

# 液体推进剂贮运设备堵漏技术研究

李 瑛

( 西安第二炮兵工程学院 西安 710025 )

**文 摘** 针对液体推进剂贮运设备时常发生的渗漏、泄漏现象,研制出了可带介质操作的硝基氧化剂和肼类燃料堵漏剂及堵漏工具,能对液体推进剂贮运设备各种泄漏部位实施快速堵漏,有效解决了液体推进剂贮运设备堵漏难题,具有较好的工程应用价值。

**关键词** 液体推进剂,贮运设备,堵漏剂,堵漏工具

## Study of Leakage-proof Technique for Storage and Transportation Tanks of Liquid Propellant

Li Ying

( Second Artillery Engineering College Xi'an 710025 )

**Abstract** Several leakage-proof compounds, which can be used in the presence of nitryl oxidant and hydrazine medium, and a set of plugging tool are developed under the consideration of propellant tank leakage during its storage and transportation. This technique, can solve the leakage problems of storage-transportation equipment rapidly and efficiently, and which has important engineering application values.

**Key words** Liquid propellant, Storage-transportation equipment, Leakage-proof compound, Plugging tool

### 引言

高能可贮存液体推进剂在军事、航天领域被广泛应用,但具有较强的腐蚀性、吸湿性,易燃易爆、易挥发且毒性大的特点。在液体推进剂的贮运过程中,由于贮罐入孔盖、焊缝、液位计接头、法兰连接处等部位的泄漏、渗漏,造成环境污染、着火、爆炸、中毒和推进剂变质事故已发生多起<sup>[1]</sup>。目前,市售堵漏剂虽然品种多,但不能长期耐硝基氧化剂腐蚀或肼类燃料强渗透性,这已成为困扰液体推进剂使用和管理部门的一大难题。

本文研制的硝基氧化剂堵漏剂和肼类燃料堵漏剂,具有可带介质操作、快速堵住泄漏部位、与介质相容性好、能承受 1.3 MPa 的充气保护压力、对推进

剂性能无影响等优点。

### 1 实验方法

配制各种性能的堵漏剂,分别测试其耐腐蚀性、凝结速度、贮存性能及粘接性能。最后选择出综合性能较好的配方。粘接性能测试所用仪器为液压屏显式万能试验机。

### 2 结果与讨论

#### 2.1 硝基氧化剂堵漏剂

##### 2.1.1 耐腐蚀性试验

选择化合价态最稳定的无机物做主料,在固化剂  $F_c$  与促凝剂  $F_N$  作用下,按下表比例配制成堵漏剂,放入硝基氧化剂中,24 h 后取出,观测其形状和硬度的变化,结果见表 1。

收稿日期:2002-05-14;修回日期:2002-09-06

李瑛,1969 年出生,硕士,主要从事液体火箭推进剂污染及防治的研究工作

表1 耐腐蚀性试验\*

Tab.1 Testing results of the causticity-resistance

碳纤维/g	酸洗石棉/g	现象
0.001		形状和硬度没变化
0.005		形状和硬度没变化
0.01		形状和硬度没变化
	0.1	堵漏剂中有空隙,发黄发脆
	0.5	堵漏剂中有空隙,发黄发脆

\*F<sub>c</sub>为10g,F<sub>N</sub>为0.5g,水适量。

加碳纤维或酸洗石棉,可增加堵漏剂的韧性<sup>[2,3]</sup>。从表中可以看出,加碳纤维时,堵漏剂的耐腐蚀性能好;而加酸洗石棉时,因其粗糙堵漏剂不能压实,内有空隙,导致被硝基氧化剂腐蚀。

### 2.1.2 凝结时间试验

在无促凝剂的情况下,堵漏剂的凝结时间与加水量有关,加水量越大,则凝结速度越慢,测试结果见表2。

表2 凝结时间与加水量的关系

Tab.2 Relation between gel time and input quantity of water

固化剂 F <sub>c</sub> /g	水/mL	初凝时间/s
10	3.5	480
10	3	300
10	2.5	260
10	2	210

### 2.1.3 促凝剂与堵漏剂性能的关系

在相同加水量的情况下,促凝剂的加入可以大大加快堵漏剂的凝结速度。经过多种配方试验,研制出促凝剂 F<sub>N</sub>。F<sub>N</sub>的加入量直接影响堵漏剂的凝结及性能,加入量越大,堵漏剂凝结速度越快。但若 F<sub>N</sub>的加入量太大,则堵漏剂的粘接性能和抗渗性能会受到影响,试验结果见表3,当 F<sub>N</sub>的加入比例为 F<sub>c</sub>的1%左右时,堵漏剂的综合性能最好。

此外,由硝基氧化剂堵漏剂的贮存性能实验可知,该堵漏剂在密封干燥条件下可长期存放,不影响其使用性能。

宇航材料工艺 2002年 第6期

表3 促凝剂与堵漏剂性能的关系\*

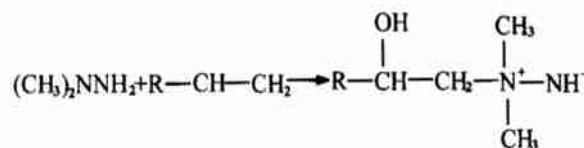
Tab.3 Relation between setting accelerator and performance of plugging agents

