



141540

技术科学硕士

А. И. 罗里叶 著

工业电雷管



国防工业出版社

5

714

工 业 电 雷 管

講師、科学技术碩士 A.И. 盧里叶 著

張治平 韓維湘 譯

陈 福 梅 校



國防工業出版社

在本書中研究了工业电雷管的构造及其发火的理論基础，同时也叙述了电雷管的数据和其測定方法。

此外，还叙述了电雷管瞎火的原因，并分析了使其确实发火的条件。

本書可供矿山工业和生产电雷管工厂的工程技术人员参考。

А. И. Лурье
ПРОМЫШЛЕННЫЕ
ЭЛЕКТРОДЕТОНАТОРЫ
Углетехиздат
Москва—1949

本書系根据苏联煤矿技术書籍出版社
一九四九年俄文版譯出

工业电雷管

[苏] 盧里叶 著
張治平 韓維湘 譯
陈 福 梅 校

国防工业出版社出版

北京市書刊出版业营业許可証出字第 074 号
北京新中印刷厂印刷 新华書店发行

787×1092 1/32 • 411/16 印張 • 98,000 字

一九五七年十二月第一版

一九五七年十二月北京第一次印刷

印数：1—1,160 冊 • 定价：(10) 0.66 元

序 言

为了完成战后斯大林五年计划中所提出的恢复和进一步发展苏联国民经济的艰巨工作，需要广泛地利用炸药和电火工品。远在战后五年计划的头几年，电气爆破在采煤、开采矿物和非金属矿物，以及建设工业企业、发电站和交通事业等方面的应用，就已大大地超过了战前水平。毫无疑问，今后用电气方法进行的爆破工程，其规模将更加宏大。

由于爆破作业意义的重大和规模的巨大，使之对电气爆破方法的可靠性方面提出了极其严格的要求。遗憾的是电气爆破中瞎火是常有的事。炸药消耗的过多，建筑工程速度的降低，煤和矿物开采量的减少，以及经常因瞎火的电雷管和药包随煤和矿物混入工业设备中而引起的许多损失事故——这些就是因药包电气爆炸的缺点而常常要付出的格外高的代价。

如此严重的后果使人们决不能容许电雷管的瞎火，而电气爆破的瞎火并不是在任何情况下都不可避免的。

研究证明，瞎火的主要原因是电雷管的性能和用来引爆的电源特性之间的不相适应。产生这种不适应的情况，只是由于我们对电雷管的性能（特性参数）缺乏应有的知识。

作者试图用本书来弥补这个非常重大的缺陷。本书的编纂是在于作为从事爆破工作的工程师和技术员，以及电雷管制造工厂工程技术人员的参考书。

本書中所引用的电雷管的特性参数，是仔細实验电雷管的結果^①。此試驗是一九四二年到一九四六年在作者领导下为了研究药包电气爆炸的瞎火原因而进行的。

Г. А. 波米納里尼克，И. В. 沙連科和Н. А. 列別捷夫等工程师曾积极地参加了这次电雷管的試驗，他們对此試驗貢獻出很大的力量。

作者感到应当向 В. А. 阿索洛夫，К. П. 伏斯托可夫，А. И. 格列布維茨基，В. К. 庫庫里契金和 Г. А. 波米納里尼克致以謝意，因為他們對本書作了校閱，并且提出了許多寶貴意見。

