

弹药运输中的静电危害与防护对策研究

赵世宜¹, 陈金旺², 王胜², 李福生²

(1. 军事交通学院, 天津 300161; 2. 锡林郭勒军分区, 内蒙古 锡林浩特 026000)

摘要: 未来信息化战争弹药消耗量非常大, 汽车运输保障任务将异常繁重。在弹药的运输过程中, 容易产生并积聚静电, 对运输安全构成了严重威胁。着重分析了弹药运输中静电产生的原因及危害, 提出了危害评估标准, 并建立了静电危害模型, 最后给出了相应的防护措施。

关键词: 弹药运输; 静电危害与防护; 对策

中图分类号: E075 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2011)03-0066-04

Research on the Countermeasures for Electrostatic Hazard and Its Prevention in Ammunition Transportation

ZHAO Shi-yi¹, CHEN Jin-wang², WANG Sheng², LI Fu-sheng²

(1. Academy of Military Transportation, Tianjin 300161, China; 2. Military Subarea in Xilinguole, Xilinhaote 026000, China)

Abstract: Ammunition consumption will be very large in future informationization war. Motor vehicle transport support tasks will be extremely heavy. It is easy to produce and accumulate electrostatic in ammunition transportation, which poses a serious threat to transportation security. Reasons and hazards of electrostatic hazards were analyzed. Evaluation standard of electrostatic hazard was put forward and electrostatic hazards model was established. Corresponding prevention measures were put forward.

Key words: ammunition transportation; electrostatic hazard and prevention; countermeasures

弹药能否快速、准确、安全地运送到前线阵地, 直接影响到部队的战斗力, 乃至整个战斗的胜负, 因此, 弹药运输在未来高技术战争中占有十分重要的地位。我军弹药品种多、数量大、状态复杂, 安全问题一直是制约弹药运输的瓶颈。在弹药的运输过程中, 各种装运机具及弹药本身容易

产生并积聚静电, 特别是随着部队各类电发火的火箭弹、炮弹、导弹以及各类引信等电火工品的大量装备, 静电对弹药的安全构成的威胁已日趋严重。认真分析静电的来源及其危害, 制定相应的防护措施, 对于确保运输中弹药的安全具有十分重要的意义。

收稿日期: 2010-01-10

作者简介: 赵世宜(1977—), 男, 辽宁锦州人, 讲师, 博士研究生, 研究方向为公路运输组织指挥。

1 静电来源

弹药在运输过程中引起静电的主要原因是冲击振动导制的接触分离起电及摩擦起电。接触分离起电是由于2种物质在接触分离过程中,发生电子转移,使得2种物质的表面产生了双电层和接触电位差,分离后便成为带有等量异性电荷的带电体。摩擦起电是由于两物体频繁摩擦起热发生电荷转移而成为带电体。这2种起电方式都能导致危险放电,引起危害。分析静电来源,可着重分析弹药运输中可能的静电带电体如装卸机具、运输设备、弹药、弹药包装材料等。

1.1 搬运机具

常用的各种装卸机具如电瓶叉车、手铲车等一般静电能量较小,没有危险,但如果这些机具对地电阻超过 $10^{12} \Omega$ 时,静电将无法泄漏,静电电位有时能达到10 kV,就可能发生静电危害^[3]。

1.2 运输设备的静电

目前我军弹药运输主要是装备的CA1122J, EQ1118GA等车辆。这些车辆由于在不同的路面上行驶,其轮胎与路面接触摩擦很容易产生静电,并且这些车辆轮胎的电阻较高,一旦产生静电将不易泄放。同时,这些车辆大多是大功率柴油发动机车,动力在传递的过程中,皮带轮与皮带的高速接触摩擦,也能产生较强的静电放电能。

1.3 弹药包装材料

弹药包装材料在弹药运输防护方面起到十分重要的作用。现在我军弹药包装材料一般是聚苯乙烯泡沫,因其价格便宜、缓冲防护性能好而被广泛应用。不过,弹药运输过程中,这样的缓冲材料又易压缩,从而使得弹体与箱体之间产生较大的空隙,增大了摩擦机会,同时,聚苯乙烯泡沫相对摩擦会容易发热累积电荷形成静电危害源。

2 静电危害

静电的危险放电方式主要是火花放电和刷形放

电^[4]。在弹药运输过程中,最主要的危害是静电火花放电。静电放电能量一旦大于危险物质的最小静电能量,就可以引起易燃易爆物燃烧爆炸,对于弹药运输而言必将引起灾难性爆炸事故。此外,静电还可以产生静电电击,引起作业人员的精神紧张,造成二次事故。

2.1 形成条件

形成静电危害必须同时具备3个条件^[1]:

1) 产生并积累起足够的静电,形成“危险静电源”,以致局部电场强度达到或超过周围介质的击穿场强,发生静电放电;

2) 现场存在电发火弹药和达到爆炸极限的爆炸性混合物等危险物质;

