电力起爆經驗介紹

李 之 鳴

电力起爆在地質勘探的坑、井探中具有重要的意义。自从电力起爆推行以来，不仅保証了爆破作业的安全，而且提高了炮眼利用系数，并直接降低了工程成本。

根据1957年7月份在542队坑探工程中观察的資料，由于电力起爆准爆率高且爆力集中，較火力起爆約提高炮眼利用系数9.9%，同时，降低單位进尺火藥消耗11%（見表1）。

表1

起爆方法	炮眼利用系数(%)	單位进尺火藥消耗(g/M)
火力起爆	88	8.04
电力起爆	96	7.16
电力比火力	提高9.9%	降低11%

从工程成本来看，一个电气雷管的价格是0.60元，一个火雷管的价格是0.50元，每公尺导火線的价格是0.30元，按一个炮眼的起爆材料成本計算，即可降低0.20元。若以分局全部坑、井探任务而言，其节約数字是相当可观的。由此可見，电力起爆具有重大的經济价值。

一、电力起爆的电源及其設置

解决电力起爆的电源是推行电力起爆的首要条件，必須根据施工中的具体情况，正确地选擇适当的电源。542队在坑探工程任务比較集中的地区，广泛使用了动力線路，在沒有动力線路的地区（包括井探）使用了乾电池或手摇发爆器。

（一）动力線路

使用动力線路作为爆破線路时，必須注意線路設置的正确性。在动力線路不停止輸电的情况下进行爆破，应当严格按照安全操作規程所規定的事項予以設置爆破線路（如图1所示）。即：

1. 在爆破电源与爆破地点之間，必須設二道开关，并須將开关裝置在帶鎖的木箱內。

2. 在爆破地点与第一道开关之間，必須設置一段活接头。

3. 在靠近电源的木箱內，設置兩个指示灯。一个与电源線路并联，以檢查电源电压情况；另一个与爆破線路串联，以檢查爆破線路的供电情况，并可以在裝藥以前发現总开关是否打开。

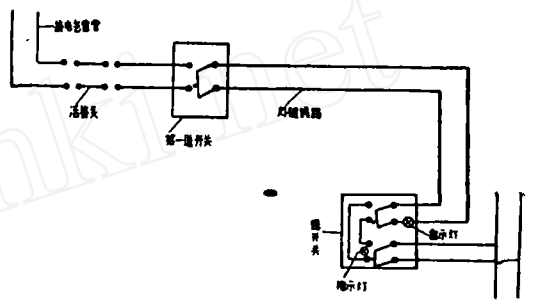

图 1

4. 兩开关都必須設置在安全地点，特别是总开关。

在坑口單独輸电，并且在进行爆破作业时線路不送电的情况下，可以考慮充分利用扇风机線路或其他線路（如图2所示）。使用此类爆破線路，必須注意送电的联絡信号，爆破手在掌头將線路联結完毕，并已到达总开关以后，方可通知发电。

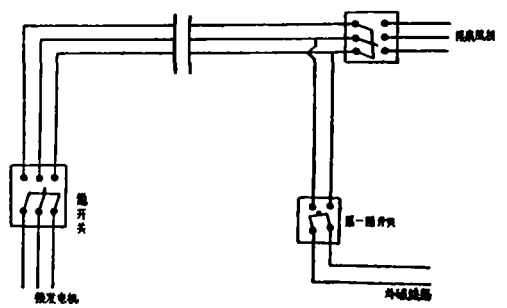

图 2

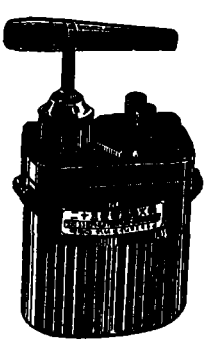

图 3

（二）手摇发爆器

北京市电器厂所出品的25发手摇发爆机甚为合适，該机的特点是体积小、輕便，且操作簡單（图3）。其技术性能

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

如下：

直流电压	100—120伏
电流	0.6—0.8安

总电阻不超过100欧姆时可起爆中等感度的电气雷管25发。

（三）乾电池

542队普遍使用了45伏特无線电用乾电池作为电力起爆电源（图4）。一組乾电池約可使用300到400次。也可以使用1.5伏特手电池串联作为井探爆破的电源。最簡單的方法是使用一硬壳紙筒作为手电池的盛器（图5）。

