

文章编号: 1003-1480 (2003) 03-0039-03

油、气井用高温传爆管的 传爆影响因素探讨

周 翌, 陈 虹, 严瑞才, 胡咏梅, 马晓明

(中国兵器工业第 213 研究所, 陕西 西安, 710061)

摘 要: 分析了影响油、气井用高温传爆管传爆效果的因素, 通过试验及理论分析, 重点就药剂类型、装药高径比、管壳壁厚与材质等方面进行探讨。

关键词: 传爆管; 传爆; 传爆距离

中图分类号: TJ457

文献标识码: A

Exploration on the Influence Factors of Explosive Transfer of Heat-resistant Booster for Oil-Gas Well

ZHOU Zhao, CHEN Hong, YAN Rui-cai, HU Yong-mei, MA Xiao-ming

(The 213th Research Institute of China Ordnance Industry, Xi'an, 710061)

Abstract: This paper analyzed the factors influencing explosive transfer of heat-resistant booster for oil-gas well. Exploration has been carried out in areas of charge type, H:D, case thickness, metal material etc. through testing and theoretical analysis.

Key words: Booster; Explosive transfer; Transmission distance

在石油射孔作业中, 传爆管的使用极其普遍。根据井深和温度条件的不同, 油、气井用传爆管通常分 3 种: 常温传爆管 (RDX 装药)、高温传爆管 (HMX 装药) 和超高温传爆管 (HNS 装药或 PYX 装药)。随着射孔作业中井深的不断增加, 井温的不断增加, 常温传爆管的使用逐渐减少, 高温传爆管的使用量逐步增加, 基本上取代了常温传爆管。笔者在此主要研究高温传爆管在不同条件下的传爆性能与影响因素。

1 药剂的影响

高温传爆管的基本装药是 HMX 炸药。由于

HMX 炸药在自然状态下为粉末状, 流散性极差, 给装药带来不便, 故将其改性为聚奥系列的传爆药, 即在 HMX 中加入 1%~4% 的添加剂, 这样造粒后的 HMX 具有良好的流散性, 压制时比较方便。但在实际应用中, 效果并非完全令人满意。笔者采用 2 种传爆药进行传爆对比试验: 一种是原粉末状态的 HMX, 另一种是聚奥系列的传爆药, 它们的压药压力、装药量均完全一样。试验结果如表 1 所示。

由表 1 可见, 在聚奥系列传爆药中, 或多或少地加入了石墨、氟橡胶等添加剂。这些添加剂在炸药中起到钝感剂的作用, 由于它们的存在多少降低了炸药的起爆感度, 故聚奥系列传爆药的

收稿日期: 2002-07-18

作者简介: 周翌 (1961 -), 男, 高级工程师, 主要从事石油民爆器材研究。

传爆效果比纯 HMX 差。

表 1 不同传爆药的传爆效果

装药类型	传爆距离/mm
HMX	150
聚奥系列传爆药	110

备注：两种试验的装药量和压药压力一样，表 3、表 5 同。

2 传爆装药高径比的影响

一般情况下，炸药的输出威力与装药直径、高度和密度有密切的关系。当装药密度确定后，主要就是确定装药高径比。通常选用特屈儿作为传爆药柱，试验结果发现：当药柱直径一定，药柱高度约等于 2 倍的直径时，轴向输出达到最大值。但换用 HMX 与聚奥系列传爆药后，所得到的结果有所不同。在直径一定的情况下，笔者选取了药柱高径比分别为 3、2、1 的传爆管进行了传爆试验，结果如表 2 所示。

表 2 传爆药高径比对最大传爆距离的影响

高径比	传爆管最大传爆距离 /mm
3	220
2	180
1	130

由表 2 可知，采用 HMX 与聚奥系列传爆药压制的传爆管，在药柱高径比分别为 3、2、1 时，其轴向输出威力是不同的，由此反映出的直观现象是 2 者的最大传爆距离有较大的出入。之所以产生这种结果，与爆轰过程和所装传爆药的属性有很大的关系。

在传爆管的爆轰波传递过程中，爆轰波在炸药中的传播距离是有限的，并以其最大爆速在炸药中传递。在一定条件下，炸药装药越长，则爆轰波在炸药装药中的传递距离越长，越有利于炸药装药达到最大稳定爆速。按照上述观点，传爆管的装药高度越大也即传爆管的高径比越大，越有利于爆轰波在炸药中达到最大稳定爆速向下传递；另一方面，爆轰波后的化学反应区越大，后续能量越强，输出威力越大，更有利于增大传爆管的传爆距离。这就是高径比为 3 的传爆管传爆效果优于高径比为 2 和 1 的原因。

