

煤制油产品用于多孔粒状铵油炸药生产的研究

张千万（宁夏天长民爆器材有限责任公司，宁夏 石嘴山 753200）

摘要：多孔粒状铵油炸药是以多孔粒状硝酸铵为主要成分，与一定比例的轻柴油相混合制得的适用于露天爆破（也可用于无瓦斯和无粉尘爆炸危险的地下中深孔爆破）的无雷管感度的铵油炸药。考虑到费托合成法生产的煤制油特点是直链烷烃含量高，油品粘度低、凝点高、馏分范围广，与柴油高度相似，本文主要对煤制油产品的理化性质、与柴油对比应用于多孔粒状铵油炸药生产的工艺控制和产品质量进行了研究，得出其中一种煤制油产品用于多孔粒状铵油炸药生产在技术和经济上都是可行的。

关键词：CTO（煤制油）；多孔粒状铵油炸药（Anfo）；技术可行；经济可行

0 引言

由于多孔粒状铵油炸药生产工艺简单、生产效率高，国内大中型露天矿山都在使用。Anfo 一般按照多孔粒状硝酸铵与柴油以 94-95:5-6 的比例进行生产。柴油作为重要的燃料之一，主要用于车辆、船舶的柴油发动机。对铵油炸药生产而言，只需要柴油中的碳氢分子作为还原剂，但柴油作为成品油，其中所添加的添加剂对炸药产品质量并没有作用，造成了资源浪费和生产成本增加，对国家能源战略储备也有一定影响。公司所属的集团公司内每年混装炸药生产消耗柴油超过 10000t，为了降低生产成本，利用煤炭资源生产油料，以期减少原油需求，尽一个负责任的央企应尽之责。

1 研究背景

1.1 Anfo 生产工艺介绍

多孔粒状铵油炸药（Anfo）的生产工艺比较简单，由多孔粒状硝酸铵（PGAN）与柴油按照一定比例混合而成。PGAN 作为氧化剂，在造粒时添加了抗结块剂、成孔剂等，形成坚硬的、多孔的球形颗粒结构。PGAN 的多孔结构提升了比表面积，增加了与还原剂接触的面，再由虹吸效应将柴油吸入，形成不具有雷管感度的安全可靠 Anfo。

1.2 国内现场混装炸药生产现状

现场混装炸药是一种相对包装炸药更为高效的炸药生产方式，国内大中型露天矿山都在使用。由于涉及的企业非常多，所服务的矿山比较分散，因此行业监管非常严格，造成现场混装炸药生产点的产能大多不超过 1 万 t。以集团公司为例，现场混装炸药产能超过 1 万 t 的生产点只有山西平朔、内蒙古呼伦贝尔、四川米易、攀枝花、宁夏天长、西藏墨竹工卡，而 Anfo 产量超过 5000t 的地面站也只有山西平朔、新疆准东、宁夏天长和西藏墨竹工卡。公司 2019 年 Anfo 产能约 7 万 t，按照 Anfo 生产工艺配比，油相材料年用量在 3500~4200t。

1.3 国内 Anfo 生产现状

由于 Anfo 生产工艺简单、生产效率高、堆积密度较低，特别适用于北方少水的矿山使用。国内 Anfo 是混装炸药中比例最高的，据统计，2019~2020 年，Anfo 产量分别为 78.49 万 t 和 82.90 万 t，而当年国内混装炸药总产

量分别为 118.11 万 t 和 127.0 万 t，国内炸药总产量分别为 440.70 和 444.7 万 t，Anfo 在混装炸药产量中占比分别为 66.45% 和 65.28%，Anfo 在炸药总产量中的占比分别为 17.81% 和 18.64%。

多年的生产实践发现：

①柴油用于炸药生产存在资源浪费，一是为满足柴油机使用，对柴油成分进行了调整，添加了对炸药生产无意义的添加剂，而对炸药生产而言，只需要柴油中的碳氢分子作为还原剂。二是柴油作为成品油出售，销售方会向购买方转移消费税。炸药生产企业无法避免地承担了不必要的消费税支出；

② Anfo 生产企业对柴油质量没有主动的控制权限，只能被动接受柴油质量的波动，进而影响炸药生产；

③柴油是重要的国家战略物资，目前我国原油进口比例逐年增加。美国将中国定义为世界领导地位的主要竞争对手，其美元——石油战略对中国的发展形成一定制约。

1.4 国内 CTO 现状

中国是一个富煤贫油的国家，在未来 30~50 年内，以煤碳为主的能源结构不会发生根本性改变。目前中国 CTO 主要采用间接液化技术。间接液化工艺主要中间产品有轻质油、重质油、重质蜡、油洗石脑油等，这些中间产品经加氢精制和加氢裂化得到 LPG、石脑油、柴油等化学产品。CTO 产品最显著的特征是其产物主要由直链烃组成，还含有一定量的含氧有机化合物，具有低硫、低氮、低芳烃等优点，低温特性和润滑性能差，烟点、凝点和倾点均比较高。

