

聚氨酯灌浆材料及其标准

沈春林 褚建军

(苏州中材非金属矿工业设计研究院有限公司,江苏 苏州 215004)

[摘要]介绍了编制《聚氨酯灌浆材料》国家行业标准的立项背景、标准制定原则、标准的技术要点以及检验方法。

[关键词]聚氨酯灌浆材料;行业标准

[文章编号] 1007-497X(2009)-06-0041-04

[中图分类号] TU57

[文献标识码] A

Polyurethane grouting material and its standard//Shen Chunlin, Chu Jianjun

[Abstract] The article introduces background and principles for developing professional standard 《Polyurethane grouting material》and technical points and test methods in the standard.

[Key words] polyurethane grouting material; professional standard

1 标准的立项背景

1.1 聚氨酯灌浆材料的发展和作用机理

目前,化学灌浆技术已在我国水电、建筑、交通和采矿四大领域得到广泛应用,聚氨酯化学灌浆材料已成为应用最广泛、应用量最大的品种之一。1973年,天津大学等5个单位最早研制出聚氨酯堵水化学灌浆材料(氰凝);1974年,华东水电勘察设计院科学研究所研制出水溶性聚氨酯化学灌浆材料;1979年,长江科学院、广州化学研究所等单位为解决葛洲坝水利枢纽工程的薄层封闭式护坦止水,研制出弹性聚氨酯化学灌浆材料。

聚氨酯灌浆材料是由聚氨酯预聚体与添加剂(溶剂、催化剂、缓凝剂、表面活性剂、增塑剂等)组成的化学浆液。其主要成分是过量二异氰酸酯(或多异氰酸酯)与聚醚多元醇反应而制得的端异氰酸酯基(NCO)预聚体。一般是单液型,也可以是双液型,遇水后能立即分散、乳化、发生化学反应产生二氧化碳,

进而膨胀、固结,最终生成一种不溶于水的固结体。

用灌浆泵等压送设备将聚氨酯灌浆材料灌入混凝土缝隙或疏松多孔性基材中时,NCO预聚体与缝隙表面或疏松基材中的水分接触,发生扩链交联反应,最终在混凝土缝隙中或基材颗粒的孔隙间形成有一定强度的凝胶状固结体。聚氨酯固化物中含有大量的氨基甲酸酯基、胺基、醚键等极性基团,与混凝土缝隙表面以及土壤、矿物基材颗粒有很强的粘结力,从而与之形成整体结构,起到了堵水和提高地基强度等作用。另外,在相对封闭的灌浆体系中,反应产生的二氧化碳会形成很大的内压力,推动浆液向基材的孔隙、裂缝深入扩散,使多孔性结构或裂缝完全被浆液所填充,增强了堵水效果。浆液膨胀受到限制越大,所形成的固结体越紧密,抗渗能力及压缩强度越高。

聚氨酯化学灌浆材料主要有两大系列:水溶性(亲水型)聚氨酯和(油溶性)聚氨酯。这两类材料虽然都能用于防水、堵漏、加固,但两者也有差别。通常,水溶性聚氨酯灌浆材料亲水性好、包水量大、弹性大,适用于潮湿裂缝的灌浆堵漏、动水地层的堵涌水、潮湿土质表面层的防护等;油溶性聚氨酯灌浆材料的固结体强度大、抗渗性好、弹性小,比较适合混凝土静缝的防渗堵漏及地基加固、防水堵漏兼备的工程。根据施工需要,也可把水溶性与油溶性聚氨酯灌浆材料按合适的比例混合后进行灌浆施工。

1.2 聚氨酯灌浆材料的应用

聚氨酯灌浆材料因其优越的性能得到越来越广泛的应用,特别是在工程建设中的基础加固、堵漏止水、帷幕防渗和裂缝修补4个方面。具体应用工程包括:大坝、水库、涵闸等基础的防渗帷幕,地基或地基