3) 危险静电源与静电易燃易爆物之间能够形成能量耦合并且静电放电能大于前者最小点火能。

在弹药运输过程中,危险静电源主要是带静电的各种机具、弹药包装等。危险物主要是电发火的火箭弹、炮弹、导弹、发射药及其它各类电火工品,这些危险物质对静电非常敏感,最小静电点火能都很小,一般在 $10^{-2} \sim 10^2 \text{ mJ}$ ^[4]之间。如果静电控制不力,就会发生事故。

2.2 危险放电能的估算及安全界限

根据形成静电危害的3个条件,当导体所贮存的静电能大于或等于易燃易爆物的最小点火能时便可引起火灾或爆炸,而静电放电能取决于物体所带电量及物体的物理特性,其值可由下式求得:

$$W=CU^2/2 \quad [4]$$

式中: W 为静电放电能,J; C 为带电体电容量,F; U 为危险静电电压,V;

由GJB 2527—95弹药防静电要求可知:当静电电压 $U>1.5 \text{ kV}$ 时或静电放电能 $W>0.25 \text{ mJ}$ 时,即可发生放电产生电火,如果环境中存在易燃易爆物就能引起灾害。具体判断可以用电位计测量带电体所产生的静电场中某点的静电位。

2.3 静电放电的危害模型

静电放电方式有多种,均可建立静电放电模型,如人体模型、手推模型等,这里仅以弹药运输中装卸机具为原型建立“电动叉车模型”^[2]。电动叉车在装卸货物

时,其静电的产生与释放是一个动态过程,难以进行实时监测,这也是静电防护的重点和难点,静电放电极可能发生于电动叉车插入货物的瞬间。若装载货物为托盘化货物,则可能发生火花放电;若为木制箱体装货物,则可能发生刷形放电。这样就可将这2种不同形式的放电过程定义为“电动叉车模型”,其等效电气原理为双 $R-L-C$ 结构(如图1所示)。由于电动叉车是在地面上作业的,因此存在对地电阻和对地电容。考虑电动叉车是由叉车前臂、车体及车轮组成,又因叉车前臂都是金属材料,其阻值较小,所以可以简化忽略。由此可定义 R_w, C_w, L_w 为电动叉车车轮的对地电阻、电容及电感; R_T, C_T, L_T 为车身的对地电阻、电容及电感。因各部分材料不同,电阻值明显存在差异,轮胎为绝缘材料则电阻值远大于金属车体的电阻值,即 $R_w > R_T$ 。在电动叉车电瓶本身不漏电的前提下,综合考虑各因素可取值^[2]: $R_T=10^6 \Omega$, $C_T=300 \text{ pF}$; $C_w=30 \text{ pF}$, $R_w=10^7 \Omega$ 。因为 L_T 和 L_w 的储能作用很小,可以忽略。由于图1电路为并联电路,则电动叉车合电容 $C=C_T+C_w=330 \text{ pF}$,合电阻 $R=R_T R_w / (R_w + R_T) \approx 10^6 \Omega$ 。发生火花放电时,金属托盘货物的对地电位 U_1 可近似为0,电动叉车的静电电位为 U_2 ,静电放电电位差 $U=U_2-U_1$,则放电能量 $W=CU^2/2$,由此即可对放电能进行评估;发生刷形放电时,可根据弹药发火物质的静电敏感度(见表1)以及电位计的实测电位差 U 和等效电容 C ,利用公式 $W=CU^2/2$ 计算出放电能,并进行评估。

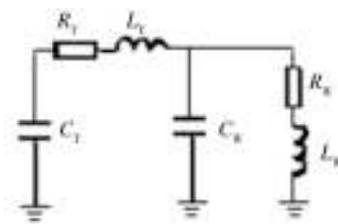


图1 电动叉车模型

Fig. 1 Electric forklift model

通过各种模型对静电危害的作用方式进行评估,找出静电危害的作用机理,通过定性分析,制定相应的防护措施,预防静电事故的发生。

3 静电防护对策

根据静电危害形成的3个条件,预防弹药运输过程中静电事故的关键就是控制静电危害的3个基

表1 弹药常用药剂的静电敏感度

Table 1 Electrostatic sensitiveness of ammunition ordinary medicament

名称	二硝基重氮酚	雷汞	四氮烯	三硝基间二酚铅	迭氮化铅
静电敏感度/J	0.001 2	0.025	0.01	0.000 9	0.007

本条件,即危险静电源、危险物质、能量耦合。

3.1 控制起电率防止危险静电源的形成

实践证明可以通过3种方法控制起电率。

- 1) 保持物体表面清洁光滑,表面越光滑起电率越低。
- 2) 控制物体之间的接触分离速度和次数,如在弹药搬运、装卸过程中,做到稳拿轻放。
- 3) 在有静电危险的场所,尽量使用静电序列相同或相近的材料,减少接触分离起电。

