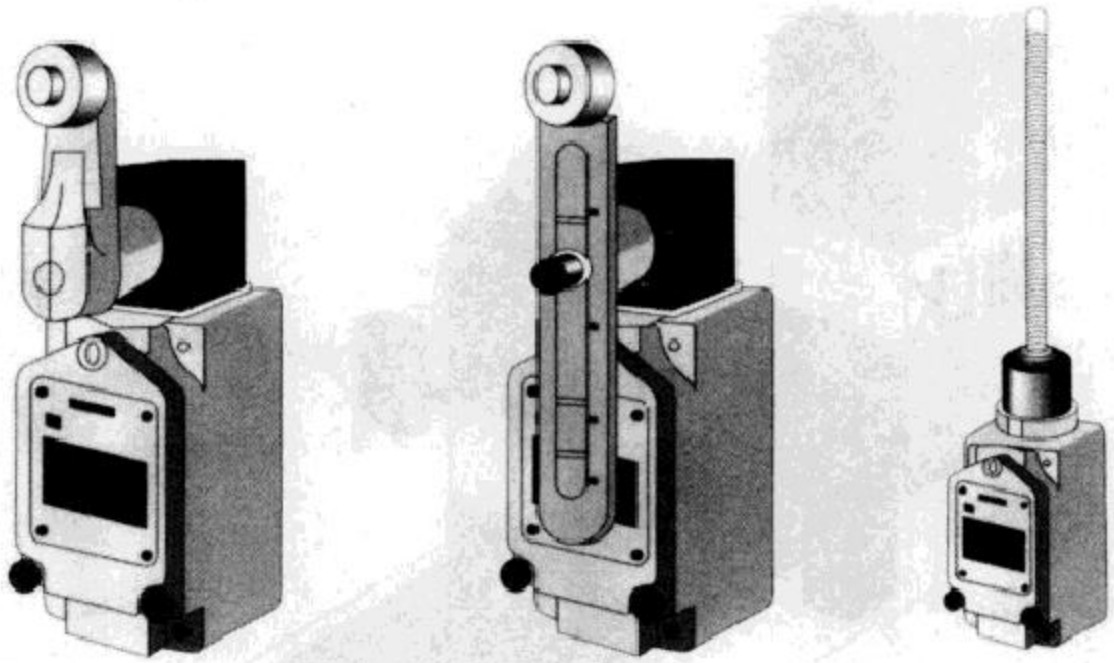


图3.10　限位开关

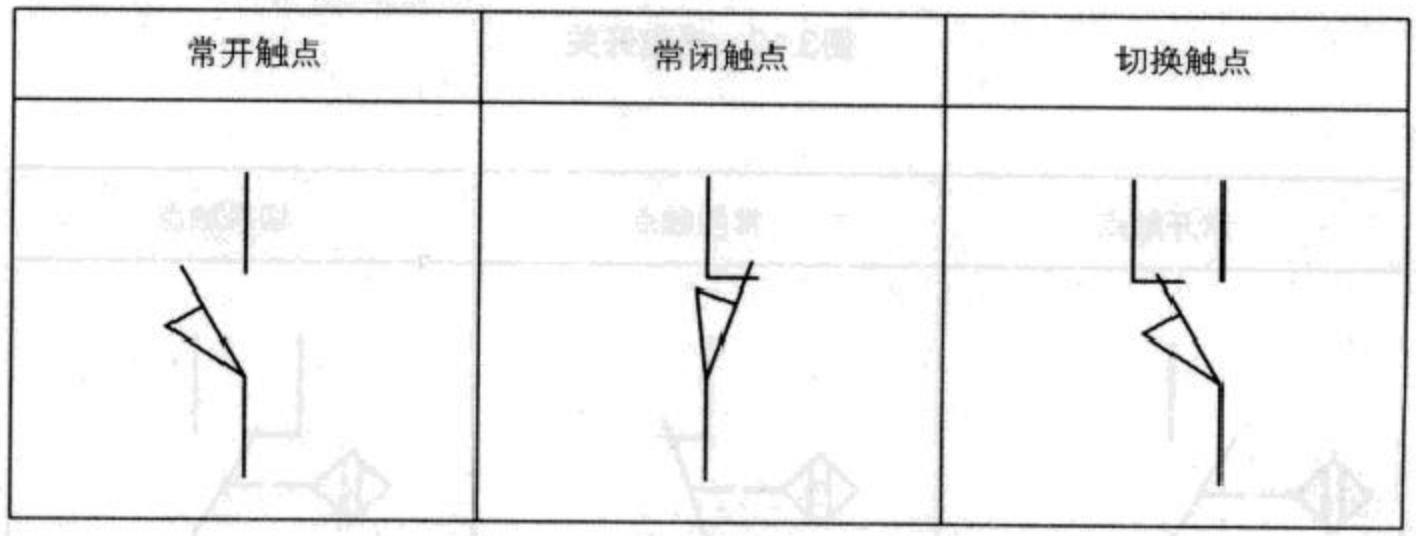


图3.11　微型开关和限位开关的触点符号

光电开关不需要接触物体就能检测，它是接近开关的一种，由发射器和接收器等构成（图 3.12）。接收器通过检测发射器发出的可见光和不可见光（红外线等）来判断有无物体存在。

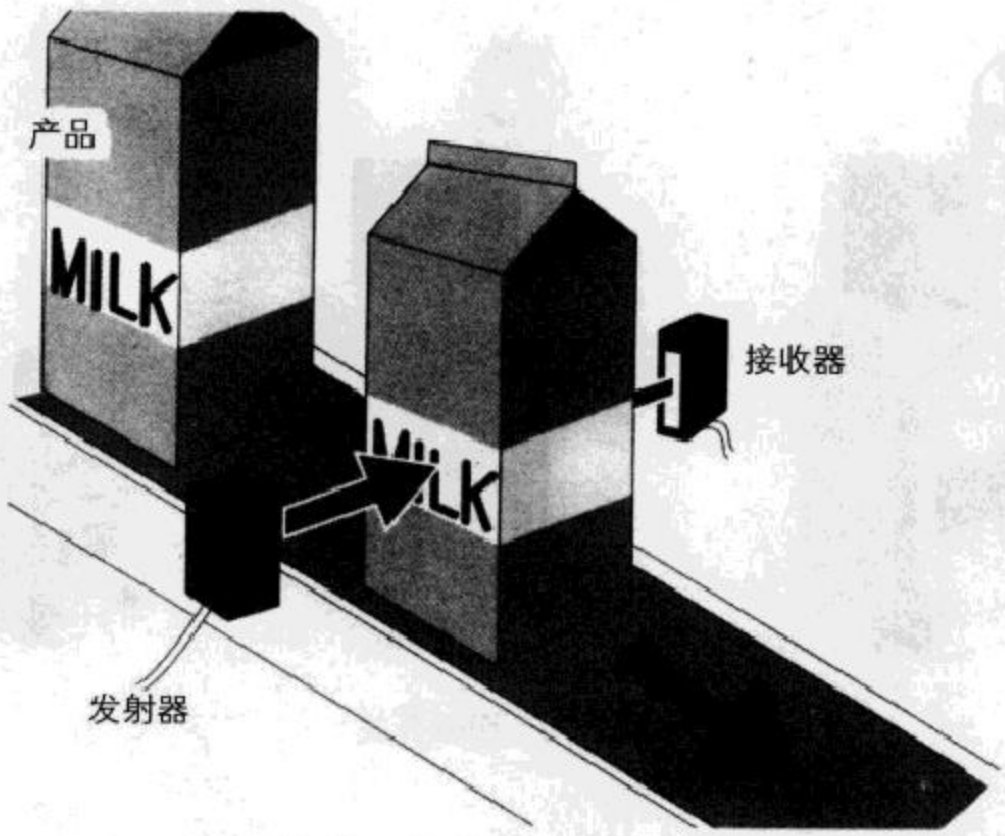


图3.12　光电开关

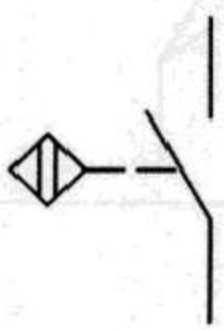
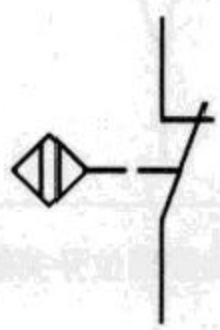
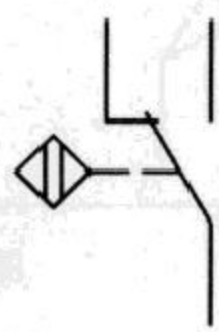
常开触点	常闭触点	切换触点
		

图3.13　光电开关的符号

控制操作用器件

电磁继电器是一种用电磁力控制触点开闭的控制操作用器件，它产生的电磁力可以使多个触点同时动作，所以在顺序控制电路中具有非常重要的作用。

电磁继电器由成为电磁石的线圈、用电磁力驱动的触点等组成。线圈接上电源后产生电磁力，触点被电磁力吸引然后动作。如切断电源，触点即在弹簧力的作用下复归原位。

另外，电流通过继电器的线圈、产生电磁力的过程叫做励磁；切断线圈电流、电磁力消失的过程叫做消磁。

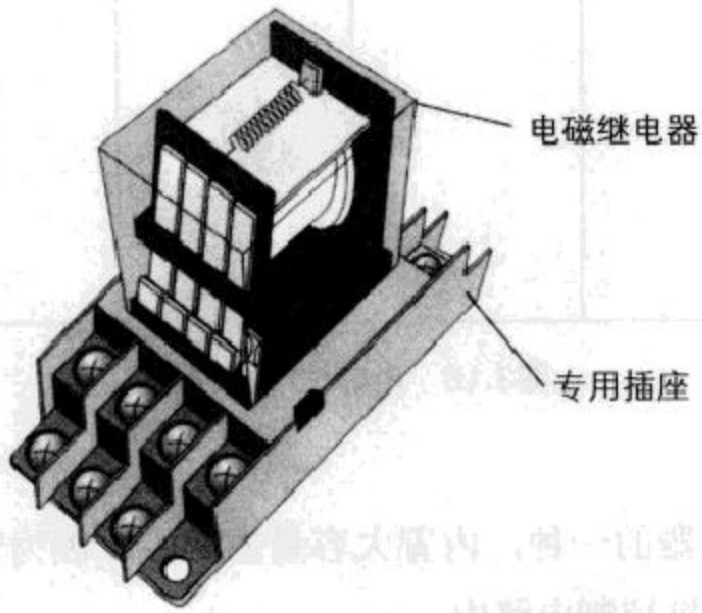


图3.14　电磁继电器

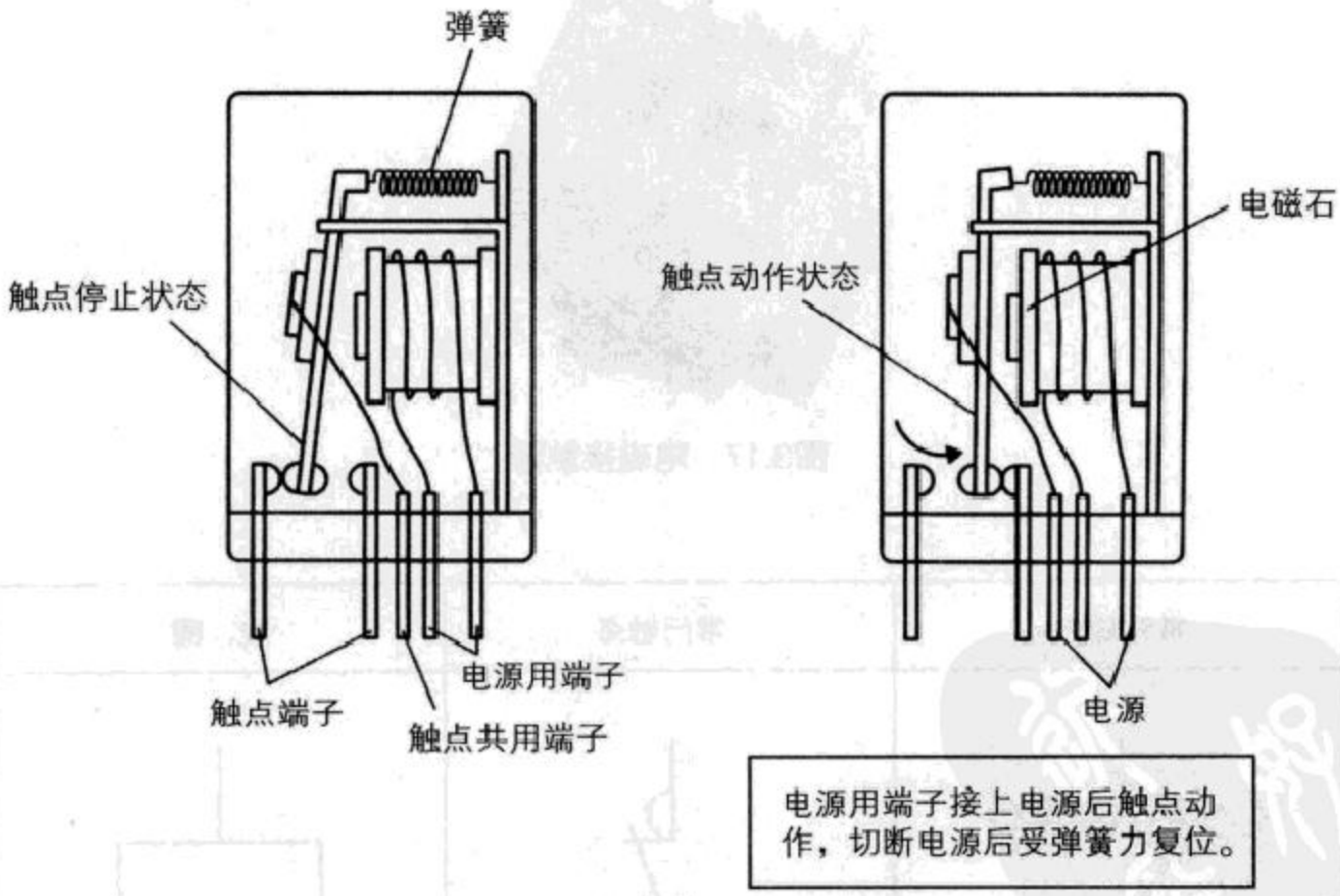


图3.15　电磁继电器的构造

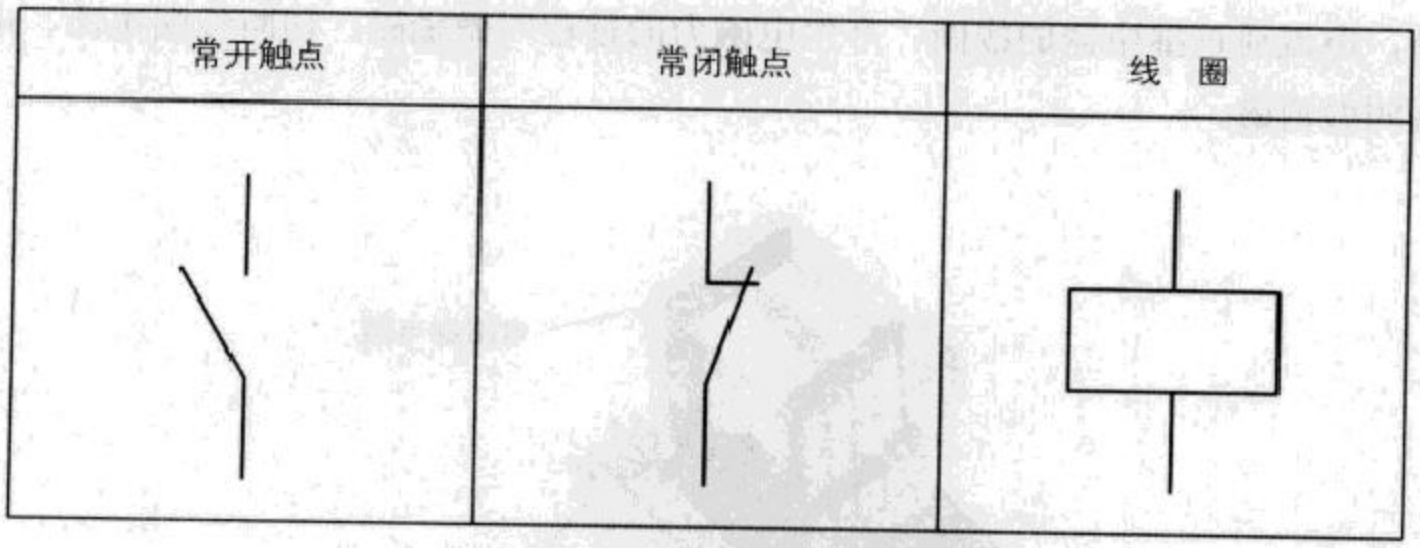


图3.16 电磁继电器符号

电磁接触器是电磁继电器的一种，内置大容量的触点。因为它能直接控制电机这类大容量电流器件，所以常用在电机控制电路中。

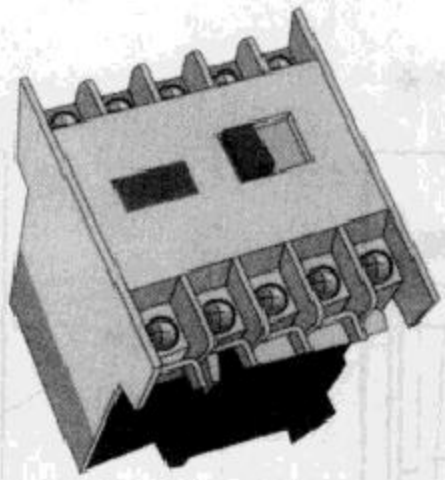


图3.17 电磁接触器

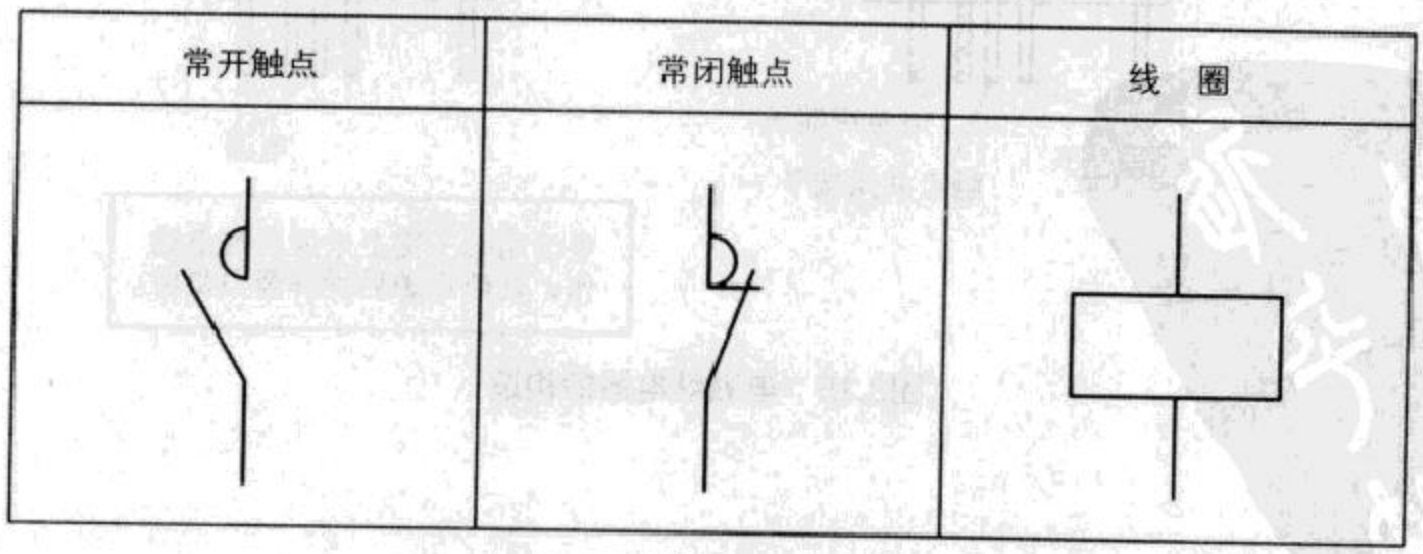


图3.18 电磁接触器符号

定时器也是电磁继电器的一种，其触点可控制时限动作。继电器的触点一般是在线圈被施加电压时瞬间动作，而定时器触点则要在设定时间动作。此外，定时器触点的动作方式有几种不同类型。

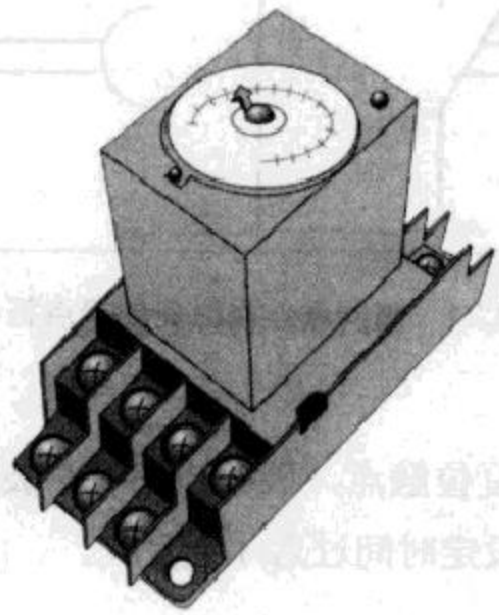


图3.19　定时器

其中有一种叫做限时动作瞬间复位的触点，这种触点在线圈被施加电压时经过预先设定的时间后动作，而取消电压时立刻复位。

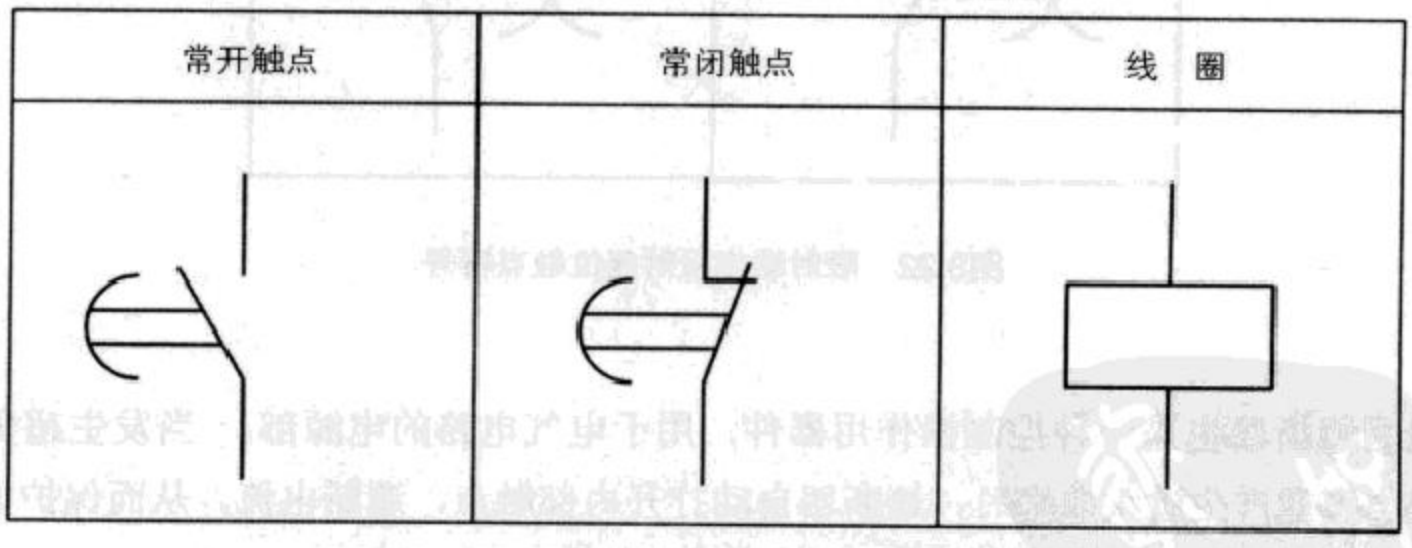


图3.20　定时器符号（限时动作瞬间复位触点）

其中有一种叫做瞬时动作限间复位的触点，这种触点在线圈被施加电压时即刻动作，而取消电压时会在设定时间过后复位。

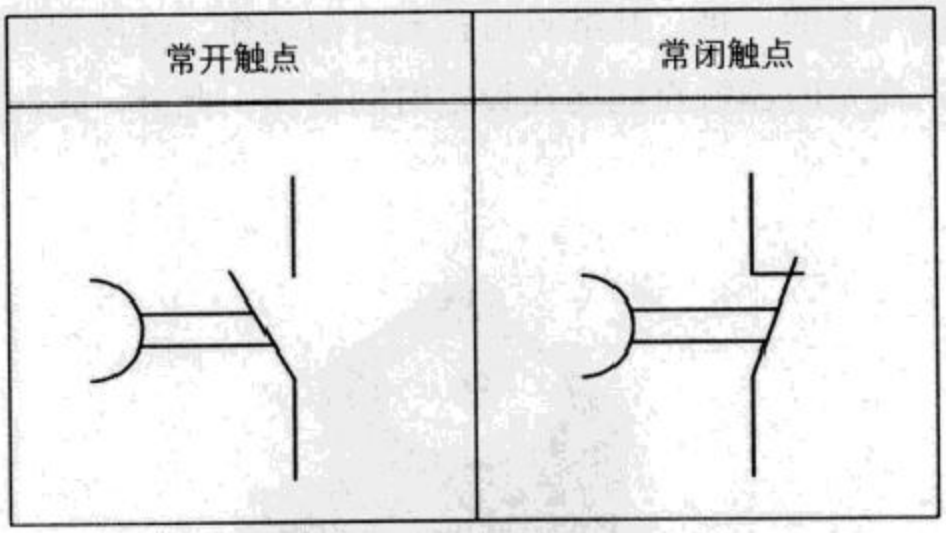


图3.21　瞬间动作限时复位接点符号

还有一种叫做限时动作限时复位触点，该触点在线圈被施加电压时需要等设定时间过后才会动作，而取消电压时也要在设定时间过后才会复位。

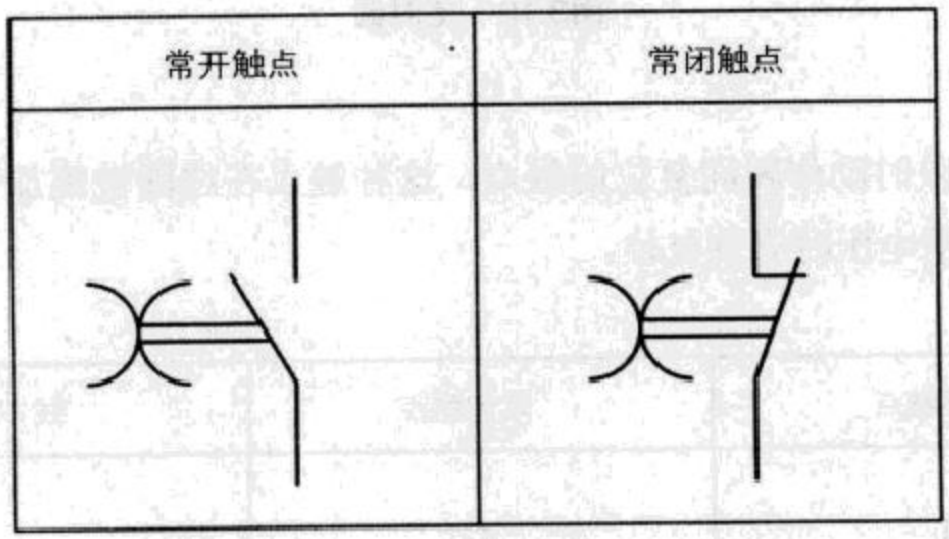


图3.22　限时动作限时复位触点符号

配线用遮断器也是一种控制操作用器件，用于电气电路的电源部。当发生超负荷或短路，引起电路里产生过大电流时，遮断器自动打开内部触点，遮断电流，从而保护电路。此外，通过操作推杆也可以手动开闭电路。

图3.23　配线用遮断器

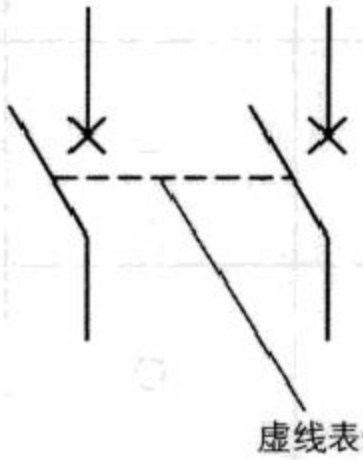


图3.24　配线用遮断器符号（2极）

配线用遮断器的触点符号中的 × 在 JIS 里是一种特指符号，表示该触点具有遮断功能。

功　能	限定符号	使用范例
触点功能	◐	
遮断功能	×	
断路功能	—	
负荷开闭功能	○	
带继电器或开放构造的自动拉开功能	■	
位置开关功能	◹	
自动复位功能，例如弹簧复位	◁	
非自动复位（残留）功能	○	

图3.25　特指符号

显示用器件和警报用器件

自动控制器里运用广泛的还有用光提示运行状态的显示灯，和用声音提示发生危险等的警报用器件。

显示灯就是一种用光的变化提示运行、停止、故障等器件状态的显示用器件。

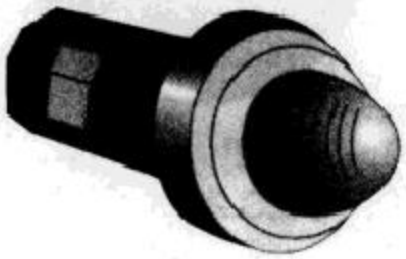


图3.26　显示灯

显示灯的颜色根据器件的不同状态区别使用。例如危险状态用红色表示，正常状态用绿色表示，异常状态用黄色表示。

表 3.1　显示灯的颜色及其表示的意思

颜　色	意　思	说　明
红　色	非正常	危险状态
黄　色	异　常	异常状态
绿　色	正　常	正常状态

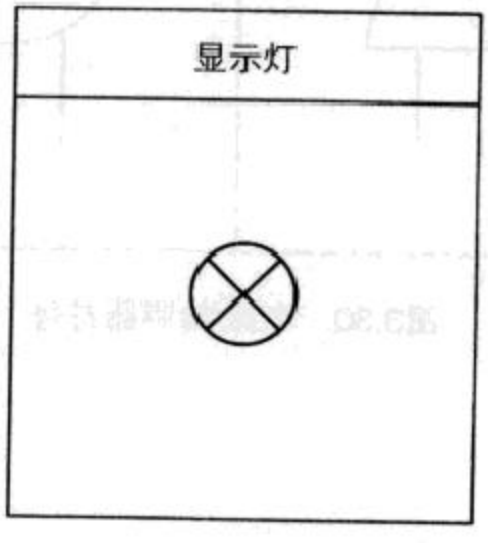


图3.27　显示灯符号

同属于警报用器件的电铃和蜂鸣器，在自动控制器发生危险或者异常时，会发出声音警示周围的人。

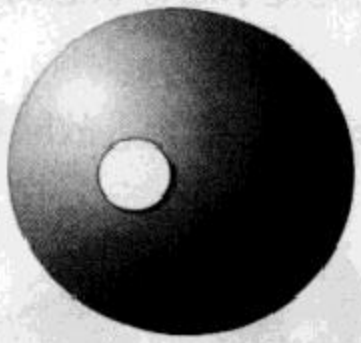


图3.28　电　铃

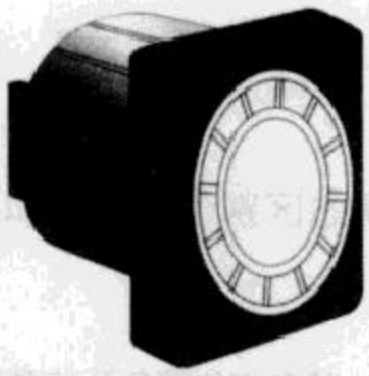


图3.29　蜂鸣器（控制盘用）

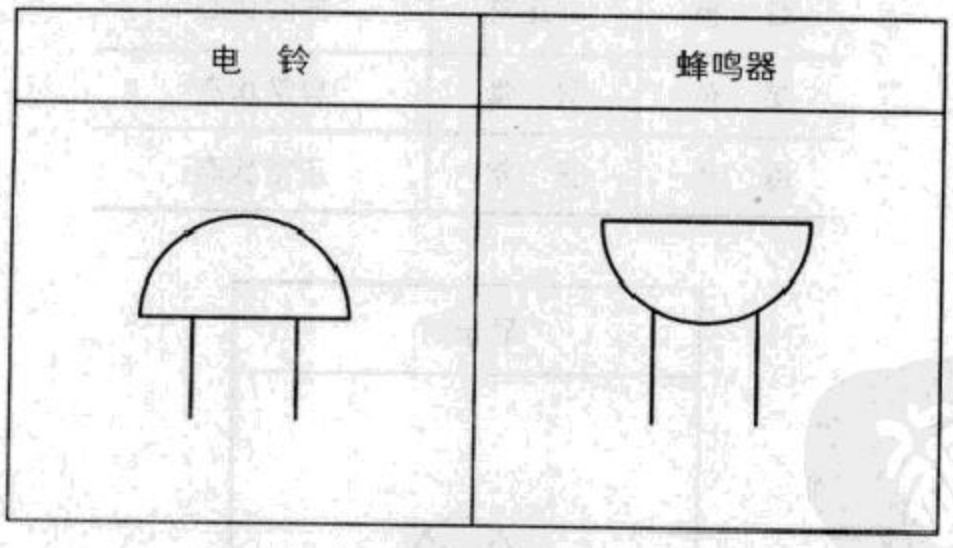
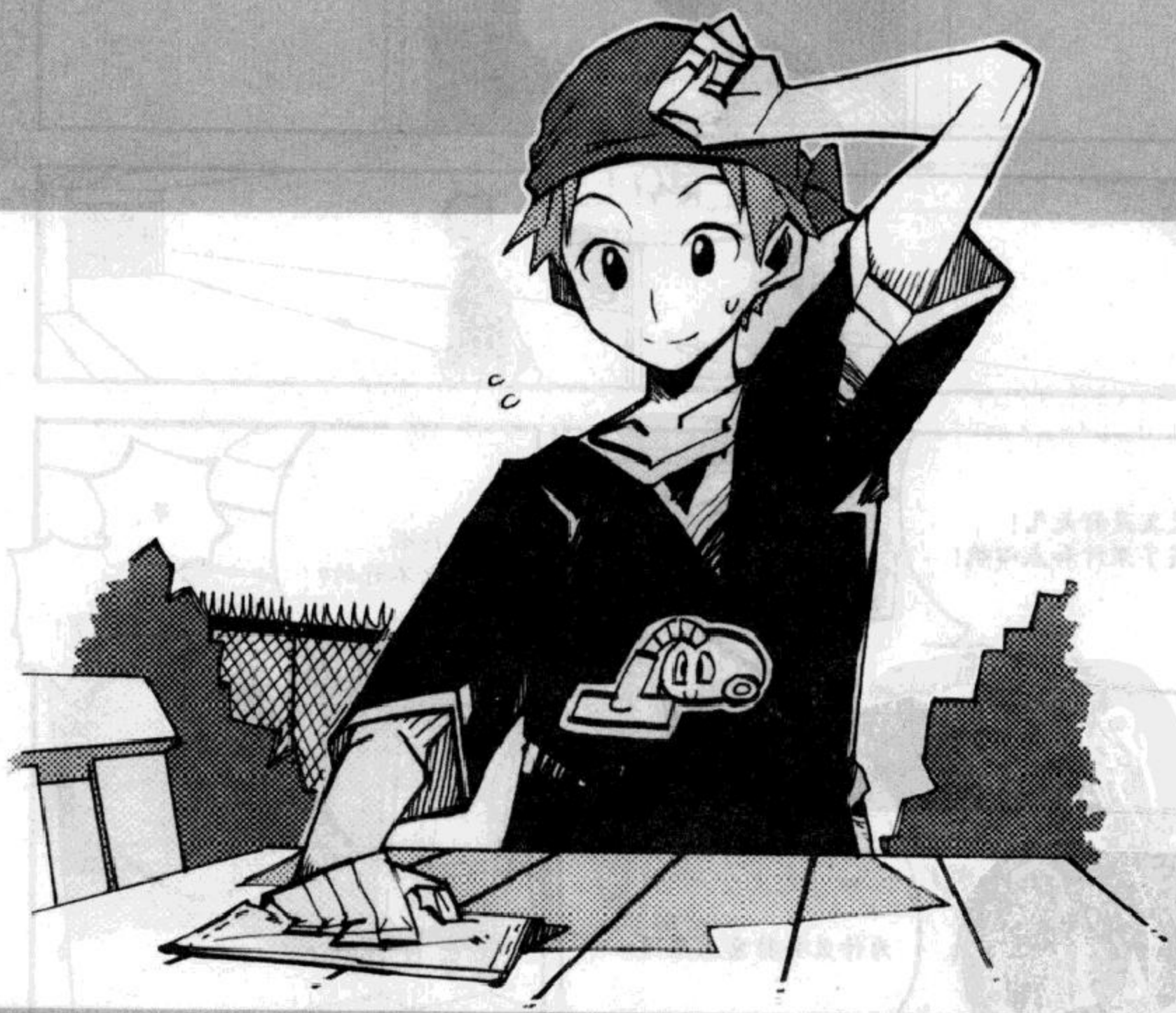


图3.30　电铃/蜂鸣器符号

第4章
顺序图的绘制方法



什么？
你是说去屋顶学习？

是啊！

今天又是好天气！
我买了果汁和点心哦！

为什么要特意上屋顶……
啊

行啦行啦，
有什么不好的？
等、
等一下！

啊……

想让你在外面也觉得舒服，就把这里打扫干净了！

你又随便给我……
对、对不起！
不过……

这样也不错！

哈哈！
太好啦！

既然来了，咱们今天就在这儿继续之前的话题吧。
好啊好啊！
那今天就讲讲“顺序图”吧。
图……
以前，
为了让所有人一看就明白，我们在画顺序电路图的时候，必须使用JIS规定的触点符号。
JIS-符号
常开触点（a触点）
常闭触点（b触点）
切换触点（c触点）
我们提到过顺序图的啊。

纵向绘制与横向绘制

要让大家一眼就能理解电路，顺序图就必须严格按照规定来绘制。

绘制方法也有严格的规定啊！

沙沙——

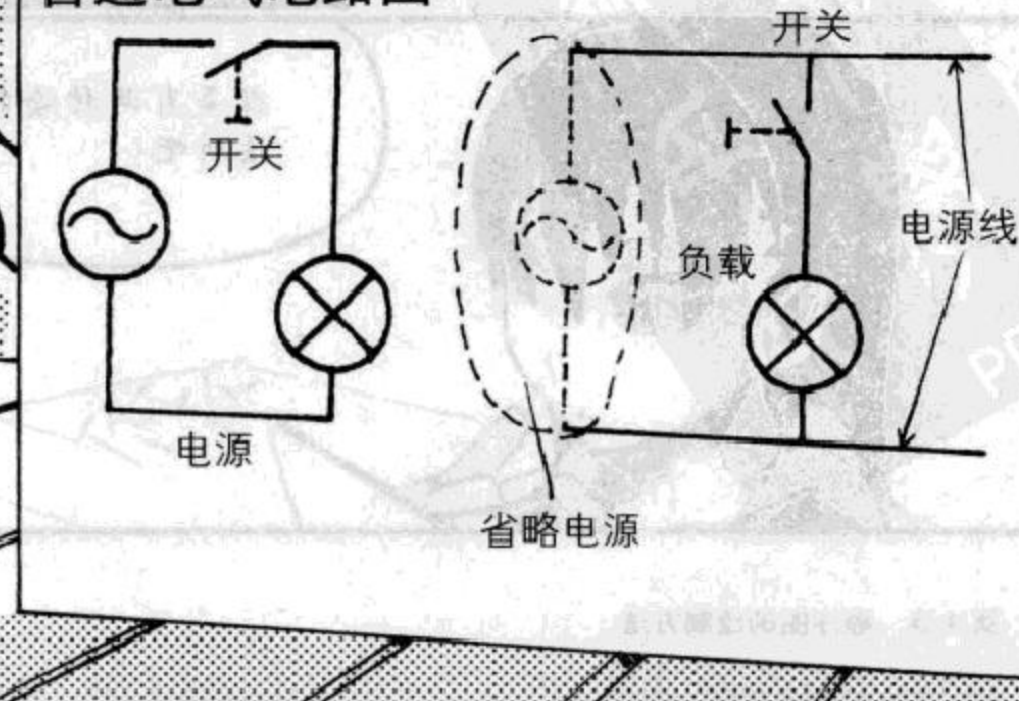
是的！

普通的电气电路，我们都画成通过电源开关负载的“闭合电路”，

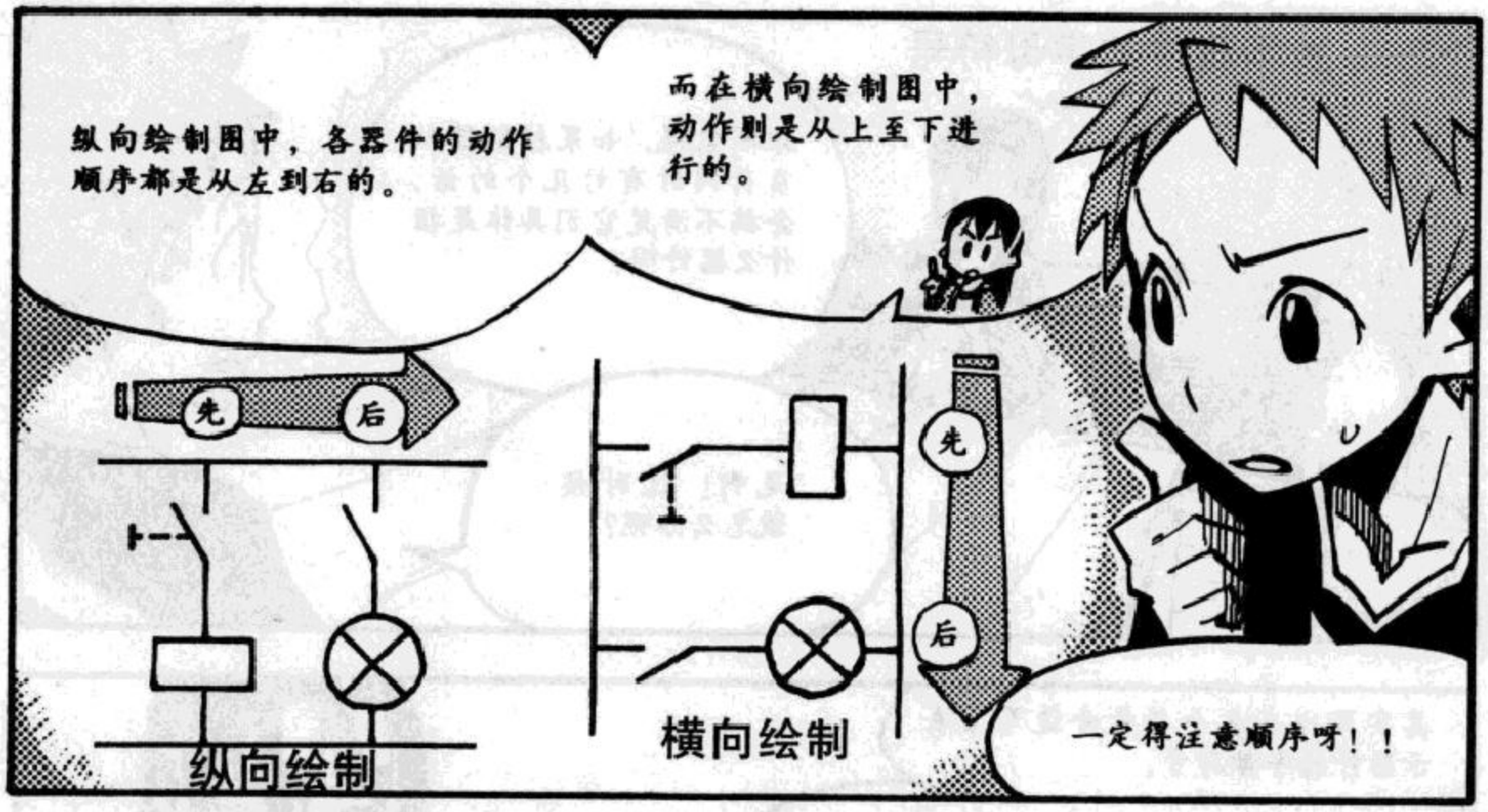
唔……

顺序图中，省略表示电源的图形符号，在相平行的电源线之间画上触点和负载等。

像这样……



这么大胆地省略掉啊……
嗯！
两条横向线条表示电源，纵向线条则表示信号的流向，这种表示方法叫纵向绘制。
而两条纵向线条表示电源，横向线条表示信号的流向，这种表示方法叫横向绘制。
纵向绘制
信号的方向是纵向
动作顺序的方向
横向绘制
信号的方向是横向
动作顺序的方向
像这样……
就是有两种绘制方法对吧！


