

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2015.04.009

导爆药粉下药装置的改进及分析^{*}

张朝阳

前进民爆股份有限公司(河南宜阳,471600)

[摘 要] 针对现有塑料导爆管生产过程中由于导爆药下药时易黏附在机针底部,导致机针堵塞或药粉在管内壁分布不均、爆速值不稳定的现象,本文通过增加气路装置、利用微气流吹扫药粉,抑制药粉的积聚。试验表明:微气流吹扫条件下,导爆药的下药均匀性和爆速均一性得到明显提高;药粉与导爆管内壁的黏附性亦大幅度增加,药粉脱落堆积现象减少,导爆管的使用可靠性得到提高;此外,机针经气流吹扫后表面温度降低近 20 ℃,大大提高了导爆药的热安定性以及生产的本质安全性。

[关键词] 导爆药;导爆管;下药装置;药粉黏附性

[分类号] TD235.2;TQ565;TJ510.5

引言

导爆管是我国 20 世纪 80 年代初投入使用的起爆器材,具有抗电抗水性好、操作安全、成本低廉等诸多优点,因此导爆管迅速在爆破工程中得到推广应用^[1-2]。导爆管由塑料管和导爆药两部分组成。塑料管由高压低密度聚乙烯(LDPE)经挤塑拉制而成,是导爆药涂敷的载体,也是导爆管形成低速爆轰的条件和传播低速爆轰波的媒介。导爆药由猛炸药、铝粉和添加剂组成,是涂敷在塑料管内壁上的一薄层爆炸混合物,是导爆管稳定传爆的能源^[3]。

我公司自 20 世纪 80 年代开始生产导爆管,由于导爆药原材料粒度小(5~20 μm),流散性差,为提高下药均匀性安装了下药振动器,但在生产过程中仍会出现下药机针挂药团的现象。当挂药量达到一定值时,成团的导爆药会同落,使得导爆管局部药量过大。该现象导致导爆管爆速偏差大,严重降低产品质量;管内壁部分区域积聚的大量药粉易导致传爆过程中导爆管被炸穿,降低导爆管传爆的可靠性;更有甚者,在中深孔爆破过程中,成团的导爆药会脱落并堵塞导爆管雷管口,导致传爆中断,出现哑炮现象,极大地降低了工程爆破的质量和安全性^[4-7]。此外,在极端情况下,积聚的导爆药会堵塞机针孔,不仅降低了产品的成品率和生产的连续化水平,更降低了生产的本质安全性。调研发现,该现象不是我公司的特例,而是绝大部分企业均存在的共性问题。

为此,亟须对现有下药装置进行改进,提高药粉

的下药均匀性,提升导爆管的质量水平和生产的本质安全性。

1 导爆药下药装置设计

1.1 导爆药下药装置机头

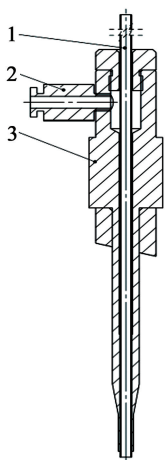
现有塑料导爆管挤出机的机头主要由药杯、搅拌机、口模、芯模、下药机针、振动器组成。塑料粒子在挤出机内加热挤出,经口模和芯模定型为内径 1.5 mm、外径 3.0 mm 导爆管外壳;药杯里存放的导爆药通过机针,在振动作用下落入并黏附在黏流态的导爆管内壁上,形成导爆管成品。利用现有设备,在芯模中上端开一 Ø2 mm 的小孔,通入稳定流速的压缩空气。微气流沿着芯模与机针的间隙向下吹扫,从而抑制导爆药粉在机针上的积聚,促使导爆药均匀地分散,并附着于导爆管内壁。机头下药部分形状示意图如图 1。

1.2 导爆药下药装置气路

导爆药粉下药装置气路如图 2。压缩空气经球阀、过滤器之后除去杂质和水汽,再经稳流计后得到恒定的、流量可控的微气流;然后通过芯模中上端的通气嘴进入芯模与下药针间的空隙。机针下端的药粉在持续、稳定气流的吹动下,药粉不易积聚,从而避免挂团现象。气流的大小是整个吹气工艺的关键:气流过大会将导爆管吹变形,过小又起不到相应的作用。在生产过程中,由于口模大小、结构及导爆管拉制速度的不同,气流的大小也随之变化。通常情况下气体的流速为 10~15 mL/s。

