

电话继电器电路

В.Н. 罗金斯基 著
苏联 А.Д. 哈尔凯维奇

人民邮电出版社

电 話 繼 电 器 电 路

苏联 B. H. 罗金斯基 著
A. Д. 哈尔凱維奇

吳兴吾 陈 湖 洪福明 張有綱 譯
陈 明 銳 俞 維 揚 校

人 民 郵 電 出 版 社

原 序

現時，繼電器觸點電路理論應用在許多技術領域內，特別在電話技術上應用得更廣泛。但是，至今還缺乏一些書籍能够詳盡地講述這種理論在電話電路中的應用。因此，著者企圖，用這本書來多少填補目前存在着的空白。

書中敘述有關并—串聯電路的繼電器觸點電路的理論。這種理論知識能够幫助我們找到解決電話電路問題的正确門徑，并在許多場合下有可能來組成符合于指定條件的，簡單而經濟的電路。上述資料的應用，可以拿許多例子來說明，特別是可用自動電話範圍內的例子來說明。

在本書內，所謂繼電器電路，可以了解為繼電器觸點電路，因為具有繼電器作用的無觸點元件在電話中還沒有獲得廣泛的應用。

希望更詳細地通曉繼電器觸點電路理論和熟悉無觸點元件電路理論的綜合的讀者們，著者建議他們注意 M.A. 迦佛利洛夫的著作和許多其他著作，這些著作都列在本書書末的參考書刊目錄內。為了容易使用本書，書中附有基本公式和目錄。

第三、四、五和六各章是由 B.H. 羅金斯基寫的，第二和七章是 A.D. 哈爾凱維奇寫的，第一和第八章以及導言是兩人合寫的。

著者對評閱本書的 Я.Г. 柯勃連茨同志和改進手稿作了很多工作的責任編輯 Г.Н. 波伐羅夫同志表示感謝。

對本書的所有意見，請寄到郵電出版社（Москва-центр, Чистопрудный бульвар, 2）

著 者

导 言

繼电器电路在现代技术上有着非常重要的作用。所有与現代的控制生产过程的方法（自动裝置、远距离自动控制、繼电器保护等）有关的技术部門、某些通信技术部門，以及計算机技术都系以繼电器触点电路和無触点繼电器电路为基础。

在電話中，特别是在自动電話中，繼电器电路有着特別重大的作用。在那里，机件的設計、結構、制造和运用都与最大規模地使用不同的繼电器电路有关。整个的自动電話裝置，甚至單独的自动電話裝置都包含有大量的繼电器，它們之間的相互連接極為复杂。所以，繼电器电路的設計是一个很复杂的问题，并且是組合这种机件的全部工作中一个主要的部分。沒有这种設計，要建造自动電話机件就不堪設想了。

組成繼电器电路的过程，可以想像为以下的形式：

1. 說明被設計电路的名称和被設計电路將要完成的作用。如果电路應該完成很多的作用，則可以把这些作用分为用各个結点电路①来完成的一些單独的組。

这样把复杂电路划分为各个結点，就有可能把組成复杂电路的問題縮減到設計若干較簡單的电路的問題。这可能使整个电路內的元件数稍許增多，但是，这簡化了复杂电路的設計过程，因为整个地来处理这个复杂电路是困难的。同时，还要建立起各个結点之間的联系方法（它們互相之間的作用），以及建立起構成电路受外来作用的方法，和建立起电路对其他机件与机构作用的方法。

2. 根据电路各个結点應該完成的那些作用的分析，列出这些結点的工作条件。

3. 从結点的工作条件出發，确定电路結点的繼电器数和其他元件数。

① 在本書內，和其他電話学參考書內都把結点电路理解为一个具有一定独立性的电路部份。因此，應該注意，許多繼电器电路理論方面的著作中，結点电路的意思是完全不同的，而是仅指电路各元件相連接的一点。

4. 組成电路每个結点的各个元件的几种連接方案，用比較它們的方法，选出最經濟的一种方案。

5. 对于电路各个元件技术特性的选择和确定時間关系，进行电的計算，使能滿足对电路工作的可靠性所提出的要求。

6. 用在障碍时分析电路的動作的方法（按照在模型上的电路分析，在試驗裝置上分析）来檢查电路的工作。

7. 拟制裝配圖，并將它們的結構定型。

以上列举的一些問題中，各个元件（包括电磁繼电器在內）的特性計算問題，目前研究得最詳細。这些問題在 B.И. 柯伐連柯夫、B.C. 索特柯夫、M.И. 維奇別尔格、B.A. 高伏尔柯夫等人的著作中都已提到。