纵向绘制图中，各器件的动作顺序都是从左到右的。
而在横向绘制图中，动作则是从上至下进行的。
先
后
先
后
纵向绘制
横向绘制
一定得注意顺序呀！！

还要注意的是，触点必须画成停止状态，控制用器件和触点都必须使用JIS的规定符号。

符号不能随便画啊。

嘿嘿
这是什么呀，这种影响人集中注意力的画……

表示器件的字母符号

你不觉得，如果控制器和负荷同时有好几个的话，会搞不清楚它们具体是指什么器件吗？

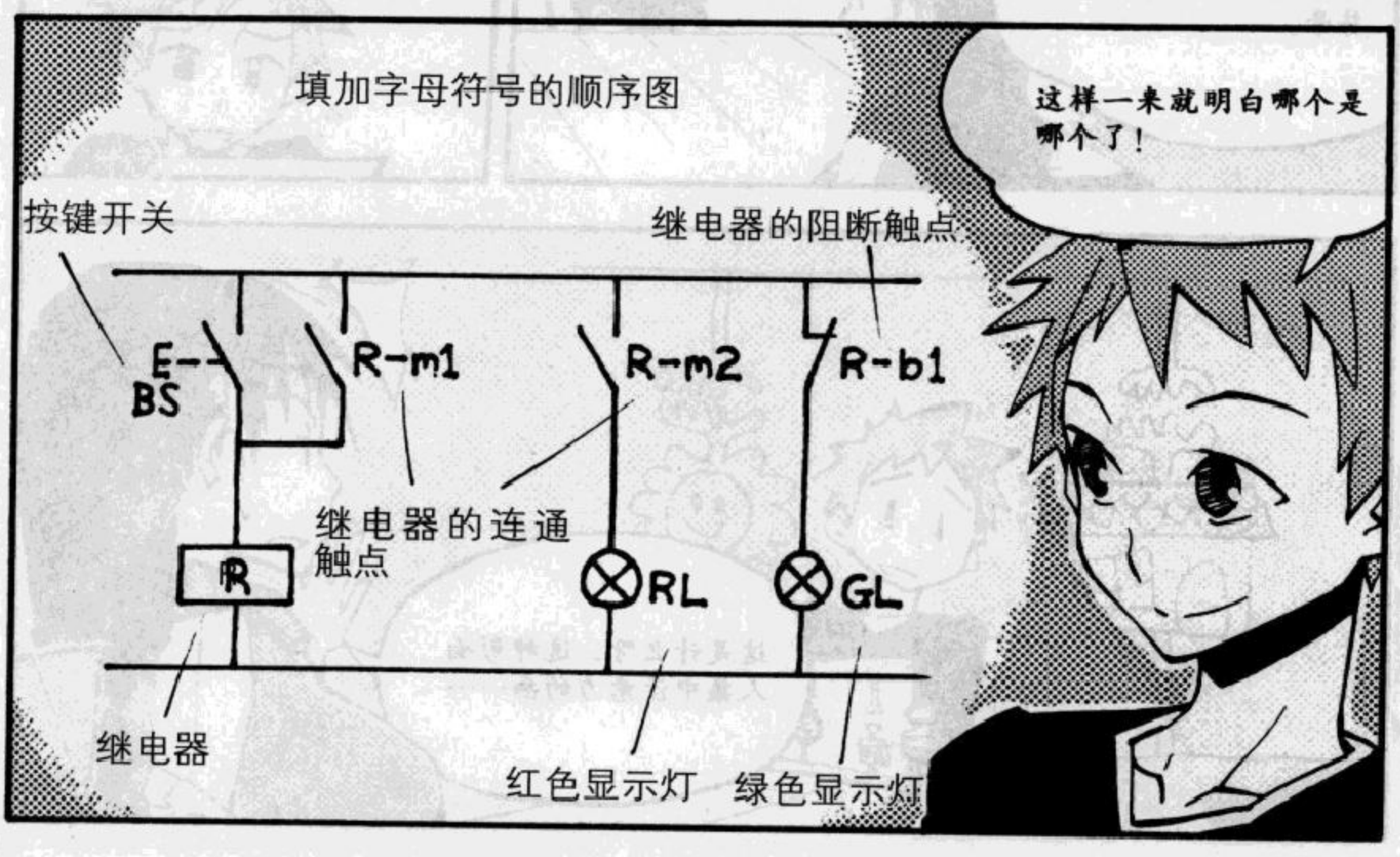
是啊！这时候该怎么办呢？

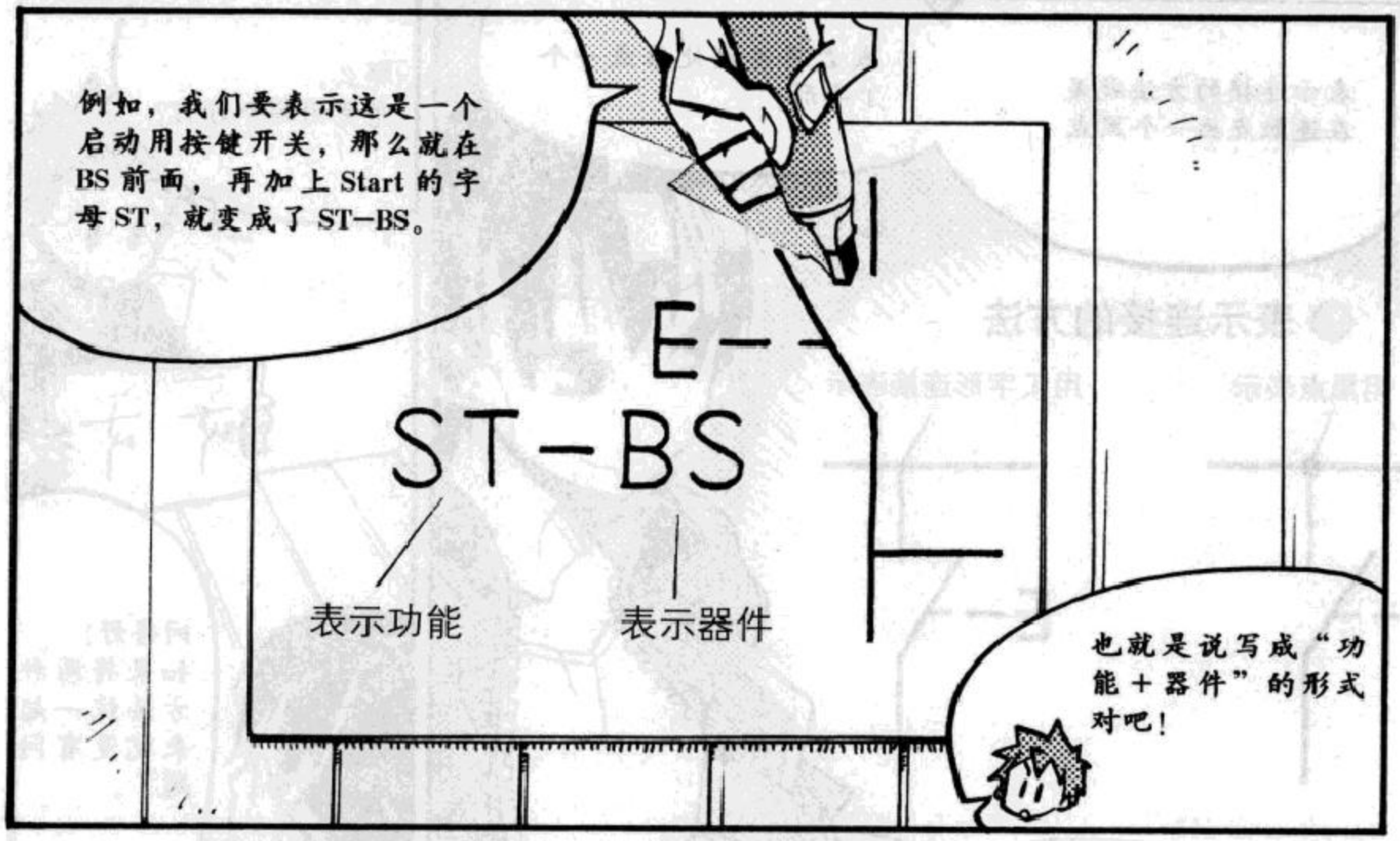
其实可以在各个符号旁边写上表示器件的字母符号。

比如，按键开关用字母符号表示的话，就可以用它的英文名 Button Switch 的每个单词的首字母 BS 表示。

填加字母符号的顺序图

这样一来就明白哪个是哪个了！





1. 译者注：日语里“昨日”和“功能”、“危机”和“器件”的发音一样。

连接点的表示方法和实际的连接

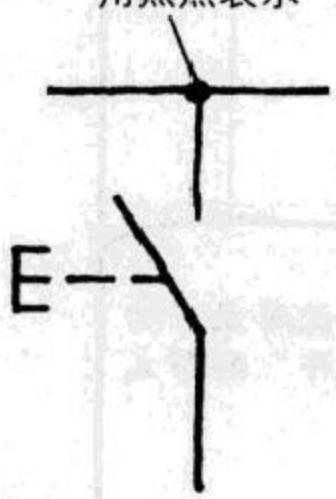
顺序图里有很多与电源相连的地方。

表示连接的方法就是在连触点画一个黑点

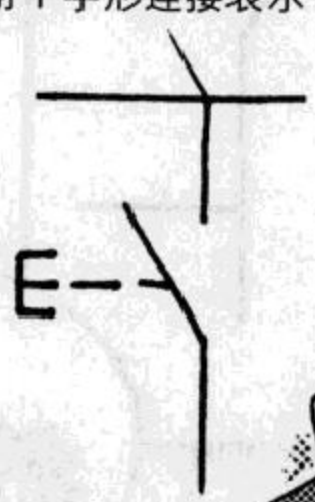
或者将连接处画成一个T字形。

表示连接的方法

用黑点表示



用T字形连接表示



那么，
究竟用哪个好啊？

问得好！
如果将两种方法统一起来就没有问题了。

实际上，
顺序图上画的连触点和实际配线时的连接完全不同。

沙 沙

啊？

这是怎么回事啊？

从顺序图中看，所有的电线都是连接在一起的，

但是实际配线时却并非如此，事实上，一旦一根电线接上器件的端子，那么从这个端子会引出另外一根电线去连接另外一个地方。

实际配线

顺序图的连触点

这里并不相连

按键开关

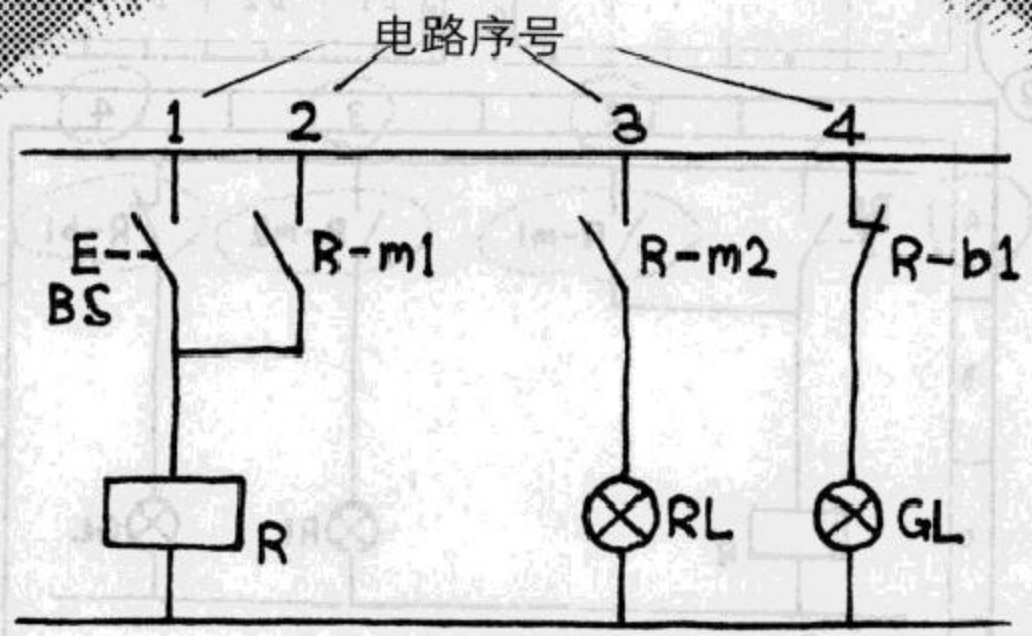
E

实际连接处

顺序图上通常有很多控制器件，电磁继电器的触点等标在图上的哪个位置往往很难判断。
确实就是这样啊……
怎样轻松看懂顺序图
所以，
图纸使用者要想迅速找到触点的位置，就必须采用“位置参照方法”绘图。
是这样……
位置参照方式分为“电路序号参照方法”和“区分参照方法”两种。
这个画法又分好几种啊……
沙沙

电路序号参照方法就是在顺序图的分支点上标注电路序号，

电磁继电器的触点等分别在哪个电路序号上，画一个表就一目了然了。



画一个这样的表。

R 电路序号

R-m1	2
R-m2	3
R-m1	4

呵呵，添上序号就容易多了！

区分参照方法就是，

将顺序图的横向和纵向分别按偶数分割，

纵向的两边写上大写的英文字母，横向的两边写上数字，

分割成格子状

格子里写上号码

A1	A2	A3	A4
B1	B2	B3	B4
C1	C2	C3	C4
D1	D2	D3	D4

BS
E
R-m1
R-m2
R-b1
R
RL
GL

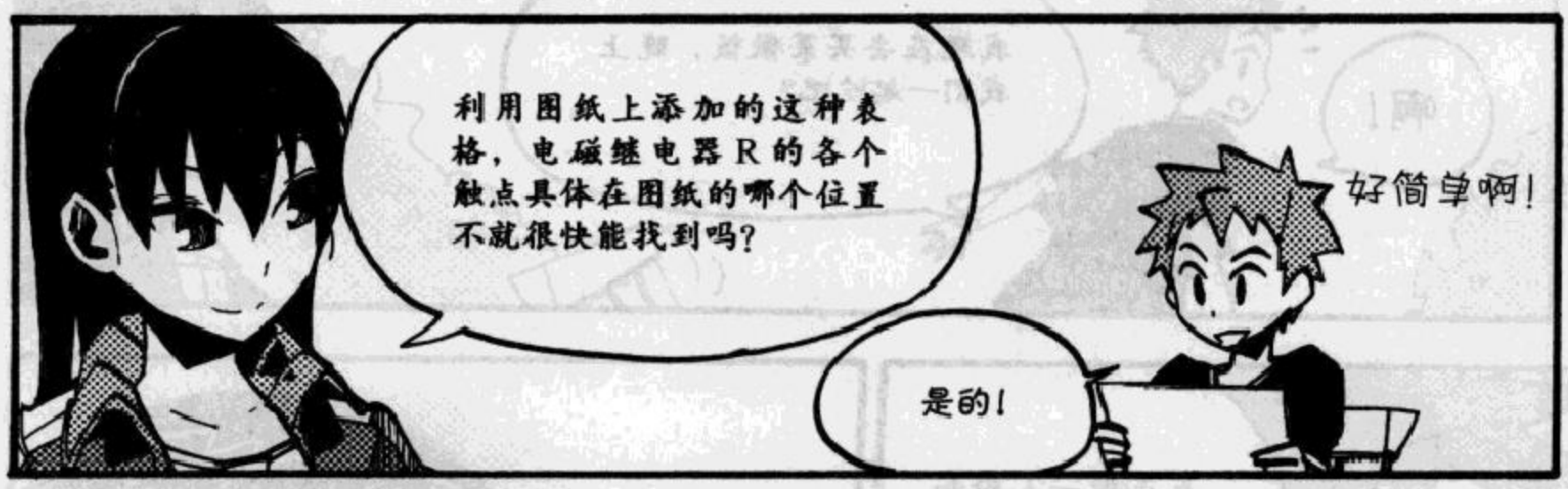
R	
R-m1	A2
R-m2	A3
R-b1	A4

格子位置的序号

把整张图纸分割成若干小格，每个小格都用字母和数字组合编上号，表示各个格子的位置，这样一来很容易就明白了。

就像地图一样。

没错！


利用图纸上添加的这种表格，电磁继电器R的各个触点具体在图纸的哪个位置不就很快能找到吗？
好简单啊！
是的！

看来，只要能牢记顺序图的画法，就能立刻明白图纸上什么地方画的是什么内容了！

不早了，今天就到这里吧……

今天谢谢你啦！
说这种客气的话，真是……
呃

我现在去买菜做饭，晚上我们一起吃吧？
啊！
反正做一人份和两人份花的时间也差不了多少！
那……
有人陪着一起吃饭绝对更香哦！
那，我今天有口福了……
好嘞！
今天让你瞧瞧我的手艺！

第4章 小 结

顺序图的基本绘制方法

绘制顺序图的最基本要求就是必须按照统一的规则绘制，并让所有人都能看懂电路。普通的顺序图通常是先画两条平行的横线代表电源，然后在平行线之间用 JIS 规定的标记符号完成控制电路的绘制。这时，信号的方向画成纵向的，叫纵向绘制；信号方向画成横向的，叫横向绘制。在纵向绘制中，负荷画在下面；在横向绘制中，负荷画在右边。

在纵向绘制图中，电路动作顺序是从左画到右；而在横向绘制图中，则是从上画到下。

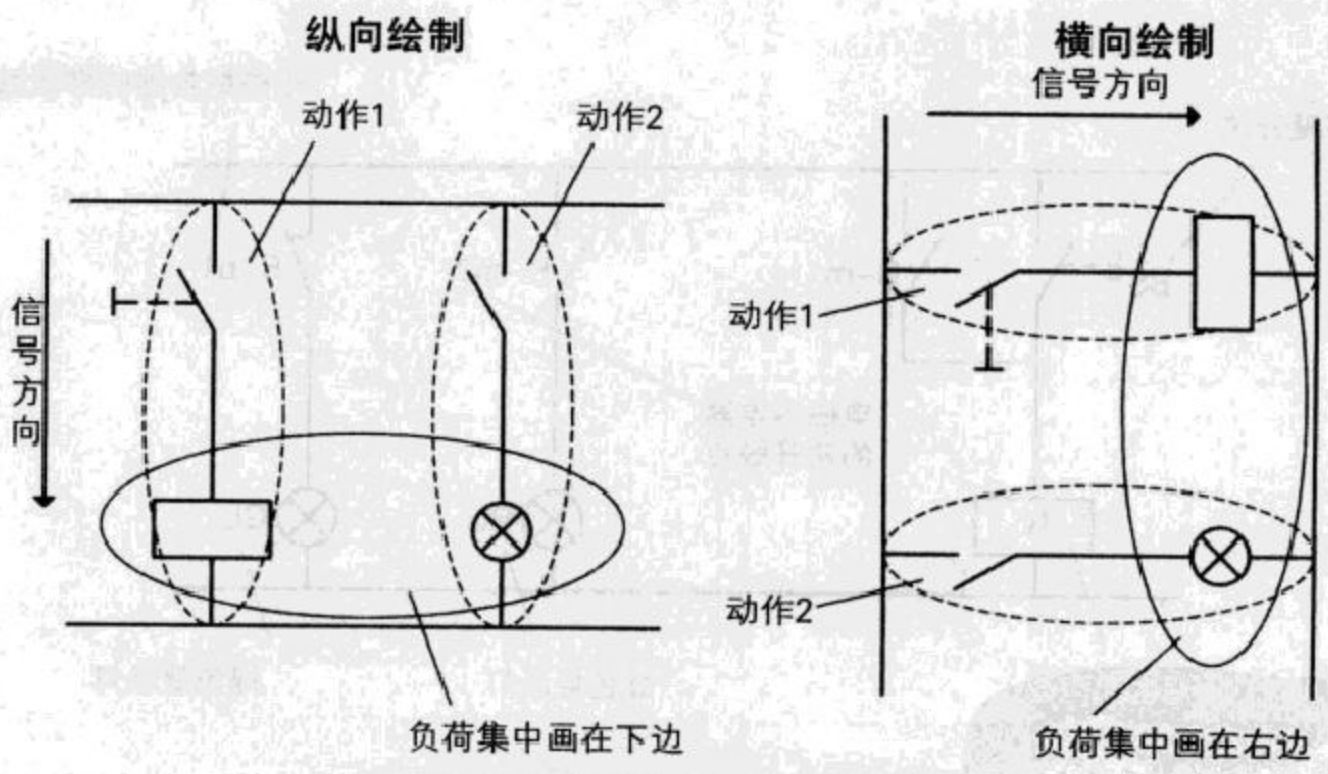


图4.1 顺序图的纵向绘制和横向绘制

顺序图和字母符号

当顺序图中同时存在多个触点和控制用器件，图中表示的电路就会变得无法理解。因此，在图中加入了表示功能和器件的字母符号。这些字母符号一般都是按照日本电机工业协会 (JEMA) 规定的 JEM 标准来制定的。

拿“启动用按键开关”来说，在图中它的旁边标上字母符号 ST-BS，该符号是由表示启动功能的符号 ST(Start) 和表示按键开关的符号 BS(Button Switch) 组合而成的。

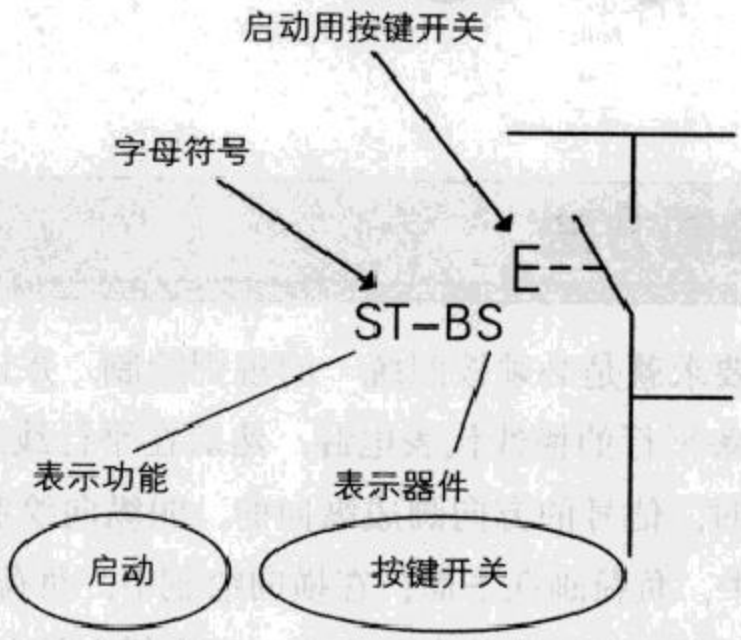


图4.2　按键开关和字母符号

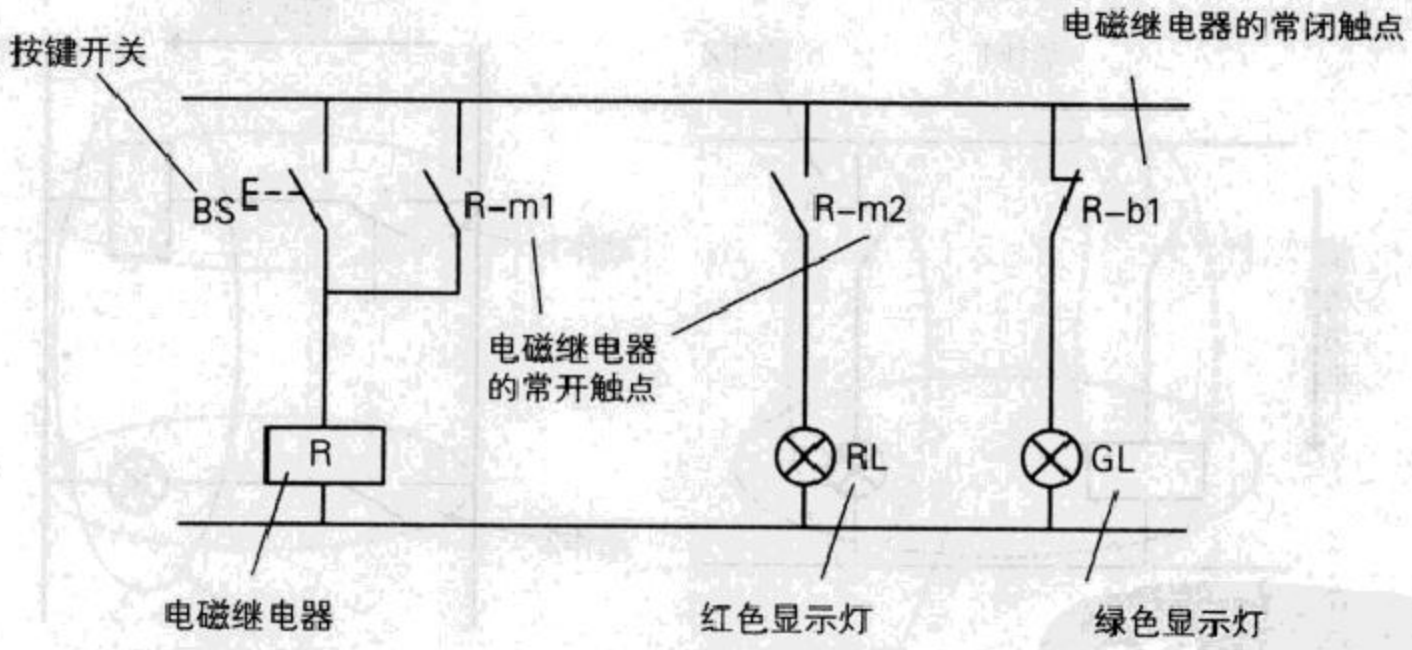


图4.3　标有字母符号的顺序图

顺序图中同时存在多个器件时，需要对表示器件的字母符号编上号码来加以区分。比如，当电磁继电器同时有三个的时候，就可以用 R1,R2,R3 分别表示，相对应的触点则可以用 R1-m1,R2-m1,R3-m1 来表示。

表 4.1　功能符号

日本电机工业协会 (JEMA)JEM 标准

字母符号	用　语	英文名
AUT	自　动	Automatic
MAN	手　动	Manual
OP	开	Open
CL	关	Close
U	上	Up
D	下	Down
FW	前	Forward
BW	后	Backward
F	正	Forward
R	反	Reverse
R	右	Right
L	左	Left
H	高	High
L	低	Low
OFF	开　路	Off
ON	闭　路	On
ST	启　动	Start
STP	停　止	Stop
RUN	运　行	Run
ICH	寸　动	Inching
RST	复　位	Reset
C	控　制	Control
OPE	操　作	Operation
B	遮断、制动	Breaking
CO	切　换	Change-over
HL	保　持	Holding
R	记　录	Recording
IL	互　锁	Interlocking

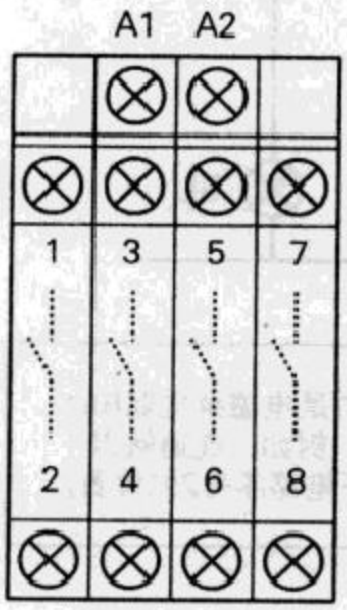
表 4.2　器件符号

日本电机工业协会 (JEMA)JEM 标准

字母符号	用　语	英文名
AM	电流计	Ammeter
AXR	辅助继电器	Auxiliary Relay
BL	电　铃	Bell
BS	按键开关	Button Switch
BZ	蜂鸣器	Buzzer
CB	遮断器	Circuit-Breaker
COS	切换开关	Change-over Switch
CS	控制开关	Control Switch
ELCB	漏电遮断器	Earth leakage Circuit-breaker
F	保险丝	Fuse
ELTS	浮筒开关	Float Switch
G	发电机	Generator
GL	绿色显示灯	Signal Lamp Green
IM	感应电动机	Induction Motor
KS	闸刀开关	Knife Switch
LS	限位开关	Limit Switch
M	电动机	Motor
MC	电磁接触器	Electromagnetic contactor
MCCB	配线用遮断器	Molded-case Circuit-breaker
MS	电磁开闭器	Electromagnetic Switch
PHOS	光电开关	Photoelectric Switch
PROS	接近开关	Proximity Switch
PRS	压力开关	Pressure Switch
R	电磁继电器	Relay
R	电阻器	Resistor
RL	红色显示灯	Signal Lamp Red
RS	旋转开关	Rotary Switch
STR	启动电阻器	Starting Resistor
TC	跳闸线圈	Trip Coil
TGS	搬钮开关	Toggle Switch
THR	热动继电器	Thermal Relay
THS	温度开关	Thermo Switch
TLR	定时器、限时继电器	Time-lag Relay
VM	电压计	Voltmeter
VR	变阻器	Variable Resistor
WM	电　表	Wattmeter

控制器端子符号

电磁继电器上有多个触点。当导线和器件的端子连上时，如果顺序图上标有器件的端子符号，那么作业能够顺利地进行，而且非常方便与点检保修。



电磁继电器

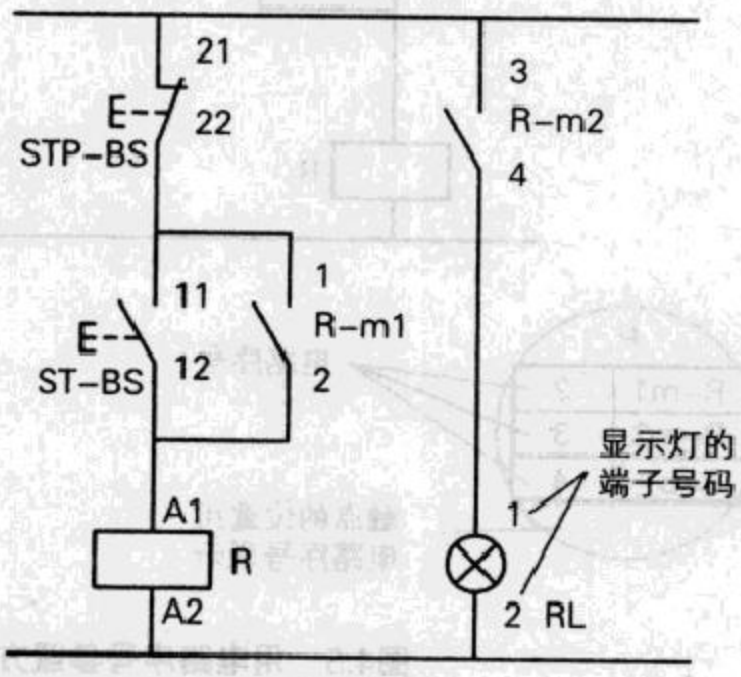


图4.4　配有端子符号的顺序图

顺序图的位置参照方法

要在画满控制器件的顺序图上找到触点和器件的位置往往很费事。所以，为了简单迅速地找到这些位置，就需要按照位置参照法绘制顺序图。位置参照法有电路序号参照法和区分参照法两种。

电路序号参照法就是在电路分支处标记序号，再将电磁继电器触点和其对应的电路序号汇总成表格备用参考。

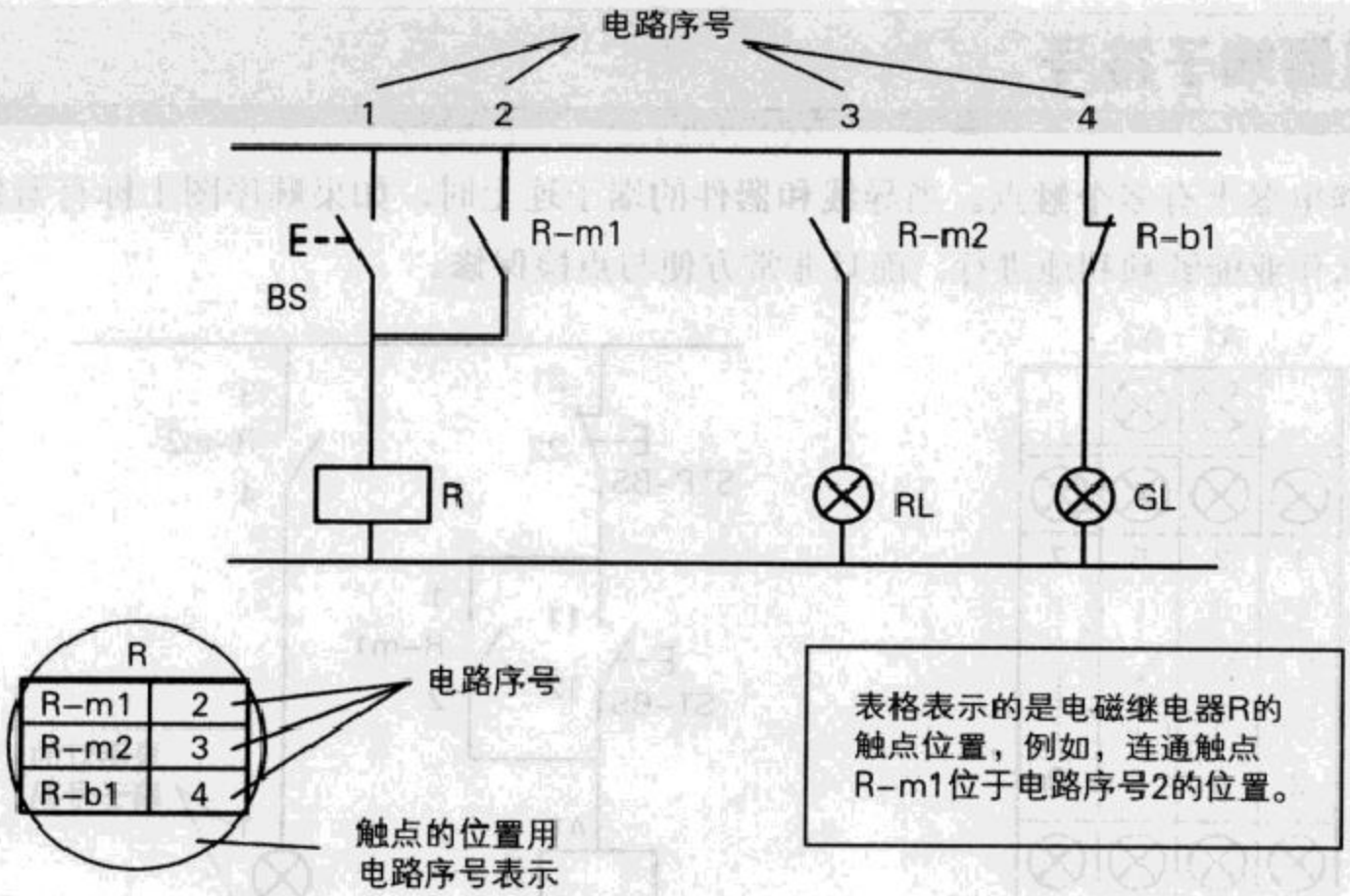


图4.5　用电路序号参照方法绘制的顺序图

区分参照方法就是将顺序图分割成横竖若干个小格子，给每个小格子编上号码，然后制一份表格显示电磁继电器的触点分别对应格子编号。

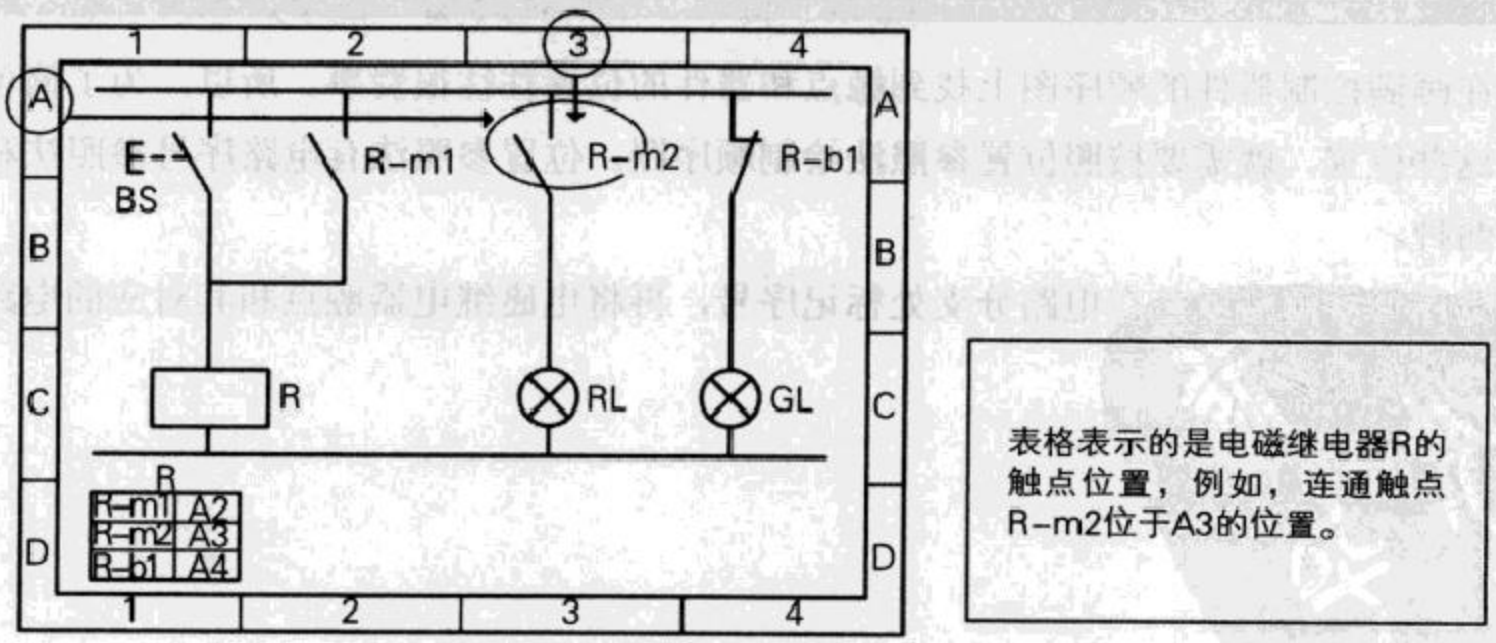


图4.6　用区分参照方法绘制的顺序图

顺序图的解读法

要读懂顺序图，首先必须了解每个符号代表的含义和顺序图的基本结构。例如，如果能够从符号判断出使用的是哪一种器件，有了初步印象，那么就能更轻松地理解该器件的动作规律。