2 CTO 制 Anfo 技术可行性论证

2.1 物理特性

根据 Anfo 生产的经验，根据季节不同，主要选用 0# 和 -35# 柴油。因此，适合 Anfo 生产的 CTO，需要从各个牌号、系列中筛选，甚至与厂家沟通，生产专用的产品。经与国家能源集团宁夏煤业公司煤制油分公司技术人员交流，其给出了可能应用于 Anfo 生产的两种 CTO 产品，我们将其命名为 CTO-1 和 CTO-2，通过试验室测试，其与柴油的性能指标对比如下表。

在后续数个批次样品中，测得产品的闪点有较大区

别,但是密度、粘度粘度差异性较小。在 10℃左右,CTO-1 会出现少量片状蜡析出(浊点)。取 50mL 的 CTO-1 和 CTO-2 置于 -30℃的冰箱中 17h 后取出,CTO-1 已经完全凝固,CTO-2 未见析晶。

性能指标	CTO-1	CTO-2	0# 柴油	-35# 柴油
闪点 /℃	80~100	50~60	55	45
倾点 /℃	5~15	-30~-50	0	-35
动力粘度 (30℃), (MPa·s)	3.5~4.1	1.9~2.4	3.8~4.5	3.1~3.4
密度 (30℃) / (g/cm ³)	0.745	0.766	0.825	0.8
热值 / (kcal/kg)	11200	11322	10200	10200
氧平衡测算	-3.475	-3.475	-3.42	-3.42

2.2 试验室试制 Anfo

2.2.1 CTO-1 与 0# 柴油作为油相材料混制

分别采用 CTO-1 和 0# 柴油与 PGAN 按照 5.5:94.5 的比例混制 Anfo。炸药外观如图 1 所示,出油情况如图 2 所示。



图 1 炸药外观(左上为 0# 柴油 Anfo,右上为 CTO-1Anfo 下部为 PGAN)

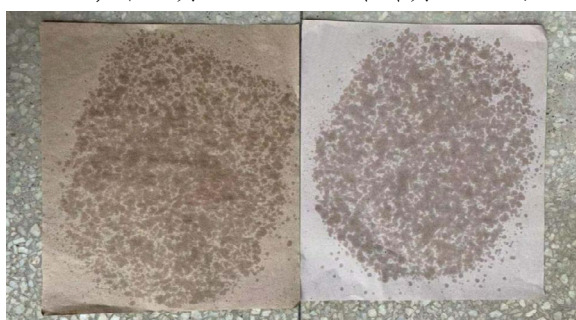


图 2 不同油相材料的出油情况
(左为 0# 柴油,右为 CTO-1)

CTO-1 外观是一种透明的液体,而柴油略带黄色,因此混制的 Anfo 有明显的颜色区别。试验过程中发现,CTO-1 被 PGAN 吸附的能力并不比柴油差,在非常接近的时间里,容器内颗粒团聚或粘附现象消失,流散性均非常好。

从图 2 看出,用于观测出油率的吸油纸直接接触 Anfo,深色部分显示出油,CTO-1 由于粘度要小于柴油,出油量略高于柴油,但未见明显差异。

将两个 Anfo 样品装入透明塑料袋中并密封,在 30℃室温、50% 湿度自然环境下储存,8 天后观察发现两个样品袋内壁有轻微的油渍,底部无渗油,二者无明显差异,如图 3 所示。14 天后,与储存 8 天试验结果无异。



图 3 储存 8 天后效果(左侧浅色为 CTO-1Anfo 样品)

经过 3 个月储存后,柴油混拌的 Anfo 明显发黄,有渗油迹象,而 CTO-1Anfo 并未渗油,颗粒状态良好。如图 4 所示。



图 4 储存 3 个月后状态(左侧浅色为 CTO-1Anfo 样品)

2.2.2 CTO-2 与 -35# 柴油作为油相材料混制

分别将 CTO-2 和 -35# 柴油与 PGAN 按照 5.5:94.5 的比例称量后置于冰箱冷冻,待物料冷冻至 -30℃后,将称好的油料和 PGAN 迅速混拌。

两种油料团聚都在 20s 左右消失,二者状态相近,未见差异。对比发现,油料完全分散时间明显长于 CTO-1 在室温下的混拌时间,颗粒表面在强光下的反光也更为明显。

将两个 Anfo 样品装入透明塑料袋中并密封,置于 -30℃冰箱内冷冻储存,观察样品的低温储存性能。8 天后两个样品袋内未见团聚,袋底未见渗油。14 天后,外观与储存 8 天试验结果无异。经过 3 个月低温储存,二者未见渗油,颗粒流散性仍较好。

