

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2017.02.011

# 一种光面爆破用乳化炸药的研究与应用<sup>\*</sup>

熊言涛<sup>①</sup>  严臣辉<sup>②</sup>  杨小四<sup>③</sup>  李建真<sup>③</sup>

①安徽江南化工股份有限公司(安徽合肥,230022)

②安徽向科化工有限公司(安徽安庆,246000)

③安徽江南化工股份有限公司宁国分公司(安徽宁国,242399)

[摘  要]  针对我国隧道掘进中光面爆破采用传统乳化炸药存在装药不便及爆破效果差的问题,改变现有装药方式,生产了新型 $\varnothing 25$  mm 乳化炸药,研究了该乳化炸药的爆炸性能、隧道掘进装药情况及爆破效果。结果表明,新型小直径乳化炸药爆炸性能符合 GB18095—2000 要求,储存期 6 个月以上;采用新型装药方式,经现场爆破施工,开挖面平整稳定,光面爆破效果较好。

[关键词]  小直径;乳化炸药;光面爆破;隧道掘进

[分类号]  TJ55;TD235.2<sup>+</sup>1

## Research and Application of an Emulsion Explosive Used in Smooth Blasting

XIONG Yantao<sup>①</sup>, YAN Chenhui<sup>②</sup>, YANG Xiaosi<sup>③</sup>, LI Jianzhen<sup>③</sup>

① Anhui Jiangnan Chemical Industry Co., Ltd. (Anhui Hefei, 232001)

② Anhui Xiangke Chemical Industry Co., Ltd. (Anhui Anqing, 246000)

③ Ningguo Branch, Anhui Jiangnan Chemical Industry Co., Ltd. (Anhui Ningguo, 242399)

[ABSTRACT]  To solve inconvenient charging and poor blasting effect in the smooth blasting, a new type of 25 mm-diameter emulsion explosive was produced by changing the existing way of loading. Performances of this product, including detonation property, charging in tunnel excavation and blasting effect, were analyzed. Results show that performance data of this emulsion explosive have reached the standard of GB18095—2000, and its storage period exceeds 6 months or longer. Using the new charging mode and after the blasting construction, the excavation was stable with smooth surface, and smooth blasting effect was improved.

[KEYWORDS]  small diameter; emulsion explosive; smooth blasting; tunnel excavation

## 引言

小直径乳化炸药是随着光面爆破技术的发展应运而生的,光面爆破技术要求周边炮眼爆破后对围岩破坏程度小,使巷道的成形规整,以达到光面的目的;根据光面爆破技术的特殊需要,小直径乳化炸药卷一般具有 3 个特殊要求:

- 1) 炸药成形性好,药卷硬,以便适应各种复杂条件下的施工;
- 2) 具有 8<sup>#</sup> 雷管、导爆管、导爆索等起爆器材的感度;
- 3) 具有较高的稳定性,保证有足够的储存时

间,且性能稳定<sup>[1-2]</sup>。

在国外,控制爆破使用的包装型乳化炸药规格有 $\varnothing 22$  mm、 $\varnothing 25$  mm 及 $\varnothing 32$  mm 等,生产厂家主要有奥斯汀的红砖石工厂、代诺·诺贝尔公司等。根据其产品介绍<sup>[3-5]</sup>,Emuline 产品为小直径乳化炸药和捆绑相同长度导爆索连续包装组合而成,可根据现场装药需求进行任意长度的切割;Red-D 是采用高强度纸盒进行包装的乳化炸药,接头处可采用连接器进行快速组装;代诺·诺贝尔公司生产的小直径乳化炸药具有雷管感度,专门应用于地下控制爆破,该产品长度均以客户需求进行标准化设计,无需再进一步处理,方便快捷。

目前,国内控制爆破大多采用 $\varnothing 32$  mm 乳化药

<sup>\*</sup> 收稿日期:2016-06-28

作者简介:熊言涛(1988—),男,硕士,主要从事民用爆破器材的研究。E-mail: xiongyt@ dunan. cn

卷间断式装药<sup>[6-10]</sup>。Ø32 mm 以上的乳化炸药生产线及配套设备已经成熟,据资料表明,国内尚无一条完整、技术成熟的连续化Ø32 mm 以下直径的乳化炸药生产线;同时,此类装药爆破效果不稳定,开挖面或者保护面存在不同程度的超挖或欠挖等情况。

