

# 探槽爆破施工中电爆网路外来电流预防技术

孙宗席

(武警警种学院,北京 102202)

**摘要:**在分析探槽爆破施工中电爆网路外来电流的成因、类型及特性的基础上,综述了探槽爆破施工中电爆网路外来电流预防技术及研究成果。获得的成果可为露天爆破施工电爆网路外来电流的预防提供参考。

**关键词:**探槽爆破;电爆网路;外来电流

中图分类号:P633.2 文献标识码:B 文章编号:1672-7428(2017)12-0091-04

**Technology of Preventing Foreign Current from Interfering Current Network in Trenching Blasting Construction/SUN Zong-xi** (College of Specialized Forces, CAPF, Beijing 102202, China)

**Abstract:** Based on the analysis on the causes, types and characteristics of the foreign current of the electric blasting network in the trenching blasting construction, the paper reviews the technology of preventing foreign current from interfering electric blasting network in trenching blasting construction and the research results. The achievements received can provide reference for the prevention of foreign current of the electric blasting network in the open blasting construction.

**Key words:** trenching blasting; electric blasting network; foreign current

## 0 引言

武警某部官兵承担着国家区调矿调和多金属勘查任务,点多线长面广,施工区遍布全国各地,不管是在寒冷的东北还是多雨的南方或是干旱的西部,人工挖掘探槽都相当困难,效率低下,所以,挖掘探槽主要依靠爆破施工来提高效率。但由于电爆网路中外来电流来源复杂,预防困难,经常导致早爆事故的发生,不单使工期延误,造成经济损失,甚至还发生多起亡人事故。究其原因主要是外来电流入侵电爆网路造成的,这一技术难题已困扰了部队多年,一直没能得到很好的解决,对官兵生命安全威胁很大。因此,解决好“探槽爆破施工电爆网路中外来电流的入侵问题”,是当前之急需、官兵之期盼,对确保部队安全顺利施工和官兵生命安全具有十分重要的意义,同时也可为其类似工程施工提供借鉴。

## 1 外来电流的成因

凡一切与专用起爆电流无关而流入电雷管或电爆网路中的电流都称之为外来电流。因施工区极其分散,施工环境复杂,外来电流产生的原因也是多种多样。在爆破作业中,因电爆网路被雷击或由此网路中产生感应电流;因动力电源漏电与大地连通或工业区散布于大地表面的各种杂散电流;物体之间

摩擦产生的静电或作业人员穿着化纤衣物之间摩擦产生的静电放电;无线电工业区各种频率的强大射频电场发生变化使电爆网路产生感应电流等等,均能产生外来电流。若探槽爆破施工区的电爆网路流入外来电流,且外来电流的强度超出电雷管起爆的安全电流就会引起早爆事故的发生。

## 2 外来电流的类型及特点解析

据调查分析,近十多年来在部队探槽爆破施工包括外包工程,因外来电流引起的早爆事故近20起,已造成多人伤亡事故。笔者认为,探槽爆破施工中电爆网路可能遇到的外来电流类型主要可分为:雷电、杂散电流、静电和射频电4种类型。

### 2.1 雷电

雷电是野外施工中遇到的最常见现象。雷电的形成起源于带有大量电荷的“雷雨云”,当电荷积累到一定程度时就会产生放电现象。雷雨放电时间短促,能量高度集中,放电电流可达几万到几十万安培,温度高达 $2 \times 10^4$  °C。如果雷电直接击中电爆网路,因电雷管脚线绝缘能力低,易被高压电击穿,在被击穿瞬间,网路与大地之间有电流流过,从而引爆网路中的全部炮孔或部分炮孔。即使远离雷击点的爆区,因闪电产生的强大电流引起的电场强度突

收稿日期:2017-07-19

作者简介:孙宗席,男,汉族,1971年生,副教授,地质工程专业,硕士,从事探矿、地球物理勘探的教学与研究工作,北京市昌平区南口镇, woszx1971@163.com。