可是，电路綜合的問題，即是与定出电路工作条件有关的問題，确定必要的元件数目和在最經濟的决策下来組成連接电路有关的問題，直到最近还没有理論的根据。至于分析問題，即按照已完成了的电路來說明工作条件也同样没有理論的根据。在大多数的場合下，直到現在，还没有采用理論的方法，而是从现有电路类推，来組成新的电路。这样的电路的綜合和分析具有一种严重的缺点，即是在这种情况下，电路每一次改变后，还必須要檢查电路的作用，这就使綜合和分析的問題大大地复杂化了。

繼电器电路組成規律的研究，在近年来，引起了所謂繼电器触点电路理論的出現。把这理論应用到繼电器电路的綜合与分析方面来，便有可能在組成和研究电路的过程中利用严格的数学方法，这种方法能把电路的工作条件写出来，并能进行电路的等效变换和求得許多在組成和研究电路时所遇到的其他問題的答案。

建立有科学根据的，对繼电器电路分析和綜合的方法的企圖，早就已經着手了。例如，M.Г. 齐姆巴里斯托依和 A.K. 庫特雅的著作就是这样的，1928 年他們在 B.И. 柯瓦連柯維依领导下，在列宁格勒电工實驗室中，研究出了按照指定条件来組成繼电器电路的方法。但是因为缺乏适当的数学工具，就使得这些方法正如許多其他作者的分析方法一样变得很麻煩，因此没有获得广泛的应用。只有在数学工具選輯代数学 [Л18]④

④ 这里和以后文字中的方括弧內所表示的数目，例如，[Л18] 系指書末所附參考書刊的号碼。

被应用到触点电路（即是只由触点组成的电路）以后，继电器电路的理论基础的奠定才有了可能。也叫做鲍尔代数学的逻辑代数学（按照上一世纪英国数学家Д.К.鲍尔的名字），就是现在关于量值的一般知识，这种量值只取两个值——“逻辑学的零”和“逻辑学的壹”^①，并且彼此之间用三种运算：逻辑的加法，逻辑的乘法^②和否定^③。这种数学起初是为了数学逻辑学的需要而研究出来的[П18]，由此就得到“逻辑代数学”的名称。但是，在现在，这种代数学就是在其他的数学课程内也获得了重大的应用。在这种代数学的研究上，П.С.波列茨基和И.И.席迦罗金起了很大的作用。关于把逻辑代数学应用到继电器触点电路可能性的意见，首先是由俄罗斯物理学家П.С.爱兰费斯特还在1910年就提出的。这时，电话电路正被人们所注意。

在1935年，В.И.歇斯塔柯夫提出了这种数学工具能够应用于触点电路的严格证明；М.А.迦利洛夫写在许多论文和专门文章[П1]中的著作，组成了一般继电器电路的理论，并表明了代数法用于继电器电路的分析和综合的实际可能性，因为利用触点电路代数，就有了解决继电器电路的（即除了触点以外），还包含继电器的线圈电路的某些综合和分析问题的可能性。

М.А.迦利洛夫和他的继承者的著作组成了在不同的技术领域内继电器电路理论的实际应用的基础。近年来，不但在苏联而且在国外，都出现了在触点电路理论方面和在这个理论的应用方面的许多著作。特别是，应该指出，苏联学者А.Г.龙茨和В.И.阿蓝诺维奇的著作，他们应用了矩阵法于触点电路上，这就扩大了这种理论的范围。

并一串联触点电路的理论是这理论研究得最完备的部分，在这种电路内，有可能以互相同等的转换，自电路转换成公式，这公式不仅表示电路的作用，而且还表示它的结构。目前，借助于相应公式的代数变换方法，可以得出各种电路的方案，可以进行触点的组合，与继电器触

① 也叫做“鲍尔零”和“鲍尔壹”。

② 也叫做“鲍尔乘法”和“鲍尔除法”。

③ 也叫做“逆转”或“辅助”。

点的重新分配，并且使得电路简化，这简化是由电路工作过程中不会碰到的各个状态的条件引导出来的。同时，对于各个并—串联电路，可以求出在触点数目上最简单的解。寻求最经济电路的问题，一般地在理論上还没有解决，因此，在现在，引起了很大的注意和最大的困难。

