

化学灌浆在城市地铁渗漏维修中的应用

黄惠民¹, 赫世钢², 张庆荣³, 刘凯利⁴, 王宝来⁴

(1.比利时 De Neef 公司上海代表处, 上海 200336 2.北京市永晨星建材销售中心, 北京 100022 ;

3.上海遂星工贸有限公司, 上海 200135 4.天津市汇聚慎实混凝土维护工程技术有限公司, 天津 300201)

摘要 地下水和渗漏水是影响地铁隧道工程使用效果、寿命及隧道安全的主要因素之一, 介绍地铁隧道主要渗漏水的部位和现象, 渗漏水产生的主要原因、治理材料选用、施工工艺及城市地铁应用化学灌浆的工程实例。化学灌浆材料应根据隧道结构、裂缝及渗漏水情况选用聚氨酯树脂、环氧树脂或结合起来使用, 聚氨酯树脂具有良好的水活性和渗透力, 能抵抗地下各种水的腐蚀, 环氧树脂比混凝土自身有更高的强度, 具有很好的粘合力。

关键词 地铁隧道; 化学灌浆; 渗漏维修; 聚氨酯树脂; 环氧树脂

中图分类号: TV441

文献标识码: B

文章编号: 1001-702X(2005)05-0013-05

0 前言

近几年来, 我国的隧道和地下建筑发展迅速, 据国家发改委有关部门提供的资料显示, “十五”期间, 城市交通投资将达 8 000 亿元人民币, 其中至少有 2 000 亿元将用于地铁建设。地铁建设将会在较长时间里, 成为中国基础建设投资的重点之一。然而随着地铁隧道的建成和交付使用, 防水问题也越来越受到人们的关注。地下水和渗漏水是影响工程使用效果、寿命以及隧道安全的主要因素之一。截止 1995 年, 铁道部已建交付运营隧道 4 855 座, 总长 2 260 km, 其中严重渗水的达 1 428 座, 占 29%。人们正在逐步认识到, 地下水不仅会降低围岩结构面的力学性能, 使围岩整体性和稳定性变差, 恶化隧道环境, 而且也会影响地铁的使用功能和结构耐久性; 一旦大量地下水流失, 有可能引起地下水位的下降, 土层结构的沉降, 如果大量引排地下水还可能导致地铁运营成本增加, 一旦发生意外不能及时排水时, 还将危及地铁运营和设备安全。

1 地铁隧道的主要渗漏水部位和现象

虽然不同地区不同年代建设的地铁会由于不同的地理

地貌在建筑手法上各不相同, 但是经过多年运营的城市地铁往往会出现一些相似的问题, 例如: 混凝土建筑的渗漏水 and 裂缝。它们经常出现的部位和现象包括:

- (1) 站厅、站台顶板的滴漏;
- (2) 矩形隧道及设备用房、车站出入口变形缝渗水;
- (3) 管片接缝渗漏水;
- (4) 管片与道床由于不均匀沉降引起的脱离、渗水、跑泥;
- (5) 混凝土裂缝及裂缝渗水等。

2 产生渗漏水的主要原因

由于不同地区的地理地貌以及建筑结构等特点各不相同, 所以不同城市的地铁隧道产生渗漏水的主要原因也不完全一致, 但是产生混凝土建筑裂缝并导致渗漏水的主要原因可以从以下几点加以考虑:

- (1) 温度变化导致的混凝土收缩、膨胀;
- (2) 车荷载震动等外界因素导致混凝土建筑产生裂缝;
- (3) 变形缝处止水带与混凝土施工振捣不密实, 或止水带在浇捣混凝土时出现跑偏和翻转而导致渗水, 或者止水带使用期限已到;
- (4) 地铁隧道地基出现局部不稳导致隧道产生沉降, 但管片沉降速率和道床沉降速率不同, 产生局部脱离现象;
- (5) 隧洞管片接缝止水带老化失效;
- (6) 顶板外包防水层破损, 导致防水失效。

收稿日期: 2005-02-01

作者简介: 黄惠民, 女, 1959 年生, 上海人, 比利时 De Neef 公司上海代表处经理。地址: 上海市延安西路 2299 号世贸商城 11 楼 C60-66, 电话: 021-62360700, E-mail: xleneef@163.com。