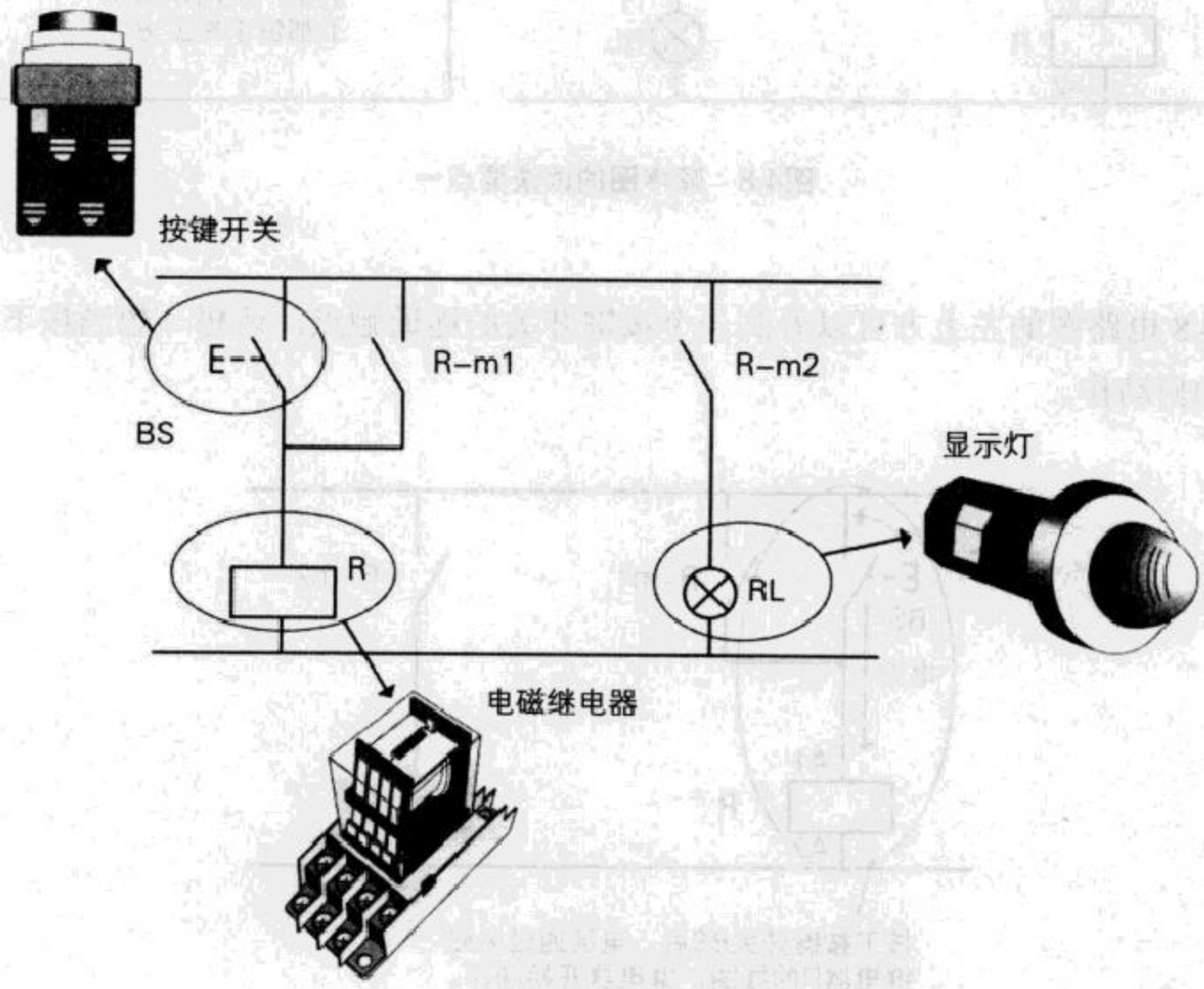


图4.7　从读懂符号到初步印象

其次，在看真正的顺序图时，要从第一个动作开始逐次按顺序往后看。例如，纵向绘制的顺序图上的动作是从左到右依次完成的，所以首先要着眼左上方。

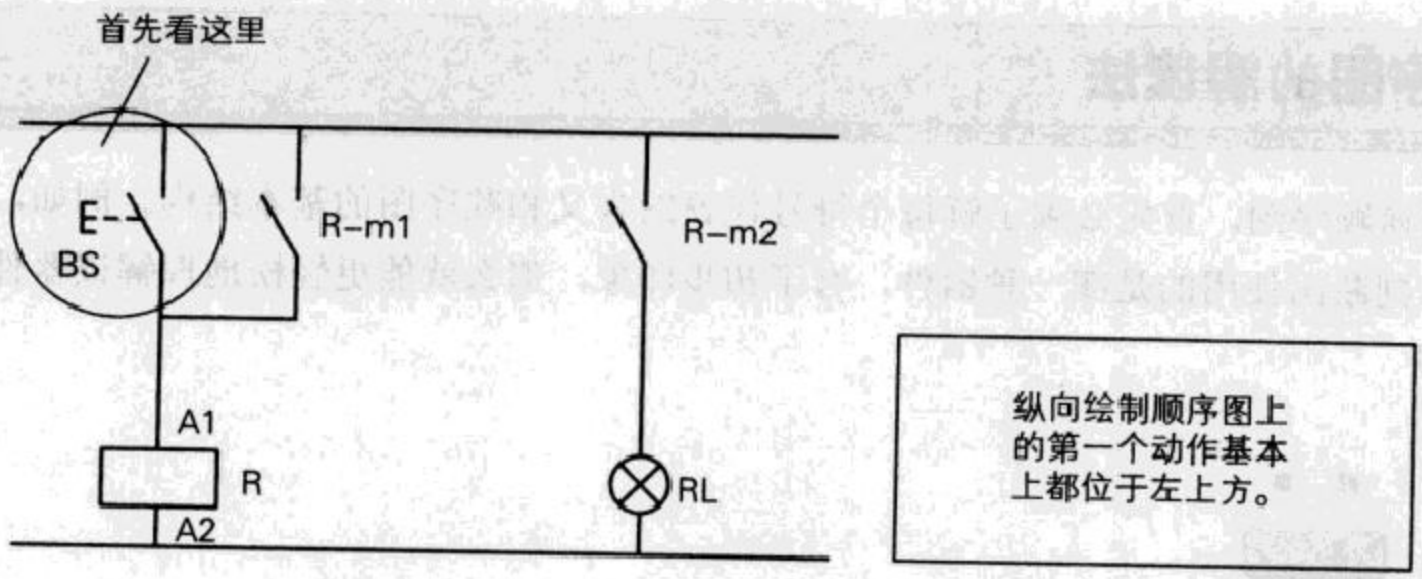


图4.8 顺序图的读法要点一

在图 4.8 电路图的左上方可以看到一个按键开关的连通触点，请想一想当按下按键开关后电路会如何动作。

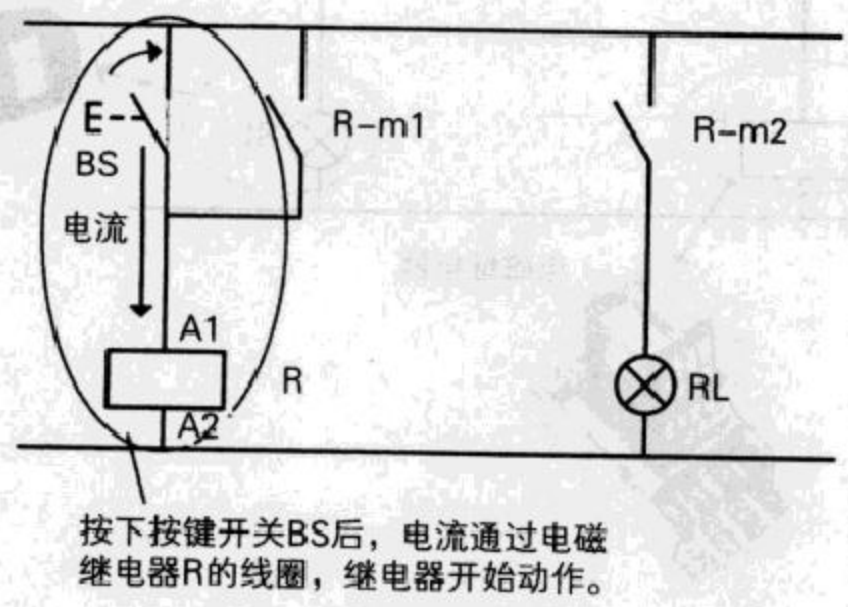
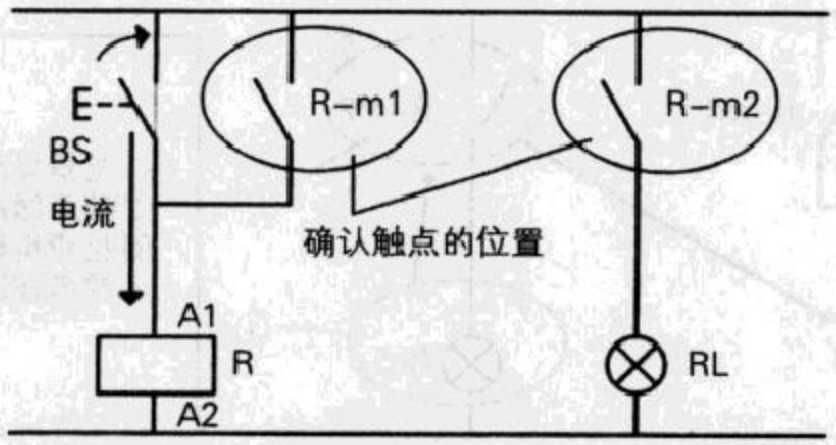


图4.9 顺序图的读法要点二

按下按键开关后电磁继电器中有电流通过，此时电磁继电器为励磁。所以可以确认电磁继电器 R 的触点位置。这时，如果图中有按照位置参照法制作的电磁继电器触点位置表，那么很快就能找到触点的位置。



确认好触点的位置之后，请想一
想接下来触点动作后会如何变化

图4.10　顺序图的解读要点三

找到了电磁继电器的触点，就要想一想触点动作后电流怎样流通，接着又会发生什么样的动作。思考后可知，上图电路中的电磁继电器的连通触点 R-m2 闭合后显示灯 RL 亮起。

一般的顺序图，只要按上述顺序解读电路，就能够掌握整串的动作及其过程。

查找顺序电路故障原因的方法

顺序电路发生故障时，结合顺序图，往回倒追检查动作顺序和信号的流通方向，就可以大概判定故障原因了。

比如，显示灯 RL ①完全不亮时，最先检查显示灯本身有没有坏，如果没有，接着再检查显示灯的触点②。由于该触点是电磁继电器 R ③的连通触点，所以再检查一下电磁继电器 R 的动作和触点本身是否有问题。这些如果都没有问题，那么接着就要检查一下控制电磁继电器 R ④动作的按键开关的连通触点。

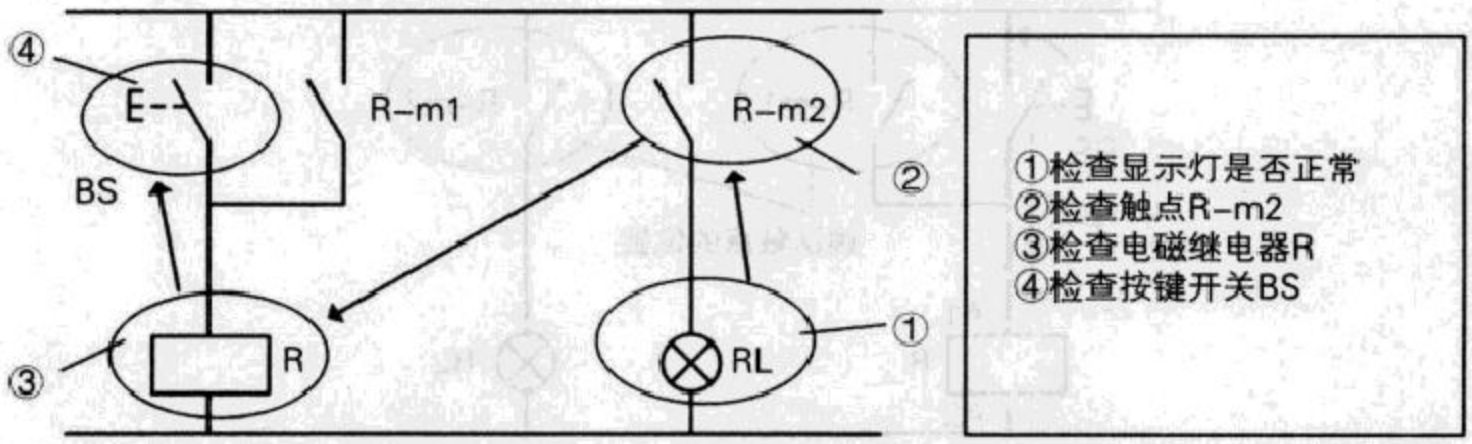


图4.11　故障原因的检查方法

对于简单的顺序电路来说，无论从哪个顺序点切入检查都很容易找到故障点，但是如果遇到较为复杂的电路，就需要认真地排列好顺序再开始检查。

第5章
触点和逻辑电路

……

那家伙说了今天还来的，
现在都几点了……

叮咚♪

呼，呼……

我来晚了，
对不起……

呼
呼

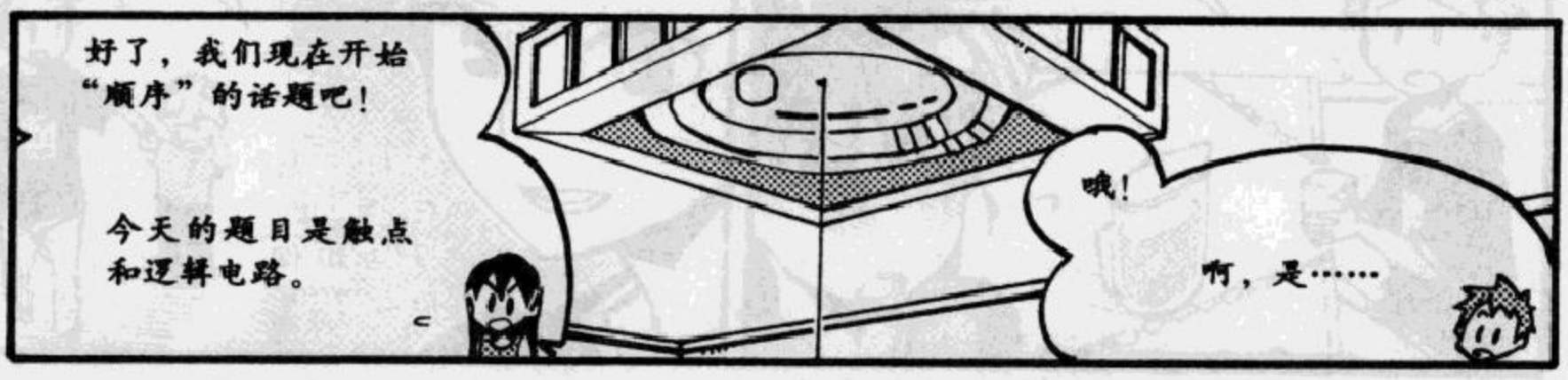
嗯

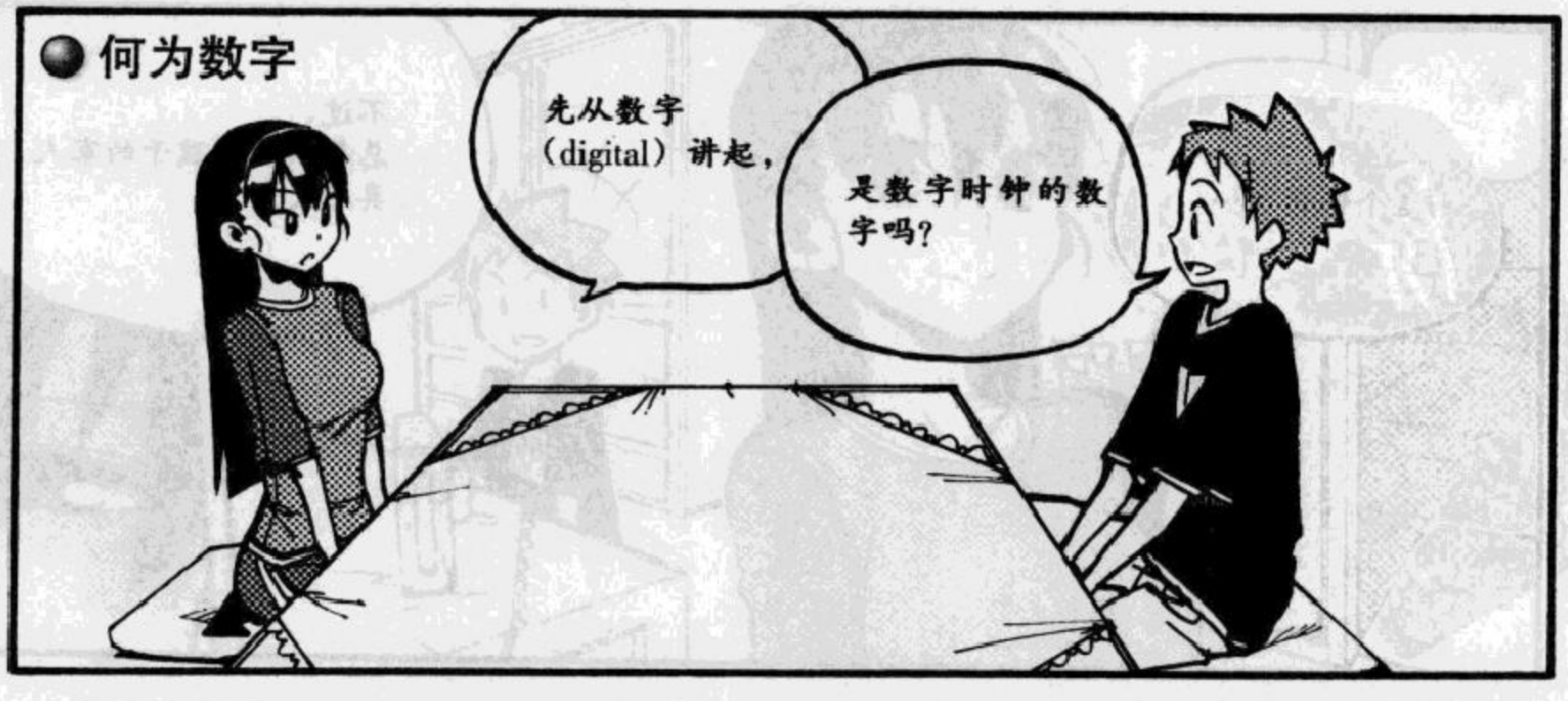
啊！
让你久等了，实在是抱歉！
我、我又没在等你……
回家路上遇见一个迷路的小孩儿，我带着他一起找他家人，结果就到这个点了……
手机又忘在家里，没法和你联系……
哈，
这个像你……
呵呵
不过，总算找到了孩子的家人，真是太好了！

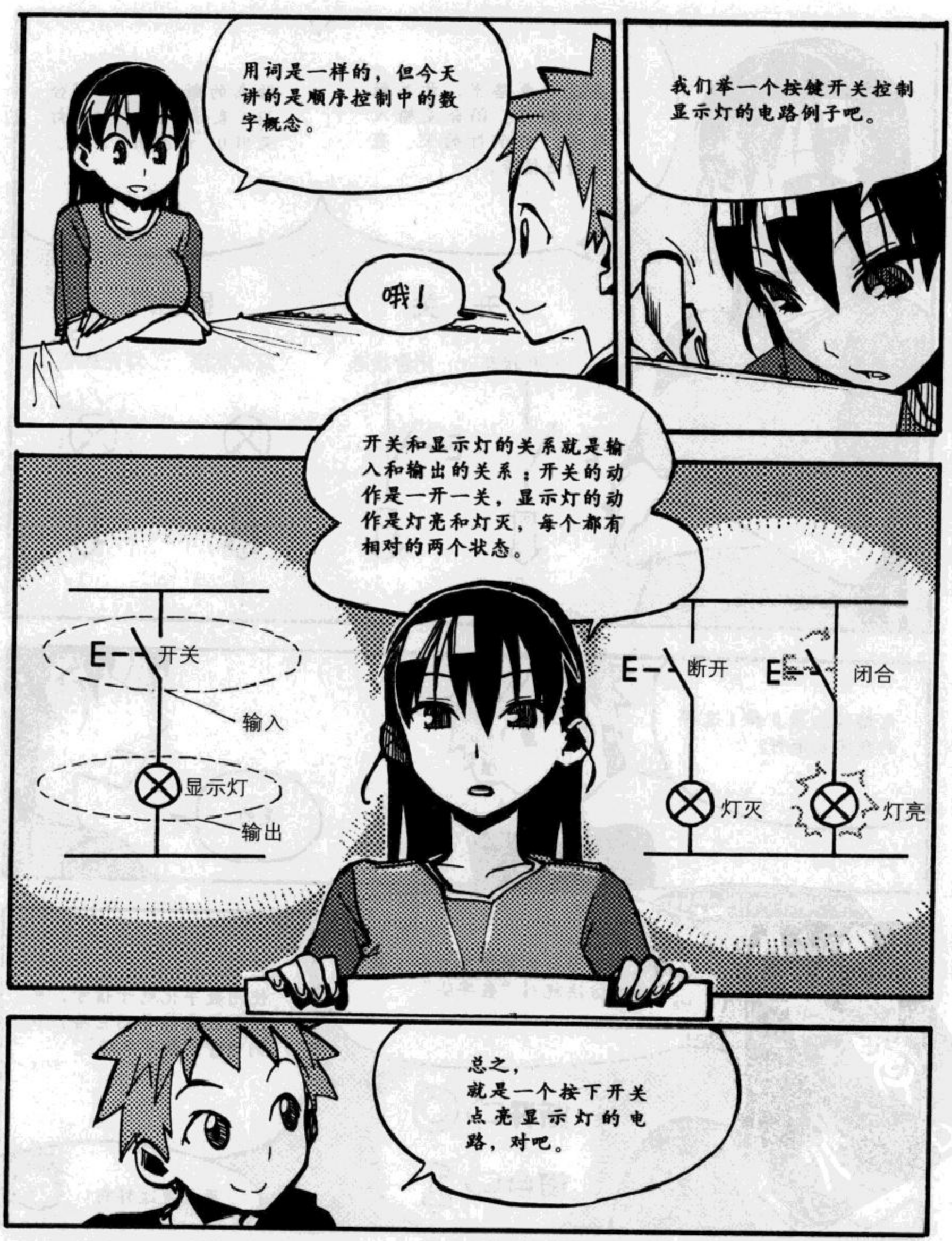
也许我也像个迷路的孩子……
呃

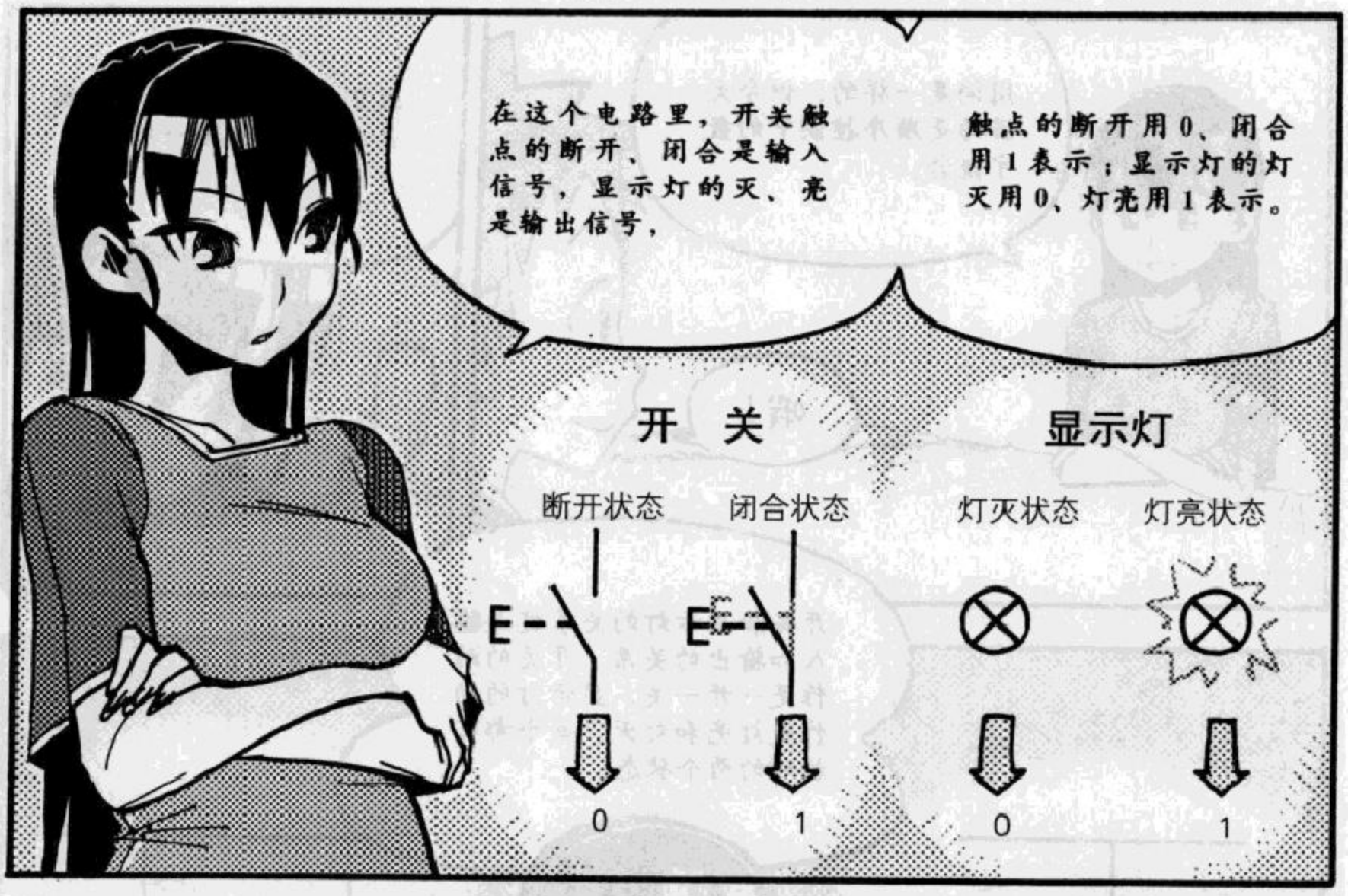
啊?

没、
没什么!


好了，我们现在开始“顺序”的话题吧!
今天的题目是触点和逻辑电路。
哦!
啊，是……


何为数字
先从数字(digital)讲起，
是数字时钟的数字吗?


用词是一样的，但今天讲的是顺序控制中的数字概念。
哦！
我们举一个按键开关控制显示灯的电路例子吧。
开关和显示灯的关系就是输入和输出的关系；开关的动作是一开一关，显示灯的动作是灯亮和灯灭，每个都有相对的两个状态。
开关
输入
显示灯
输出
断开
闭合
灯灭
灯亮
总之，
就是一个按下开关点亮显示灯的电路，对吧。

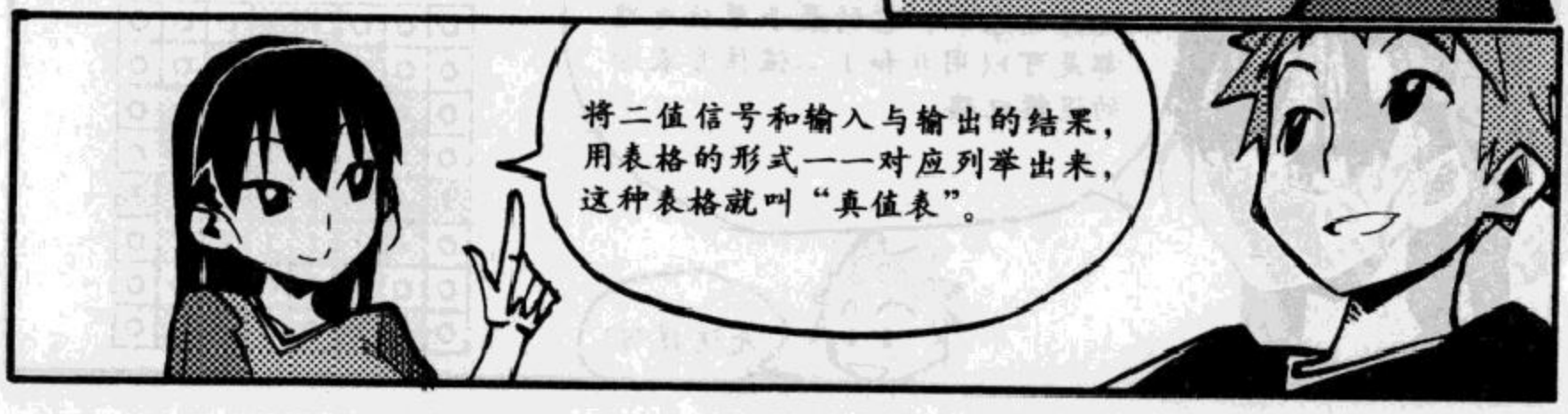

在这个电路里，开关触点的断开、闭合是输入信号，显示灯的灭、亮是输出信号，
触点的断开用0、闭合用1表示；显示灯的灯灭用0、灯亮用1表示。
开关
显示灯
断开状态
闭合状态
灯灭状态
灯亮状态
E
E
0
1
0
1

电路状态用0和1这样的数字表示啊？
是的。

将这种状态分别用数字0和1来表示的方法就叫“数字法”。
使用数字化电子信号，也就是数字信号的电路，我们叫它“数字电路”。
断开⇨◎
闭合⇨1
原来是这样啊！

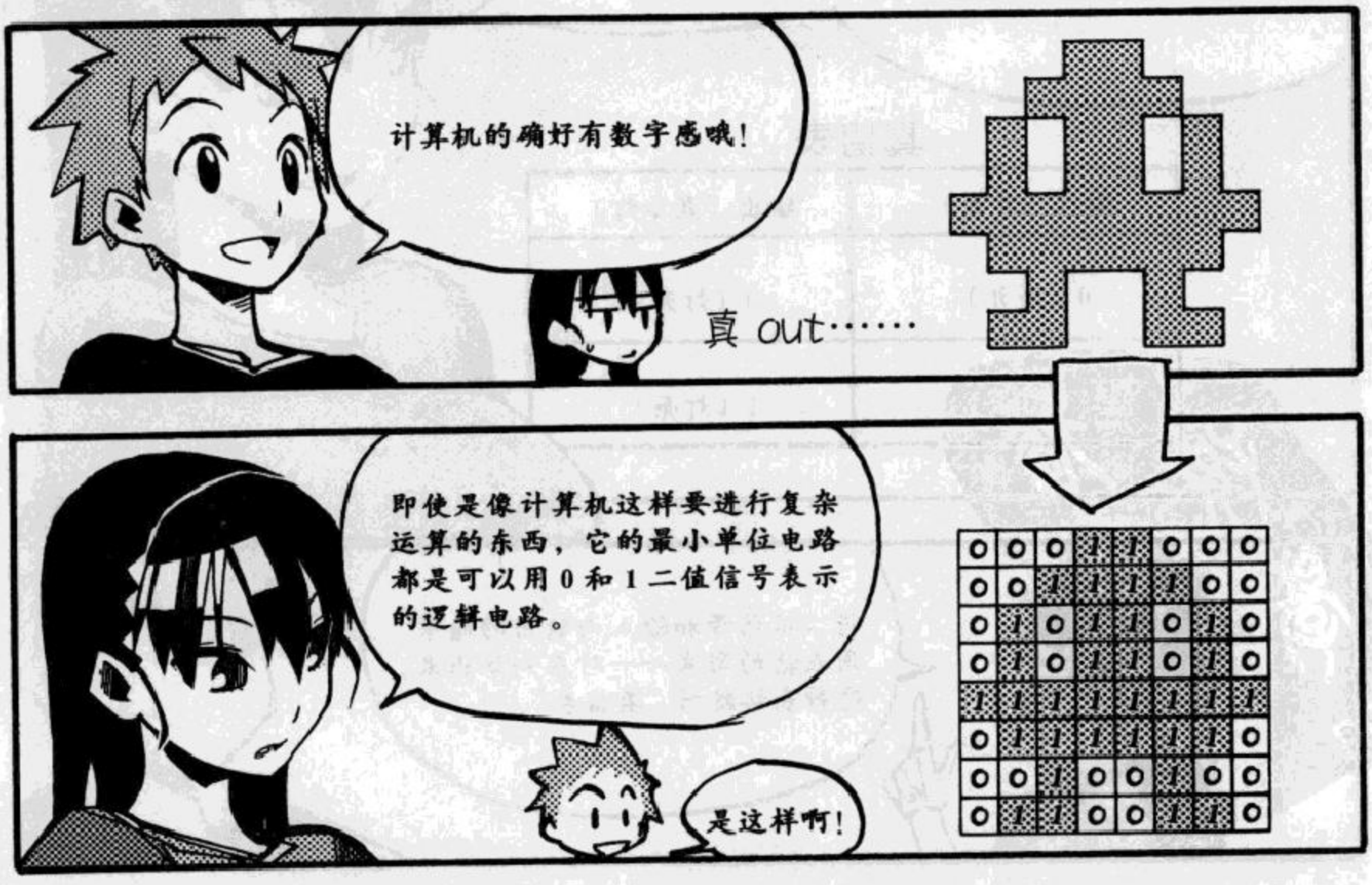
真值表

输入（开关）	输出（显示灯）
0（断开）	0（灯灭）
1（闭合）	1（灯亮）



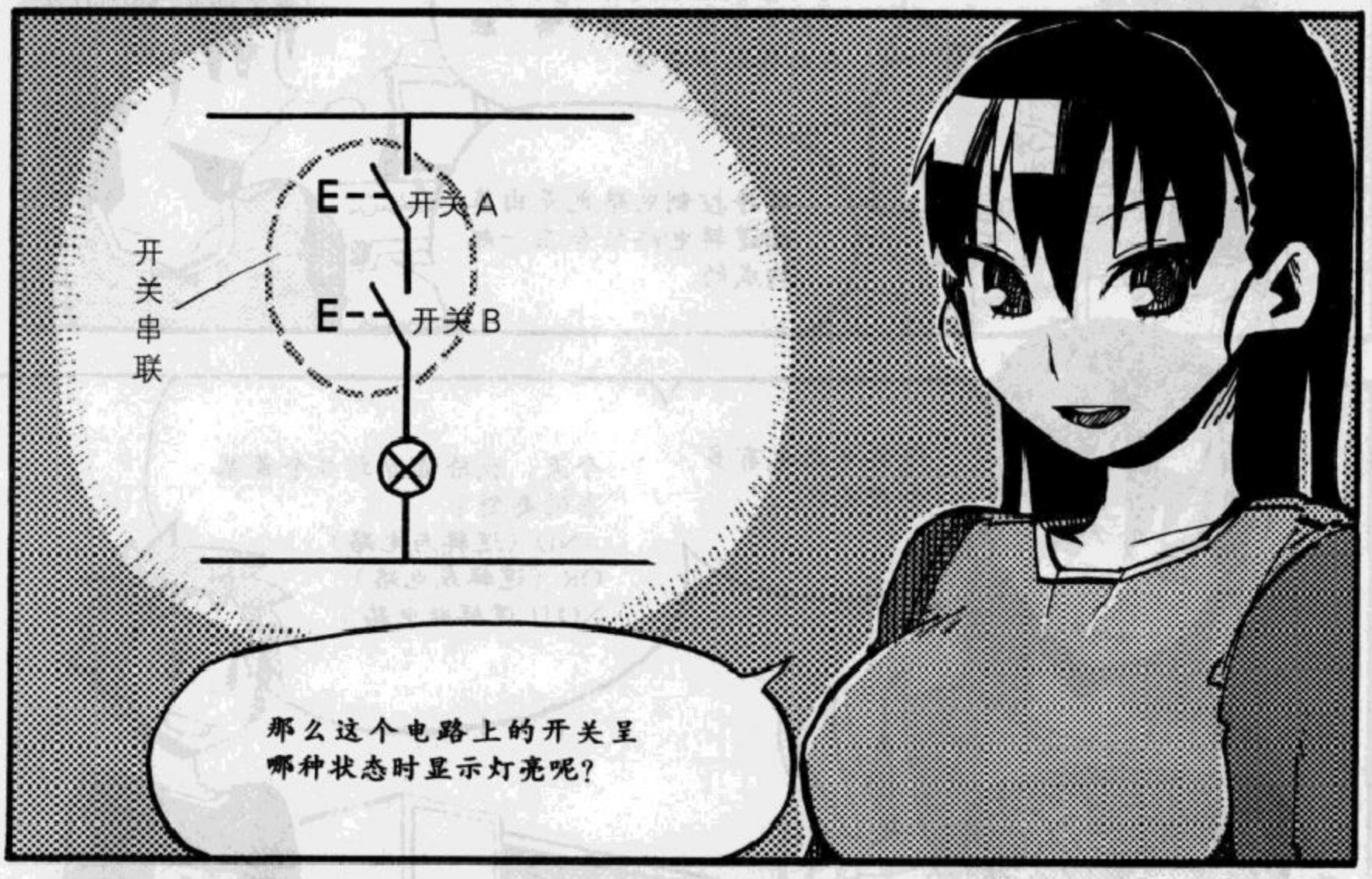
何为逻辑电路

数字信号被广泛运用于计算机等的电子电路中，用它来完成计算机逻辑运算的电路就叫做“逻辑电路”，由各种触点组合构成。

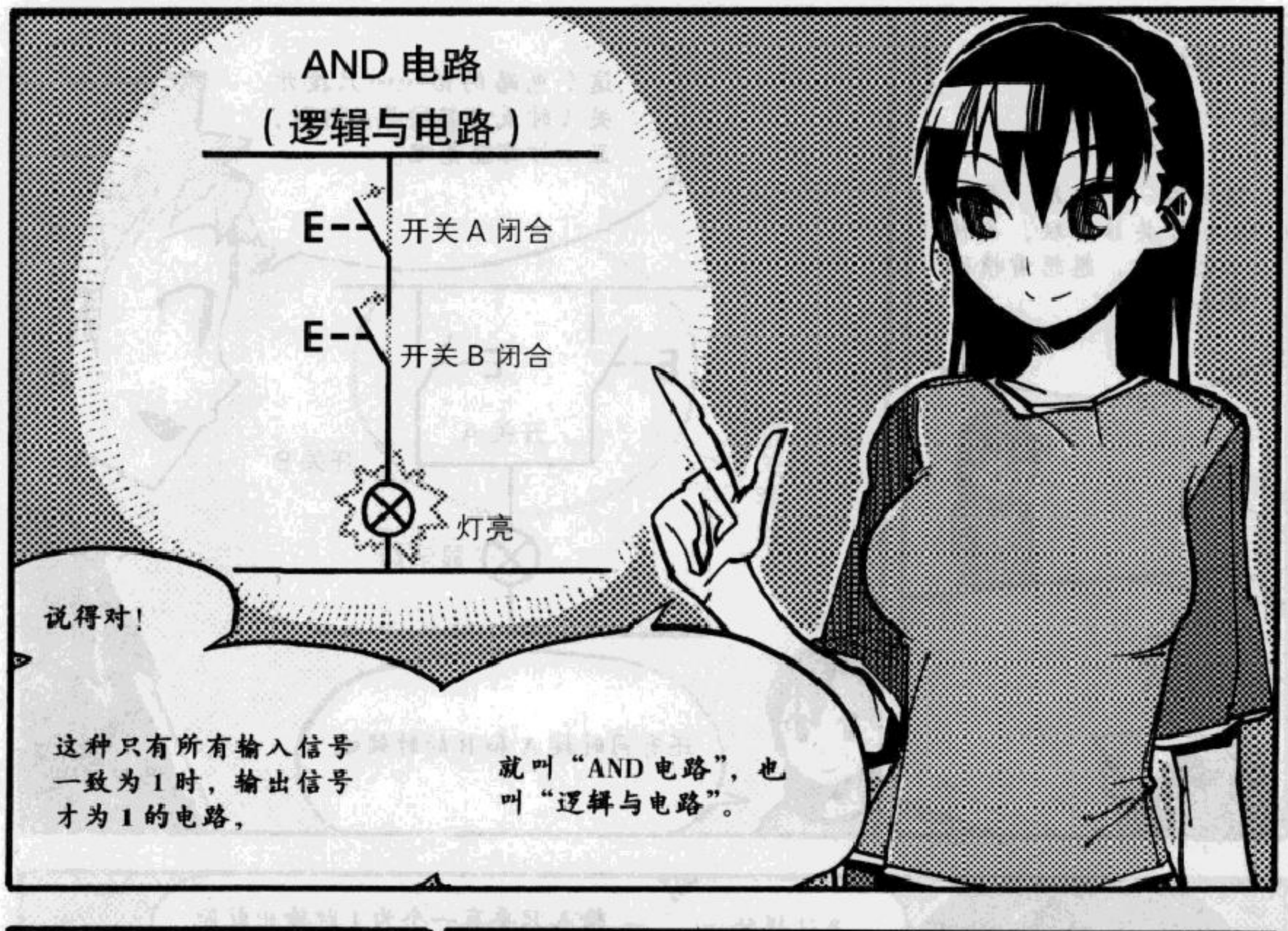


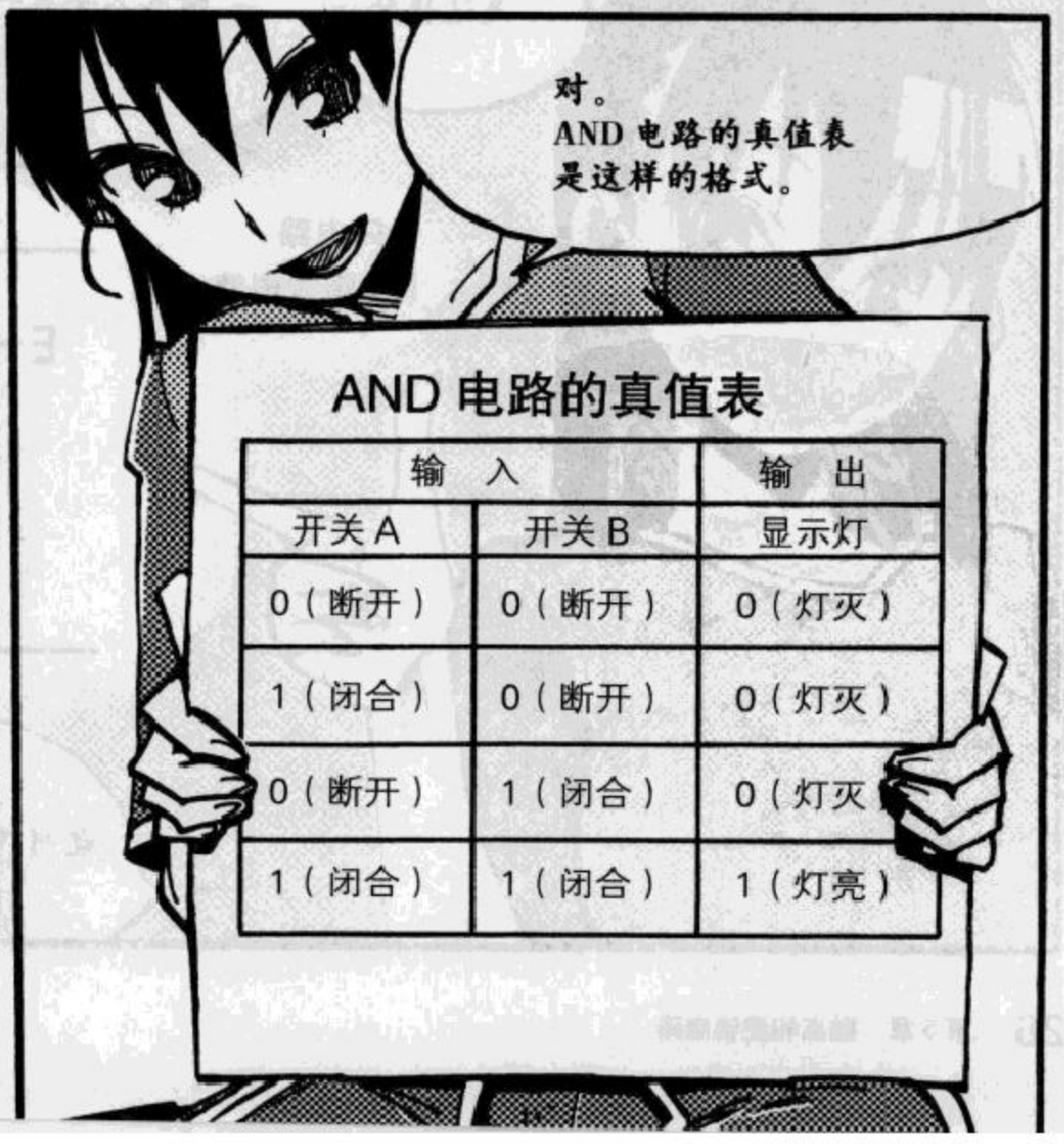
但是，
计算机电路中使用的触点并不是需要物理性接触的“触点”，
而是由三极管等半导体这种属于无需物理接触的“触点”构成的。
是啊，我的确没有听到过计算机里发出“咔嚓咔嚓”触点动作的声音呢。
顺序控制电路也是由基础逻辑电路组合在一起构成的。
逻辑电路也有多个种类，
今天，我给你介绍3个最基本的类型：
AND（逻辑与电路）
OR（逻辑或电路）
NOT(逻辑非电路)
拜托了！