继电器电路分析的问题，现时已详细地研究着。也有各种确定各个继电器在电路中的工作依赖关系与各个继电器的动作顺序的工程上应用的方法。

较复杂的综合问题研究得还不够完备。对于指定的条件来说，理論能够确定实现这些条件的最少继电器数，并組成完全符合于这些条件的电路。

现时还没有求得具有最少继电器和触点数的电路的一般方法，特别是考虑到每个继电器上有限的簧片数时更是这样。大家知道，例如，在某些情形中，由于采用桥式电路，在电路内引入闕元件，采用串联几个具有不同动作和释放电流值的继电器，在继电器的两面都接入了触点和用其他方法，都使电路变得简化。还没有一般的理論方法来变换这些电路。只是对于个别的电路型式有介绍。可是，在现代情况下的理論提供了在实际应用中能够將电路的分析和综合问题的解决变得容易，且在許多情形中能够获得更可靠的和更简单的电路。

目 录

原序

导言

第一章 基本定义

1.1	繼电器的电路和它的各个部份	1
1.2	單拍和多拍电路	2
1.3	并一串联电路和桥电路	3
1.4	数学工具	3
1.5	規定的符号	4
1.6	結構公式的写出	5
1.7	触点电路代数学的基本定律和关系式	6
1.8	实现一个电路时所需的繼电器数	10
1.9	从 n 个繼电器的触点可能組成的电路数目	11
1.10	結構式的概念	12

第二章 繼电器电路的变换

2.1	概說	16
2.2	触点电路的变换	17
2.3	触点电路变换的例子	18
2.4	触点电路变换的一般公式	20
2.5	应用逆轉定律来变换触点电路	25
2.6	繼电器电路的变换	27
2.7	电路变换的其他形式	33
2.8	最簡單电路的分析和綜合的例子	39

第三章 不使用状态的計算和一般解的寻求

3.1	不使用状态和条件項	41
3.2	等值的变换	45
3.3	一般解的簡化写法	48

3.4	不使用状态計算的举例	54
3.5	从电路中规定的继电器工作順序所導出的輔助等效式	62

第四章 單拍电路的綜合

4.1	概說	67
4.2	記錄繼电器的數目和記錄電碼	69
4.3	触点堆和記錄器的触点电路	76

第五章 多拍繼电器电路及其綜合

5.1	概述	83
5.2	接通圖表的組成	84
5.3	單獨电路的綜合	88
5.4	整个电路的綜合	94

第六章 繼电器式計数器

6.1	一般情况	97
6.2	計数电路	98
6.3	在計数器內的完成电路	108

第七章 繼电器电路的分析

7.1	一般論述	111
7.2	确定电路元件的工作条件	112
7.3	經過始接元件或終接元件的分出电路	117
7.4	單拍繼电器电路的分析	123
7.5	确定电路內繼电器的動作順序和多拍繼电器电路的分析	127

第八章 电话电路的綜合举例

第一例	一串脉冲消位器	135
第二例	兩串脉冲消位器	140
第三例	繼电器式計算器	144
第四例	在 $4B \times 3 \times 2$ 与 $4B \times 2$ 电话局之間的双向中繼綫	153

結束語

附 录 1. 基本公式 2. 名詞譯名对照表及索引 3. 参考書刊

第一章 基本定义

1.1 繼电器的电路和它的各个部份

繼电器电路，除了繼电器的綫圈和触点外，还可以包括任何手动或自动开关（电鍵，按钮，选择机等）的触点，以及信号灯，电磁鉄等。

在每一个电路內，首先必須区别接收元件和完成元件。某一电路內接收外部作用的元件，叫做接收元件。这些元件可能是繼电器，也可以是各种手动或自动开关：电鍵、按钮等。电路內將作用轉送至外部目标的元件，叫做完成元件。这些完成元件可能是各种电磁鉄，信号机件（灯，鈴），繼电器等。將作用轉送至完成元件或轉送至其他电路的元件所經過的电路叫做完成电路。在接收元件的指定动作順序下（在外部作用的指定順序下），为了保証完成元件一定的工作順序，在一般場合下，須要引入輔助繼电器。这輔助繼电器可以將作用由接收元件傳送到完成元件。这些繼电器叫做中間元件（繼电器）。

