

电气设备的防火

苏联H.B.尼古林等著

电力工业出版社

电气设备的防火

苏联H.B.尼古林 A.C.罗郭金著

裘益鍾 沙雋勛 吳际舜 倪际煒譯

電力工業出版社

內 容 提 要

本書首先敘述了电工学的基础知識，然后詳細敘述各种电气設備在工作时的火災危險及其防火措施包括一般电气設備的防火、特殊电热設備的防火、工業生产过程中所生靜电及其防火、防雷和电管理中的防火檢查等。

本書讀者对象是电業安全技术人員和有关安全領導人員，工業企業中的动力工作者，以及市政消防工作者。本書同时也可以作为專門的防火技术学校或訓練班的教材。

Н.В.НИКУЛИН А.С.РОГОЗИН

ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА В
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

ИЗДАТЕЛЬСТВО МИНИСТЕРСТВА КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РСФСР
МОСКВА 1954

电气設備的防火

根据苏俄公用事業部出版社1954年莫斯科版翻譯

裴益鍾 沙薦勛 吳际舜 倪际燁譯

596D217

電力工業出版社出版(北京府右街26号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第082号

北京市印刷一厂排印 新华書店發行

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * 10 $\frac{1}{2}$ 頁 * 223千字 * 定价(第10类)1.50元

1957年7月北京第1版

1957年7月北京第1次印刷(0001—2,800册)

序 言

电能适应于所有的工业企业、交通运输、农业和日常生活。国民经济各个部门的工艺过程，在相当大的程度上是以利用电能为基础的。

电能的利用，开始在十九世纪的前十年。在那个时期之后电工技术走过了一条遥远的道路，从利用电能的第一个试验一直到电话、无线电、电视以及巨大的发电站和雷达。

在电这一门科学的发展以及电能的实际应用上，俄罗斯学者们有着伟大的功绩。M. B. 罗蒙诺索夫对于电工技术的发展，作出了伟大的贡献，他在自己的工作中，奠定了研究电气现象的基础。B. B. 彼得罗夫、П. Л. 许林格、Н. Г. 斯拉维雅诺夫、B. C. 雅可比、Д. А. 拉奇诺夫、А. Г. 斯托列托夫、П. Н. 雅布洛奇科夫、А. Н. 罗德根、Э. X. 楞茨、А. С. 波波夫、М. О. 多里沃-多勃罗沃里斯基等人，在电的领域内也都有卓越的发明。

然而，在沙俄时代，电工技术的发展却是极其缓慢的，发电站只有小型的，也就是地方性的。在发电量方面俄国居世界各国最末之列。

在苏维埃政权之下，开始了高度的国家电气化。在苏联创办了强大的电力工业，建筑了最大的发电站。就苏联的发电量来说，已经大大地超过了欧洲所有的资本主义国家，而跃登世界的第二位。

苏联学者 И. Г. 亚历山大洛夫、B. E. 伏挨金涅夫、А. B. 伏印捷尔、B. П. 伏罗克金、Г. О. 格拉夫季奥、B. B. 德米特里叶夫、К. А. 克鲁格、B. Ф. 米特克维契、А. А. 斯模洛夫、Ф. И.

霍路雅諾夫、B. M. 赫魯謝夫、A. A. 捷尔尼謝夫、K. И. 先費爾等等，他們的工作促進了電工技術的發展以及電能在國民經濟中的利用。

蘇聯共產黨第十九次代表大會在關於發展蘇聯的第五個五年計劃的指示中，規定了今後要大大的增長發電量；熱力和水力發電站的總容量在五年之內增加到大約兩倍，而發電量要增加80%。古比雪夫、斯大林格勒和卡霍夫卡的巨型水力發電站將要發出210億度（原文 миллиард（十億）恐系 миллион（百萬）之誤。——譯者）以上的電能。

由於電能的廣泛利用，在防火工作者的面前，提出了一系列的急迫任務。在視察運行着的生產企業時，在審查未來生產企業的設計時，以及進行滅火時，消防工作者經常會遇到有關電氣特征方面的問題。為了擬訂防止由電氣設備釀成火災的措施，防火專家們應該很好地注意電氣設備的工作，只有在此種情況下，各種防火措施的配合才是合理而有效的。