^{*} 收稿日期:2014-10-14

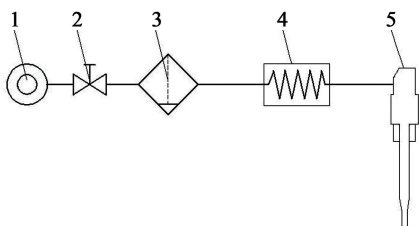
作者简介:张朝阳(1974~),男,工程师,主要研究方向:火工品工艺研究。E-mail:lyyyzy@ sina. com



1 - 机针; 2 - 气管接头; 3 - 芯模

图 1 导爆管挤出机机头示意图

Fig. 1 Head of nonel extruding machine



1 - 气源; 2 - 球阀; 3 - 过滤器; 4 - 稳流计; 5 - 机头

图 2 下药装置气路图

Fig. 2 Gas path of the charging machine

2 测试方法

2.1 导爆管的制备

本试验在前进民爆股份有限公司 5[#]导爆管试验拉管机上进行试验。

导爆药原料及配方(质量分数): 90% RDX + 10% Al。RDX 过 150 目筛, Al (50% 片状 Al + 50% 球状 Al) 过 200 目筛。导爆药含水量(质量分数) $\leq 0.1\%$ 。

挤出机各段及口模温度(实测值): 124、137、140、135 $^{\circ}\text{C}$ 。

塑料粒子为上海石化的 LDPE, 牌号为 N210。

拉管速度 60 m/min。

2.2 下药量测试

在机针正下方 10 cm 处放置一精度 1 mg 以上的电子天平。天平上有一容量为 50 mL 的量筒, 量筒内壁涂有甲基硅油, 以确保掉落的导爆药粉附着于量筒内壁不会出现扬尘现象。机针伸入量筒内约 10 cm, 既确保下落的导爆药不会随气流溢出, 又尽量降低气流扰动对测试结果的影响。实时记录天平示数, 即可确定不同时间段导爆药的下药量。

2.3 爆速测试

依据 WJ/T 2019—2004《塑料导爆管》中的光电

法测试。

2.4 导爆药黏附性定量测试法

参照文献[8], 以特定震动条件下导爆药的脱落率来表征导爆管与导爆药的黏附性。

2.5 雷管拒爆试验

1) 分别将药量为 12、16、18 mg/m 各 50 根 16 m 导爆管与 8[#]瞬发雷管装配成导爆管雷管; 2) 50 根导爆管雷管分成两批, 每批 25 根, 用雷管脚线将 25 发雷管捆扎在一起, 使其晃动时不会松散; 3) 将导爆管和雷管垂直于地表, 剧烈晃动导爆管(侧向来回晃动, 2 次/秒, 每批晃动 1 min); 4) 逐个起爆导爆管; 5) 统计出雷管拒爆的次数^[9]。

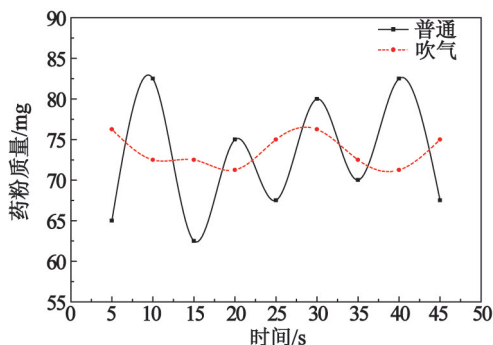
2.6 机针温度测试

将挤出机挤出量调为零, 同时关闭下药装置。从机针底部插入温度传感器, 传感器距机针底端 2 cm。待温度恒定后记录普通和吹气两种条件下传感器的温度。

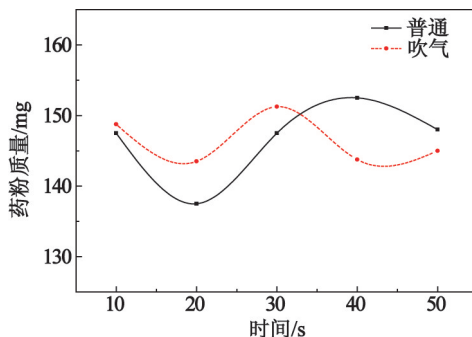
3 塑料导爆管性能测试结果与分析

3.1 下药均匀性

单位时间段内机针底部落下的导爆药质量可以直观地衡量下药的均匀性。分别将两种条件下、不同时间间隔内落下的药粉量进行对比, 结果如图 3。



(a) 时间间隔为 5 s



(b) 时间间隔为 10 s

图 3 不同下药方式下的药粉质量

Fig. 3 Weight of explosive powder in different charging way

由图 3 可知, 时间间隔 5 s 时, 普通下药方式下药粉的质量波动较大, 而吹气方式下的质量波动较

平缓;而时间间隔 10 s 时,两种方式下的药粉质量相差不大。由此得出两个结论:1)导爆药从药杯落入机针初期是比较均匀的。由于药粉在机针底部的积聚,导致普通下药方式下药粉掉落量差异增大;而在微气流作用下,药粉的积聚现象得到明显抑制,从而下药均匀性明显提高,如表 1 所示。2)药粉在机针底部积聚挂团的保留时间位于 5 ~ 10 s 之间。