变,也可能通过电磁感应引爆起爆网路。

## 2.2 杂散电流

凡散布于大地中各种杂乱无章的电流统称为杂散电流。当爆区或爆区附近有电源(如:发电机、电池、变压器)输出电流时,电流经动力线路输入到各种用电设备以后,总会通过各种通道返回电源。电流通道主要有:(1)大地本身;(2)与大地绝缘的专用导体,如电线、电缆等;(3)与大地不绝缘的导体,如矿区铁轨、裸线等。如果用电设备和电源之间的回路被切断,那么电流就要用大地作为回路,从而产生强度很大的杂散电流。采用架线式电机车运输的地区普遍存在杂散电流,因为架线式电机车均使用轨道作为回路,铁轨与大地接触,其中就有一部分电流流入大地而形成杂散电流。当设备和导线的绝缘性遭受破坏产生漏电,也可产生杂散电流。另外,在装药过程中,散落在地面上的硝铵类炸药遇有水时可离解成带正电的铵离子和带负电的硝酸根离子,在大地自然电流的作用下形成化学电源,其电位差可达几十毫安。如果爆破施工时雷管的脚线或电爆网路中流入杂散电流,就容易造成早爆事故的发生。

## 2.3 静电

静电是由物体之间相互摩擦和接触过程中产生的。得到电子的物体带负电,失去电子的物体带正电。当静电荷积累到一定程度时,就可能产生静电放电。当放电电流超过电爆网路的安全电流时,就可能引起电雷管早爆造成事故。在探槽爆破作业中,最常见的静电早爆事故主要是作业人员穿着化纤或其它绝缘的工作服相互摩擦所产生的静电和压气装药系统所产生的静电引起。研究表明:在相对湿度为50%,穿有羊毛内衣和尼龙内衣且摩擦面积为 $1\text{ m}^2$ ,人体电容为 $200\text{ }\mu\text{F}$ 条件下,可产生高达2000多伏的静电,人体带电量可达 $0.1\text{ mJ}$ ,而衣服之间的摩擦可达 $13\text{ mJ}$ ,所以化纤衣物之间摩擦产生的静电引爆电雷管的危险性比较大。压气装药在输药过程中,积累起来的静电电压最高可达 $3\text{ 万 V}$ ,有的甚至可达 $5\text{ 万 V}$ 。以上两种情况积累的静电荷主要集中在3处:(1)操作者身上;(2)装药器及附属设备上;(3)炮孔内及电雷管脚线上。若这3个部位与大地绝缘,当静电荷积累到一定程度时就会突然产生放电,引起电雷管和炸药粉尘爆炸。

## 2.4 射频电

射频电通常是指一种高频交流变化的电磁波简

称。如电视台、无线电广播电台、雷达站等都发射强大的射频电磁场。空中传播的无线电波会被接收天线接收。没有任何屏蔽的电雷管和电爆网路,不管它们是开路还是短路,也不管它们是否连接到电路中,如果处在强大射频电的电磁场内,都起着接收天线的作用,都能接收到射频电能。如果这种电能产生的电流强度超过了电雷管的安全电流,就可能引起电雷管早爆。电爆网路距离射频发射源越近,发射机功率越大,电爆网路早爆的危险性越大。

## 3 电爆网路中外来电流的预防技术

为给部队官兵及合作施工单位提供一个安全的技术保障,尽快解决电爆网路中因外来电流入侵引起电雷管早爆的问题,课题小组分别在黑龙江大兴安岭、青海三江源、甘肃文县、西藏日喀则及新疆南疆昆仑山等地区不同环境条件下,进行了大量电爆网路安全起爆试验200余次,对不同环境条件下的外来电流的预防技术进行了全面分析研究,并在实践中反复应用,取得了非常好的效果。