2.2.3 吸油率的测定

吸油率是判断 PGAN 孔隙率的重要指标,该指标同样可以测定燃料油被 PGAN 吸附的比例。参照 HG/T3280-2011《多孔粒状硝酸铵》相关要求,对 CTO-1、CTO-2、0# 柴油、-35# 柴油被 PGAN 吸附的情况进行了两次平行测定,测定结果如下:

油项材料	PGAN 初始重量 /g	燃料油添加量 /g	吸油后 Anfo 重量 /g	吸油率 /%
CTO-1	19.6	20.7	22.1	12.76
CTO-1	19.6	21.6	22.1	12.76

0# 柴油	19.6	22.7	22.2	13.27
0# 柴油	19.6	21.7	22.2	13.27
CTO-2	19.6	21.3	21.7	10.71
CTO-2	19.6	21.7	21.7	10.71
-35# 柴油	19.6	22.4	21.9	11.73
-35# 柴油	19.6	22.7	21.9	11.73

从试验对比发现:

CTO-1 和 0# 柴油被 PGAN 吸附的比例(吸油率)非常接近,均远高于 HG/T3280-2011 要求的 7%-8%。CTO-2 和 -35# 柴油可得到同样的结论。且同一种燃油被 PGAN 吸附比例数据全部相同,说明试验条件下均达到了饱和吸附。

以上试验结果表明,CTO-1 和 CTO-2 能够替代 0# 柴油和 -35# 柴油进行 Anfo 生产,需进一步进行工业化验证。

2.3 现场混装试制 Anfo

采用 CTO-1 和 0# 柴油作为油相材料,在集团公司所属山西平朔项目部,利用多孔粒状铵油炸药现场混装车生产 Anfo 进行爆破试验。

油相材料与 PGAN 配比保持一致,均为 5.5:94.5,现场混装车螺旋转速均设定为 200rpm;由于流量计是体积流量计,CTO-1 的密度要比柴油低 10% 左右,故将流量调高了 10%。

装药时,用柴油生产的 Anfo 有刺激的柴油味道,工作环境不佳;而 CTO-1 馏分要高于柴油,且无环烃、芳香烃及其他低沸点物质,装药时未闻到刺激性味道。

爆破情况如图 5、图 6、图 7 所示:



图 5 爆破瞬间,黄色框为 CTO-1



图 6 爆后烟尘,黄色框为 CTO-1



图 7 爆破效果,黄色框为 CTO-1

从爆破情况看,CTO-1 生产的 Anfo 与 0# 柴油生产的 Anfo 应用于爆破时,其碎石效果相当,但柴油生产的 Anfo 爆炸烟尘为黄棕色,CTO-1 生产的 Anfo 爆炸烟尘为白色,主要是在该相同配比下,使用 CTO-1 的氧平衡为 -0.0021g/g ,使用柴油的为 0.0009 ,正氧平衡爆炸后产生大量二氧化氮所致。

小结:根据 Anfo 试验室和现场混装试制试验结果,CTO-1 代替 0# 柴油用于 Anfo 生产的技术是可行的,CTO-2 代替 -35# 柴油用于 Anfo 生产还需进行现场混装试制。

3 CTO 制 Anfo 经济可行性分析

宁夏天长民爆器材有限责任公司生产用柴油年用量近 1000t,其中 0# 柴油约 750t, -35# 柴油约 250t,全部采用中国石油油品。以 2020 年 7 月 15 日价格为准,0# 柴油含税到货价 7800 元/t,当期国家能源集团宁夏煤业公司煤制油分公司 CTO-1 含税到货价 5855 元/t,差价 1945 元/t。

由此,天长民爆公司采用 CTO-1 代替 0# 柴油后,每年可节约生产成本 145.88 万元。

4 结论

①采用 CTO 生产多孔粒状铵油炸药与用柴油生产相比,其工艺配比、工艺控制均可保持不变,在技术上是可行的;

②根据《建筑设计防火规范》(GB50016-2018)要求,柴油的防火等级为乙类,而 CTO 的防火等级为丙类,采用 CTO 用于生产提高了生产、储存环节的安全性;

③采用 CTO 生产,产生的经济效益较为可观。

参考文献:

- [1] 岳中文,于强,李玉清,王灿,胡海云,张亮.废食用油在混装多孔粒状铵油炸药中的应用[J].工程爆破,2015,8(21).
- [2] GB 17583-1998. 多孔粒状铵油炸药[S]. 国家质量技术监督局,1998.
- [3] GB 252-2015. 普通柴油[S]. 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会,2015.
- [4] NB/SH/T0913-2015. 轻质白油[S]. 国家能源局,2015.
- [5] JT/T617.1-2018. 危险货物道路运输规则. 第一部分:通则[S]. 中华人民共和国交通运输部,2018.
- [6] GB50016-2018. 建筑设计防火规范[S]. 中华人民共和国住房和城乡建设部,2018.