例如：在 ATC-47 式 III 架上所应用的双繼电器式断續器①的簡圖（圖 1.1）中，綫路繼电器（綫路繼电器的触点用字母 xp 表示）就是接收元件，预选机的电磁鉄 $3M$ 就是完成元件，而保証电磁鉄 $3M$ 有一定动作順序的繼电器 I 和 II 是中間元件。这样从电路上分开接收，中間和完成元件是假定的，并且要看按照怎样的方法將电路拆开为各个結点而定。例如，电路一部份中的完成元件或中間元件可能是电路另一部份的接收元件。在某些場合下，接收或完成元件本身不包含在所討論

① 断續器的全圖見 [12] 中第 208 頁。

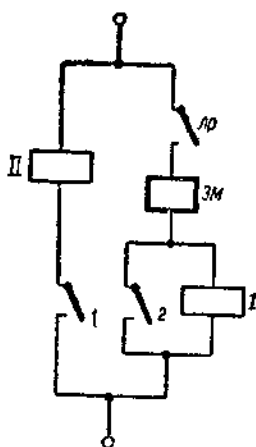


圖 1.1

的电路內，便有意地說接收或完成电路，来代替接收或完成元件。

最好从繼电器电路內分出只包括繼电器触点和轉換开关部份。这部份叫做触点电路。这样划分的好处，是因为邏輯代数学的所有变换是适用于触点电路的。

具有两个端（入端和出端）的触点电路，类似于其他的两个端的电路，叫做触点的二端網絡。而具有几个端的电路叫做多端網絡。我們多半研究具有一个入端和几个出端的多端

網絡。

1.2 單拍和多拍电路

單拍和多拍电路是根据动作特性来区分的。这些电路形式的确定是与电路工作循环相适应。所謂工作循环，可以了解为电路完成一定动作的实现过程。在一个工作循环內，只用到繼电器动作的一个組合的那些电路，叫做單拍电路。在这些电路內，沒有規定各个元件在時間上的动作順序，但由繼电器時間特性的不規則所引起的順序則除外。在單拍电路內，沒有中間元件。

在多拍电路內，每一个工作循环內利用了繼电器动作的数个組合，因而必須規定接收或完成元件的一定工作順序，这順序是依靠中間元件来实现的。

單拍电路的工作，完全决定于接收元件作用的配置（触点的閉合和断开）。多拍电路的动作不仅由接收元件的配置来表示，而且也由接收元件的动作順序来表示。圖 1.1 中所示的繼电器式断續器可作为多拍电路的例子。触点堆（例如，參看34

頁圖 2.21) 可作为單拍电路的例子。触点堆用在各种机械电路內，特别是应用在中間設備的記發器电路中[13]。

1.3 并—串联电路和桥电路

按照繼电器电路各个元件互相連接的方法，电路可以分为兩类：并—串联电路类和非并—串联电路类。

凡是电路內的元件或电路內各个电路相互之間是串联的或并联的，属于并—串联电路类(П类)。例如，圖 1.1, 1.4, 1.6 中的电路属于 П类。

非并—串联电路类的电路(H类)，除开串联和并联的連接外，还含有桥式連接。

当并—串联电路在任一瞬間工作时，在并—串联电路所有的元件內，电流只可以在这个或那个元件上以一个确定的方向流过。在 H类电路內，当用一饋电电源接在电路內时^①，有可能使电流在两个相反方向上流过桥电路上的元件。圖 1.2 中所示的，含有桥路元件 δ 的电路，可作为 H类电路的例子。

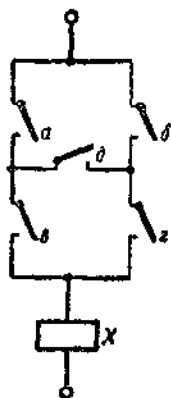


圖 1.2

1.4 数学工具

目前，邏輯代数学是触点电路理論的基本数学工具，这种代数学工具是以两个数值零和壹以及借助于三种作用(运算)：加，乘和逆轉(否定)^②来运算的。用假設零和壹相当于触点