電工學基礎和電氣設備以及電氣裝置的知識，對於滅火的領導人來說是必需的。這些知識能使他們採取這樣的措施：1)保證滅火迅速；2)保證消防隊員工作安全。

本書闡述了電工學基礎的一般問題和典型的生產企業中電氣設備的特點，以及電氣裝置中有關防火的某些特殊問題。

這本書是為廣大的防火工作者寫的，同時也可以作為專門的防火技術學校和訓練班的教科書。

序 言

电能适应于所有的工業企業、交通运输、農業和日常生活。国民經济各个部門的工艺过程，在相当大的程度上是以利用电能为基础的。

电能的利用，开始在十九世紀的前十年。在那个时期之后电工技术走过了一条遙远的道路，从利用电能的第一个試驗一直到電話、無綫电、电视以及巨大的發电站和雷达。

在电这一門科学的發展以及电能的实际应用上，俄罗斯学者們有着偉大的功績。M. B. 罗蒙諾索夫对于电工技术的發展，作出了偉大的貢獻，他在自己的工作中，奠定了研究电气現象的基础。B. B. 彼得罗夫、П. Л. 許林格、H. Г. 斯拉維雅諾夫、B. C. 雅可比、Д. А. 拉奇諾夫、A. Г. 斯托列托夫、П. Н. 雅布洛奇科夫、A. H. 罗德根、Э. X. 楞茨、A. C. 波波夫、M. O. 多里沃-多勃罗沃里斯基等人，在电的領域內也都有卓越的發明。

然而，在沙俄时代，电工技术的發展却是極其緩慢的，發电站只有小型的，也就是地方性的。在發电量方面俄国居世界各国最末之列。

在苏維埃政权之下，开始了高度的国家电气化。在苏联創辦了强大的电力工業，建筑了最大的發电站。就苏联的發电量來說，已經大大地超过了欧洲所有的資本主义国家，而躍登世界的第二位。

苏联学者 И. Г. 亞力克山大洛夫、B. E. 伏挨金涅夫、A. B. 伏印捷尔、B. П. 伏罗克金、Г. O. 格拉夫季奧、B. B. 德米特里叶夫、K. A. 克魯格、B. Ф. 米特克維契、A. A. 斯模洛夫、Ф. И.

霍路雅諾夫、B. M. 赫魯謝夫、A. A. 捷尔尼謝夫、K. И. 宪費尔等等，他們的工作促进了电工技术的發展以及电能在国民經济中的利用。

苏联共产党第十九次代表大会在关于發展苏联的第五个五年計劃的指示中，規定了今后要大大的增長發電量；热力和水力發電站的总容量在五年之內增加到大約兩倍，而發電量要增加80%。古比雪夫、斯大林格勒和卡霍夫卡的巨型水力發電站將要發出210亿度(原文 миллиард (十亿) 恐系 миллион (百万) 之誤。——譯者)以上的电能。

由于电能的广泛利用，在防火工作者的面前，提出了一系列的急迫任务。在視察运行着的生产企業时，在审查未来生产企業的設計时，以及进行灭火时，消防工作者經常会遇到有关电气特征方面的問題。为了拟訂防止由电气设备釀成火災的措施，防火專家們應該很好地注意电气设备的工作，只有在这种情况下，各种防火措施的配合才是合理而有效的。

电工学基础和电气设备以及电气裝置的知識，对于灭火的領導人來說是必需的。这些知識能使他們采取这样的措施：1) 保証灭火迅速；2) 保証消防队员工作安全。

本書闡述了电工学基础的一般問題和典型的生产企業中电气设备的特点，以及电气裝置中有关防火的某些特殊問題。

這本書是为广大的防火工作者写的，同时也可以作为專門的防火技术学校和訓練班的教科書。

目 录

序 言

第一章 直流的基本概念和定律	6
1. 电的种类以及火灾与电的关系	6
2. 电路和在其中流通电流的条件	7
3. 电工材料的分类	9
4. 电阻	9
5. 决定电阻的因素	10
6. 电流和电量的度量单位	13
7. 电压和电动势	14
8. 直流和交流	15
9. 欧姆定律	16
10. 电流的功率和功	18
11. 楞茨-焦耳定律	21
12. 克希荷夫定律	22
13. 电阻的连接方式	24
14. 用电设备的连接	31
15. 电源的连接	31
第二章 电 磁	33
1. 磁效应	33
2. 电流的磁效应	36
3. 电磁感应	42
4. 互感和自感	44
5. 涡流	47
第三章 交 流	49
1. 基本定义	49