3 治理渗漏水的材料选择

对于城市地铁隧道中出现的一些较严重的混凝土裂缝渗漏水,采取排水(或引水)方法,虽然也能解决问题且维修费用较省,但是长期简单的排水(或引水)不但可能导致地下水位的变化,而且有可能导致混凝土侵蚀、钢筋锈蚀以及混凝土碳化等一系列问题,甚至发展到影响建筑物的正常使用。因此,治理地铁隧道的裂缝渗漏水时应保护混凝土不受地下水侵袭,同时确保地下水不流失,维护地下水士平衡。

通常,高效、持久治理混凝土裂缝的最普通灌浆材料包括环氧树脂和聚氨酯树脂。至于选择何种材料应根据需治理的裂缝所处的实际状况和期望达到的治理效果而定。

(1)治理出现在不影响结构强度位置的裂缝,且要求该裂缝不渗水时,优选聚氨酯树脂。这是因为聚氨酯树脂具有良好的水活性和渗透力,且能抵抗地下各种水质的腐蚀。

(2)如果裂缝出现在需要补强的混凝土结构部位,治理时应优选环氧树脂。这是因为环氧树脂更容易达到比混凝土自身更高的强度,同时它有很好的粘合力。

(3)如果裂缝出现在结构中、且在渗水时,应考虑将环氧树脂和聚氨酯树脂结合起来使用,即首先用聚氨酯树脂堵漏,然后用环氧树脂补强。

值得一提的是,环氧树脂通常具有较高的抗压强度、较好的粘结力,但是在有水环境中,它的性能会大幅衰减;而聚氨酯树脂的抗压强度通常较低,但是在潮湿或有水环境中,却有非常活跃的反应。同时环氧树脂虽具有较强的物理机械性能,但它不太适宜活动(或移动)裂缝的修补;而聚氨酯树脂则能承受裂缝的移动(或活动)。

在确认了治理裂缝的大类材料后,还应根据实际治理裂缝的位置以及设计的治理效果,选择适宜的具体产品。这对裂缝治理的高效性、耐久性以及环境保护起着决定性的作用。选择具体产品时,应考虑以下因素:

- (1)产品的固含量(产品中的有效活性成分);
 - (2)产品的可灌性(通过加入稀释剂来获得可灌性会导致固结物性能降低);
 - (3)产品的固结体性能(产品的适用性和耐久性);
 - (4)产品对环境的影响(施工过程中的气味释放、对地下水的危害性等);
 - (5)产品的安全性以及便利性(产品的易燃性、灌浆距离可控性);
 - (6)产品的品质稳定性;
 - (7)产品的性能价格比。
- 无论是在公共场合还是在狭小或相对密闭的施工区域,

选择高固含量、可灌性好、耐久、气味小、不易燃、对饮用水无影响、且根据裂缝实况可在施工现场自主控制灌浆距离的化学灌浆材料,无疑会为渗漏水病害的治理效果以及施工成本的控制奠定很好的基础。

表1列出的高固含量、高弹性、低收缩率、不易燃的聚氨酯树脂(Ha Flex LV)是用于治理非结构渗漏活动缝的典型材料之一。

表1 聚氨酯树脂(HA Flex LV)灌浆材料性能

项 目			性能	标准
未固化前	Ha Flex LV	固含量/%	100	ASTM D—1010
		黏度(25 ℃)(mPa·s)	450~850	ASTM D—1638
		密度/(g/cm ³)	1.05~1.1	ASTM D—1638
		闪点/℃	>132	ASTM D—93
	Ha Flex CAT (催化剂)	黏度(25 ℃)(mPa·s)	10~20	ASTM D—1638
		密度/(g/cm ³)	1.01~1.03	ASTM D—1638
固化后	闪点(C.O.C.)/℃		170	ASTM D—93
	密度/(g/cm ³)		1	ASTM D—3574
	抗拉强度/MPa		1.2	ASTM C—190
	断裂延伸率/%		220	DNTest
	收缩率/%		4	DNTest