表 1 导爆管下药精度对比

Tab. 1 Accuracy comparison of nonel charging

下药量/ (mg · m ⁻¹)	下药方式	极差/ (mg · m ⁻¹)	标准差
12	普 通	0.6	0.28
	吹 气	0.4	0.16
16	普 通	0.7	0.23
	吹 气	0.4	0.14
18	普 通	0.7	0.23
	吹 气	0.5	0.21

3.2 爆速均匀性

导爆管爆速的稳定性是间接衡量药粉分布均匀性的指标之一。按 2.3 中的方法每个样平行测量 10 次,得到相应的极差和标准差,结果如表 2 所示。由表 2 可知,随着下药量的增加,药粉在导爆管内壁的分布均匀性降低,导致爆速的极差及标准差均增大;且下药量相同时,吹气条件下的爆速稳定性更好。这是由于微气流的扰动会提高药粉的下药均匀性,且气压差会促使药粉向导爆管内壁移动,提高两者间的黏附性,从而进一步提高爆速的均一性。

表 2 导爆管爆速测试

Tab. 2 Detonation velocity test of nonel

下药量/ (mg · m ⁻¹)	下药方式	极差/ (m · s ⁻¹)	标准差
12	普 通	36	20.5
	吹 气	19	15.3
16	普 通	67	30.1
	吹 气	28	19.4
18	普 通	92	37.6
	吹 气	53	24.5

3.3 药粉黏附性

目前我国没有药粉黏附性的直接指标,但药粉的黏附性直接影响了导爆管的传爆可靠性及产品质量。按 2.4 中的方法进行药粉黏附性测试,结果如表 3 所示。由表 3 可知,随着下药量的增加,导爆药的脱落率也随之增加;吹气条件下的药粉脱落率均低于普通下药方式的药粉脱落率。由此可见,吹气条件下,原本以自由落体形式黏附在导爆管内壁的

表 3 导爆管药粉黏附性测试

Tab. 3 Adhesivity test of explosive powder

下药量/(mg · m ⁻¹)	下药方式	导爆药脱落率/%
12	普 通	18.3
	吹 气	16.7
16	普 通	26.5
	吹 气	18.1
18	普 通	34.2
	吹 气	19.8

药粉将在压差的作用下主动撞击管内壁,从而增加两者间的黏附力。且随着下药量的增加,两种下药方式间的区别愈加明显。

3.4 雷管拒爆试验

在中深孔爆破过程中,由于垂直于地表的导爆管较长,如果导爆药黏附性差,会导致大量脱落的药粉堆积在雷管口,造成堵管而使得雷管拒爆。雷管拒爆后使得爆破质量下降、爆破工期延长,尤其是拒爆雷管的排查及处理是极其危险的操作。因此,提高导爆药黏附性,减少甚至消除由于药粉堵管而引起的雷管拒爆现象,也是导爆管制备过程中亟须解决的问题。

为此,按照 2.5 中的步骤,模拟导爆管中深孔爆破过程中的状态,进行雷管拒爆试验。结果发现确有雷管拒爆现象发生。通过对雷管进行解剖,确认雷管的拒爆是由于脱落的导爆药沿着导爆管空腔掉落,通过橡胶塞传火孔掉入雷管内延期体上面并堆积,造成导爆管传爆后喷出的火焰不能及时点燃延期体,从而造成雷管拒爆,而非雷管本身质量原因。由测试结果(表 4)可知,吹气条件下,即使下药量增加到 18 mg/m,雷管仍不会出现由于导爆药粉堵管而产生的拒爆现象。说明通入气体后,药粉对导爆管内壁的黏附性大大增加,药粉不易脱落。

表 4 雷管拒爆试验

Tab. 4 Misfire test of detonator

下药量/ (mg · m ⁻¹)	下药方式	雷管拒爆数	雷管拒爆率/%
12	普 通	0	0
	吹 气	0	0
16	普 通	1	2
	吹 气	0	0
18	普 通	3	6
	吹 气	0	0