2. 含有电阻的交流电路	54
3. 含有感抗和电阻的交流电路	56
4. 含有电阻和电容的交流电路	62
5. 含有电阻、感抗和容抗的交流电路	69
6. 电压諧振	71
7. 三相交流	71
第四章 电机和蓄电池	79
1. 交流發电机和直流發电机	79
2. 电动机	85
3. 变压器	90
4. 蓄电池	97
第五章 电气设备的火災及其預防措施	101
1. 概說	101
2. 綫路的火災及其預防措施	103
3. 綫路的安裝以及对佈綫的要求	120
4. 發电机和电动机的火災及其預防措施	132
5. 蓄电池裝置的火災危險及其預防措施	152
6. 变压器和油浸式电器的火災危險及其預防措施	154
第六章 特殊电热裝置及其火災危險	179
1. 工業的热化裝置	179
2. 工業用电爐及其他热化裝置的火災危險	186
3. 金屬的电焊	187
4. 电火花金屬加工法	196
第七章 靜电及其所引起的火災危險	199
1. 概說	199
2. 皮帶傳动裝置上的靜电	199
3. 橡膠工業制造厂中的靜电	201
4. 易燃液体和可燃液体的帶电	203
5. 面粉企業与紡織企業中的靜电	205
6. 印刷厂中的靜电	206
7. 壓縮气体的帶电	207
8. 煤粉的帶电	207
9. 产生靜电的其他情况	208

第八章 大气电	209
1. 大气电形成的基本概念	209
2. 按照所采用防雷装置的种类对房屋与建筑物所进行的分类	212
3. 防雷装置的种类与保护区域	213
4. 房屋与建筑物的防雷保护措施	216
5. 防雷装置的运行	220
第九章 最常见的企业中电务方面的防火检查	222
1. 工业企业中电务方面的检查	222
2. 公用房屋的电务检查	236
3. 住宅区的检查	242
4. 临时电照装置的检查	243
5. 气光装置的检查	245
6. 建筑工地的电务检查	246
7. 农村电气装置的检查	247
第十章 电务设计的审查方法	251
1. 概况	251
2. 评语的编写	255
附 录	261

第一章 直流的基本概念和定律

1. 电的种类以及火灾与电的关系

电有下列的几种形式：电流、静电、大气电和热电等等，从發生火灾可能性的观点看来，要算前三种形式的电最为危险。

电流——就是运动着的电，电在电场力作用之下可以沿着闭合的回路而移动。在金属中电流是具有方向性的、沿着闭合回路连续运动的负电荷(电子)流。称作发电机的特殊机器可以作为电源，机械能转换为电能是发电机的工作原理。此外伽伐尼电池和蓄电池也可以作为电源，这些电源是称为化学电源，因为它们是把化学能转换为电能的。

在不正确的安装和运行以及缺乏经常检查的情况下，用电的电气设备将会造成火灾的危险。例如：当线路中发生短路和过载时，导线绝缘的燃烧；变压器和油断路器中变压器油的失火。

静电——是处于平衡状态或静止状态下的电，电是存在于某些物体中的正电荷或负电荷的总体。在任何物体中形成静电的过程，称作起电。

大家都熟知这种简单的偶然的起电。例如用呢绒来摩擦火漆棒时，在棒和呢绒上就得到了静电荷。各种不同成分的物体相互摩擦、物体分离，以及在一个带电物体对于另一个不带电物体产生影响时和由于其他原因便会产生起电现象。

当传动皮带在皮带轮上摩擦(滑动)，以及自皮带轮表面上分离时，在传动皮带上形成电荷的过程，可以作为第一种起电现象的例证。集聚在皮带上的电荷可以形成很高的对地电位。因此在携带着大量电荷而具有高电位的皮带与金属护罩之间，形成了强烈的火花，造成在空气中的放电。在某些纺织车间和其他生产车间内，火花能够使飞花麻絮或灰塵，以及可燃蒸气或易燃液体发