表2列出的高固含量、低黏度、非收缩、不易燃的环氧树脂(Denepox 40)是用于治理潮湿基面结构裂缝的典型材料之一。

表2 环氧树脂(Denepox 40)灌浆材料性能

项 目	性 能	标 准
干混凝土的粘合强度/MPa	6.0	GB 16777—97
湿混凝土的粘合强度/MPa	3.6	JC/T 894—01
抗压强度/MPa	90	GB 2569—81
抗拉强度/MPa	60	GB 2568—81
断裂延伸率/%	10	
密度/(g/cm ³)	1.1	ASTM D—638
黏度(25℃)(mPa·s)	75	
操作时间(100 g, 25℃)/min	80	
最低使用温度/℃	10	

注:固化时间为7 d(20℃)。

4 治理渗漏水的原材料及器具

灌浆材料和催化剂以及固化剂(可以从安全和管理预防角度来评判安全指标)、钻头和紧固器、用于安装灌浆设备的工具、水泵、手动(电动或气动)树脂泵、灌浆嘴、用于搅拌的塑料桶、橡木片(用于大裂缝的表面封闭)、清洗剂及运输工具。

5 治理渗漏水的施工工艺

修补地铁隧道裂缝渗漏水的方法有许多,考虑到城市地铁隧道的特殊性:社会影响面广、维修时间短、维修手续复杂等因素,选择高效、便捷、耐久、无公害、安全的化学灌浆材料会有助于达到维修设计目标。

5.1 渗漏水裂缝的治理

5.1.1 裂缝表面处理

(1)除去裂缝表面的污染物和碎片,确认裂缝的类型是结构缝还是非结构缝,是移动缝还是非移动缝。如果裂缝的宽度大于 3 mm,则需要用快干水泥(或环氧胶泥或聚氨酯胶泥)对裂缝加以密封。

(2)根据选用的灌浆嘴直径钻适宜的灌浆孔。钻孔的角度为 45°。适宜的灌浆孔应该交错布置在裂缝二边,确保所钻的灌浆孔切割裂缝,而不是与混凝土表面垂直。

(3)钻孔深度约为混凝土厚度的 1/2,钻孔点离裂缝的距离约为墙体厚度的 1/2。

(4)钻孔间距取决于裂缝的实际情况,可以为 15~90 cm。

(5)安装灌浆嘴,埋入灌浆嘴深度约为钻孔深度的 2/3,紧固灌浆嘴,确保它与钻孔紧密结合。

(6)灌浆前,用水冲洗裂缝,在确认有效灌浆孔的同时去除裂缝中的灰尘和碎片,以提高灌入浆液在裂缝中的渗透性;同时水又会促进浆液活化。

5.1.2 灌浆树脂和设备的准备

(1)根据不同的裂缝和设计维修效果选择灌浆树脂,同时根据裂缝的深浅及灌浆嘴的间距,确定催化剂的用量,在使用前,摇匀催化剂。掺有催化剂的聚氨酯树脂并不会反应,接触水后混合树脂才会开始反应。

(2)避免树脂在灌浆前与水接触。因为含水的容器可能引发树脂反应,从而导致树脂在灌浆设备中硬化或成膜。

(3)特别强调:灌水的泵和灌化学浆液的泵要分开使用,绝不可交叉使用。

(4)使用泵前,应该用高效清洗剂彻底清洗泵。优先推荐使用带有静态混合器的气动或电动化学灌浆泵。

5.1.3 灌浆

(1)开始在第 1 个灌浆嘴中注入浆液。

(2)开始灌浆时泵压力最低,慢慢提高压力直到浆液在裂缝或相邻孔中流出。压力变化范围可以从 1.4 MPa 到 20 MPa,这主要取决于裂缝的大小,混凝土的厚度以及混凝土本身的状况。