### 3.1 雷电引起电雷管早爆的预防

通过调查分析,我们发现雷电引起的早爆事故中均有雷击出现。为确保作业安全,可在爆破作业区安装雷爆监测仪,尤其是在雷雨高发季节和地区,更要高度重视此项工作,以此监测雷电的距离。在雷电来临时,报警器会发出警报。当雷电距离爆区 $40\text{ km}$ 时,要做好随时撤离的准备;当雷电距离爆区 $15\text{ km}$ 时,应当将爆材留在爆区,撤离所有工作人员至安全区,待雷电远离爆区后再返回爆区工作。如在连线时突遇雷雨天气,应立即停止作业,迅速将电爆网路的母线与连接线或区域线断开,严防网路形成闭合回路,随后人员迅速撤离至安全地点。在做好上面工作的同时,还应采取以下措施预防电雷管早爆事故的发生:(1)及时收听或查阅当地天气预报信息,结合观察天气气象变化,避免在雷雨天气施工作业;(2)在爆区内设立避雷针系统,以便在雷电来临时将雷电引到安全距离之外;(3)在雷电来临之前,暂时切断一切通往爆区的导体,如:电线、金属管道等;(4)应尽量缩短爆破作业时间,争取在雷电来临之前起爆。通过以上各项措施及先进设备在实践中的应用,取得了非常好的应用效果,没有出现雷电早爆事故。

### 3.2 杂散电流引起电雷管早爆的预防

通过研究和大量实验,我们发现在均质的同类岩层中存在的杂散电流,其强度很弱,不具备引爆电雷管的能力。这是因为岩层的电阻率较高,彼此靠近的两点间电位差较小,但是当电爆网路的导线或电雷管脚线与导电地层、铁轨、金属管道或其它导体接触时,就有可能出现危险性很大的杂散电流。为防止电雷管早爆,在探槽爆破施工中,应采取积极措施进行预防。主要措施有:(1)检测爆区杂散电流。敷设电爆网路之前,可采用B-1型、ZS-1型或701型等杂散电流测定仪检测爆区内杂散电流的大小。若其值超过30 mA,则必须采用抗杂散电流的电雷管而不能采用普通电雷管。国产无桥丝抗杂毫秒电雷管和低电阻大电流的电雷管,其安全电压和安全电流可达到5.0 V和2.8 A,可完全满足探槽爆破施工需要。(2)尽量减少杂散电流的来源。可采用无轨运输方式,如蓄电池机车、电缆机车、内燃机无轨运输;进行大规模爆破时,可采用局部停电或全部停电的方式,减少漏电及杂散电流的产生;装药爆破时,防止硝酸类炸药散落在潮湿的地面上,以免产生化学电源。(3)采用防杂散电流的电爆网路。可在电爆网路与电源主线的连接处加装一个降压元件,如氖灯、电容、二极管、互感器、继电器和非线性电阻等,均可达到抗杂散电流的目的。这些元件的特点是:低压时可阻止直流或交流电流流入电爆网路,在高压时可瞬间将强大的电流输入电爆网路,达到起爆的目的。通过以上措施的应用,在探槽爆破施工中,再无一例因杂散电流引起的早爆事故发生。

### 3.3 静电引起电雷管早爆的预防

通过对静电产生的原因进行分析,在探槽爆破作业中,静电引起的早爆事故主要是施工人员穿的化纤衣物或其它绝缘的工作服相互摩擦所产生的静电和压气装药系统所产生的静电引起的。针对以上原因,可采取以下措施对静电进行预防:(1)爆破现场作业人员严禁穿着化纤、毛与化纤混纺的衣物,特别是不能将毛衣与化纤衣物重叠穿着;(2)采用半导体输药软管,作为向大地排泄静电荷的通路;(3)采用金属装药器和金属附属设备,确保装药系统与大地之间的连通性;(4)为将炮孔中积累在炸药颗粒上的静电荷通过炮孔壁排泄到大地中去,炮孔中严禁采用非电炮孔套管;(5)采用抗静电电雷管。其特点是电雷管的塞栓采用导电体制作,使塞栓和脚线之间成为导体,形成静电及各种杂散电流冲击