① 試驗了一万个以上的电发火管和电雷管。

目 录

第一章 电 雷 管 概 說

- § 1. 用途、型式、分类..... 1
- § 2. 电发火管作用原理及主要性能..... 3
- § 3. 电发火管比較..... 8

第二章 金屬桥絲熾热式电雷管

- § 4. 瞬发作用电雷管的結構..... 11
- § 5. 延期电雷管的結構..... 18

第三章 苏 式 电 雷 管

- § 6. 发展簡史..... 20
- § 7. 电雷管制造与供应的标准和技术規程..... 23
- § 8. 現代电雷管的結構..... 32

第四章 带金屬电桥的熾热电发火管的理論基础

- § 9. 电发火管的燃燒过程..... 38

第五章 电雷管特性参数

- § 10. 特性参数的測定..... 50
- § 11. 参数数量值..... 60
- § 12. 电雷管不均一性的原因..... 74

第六章 电雷管确实发火的条件

- § 13. 最小发火电流..... 79
- § 14. 发火电流的最大許可值..... 92
- § 15. 电雷管瞎火的可能原因..... 94

第七章 电 雷 管 試 驗

- § 16. 电雷管野外試驗..... 99
- § 17. 电雷管参数的測定..... 103

第一章 电雷管概說

§ 1. 用途、型式、分类

电雷管用来引爆炸药。它由雷管和电发火管相结合而成。电发火管通常都是装在雷管壳内^①。

电发火管由引火头（引燃药）及其发火装置组成。

电发火管系利用借助电能发火的引火头燃烧所产生的火花引爆电雷管中的起爆药。因而，电发火管中的电能或者完全变为热能（由于电流通过导体），或者一部分变为热能，一部分变为机械能（由于两极间形成电火花）。

按转变电能的方法及点燃引火头引燃药的方法，电发火管可分为以下三类：

- 1) 金属桥丝炽热式电发火管；
- 2) 导电引燃药炽热式电发火管；
- 3) 火花式电发火管^②。

其中：

- 1) 所谓电桥炽热式电发火管是指这样的电发火管，

^① 电发火管制成后，不仅作为装配电雷管的半成品，而且也是用作点燃药的成品。因为在后一种情况下，电发火管是装在壳内，只要将雷管插入电发火管壳中，即可成电雷管。

^② 电发火管的固定名称至今还没有。文献中可见到下列一些名称：

- (a) 第一类电发火管——电桥式、炽热式、低电阻的及其它；
- (b) 第二类电发火管——接触炽热式、间隙式、中电阻的及其它；
- (a) 第三类电发火管——火花间隙式、高电阻的及其它。

其中不导电的引燃药是由装在引火头内通电流即熾热的金屬絲（电桥）来点火（见图 1 中的电路）；

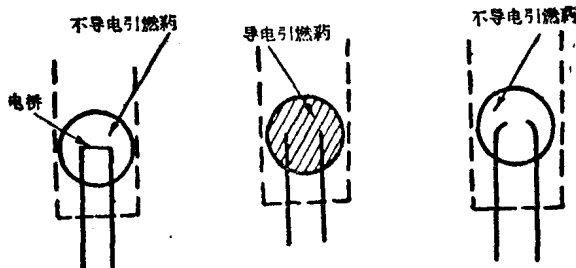


图 1 金屬桥絲熾热式电发火管結構原理图 图 2 导电引燃药熾热式电发火管結構原理图 图 3 火花式电发火管結構原理图

2) 所謂导电引燃药熾热式电发火管是指这样的电发火管，其导电的引燃药系以电流直接通过引燃药所生成的热来点火。故引燃药用导电物質作成（见图 2 中的图解）；

3) 火花式电发火管是指这样的电发火管，其引燃药系借助电火花而发火。电火花穿过压装在电极間的不导电引燃药，发生热量和机械冲击（见图 3 中的图解）。

电发火管和电雷管除以上按点燃引燃药的方法分类以外，还可按以下特征区分：

1) 按引火头的結構，可分为：

- a) 硬引火头式的；
- 6) 疏松引燃药式的。

2) 按作用速度可分为：

- a) 瞬发作用的；
- 6) 延期作用的（有专门的延期装置）。

3) 按电雷管中起爆药种类区分；

- 4) 按雷管壳的材料区分;
- 5) 按导线绝缘方式区分。

§ 2. 电发火管作用原理及主要性能

1. 金属桥丝炽热式电发火管

此种电发火管作用原理如下:

- a) 电流通过电桥,放出热量,使电桥和引燃药变热;
- б) 当接近电桥的引燃药层达到一定温度,并获得必需的热量,药剂即开始强烈反应(燃烧),在保持相同条件的情况下,此种反应当电流停止通过电桥后仍将继续进行。
- в) 经过若干时间后,引火头燃烧,向外放出火焰。火焰同雷管的起爆药相接触,因而电雷管立刻爆炸,装有雷管的药包也一同爆炸。

按照电桥的直径和长度,电桥炽热式电发火管可分为三类:

- a) 低电阻 (0.5欧姆以下) 电发火管;
- б) 中电阻 (由0.6到3.0欧姆) 电发火管;
- в) 高电阻 (约为 50~150 欧姆) 电发火管。

低电阻电发火管的电桥直径比较大 (50 μ 以上)^①。因此,点燃它们需要有很大的电流——单个点燃需要 2~3 安培的电流,串联时需要 5~6 安培的电流。这样,单个低电阻电发火管的发火需要 1.0~1.5 伏特的电压和 2~4.5 瓦特的功率。

中电阻电发火管的电桥,当长度为 1~5 公厘时,直

① 一微米 (μ) 为 0.001 公厘。

徑为 $24\sim 50\mu$ 。此种电发火管的发火需要 $0.3\sim 0.8$ 安培的电流，而串联时需要 $0.8\sim 2.5$ 安培的电流。

这样，单个的中电阻电发火管的发火，需要 0.5 到 1 伏特的电压和 0.5 瓦特的功率。

高电阻电发火管象中电阻电发火管一样，电桥直径为 $24\sim 50\mu$ ，但却长得多（数十公厘）。故电桥卷成螺旋形状。

有时高电阻电发火管中采用标准长度的电桥，但一般都要附加一补充电阻放在电发火管壳下部。

高电阻电发火管的发火需要 0.3 到 0.8 安培的电流。但因为电阻高，其发火必需有相当大的电压（达到 100 伏特）和功率（达到 70 伏特）。

比較上述电发火管发火所需的功率，就容易看出，从能量的观点，以及从爆破电流电源大小和功率的观点出发，最好的是中电阻电发火管。这也就说明为什么此种电发火管能得到特别的推广。但是，应当注意，中电阻电发火管在特别不利的条件下，能因通过大地的杂散电流而自行发火^①。低电阻和高电阻电发火管很少有这种缺点，因为它们发火所必需的功率大，能抵制杂散电流，故较为安定。

电桥熾热式电发火管具有以下非常可贵的性能：

- 1) 十分安定，能經长期貯存和震动而性能不变；
- 2) 因电阻小，脚綫和爆破网导綫的絕緣就是非常坏，也沒有关系。只有当絕緣电阻的大小接近电发火管电阻

^① 正如实践所指出的，只有在用电气运输的矿井中，軌道条件不好，并且爆破棚內有絕緣不好的电綫的情况下，才能发生杂散电流使电雷管发火的事。

时,通过不良絕緣所造成的分路才显著影响发火的可靠性。

2. 导电引燃药熾热式电发火管

此种型式的电发火管是由两个电极导电的引燃药和脚綫所組成。

在带有导电引燃药的电发火管中,引燃药剂或者成块状,压在电极之間,或者为硬头状,粘在电极上。

引火头的导电性以在引燃药中或者加入細金屬粉(一般为銀粉)或者加入經細研的碳(石墨)来达到。第一种情况下,电发火管电阻为 20 到 1000 欧姆,第二种情况下为 10000 到 100000 欧姆^①。

带有金屬附加物的电发火管的感度很大。欲引燃此种式样的单个电发火管只要 2~3 伏特的电压和数毫安培的电流,故容易因杂散电流和爆破网导綫中的感应电流而早爆。由于这些原因,此种带金屬附加物的电雷管实际上几乎不用。

带有碳(石墨)附加物的电发火管的发火,电流不甚大时(数十毫安培)需要 30~40 伏特的电压。故不怕杂散电流。实际爆破条件下,杂散电流一般不能給电发火管以这样大的电压。