生燃燒。

由于帶电的層云在某些建筑物上，例如在盛有石油的貯油器上所引起的起电现象可以作为第二种起电现象(受帶电荷物体的影响)的例証。当帶电的層云迅速的消除或对地瞬时放电时，感应貯油器上的电荷不再处于平衡状态，可能移动起来而形成了电流，电流的出現可能引起火花，这种火花有时就会使可燃或易燃液体發生燃燒。

大气电形成于大气之中，也就是形成于圍繞着地球表面的大气層中，層云可以是大气电电荷的携帶者。如果帶电的層云經過房屋的上空而与房屋并没有很大的距离时，那末就發生了大气电对这房屋的放电(就是随同落雷而生的閃电)。由于这种放电的結果，处于層云与房屋間的空气層的絕緣强度遭到了破坏，而在空气中形成了具有强大机械力的猛烈火花，这种火花不仅会使房屋着火，有时还会摧毁房屋。

要在本書的範圍內詳細地研究靜电現象和大气电現象是不可能做到的。書中仅仅研究了由于靜电和大气电所造成火災危險的最普通的情形。而本書的主要任务在于研究电流的現象和应用以及与电流有关的火災危險性及其預防措施。

2. 电路和在其中流通电流的条件

电流流通的路徑就称作电路。电路通常由电源、导綫和电能用戶(电灯、电动机、电热器具等等)所組成。

圖 1 为最簡單的电路接綫圖，它是利用电工接綫圖(工程画)中通常所采用的圖例来繪出的。这些圖例中最通用的示于附录 1 中。

我們研究最簡單的电路圖时，應該注意到極 1 和極 2 屬于任何一种电源——发电机、蓄电池等等。除了其中接

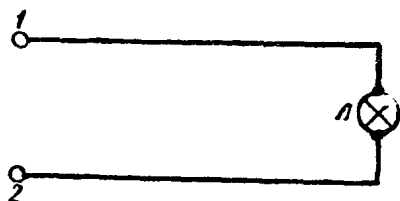


圖 1 最簡單的电路接綫圖

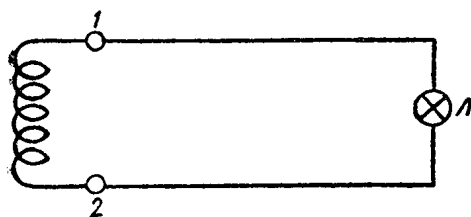


圖 2 閉合的电路

有电灯 L 的外电路外，在兩極的另一边就是电源的内电路——發电机，这个發电机在圖 1 中沒有画出来。連接在一起的内外电路就是繪在圖 2 中的閉合电路。

要使电流流通必須具有电源和閉合的电路 当电路在任一点發生断开，也就是用非导体(絕緣介質)，例如空气、橡皮来代替了导綫时，就足以使电流的流通立即停止。大家知道常用的断路器在电路中就是起断开作用的，也就是用以切断和接通电路。

我們研究一下这样的例子：消防員站在被水潤湿的地板上(圖 3)，水流接触到裝設在牆壁上帶有电流的导綫。同样帶有电流的第二根导綫則放在地板上。这样电流会不会流过消防員的身体呢？無条件地会流过的，因为在这种情况下形成了閉合的电路。电流从导綫中的一根，沿着一股連續不断的水流、噴水槍潮

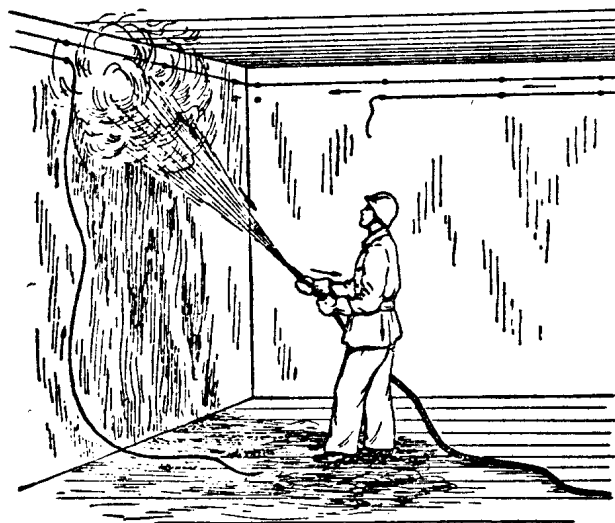


圖 3 电流通过消防員身体的路徑

湿的表面(即使噴水槍是橡皮的)、消防員的手和身体流到潮湿的地板,而后从地板經另一导綫回到电源。电流的作用对于消防員的生命有时会有危險。因此,防火工作者应当很好地鑽研电流流通的条件,以便在具有电气設備之处在火災中进行工作的时候,不致与电路接通,由此来避免电击的危險。为此也就必須知道那些材料是导电的。

