

氰凝浆液堵漏护壁的新试验

中南矿冶学院 陈志超

氰凝浆液用于钻孔堵漏护壁，在国内不过五、六年的历史。由于它具有凝固时间短且可任意调节，能发泡膨胀，特别是具有二次渗透作用和不怕水等优点，开始推广以来，就受到人们的普遍重视。但实践证明，氰凝浆液固结体的机械强度差，脆性大，在钻孔中灌注后经不起孔内钻具的碰撞敲打和冲洗液的频繁冲刷，耐久性能差。另一方面，在灌浆时都是使用粘度较低的纯氰凝浆液，而孔内产生漏失的地层洞隙情况是有大小变化的，单一的浆液难以适应孔内多方面变化的需要。因而堵漏和护壁的实际效果不够理想。

如何进一步提高氰凝固结体的强度，并在此基础上配制出一套适应孔内不同情况的新配方，这是氰凝今后能否继续推广使用的现实问题。

下面把我们在这方面的工作做个简略的介绍。

一 预聚体配方与合成工艺的改进

预聚体原材料的选择，是影响氰凝质量的内在因素。过去合成预聚体时，一般常用甲苯二异氰酸酯（TDI）与N204或者N303聚醚。实践证明，用N204与TDI合成的预聚体，粘度低是一优点，但固结体脆性大，机械强度差，有时收缩严重。用N303与TDI合成的预聚体，固结体强度虽比用N204的高，但仍缺乏足够的韧性，不能完全符合孔内堵护的要求；有时预聚体粘度过大，不宜于灌注，用溶剂稀释，凝固后又影响强度。

究竟选择什么样的原材料，才能提高预聚体质量？对于异氰酸酯类来说，可供选择的有TDI、MDI和PAPI三种。从提高强度

来考虑，以选择PAPI为宜，因为它是制造硬质聚氨酯泡沫的原料，但用PAPI合成的预聚体粘度大，且原材料供应也是问题，故不宜单独选用。MDI本可代替TDI使用，活性略低，但目前多是粗制品，也不理想，故仍以TDI为宜。常用TDI（80/20），它的活性高，有利于形成闭孔结构，也可用TDI（65/35），活性略低，但凝固点也低，凝固后有较好的弹性。

对于聚醚类，可供选择的品种是很多的。从提高强度考虑，应选择多羟基聚醚，如五羟基或六羟基聚醚，但目前能供应的品种和货源都缺乏，选用有困难。那么能否在目前常用的二羟基和三羟基聚醚品种中找到出路呢？经验告诉我们：分子量大的均聚醚和异氰酸酯的反应活性虽然相对要低，但制成的泡沫体柔软，并富有弹性；为了获得同时具有一定强度、弹性和韧性的氰凝固结体，可采用大分子量和低分子量聚醚掺混使用。基于这样的认识，我们选用N204和N330混合使用。后者分子量为3000，有利于提高预聚体的弹韧性。

在预聚体的游离NCO%的选择方面，一般认为在15~20%左右为宜。游离的异氰酸根含量高一些，则预聚体粘度低一些，有利于灌注。我们实际选用的游离NCO%为23%，主要考虑所用原材料因贮存日久，可能有过量水份存在，会多消耗一部份游离的异氰酸根。

最后确定的预聚体配方是：

TDI：N204：N330=3.045：1.32：0.68（重量比）合成时，再加入预聚体总重10%的邻苯二甲酸二丁酯（DBP）。

在合成工艺规程方面和过去一个显著的

区别是提高合成温度。过去一般认为温度以50℃左右为宜,最高不要超过90℃。理由是温度过高易造成分子链的支化,使粘度增大。但我们从实践中发现,适当提高预聚温度,对增加固结体的强度有明显作用。因此我们决定将预聚(合成)温度提高到110°~120℃。实践证明,当用N330合成时,在这样温度下,预聚体的粘度并无明显增加,使用中不加稀释剂,也完全可以灌注。