断层破碎带泥化夹层加固 ;大堤、渠道、渡槽等的防渗堵漏及加固 ;核电站等地基加固和封闭止水防渗 ;地上混凝土建筑物、构筑物地基加固和裂缝补强加固 ;地下建筑物的防渗、堵漏止水、地基加固和裂缝的补强加固 ;矿山、工厂有毒废渣、废水和城市垃圾填埋场等截渗工程的防渗帷幕 ;矿井建设中的涌水堵漏、流沙治理及对软弱地层加固、稳定的预灌浆 ;石油钻井开采中的堵漏止水、钻孔护壁加固和驱油 ;桥基加固及桥体裂缝补强 ;机场跑道和停机坪、公路和铁路特殊路段的软弱地层加固、防渗和混凝土裂缝补强加固 ;江河海港港工建筑物的基础防渗和加固 ;文物和古建筑物的裂缝修补和保护等。

聚氨酯灌浆材料典型工程应用有 :葛洲坝电站一期工程护坦止水系统渗漏事故的修复 ,一次用弹性聚氨酯浆材 20 余 t ;2003 年上海地铁 4 号线塌方冒水事故仅止水一项用聚氨酯浆材就达 160 t ;三峡工程近几年防渗堵漏和基础加固防渗中应用水性和油性聚氨酯灌浆材料达到 180 t ;1987 年华东水电勘察设计院的水溶性聚氨酯在龙羊峡 G4 劈理带大规模应用取得了成功 ,在第 2 年经受住了库区五级地震的考验。

1.3 标准制定的目的和必要性

目前国内聚氨酯灌浆材料两大系列产品的生产和经销企业有 100 多家 ,年销量总计近万 t ,产品市场份额以水溶性系列为主。鉴于聚氨酯灌浆材料产品在国内发展应用 30 多年至今未有统一标准的现状 ,有必要制定国家统一标准 ,以保证该类产品健康发展。2006 年 ,中国建筑材料联合会提出编制“聚氨酯灌浆材料”国家行业标准的申请 ,国家发改委下达 [2006]1093 号文件批准《聚氨酯灌浆材料》国家行业标准编制计划。该行业标准由苏州非金属矿工业设计研究院、建筑材料工业技术监督研究中心负责组织有关生产企业、科研单位、质检机构等进行起草。目前标准已向中华人民共和国工业和信息化部报批。

2 标准制定的原则

本标准技术指标主要参考了美国环球聚合化学

有限公司、德国 MC 建筑化学集团、比利时 de neef conchem 公司和德美建材工程公司提供的在中国销售产品的有关技术参数和国内相关企业产品技术资料。纵观国内外聚氨酯灌浆材料产品的技术条件 ,主要反映的是固化前、中、后的产品性能 ,所以本标准的产品分类和技术指标设置突出了聚氨酯灌浆材料在这 3 个阶段的产品性能。反映产品固化前的技术性能有密度、粘度、不挥发物含量 ;反映产品固化之中的技术性能有凝胶时间、凝固时间 ;反映产品固化后的技术性能有遇水膨胀率、包水性、发泡率、抗压强度。3 个阶段的产品技术指标集中反应了聚氨酯灌浆材料产品的性能、特点、作用。

3 标准的技术要点介绍

依据产品的性质、用途、特点、使用方法 ,标准名称确定为“聚氨酯灌浆材料”。本标准规定了聚氨酯灌浆材料的术语、定义、分类和标记、一般要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、贮存与运输。本标准适用于水利水电、建筑、交通、采矿等领域中混凝土裂缝修补、防渗堵漏、加固补强及基础帷幕防渗等工程所用的聚氨酯灌浆材料。

3.1 定义

聚氨酯灌浆材料(Polyurethane Grouting Material):以多异氰酸酯与多羟基化合物聚合反应制备的预聚体为主剂 ,通过灌浆注入基础或结构 ,与水反应生成不溶于水的具有一定弹性或强度固结体的浆液材料。