那我们就一个一个来说。
首先，
假设，有一个电路，开关A串联着开关B，
并且和显示灯相连。
是。


E
开关A
E
开关B
开关串联
那么这个电路上的开关呈哪种状态时显示灯亮呢？

是同时按下开关A和B的时候吧？
只按一个开关的话，灯不会亮的





AND 电路的真值表

输　入		输　出
开关 A	开关 B	显示灯
0（断开）	0（断开）	0（灯灭）
1（闭合）	0（断开）	0（灯灭）
0（断开）	1（闭合）	0（灯灭）
1（闭合）	1（闭合）	1（灯亮）

我们接着讲OR电路。

假设有一个电路，开关A和开关B并联，再接上显示灯，想想看情况会怎么样。

这个电路的话……只按开关A时或者只按开关B时，显示灯都能亮吧。

开关并联

开关A

开关B

显示灯

还有同时按A和B的时候哦。

是这样的，

输入只要有一个为1时输出就能为1的电路，

OR电路
（逻辑或电路）

闭合

开关A

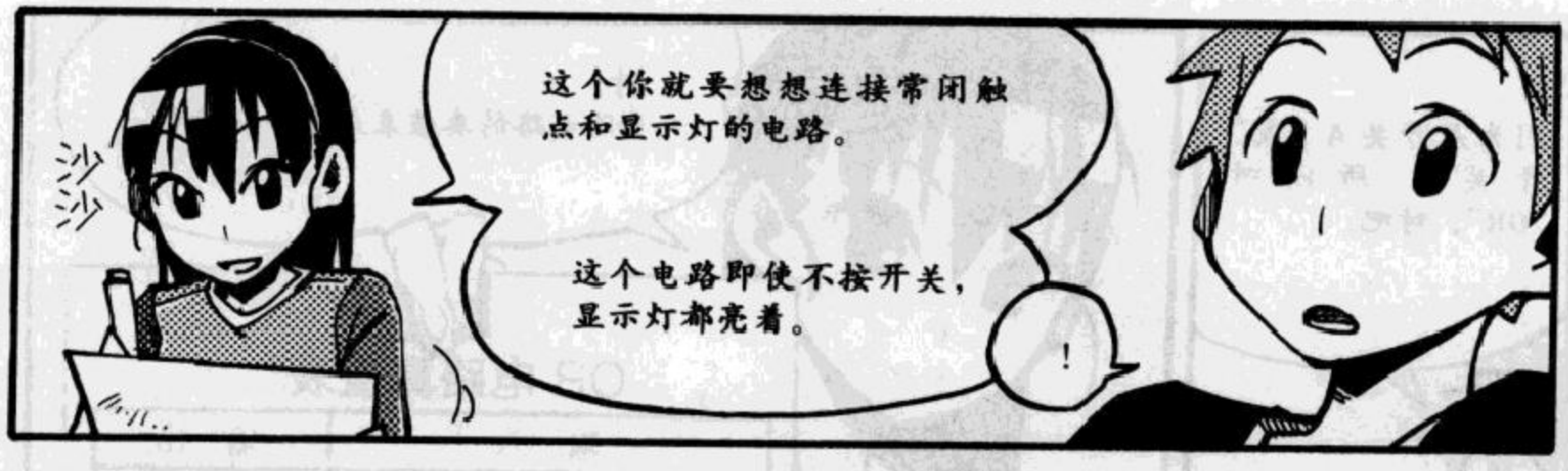
开关B

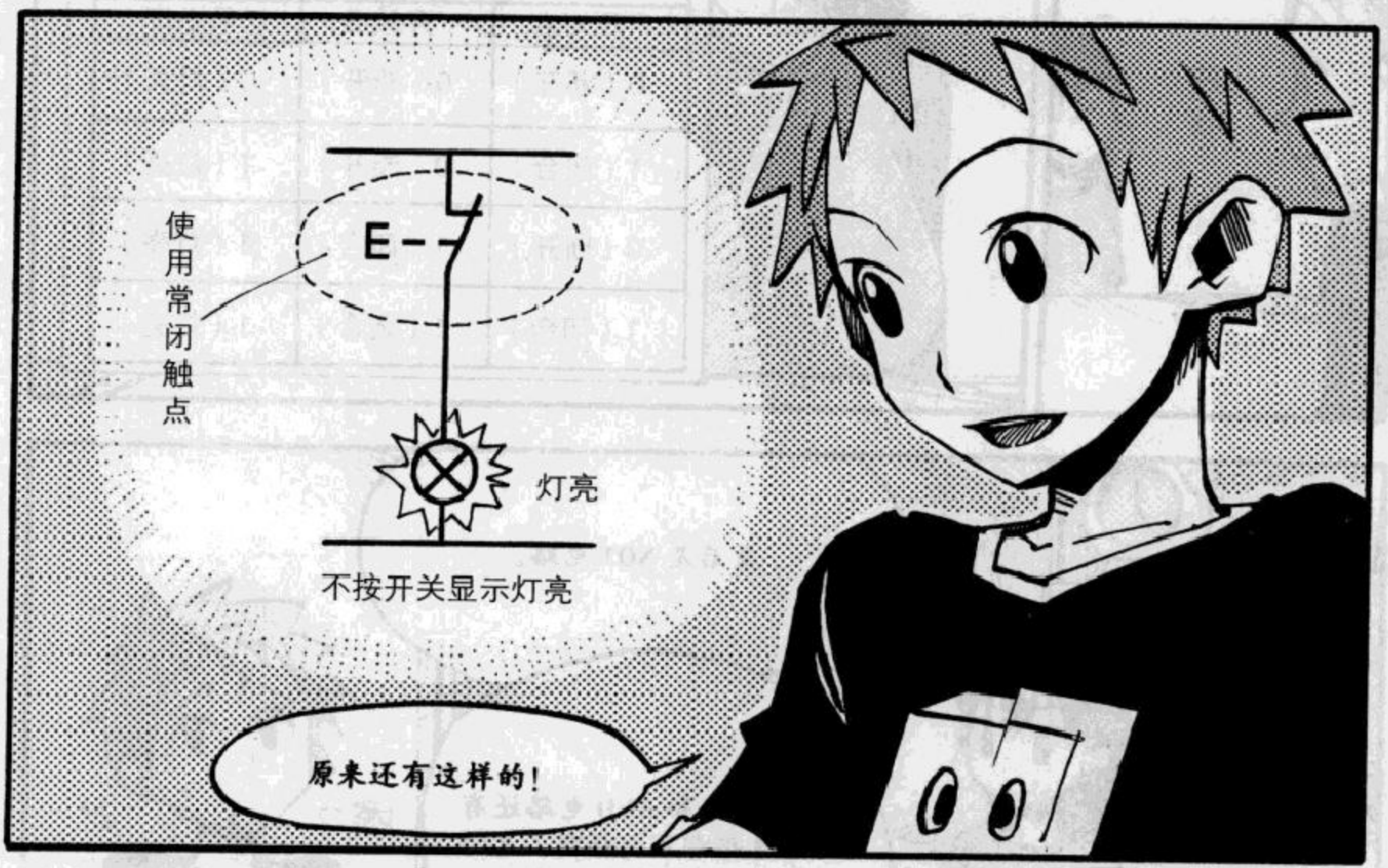
灯亮

就叫“OR电路”，或者“逻辑或电路”。

OR电路真值表

输入		输出
开关A	开关B	显示灯
0（断开）	0（断开）	0（灯灭）
1（闭合）	0（断开）	1（灯亮）
0（断开）	1（闭合）	1（灯亮）
1（闭合）	1（闭合）	1（灯亮）

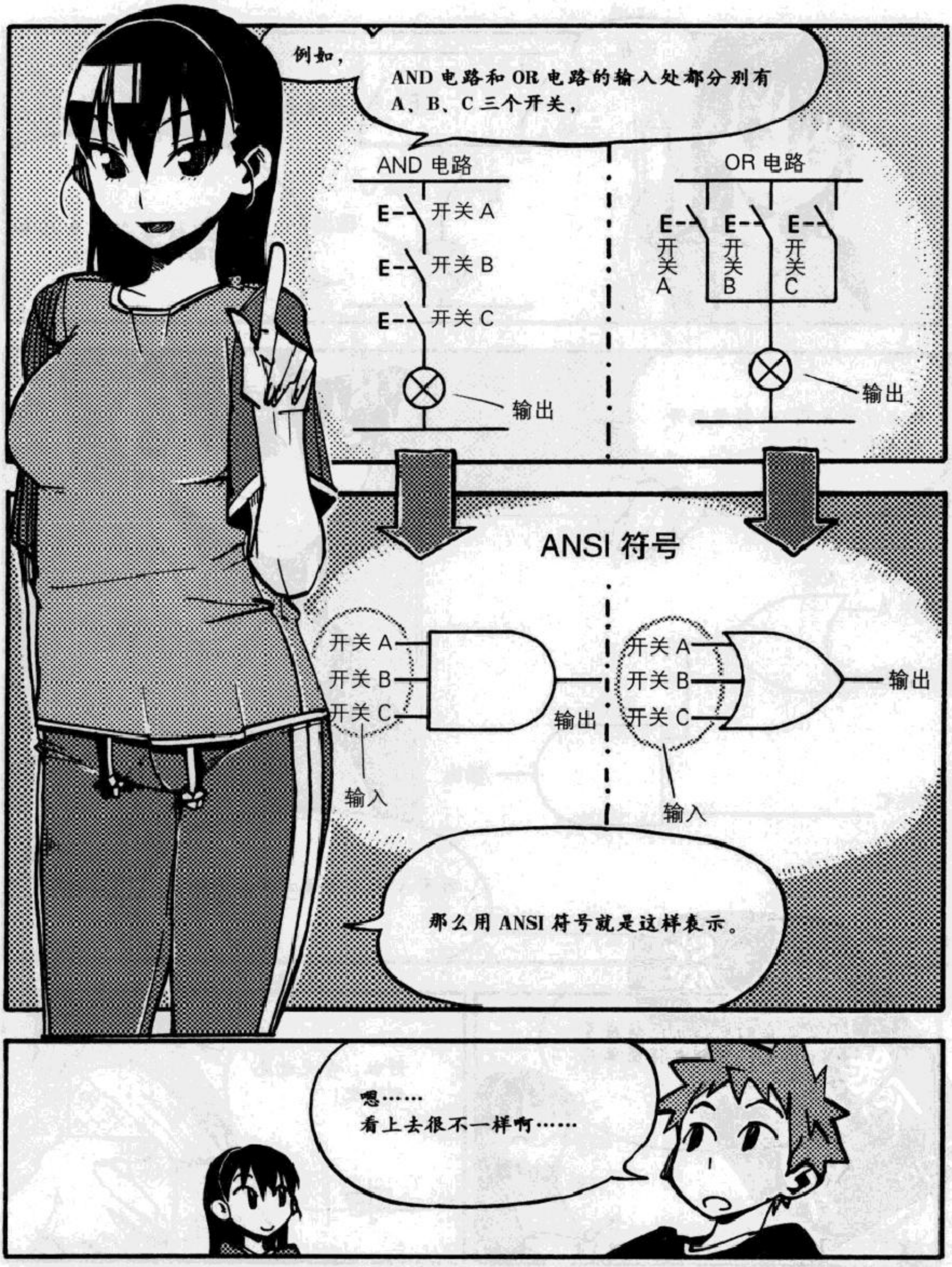

沙沙
这个你就要想想连接常闭触点和显示灯的电路。
这个电路即使不按开关，显示灯都亮着。
!

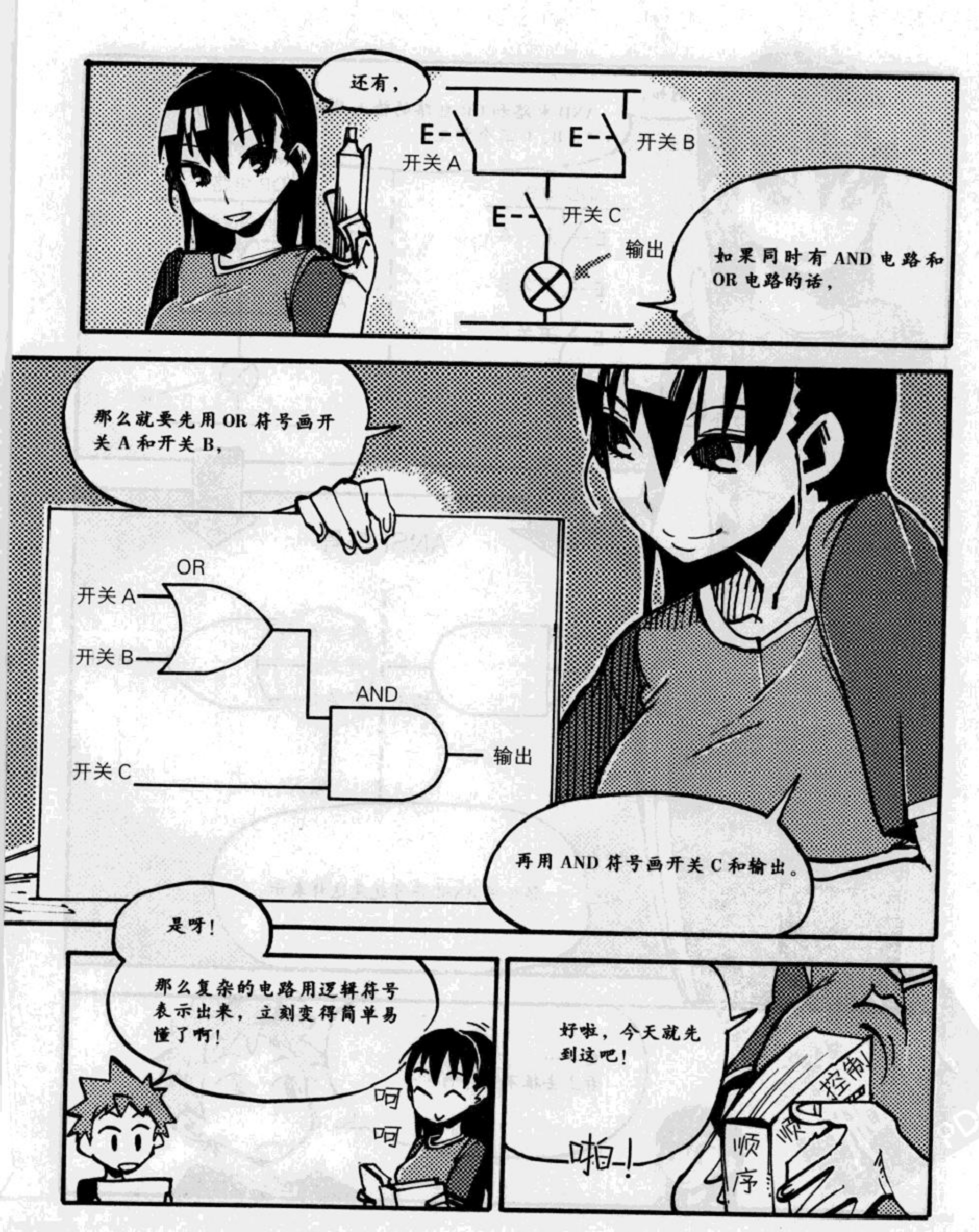

使用常闭触点
E
灯亮
不按开关显示灯亮
原来还有这样的！

但是只要一按开关，常闭触点断开，显示灯就会熄灭。
也就是说，
没有输入时，有输出；有了输入，输出就没有了。

啊！
输入和输出正好相反，所以叫“NOT”呀！
呵呵！
我们把这种
输入反而是输出的电路，
NOT 电路
（逻辑非电路）
E
断开
按下开关显示灯熄灭。
叫做“NOT 电路”或者“逻辑非电路”。
NOT 电路的真值表是这样的。
NOT 电路真值表
输 入 | 输 出
开 关 | 显示灯
0（闭合） | 1（灯亮）
1（断开） | 0（灯灭）
哦！

实际上画逻辑电路图的时候，并不是一个一个地画触点，而是用ANSI（美国标准协会）或者JIS规定的符号来画。
沙沙
这个也有规定的画法啊。
逻辑电路符号
ANSI 符号
JIS 符号
AND 电路
输入1
输入2
输出
&
OR 电路
≥1
NOT 电路
输入
1
每个图形符号都是左边画输入，右边画输出。
哦……
请画一个吧！


例如，
AND 电路和 OR 电路的输入处都分别有 A、B、C 三个开关，
AND 电路
开关 A
开关 B
开关 C
输出
OR 电路
开关 A
开关 B
开关 C
输出
ANSI 符号
开关 A
开关 B
开关 C
输出
输入
开关 A
开关 B
开关 C
输出
输入
那么用 ANSI 符号就是这样表示。
嗯……
看上去很不一样啊……


还有，
开关A
开关B
开关C
输出
如果同时有AND电路和OR电路的话，
那么就要先用OR符号画开关A和开关B，
OR
开关A
开关B
AND
开关C
输出
再用AND符号画开关C和输出。
是呀！
那么复杂的电路用逻辑符号表示出来，立刻变得简单易懂了啊！
呵呵
好啦，今天就先到这吧！
啪！
顺序
控制

今天又长知识啦！

不过，
那个，有个问题想问问，为什么房东小姐说自己是迷路的孩子呢……
……

以前……
我和我的家人都生活在这栋楼里。
可是，自从那天以后，家里就只剩下我一个……

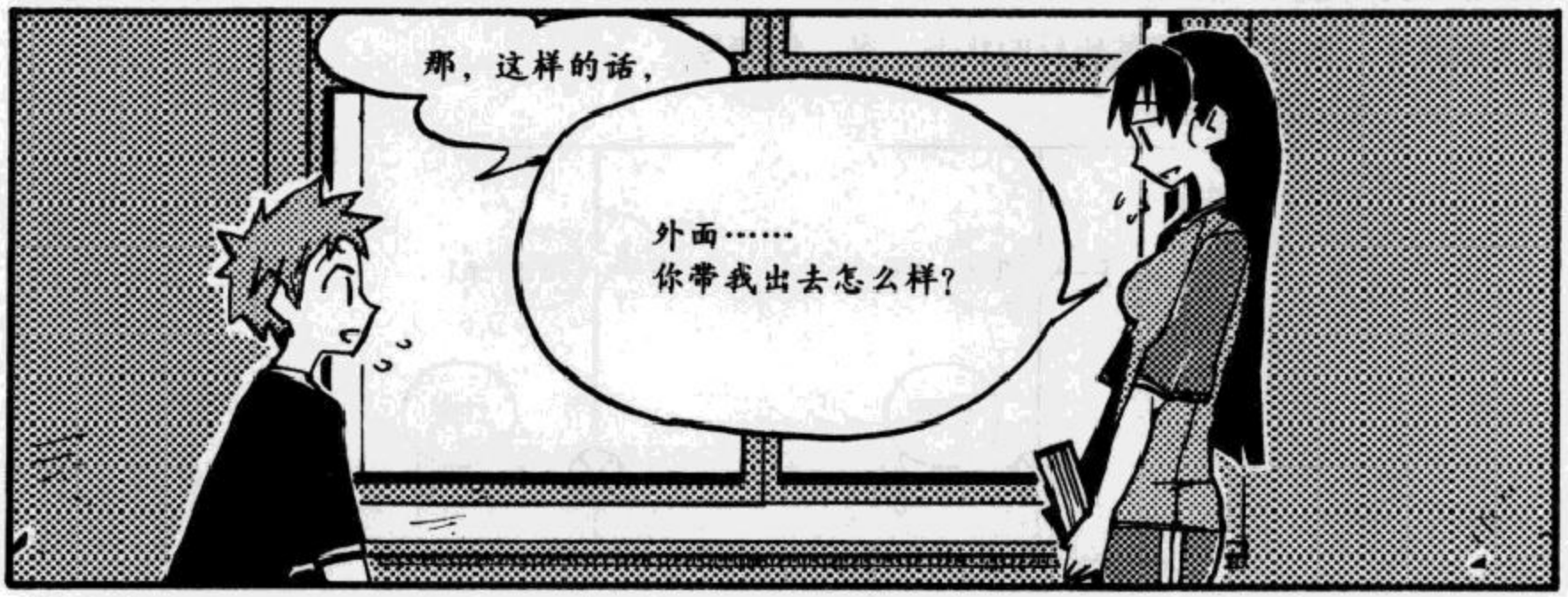
那是我刚考上大学的时候。
6F
住在这里的父母和祖母一起外出旅行了。
当时我因为沉迷于刚刚兴起的网络购物不愿意出门，于是一个人留了下来。
就这样过了几天……
什么？
事故？！

虽然事故已经过去很久……
但是打那开始，我对外出就产生了恐惧感，再也不敢走出家门……
我的心也许就是从那时候开始，像一个迷路的孩子那样，常常感到不安……
唉，明明是“宅女”，却说什么像迷路的孩子，听上去很滑稽吧……

呜！
你，你怎么啦？！
哭什么啊？
呜
那是，
是因为，我不了解房东小姐的事情，才乱说的……
的，的确是啊。
最开始你跑来拜访我的时候，老实说，我真的觉得你好麻烦啊！
不过……
那个……
？
可我还是要谢谢你……
真没想到，还会有人关心这样的我……

真的吗？
嗯……

不过，顺序控制的内容，这就算全部讲完啦。
顺序控制
啊！
这就结束啦？


那，这样的话，
外面……
你带我出去怎么样？

这行吗？

行……

明白啦！
我们一起加油吧！

第5章 小 结

二值信号

触点有两种状态，分别为“断开”和“闭合”，和触点相接的显示灯的动作有“灯灭”和“灯亮”两种状态。这些相反状态用数字0和1表示，就叫“数字”。这里的0和1并不是普通意义的数字，而是特指两种相反的状态，是二值信号。

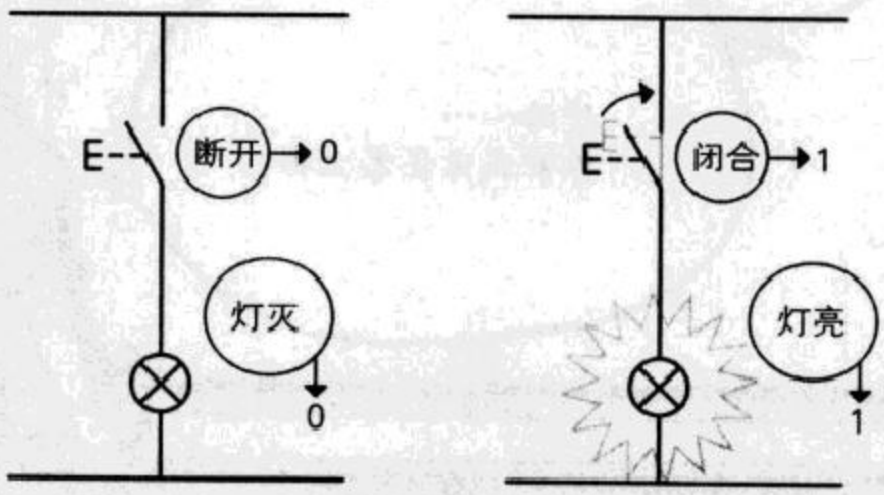


图5.1 显示灯的亮灭和二值信号

该电路的动作结果用二值信号表示。

表 5.1 显示灯的亮灭及真值表

输入（开关）	输出（显示灯）
0（断开）	0（灯灭）
1（闭合）	1（灯亮）

如表 5.1 这样，将所有的输入及与其相对应的输出结果用二值信号制作成的表格就叫真值表。通过真值表就能知道逻辑电路的内容。

基础逻辑电路

通过数字信号完成逻辑演算的计算机电路，由三极管或二极管等用于控制开关的半导体组成的逻辑电路构造而成，电压的“低”、“高”表示数字信号 0、1。触点众多的控制电路也是由基础逻辑电路组合构成的。

逻辑电路里有三种基本类型，分别是 AND 电路、OR 电路和 NOT 电路。一些复杂的电路也都由它们组合形成。

AND 电路也叫逻辑和电路，该电路只有当所有输入都为 1 时输出才会变成 1。如用触点表示 AND 电路，则如图 5.2 所示，触点串联电路。

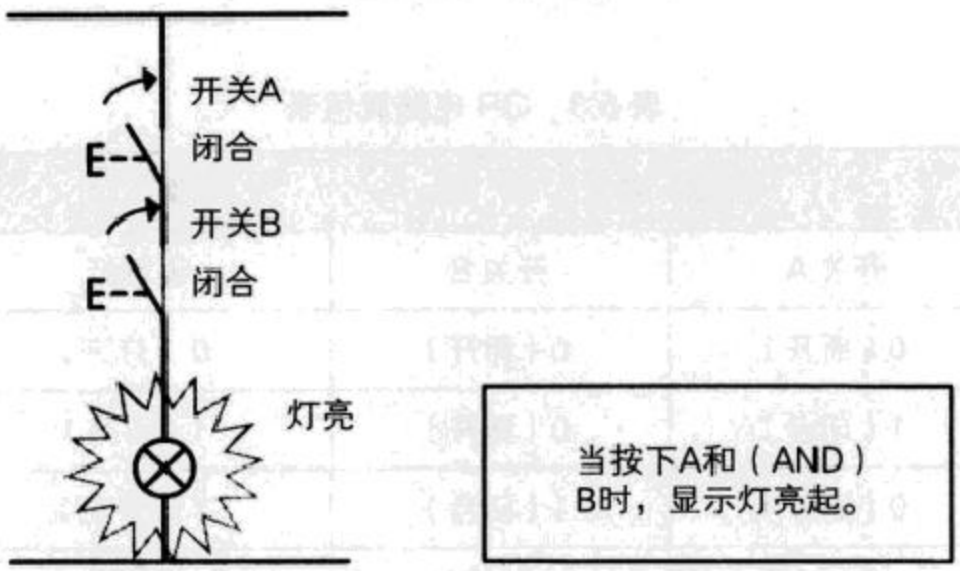


图5.2　AND电路

图 5.3　AND 电路真值表

输　入		输　出
开关 A	开关 B	显示灯
0（断开）	0（断开）	0（灯灭）
1（闭合）	0（断开）	0（灯灭）
0（断开）	1（闭合）	0（灯灭）
1（闭合）	1（闭合）	1（灯亮）

OR 电路也叫逻辑或电路，该电路只要有一个输入为 1，输出就会变成 1。如用触点表示 OR 电路，则如图 5.3 所示，触点并联电路。

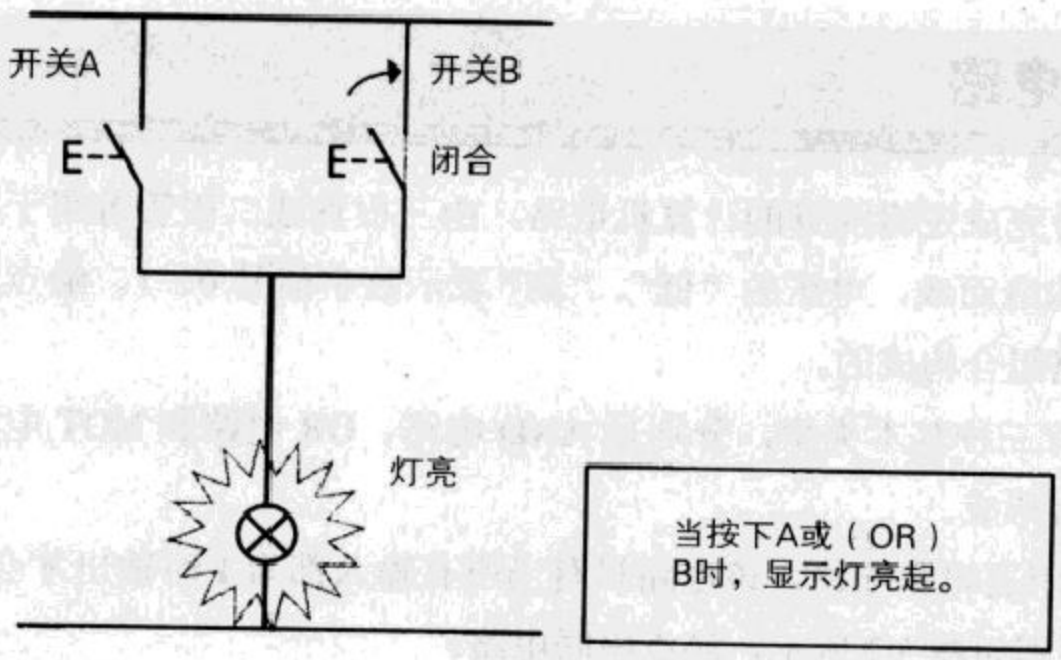


图5.3　OR电路

表 5.3　OR 电路真值表

输　入		输　出
开关 A	开关 B	显示灯
0（断开）	0（断开）	0（灯灭）
1（闭合）	0（断开）	1（灯亮）
0（断开）	1（闭合）	1（灯亮）
1（闭合）	1（闭合）	1（灯亮）

NOT 电路也叫逻辑非电路，只有逐个否定输入才得到输出。如用触点表示 NOT 电路，则如图 5.4 所示，常闭触点电路。

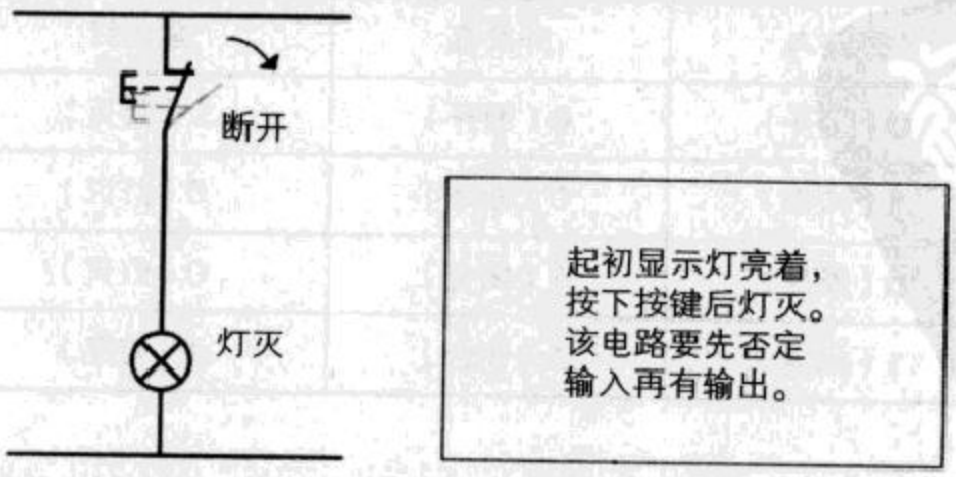


图5.4　NOT电路

表 5.4 NOT 电路真值表

输 入	输 出
开关 A	显示灯
0（断开）	1（灯亮）
1（闭合）	0（灯灭）

当 NOT 电路和 AND 电路或 OR 电路组合，就变成输出被分别否定的逻辑电路。

AND 电路和 NOT 电路组合的叫 NAND 电路（与非逻辑电路）。该电路只有当所有输入都为 1 时，输出才为 0。

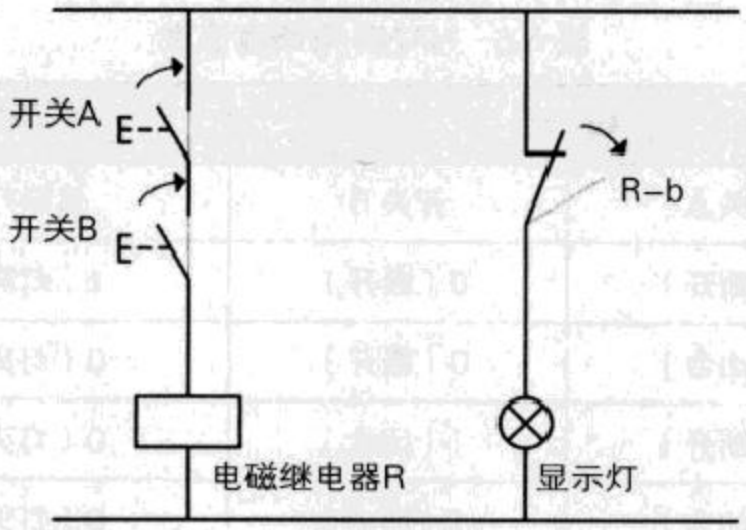


图5.5 NAND电路

表 5.5 NAND 电路真值表

输 入		输 出
开关 A	开关 B	显示灯
0（断开）	0（断开）	1（灯亮）
1（闭合）	0（断开）	1（灯亮）
0（断开）	1（闭合）	1（灯亮）
1（闭合）	1（闭合）	0（灯灭）

OR 电路和 NOT 电路组合的叫 NOR 电路（或非逻辑电路）。该电路的所有输入为 0 时，输出为 1。

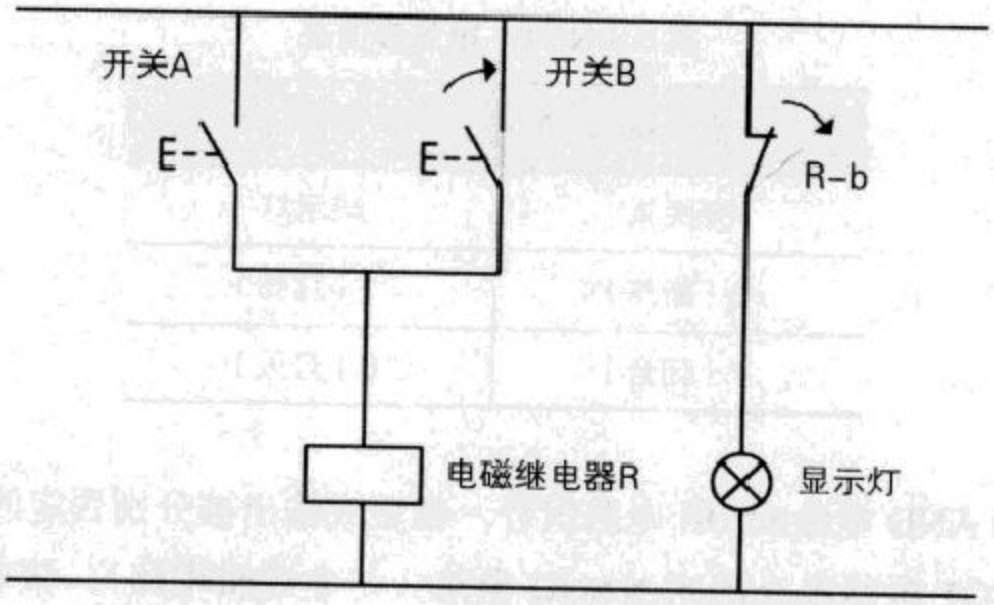


图5.6 NOR电路

表 5.6 NAND 电路真值表

输 入		输 出
开关 A	开关 B	显示灯
0（断开）	0（断开）	1（灯亮）
1（闭合）	0（断开）	0（灯灭）
0（断开）	1（闭合）	0（灯灭）
1（闭合）	1（闭合）	0（灯灭）

逻辑电路图形符号

绘制逻辑电路图时一般使用由 ANSI（美国标准协会）或 JIS 规定的符号。逻辑符号的左边画输入，右边画输出。

表 5.7　逻辑符号

	ANSI符号	JIS符号
AND电路	输入1 输入2 输出	输入1 输入2 & 输出
OR电路	输入1 输入2 输出	输入1 输入2 ≥1 输出
NOT电路	输入 输出	输入1 1 输出
NAND电路	输入1 输入2 输出	输入1 输入2 & 输出
NOR电路	输入1 输入2 输出	输入1 输入2 ≥1 输出

注：ANSI符号以前也被叫做MIL符号，但现在已经统一为ANSI规格。
ANSI　美国标准协会　（American National Standards Institute）
MIL标准　美国的军用标准　（Military Specifications and Stamdards）

触点电路图如用逻辑符号表示，可以大大地被简化。比如有 3 个输入的 AND 电路或者 OR 电路，用逻辑符号分别表示如图 5.7 和图 5.8 所示。

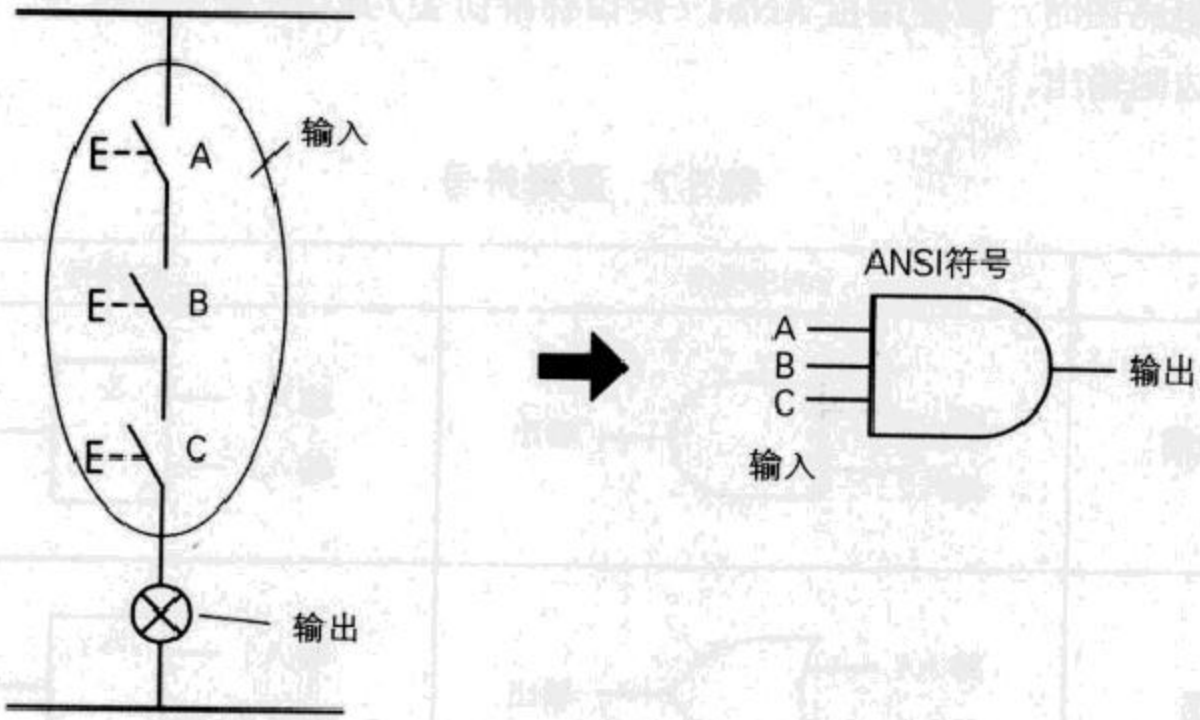


图5.7　有3个输入的AND电路

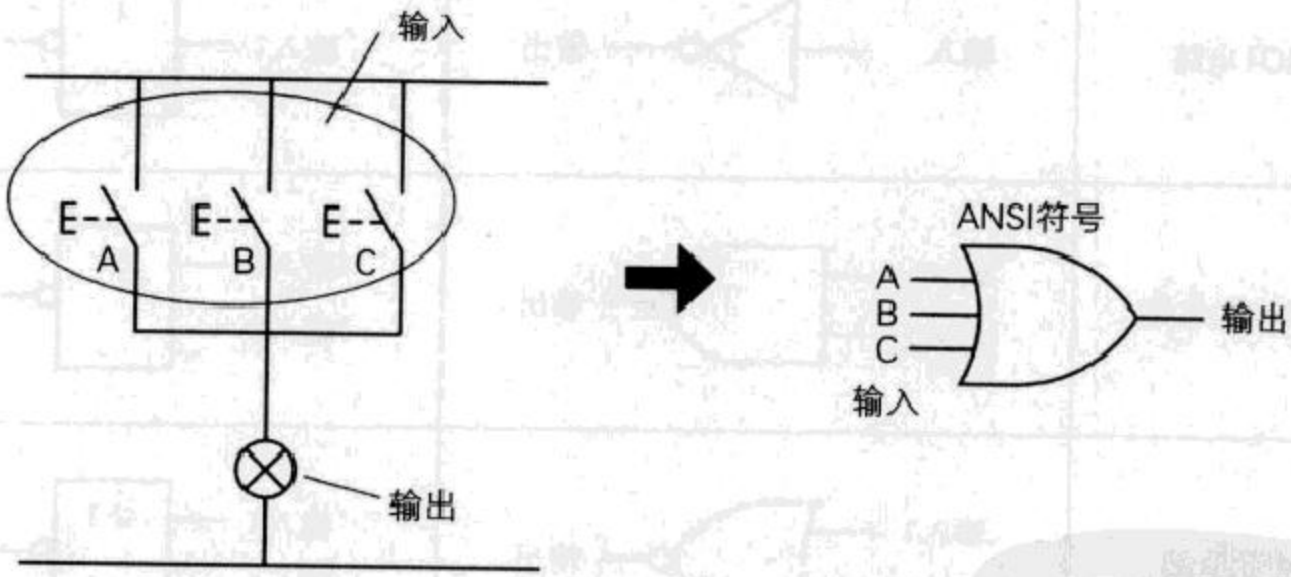


图5.8　有3个输入的OR电路

还有像图 5.9 这样串、并联结合的电路，可以用多个逻辑图形符号组合表示。

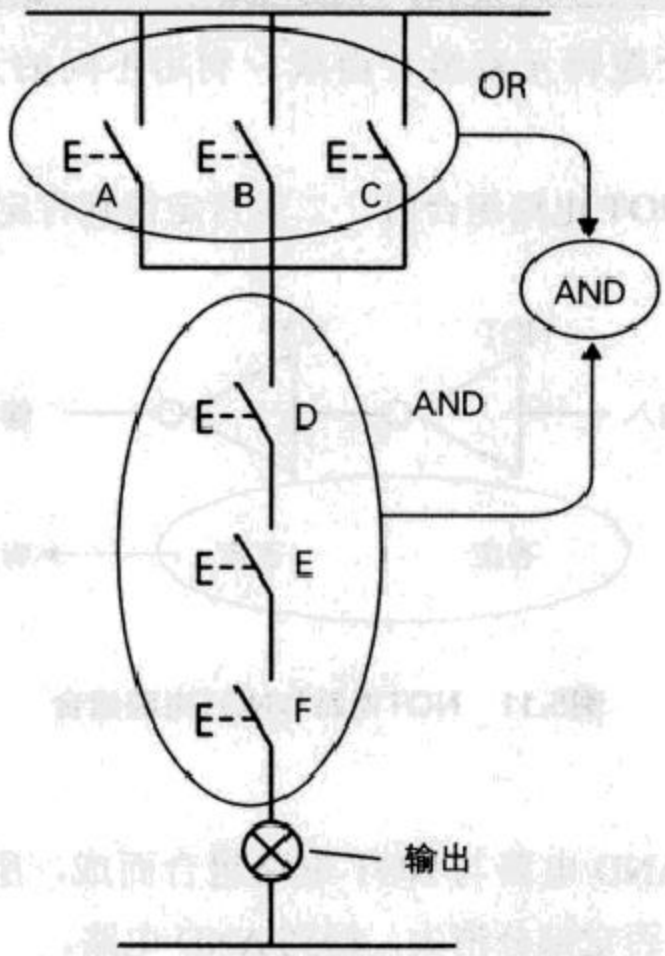


图5.9　有6个开关的串、并联电路

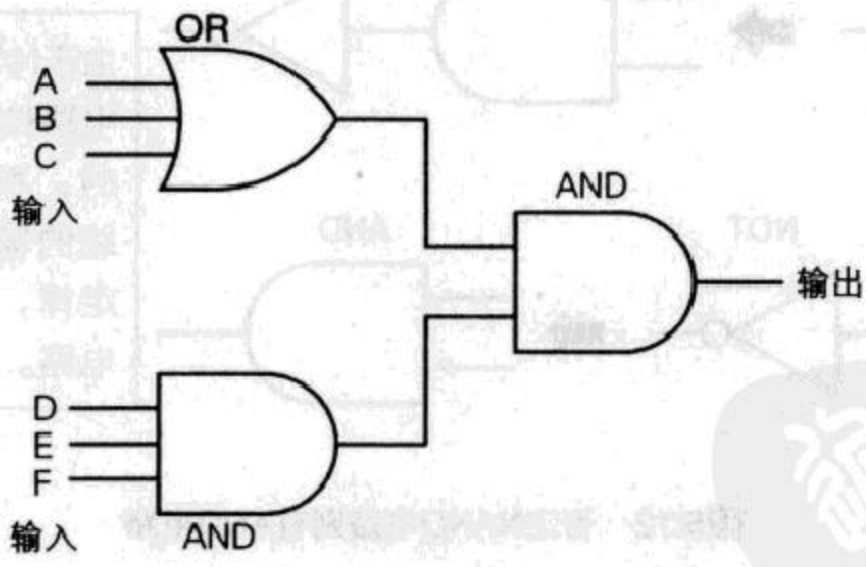


图5.10　用 ANSI符号绘制串、并联电路

从 NAND 电路制作出 AND、OR、NOT 电路

逻辑电路都是通过各个逻辑元素组合而成，利用不同的元素，可以制作不同的逻辑电路。

首先，将 NOT 电路和 NOT 电路组合时，二重否定得到肯定结果。

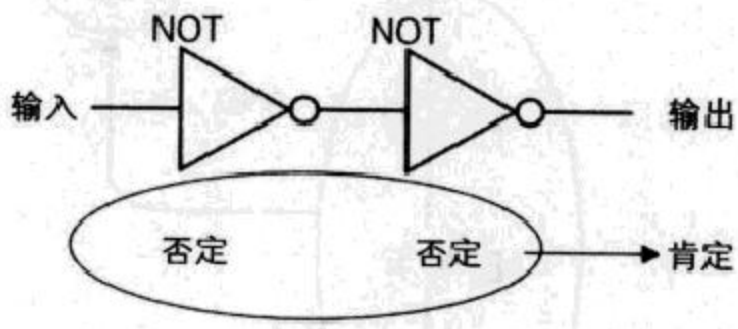


图5.11　NOT电路和NOT电路组合

因为 NAND 电路是由 AND 电路与 NOT 电路组合而成，所以如 NAND 电路与 NOT 电路组合，那么 NAND 电路的否定部分消失，得到 AND 电路。