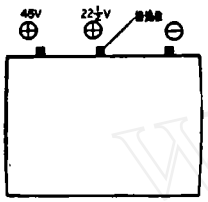

图4

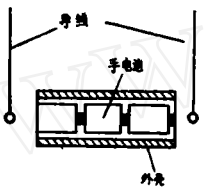

图5

决定手电池的个数是以爆破線路計算的总电流为依据。当电气雷管串联时，用下式計算：

$$n=\frac{V_{总}}{1.5}；$$

式中：n——手电池个数；

$V_{总}$——爆破線路所需总电压。

（四）蓄电瓶

542队也曾經使用60A的蓄电瓶作为井探爆破的电源，效果良好。但是由于蓄电瓶过于笨重，不易保管，因此，不宜广泛应用。

二、电力起爆的联結方法及其計算

必須根据所使用不同类型的电源，来正确选擇电气雷管的联結方法。否則，將产生拒爆或爆破不完全現象。在采用动力电源时多采用井联法，但考虑到联線方便，井易于檢查，爆破手在实际工作中一般都采用串井联法（如图6）。采用手摇发爆器必須采用串联法，切不可采用井联或串井联。否則將因过負荷而使发爆器机件燒坏。用乾电池作为电源时，一般使用串联，但經过詳細計算后，也可采用串井联。

較簡單的联結方法，如串联，其爆破線路的計算可采用欧姆公式。对于复杂的爆破線路，作者建議采用等值計算法。等值計算法首先繪制線路計算图（如图7），然后再根据線路計算图，把复杂的線路化为

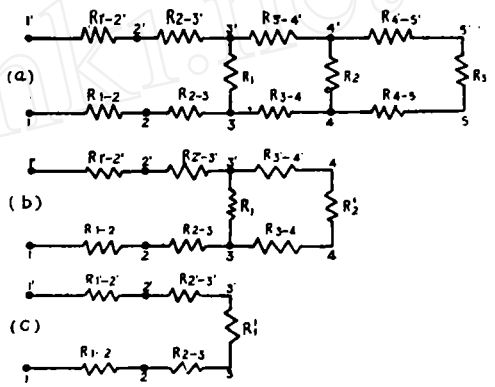

图7

簡單的串联电路。如图7(b)中之R'_2，等于图7(a)中之R_2，$R_4'\sim_5'$，R_3，$R_4\sim_5$的計算值。即：

$$R'_2=\frac{R_2(R_4'\sim_5'+R_3+R_4\sim_5)}{R_2+(R_4'\sim_5'+R_3+R_4\sim_5)}$$

同理图7(c)中之R'_1

$$R'_1=\frac{R_1(R_3'\sim_4'+R'_2+R_3\sim_4)}{R_1+(R_3'\sim_4'+R'_2+R_3\sim_4)}$$

所以$R_{总}=R_1'\sim_2'+R_2'\sim_3'+R_1'+R_2\sim_3+R_1\sim_2$

主線的电流：

$$I_{总}=\frac{E}{R_{总}}$$

或主線的总电压：

$$E_{总}=I_{总}\times R_{总}$$

应当指出，在計算爆破線路导体的电阻时，所采取的导線長度要比实际長度大10%；同时，对于电气雷管的电阻，应采取实际的数值，如果不知道实际数值，一般可設它等于2.0歐姆。

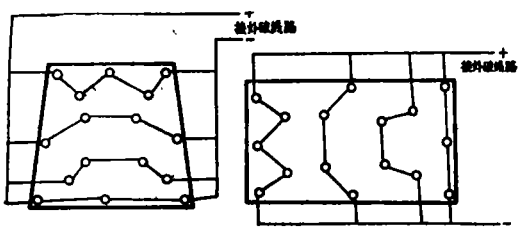

图6

三、电气雷管的檢验

电气雷管在使用以前，必須进行檢驗，一般只檢

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

查其导通性，在有条件时应檢驗其电阻。使用万能电表或凱氏 101 型电桥能很准确的檢驗电气雷管的导通性和电阻。檢驗电气雷管导通性最簡單的方法的是利用耳机。如图 8 所示，当电气雷管电桥完整，即电气雷管导通性良好时，耳机发出声响，否則，耳机不发声响。应該指出无論电气雷管作何种性能的檢驗，都必須注意試驗电流不能大于 0.03 安培；試驗时把电气雷管放在3吋的鉄管中。