二 氟凝浆液组成及其加量的合理选择

氟凝浆液是由预聚体加上溶剂、增塑

剂、表面活性剂及催化剂等共同组成的。实践证明,催化剂三乙胺加量大,发泡快,凝固时间短,但固结体结构差,强度显著下降。溶剂丙酮的加入也有类似影响。加量大,流动性好,发泡快,气孔大,强度差,还会产生收缩现象。因此必须控制加量,不宜过大。为了摸索合理加量,我们作了较为系统的对比试验(表1)。由于工作主要是在现场条件下完成的,缺乏必要的测试手段,仅从肉眼观察,进行比较。

通过数十次的室内试验,我们有如下几点认识:

氟凝浆液组成及其加量的对比试验

表 1

加 剂 用量%	预聚体	二丁酮	丙 酮	N330	硅 油	三乙胺	性 能 简 述
编号							
I-A	100				1	0.5	发泡率高,约25分钟凝固,略有脆性,强度一般
I-B	100	10			1	0.5	发泡慢,约25分钟凝固,强度比I-A好
I-C	100		10		1	0.5	发泡加快,约20分钟凝固,略带脆性,质软
I-1	100	10		10	1	0.5	发泡慢,约30分钟凝固,强度好,有弹性
I-1'	100		10	10	1	0.5	发泡快,约20分钟凝固,强度尚好,有弹性
I-2	100	10	10	10	1	0.5	发泡慢,约28分钟凝固,强度好,泡孔致密
I-8	100	10		20	1	0.5	发泡慢,约40分钟凝固,弹性好,质软
I-1'	100	10				0.25	发泡慢,约1小时凝固,泡孔致密,强度尚好
I-2	100	10			1	0.5	同I-B
I-8	100	10			1	0.8	发泡快,约20分钟凝固,泡孔粗,一般强度
I-4	100	10			1	1.5	发泡更快,约12分钟凝固,泡孔粗,强度差
• I-1	100	10			1	0.8	发泡快,约18分钟凝固,无脆性,质软
• I-2	100	10	10		1	0.8	发泡快,泡孔大,略带脆性
•• I-8	100	10	10		1	1.5	发泡更快,约10分钟凝固,24小时后收缩严重

• I-1号预聚体用N204合成; •• I-8中,丙酮和三乙胺水分超过规定。

1. 采用 N330与 N204合成的预聚体,固化后可以达到改善氟凝固结体性能的目的。它能较好地提高固结体的机械强度,既具有一定的硬度和强度,又有较好的弹性和韧性。过去那种泡沫体受压后即行破碎(一捏便粉碎)的现象完全得到了克服。

2. 适当提高合成温度至110~120℃,对泡沫体强度可获较大提高。为了便于比较,我们另外单独用 N204 聚醚合成出预聚体,发泡后强度虽略差,但变脆变碎现象已基本消除。

3. 灌浆前,在浆液中加入10%的N330,

可调节浆液粘度,又可进一步改善泡沫体性能,弹性、韧性增加,结构致密。

4. 催化剂三乙胺加量不同时,对发泡率和凝固时间及强度都有明显影响,一般加量控制在0.5~0.8%为宜。

5. 溶剂丙酮的加量过大,对凝固体质量影响大,故预聚体粘度满足要求时,尽量不要加入丙酮,必要时可与增塑剂 DBP 混合使用降粘。

6. I-1 配方可以作为一般浆液的基本配方。

三 氰凝中添加其他物质改善性能

1. 氰凝中加水泥提高凝固体强度

氰凝与水泥组成的浆液具有水泥高强度的特点, 保持氰凝的许多优点, 用于堵漏护

壁可以获得较好的效果。从1976年初, 我们开始作了一系列试验, 先后加入预聚体重量50%、100%、150%、200%的水泥干粉, 可得到不同的实用效果。表2是其性能对比表。