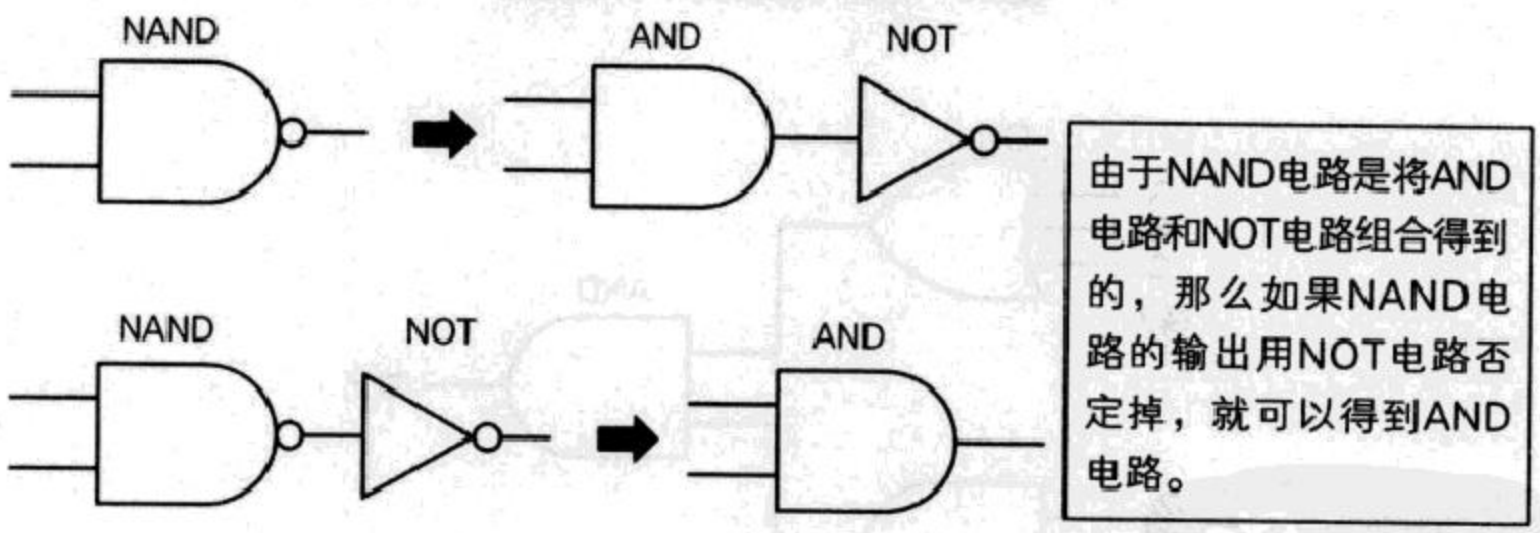


图5.12　否定NAND电路则有AND电路

那么，接下来我们通过 NAND 电路制作 NOT 电路。如果将 NAND 电路的输入统一为一个，就能得到 NOT 电路。

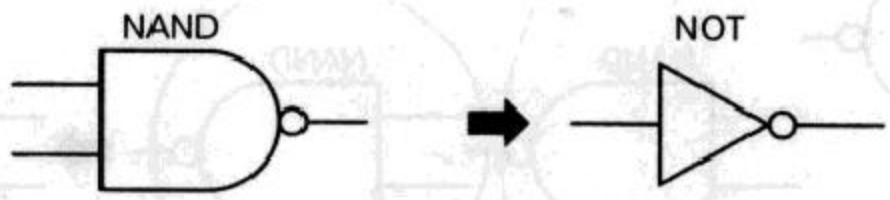


图5.13　通过NAND制作NOT电路

将由 NAND 电路得到的 NOT 电路再与 NAND 电路组合，可得 AND 电路。

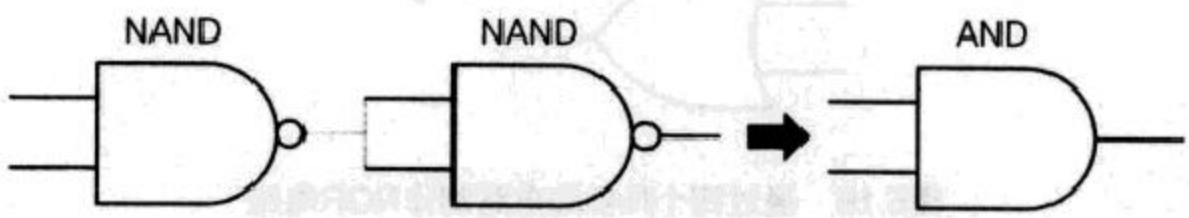


图5.14　两个NAND电路可得AND电路

而如果将三个 NAND 电路组合，那么就能得到 OR 电路。

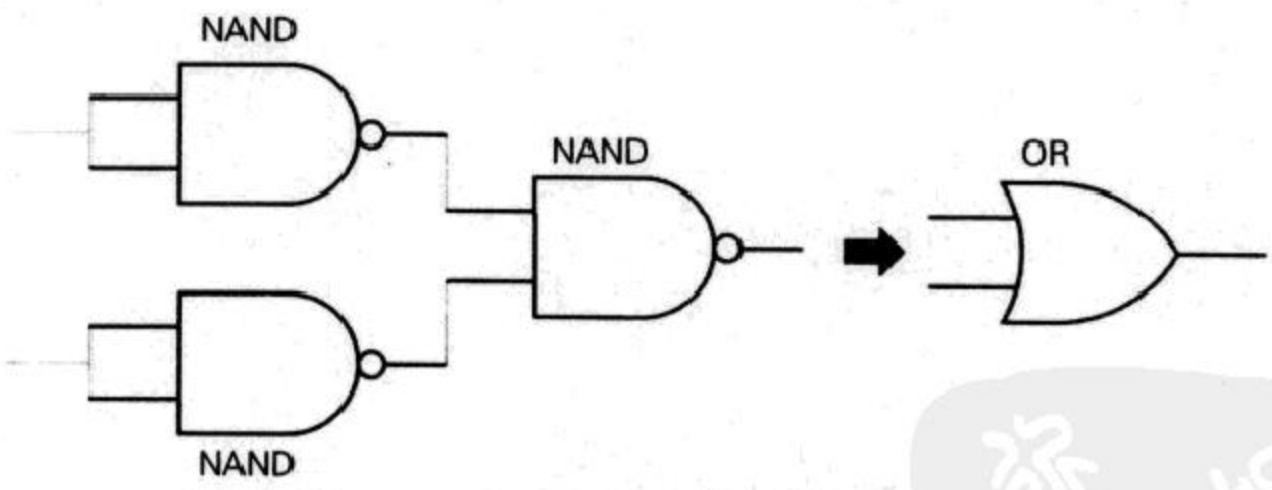


图5.15　通过三个NAND电路得到OR电路

该 OR 电路如果再与由 NAND 而来的 NOT 电路组合，得到的是 NOR 电路。

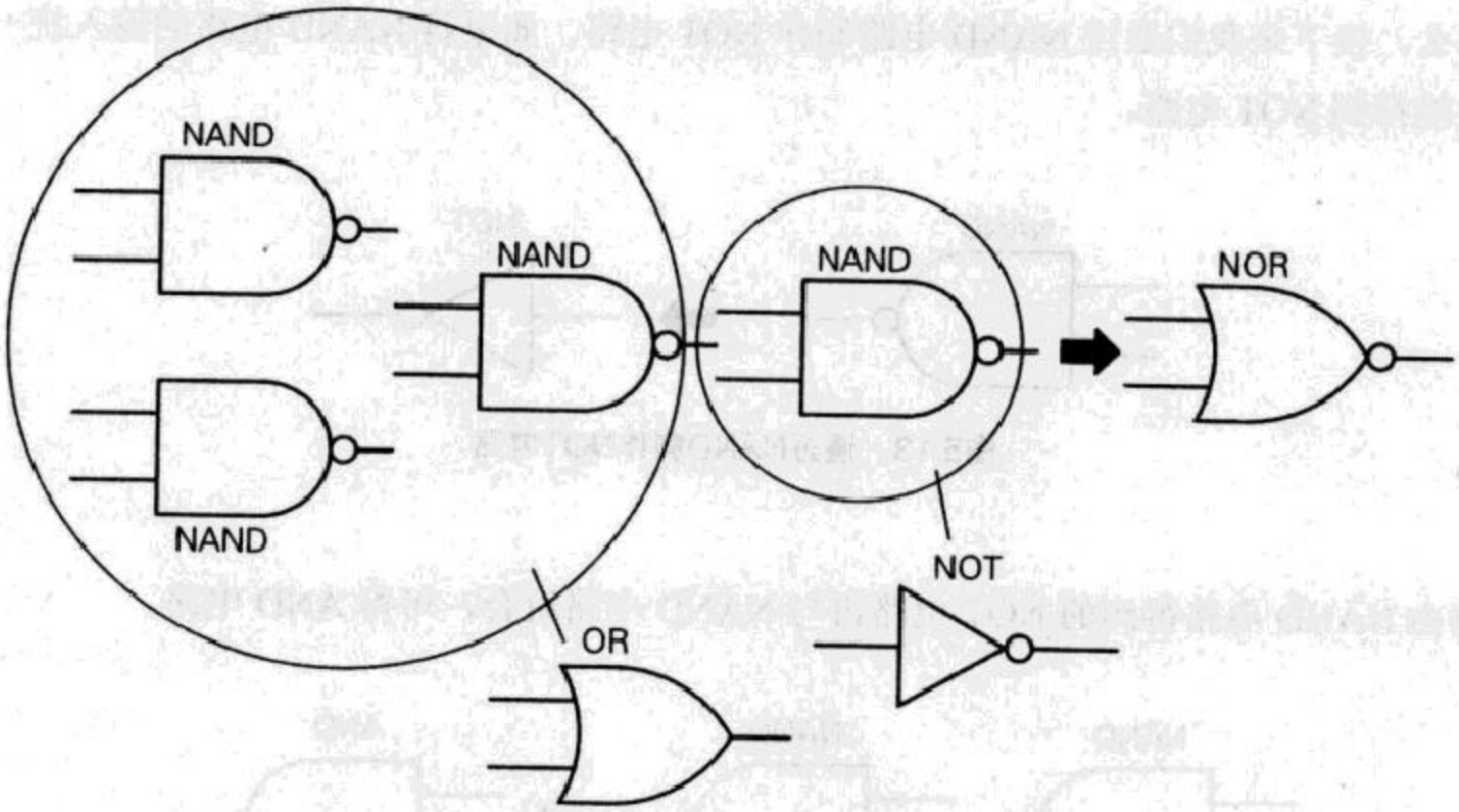


图5.16　通过四个NAND电路制作NOR电路

像这样通过将多个 NAND 电路组合在一起的方法，可以制作 AND、OR、NOT、NOR 等所有电路。也就是，只要有 NAND 电路，无论哪种电路都可以制作出来。而且，通过 NOR 电路，同样能够得到 AND、OR、NOT、NAND 电路。

第6章
继电器顺序控制的基础电路

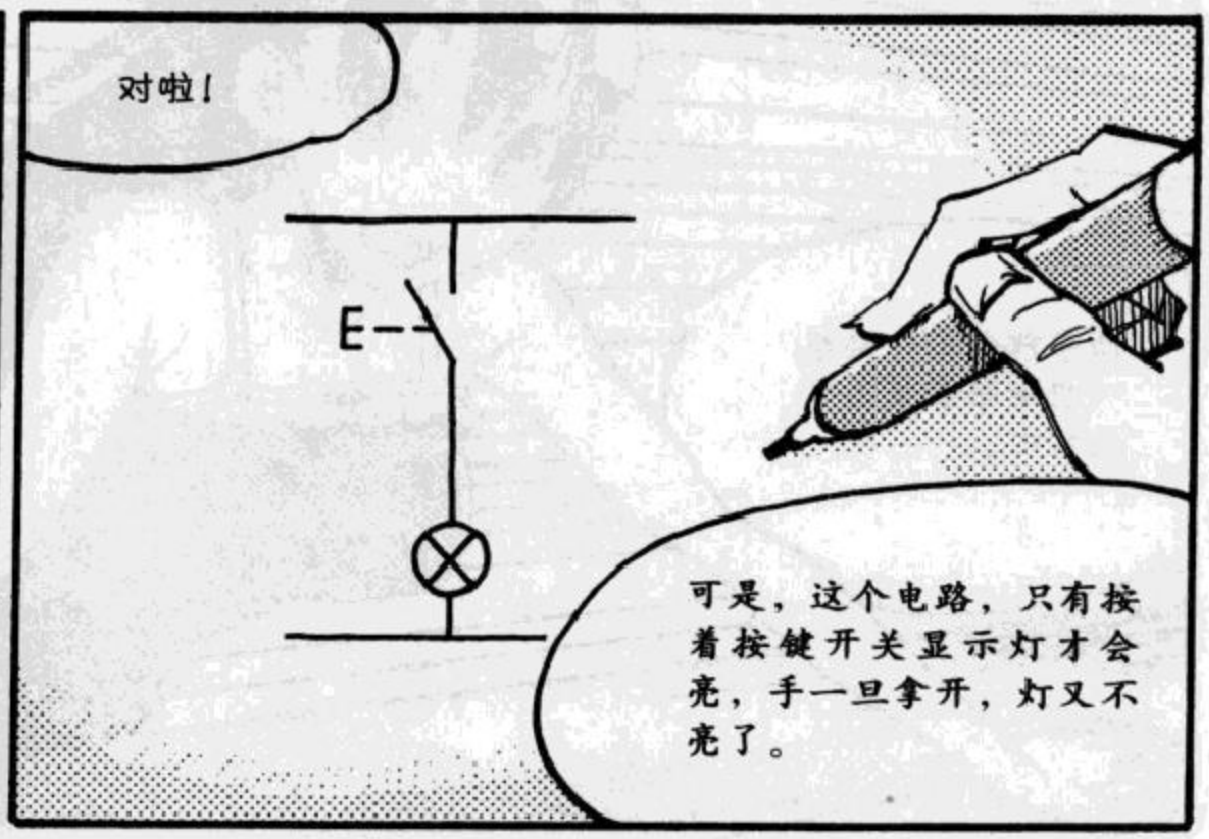
你要的东西买回来啦！
哗
呵呵，
要用的东西看上去还挺多呢。
今天就要用这些吗？
CONTROL UNIT
是的，
今天要让你亲手组装一次。
哦！
终于要开始实践啦！
嗯……
要尽快地掌握顺序控制知识，最好的方法就是自己一边想电路一边做。

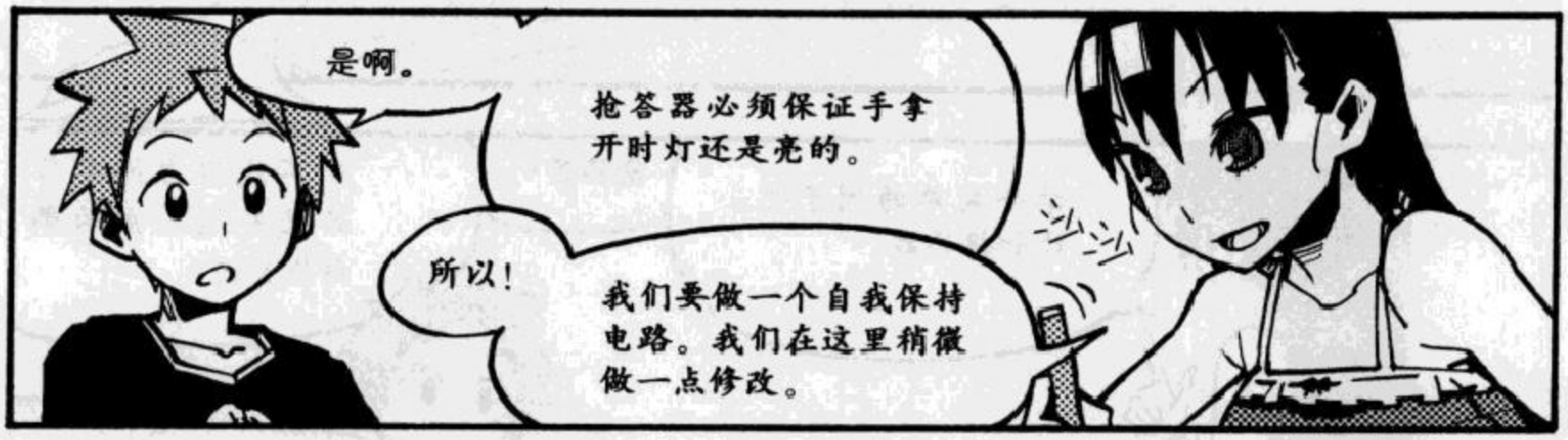
动手前咱们一起想一想电路应该怎么设计吧。
首先就从绘制顺序图开始吧！
没错！
哗

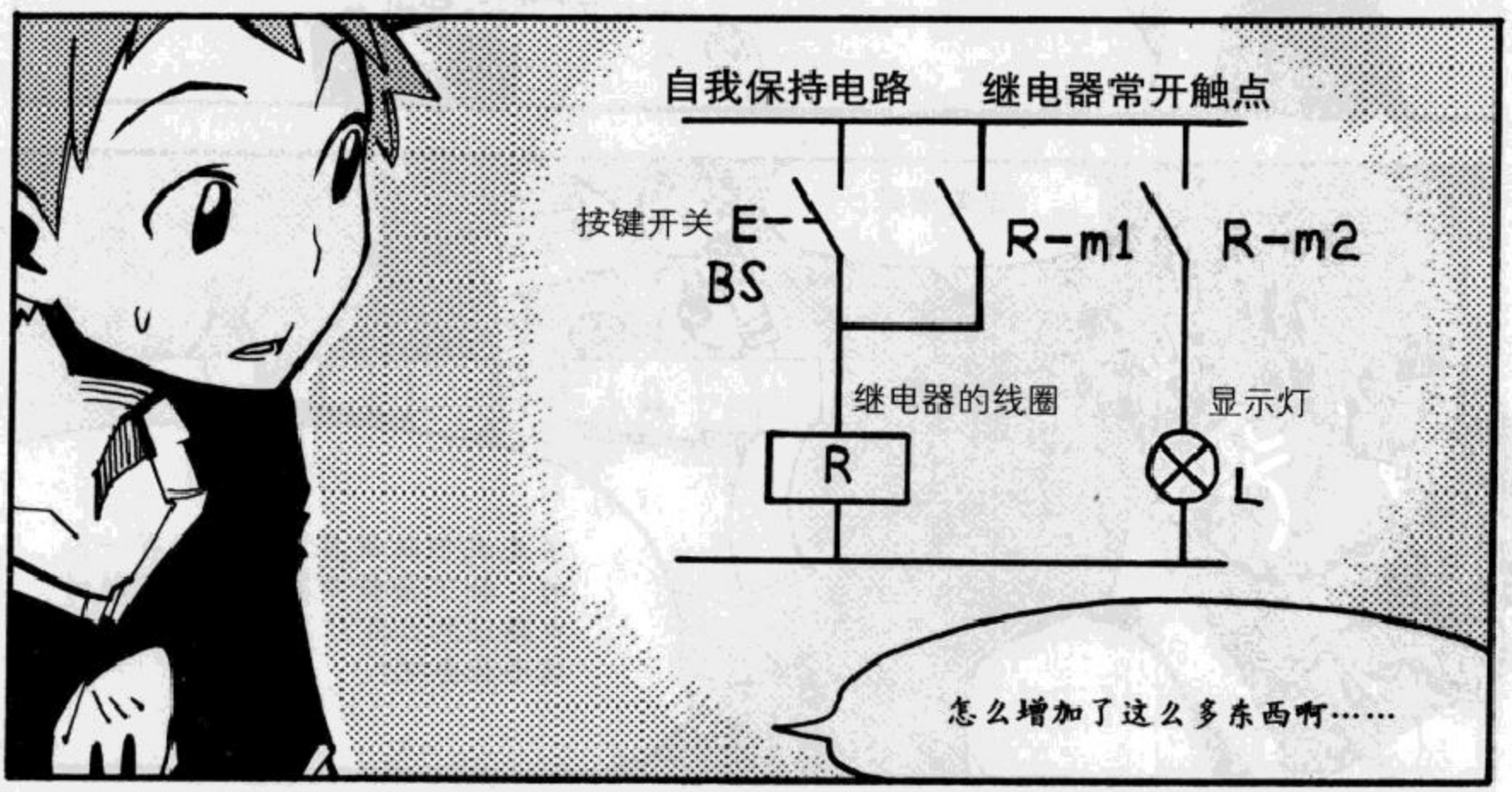
举个简单的例子吧，比如抢答器。
抢答器……
是不是智力问答节目里答题人用的那种抢答器？

就是那种。
选手A
A
首先我们假设当答题者只有一人时，按下按键开关显示灯亮起的电路该怎么画。
这个你会吧？

噢……
按键开关的话……
是这样吧?


对啦!
E
可是，这个电路，只有按着按键开关显示灯才会亮，手一旦拿开，灯又不亮了。


是啊。
抢答器必须保证手拿开时灯还是亮的。
所以!
我们要做一个自我保持电路。我们在这里稍微做一点修改。
沙沙


自我保持电路
继电器常开触点
按键开关
E-
BS
R-m1
R-m2
继电器的线圈
显示灯
R
L
怎么增加了这么多东西啊……

有了这个电路，小A只要按下按键，

电磁继电器随即发生励磁，

继电器的常开触点R—m1和R—m2闭合，同时显示灯L亮起。

啪

E—BS

R-m1

R-m2

R

L

励磁是什么？

电磁继电器的线圈在有电流通过时变成电磁石，产生电磁力。

是这样。

那……小A的手离开按键会怎么样呢？

A

这时开关虽然断开，但是电流已经通过曾经断开的电磁继电器常开触点R—m1流入继电器线圈，并始终是自我保持状态。

啪

自我保持状态

啊——

电磁继电器在通过自身触点的电流作用下，一直保持自身的动作状态，所以显示灯能够保持亮而不灭！

呵呵

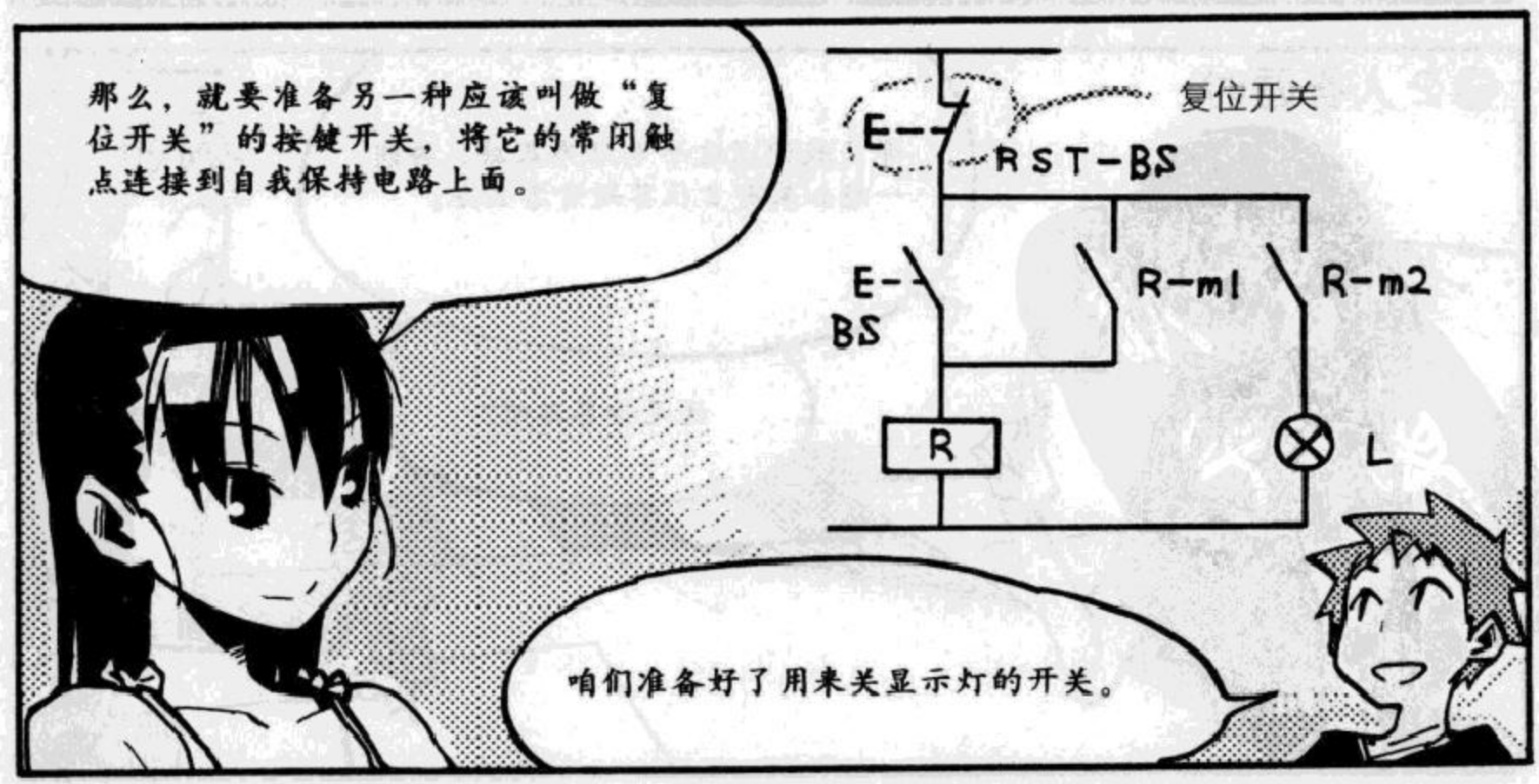
这样的电路，

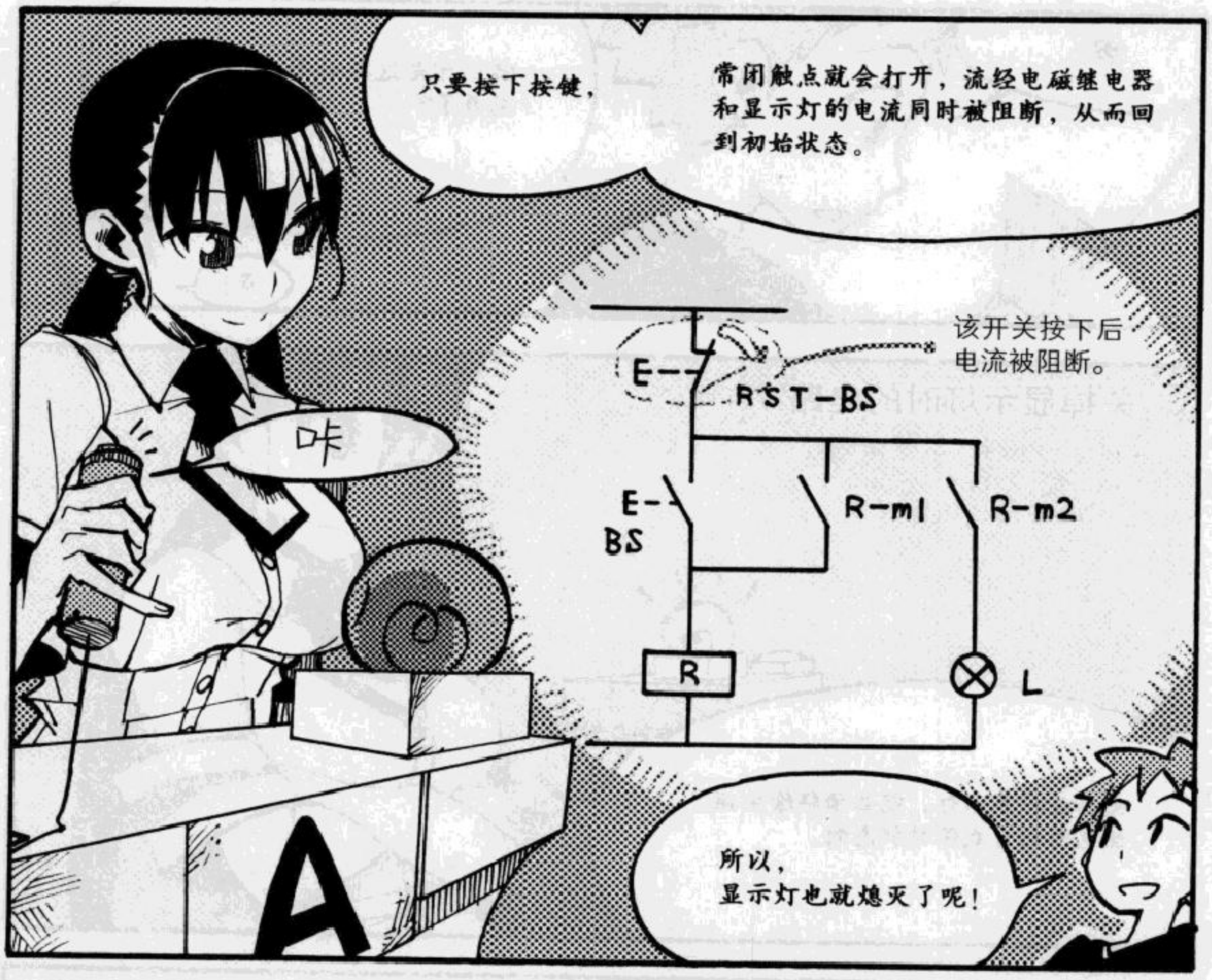
我们就叫它“自我保持电路”，

这是顺序控制中一个非常重要的电路。

啊！
噢？可是这样的话显示灯就一直亮着了？
是！

关掉显示灯时的电路
嗯
要想关掉显示灯，就必须解除电磁继电器的自我保持状态啊。


那么，就要准备另一种应该叫做“复位开关”的按键开关，将它的常闭触点连接到自我保持电路上面。
复位开关
E-
RST-BS
E-
BS
R-m1
R-m2
R
L
咱们准备好了用来关显示灯的开关。

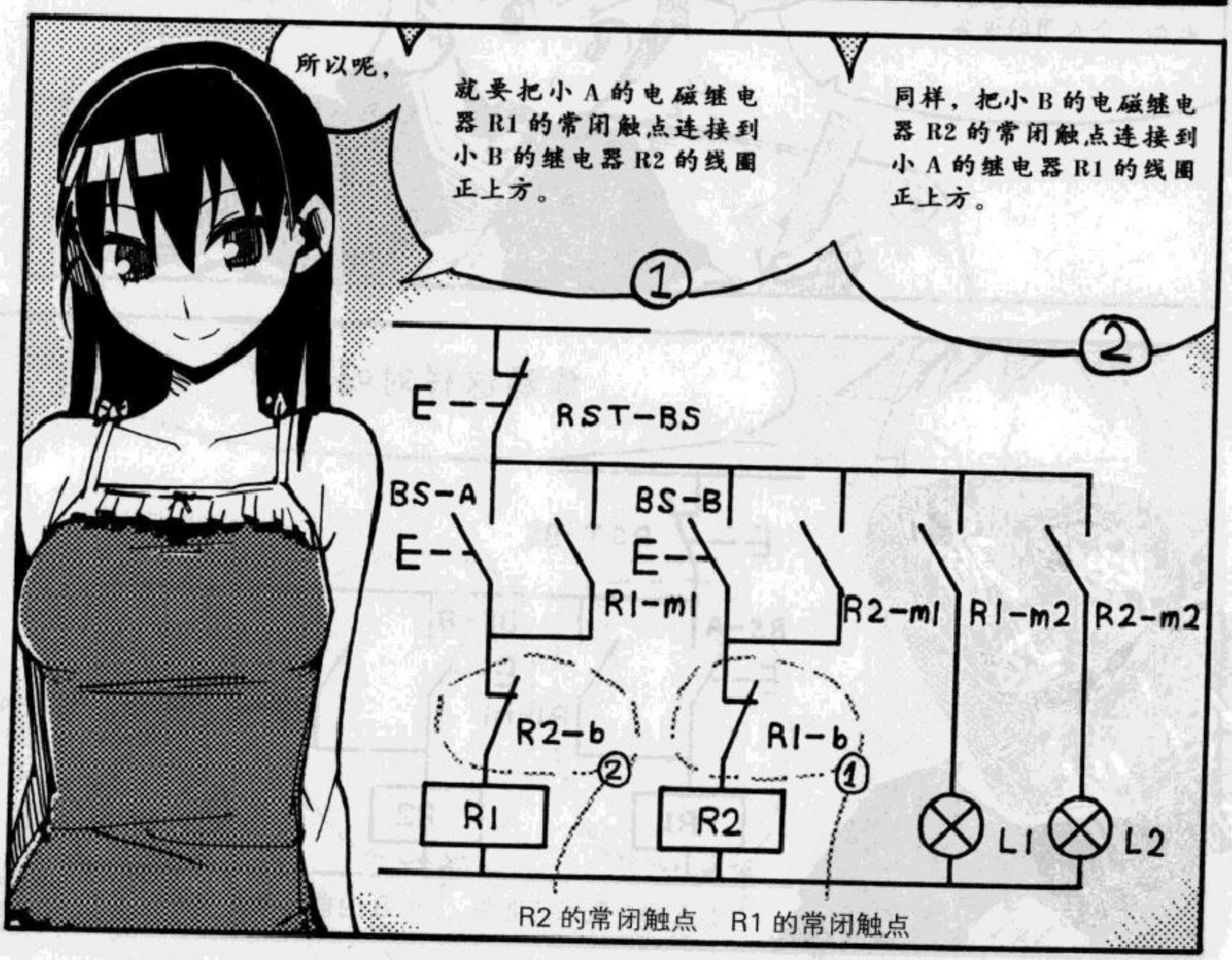

只要按下按键，
常闭触点就会打开，流经电磁继电器和显示灯的电流同时被阻断，从而回到初始状态。
该开关按下后电流被阻断。
E-
RST-BS
咔
E-
BS
R-m1
R-m2
R
L
A
所以，
显示灯也就熄灭了呢！

2人答题时
那么我们以这个电路为基础，再想一想如果有2位答题者怎么办。
还是抢答器吧？

那就在刚才的电路上，
再安装小B用的按键开关和显示灯。
呵
选手R
A
B
请你先试试看，只单纯地再添加一个人用的设备。
是！
再并联画一个和小A一样的就行了。
你看这样对吗？
E
RST-BS
BS-A
BS-B
R1-m1
R2-m1
R1-m2
小A的显示灯
R2-m2
小B的显示灯
R1
R2
L1
L2
小A的自我保持电路
小B的自我保持电路

我看看啊。在这种情况下……

当只有1个人按键时很容易知道是谁，
但是如果2个人几乎同时按键，两个人的灯都亮了，这时很难判断是谁先按的键。
咦？
A
B
的确是啊……


所以呢，
就要把小A的电磁继电器R1的常闭触点连接到小B的继电器R2的线圈正上方。
同样，把小B的电磁继电器R2的常闭触点连接到小A的继电器R1的线圈正上方。
①
②
E
RST-BS
BS-A
BS-B
E
E
R1-m1
R2-m1
R1-m2
R2-m2
R2-b
R1-b
②
①
R1
R2
L1
L2
R2的常闭触点
R1的常闭触点

这个电路呢，
只要稍微领先一点按键，它这边的电磁继电器就会先动作并保持当时的状态；
同时，插入对方电磁继电器上面的常闭触点打开，阻止了对方继电器的动作。
嗯！
这样一来就算是同时按下抢答器也能够清楚地辨别啦！
啪
A
这种禁止其他动作的电路叫做“互锁电路”，
插入的常闭触点叫做“互锁触点”。

3人答题时

最后，
咱们来看看3人答题
时又该如何做。

噢……

那就叫小C!

那在刚才的电路上再追加一
个人可以吗?

没有那么
简单的。

咱们还是先来看看
小A吧，

选手A

是!

如果是小A最先按键，

如果小A的继电器常闭触点接在小
B、小C的继电器R2、R3上面，那
么另外2人无论怎么按……

2人的灯都不亮!

嘿嘿!