(3)树脂通过混凝土或裂缝出现一点点渗漏,说明树脂传递延伸有效。对于大裂缝(包括大孔隙),应该封堵裂缝(或

空隙),等树脂凝固后,才可再次灌浆。

(4)灌浆时,裂缝中首先流出水,然后流出树脂,此后树脂才将流入裂缝。

(5)当树脂到达相邻孔中可停止灌浆。

(6)移动灌浆泵接头到相邻灌浆嘴,继续灌浆。

(7)一系列灌浆结束后,再回到第 1 个灌浆嘴,并用树脂灌浆一次(如果可以灌)。

(8)灌浆结束后,用水再灌 1 次,以固化留在灌浆嘴中的树脂。

(9)待树脂完全固化后,除去灌浆嘴,留下的灌浆孔可以用快干水泥封闭。

(10)灌浆结束后,用专用清洗剂清洗与树脂接触过的所有设备和工具。

(11)整个清洁工作应该在 30 min 内进行。同时根据地方政府的相关规定处理废弃物。

5.2 混凝土裂缝(包括潮湿裂缝)的补强治理

5.2.1 裂缝表面处理

需要补强的裂缝表面必须清洁和光滑,无灰、无油脂、无封闭剂或其它可能影响树脂对混凝土粘接的物质;用快干水泥(或环氧胶泥或聚氨酯胶泥)封闭裂缝。

5.2.2 设置灌浆嘴

(1)钻孔灌浆嘴的设置

①根据修补裂缝的位置、深度以及宽度(包括选择的灌浆液),确认需求的灌浆嘴直径、灌浆孔间距,安装灌浆嘴。

②钻孔的角度为 45°。适宜的灌浆孔应该交错布置在裂缝二边,确保所钻的孔切割裂缝,而不是与混凝土表面垂直。

③钻孔深度约为裂缝厚度的 1/2,钻孔点离裂缝的距离约为裂缝厚度的 1/2。

④钻孔间距取决于实际情况,可以为 10~50 cm。

⑤安装灌浆嘴,灌浆嘴埋入深度约为钻孔深度的 2/3,紧固灌浆嘴,确保它与钻孔紧密结合。

⑥在树脂灌浆前,用高压空气冲洗裂缝,在确认有效灌浆孔的同时去除裂缝中的灰尘和碎片,以提高灌入浆液在裂缝(空隙)中的渗透性。

(2)粘贴灌浆嘴的设置

①根据修补裂缝的位置、深度以及宽度(包括选择的灌浆液),确认需求灌浆嘴粘贴的间距。

②用适宜的环氧粘合剂将灌浆嘴粘贴固定在裂缝上,尤其注意潮湿裂缝上的粘贴嘴对基面的粘合力。

③确认灌浆嘴与裂缝的贯通性。

5.2.3 树脂和设备的准备

根据不同材料供货商推荐的混合比配制灌浆树脂(组分

A)和硬化剂(组分B),并用低速搅拌机(300 r/min)搅拌混合液直至获得均匀的浆液。特别强调:一次搅拌不要超过30 min的灌浆量,这是因为环氧灌浆的黏度会随着混合液的混合时间增加而加大,直至凝固。

使用泵前,应该用高效清洗剂彻底清洗泵。优先推荐使用带有静态混合器的气动或电动化学灌浆泵。

5.2.4 灌浆

裂缝灌浆可以用手动泵(单活塞泵)或机械泵(单或双活塞泵)来灌浆。

(1)灌浆嘴的安装距离主要取决于裂缝的大小、混凝土的厚度以及选择的浆液可灌性。如果裂缝细、裂缝深、灌浆嘴相邻距离要小,反之则要大。

(2)环氧灌浆双组分的配比必须准确控制,以确保获得最佳的固结物性能。

5.3 变形缝渗漏水治理

变形缝渗漏水治理的一个重要理念:它是一条移动缝,无论选择材料还是确认施工工艺都必须围绕它具有移动的特性来考虑。

5.3.1 钻孔法修复

此法适合修补局部渗漏水的变形缝。其特点是:高效、经济,但对施工人员的技术要求相对较高。具体施工步骤包括:

(1)了解伸缩缝的详细构造,确认有缺陷的止水带位置。

(2)沿变形缝渗透水部位间隔40 cm、以45°角依此钻凿灌浆孔,截取渗漏通道。

(3)用水冲洗钻凿好的灌浆孔:在确认有效灌浆孔的同时去除裂缝中的灰尘和碎片,以提高灌入浆液在裂缝中的渗透性;同时水又将促使后期注入浆液的活化。

(4)安装好灌浆嘴。从最底灌浆嘴开始泵入高固含量、高柔弹性、低收缩率的聚氨酯浆液。

(5)开始时选择较小量催化剂,以便获得较长的灌浆操作时间。连续灌浆直至达到预先设计的压力并保压1 min。推荐混凝土裂缝的灌浆压力约为4.5 MPa。

(6)当灌浆压力达到设计压力或浆液连续传递到相邻灌浆孔时,可以移动灌浆连接件到下一个相邻灌浆嘴继续灌浆。

(7)由于聚氨酯灌浆遇到水会立即反应并发生膨胀,导致进一步的渗透和灌浆的传递,所以需要在灌浆完全固化后返回原先灌浆部位,以确定设计压力是否保持恒定。

(8)灌浆过程中,任何来自伸缩缝的多余聚氨酯灌浆都要立即检查,用吸浆材料(例如未经处理的棉丝或海绵)来堵塞空隙。

(9)聚氨酯灌浆完全固化后,除去灌浆嘴,修复灌浆部位的表面。

5.3.2 更换法修复

此法适合修补整条变形缝渗漏水,其特点是高效、耐久,而且对施工技术要求相对较低。

(1)清除伸缩缝周围的涂料和污染物。

(2)完全清理掉旧的伸缩缝填料,直达有缺陷的止水带。

(3)根据变形缝的宽度,将适宜直径的聚乙烯(或同类)垫棒放入伸缩缝中。

(4)在离有缺陷的止水带不到6 cm处,放置可全断面出浆的预埋灌浆管,并让其临近有缺陷的止水带,同时确保连接灌浆管的灌浆导管露出伸缩缝表面15 cm。

(5)通常设置预埋灌浆管的水平环路不要大于10 m;垂直环路不要大于6 m,各环路接口要特别小心,确保它们之间有效重叠,以保证灌浆材料在环路中有效传递。

(6)在预埋灌浆管上放开孔的海绵。

(7)在开孔的海棉上放置第2根聚乙烯(或同类)垫棒。

(8)在第2根聚乙烯(或同类)垫棒上抹上快干水泥,形成耐压空腔。

(9)从最低的灌浆导管一端,将含有高固含量、高柔弹性、低收缩率的聚氨酯浆液泵入,并确保该浆液从灌浆导管的另一端流出,然后扎紧端口,让浆液沿着伸缩缝接缝渗出,并逐步提高压力至1.5 MPa,并保压1 min。

(10)灌浆固化1 d后,用弹性密封胶将伸缩缝顶部密封。

6 城市地铁应用化学灌浆的工程实例

(1)实例1

天津地铁1号线是天津市城市快速轨道交通线网规划中的第1条线路,也是“十五”期间投资规模最大的一项城市基础设施工程。全长7.4 km的既有线,自西站至新华路站,属浅埋式,始建于1970年,是结合墙子河改造工程修建的战备通道,于1984年建成并开始运行,曾为天津的公共交通发展做出过巨大的贡献。但是由于此线建设时间已经较久,结构已有多处老化,较多的变形缝存在渗漏水,局部混凝土也有疏松、漏渗等各种病害,考虑到安全运营因素,展开综合治理已势在必行。图1是隧洞中的渗水变形缝选用高固含量、高弹性、低收缩率的聚氨酯灌浆(Ha Flex LV)治理渗漏水的构造示意;图2则是混凝土墙体渗漏水裂缝选用高固含量、高强度、非收缩的聚氨酯灌浆(Ha Flex Cut)治理渗漏水的构造示意。