氰凝水泥浆液性能对比试验

表2

加剂 编号	预聚体	二丁酯	丙酮	N330	硅油	水泥	三乙胺	性 能 简 述
Ⅳ-1	100	10	10		1	100		基本不发泡, 5.5小时凝固, 强度高
Ⅳ-2	100	10	10		1	100	0.3	略发泡, 3.5小时凝固, 强度较好
Ⅳ-3	100	10		10	1	100	0.3	发泡慢, 发泡率不大, 8小时凝固, 强度好
Ⅳ-4	100	10	10	10	1	100	0.3	发泡慢, 强度较好, 略带弹性
Ⅳ-5	100	10	10	10	1	100	0.5	发泡加快, 粘度略高。2:40凝固, 强度好, 有弹性
Ⅳ-6	100	10	10	10	1	150	0.8	发泡快, 有收缩, 表面有麻面及龟裂
Ⅳ-7	100	10	10	10	1	200	0.5	粘度高, 但仍可灌注, 表面光滑, 强度高

通过实验, 我们发现如下特点:

(1) 随水泥量增加, 固结体强度也增加, 但粘度随之加大。如用于堵漏, 以加入50~100%为宜。如用于护壁, 水泥加量可提高到150%, 如果裂隙大, 为了减少流失, 可选用加入200%水泥的配方。

(2) 氰凝水泥浆液中, 不加三乙胺时, 基本不发泡, 凝固时间长, 但凝固后强度高。随着三乙胺加量增大, 凝时短, 发泡大而强度下降。三乙胺加量超过1.2%时, 会

迅速发泡, 但气体跑出后随即收缩, 表面产生严重麻面和龟裂现象, 故三乙胺加量必须适宜, 一般不得超过0.3~0.5%。

2. 氰凝中加入水泥、石膏和粘土粉等混合物, 以提高强度。

为了更好地满足敞开式的大裂隙和小溶洞地层的堵漏需要, 我们在加入水泥的基础上, 又加入适量的无水石膏和干粘土粉, 使混合浆液配成糊状或球团状, 以适应不同的需要。表3是我们试验中的几种数据。

氰凝混合浆液配方及性能

表3

加剂 编号	预聚体	二丁酯	丙酮	二乙醇	水泥	石膏	粘土	性 能 简 述
V-1	100	10	10	2.5	100	30	20	糊状物, 5.5小时凝固, 强度高
V-2	100		10	5	150	30	30	糊状物, 略膨胀, 3.5小时凝固, 强度好
Ⅵ-1	100		10	4	180	60	40	团状物, 4小时凝固, 硬度大, 强度高
Ⅵ-2	100		10	6	200	60	20	团状物, 3小时凝固, 硬度大, 强度高

注①水泥是500#矿渣硅酸盐水泥, ②凝固时间实指硬化时间

表4是上述两种配方混合物固结体强度。

氟凝浆液固结体强度

表 4

养护条件 强度 配方	水中养护 8 天 ($t=20\sim 23^{\circ}\text{C}$)			备 注
	抗压强度 (公斤/厘米 ²)	抗拉强度 (公斤/厘米 ²)	抗弯强度 (公斤/厘米 ²)	
V-2	64.20	19.55	40.30	断面结构不致密, 有较大气孔影响抗压强度
VI-2	92.50	26.51	63.90	微膨胀, 断面结构不致密, 有气孔

注: 抗压试块 $20\times 20\times 20$ 和 $30\times 30\times 30$ 两种, 抗拉试块用水泥 8 字模, 抗弯试块 $40\times 40\times 160$, 试验在 10 吨材料试验机上进行。

四 堵漏护壁的生产性试验

在室内试验基础上, 1977 年 5~7 月我们在湖南地质局 407 队某矿区的 10 号、4 号和 6 号钻机 4 个钻孔进行生产性试验。用 N330 改性氟凝浆液灌注 10 次 (包括氟凝水泥浆液 1 次), 完全成功 6 次, 基本成功 3 次, 失败 1 次, 成功率达 90%, 经灌注后都能孔孔返水, 而且牢固可靠, 大多数直到终孔。

该区地质条件复杂, 上部岩层风化严重, 裂隙发育, 岩石破碎, 钻进中漏失严重, 几乎孔孔不返水, 工人称之为“打瞎子钻”。这次试验成功, 为解决该区“打瞎子钻”问题, 摸索出一条较为可靠的途径。

表 5 是灌注情况统计表。

特别值得一提的是, 用这种改进后的氟凝浆液在 5/ZK31 孔灌注两次, 不但每次都成功, 扫孔时即返水, 而且固结体强度高 (相当于 II—III 级岩石), 弹韧性好, 扫孔时进入岩心管后经常堵水, 扫孔一次最长达七个多小时, 两次都分别磨耗了两个合金钻头, 机台同志都感到非常满意。