3.5 机针温度测试

机针是垂直悬挂于导爆管挤出机机头内的中空

金属管,本身不与芯模接触。但由于热辐射,其温度与芯模温度接近。机针是整个导爆管拉制设备中唯一与导爆药直接接触的高温金属。其自身温度的高低决定了导爆药的热安定性。限于芯模温度决定了导爆管的成型性及圆度,其不可调性也导致机针的温度一直居高不下,严重影响了生产的安全性。

由 2.1 可知,本试验中口模的温度为 135 ℃。在通常条件下,机针的平均温度在 133 ℃ 左右;而当通入微气流后,机针的平均温度降至 116 ℃ 左右,比原温度降低了 17 ℃,提高了导爆药的热安定性,生产的本质安全性得到增强。

4 结论

通过在导爆管挤出机头的芯模中上端开一 $\varnothing 2$ mm 的小孔,通流速 10 ~ 15 mL/s 的压缩空气,使微气流沿着芯模与机针的间隙向下吹扫,达到抑制导爆药粉在机针上积聚和降低机针表面温度的目的。该工艺的特点:

1) 导爆药的下药量更加均匀,爆速均一性得到提高;

2) 导爆药的黏附性进一步提高,“黑龙”和堵管现象明显减少;

3) 有效解决了导爆管挤出机机头堵药的情况,提高了生产连续化水平;

4) 降低了导爆药接触的机针表面温度,生产的本质安全性得到增强。

参 考 文 献

- [1] 刘自镔,蒋荣光. 工业火工品[M]. 北京:兵器工业出版社,2003.
- [2] 刘大斌. 塑料导爆管的起爆、传爆及输出性能研究[D]. 南京:南京理工大学,2002.
- Liu Dabin. Study of the initiation, explosion transferring

and output character of nonel tube[D]. Nanjing:Nanjing University of Science and Technology,2002.

- [3] 侯建华. 特殊使用条件下提高导爆管传爆可靠性研究[D]. 南京:南京理工大学,2004.
- [4] 徐东. 高强度导爆管研制[D]. 南京:南京理工大学,2004.
- [5] 何中其,彭金华,刘大斌,等. 导爆管传爆性能设计与参数分析[J]. 爆破器材,2010,39(3): 1-3,7.
- He Zhongqi, Peng Jinhua, Liu Dabin, et al. Analysis and design of detonation parameters in nonel tube[J]. Explosive Materials, 2010,39(3): 1-3,7.
- [6] 荆术祥,钱华,刘大斌,等. 装药量对塑料导爆管传爆性能的影响[J]. 爆破器材,2010,39(5): 4-6.
- Jing Shuxiang, Qian Hua, Liu Dabin, et al. Influence of the explosive charge on explosion propagation of the nonel tube[J]. Explosive Materials, 2010,39(5): 4-6.
- [7] 段红珍,钱华,万方,等. 示踪剂的添加对导爆管传爆性能的影响[J]. 爆破器材,2012,41(2): 5-7.
- Duan Hongzhen, Qian Hua, Wan Fang, et al. Influence of the indicator on detonation transmission performance of the shock-conducting tube [J]. Explosive Materials, 2012,41(2): 5-7.
- [8] 钱华,刘大斌. 塑料导爆管药粉粘附性评价方法研究[J]. 爆破器材,2013,42(1):26-28.
- Qian Hua, Liu Dabin. The assessment methodology study on the adhesivity of explosive powder to detonating tube [J]. Explosive Materials, 2013,42(1):26-28.
- [9] 钱华,刘大斌,甘德淮,等. 高药粉粘附性导爆管的设计及性能测试[J]. 爆破器材,2013,42(2):37-40.
- Qian Hua, Liu Dabin, Gan Dehuai, et al. Design of the adhesive shock tube and its performance[J]. Explosive Materials, 2013,42(2):37-40.

Improvement and Analysis of a Charging Machine for Nonel Explosive Powder

ZHANG Zhaoyang

Qianjin Civil Explosives Co., Ltd. (He'nan yiyang, 471600)

[ABSTRACT] Blocking of charging needles, unevenly distribution of explosive powder on the internal wall of nonel and instability of the velocity are often caused by adhesion of explosive powder to the bottom of charging needle in the charging process. To solve such problems, gas path devices were added to prevent the accumulation of explosive powder by blowing the explosive powder using micro flow. Results show that charging uniformity and detonation velocity heterogeneity of the nonel obviously increase after the blowing of micro flow. At the same time, adhesivity of explosive powder on the internal wall of nonel increases largely, the accumulation of explosive powder reduces, and the usage reliability is improved. Moreover, the temperature of the charging needle lowers by about 20 ℃ after the micro flow blowing. Thermal stability of explosive powder and safety in the production are both enhanced.

[KEY WORDS] explosive; nonel; charging machine; adhesivity of explosive powder