3. 电工材料的分类

所有的电工材料按照导电的性能可以区分为三类:导体、非导体和半导体。良好地傳导电流的材料是属于导体。在这一类中包括所有的金屬、鹽和酸的水溶液、水(未蒸餾的)、煤、石墨以及其他某些物質。不傳导电流的材料是属于非导体或电介質。非导体就是:瓷、玻璃、橡皮、云母、蠟、石蠟、电木、油、气体、空气、真空(沒有空气的空間)等等。导电虽十分微弱,但終能导电的一类材料是属于半导体,在这一类中包括蒸餾水、干燥的木材、灰泥、潮湿紙和某些特殊的材料(硒、几利特、鍍等等)。

必須指出,上述的材料分类,在某种程度上是照慣例来分的,并且要在低电压条件下(500 伏以下)才是有意义的。所有非导体在一定条件下可能变为电的导体,例如在高压裝置中可能發生电介質的击穿現象,也就是电介質的电的破坏,而在击穿地点变成了导体。在这种裝置中絕緣的可靠性不只是决定于它們的材料,而且还和它們的形狀、加工方法和其他条件有关。为了使高压导綫可靠地予以絕緣,采用了十分复杂的絕緣方式。例如,为了使高压輸电綫与支持这輸电綫的鉄塔相絕緣,采用了相当复杂形式的瓷質絕緣子串,在鉄塔上支持着絕緣子串的上端,而导綫则悬挂在絕緣子串的下端,这样就使导綫对地絕緣起来。

4. 电 阻

电流沿着任何物体流动时,这些物体就对它發生一定的阻力,称作电阻。

从物質構造的电子理論的观点来看，举例說，金屬导体的电阻的實質可以解釋如下：导体的特征就是存在着自由电子，自由电子沿着导体移动时，碰到原子和其他电子，并且与它們相互作用，而不可避免地失去了本身的部分能量。因此，在导体中运动着的电子就感受到阻力。

我們用欧姆作为量度电阻的單位。

一欧姆等于高度为 106.3 公分、横截面积为 1 公厘² 的水銀柱，在 0°C 时的电阻，水銀的質量相应为 14.4521 克。

欧姆用希腊字母 Ω (奥梅格) 或 $o.u$ 来标明。一百万欧姆称为兆欧姆 ($M\Omega$)。电阻的符号采用字母 R, r 。电阻数值可簡写如下：

$R = 500$ 欧；

$r = 8$ 欧；

$R = 3$ 兆欧。

电阻的倒数 ($1/R$) 称为电导，用西門子来量度，西門子 (Si) 就是导体的电导的單位，此时导体的电阻等于 1 欧。电导用字母 $g = 1/R$ 来标明。例如： $g = 10$ 西門子 (Si)。

5. 决定电阻的因素

所有导体的电阻由它的几何尺寸来决定，也就是与它的长度和横截面积有关。导体愈長和横截面愈小，那末它所具有的电阻愈大，否則，則相反。此外导体电阻的大小和該物体制造的材料有关。如果取由不同材料所制成的而长度相同和截面相同的导体，在同一温度下来比較它們的电阻数值，那末就發現銅导体比鋁导体的电阻小，而鋁又比鋼的电阻小。余者类推。

决定材料导引电流的能力的，是它的电阻率的大小。电阻率可以理解为由某种材料制成的全长截面同为 1 公厘² 而长度为 1 公尺的导体，在 20°C 的温度下的电阻。电阻率用希腊字母 ρ (露) 来表示，并用欧姆·公厘²/公尺来量度。例如对于銅导线的 $\rho = 0.0175$ 欧姆·公厘²/公尺，而鋁导线 $\rho = 0.0291$ 欧姆·公厘²/公