对于糊状和球团状的氟凝混合物, 由于当时客观条件限制, 还未进行生产性试验, 有待今后进一步实践。

五 几点看法

1. 综合室内外试验结果, 我们认为: 用混合高低分子量聚醚来合成预聚体以提高氟凝质量的试验是成功的。它不但能增加氟凝

固结体的强度, 也增加了必要的弹韧性, 这对吸收孔内钻具频繁的碰撞敲打是有利的。

今后可考虑进一步用 PAPI 与 TDI 混合使用, 也可考虑将 N303 与 N330 混合使用, 相信会获得更好的效果。

2. 氟凝中加入适量的干水泥粉, 也是提高强度的办法之一, 但要使用得当, 水泥必须烘干, 催化剂加量要严格控制, 否则就不会有理想效果。

3. 要进一步发挥氟凝在堵漏护壁中的作用, 今后应根据不同地层情况, 即裂隙的大小, 破碎的程度来订出一套配方。

(1) 具有细小裂隙和一定渗透性的地层及受风化影响的地层: 在钻进中表现为一般性漏失或有轻微掉块, 可选用粘度较低, 可灌性好的纯氟凝浆液, 如配方 I—1 或 I—2。

(2) 裂隙发育, 破碎程度较大, 钻进中不能返水, 或经常掉块的地层: 可选用粘度较大的氟凝水泥浆液, 如配方 IV—3、IV—5 等。

(3) 半敞开式较大裂缝或地下水强烈活动的地层: 钻进中严重漏失, 孔内水位低, 可选用糊状混合物, 如配方 V—2。

(4) 敞开式大裂缝或溶洞层: 可先投入适量骨架材料如小石子等, 再用团状混合物, 如配方 VI—2。

各种配方的使用条件, 性能如表 6。

4. 积极开展水溶性氟凝和油溶水溶氟凝混合使用的研究工作, 以更进一步扩大氟凝使用范围。

表 5

用 N330 聚醚改性 氰凝浆液生产性试验情况简表

日期	孔号	灌注孔段 (米)	钻进方法 及口径	冲 洗 液	灌注要求	灌 浆 材 料 及 配 方							灌注次数	灌 注 效 果	备 注
						预聚体 (公斤)	二丁醇 (公斤)	丙 酮 (公斤)	硅 油 (公斤)	N330 (公斤)	三乙胺 (公斤)	水泥 (公斤)			
1977年 5月24日	5/ZK31	50~53.99	钢 砂 反循环	清水	护壁堵漏	8	0.8	0.8	0.08	0.8	0.04	4	1	封堵成功, 氰凝 水泥心坚硬致密, 强 度好, 有韧性	扫孔达7小 时多, 扫坏两个 合金钻头
		30.5~33	φ91	"	堵 漏	11	1.1	/	0.11	1.1	0.08	/	1	堵漏成功, 氰凝 心强度高, 坚硬致密	
5月26日	5/ZK31	67~70	同上	"	堵 漏	5.5	0.55	/	0.065	0.55	0.044	/	1	堵漏成功, 氰凝 心坚硬致密	扫孔3.5小 时, 扫坏两个合 金钻头
5月29日	8/ZK38	52~56.31	金刚石 φ56	乳化液	护壁堵漏	6	0.6	/	0.06	0.5	0.048	/	1	部分起作用, 灌 注后孔内水位提高	
		同 上	"	"	"	5.5	0.55	/	0.055	/	0.065	/	1	护堵成功, 完全 返水, 氰凝心坚韧致 密, 强度高	
6月2~3日	18/ZK44	29~30.52	"	"	堵 漏	2.2	0.22	/	0.022	/	0.018	/	1	浆液量少, 部分 起作用, 井口返水, 但有耗水现象	另有约1.5公 斤的浆液未压出
		29~34	"	"	"	4.5	0.5	/	0.045	/	0.054	/	1	扫孔未遇阻, 很 快到底浆液大部流 失, 返水2/3	
		28~32	"	"	"	6	0.72	/	0.072	/	0.060	/	1	封堵成功, 完全 返水, 直至终孔	
6月6日	8/ZK38 85°斜孔	28~33.5	"	"	护壁堵漏	4.5	0.45	/	0.005	/	0.045	/	1	封堵失败, 浆液 大部分流失, 孔内浆 液高度仅1米	封堵成功, 完全 返水, 氰凝心质量坚 韧
		28~32	"	"	"	5	0.5	/	0.05	/	0.060	/	1	封堵成功, 完全 返水, 氰凝心质量坚 韧	