在爆破公司隧道掘进工程进行光面爆破施工过程中,针对传统工艺存在装药不便及爆破效果差的问题,民爆生产点利用现有条件调整了乳化炸药配方,设计和改变装药模具,生产了新型Ø25 mm 乳化炸药。笔者系统地对比分析了该Ø25 mm 乳化炸药与Ø32 mm 乳化炸药从生产到爆破施工等各个方面的情况。

1 新型小直径乳化炸药的研制

1.1 研制原因及过程

1)爆破单位在隧道掘进过程中光面爆破工程量较大。

2)装药风险有所上升。炸药生产点采用的是湖南金能的 DKJ-1 型装药机(图 1),具有装配Ø25 ~ Ø50 mm 的乳化炸药的能力,但生产点无Ø25 mm 产品生产的模具,需要另行购买;DKJ-1 型装药机采用叶片泵进行装药,由于Ø25 mm 和Ø32 mm 采用同一个机械,所以报警压力设定是相同的,而在相同的装药压力下,一旦装药直径从Ø32 mm 降低至Ø25 mm,会导致装药压力较大,有一定的安全风险;因此,需要对装有Ø25 mm 产品模具的机器进行参数调整。



图 1 DKJ-1 型装药机  
Fig. 1 DKJ-1 loading machine

3)叶片泵的自身结构会轻度破坏乳化炸药的微观结构,在改用Ø25 mm 的模具后,这种破坏作用更加明显,这就需要在保证产品性能的情况下,对炸药敏化剂添加量轻微调整,降低产品的密度,以减弱此种破坏作用。

此次研究Ø25 mm 乳化炸药共进行了 5 次试

验,前 3 次试验因装药机的装药压力接近装药压力报警上限 0.65 MPa,从而导致停机,试验失败;后 2 次试验经完善和调整油相比比例,将装药压力降低,并可连续化生产该产品。后 2 次试验的部分参数如表 1。

表 1 2 次试验部分参数  
Tab. 1 Part of the parameters in the last two experiments

参数	出口压力/ MPa	挤出支数/ min <sup>-1</sup>	雷管敏感度
正常情况	0.16 ~ 0.40	≥200	有
第 4 次试验	0.49 ~ 0.54	172	有
第 5 次试验	0.42 ~ 0.52	120	有

注:该机设定报警压力为 0.65MPa

1.2 生产工艺及参数

该生产点生产线采用马鞍山矿山研究院中低温技术,生产工艺如图 2 所示。

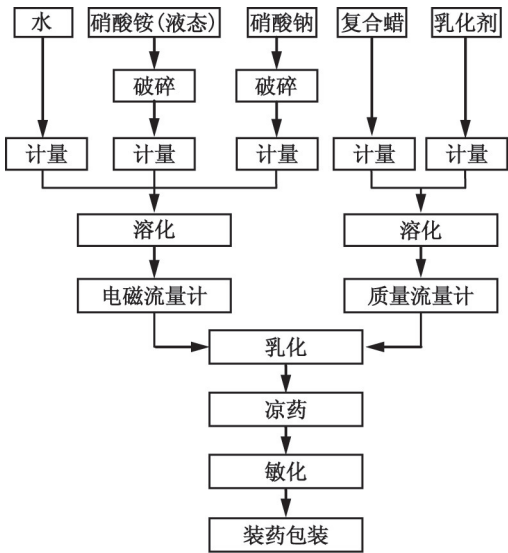


图 2 生产工艺  
Fig. 2 Production process

工艺参数:水相温度为(117 ± 3)℃;油相温度为 100 ~ 105℃;乳化器线速度 ≤ 15 m/s;基质温度 < 130℃;敏化温度为 46 ~ 52℃;敏化出料炸药密度为 1.16 ~ 1.30 g/cm<sup>3</sup>;出料黏度随密度、配方比例而确定,目前,生产点采用人工经验方式,无仪器测量。

2 与Ø32 mm 乳化炸药对比

2.1 配方比例

由于国内的装药机匹配较差,现将生产点装药

机模具进行优化改进,多次试验后得到最优的生产工艺配方,达到了连续化及规模化生产该产品的条件。 $\varnothing 32$  mm 乳化炸药与 $\varnothing 25$  mm 乳化炸药生产配方见表 2。

表 2 配方比例 (质量分数)

Tab. 2 Proportion of formula (mass fraction)

规格/ mm	硝酸铵	硝酸钠	水	乳化剂	复合蜡
$\varnothing 25$	78~80	5.0~5.2	8.8~9.0	2.2~2.4	3.4~3.6
$\varnothing 32$	80~82	4.8~5.0	9.0~9.2	2.0~2.2	3.6~3.8