凝胶时间(gel time) :指水溶性聚氨酯灌浆材料与一定比例的水混合后 ,在规定温度下 ,由液态变为凝胶体的时间。

凝固时间(solidification time) :指油性聚氨酯灌浆材料与一定比例的催化剂、水混合后 ,在规定温度下 ,由液态变为固体的时间。

遇水膨胀率(water swelling ratio) :指用水溶性聚氨酯灌浆材料制成的固结体浸泡于水后 ,在规定时间内其体积增长的倍数 ,用百分比表示。

包水性(water absorption capability) 指水溶性聚氨

酯灌浆材料与固定倍数水混合后,与水反应完全形成固结体所需的时间,是表征水溶性聚氨酯灌浆材料堵水能力的一个指标。

发泡率(foaming capacity) :聚氨酯灌浆材料与水反应后,形成的泡沫状固结体相对于原浆液的体积增长率,用百分比表示。

3.2 产品分类

产品按生产时采用的原材料不同分为两种类型:

型产品为水溶性(亲水型)灌浆材料,代号 WPU;

型产品为油溶性(疏水型)灌浆材料,代号 OPU。

3.3 一般要求

目前国家没有针对灌浆材料的有毒有害物质限量标准。为此本标准规定了一般原则性要求,即本标准包括的产品不应对人体、生物与环境造成有害的影响,所涉及与使用有关的安全与环保要求,应符合我国相关国家标准和规范的规定。

3.4 技术要求

本标准规定了聚氨酯灌浆材料的外观及物理力学性能要求,见表 1。

表 1 物理力学性能

序号	试验项目	指标	
		型	型
1	密度/(g/cm ³) ≥	1.00	1.05
2	粘度 ^[1] /(mPa·s) ≤	1.0×10 ³	
3	凝胶时间 ^[1] /s ≤	150	-
4	凝固时间 ^[1] /s ≤	-	800
5	遇水膨胀率/% ≥	20	-
6	包水性(10倍水)/s ≤	200	-
7	不挥发物含量/% ≥	75	78
8	发泡率/% ≥	350	1 000
9	抗压强度 ^[2] /MPa ≥	-	6

注 1:也可根据供需双方商定;注 2:有加固要求时检测。

密度指标是反映聚氨酯灌浆材料的有效物质含量,密度低则聚氨酯灌浆材料的固含量低,将影响发泡率。不挥发物含量指标是衡量产品有效物质含量的,不挥发物含量固然越高越好,但还要兼顾产品的其它性能,如粘度、可灌性、扩散性。反映快速堵漏效果的指标是凝胶时间、凝固时间、发泡率、包水量,凝

胶(凝固)时间短、发泡率越大、包水量越大,产品性能越好,快速堵漏的效果越明显。反映产品性能的指标是凝胶时间、凝固时间、遇水膨胀率、包水性、发泡率、抗压强度等;反应灌浆材料渗透性(可灌性)的指标是粘度,粘度越低,越容易渗透,可灌性越好;遇水膨胀率指标反映纯浆固结体遇水膨胀的能力,纯浆固结体在灌浆结束以后仍能遇水膨胀堵塞渗水通道,发挥二次止水堵漏的作用,该指标越大越好。抗压强度指标,仅对油溶性聚氨酯灌浆材料产品用于建筑结构补强、加固要求时进行检验,如果油溶性聚氨酯灌浆材料仅用于堵漏、防渗等工程时,则不提该指标要求。

总之,该标准中所列技术指标均具有可操作性,技术指标之间既相互联系又相互制约。

4 标准的试验方法

试验方法基本上采用已有的国家或行业标准最新版本所确定的试验方法,在制备试件时确定了各种材料一定的用量和配比,有利于试样检验的统一性、正确性、重复性。密度按 GB/T 8077—2000 中的 5.3 规定进行,粘度按 GB/T 2794—1995 中的 5.1 规定进行,不挥发物含量按 GB/T 16777—2008 第 5 章进行。除了抗压强度指标外,标准中所列的试验项目在一般的生产和检测单位都能具备检测条件,便于生产、销售、检测单位使用本标准。

4.1 标准试验条件

标准试验条件为温度(23±2)℃,相对湿度(50±10)%;养护室条件为温度(20±2)℃,相对湿度(60±15)%。所检试样在标准试验条件下放置 24 h 进行试验。试验用水符合 GB/T 6682—2008 要求的三级水。