3.2 防止静电的积累

防止静电的积累可采取2种有效的方法:泄放法,即让产生的静电荷从带电体上泄放掉,避免静电积聚到诱发火花放电的电位,从而消除静电危害;中和法,即对带电物体外加一定量的反向电荷,使带电体上的电荷得以中和,从而消除静电危害。

3.2.1 静电接地

对于静电导体和静电亚导体设备,采用静电接地消除静电危险是最简单可行的方法。静电接地就是采用接地装置将车辆以及其它设备工具等与大地可靠连接,使其与大地之间构成静电泄漏通道以导走设备上的静电,使其不产生火花放电。对弹药运输中装卸设备和载运设备都应采取静电接地措施,为便于静电泄放,一般要求接地电阻不大于 $10^6 \Omega$ 。

3.2.2 空气增湿

对于电阻率很高的静电非导体设备和物料上的静电,用接地方法难以消除,需要采用环境增湿的方法来消除静电,效果非常明显;还可降低作业环境、绝缘设备、包装及缓冲材料的电阻率,减小静电积聚。对于普通的弹药运输车辆很难控制其湿度,因为其与外界空气直接相通。集装箱运输就可以有效控制箱内湿度条件,通常可以用喷雾器、水蒸气喷管等向集装箱内喷水雾或水蒸气,达到增湿的目的。

3.2.3 加有源静电消除器

采用静电消除器,可以有效地抵消异性电荷。不过,使用时要注意防止“过消”现象。

3.3 加强管理做好人员教育

静电安全防护是弹药安全管理与防护的重要组成部分。弹药运输应严格按照相关的静电防护要求进行,同时勤务部门也应制定有关规章制度,建立健全防静电危害的技术措施,并认真执行各项静电安全制度。

另外,还要加强静电危害的宣传工作,使人们了解静电危害的严重性,同时也要开展经常性的思想工作,增强运输人员的静电安全防范意识。

(上接第57页)

长试验时间确定试验周期;反之,可根据经验从中选择某一试验时间与其前面试验时间组成试验周期。

6) 试验终止。这是必须程序。试验终止时间一般根据以下情况剪裁:无技术条件规定的整机一般选择预定试验样品性能检测极限;无技术条件规定的纯材料类一般选择预定试验周期;在预定的装备(产品)技术条件规定的试验时间内,试验样品性能检测已达极限时,可终止试验。

7) 试验记录。这是必须程序。程序中技术条件一般根据以下情况剪裁。

(1)环境因素监测记录通常按“大气环境因素测定方法”和“海水环境因素测定方法”附录的规定记录,也可只记录双方商定的主要环境因素。

(2)对影响产品主要性能和功能的检测项目,其试验记录不能剪裁。

8) 试验报告。这是必须程序。试验结束应出具试验报告,内容包括试验目的、试验内容、试验时间、试验条件(试验场地、试验装置、环境条件等)、试验方法及执行标准、试验样品、检测方法、评价方法及执行标准、试验中断及处理、试验结果分析、结论,一般不予剪裁。

2.5 剪裁效果评估

对于剪裁实施的可能效果应作评估,以不断总结和凝练,提高剪裁水平,评估包括以下内容:

1) 实现预期试验目的的可行性;

2) 试验方法的科学性、可靠性和严谨性;
3) 对装备(产品)研制和改进的指导意义;
4) 经济效益和社会效益。

2.6 其他考虑事项

1) 如重点考虑的某些环境因素的量值及环境应力强度达不到装备(产品)技术条件时,可结合这些环境的气候、机械、运输、包装等实验室环境进行试验、研究,并对结果进行综合评价。

2) 研究性试验一般应考虑和实验室环境试验或使用环境试验相结合的方式进行。

3 结语

GJB 4239提出剪裁概念迄今已近10年,有关专家在宏观上就环境工程剪裁技术进行了深入探讨^[2]。目前,实验室环境剪裁工作相对走到了前面。笔者认为,军用装备自然环境试验方法剪裁仅是环境工程剪裁技术中一个方面的内容,由于自然环境试验在国内起步较晚,其剪裁工作尚未真正开展,希望更多的自然环境科技人员重视并投身到剪裁工作中来,促进自然环境试验剪裁工作与实验室环境剪裁工作并重发展,共同推动装备环境工程工作再上新台阶。

参考文献:

- [1] GJB 4239—2001, 装备环境工程通用要求[S].
- [2] 祝耀昌. 环境工程剪裁技术探讨[J]. 装备环境工程, 2004, 1(1): 40—45.

4 结语

弹药运输过程中静电的作用方式往往不定,车勤人员在进行弹药运输保障时,应时刻提高警惕,严格按照规章制度进行,确保运送弹药的安全。

参考文献:

- [1] 刘尚合, 武占成. 静电放电及危害防护[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2004: 56—58.
- [2] 李琦. 危险品仓库中“搬运工具”静电与摩擦火花的防护[J]. 安全, 2005(5): 18—19.
- [3] 白春光. 爆破器材运输车安全性研究和探讨[J]. 安全与环境学报, 2004(6): 25—26.