时的泄放通道,可以有效地防止静电引起电雷管早爆的现象。

通过以上措施有针对性地对静电进行预防,在爆破施工中效果非常显著,基层官兵和承包单位非常满意,事故率为零。

### 3.4 射频电引起电雷管早爆的预防

在探槽爆破施工中,采用电爆网路时,为确保不因射频电发生早爆事故,对射频电的预防可采取以下4个方面措施:(1)确定合理的安全距离。如果爆区附近有无无线电发射台或发射机时,必须调查清楚发射机的类型、功率大小及离爆区的距离。若两者的距离小于最小安全距离,则应放弃电起爆而改用非电起爆系统。通过现场反复试验,最终确定了电力起爆网路的爆区与电视台或广播电台等发射机发射的强大射频电磁场的允许安全距离(见表1~3)。从以上可以看出安全距离不但与发射机的功率有关,也与发射频率有关。(2)如在爆区运输电雷管或采用配有无线电发射机的交通运输工具时,应该注意2点:一是电雷管应当装在密闭的金属箱内,金属箱应符合当地运输电雷管的有关规定;二是开启金属箱取出或放入电雷管时应关闭发射机。(3)电爆网路的主线应采用双股绞线或相互平行且尽量靠拢的单股线,导线敷设于地面,尽量不使电雷管的两根脚线形成偶极天线或长天线。(4)在加工起爆药包、装药、堵塞及连线时,爆破现场均不得使用

表1 调频广播(FM)、甚高频(VHF)和超高频(UHF)电视发射机的允许安全距离

发射机功率/ W	FM、VHF 允许安全距离/ m	UHF 允许安全距离/ m
1~10	1.5	0.7
10~10 <sup>2</sup>	6.0	2.4
10 <sup>2</sup> ~10 <sup>3</sup>	18.0	7.5
10 <sup>3</sup> ~10 <sup>4</sup>	59.0	24.0
10 <sup>4</sup> ~10 <sup>5</sup>	181.0	76.0
10 <sup>5</sup> ~10 <sup>6</sup>	600.0	240.0
>10 <sup>6</sup>		600.0

表2 中长波调幅(AM)广播电台的允许安全距离

发射机功率/ W	允许安全距离/ m	发射机功率/ W	允许安全距离/ m
2~25	28	1000~2500	300
25~50	44	2500~5000	450
50~100	65	5000~10000	660
100~250	100	10000~25000	1050
250~500	135	25000~50000	1500
500~1000	195	50000~100000	2100

表3 移动式调频(FM)发射机的允许安全距离

发射机功率/ W	允许安全距离/ m	发射机功率/ W	允许安全距离/ m
1~10	1.4	60~250	8.5
10~30	3.0	250~600	12.0
30~60	4.0		

手机、对讲机等通讯设备,以防产生感应电流,引起早爆事故。

#### 4 结语

电爆网路中外来电流的预防技术一直是爆破施工中的一个难题,尤其是地表的探槽爆破施工,因其露天作业气候多变、施工环境复杂等原因,外来电流来源广泛,控制电爆网路中外来电流的入侵有一定的难度。通过在大兴安岭、三江源、文县、日喀则及昆仑山等地区的大量现场爆破试验和技术攻关,结果表明,只要根据爆区周边环境 and 天气变化情况,合理运用各种手段对外来电流进行综合预防,是可以达到理想效果的。近5年来,爆破施工早爆事故率下降100%,创下了爆破施工无一人伤亡的历史性

(上接第87页)

设备,完善了垃圾处理始末,逐步将馏化法推广至生产实践中。其主要处理原则和目标是:消除异味,消除液气污染,消除渣液永久性污染,CO<sub>2</sub>排放做到最小,残渣与其它填料制成建材,在制建材方面拓宽应用范围,确保新品建材的质量和技术要求。