尺，也就是在同長度同截面和同溫度下，銅導線有較小的電阻。

通常導體導引電流的能力決定於導體的電導率，電導率的數值就是電阻率的倒數，用希臘字母 γ (噶馬) 表示，而用公尺/歐姆·公厘²來度量。

$$\gamma = \frac{1}{\rho} \text{公尺/歐姆} \cdot \text{公厘}^2. \quad (1)$$

電導率的數字直接說明這一種或那一種材料能如何地導引電流。例如，如果銅的電導率為：

$$\gamma = \frac{1}{0.0175} = 57 \text{ 公尺/歐姆} \cdot \text{公厘}^2,$$

表 1

而鋼為：

$$\gamma = \frac{1}{0.12} = 8.3 \text{ 公尺/歐姆} \cdot \text{公厘}^2,$$

導 體	電 阻 率 (歐 姆·公 厘 ² /公 尺)	電 導 率 (公 尺/歐 姆·公厘 ²)
銀	0.0158	63.3
銅	0.0175	57.1
金	0.0235	42.6
鋁	0.0291	34.0
鉗	0.0476	21.0
鎢	0.0552	18.1
鋅	0.0610	16.4
鉑	0.108	9.2
銻	0.072	8.7
鋼 ^①	0.12	8.3
錫	0.114	7.0
鐵 ^②	0.0978	10.2
鉛	0.221	4.5
鎳鉻鐵合金	1.11	0.9
錳 銅	0.48	2.04
康 銅	0.50	2.0

那末銅的導電比鋼要好 57:
8.3=6.86 倍。

各種金屬在 20°C 時的
電阻率和電導率的數值列入
表 1 中。

知道了導體的材料和它
的尺寸(長度和橫截面積)
之後，就可以按照下列公式
計算這些導體在溫度 20 °C
時的電阻：

$$R = \rho \frac{l}{S} \text{ 歐姆}, \quad (2)$$

式中 ρ ——材料的電阻率；
 l ——導體的長度，
公尺；

① 用作導線的銅；

② 化學純淨的鐵。

S ——導體的截面，公厘²。

例：決定長為 100 公尺、橫截面面積為 1.5 公厘²的銅導線在

温度为 20°C 时的电阻。

解：从表 1 查到铜的电阻率为 $\rho = 0.0175$ 欧姆·公厘²/公尺，把这数据以及 $l = 100$ 公尺和 $S = 1.5$ 公厘² 一起代入公式(2)内，就得到在温度 20°C 时这种导线的电阻值：

$$R = \rho \frac{l}{S} = 0.0175 \times \frac{100}{1.5} = 1.17 \text{ 欧姆}.$$

导体的电阻除了与长度、截面和材料以外，它的电阻还和温

表 2

材 料 名 称	温度从 0 到 100°C 間 温度系数的平均值
銀	+0.00400
銅	+0.00445
金	+0.00377
鋁	+0.00423
鉍	+0.00473
鎢	+0.00464
鋅	+0.00390
鉑	+0.00307
鉄	+0.00625
鎳	+0.00621
錫	+0.00440
鉛	+0.00411
水銀	+0.0087
碳	-0.00052
鎳鉻鉄合金	+0.00013
錳鋼	+0.00003
康銅	+0.000005

度有关，大多数导体当温度增高时本身的电阻也增加。然而煤、鹽和酸的水溶液，以及某些其他材料則随着温度的增加，电阻反而减小。在温度变化 1°C 时，表示导体电阻一欧在温度变动 1°C 时的变化数值，称为电阻的温度系数，用 $T. N. \rho$ 或 α (阿尔發) 来表示。电阻温度系数的数值列于表 2 中。

从表 2 知道，对于某些材料温度系数的数值 α 是正的，而另一些則是負的，这就說明当温度增加 1°C 时某些材料的电阻就相应的增加或减小。

当导体的温度在从 0 到 100°C 的范围内变化时，电阻的数值可以利用下式求得：

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2^{\circ} - t_1^{\circ})]. \quad (3)$$

式中 R_2 ——变化后的温度 $t_2^{\circ}\text{C}$ 时的电阻；

R_1 ——起始温度 $t_1^{\circ}\text{C}$ 时的电阻；

α ——某种材料的导体的电阻温度系数；

t_1° ——起始温度；