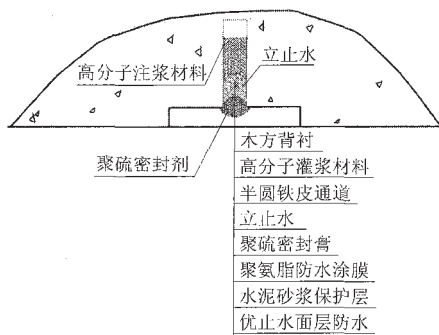


图1 隧道渗水变形缝治理的构造示意

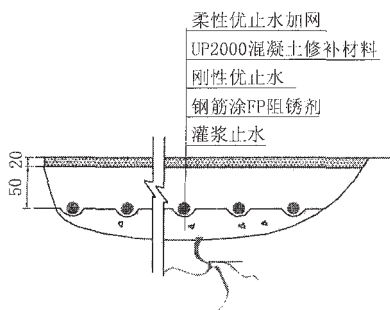


图2 混凝土墙体渗漏水裂缝治理的构造示意

(2) 实例2

上海地铁1号线始建于20世纪90年代初,工程全长(含南延伸段)21 km,其中13.37 km为地下部分,属盾构法施工。全线设11座地下车站、5座地面车站和1座停车场,沿南北方向贯穿上海繁华市区,于1995年建成通车。经过近10年的运营,尤其处于含水的淤泥土质和软土层,加上盾构隧道受运营行驶过程的震动,周边淤泥土体液化产生变形,局部盾构隧道出现了不均匀沉降,然而内浇筑的道床却为钢性体,无法与管片隧道达成同步变形。结果使部分道床与隧道管片之间出现裂缝,导致局部区域出现渗水和冒泥现象。虽

然这种现象目前还没有影响到列车的日常运营,但是如果这种现象得不到有效控制,可能会越演越烈,并有可能导致安全运营事故。图3是选用高固含量、低粘度、高渗透力、高粘合力、非收缩、低气味的环氧灌浆(Denepox 40)治理非涌水道床与隧道管片之间潮湿裂缝的构造示意。

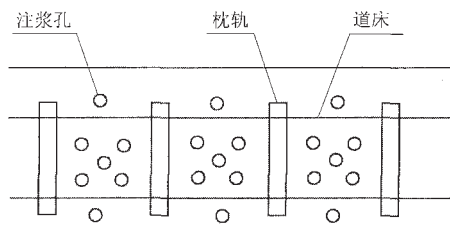


图3 环氧灌浆治理非涌水道床与隧道管片间潮湿裂缝的构造示意

7 结论

(1)化学灌浆在需求快捷、高效治理渗漏水病害的地铁维修中非常有效。

(2)根据渗漏水病害的具体情况,选择适宜种类的化学灌浆,尤其考虑环境保护、耐久性以及施工安全性,将对渗漏水病害治理的最终效果起着关键的作用。

(3)聚氨酯系列树脂适合混凝土裂缝的渗漏水治理,环氧系列树脂适合混凝土裂缝的补强治理。

参考文献:

- [1] 王建军,胡元方.对岩石隧道衬砌结构防水问题的讨论.现代隧道技术,2001(1)
- [2] James T Joyce M.A.Dealing with Cracks in Concrete specialists. Concrete Repair Bulletin,1992(5-6)



聚苯复合防水保温隔热材料

由沈阳炬园防水有限公司生产的聚苯复合防水保温隔热材料含聚苯乙烯及防水剂等多种化学成份,导热系数为0.04~0.07 W/(m·K),气孔率为80%~88%、隔声大于48 dB、吸水率小于10%,具有较佳的保温性能。该产品具有成本低廉、防水和保温隔热性能好、整体性强、施工工艺简单等优点。采用便携式聚苯乙烯发泡机现场发泡,浇注施工。用于屋面时,屋面基层可以不做找平层、防潮层和隔气层。

联系电话:024-25616135

(张)

新型塑料厚板生产线

青岛顺德塑料机械有限公司引进国外先进生产技术研发的新型PE/PP厚板生产线,日前通过专家鉴定。

该生产线属国内首创,各项经济技术指标均达到国际先进水平,具有良好的经济、社会、环境效益。其自动化程度高、操作简便,所用配件均采用世界名牌产品,可生产厚度为2~40 mm、宽750~1800 mm的板材。生产的板材具有表面光洁、尺寸误差小、耐腐蚀、绝缘性强、便于施工和运输等特点,符合国家节能产业政策,可广泛应用于建筑业、远洋运输业等领域。

(蔡摘)