我单位研究部门继“垃圾盐水喷淋法处理垃圾”之后又申报了“馏化法处理垃圾”、“馏化法炭渣填海处理法”等系列专利项目。使垃圾处理飞跃到更加环保更加彻底状态,馏化法处理垃圾解决了减少CO<sub>2</sub>排放问题,而炭渣填海方法做到零污染,全利用。

#### 参考文献:

- [1] 别如山,宋兴飞,纪晓瑜,等.国内外生活垃圾处理现状及政策[J].中国资源综合利用,2013,(9):31-35.
- [2] 张英民,尚晓博,李开明,等.城市生活垃圾处理技术现状与管理对策[J].生态环境,2011,20(2):389-396.
- [3] 张倩,徐海云.生活垃圾焚烧处理技术现状及发展建议[J].环境工程,2012,30(2):79-81.
- [4] 颜俊,卢薇艳.采用地质工程手段处治垃圾填埋场渗滤液方法

记录。为部队和承包单位节约了施工经费数十万元,确保了人员施工安全,深受部队官兵和地方施工单位的欢迎。

#### 参考文献:

- [1] 孙延宗,孙继业.岩巷工程施工掘进工程[M].北京:冶金工业出版社,2011.
- [2] 姚天波.电爆网路设计施工中爆破安全技术浅谈[J].水电勘测设计,2009,42(2):18-20.
- [3] 翁春林,叶加冕.工程爆破[M].北京:冶金工业出版社,2010.
- [4] 陈星东,徐冲,高卫东,等.河北某铁矿掘进爆破参数的优化与实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(4):79-83.
- [5] 郭学彬,张继春.爆破工程[M].北京:人民交通出版社,2011.
- [6] 肖汉甫,吴立,陈刚,等.实用爆破技术[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,2009.
- [7] 孙宗席.冻土层条件下探槽爆破施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(11):70-72,76.
- [8] 陈作彬.岩土爆破工程危险源辨识、风险评价和控制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(3):78-81.
- [9] 赵亮.武警黄金部队工程爆破器材安全管理工作浅探[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(6):73-75.

- [5] 张益.我国城市生活垃圾处理现状及对策[J].建设科技(建设部),2010,(15):38-41.
- [6] 陈佑钢,王宪周.城市生活垃圾处理技术综述[J].一重技术,2010,(1):1-4.
- [7] 赵树青,宋薇,刘晶昊.我国生活垃圾焚烧二恶英污染现状及减排建议[J].环境工程,2011,29(1):86-88.
- [8] 吕志刚.城市生活垃圾焚烧发电的现状与发展对策[J].中国环保产业,2010,(12):37-40.
- [9] 何晶晶,陈森,杨娜,等.我国生活垃圾焚烧发电过程中温室气体排放及影响因素——以上海某城市生活垃圾焚烧发电厂为例[J].中国环境科学,2011,31(3):402-407.
- [10] 王健,万元坤.悬浮分离压块馏化减少垃圾焚烧污染——一项生活垃圾焚烧制能预处理工艺[J].资源与人居环境,2011,(5):58-60.
- [11] 程叶青,王哲野,张守志,等.中国能源消费碳排放强度及其影响因素的空间计量[J].地理学报,2013,68(10):1418-1431.
- [12] 赵鹏,王木平.城市生活垃圾处理技术和资源化应用探讨[J].再生资源与循环经济,2010,3(4):36-39.
- [13] 李家坤,何保定.垃圾焚烧发电存在的问题及应对措施[J].水电与新能源,2010,(3):75-78.
- [14] 刘燕华,葛全胜,何凡能.应对国际CO<sub>2</sub>减排压力的途径及我国减排潜力分析[J].地理学报,2008,63(7):675-682.