促凝剂 F <sub>N</sub> /g	初凝时间 /s	拉伸强度 /MPa	剪切强度 /MPa	吸水性/ %(24h)
0.01	420	82.39	53.26	4.21
0.05	300	69.43	41.22	5.76
0.1	180	60.21	34.93	6.14
0.5	100	42.52	13.62	10.33
1	30	22.48	-	16.51

\*F<sub>c</sub>为10g,水为3.5mL。

## 2.2 胍类燃料堵漏剂

偏二甲胍与环氧树脂反应,生成的胺基酰亚胺可作为环氧化物的固化剂参与固化反应<sup>[2,4]</sup>,因此可用环氧树脂作为胍类燃料堵漏剂的基料,在适当固化剂的作用下,实现带介质操作。反应方程式为:



### 2.2.1 固化剂

胍类燃料堵漏剂的关键是固化剂。通过多次试验,研制出了 F<sub>1</sub> 固化剂,其固化效果好,凝结速度快,见表4。

表4 固化剂加入量与凝结速度的关系\*

Tab.4 Relation between input quantity of curing agent and setting speed

固化剂/g	凝结时间/h	拉伸强度/MPa	剪切强度/MPa
1	24	198.28	124.97
3	12	179.36	113.25
5	4	162.43	97.48
7	1.5	89.65	49.63
9	0.8	45.69	-

\*E-44为10g,增韧剂为0.6mL,KH550为0.3mL,填料为2g。

由表4可以看出,加入固化剂量越大,凝结速度越快,当固化剂的量超过E-44的50%时,其粘接性能则会受到影响,因此固化剂的比例应控制在50%以内。

## 2.2.2 填料对堵漏剂性能的影响

填料虽然不与环氧树脂反应<sup>[5]</sup>,但它的加入量对凝结速度也有影响。填料比例大时,凝结时间短,反之则长。试验表明,填料比例不能超过 E-44 的 20%,否则固化后会影响到堵漏剂表面粗糙度,结果见表 5。

表 5 填料加入量对堵漏剂的影响\*

Tab.5 Effect of filler quantity on performance of plugging agents

填料/g	凝结时间/h	现象
0.5	10	表面光滑
1	7	表面光滑
2	4	表面光滑
3	2.5	表面粗糙
4	1.8	表面有微粒

\*E-44 为 10 g,增韧剂为 0.6 mL, KH550 为 0.3 mL,固化剂为 3 g。

在此基础上,对胍类燃料堵漏剂的贮存性能也进行了研究。通过实验得知,把环氧树脂与固化系统分别密封贮存,其性能不会改变。

## 2.3 堵漏工具

针对液体推进剂贮运设备各种泄漏部位的特点,本文研制出了以下几种适合不同泄漏部位的堵漏工具,即 T 型螺栓、弓架式螺杆顶压铆钉、可调式螺杆顶压铆钉、弓架式螺杆顶压外覆、卡具式紧固工具(管箍)、法兰夹具、直管夹具(管箍)、弯头夹具、三通夹具<sup>[6~8]</sup>等,可完成推进剂贮运设备各种泄漏部位的堵漏。

## 2.4 粘接工艺

对于不同贮运设备、贮运介质、泄漏量和形状各异的泄漏部位,应采用不同的粘接工艺。对液体推进剂泄漏量大的贮运设备或硝基氧化剂贮罐,采用“先堵后粘”的粘接工艺;对小的裂缝及法兰、弯管等

处的泄漏,采用“直接粘接”法,即“灌注法”和“粘接法”<sup>[6~8]</sup>。

“灌注法”是胶粘剂在外力作用下,被强行注入到泄漏部位与夹具所形成的密封空腔,在注胶压力远远大于泄漏介质压力的条件下,泄漏被强迫止住,胶粘剂在短时间内迅速固化,形成一个坚硬的密封结构,达到重新密封的目的。

“粘接法”主要分三步,即配胶、涂胶和胶合。按使用说明进行配胶,然后以适当的方法或使用工具将胶粘剂涂抹在被粘物的表面,最后将被粘表面叠合在一起,加压固化即可。

## 3 结论

针对液体推进剂不同贮运设备、贮运介质、泄漏量和泄漏部位,选择相应的堵漏剂(硝基氧化剂堵漏剂、胍类燃料堵漏剂)和堵漏工具,采取“先堵后粘”或“直接粘接”的粘接工艺,能快速、准确、牢固地实现液体推进剂贮运设备泄漏部位的堵漏。

## 参考文献

- 1 郑宏建. 液体火箭推进剂贮存技术. 上海航天, 2001; 18(5):61
- 2 李子东,李广宇,于敏. 实用胶粘剂原材料手册. 北京:国防工业出版社,1998:317,578,579
- 3 张在新. 胶粘剂. 北京:化学工业出版社,1999:648,649
- 4 陈平,刘胜平. 环氧树脂. 北京:化学工业出版社,1999:68,69,107,108
- 5 张开主编. 粘合与密封材料. 北京:化学工业出版社,1996
- 6 马芝胜,马骏驰. 实用胶接防漏治漏技术. 北京:机械工业出版社,2001:187~196,203~207,212~214
- 7 李健民,许俊,杨冬梅. 工业设备粘接维修. 北京:化学工业出版社,2001:22,23,51~63
- 8 胡忆洵. 动态密封技术——泄漏与堵漏. 北京:国防工业出版社,1998:107~201,311~320

(编辑 任涛)