4.2 外观

打开包装容器,用玻璃棒搅拌,目视观察。

4.3 密度

在标准试验条件下,按 GB/T 8077—2000 中的 5.3 条进行,用波美比重计插入溶液中测出该溶液的密度。若是双组分的,测定主剂的密度。

4.4 粘度

按 GB/T 2794—1995 中的 5.1 进行试验,测定主

剂的粘度。

在试验验证时采用 NDJ-1 型旋转粘度计。选用 1 号转子,转速 6 r/min,试验温度为 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 。每个试样测定 3 次,取 3 次试样测试中最小一个读数值,取有效位 3 位,以 $\text{mPa}\cdot\text{s}$ 表示。

4.5 凝胶时间

在标准试验条件下,试样与 5 倍的水相混合,并迅速搅拌均匀(约 10 s)后静止,得到白色乳浊液;之后用玻璃棒不断探测粘度的变化,当玻璃棒离开液面出现拉丝现象时,视该试样已凝胶化,测定试样与水从混合开始至用玻璃棒离开液面出现凝胶体拉丝的时间即为凝胶时间。凝胶时间可根据客户要求制定。

4.6 凝固时间

在标准试验条件下,按生产厂推荐的比例加入催化剂并搅拌均匀(约 60 s),按生产厂推荐的比例加入水,并用玻璃棒迅速搅拌均匀(约 10 s),如生产厂没有规定,则只需加入试样质量 5%的水即可;观察到发泡体停止上升时视作试样完全凝固,测定试样从加水开始至停止发泡的时间即为凝固时间。产品的凝固时间可根据客户要求制定。

4.7 遇水膨胀率

在标准试验条件下,在水溶性聚氨酯灌浆材料中掺入 5%水后,制成 $(\Phi 50 \times 50)$ mm 固结体,然后将固结体浸入水后,在规定时间内,用排水法(量筒)测量固结体浸水前后体积的变化值,计算固结体浸水以后体积增长的倍数。

4.8 包水性

在标准试验条件下,测定试样与 10 倍质量的水开始混合至容器中倒不出水时的时间。包水性根据在凝胶时间不大于 200 s 范围内试样与水完全反应并固化凝胶,则判该项合格,否则,判不合格。

4.9 不挥发物含量

按 GB/T 16777—2008 第 5 章进行,试验温度 $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ 时间 3 h。

4.10 发泡率

在标准试验条件下,一定比例下的聚氨酯灌浆材料与水(催化剂)反应后形成的泡沫状固结体相对于原浆液的体积增长率。采用带刻度的容器,用补水的方法,直接测定体积的变化。

4.11 抗压强度

在标准试验条件下,一定比例下油溶性聚氨酯灌浆材料与水(催化剂)制成 $(\Phi 50 \times 50)$ mm 固结体,放置 168 h 后按 GB/T 1041—1992 进行抗压强度试验,试件表面应平整、无气泡、两端面必须与主轴面垂直,加荷速度为 500 N/s,以试件压缩约 30%的压缩最大负荷进行抗压强度计算。

5 结语

《聚氨酯灌浆材料》国家行业标准的制定,统一了产品名称,规范了技术性能指标、确定了统一的试验方法,使生产、设计、施工、质检等部门有章可循,生产企业间的产品质量有了可比性,利于聚氨酯灌浆材料的健康发展。

本标准最大特点是与产品的实际应用联系紧密,必将推动我国聚氨酯灌浆材料的更进一步快速发展。本次标准的制定系国内首次制定,需要在标准的实施过程中不断总结经验,发现不足之处应在适当的时候进行修正和完善。

本文介绍内容,如与正式发布的标准内容有出入,应以正式发布的标准内容为准。

收稿日期 2009-01-10

作者简介 沈春林,男,1954 年生,教授级高级工程师。苏州非金属矿工业设计研究院防水材料设计研究所所长,中国硅酸盐学会防水材料专业委员会主任,本刊编委。

联系地址 215004 苏州市三香路 999 号,电话 0512-68601732、

13306201108, E-mail SCL1217@126.com