3 管壳壁厚与材质的影响

传爆管的管壳壁厚与管壳材料对传爆管的传爆性能有很大的影响。根据炸药的爆炸理论，凝聚炸药的爆轰反应区结构可由 Z-N-D 模型来描述，该模型认为，爆轰波阵面的组成为 2 部分——冲击波阵面和化学反应区。在理想爆轰中，把爆轰波阵面当成严格的一维平面，认为装药直径无限大，忽略了爆轰产物侧向飞散所造成的能量损失。实际上，由于爆轰产物侧向飞散，形成了向反应区推进的旁侧膨胀波，膨胀波传递到化学反应区，使其温度和压力降低，化学反应速度减慢。结果，爆轰波的传播速度降低，波阵面的形状也相应改变。因此，实际的爆轰速度总比理想爆轰速度低，只有当装药直径足够大时，旁侧膨胀波可以忽略时，实际爆速才近似等于理想爆速。按照这一观点，传爆管壳的存在，有利于阻碍化学反应区压力的降低，或者说阻碍膨胀波的入侵，防止爆轰反应区能量的流失，因而有利于爆轰波的传递，增加传爆管管壳的厚度，则更有利于轴向输出的增加。笔者选用了 2 种不同壁厚的传爆管进行试验，结果如表 3。

表 3 管壳壁厚对传爆效果的影响

管壳壁厚/mm	传爆距离/mm
0.60	110
0.45	50

传爆管壳材质对爆轰传递的影响也很大。笔者选用 3 种材料作为管壳装药的传爆试验，试验结果见表 4。

表 4 材质对传爆效果的影响

管壳材料	传爆距离/mm
软 铝	30
防锈铝	110
覆铜钢	150

从表 4 可以发现，传爆管的管壳材质越硬，其传爆效果越好。这是因为在爆轰传递过程中，软铝的金属延展性较好，其产生的塑性变形要吸收一定的爆轰能量，产生的金属热质点相对较少，传爆效果相对较差；而硬度较大的覆铜钢在传爆药柱爆轰

时产生的金属碎片更有利于引爆下一级传爆管，传爆效果更好。材质介于两者之间的防锈铝，其传爆效果也介于二者之间。基于这一理由，在传爆管设计时，应尽可能增加管壳壁厚及选择重质金属材料。

4 装药直径的影响

装药直径对爆轰波的传递有着极其重要的影响。要使炸药爆轰达到其最大稳定爆速，有一临界装药直径，在传爆管装药直径大于其极限装药直径时，可以获得一个稳定的最大爆速。在允许的情况下，增大装药直径，则有利于增大输出威力，达到更好的传爆效果。在装药高度相同，管壳材质相同，压药压力相同的情况下进行的 2 种不同直径的传爆管试验，所得出的结果如表 5 所示。

表 5 不同装药直径下的最大传爆距离	
装药直径 / mm	最大传爆距离 / mm
6.4	220
5.7	130

由此可见，在条件允许的情况下，选择装药直

径大的传爆管装药，更有利于传爆管的传爆。

5 其它因素的影响

在传爆管的设计中，还有一些起着重要作用的因素，如压药压力。一般情况下，压药压力过小，则起爆感度较好，但输出威力却小；压药压力过大，虽然输出威力较大，但起爆感度却较差。作为单一结构的传爆管，既要满足输出威力，又要保证起爆感度，这就要求有合理的压药压力；另外药剂颗粒大小及装药密度等，对传爆效果都有很大影响，这里暂不详细探讨。

致谢：兵器工业第 213 所五室二组的全体同志参加了产品试验，在此表示感谢。

参考文献：

[1] 蔡瑞娇. 火工品设计原理 [M]. 北京理工大学出版社, 1999.10.
[2] 惠君明. 炸药爆炸理论 [M]. 江苏科学技术出版社, 1995.1.

(上接第 30 页)

(4) 在一定的装药压力范围内，增大压力有利于提高延期精度；

(5) 水分对延期药的延期时间和延期精度均有很大影响，因此应严格控制延期药中水分的含量，一般控制在 0.1%~0.5%之间；

(6) 应根据延期精度的要求适当选择装药次数；

(7) 目前，延期药混合方法多采用球磨机法。混药诸因素对延期时间及延期精度均有明显影响，因此，在延期药生产前，应采用正交试验法进行系统试验，找出最佳生产条件，确定生产工艺；

(8) 试验证明，各种环境条件下该延期药的延期时间和精度变化不大，证明该延期药是一种性能良好的延期药，值得推广。

参考文献：

[1] 陈福梅. 火工品设计 [M]. 北京工业学院出版社, 1983.11.
[2] 李俊安, 劳允亮. 点火—延期药界面能量匹配与延期精度 [J]. 火工品, 1995, (1).
[3] 徐云庚. 延期药的配方设计 [J]. 火工品, 1983, (4).
[4] 蔡瑞娇. 火工品设计原理 [M]. 北京理工大学出版社, 1999.10.
[5] 潘功配. 烟火技术基础与应用 [M]. 江苏科技出版社, 1989.5.
[6] 徐振相等. 火工品原理 [M]. 南京理工大学, 1998.6.
[7] 赵文虎. 毫秒级 Si-CuO-PbO₂ 延期药研究 [J]. 火工品, 2001, (1).