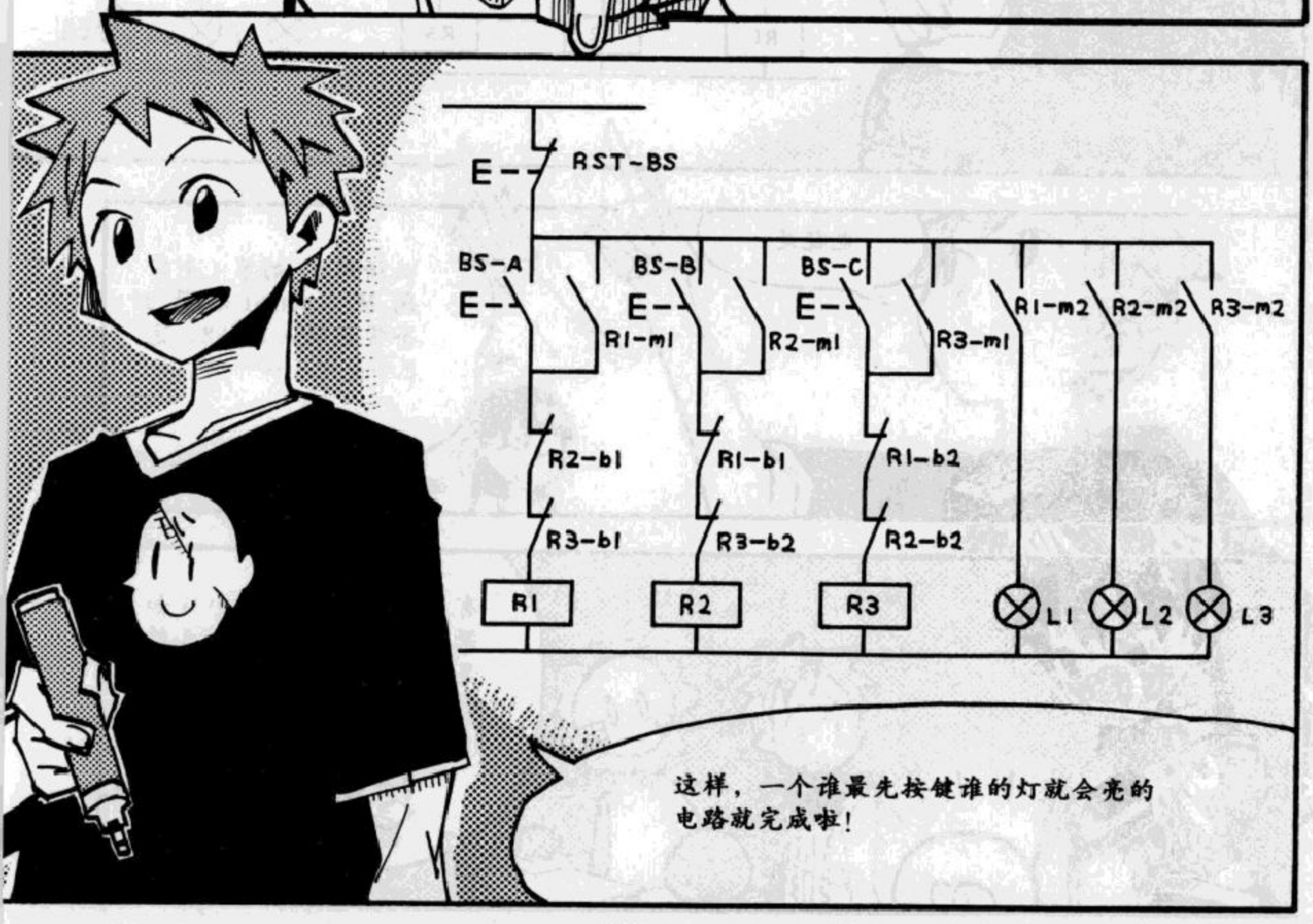
这时必须注意的是，
小A的电磁继电器常闭触点必须有两个。
RST-BS
BS-A
BS-B
BS-C
R1-m1
R2-m1
R3-m1
R1-m2
R2-m2
R3-m2
R1-b1
R1-b2
R1
R2
R3
L1
L2
L3
也就是，
必须用R1的第1个常闭触点R1-b1和第2个常闭触点R1-b2，这2个是吧……
呵呵
有了这样的电路，小A如果先按键，就只有小A的显示灯L1亮起来，小B小C随后再按键灯也不会亮。
明白了！

小B小C这部分也可以和小A一样吧？

说得没错。

小B的电磁继电器R2的常闭触点接在R1及R3的上面；小C的继电器R3的常闭触点接在R1及R2上面。

这时，与各电磁继电器上面相连的两个常闭触点都是串联状态。



这样，一个谁最先按键谁的灯就会亮的电路就完成啦！

何为时间坐标图

可是，电路越来越复杂的话，该怎么去控制它啊？好像很难啊……

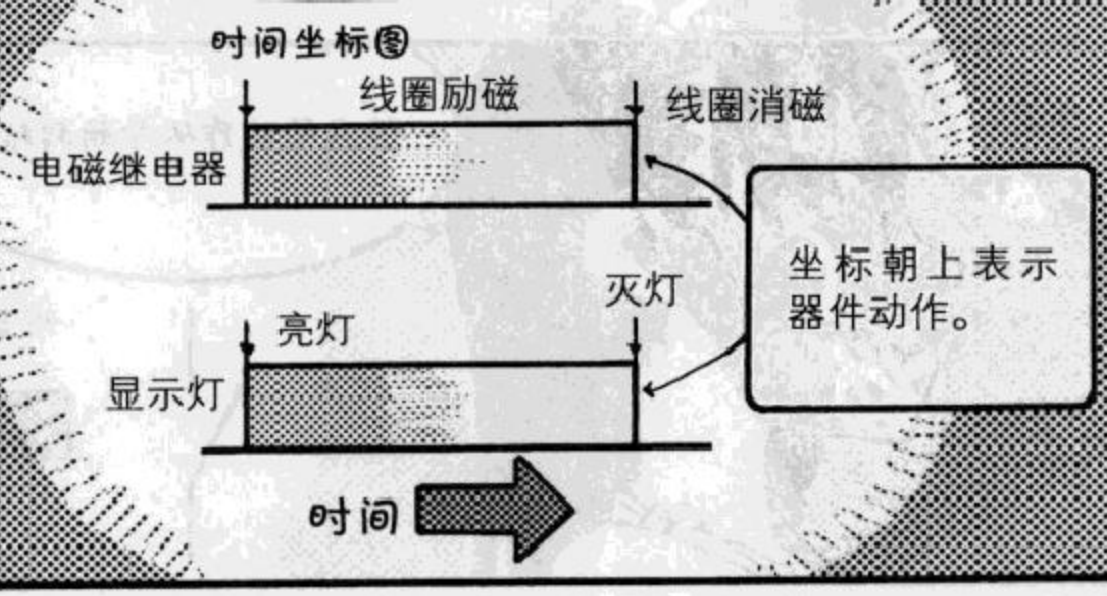
是啊。

所以，我们根据时间段和各个时间段内每个器件的动作制作成坐标图，也就是“时间坐标图”。

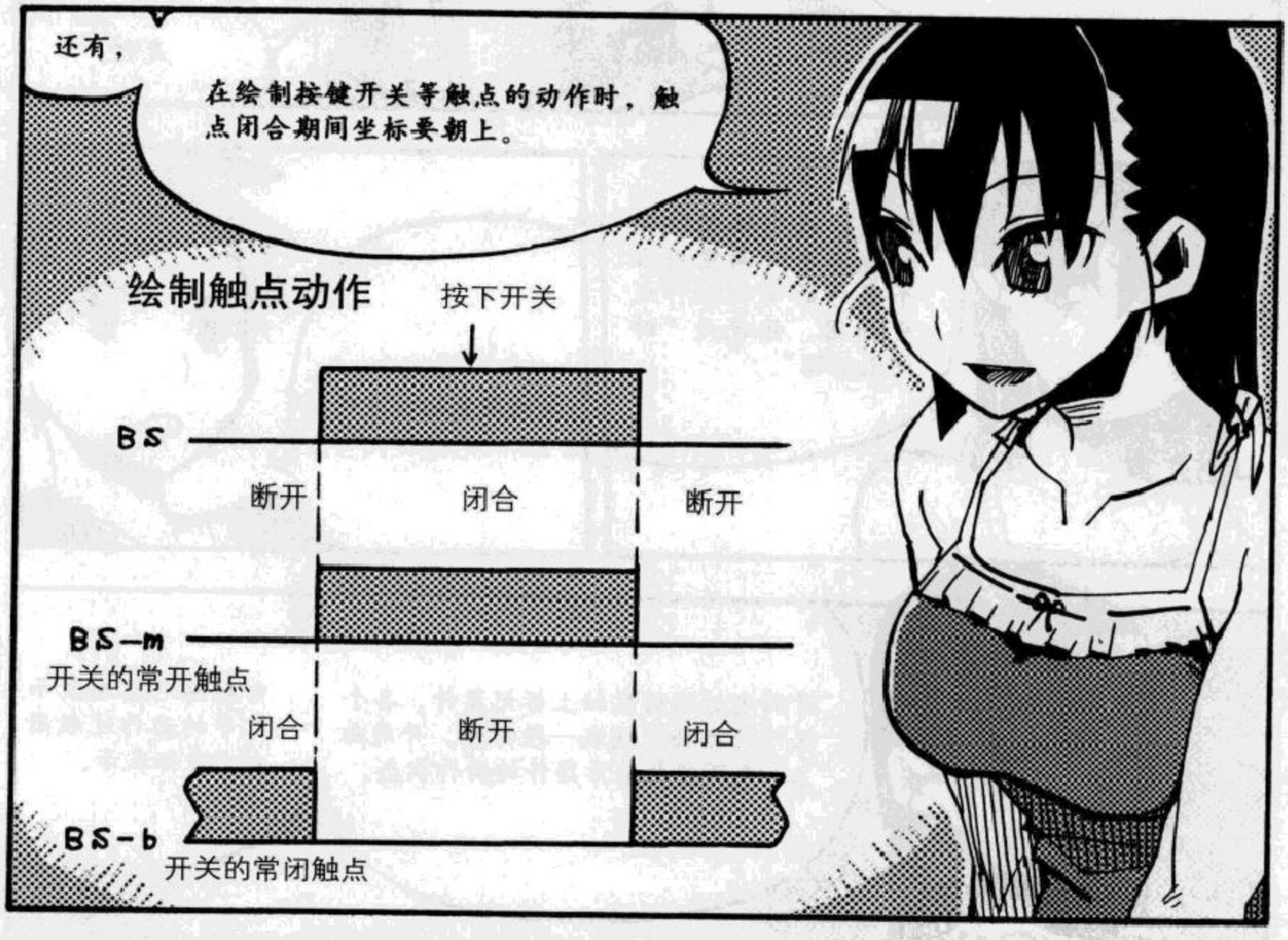
是用图表的方式吗？

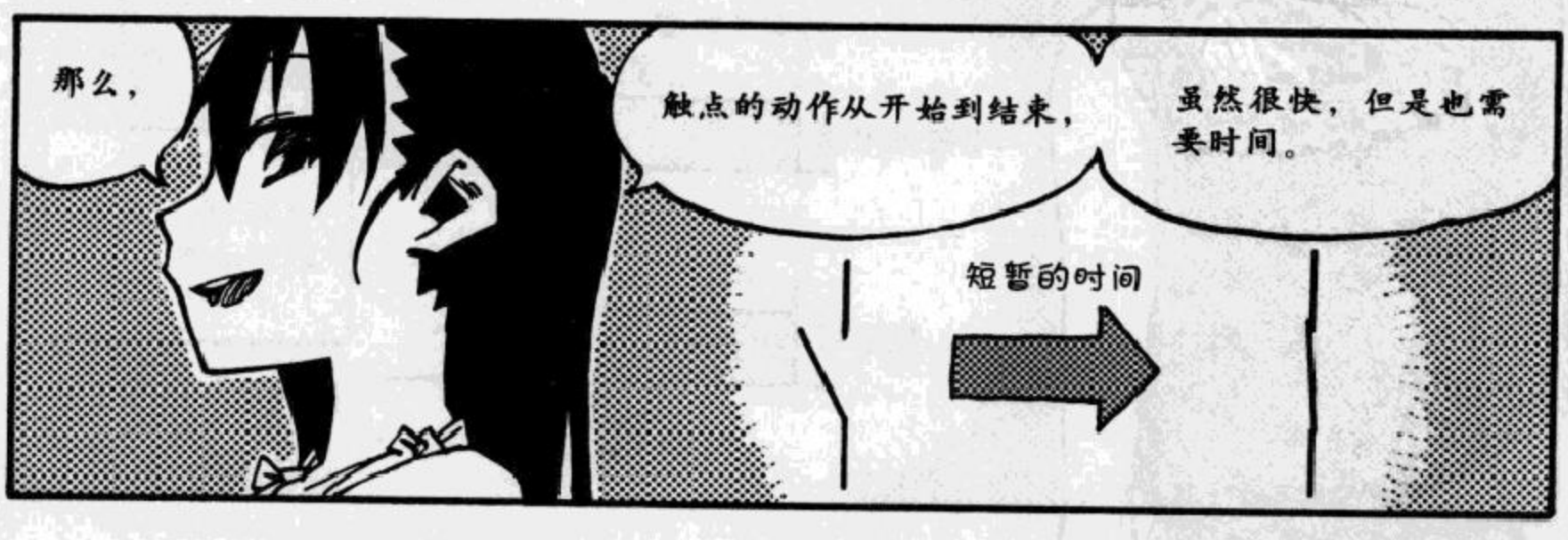
时间坐标图的纵轴上标记器件，各个器件的横轴上截取一段时间，并用向上和向下坐标表示器件的动作状态。

电磁继电器或显示灯等的动作过程用向上坐标表示。



噢……也就是，
器件动作时间段内绘制坐标，是吗？
是！


还有，
在绘制按键开关等触点的动作时，触点闭合期间坐标要朝上。
绘制触点动作
按下开关
BS
断开
闭合
断开
BS-m
开关的常开触点
闭合
断开
闭合
BS-b
开关的常闭触点


那么，
触点的动作从开始到结束，
虽然很快，但是也需要时间。
短暂的时间

如果还要考虑把这部分时间加上，

那么绘图时就不是垂直地向上或向下画，而是倾斜着画。

考虑触点动作的延迟时间

动作结束

复位动作开始

触点

动作开始

复位动作结束

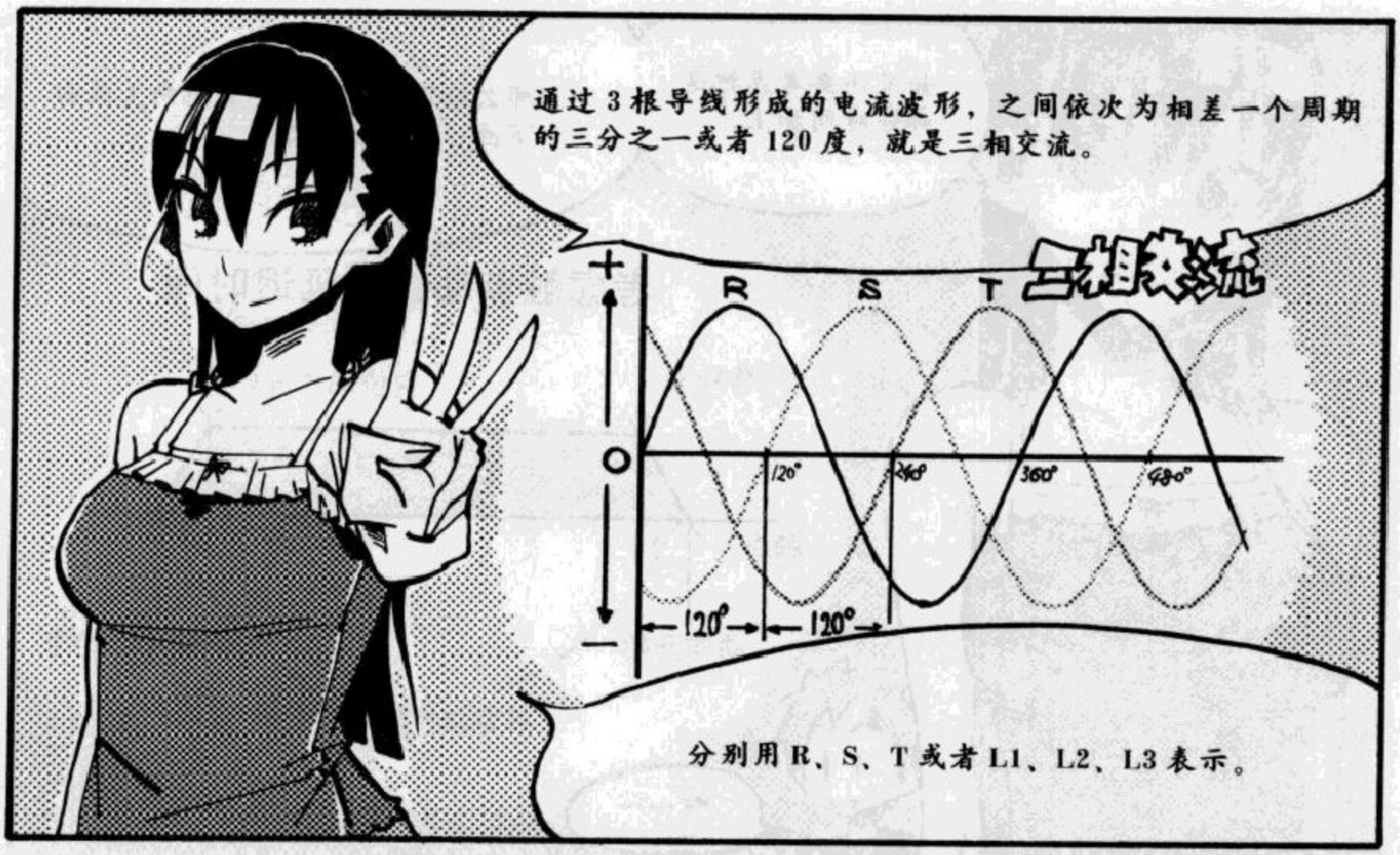
触点动作的延迟时间

啊……

作为机械的动力源，构造相对简单的三相感应电机使用广泛；电源使用较多的则是三相交流电。

……

三相是什么意思啊？

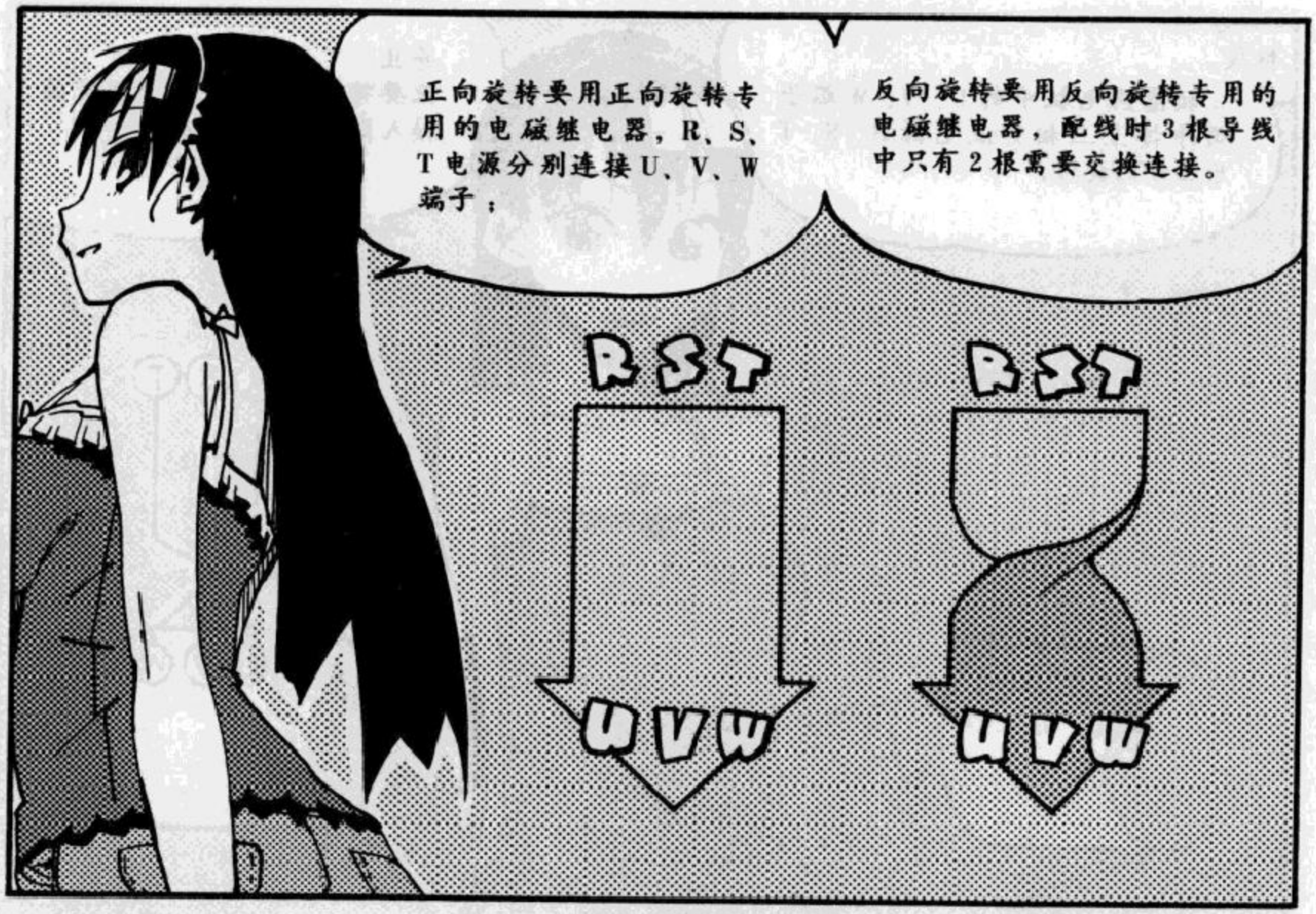

通过3根导线形成的电流波形，之间依次为相差一个周期的三分之一或者120度，就是三相交流。
三相交流
+
R
S
T
0
120°
240°
360°
480°
120°
120°
−
分别用R、S、T或者L1、L2、L3表示。

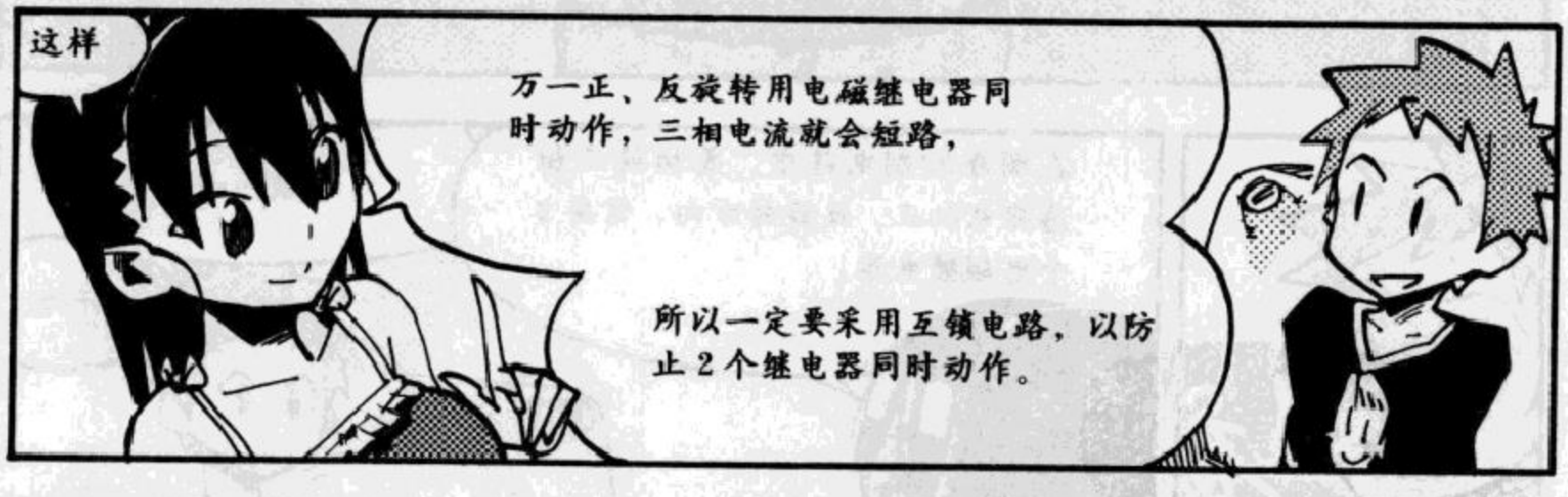
噢……有点不明白……
?
……

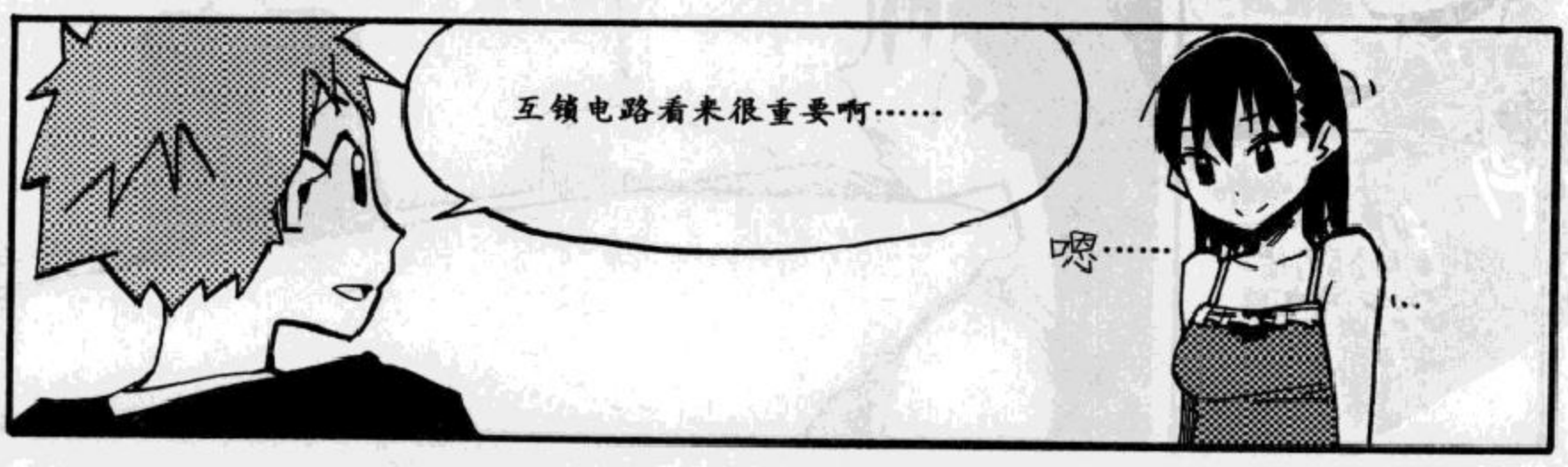
详细地解释可就长啦，
这里你就记住有三相交流这样一种东西，它只作为动力电源使用。

知道啦……

继续。
三相感应电机中的U、V、W端子顺序接上三相交流电源R、S、T后正方向旋转，
并且，
只要将3根导线中的2根交换接入则变为反方向旋转。
三相交流电源
R S T
正向旋转
U V W
三相交流电源
R S T
反向旋转
U V W


正向旋转要用正向旋转专用的电磁继电器，R、S、T电源分别连接U、V、W端子；
反向旋转要用反向旋转专用的电磁继电器，配线时3根导线中只有2根需要交换连接。
RST
UVW
RST
UVW


这样
万一正、反旋转用电磁继电器同时动作，三相电流就会短路，
所以一定要采用互锁电路，以防止2个继电器同时动作。

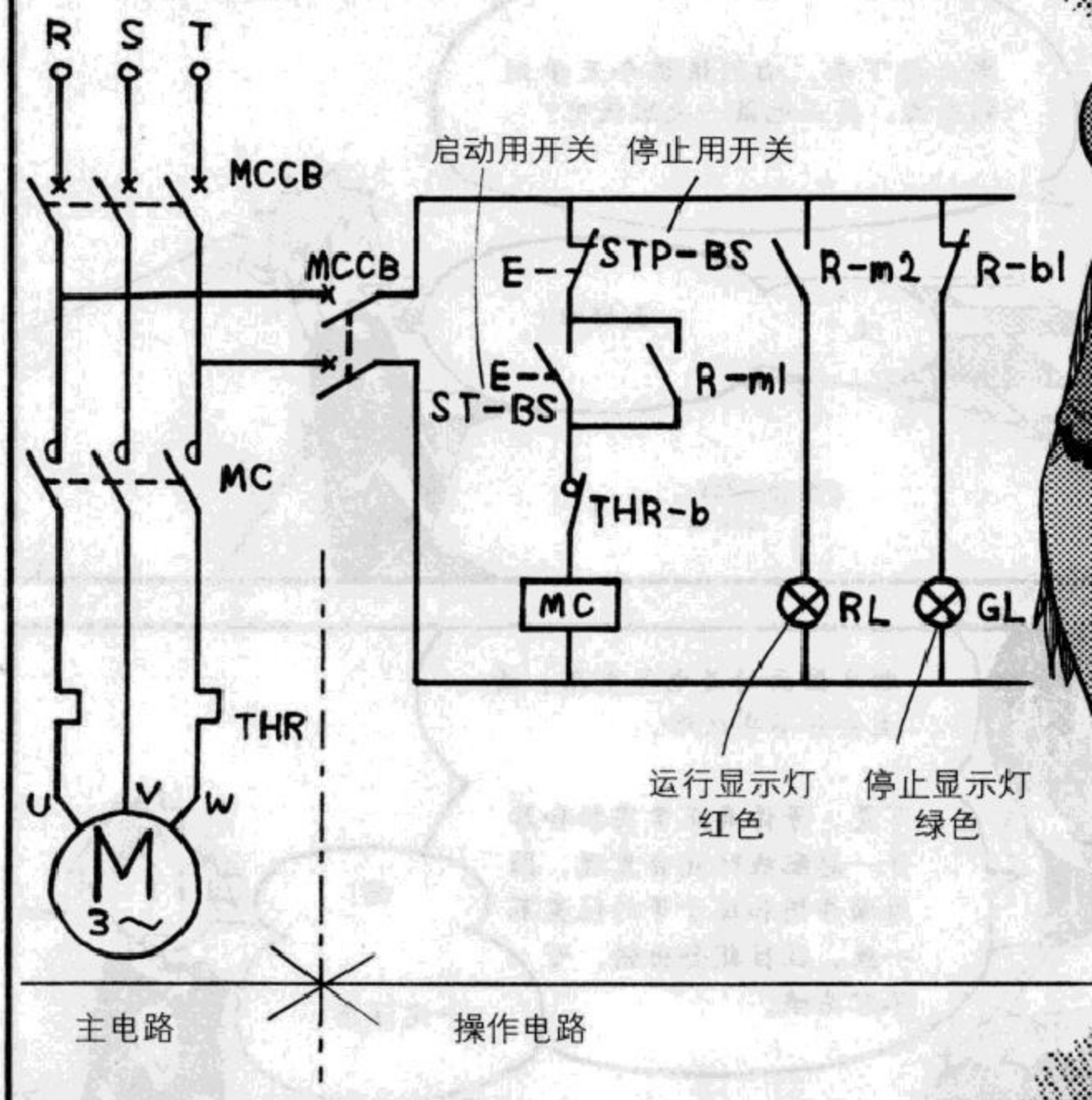

互锁电路看来很重要啊……
嗯……

对实际的顺序控制来说，运用较多的电路还是控制三相感应电机之类的电路。

哦……

我们说的顺序图，就是从三相交流电源R、S、T到电机端子U、V、W的部分，

以及控制电磁开闭器等部分构成的。



这张图中从三相交流电源到电动机当中配线部分，叫“主电路”；
电磁开闭器和显示灯等的控制部分叫“操作电路”，或者“控制电路”。
明白！

配线实践

那么接下来，咱们根据今天学到的东西，真正地做一次配线吧？
哇！
太好啦！

顺序图画的是电气电路，看上去并不那么难，
可是，等你真正拿实物和器件一起配线时就会发现，因为顺序图和端子等的位置不一致，往往就会出错，可不容易哦。
嗯！
一定注意。