表 2 表明, $\varnothing 25$  mm 乳化炸药配方与 $\varnothing 32$  mm 乳化炸药的配方比例不同。在遵守氧平衡的原则下,2 种配方水油相质量比为 94 : 6;在油相材料中, $\varnothing 25$  mm 乳化炸药乳化剂比例提高,增加乳化效果,提高该产品的稳定性;降低了复合蜡含量,即降低了乳化基质的黏度,可有效降低装药压力等安全风险。

2.2 性能指标

按照国家有关标准进行出厂性能检测,检测结果对比详见表 3。

表 3 产品检测报告

Tab. 3 Product testing report

项目	规格/mm	
	$\varnothing 25$	$\varnothing 32$
药卷密度/(g · mL <sup>-3</sup> )	1.18	1.19
殉爆距离/cm	4	7
爆速/(m · s <sup>-1</sup> )	4 793	5 104
猛度/mm	14.41	15.02

表 3 表明,相比 $\varnothing 32$  mm 乳化炸药检测的性能指标,虽然新型 $\varnothing 25$  mm 乳化炸药均低于其各项性能指标,但新型 $\varnothing 25$  mm 乳化炸药爆炸性能符合 GB18095—2000 中岩石乳化炸药的标准,储存期达 6 个月以上,性能仍然稳定、良好。

临界直径是指一种炸药引爆后能稳定爆轰的最小直径,是衡量炸药爆轰感度的重要数据;对于 $\varnothing 25$  mm 和 $\varnothing 30$  mm 两种规格的乳化炸药,临界直径随含水量的增加而增加,通过查阅相关书籍,在此含水量下(表 2),临界直径值在 13 mm 左右, $\varnothing 32$  mm 乳化炸药产品临界直径略大于 $\varnothing 25$  mm 乳化炸药产品,均可在直径 13 mm 以上的炮孔完全爆轰。

在光面爆破中,运用 $\varnothing 25$  mm 乳化炸药,相比 $\varnothing 32$  mm 乳化炸药,由于在炮孔内药卷直径变小,故降低了单位长度的炮孔装药量,因此,减少了在爆破中对岩石的破坏作用。

2.3 装药结构

隧道光面爆破周边孔的装药结构有 2 种,装药情况如图 3。

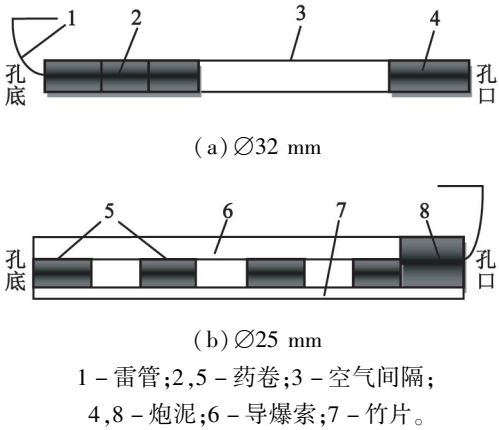


图 3 光面爆破炮孔的装药结构

Fig. 3 Charging structure in smooth blasting

为取得较好的爆破效果,最有效的措施是采用低爆速的炸药和较大不耦合系数的装药,在炮孔直径一定的情况下,应该采用较小的装药直径,因为对于装药直径为 40 mm 的炮孔, $\varnothing 32$  mm 装药的不耦合系数为 1.25,而 $\varnothing 25$  mm 装药的不耦合系数为 1.60。

图 3(a)为空气间隔连续装药,是将 $\varnothing 32$  mm 药卷集中装在孔底,孔口用炮泥堵塞,装药与堵塞物之间是空气间隔。使用该空气间隔爆破技术时,为了有效地利用爆炸能量,直接采用雷管或导爆管雷管反向起爆,雷管的聚能穴朝向孔口。该方法适用于岩性均匀、裂隙不发育的岩体,炮孔深度一般不超过 1.8 m;在岩性多变、节理裂隙发育的地段,使用效果不稳定。

根据上述较大的不耦合系数原则,选用图 3(b)装药结构。图 3(b)为空气间隔装药,是将 $\varnothing 25$  mm 药卷与导爆索绑在一起,再绑在竹片上,形成药串,竹片主要起到固定药卷作用,在施工中将有竹片一侧靠在保留区的一侧,同时可适当减弱爆破对保留区的破坏作用。使用的起爆方式为雷管起爆导爆索,再利用导爆索瞬发起爆各个药卷,达到各个药卷在同一时间起爆,爆破能量均匀分配。该装药结构适用范围广,对岩石作用力软弱且稳定,由于装药量少,同时对周边围岩破坏程度较小,效果优于第一种装药结构。