带有导电引燃药的电发火管发火过程进行如下:

1) 当电发火管中通入足够的电压(30~40 伏特)时,其电阻几乎一刹那即降到約 5000 欧姆,不依最初电阻之大小而轉移^①;

^① 带有导电性药剂的电发火管的电阻与所进行测量的电压有关。测量电压越高,則所测量的电阻將越小。为了能够进行比较起見,假定电发火管电阻的測定是在 1~2 伏特的条件下进行。

2) 电阻瞬刻降到 5000 欧姆以后，电发火管电阻将继续降低到 50 欧姆左右，但较缓慢得多。此时通入电发火管的电压越高，则所需时间越短^②；

3) 当电发火管电阻降到 50 欧姆以后，引火头开始燃烧。此种燃烧一般继续 2 ~ 3 毫秒之久。

应当指出，带有导电引燃药的电发火管在串联的情况下能十分确实地发火，甚至在最初电阻不完全相等的情况下，也能十分确实地发火。

同金属桥丝电发火管比较，带有导电性引燃药的电发火管有以下的缺点：

1) 其性能（电阻及发火所需的电压）不甚安定，即长期贮存和运输中能引起很大的改变；

2) 因此种电发火管电阻相当大，若脚线绝缘不良，可因分流而导致踏火；

3) 发火电压高（30 伏特以上）；

4) 电阻测量必需用能在 1 ~ 2 伏特下测量高电阻的专门和极复杂的仪器；

5) 由于此种电发火管不易取得十分精确的数据，（因安定性不够和电阻测定困难），使用导电药剂加热式电发火管的情况下，爆破网电路的精确计算就不大可能。

带有导电引燃药的电发火管的优点是：抵抗杂散电流的安定性大，且由于其发火电流不大，能使雷管在并联成群的情况下发火。

① 这是因导电质点受热的影响发生膨胀，部分质点之间发生接触。

② 50 伏特电压需 10 毫秒的时间，60 伏特约需 1.0 毫秒，80 伏特约需 0.3 毫秒。

3. 火花式电发火管

火花式电发火管由两个电极、引火头和脚綫組成。

火花式电发火管引火头由压装在电极之間的不导电药剂作成。以稍加弯曲和磨尖脚綫作为电极。电极間距离一般在 0.1 到 0.5 公厘以內。火花电发火管电阻一般在 1 兆欧（姆）以上^①。

只要对电极通入足够高的电压，它們中間即发生电火花。电火花以其热效应和机械效应（引燃药被加热和燒穿）使电发火管的引火头发火。

火花式电发火管发火所需电压同电极間的距离、电极端形状及压装在电极間的引燃药的种类有关。一般火花式电发火管的发火电压約为 2000~3000 伏特^②。

火花式电发火管发火电压如此的高，所以对于杂散电流是非常的安定。但是火花式电发火管的发火需要能发生高压的特別仪器，例如有断路器的变压器或利用断路額外电流原理的装置。

火花式发火管有着以下非常重大的缺点：

1) 它不够安定（电极間距离微小的改变能引起发火电压的很大变化）；

2) 不論脚綫或主导綫，都要求有非常良好的絕緣。因为当它們的絕緣稍微不好，都会导致电发火管的很大的分路和瞎火；

① 兆欧（姆）为一百万个欧姆。

② 制取低电压火花式电发火管，实际上并不能作到，因为甚至在 2000 伏特的情况下，电极間距离总共不过 0.1 公厘。

3) 精确性的檢驗非常困难, 必需特别的仪器, 而結果又不大可靠。

§ 3. 电发火管比較

从以上所述可将电发火管进行比較。下面的比較系以爆破实际中对电发火管所提出的要求为根据。此种要求是:

- 1) 雷管确实发火 (有足够大的火焰力);
- 2) 使用安全 (对震动和冲击, 以及从管壳中拉出脚綫时电发火管不应发火);
- 3) 能用功率不大的可携带的电源发火;
- 4) 能經受长期貯存 (电发火管应可保存若干年而性能不改变, 且引燃药同金属相接触时, 特别是同熾热电桥相接触时, 不应发生自行分解和化学作用);
- 5) 有足够大的机械安定性 (电发火管不应因震动而改变性能);
- 6) 有足够抵制杂散电流和大气放电的安定性;
- 7) 精确性檢驗的手續简单和电阻的測量容易;
- 8) 可降低脚綫和綫路导綫的絕緣性能;
- 9) 制造简单, 能大批生产出均匀一致的产品。

表 1 中所示为各种电发火管能满足上述要求的程度。

表 1 中数据說明, 所有的电发火管中沒有一种是能完全符合所有要求的。但比較最能符合这些要求的是中电阻电桥熾热式电发火管。

其次能符合要求的是导电药剂熾热式电发火管^①。

最后是火花式电发火管。

① 碳或石墨附加物。

由于上述原因，現在，在和平的爆破工程中，几乎完全使用中电阻电桥熾热式电发火管，只有在发生强烈杂散电流的情况下，有时才使用导电性引燃药熾热式电发火管。苏联在爆破工程中只制造和使用中电阻电桥熾热式电发火管。

第二章 金屬桥絲熾热式电雷管^①

§ 4. 瞬发作用电雷管的結構

正如前面已指出的，瞬发作用电雷管为装在同一壳內的雷管和电桥熾热式电发火管构成的一个合成体。

1. 雷 管

雷管用来产生起爆冲能，并将此冲能傳給炸药。雷管装药是由起爆药和猛炸药組成的复式装药——第一和第二装药組成。

雷管中的起爆药面上盖着金屬的加强帽，用来防止起爆药受外力的作用，并构成一个坚固的小室，使起爆药爆炸瞬間能形成很大的压力。加强帽中間有一个孔。

雷管可按其中所装起爆药的种类和数量来区分，而起爆药数量一般是以雷管的号数表示。

現在，使用最广泛的是装药量約 1.5 克的 8 号雷管，其中第一装药为叠氮化鉛或雷汞。

① 本章概述电桥熾热式电雷管結構。苏联制造的电雷管的結構將在第三章中研究。

表 1

对电发火管的要求	电 发 火 管 类 型		
	电桥 (中电阻) 发火管	导电引火剂 发火管	火花式电发火管
1	2	3	4
发火确实 使用安全 能用小功率和可携带 的电源确实发火	能保証 能作到 1) 单个爆炸可用低电压 (2~3 瓦法尼电池) 小功率电源发火; 2) 串联爆炸可用一般的可 携带的电源 能使之适于长期贮存 安定 强大杂散电流和同时导线 絕緣破坏的情况下能自 行发火; 在沒有特別防 护設施的情况下, 强大 的和近处的大气放电能 使之发火 非常簡單	能保証 能作到 1) 单个爆炸可用小功率, 但高电压 (30 伏特以 上) 的电源发火; 2) 串联爆炸可用一般可携 带的电源 长期贮存时性能稍有改变 震动时性能改变 能抵制杂散电流; 可因大 气放电而自燃	能保証 能作到 单个电发火管和串联电发 火管的发火必需高电压 的专门爆破机 长期贮存时性能稍有改变 震动时性能改变 能抵制杂散电流; 工作电 压很高的情况下能不受 大气放电的影响
校正檢驗和电阻测定 方法的簡易性		必需專門的測量儀器	困难

降低导线绝缘的可能性	可大大降低脚线电阻 (达到数十欧姆)	导线绝缘电阻降到十万欧姆以下时, 可能发生踏火	导线绝缘电阻降到一兆欧 (姆) 以下时, 可能发生踏火
精确计算出爆炸电路的可能性	能	不能	不能
制造简单, 能大批制出均匀一致的产品	制造不甚复杂; 能制出大致均匀的产品	制造较为复杂; 不能制出均匀一致的产品	制造较为复杂, 不能制造均匀一致的产品