今天就按照这张电路图

做一个简单的电路，要求是一个使用电磁继电器的自我保持电路，且红色显示灯亮。

L1
E-
BS
R-m1
R-m2
A1
R
A2
RL
L2

明白！

那，

准备的东西就是这些……

吧！

……

来制作自我保持电路并且让红色灯亮的必需品

按键开关 BS	1个
红色显示灯 RL	1个
电磁继电器 R	1个
电源用电流断路器	1个
电线	适量

好像教人做饭的节目呀！
怎么说来着，“这里有配线用的原料”！
哼
哼
胡说什么呢！
呵……

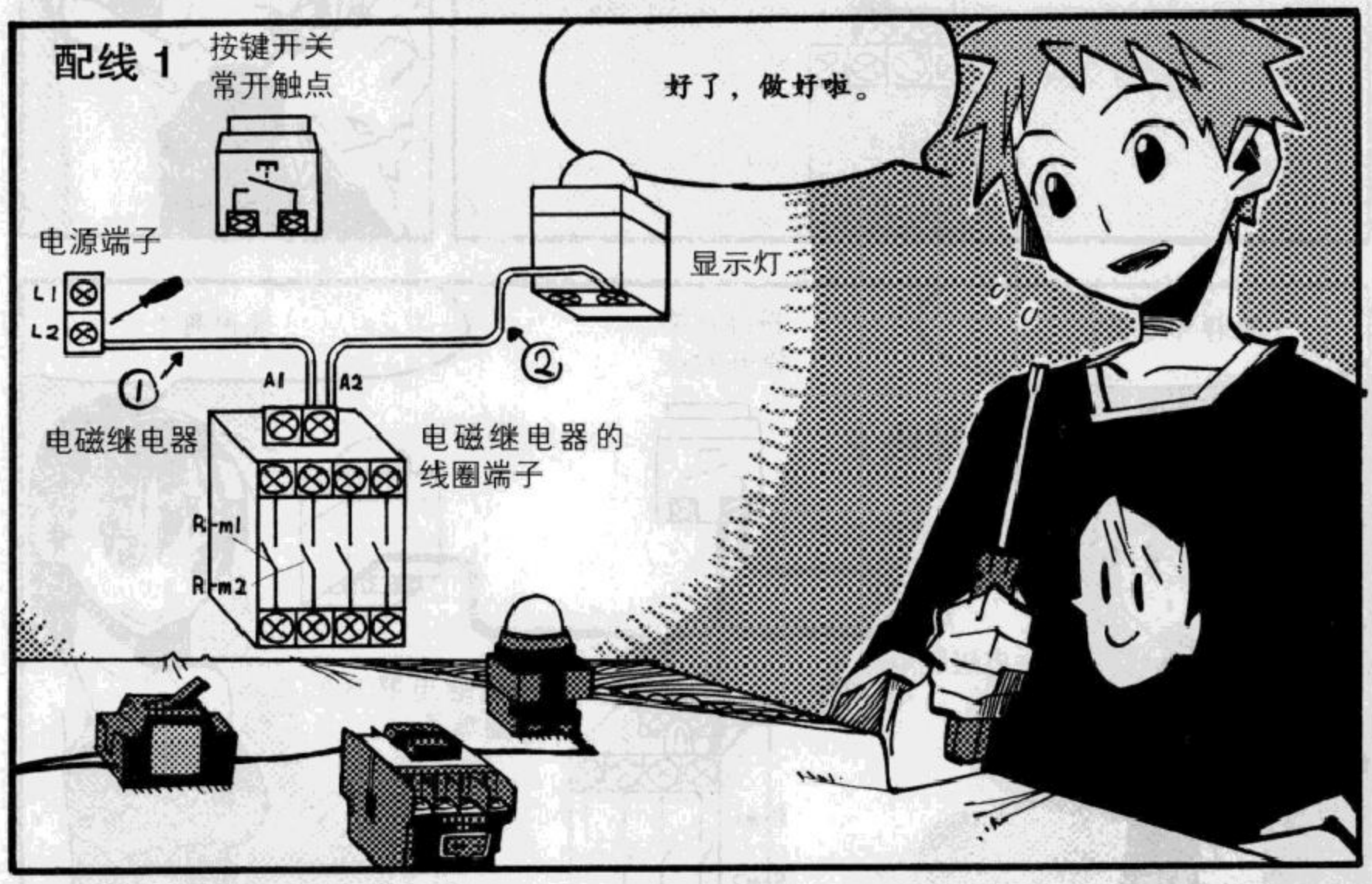
入
言归正传啊……
这次为了不让电源短路发生危险，我们要用到电流断路器。

电源先从L1、L2开始。
嗯……
配线的顺序没有规定，但是为了连接插头，我们在接上插头后将电源接到端子L2上。

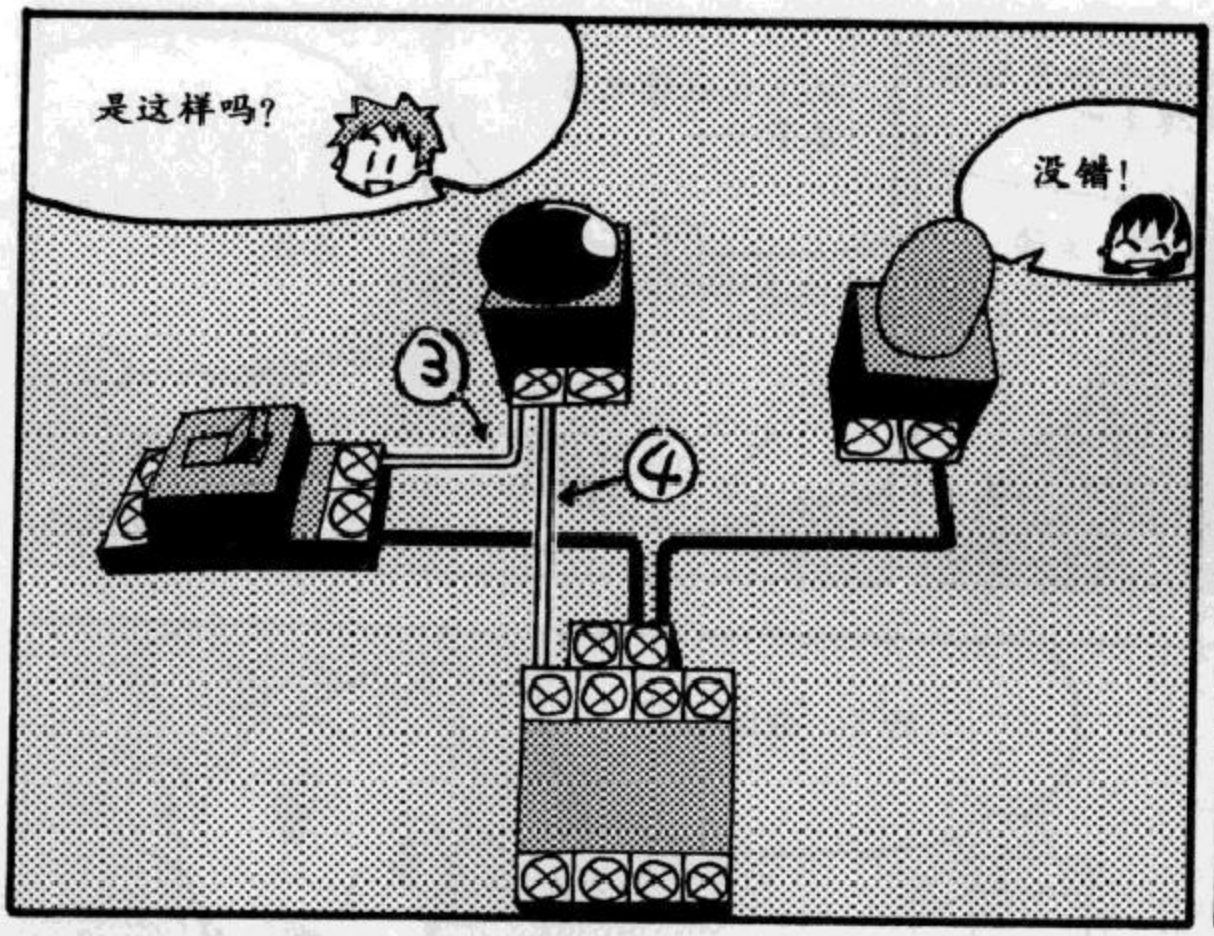
把电源接到端子L2上……
R-m2
R
A2

然后把这个和电磁继电器连接是吧？
是的。

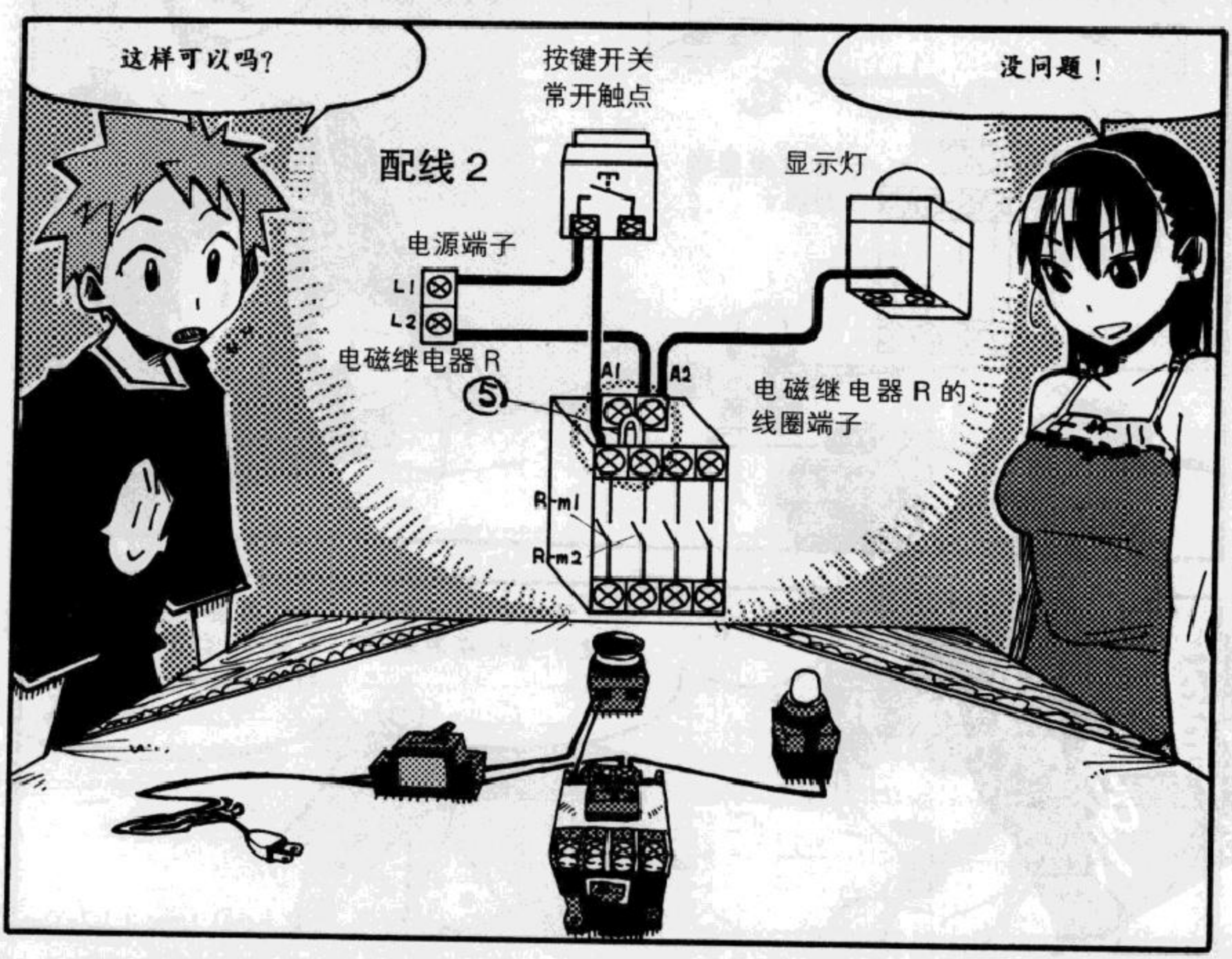
接上电磁继电器 A2 端子……
然后请从 A2 端子出发和显示灯连接。
1
2

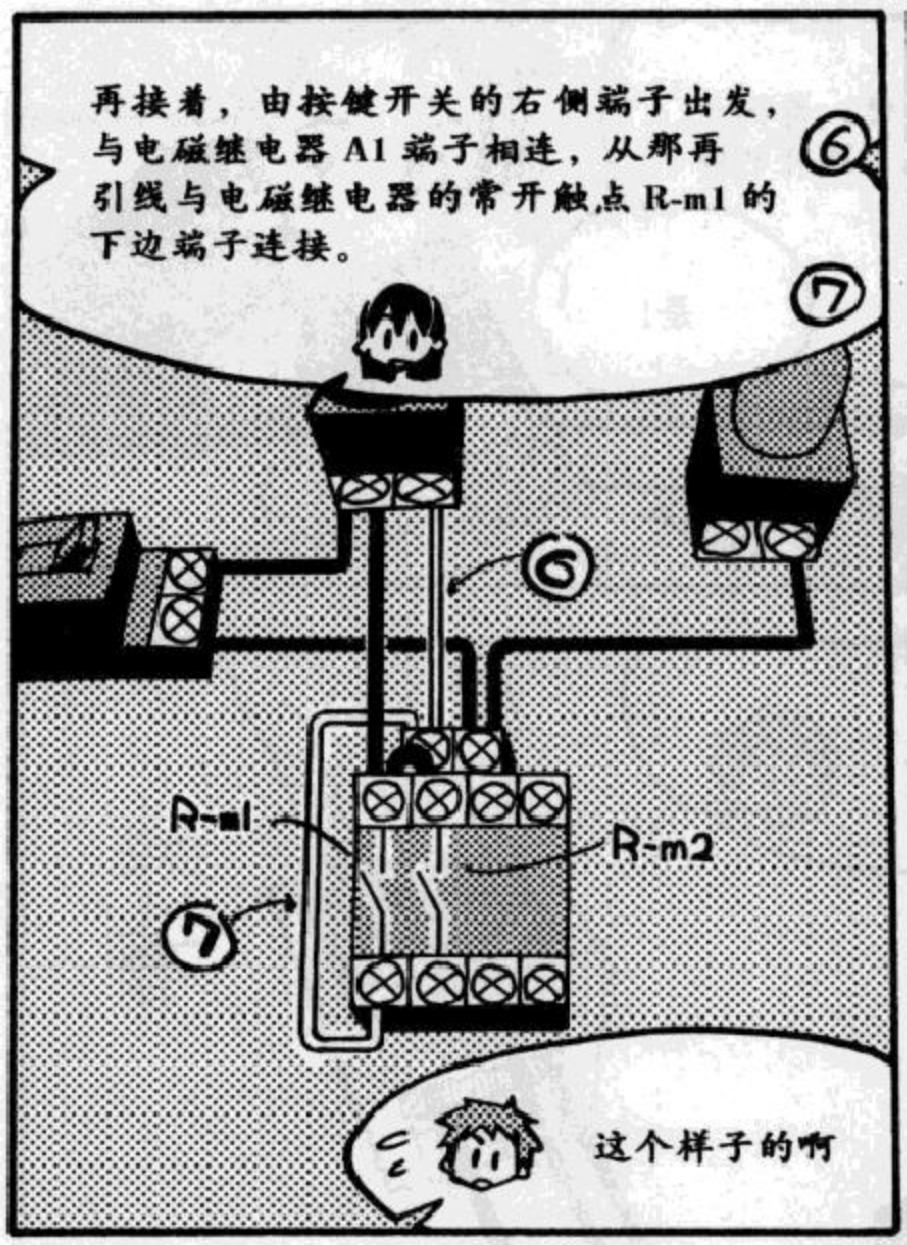

配线 1
按键开关
常开触点
电源端子
L1
L2
显示灯
A1
A2
电磁继电器
电磁继电器的
线圈端子
R-m1
R-m2
好了，做好啦。

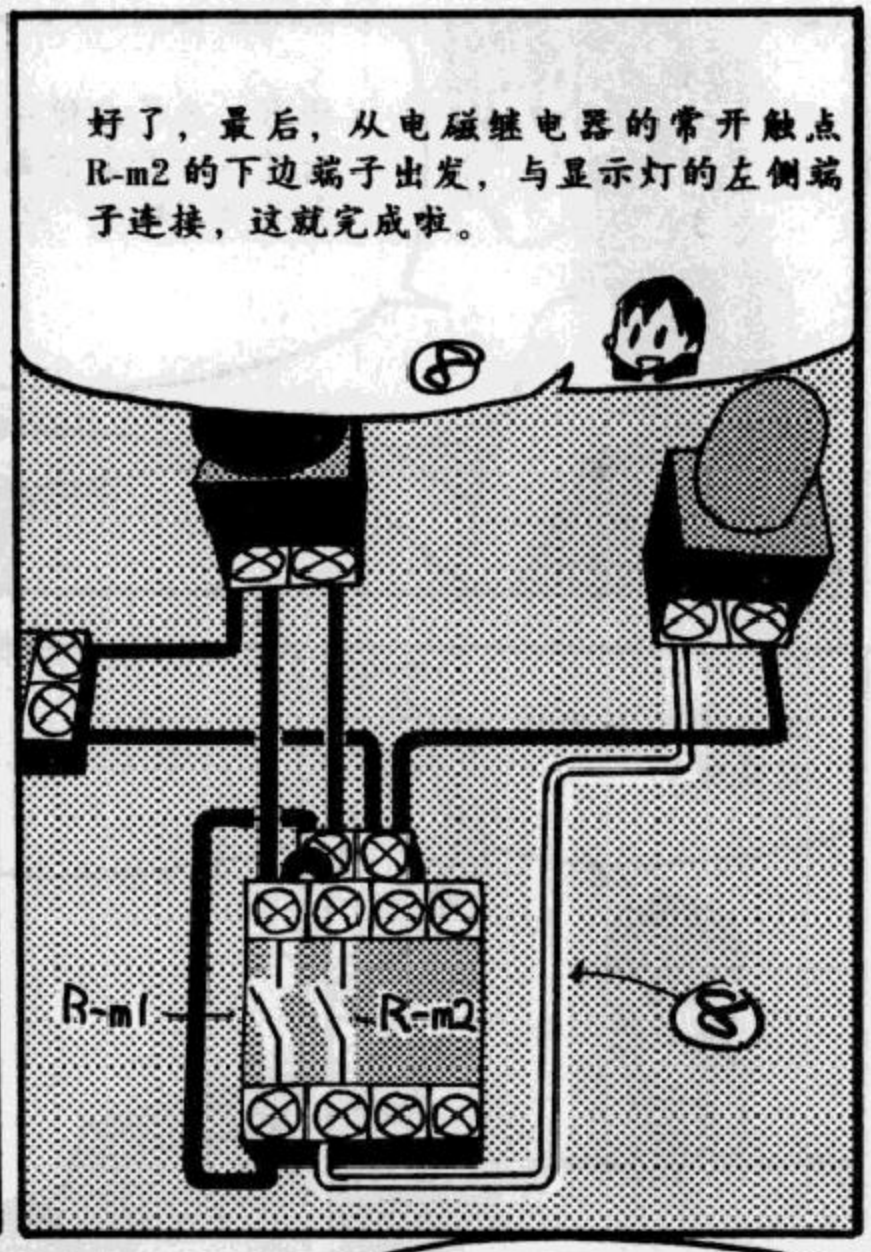
接下来，
从电源端子 L1 出发和按键开关的右侧端子连接，
再从那出发连接电磁继电器的常开触点 R-m1 的上边端子。
3
4

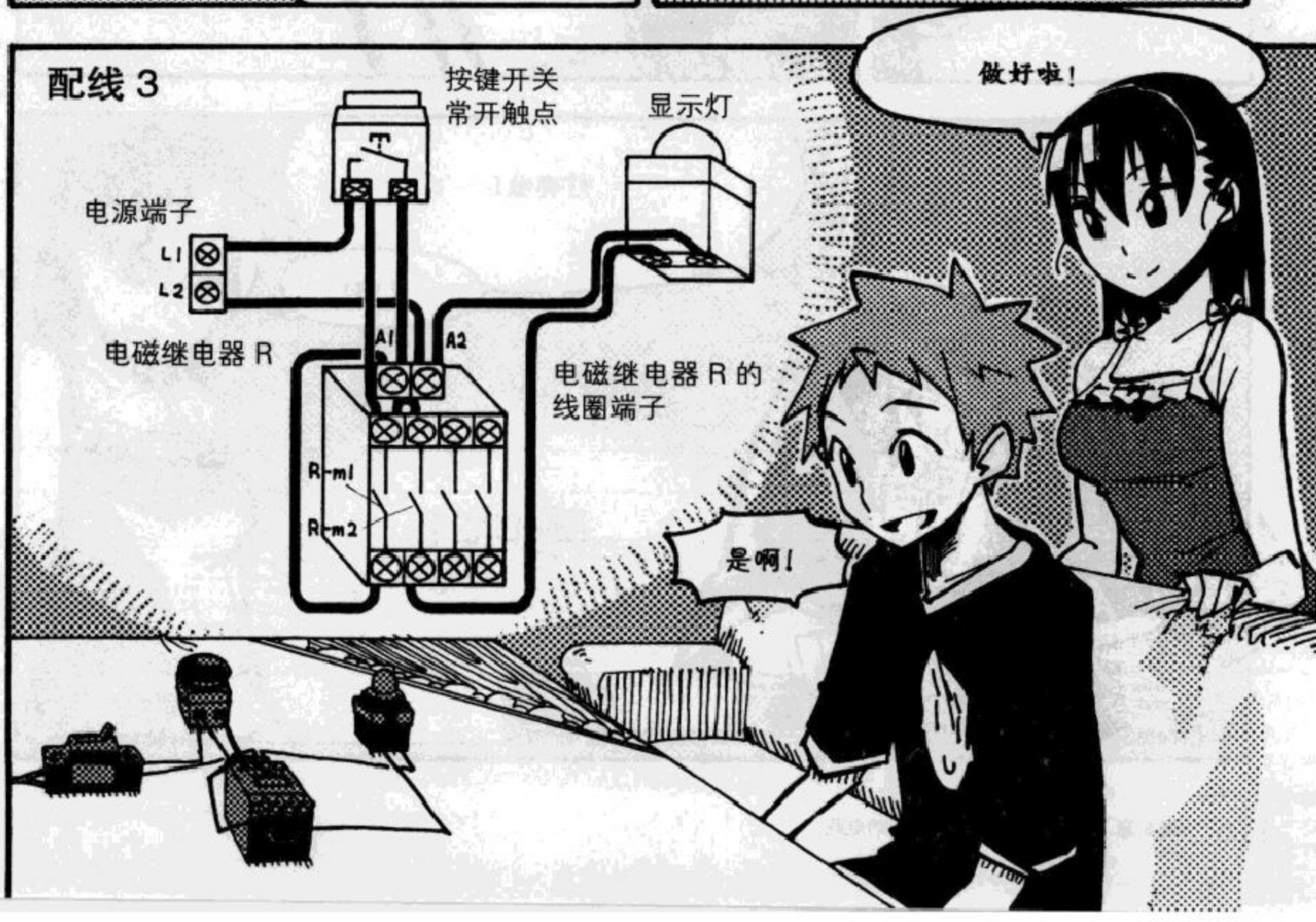

是这样吗？
没错！
③
④

再从那出发用短线与旁边常开触点 R-m2 上边端子连接。
⑤


这样可以吗？
没问题！
配线 2
按键开关
常开触点
显示灯
电源端子
L1
L2
电磁继电器 R
⑤
A1
A2
电磁继电器 R 的
线圈端子
R-m1
R-m2

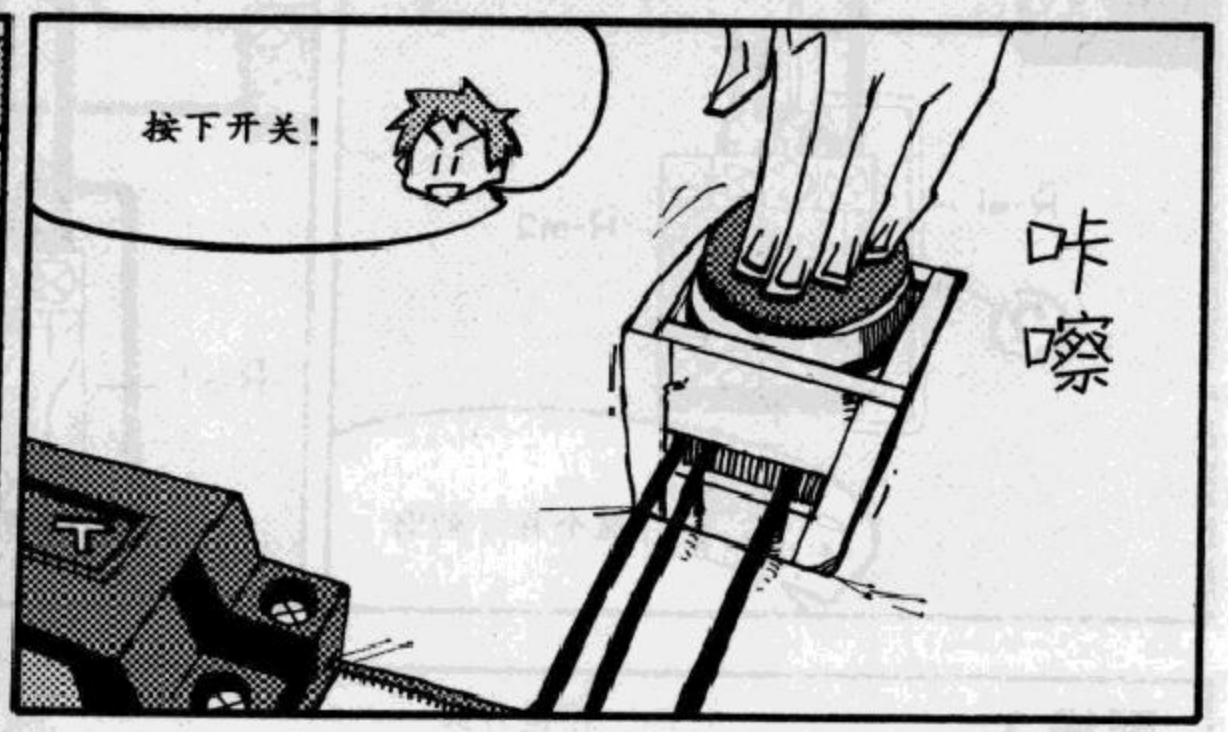

再接着，由按键开关的右侧端子出发，与电磁继电器 A1 端子相连，从那再引线与电磁继电器的常开触点 R-m1 的下边端子连接。
⑥
⑦
R-m1
R-m2
这个样子的啊


好了，最后，从电磁继电器的常开触点 R-m2 的下边端子出发，与显示灯的左侧端子连接，这就完成啦。
⑧
R-m1
R-m2


配线 3
按键开关
常开触点
显示灯
电源端子
L1
L2
电磁继电器 R
A1
A2
电磁继电器 R 的
线圈端子
R-m1
R-m2
做好啦！
是啊！

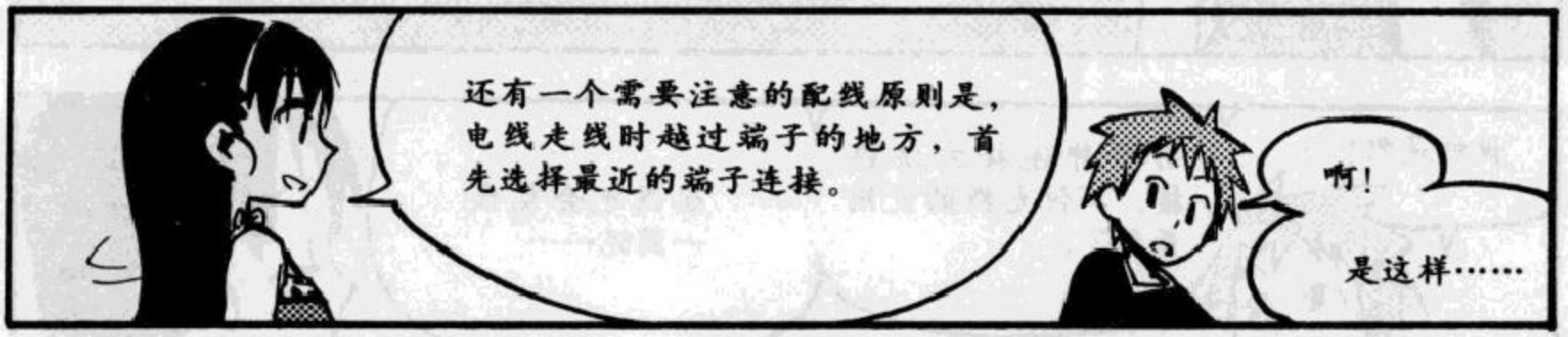
还有，为了方便按键，请把开关放入一个盒子里，再将电源和这个“插座”连上。
是！
咔

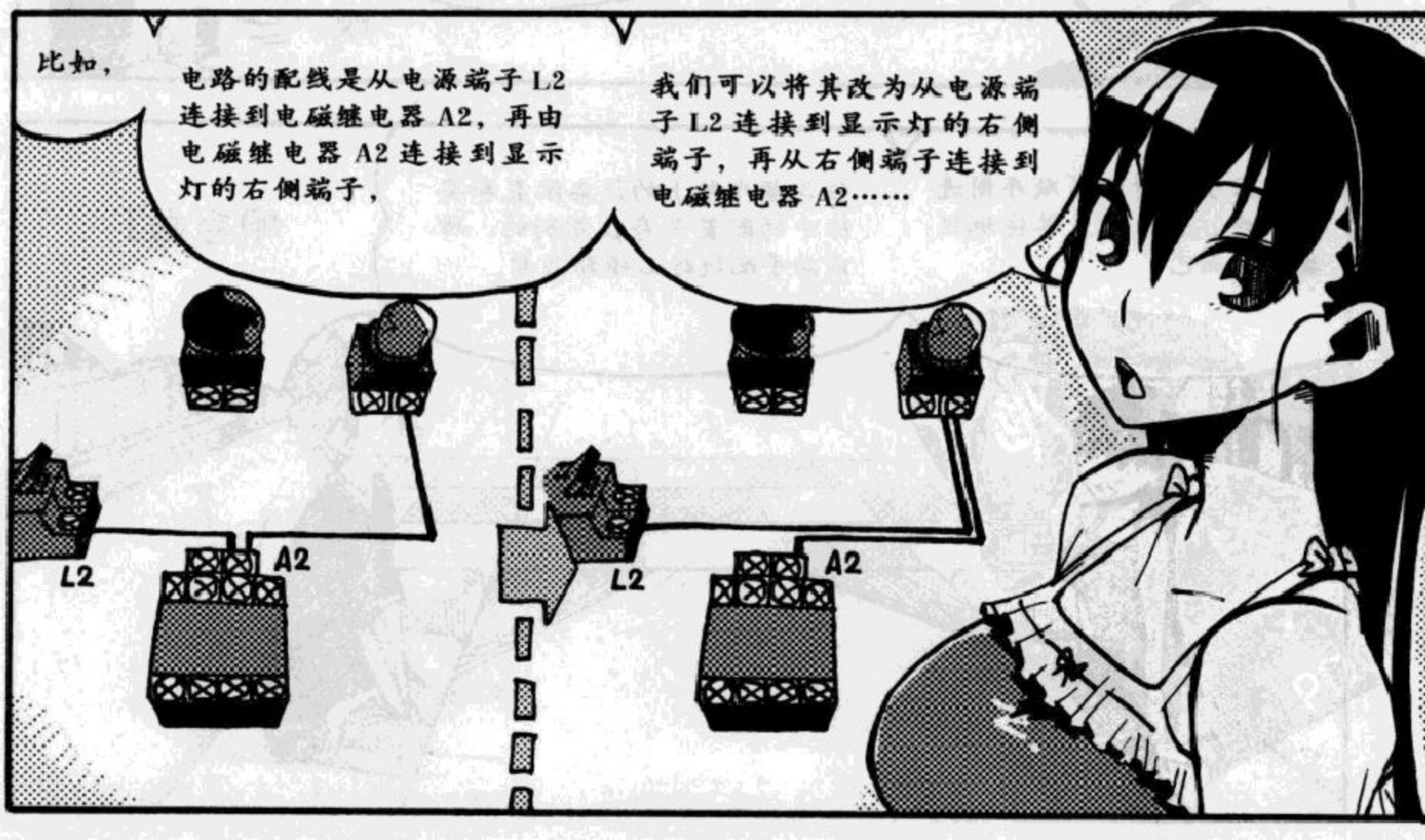
现在来按下开关试试吧！

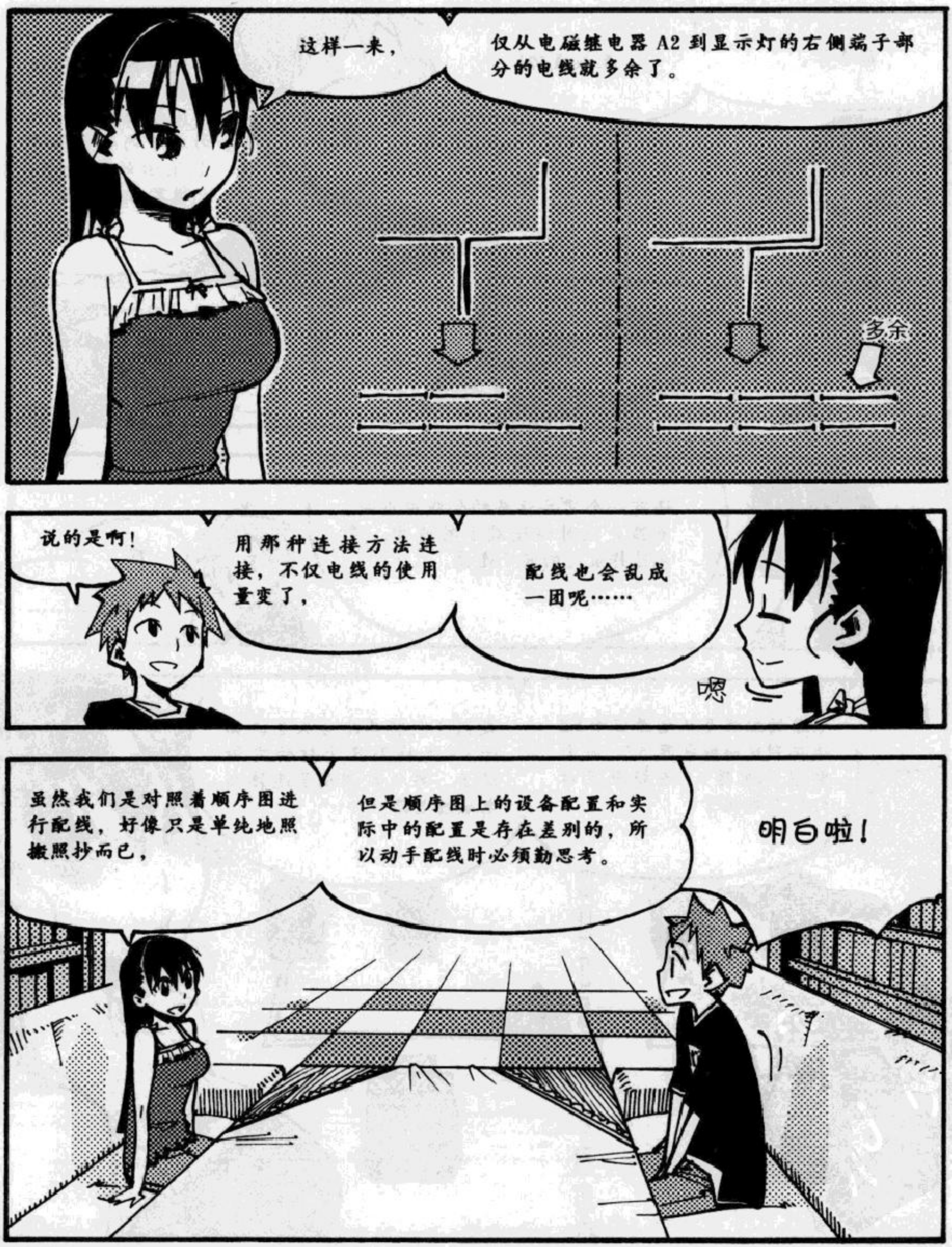

按下开关！
咔嚓

灯亮啦！
是啊！
亮啦！

恭喜你，
配线成功！
可是，
你说得没错，即使是简单的顺序图，实际操作配线时因为端子的位置和图上显示的不一样，也很容易弄错呢。
亮


还有一个需要注意的配线原则是，电线走线时越过端子的地方，首先选择最近的端子连接。
啊！
是这样……


比如，
电路的配线是从电源端子L2连接到电磁继电器A2，再由电磁继电器A2连接到显示灯的右侧端子，
我们可以将其改为从电源端子L2连接到显示灯的右侧端子，再从右侧端子连接到电磁继电器A2……
L2
A2
L2
A2


这样一来，
仅从电磁继电器 A2 到显示灯的右侧端子部分的电线就多余了。
多余
说的是啊！
用那种连接方法连接，不仅电线的使用量变了，
配线也会乱成一团呢……
嗯
虽然我们是对照着顺序图进行配线，好像只是单纯地照搬照抄而已，
但是顺序图上的设备配置和实际中的配置是存在差别的，所以动手配线时必须勤思考。
明白啦！

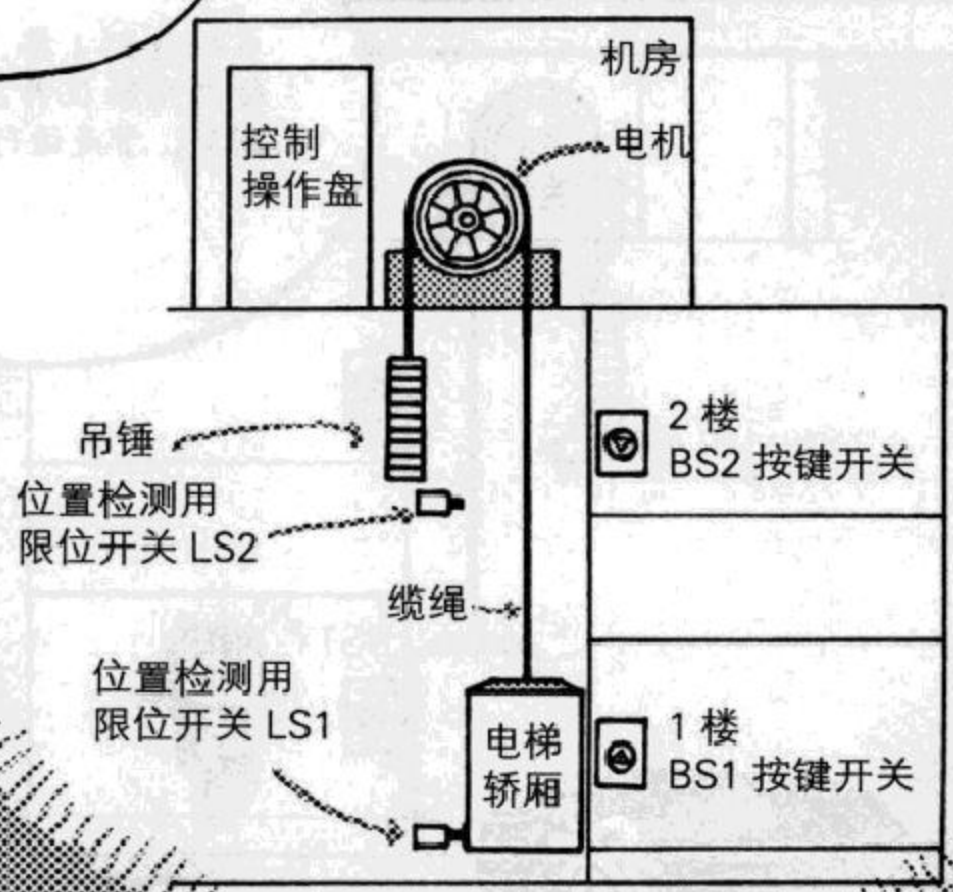
电梯的基础电路

最后大致地说一说电梯吧……

哦！！终于到电梯啦！！

就举个简单的例子说明吧。电梯只有1楼到2楼，

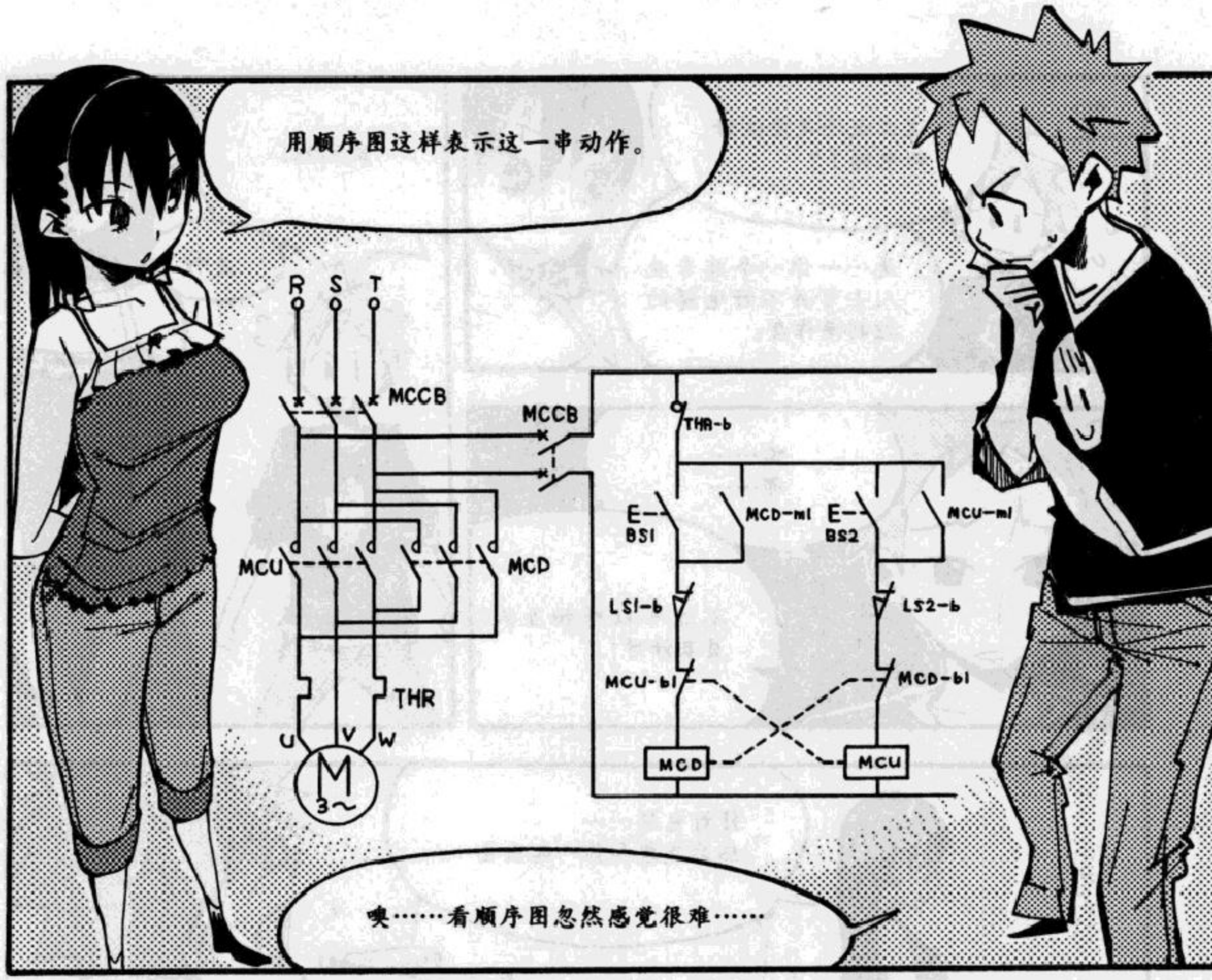
构造是这样的。



这楼里的电梯也是一样的构造吧？

基本上是一样的。我就用这个例子讲解电梯顺序控制的大概内容。

例如，当电梯轿厢位于2楼时，按下1楼的按键开关BS1，电机启动，轿厢下降。
BS2
轿厢
LS2
下降
BS1
LS1
当运行到1楼，被位置检测用限位开关LS1检测到，于是运行停止。
LS2
BS1
LS1
真没想到！这一串运行动作听上去很简单的嘛……
喀喀！


用顺序图这样表示这一串动作。
R S T
MCCB
MCCB
THR-b
E-BS1
MCD-ml
E-BS2
MCU-ml
MCU
MCD
LS1-b
LS2-b
MCU-bl
MCD-bl
THR
U V W
M 3~
MCD
MCU
噢……看顺序图忽然感觉很难……

而且电梯实际的运行也没有那么简单。
啊？
比如，只有当轿厢的门和每层楼的门全部关闭时电机才会运转；
抵达目的楼层之前，要降低电机速度，等等，
……
这些都需要非常复杂的控制操作。

啊!
这么说还是没法修好电梯了?
是……你一个非专业人士可弄不好电梯的控制操作盘。

真的吗!
是啊

唉……
那……
不过可以叫物业人员来修呀!

修好电梯……
然后我想和你一起出去……

嗯!

出……
出去!

对了，既然你都知道我这个非专业的修不好，怎么还一直给我上课呢？
是因为只有讲顺序控制的话题你才会来……
呃——
那个是
啊？！
不对，
就算不是这样，如果房东小姐同意的话，我也会来玩啊！
呵呵……
谢谢你！
不，不，应该是我谢谢你！
很开心啊，听房东小姐这么说！

呵呵……
还叫我房东小姐呢……
我的名字叫森日岐子。
哈哈……
对呀！
我有个很气派的名字哦——恩节开！
小开君……
日岐子妹妹！
什么，叫妹妹……
啊，
不好……吗？

第6章 小 结

基础电路和时间坐标图

如图 6.1 所示，显示灯和按键开关连接。该电路中的显示灯只有在按下开关时才会亮，手拿开时又熄灭。

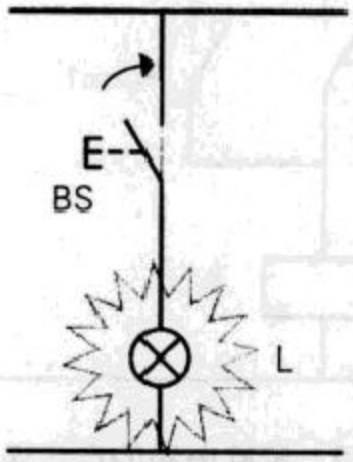


图6.1 按键开关和显示灯

接着，如图 6.2 所示，电路中追加一个电磁继电器，按键开关触点和电磁继电器的常开触点并联。按下按键开关电磁继电器开始动作，此时由于电磁继电器的常开触点 R-m1 有电流通过，即使将手放开，电磁继电器仍然可以保持励磁状态。

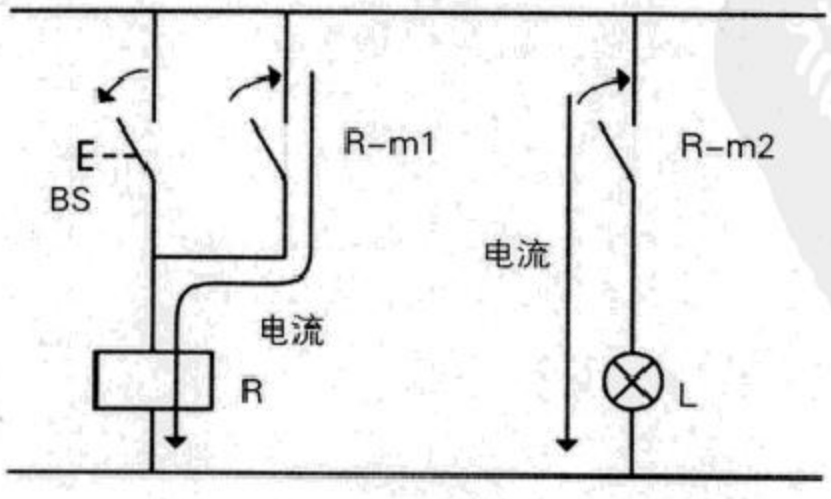


图6.2 自我保持电路

这类通过电路自身的触点维持动作的电路，就叫自我保持电路。此电路在手动控制向自动控制过渡的动作中起着重要的作用。

要使处于自我保持状态的电路回到初始状态，就必须阻断电磁继电器的励磁电流，例如，追加一个按键开关，其常闭触点阻断电流后，就恢复到了初始状态。图 6.3 中，电源部分插入了一个常闭触点，其实即使放在电磁继电器的线圈上面，仍然可以解除电路的自保持。

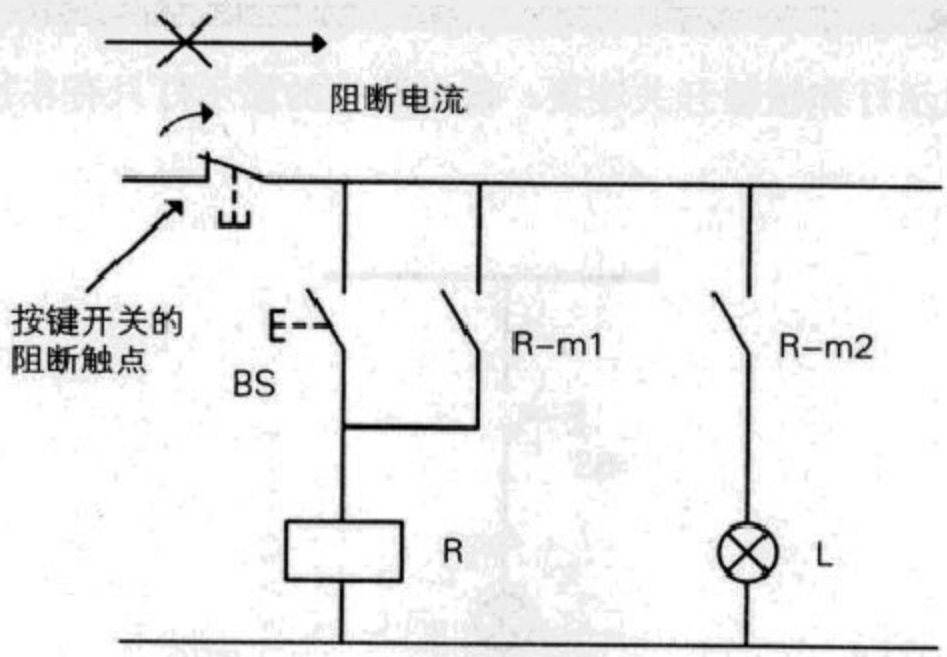
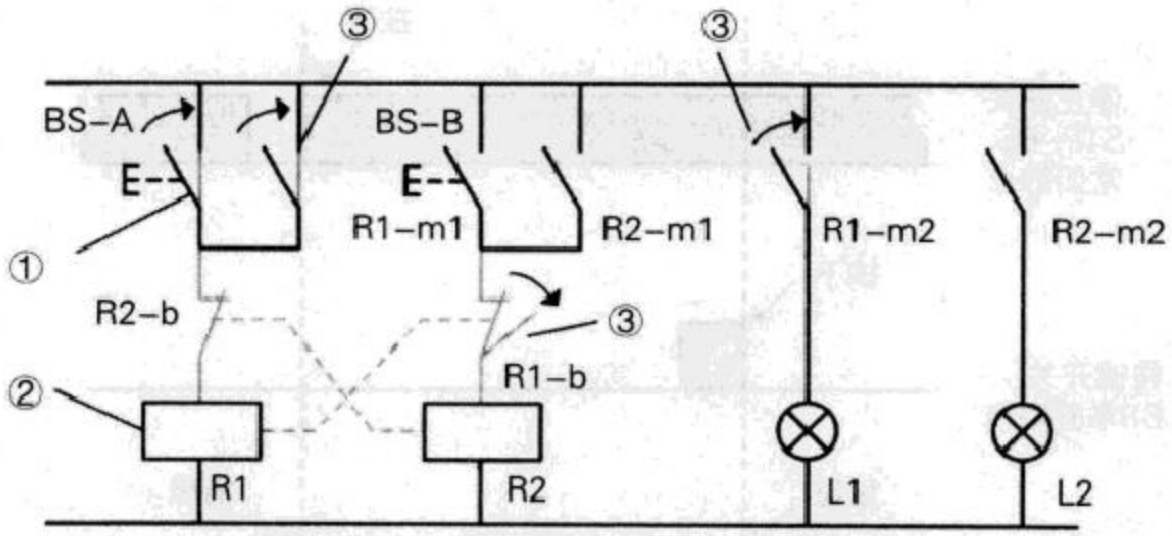


图6.3　解除电路的自我保持

图 6.4 中有 2 组自我保持电路。将各电磁继电器的常闭触点分别连接到另一方的继电器线圈时，只有抢先按键一方的自我保持电路动作，后按键的一方不动。这种阻止其他方动作的电路叫做互锁电路。

此电路通常用于多种关联装置同时动作导致判断不明时。这里的“互锁”，其实就是“设置内部互锁”的意思。



为阻止电磁继电器R1、R2同时动作，此电路设置了互锁。
动作1 按下按键开关BS-A。
动作2 电磁继电器R1产生励磁。
动作3 R1-m1关闭，R1自我保持。R1-m2关闭，显示灯L1点亮，R1-b打开。在该状态下，即使按下按键开关BS-B，电磁继电器R2无法动作。

图6.4 互锁电路

顺序电路中每个器件的动作一般情况下都是随着时间的前进而相继发生的。如果将这一过程制成图形表格，就有了时间坐标图，通过坐标图，各个器件动作的关系可以一目了然。

时间坐标图的横轴为时间，各段时间表示器件动作的区间，区间的坐标向上。比如图6.5，该电路表示的是“按下按键开关电磁继电器自保持，显示灯点亮”，用时间坐标图标表示则如图 6.6 所示。