3 隧道掘进光面爆破的应用

爆破公司某隧道掘进工程中采用了光面爆破施

工方法,部分爆破参数见表 4。

表 4 爆破参数

Tab.4 Blasting parameters

孔号	孔距/cm	排距/cm	孔深/m	装药量/g
2-1	35	55	1.94	146
2-2	35	55	1.97	148
2-3	35	55	1.90	143
2-4	35	55	1.60	120
2-5	35	55	1.70	128
2-6	35	55	1.76	132
2-7	35	55	1.88	141
2-8	35	55	1.90	143
2-9	35	55	1.92	144
2-10	35	55	1.96	147

图 4 为两种药卷乳化炸药产品爆破后的效果。



(a)  $\varnothing 25$  mm 药卷



(b)  $\varnothing 32$  mm 药卷

图 4 光面爆破效果

Fig. 4 Photos of blasting effect in smooth blasting

观察图 4 可见,使用  $\varnothing 32$  mm 乳化炸药产品爆破施工后,开挖面不规则,且存在明显超挖、欠挖等情况;使用新型  $\varnothing 25$  mm 乳化炸药产品爆破施工后,开挖面规则、稳定,无明显超挖、欠挖等情况。同时从业主方了解到,在后续的施工爆破中,该新型  $\varnothing 25$  mm 乳化炸药使用效果较好,且性能稳定。

4 结论

研制生产的新型小直径乳化炸药各项性能指标弱于  $\varnothing 32$  mm 乳化炸药产品,可有效地减少对岩石的破坏作用,并符合国家 GB18095—2000 的指标要求,储存期达 6 个月以上,性能稳定可靠,同时,该生产点可连续化、规模化生产此类产品。现场实际应用表明,采用该新型小直径乳化炸药及新型装药方式装药爆破后,爆破效果良好,有效地保护了开挖面的完整性;该产品可被广泛应用。

参 考 文 献

[1] 汪旭光. 乳化炸药[M]. 2 版. 北京:冶金工业出版社, 2008;387-392.  
WANG X G. Emulsion explosive[M]. 2nd ed. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2008;387-392.

[2] 杨祖一. 我国连续化小直径乳化炸药亟待解决的几个问题[J]. 爆破器材, 1996, 25(4) : 12-15.  
YANG Z Y. Some problems to be immediately soloved on continuous manufacturing process of small diameter emulsion explosive in China[J]. Explosive Materials, 1996, 25(4) :12-15.

[3] Austin Powder Company[EB/OL]. [ 2013-10-30 ] . [http://austinpowder.com/blasters\\_guide/pib/Overbreak\\_Control\\_Products](http://austinpowder.com/blasters_guide/pib/Overbreak_Control_Products).

[4] Dyno Nobel Inc[EB/OL]. [ 2015-08-18 ]. [http://www.dynonobel.com/~media/Files/Dyno/ResourceHub/Technical%20Information/North%20America/Packaged%20Explosives/Dynosplit\\_AP.pdf](http://www.dynonobel.com/~media/Files/Dyno/ResourceHub/Technical%20Information/North%20America/Packaged%20Explosives/Dynosplit_AP.pdf).

[5] Orica[EB/OL]. [ 2010-05-01 ]. [http://www.oricamining-services.com/us/en/page/products\\_and\\_services/packaged\\_explosives/packaged\\_explosives](http://www.oricamining-services.com/us/en/page/products_and_services/packaged_explosives/packaged_explosives).

[6] 李建军. 国外乳化炸药的发展状况及趋势[J]. 矿业快报, 2005, 21(3) :6-9.  
LI J J. Development state and trend of foreign emulsion explosive[J]. Express Information of Mining Industry, 2005, 21(3) :6-9.

[7] 伍灿,张涛. 光面爆破技术在隧道施工中的应用研究[J]. 四川建筑, 2014(6) :124, 127.

[8] 于亚伦. 工程爆破理论与技术[M]. 北京:冶金工业出版社, 2004.

[9] 石永军. 光面爆破技术在隧道施工中的应用[J]. 科技展望, 2016(16) :126.

[10] 秦健飞,秦如霞. 浅谈预裂和光面爆破的发展与未来[J]. 采矿技术, 2013(5) :97-100.