适用于不同地层的凝胶浆液配方

表6

适应地层	编号	配 方	性 能 简 述
细裂隙漏失	I—1	预聚体:DBP:N330:硅油:三乙胺 =100:10:10:1:0.5	发泡慢30分钟凝固,强度好,有韧性
轻微掉块	I—2	预聚体:DBP:丙酮:N330:硅油:三乙胺 =100:10:10:10:1:0.5	约28分钟凝固,强度好,孔隙致密
裂隙发育,岩石	IV—8	预聚体:DBP:N330:硅油:水泥:三乙胺 =100:10:10:1:100:0.3	发泡慢,8小时凝固,强度好
破碎,掉块,坍塌	IV—5	预聚体:DBP:丙酮:N330:硅油:水泥: 三乙胺=100:10:10:10:1:150:0.5	粘度略高,2:40凝固,强度好,有弹性
半敞开式较大裂缝	V—2	预聚体:丙酮:乙二醇:水泥:石膏:粘土 =100:10:5:150:30:30	糊状物,略膨胀,3.5小时凝固,强度大
敞开式大裂缝或 小 溶 洞	VI—2	预聚体:丙酮:乙二醇:水泥:石膏:粘土 =100:10:5:200:60:30	团状物,8小时凝固,坚硬致密,强度高

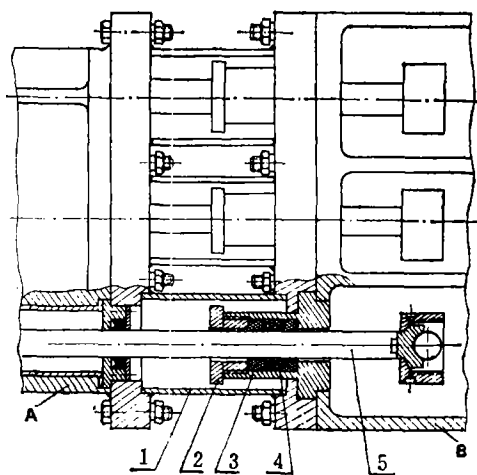
泥浆泵防砂装置

广西建材工业地质队 朱能金

我队1972年即开始使用国产BW250/50泥浆泵,初期用于清水钻进比较正常,1975年后用于泥浆钻进,效果较差:陶瓷柱塞和密封圈磨损快,泵头泥浆顺着柱塞导杆、曲轴箱体上的骨架式橡胶油封和十字头室流进曲轴箱,使十字头、连杆瓦、连杆小头铜套等零件都过早磨损。虽然后来在陶瓷柱塞后加了一个橡皮档,但收效不大,仍不能杜绝泥浆窜入曲轴箱。

为了进一步解决上述问题,我们广泛收集钻井同志们的意见,在泵头和曲轴箱间增加了一个防砂装置(见附图)。经过一年的改装试用,泵压泵量均正常,泥浆窜入曲轴箱的情况大为减少。过去是每个星期就要检修一次,现在一般是1~2个月检修一次。有一台泵,使用了三个月,只更换了一次机油就保证正常运转。

防砂装置,由连接本体1、螺母2、密封圈座3、密封圈4(或塞线)等组成。连接本体由两块钢板和半圆管组装焊成整体,



以保证泥浆泵整体组装时的同心度。增设防砂装置后要相应地加长柱塞导杆5,同时曲轴箱安装也相应向后移动一段距离。A为曲轴箱部分,B为泵头部分。当然,多了一个防砂装置,就增加了设备重量,这也是这一技术措施的一大缺点。