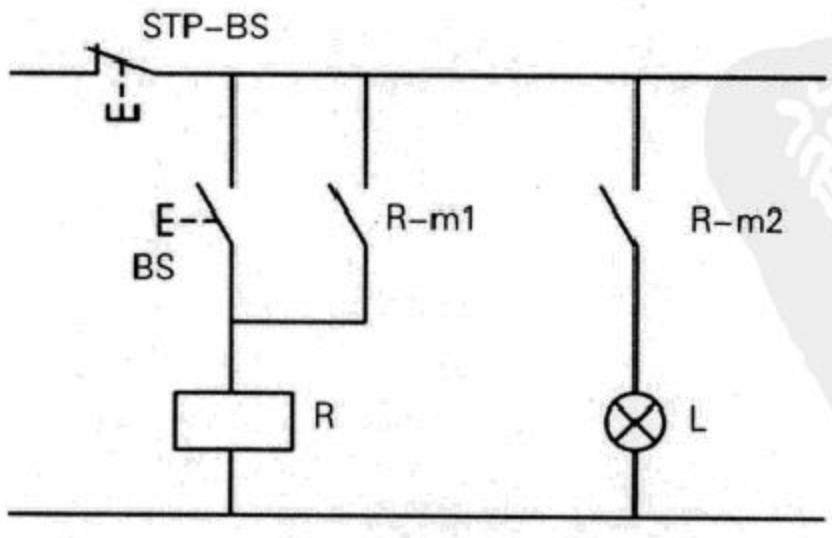


图6.5 自我保持状态下的显示灯点亮电路图

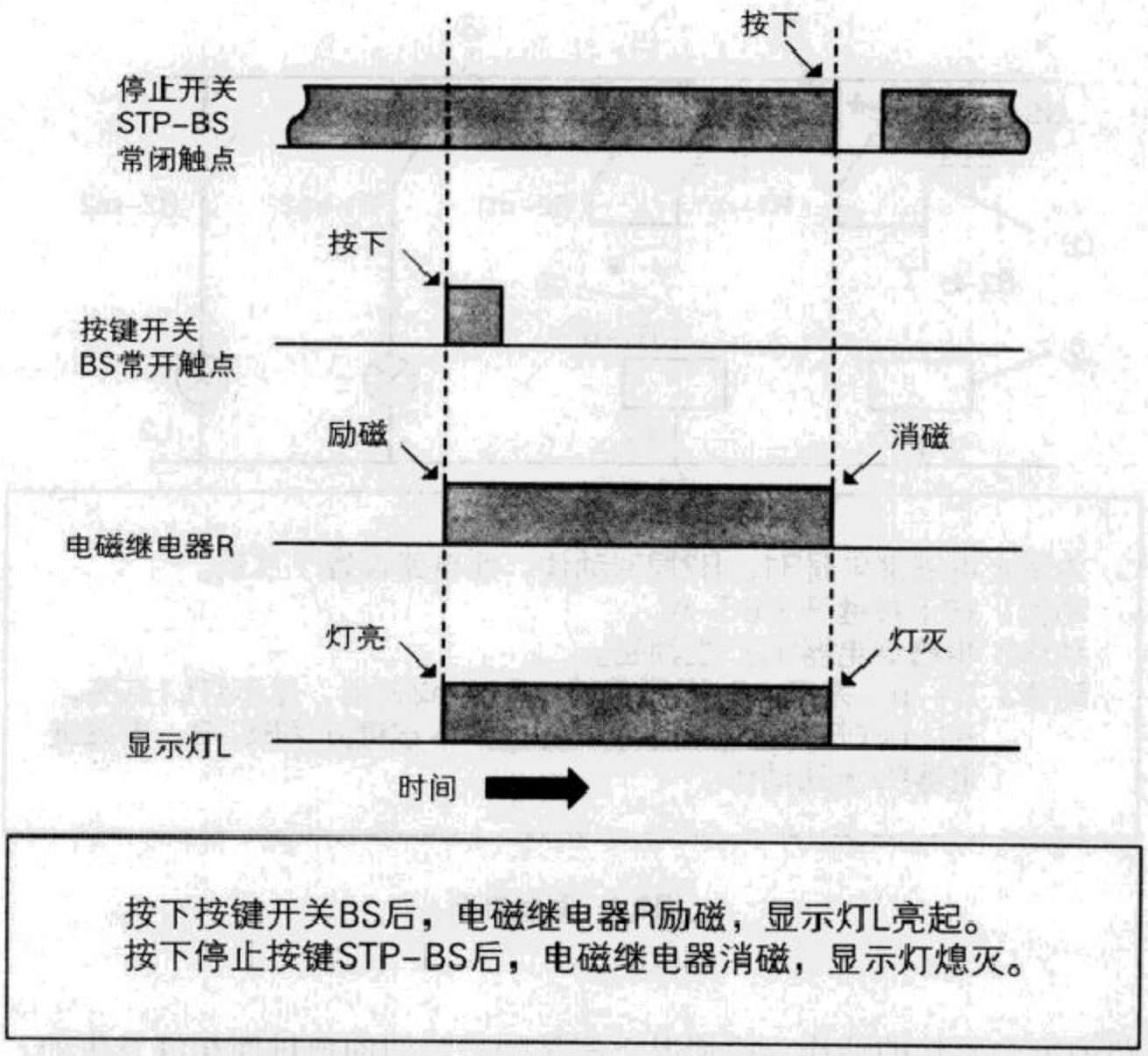
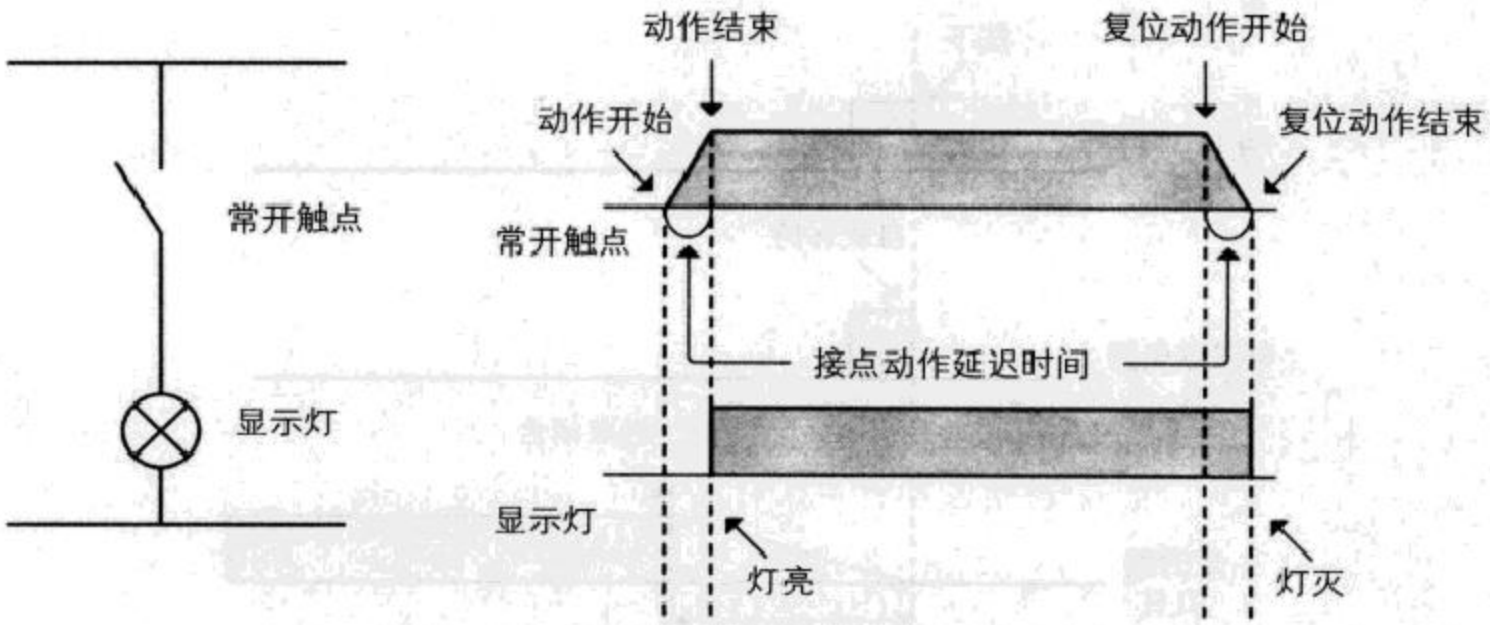


图6.6　自我保持电路的时间坐标图

开关触点或电磁继电器触点的动作完成时间非常短，如果必须表示这个时间，坐标的向上或向下不画垂直，而要稍微倾斜。



由于常开触点动作有短暂延迟，所以显示灯的亮灯和熄灭也会有短暂延迟。

图6.7　接点动作的延迟时间

配置定时器的限时动作电路

图 6.8 是一个使用了电磁继电器和定时器的限时动作电路。按键开关按下后电磁继电器自我保持，同时定时器也开始动作，定时器的常开触点在设定时间到了之后闭合，显示灯亮起。

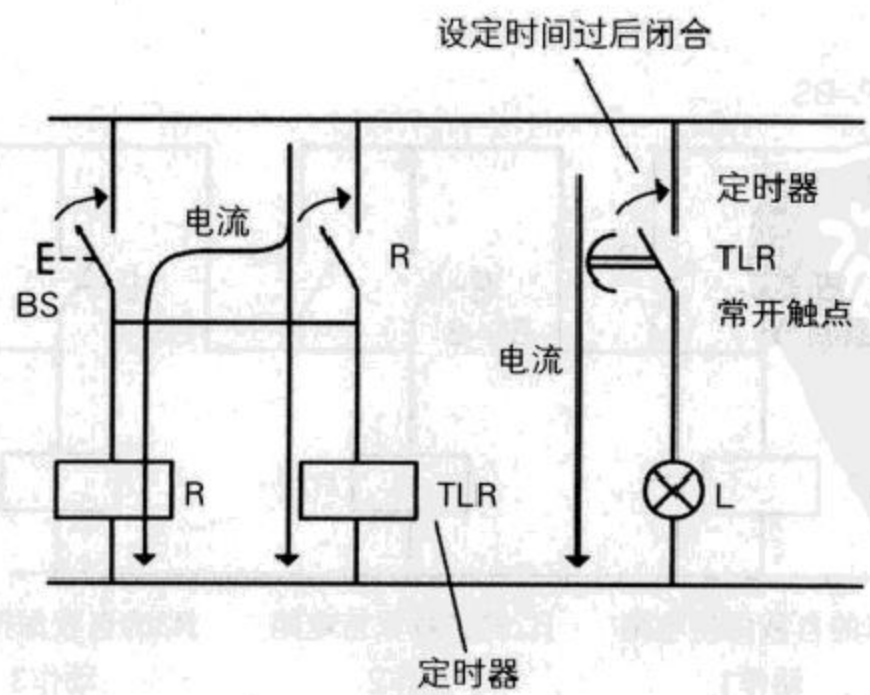


图6.8　使用定时器的限时动作电路

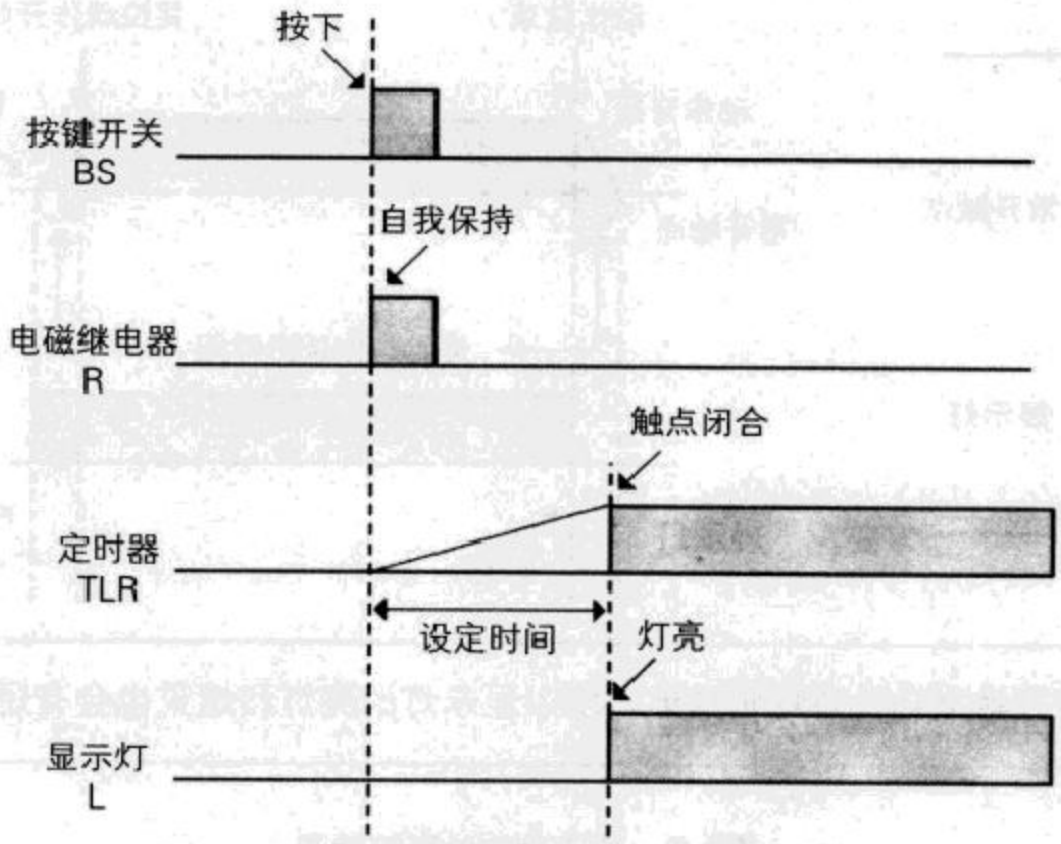


图6.9　限时动作电路的时间坐标图

顺序动作电路

图 6. 10 的电路中有 3 组自我保持电路，要使它们全部动作必须按照 A、B、C 的顺序依次按下按键开关。此电路叫顺序电路，当机械设备较多，且需要按照预定顺序动作时，就要用到这种电路。

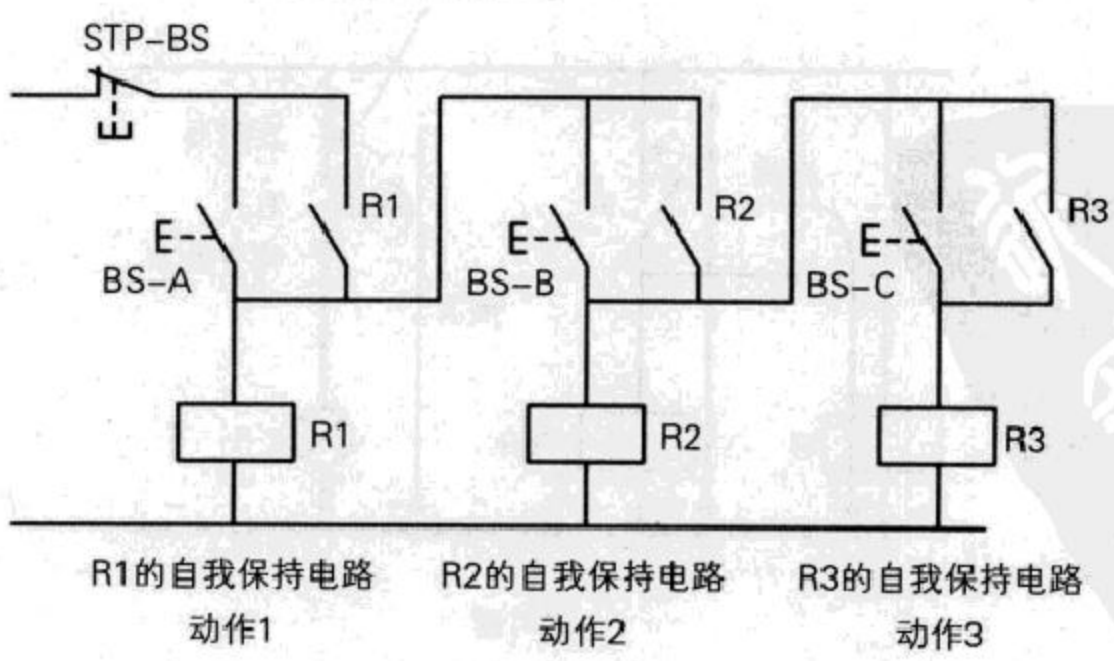
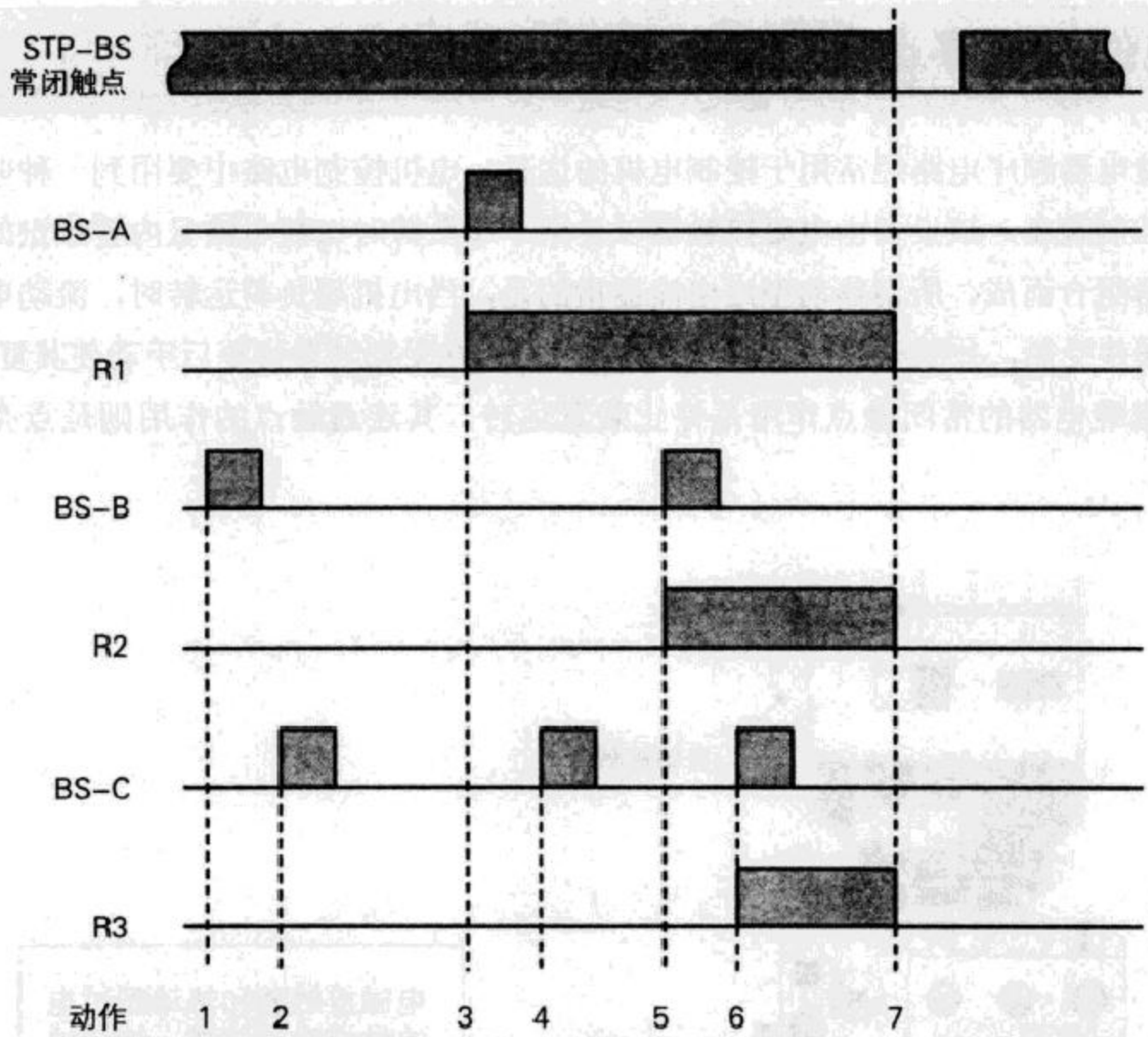


图6.10　顺序动作电路



动作1 按下BS-B，R2不动。
动作2 按下BS-C，R3不动。
动作3 按下BS-A，R1自我保持。
动作4 按下BS-C，R3不动。
动作5 按下BS-B，R2自我保持。
动作6 按下BS-C，R3自我保持。
动作7 按下STP-BS，全部复位。

图6.11 顺序动作电路的时间坐标图

电机的运行停止电路

电磁继电器顺序电路经常用于控制电机的运行。电机控制电路中要用到一种叫电磁开闭器的专用控制设备。该设备由电磁接触器以及用于超负荷时切断电路且内置触点的热动型过电流继电器组合而成。所谓热动型过电流器指的是，当电机超负荷运转时，流动电流使得内置的双金属片受热，并制动触点。动作后的触点，须在受损装置修复后手动使其复位。

过电流继电器的常闭触点作用是停止装置运转，其连通触点的作用则是点亮故障显示灯等。

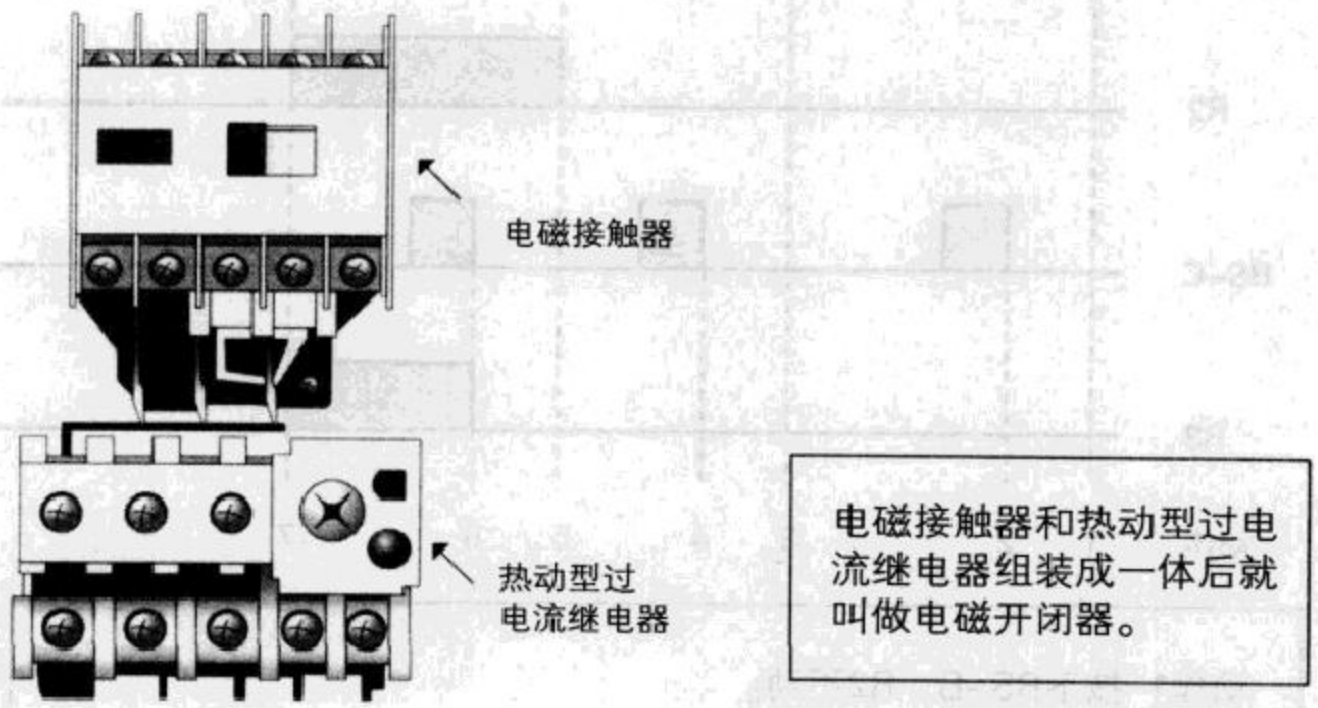


图6.12　电磁闭合器

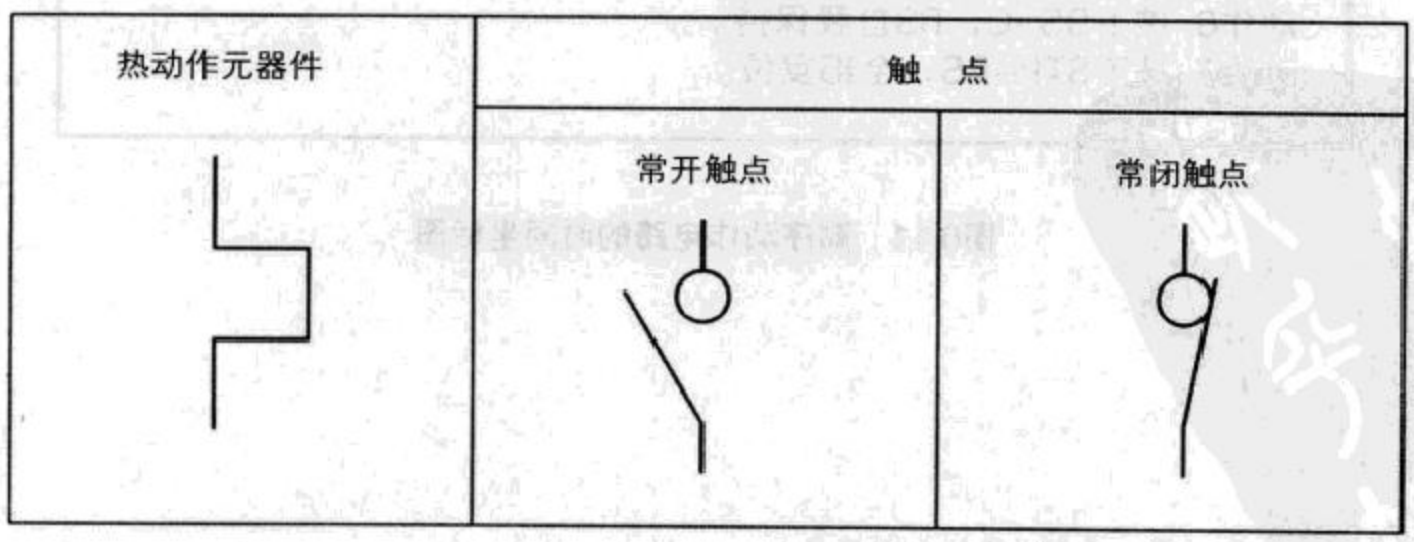


图6.13　热动型过电流继电器的图形符号

图 6.14 是一个使用电磁开闭器控制三相感应电机的运转、停止电路。左侧从三相交流电源到三相感应电机的部分叫主电路；右侧操作电路或者控制电路。

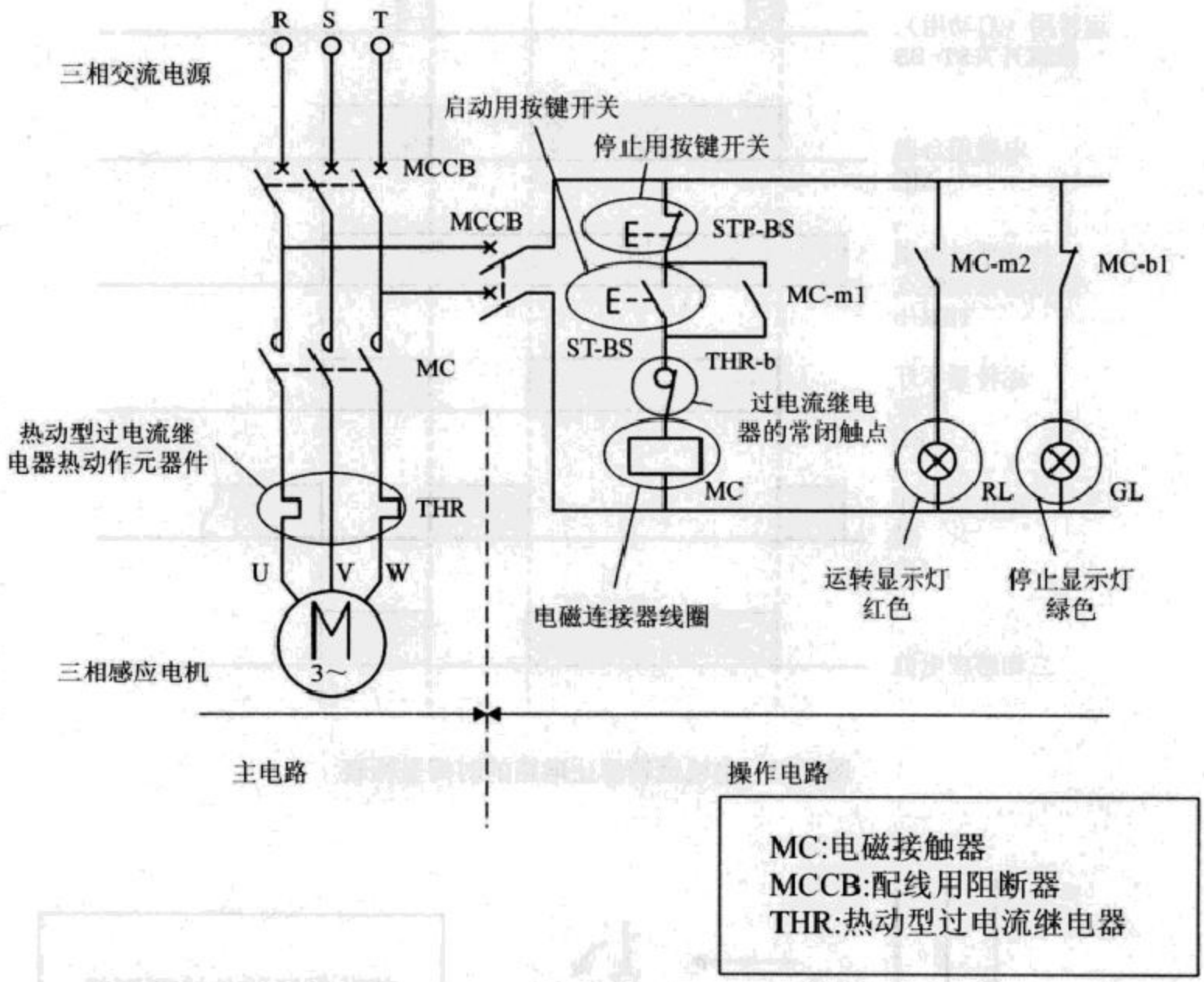


图6.14　电机的运转停止电路

该电路在按下启动用按键开关 ST-BS 时电磁接触器 MC 自我保持，电机启动，运转显示灯亮起，停止显示灯熄灭；按下停止用按键开关 STP-BS 时流向电磁接触器的电流被阻断，电路处于停止状态。另外，电机如处于超负荷状态，热动型过电流继电器的常闭触点在热动作元器件的作用下打开，电路停止。

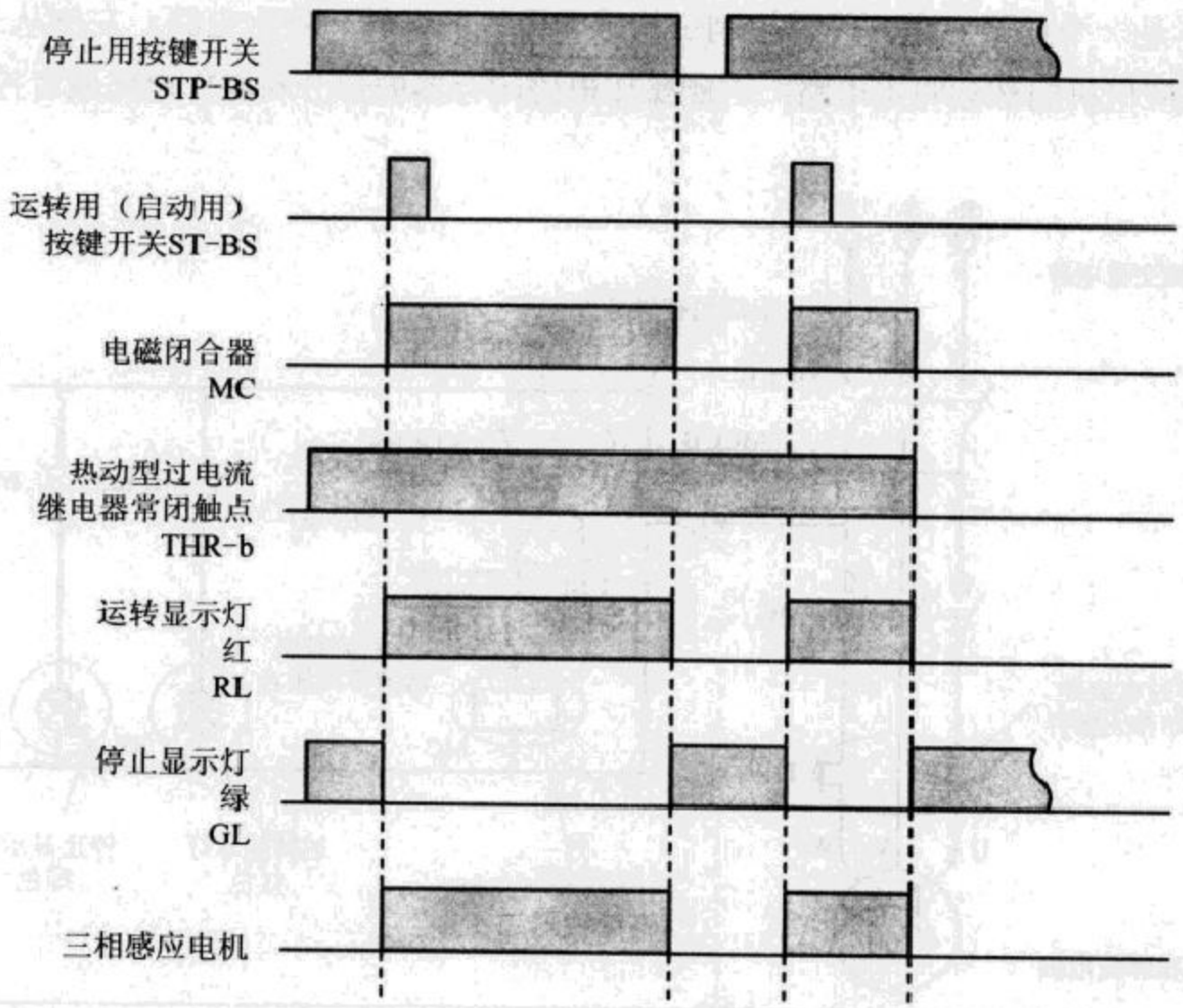


图6.15　电机运转停止电路的时间坐标表

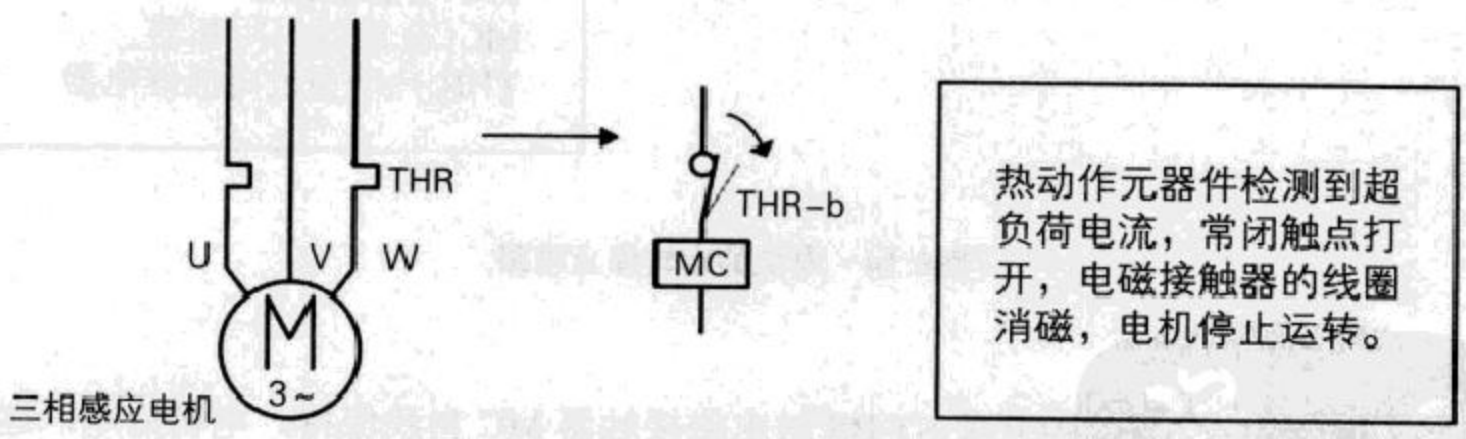


图6.16　热动型过电流继电器的动作

一周后，物业把电梯修好了。

啪

来，我们走吧。

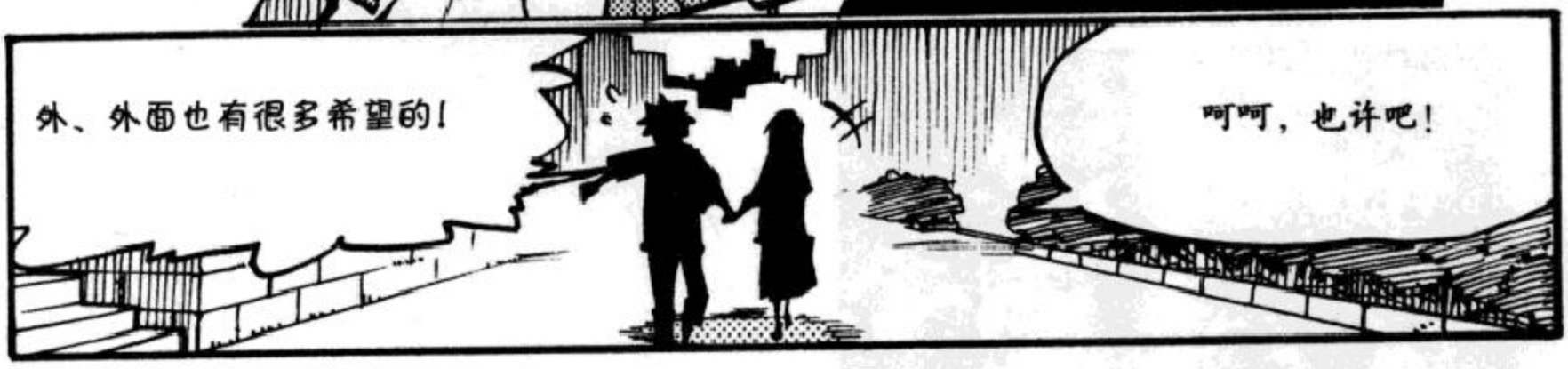
嗯

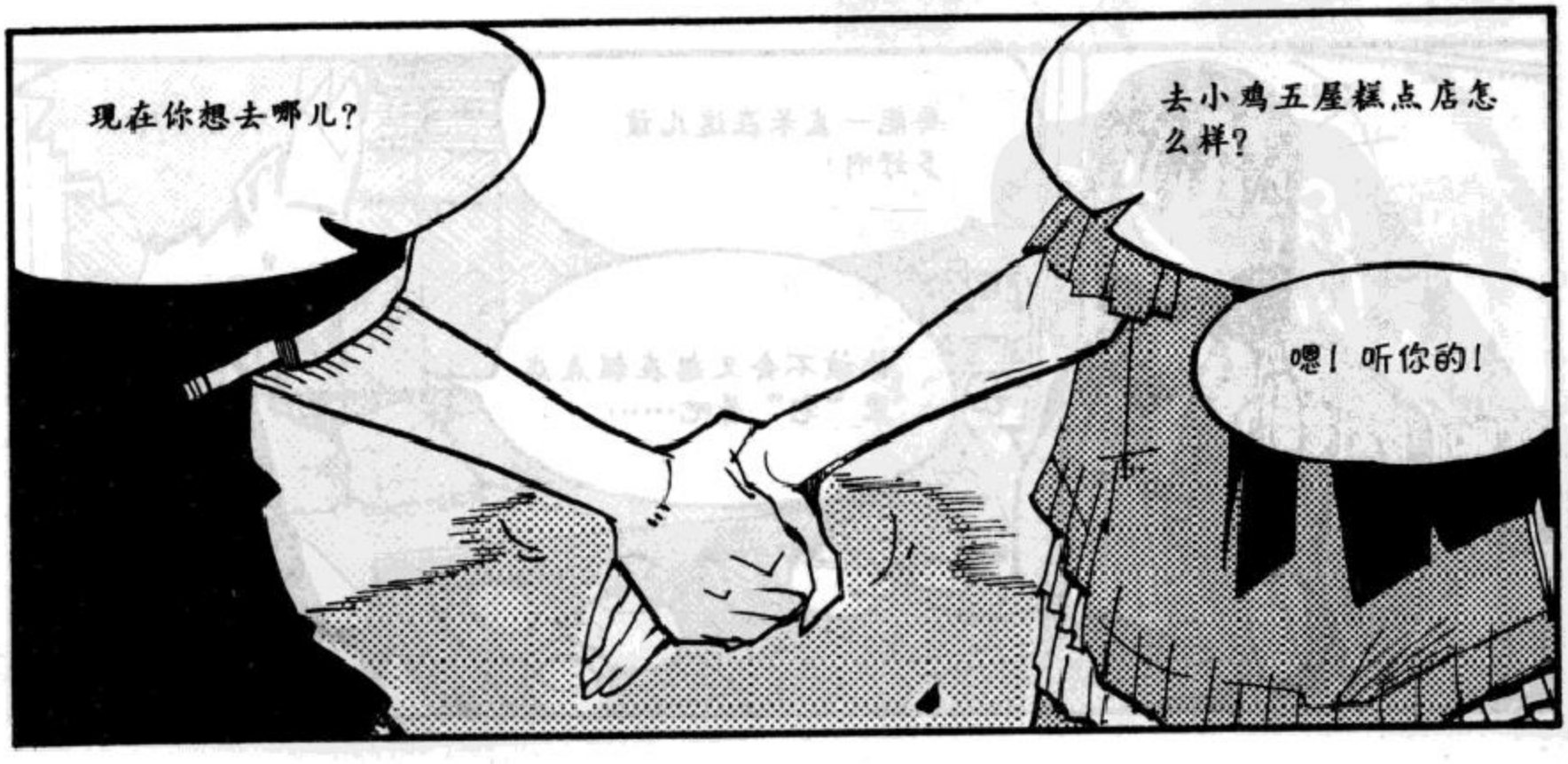
6F

出发！

espoi
外面……
没问题吧?
嗯。
espoir……
这间公寓的名字叫“希望”,
这几年我一直觉得希望离我好远……
……但是,
啪

没想到它又回到了我身边……
呵呵
也许……


外、外面也有很多希望的！
呵呵，也许吧！


现在你想去哪儿？
去小鸡五屋糕点店怎么样？
嗯！听你的！

要能一直呆在这儿该多好啊！
你该不会又想在糕点店里“宅”着吧……
呵！