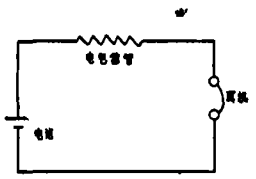

图 8

四、电力起爆的安全措施

为了保証电力起爆線路設置的正确性，除正确地选擇电源和联線方法以外，在操作中还必須遵守下列事項：

1. 进掌头裝藥以前，应首先將开关檢查一遍，看是否完全打开；

2. 脚線与母線联結时，要將脚線兩端（長約5公分）用砂紙或小刀擦去絕緣涂料或銹；

3. 脚線与母線联結时，先將母線相碰，若无火花方可与脚線相联；

4. 母線本身的联結部份应纏以膠布絕緣，靠近掌头的裸鉄線应防止与岩壁相接触；

5. 与活接線头相联的母線，爆破后应联成短路并將活接線头拆下收好；

6. 全部線路經檢查后，才能連上活接線头，然后接上第一道开关，最后接总开关；

7. 接上总开关，如电气雷管拒爆，最少要隔15分鐘才允許进入掌头檢查；

8. 爆破开关木箱鑰匙或发爆器手柄，必須由爆破手亲自掌握。

迟发多段电气爆破

И.Ф. 門德維捷夫、И.Е. 西特尼科夫、А.С. 普洛科甫耶夫

为了闡明在硬岩中使用迟发多段电雷管爆破效果的提高程度，笔者和某一金屬矿山的工程技术人員，提出用現时生产的电雷管，进行电气爆破方法，并共同进行了試驗工作。

試驗是在断面为 7.28 平方公尺、岩石普氏强度系数为20的四条水平坑道中进行的。在爆破試驗过程中，除了迟发間隔的时間和迟发的段数有所不同外，所有其他条件，如岩石强度、炮眼排列、数量、深度、以及藥包重量等等，都是相同的。

試驗中采用了三种爆破順序方案：第一方案，其炮眼是用国产 0、2、4、6 及 8 秒的迟发电雷管进行爆破（图 1а）；第二方案是用微差电雷管进行爆破，（图 1б）；第三方案，其掏心眼和輔助炮眼用微差电雷管、帮眼用 2、4、6 及 8 秒迟发电雷管进行爆破（图 1в）

这样，整个26个炮眼的爆破就分別成为以 5 組迟发的迟发电雷管、7 組迟发的微差电雷管，以及10組迟发的联合方法来进行。

試驗中采用沙夫列尔公司所出产的微差电雷管，其相鄰序号之間的額定迟发間隔时間为40毫秒。由于这种微差电雷管較国产电雷管起爆能較小，为保証不发生拒爆現象，將微差电雷管和其它电雷管分开單独成为一組，采用并組联的接線方法。这样，在試驗中从未发生过拒爆現象。在所进行的試驗中，微差电雷管主要是为了获得一个附加的迟发組。

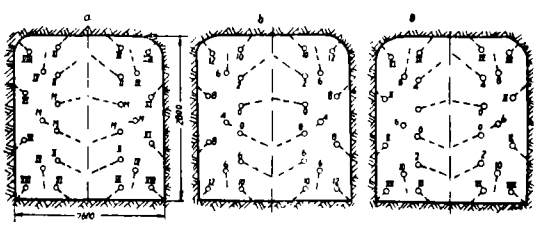

图 1 三种炮眼爆破順序方案

M—即发电雷管；Ⅱ、Ⅳ、Ⅵ、Ⅷ—2、4、6及8秒的迟发电雷管；0—2—4等—沙夫列尔公司微差电雷管的序号。

使用微差电雷管的爆破指标（第二方案），对于三条坑道来說，仅仅比用迟发电雷管的爆破指标（第一方案）高 2～3%。因为各組之間的爆破間隔时間縮短时，迟发段数从 5 組增加到 7 組，这样不可能显著地提高爆破指标。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net