① 当一个繼电器有着相反的触点时(或是闔元件)，在相应的电路內，电流不可能在其中一个方向流过(可是电路仍是桥接的)。

② 为簡單計，我們省去形容詞“邏輯的”(或“鮑尔的”)，供應該包含这些意义的名称和作用。

电路的断开和闭合情况，加和乘的运算相当于各个触点电路或触点电路的并联和串联，以及否定的运算相当于获得一种电路，这种电路在本身作用上与一指定电路相反，邏輯代数学就获得了發展，从而适应于与电路技术大不相同的一些問題，于是这种代数学就轉用到繼电器电路的領域內，并在这种情况下变成了触点电路代数学。

1.5 规定的符号

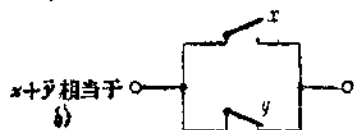
在繼电器触点电路理論內，采用以下的規定符号：

1. 大写字母，例如， A, B, X, Y, W ，表示繼电器的电磁铁（綫圈）。

2. 小写字母，例如， a, b, x, y, w ，表示相应繼电器的触点。如果小写字母上沒有一短划，則它表示繼电器的閉合触点。例如， x 是繼电器 X 的閉合触点。如果有一短划时，則它表示繼电器的断开触点。例如， $\bar{x}$ 是繼电器 X 的断开触点。



a)



b)

圖 1.3

3. 串联用乘的符号来表示，而并联用加的符号来表示。例如， $x \cdot \bar{y}$ ^① 是繼电器 X 的閉合触点与繼电器 Y 的断开触点相串联(圖 1.3 a)； $x+\bar{y}$ 是 X 的閉合触点与 Y 的断开触点并联(圖 1.3 b)。

如果把公式內的各項当作电导来看，这些符号是很方便的。例如，当两个电导并联时，总电导將等于二者之和；当串联时，总电导可用分数来表示，該分数的分子內將是电导的乘积。

4. 經常断开的电路可認為等于零（电导等于 0），而經常

① 为了簡写起見，和通常的代数一样，乘的符号可以省去。

接通是等于壹（电导等于 ∞ ）。

1.6 結構公式的写出

利用上述的规定符号，可以把任何II类表示的，含有触点和继电器线圈或其他具有继电器作用的机件的二端网络表示为代数公式的形式。

表示电路并且采用上述符号而写成的公式（代数式）叫做电路的結構公式（或简称結構公式）。

在H类电路的情况下，电路的組成（結構）不可能用上述的代数符号^①写出。但是这种电路的作用可以用与这个H类电路相等效的II类电路的結構公式来表示。

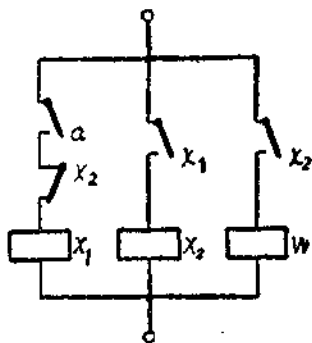


圖 1.4

例如，圖 1.4 所示的双继电器式断续器的結構公式(F)有以下的形式：

$$F = ax_2X_1 + x_1X_2 + x_2W.$$

在继电器触点电路理論 [Л1] 內所采用的简化表示法，这一电路將具有圖 1.5 中所示的形式。圖 1.6 中所示电路的結構公式可以写成：

$$F = [a(\bar{\sigma} + \sigma) + \bar{\sigma}\sigma] \bar{x} W.$$

除开电路的結構公式（即，继电器电路的結構公式）外，我們將采用继电器工作公式这一名詞（或簡單地叫做继电器公式），所謂工作公式，我們理解为作用在指定继电器上的触点电路的代数式，即是，与指定继电器相串联的触点二端网络

① 为了写出H类电路的結構式，可以采用 M. A. 加里罗夫 [Л1, 第12章] 所研究出的多端的連接符号或采用矩阵方法。

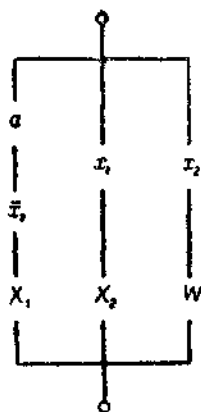


圖 1.5

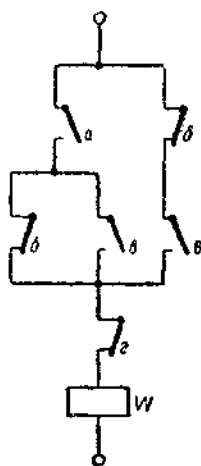


圖 1.6

的結構公式。

例如，繼電器 X_1

(圖 1.4) 的工作公式應該写成:

$$F_{X_1} = a\bar{x}_2,$$

而繼電器 W (圖 1.6) 的工作公式將有以下的形式:

$$F_W = [a(\bar{b} + b) + \bar{b}b]i.$$

这样来划分电路結構公式 (繼電器电路公式) 和繼電器工作公式 (触点电路公式), 如前

所述, 是說明了在触点电路代数学中所具有的任何变换都适用于只包含触点的繼電器的工作公式, 可是所有这些变换式不完全适用于除开触点外还含有繼圈的电路的結構公式。

1.7 触点电路代数学的基本定律和关系式

在触点电路代数学中, 以下的定律是成立的:

1) 换位:

$$xy = yx, \quad (1.1)$$

$$x + y = y + x; \quad (1.2)$$

2) 組合:

$$(xy)z = x(yz), \quad (1.3)$$

$$(x + y) + z = x + (y + z); \quad (1.4)$$

3) 分配:

$$(x + y)z = xz + yz \quad (1.5)$$

(乘对于加的分配定律),

$$xy + z = (x + z)(y + z) \quad (1.6)$$

(加对于乘的分配定律);

4) 逆轉 (作用相反的电路的获得):

$$\overline{xy} = \overline{x} + \overline{y} \quad (1.7)$$

(式中 $\overline{xy}$ 是和 xy 相反的),

$$\overline{x + y} = \overline{x} \overline{y} \quad (1.8)$$

(式中 $\overline{x + y}$ 是和 $x + y$ 相反的);

5) 重复:

$$xx \cdots x = x, \quad (1.9)$$

$$x + x + \cdots + x = x. \quad (1.10)$$

考虑到联接两个电路的结构公式的等号可理解为这些电路在它们的作用上相等效的符号, 这样就可以指出, 换位定律的正确性是以触点电路的作用与这个电路元件的位置前后无关为根据的。組合定律的正确性也是很显著的。换位及組合定律不是触点电路所特有的, 因为对于普通代数学来说, 这些定律也是正确的。

分配定律的正确性可以用圖 1.7 来証明。

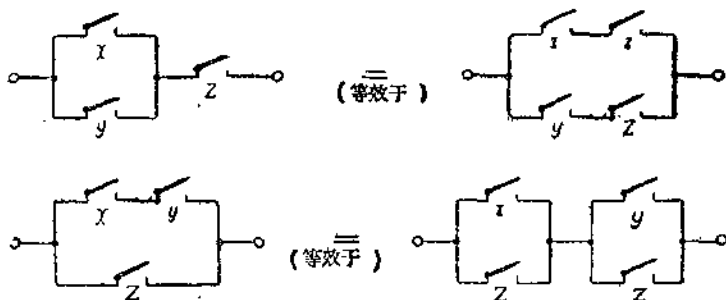


圖 1.7

圖 1.8 表示說明逆轉定律正确性的电路。如果考虑到表

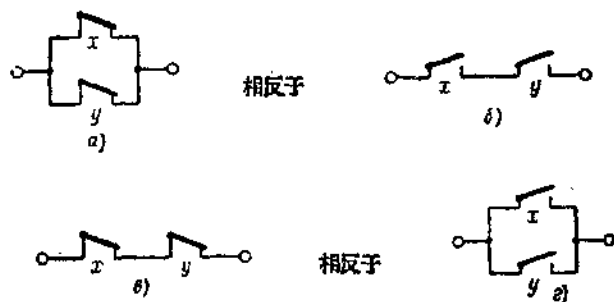


圖 1.8

1.1 中的情况，不难确信圖 1.8a 所示的电路在本身作用上是与圖 1.8b 的电路相反的。表中示明了这些电路的状态依赖于继电器 X 和 Y 的状态的关系。

在表 1.1 中，继电器的静止状态用负号来表示，而动作状态用正号表示。

表 1.1

繼电器的状态		电 路 的 状 态	
X	Y	按照圖 1.8a	按照圖 1.8b
-	-	电路閉合	电路断开
+	-	电路閉合	电路断开
-	+	电路閉合	电路断开
+	+	电路断开	电路閉合

如對圖 1.8a 和 b 所示的电路列出相似的表后，就可以确定公式 (1.8) 是正确的。在同一繼电器的触点同时閉合的情形下，重复定律的正确性是很明显的。