

地铁暗挖隧道工程中的深孔注浆施工技术

孙沛文

深圳地铁运营集团有限公司 广东 深圳 518000

摘要：随着社会和经济的快速发展，人们对交通的需求不断增长，给我国的交通事业造成了巨大的压力。为此，为改善这种状况，交通工程建设的规模和数量都在不断增加，而地铁工程是交通行业的一个重要组成部分，同时也承担着交通运输的责任。在这些项目中，由于是在地下，所以施工的环境比较复杂，管线的状况也会对工程产生很大的影响，所以，要想保证工程的质量，就需要将深孔注浆技术进行合理的运用，这样才能最大限度地发挥出最大的作用，从而最大限度地减少不利因素的影响。

关键词：地铁；暗挖隧道；深孔注浆；施工技术

在我国城市化进程逐步加速的背景下，越来越多的城市正在积极筹划、准备或扩建城市地下工程。在地下工程施工中，浅埋深挖法、明挖法和盾构法是三种主要的施工方法。将可跨越富水饱和砂土的深孔注浆技术应用于浅埋深基坑建设中，可有效降低地表建筑物（结构）及地下设施的沉降变形及对周边环境的不利影响。建筑物（结构）在地面和地面上的变形是需要解释的。中国地铁建设公司正处于快速发展时期，建设项目的数量和规模均呈现快速增长趋势，因此，如何有效地保证城市居民的交通安全，具有十分重要的意义。尤其是在隧道段的施工过程中，施工单位应根据实际情况，合理运用施工工艺。在此背景下，采用深孔灌浆技术进行隧道浅埋深槽施工，特别是在城市地下工程中，可以有效降低对地表建筑物的不利影响，其优势越来越显著。

1 深孔注浆施工技术的概述

1.1 深孔注浆施工的基本原理

深井灌浆是城市轨道交通建设中的一项重要措施。该技术是根据灌浆材料的特点及钻孔深度的需要，采用注浆技术对地层中的土体及土体进行注浆加固，从而提高地下工程的稳定与安全。深孔灌浆是利用灌浆材料的固结充填作用，实现填土过程中土体的空隙，提高土体的强度和质量，可有效防止隧道开挖过程中出现的滑动、沉降、坍塌等不良现象。

1.2 深孔注浆施工的工艺流程

成孔前处理：在工程场地选取适当的注浆孔，利用钻机钻孔。灌浆材料：选择合适的灌浆材料，并在钻孔内灌注。灌浆材料必须具有较好的流动性和黏性，以保证浆液能完全填满孔隙，渗透到土壤中。在注浆时，应对注浆压力、注浆速率及注浆量进行严格控制，以保证灌浆材料的渗透性及稳定性。灌浆质量监控评价：在施工期间，必须对灌浆孔进行监控与评价，以便及时检测出不正常现象，并作出适当调整。后续治理：灌浆结束后，按现场具体条件，及时清理、养护，以保证隧道结构的完整与安全。（可见图 1）

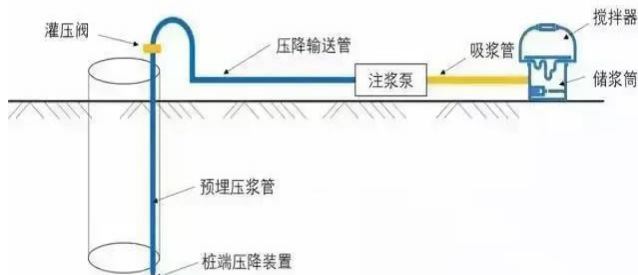


图 1：钻孔灌注桩后注浆施工工艺介绍

2 地铁暗挖隧道工程中的深孔注浆施工技术

2.1 注浆准备

（1）对施工情况进行分类。要加强现场调查，查明工程

区域的地质、水文情况，还要注意周围的施工情况，比如，已经修建的建筑（结构）、管道等，掌握施工与周围设施之间的位置关系。为保证灌浆施工计划的顺利进行，应充分考虑施工进度与成本的关系。（2）如何选择注浆方式。针对不同地质情况，采用适当的注浆方式：中-粗砂层采用渗透-扩散法，材质选择超细水玻璃-水玻璃双液泥浆；注浆细沙洞室宜采用劈裂和扩散性充填法，断层松动带采用裂缝充填法，材质选择普通水泥-水玻璃双液浆液；对于粉砂土层中的局部脱空，采用挤密法进行治理，所用材料为普通单液泥浆。（3）操作人员要按照标准做好充分的准备，包括深孔注浆工艺的施工培训，讲解工程技术交底的有关内容，这有助于让施工人员更好地理解关键技术。做好各生产环节的前期工作，并对生产过程中的设备进行日常管理，保证产品出厂验收合格。（4）在使用的材料进场之前，要对各种原材料进行检验，以避免因原材料本身的特性而产生的一系列的质量问题。（5）在进行灌浆之前，必须做好充分的前期工作，确保灌浆材料足够，并认真检查灌浆系统中的各种设备。将预先配制的浆液配制成泥浆，由输送车将其运至工地，存放在盾构机的贮浆槽中进行搅拌，然后启动灌浆系统，实现深层灌浆。

2.2 钻孔、注浆

在钻进之前，先用喷砂将手掌表面封住，这样就可以防止灌浆时的漏浆，从而形成一道稳固的护壁。以下是钻孔和灌浆施工中应注意的一些问题。①钻孔：根据图纸，对钻孔进行定位，并在图纸上标出钻孔的位置。孔位误差不超过 20 毫米，钻角不超过 1 度。为了使以后的钻孔能更好地进行，在钻进之前，必须对施工工艺进行详细的说明，这样才能使司钻人员更好地理解施工的要求及具体的施工方法。钻进时要严格控制，用慢速钻，以保证钻进的深度。在钻探过程中要注意观测，如果发现大量的溢流，必须停止钻探，查明原因，并提出切实可行的修复方案。②起吊钻机：每一次起吊不超过 20 厘米；由于钻杆在钻进时会粘附一些泥土，因此，钻杆出洞后要及时清除，以便下一步能继续使用。③配浆：将各类符合标准的原材料经过精密称重、拌匀，经实验测定后，制成满足灌浆需要的浆液。尽可能地实现随调随用，充分利用泥浆的优点。④正式灌浆：灌浆压力在 0.15-0.75 MPa 之间，具体的灌浆工作要视实际情况而定，同时要注意每一个钻孔的注浆量和灌浆压力。当注浆过程中发现浆液压力（上升或下降）发生不寻常的变化时，必须停止灌浆，分析原因，待场地恢复正常后，再进行灌浆。

2.3 注浆效果评定

在对灌浆质量进行评估时，要注意：①确定灌浆施工的规范。在灌浆之前，必须先确定总的注浆数量。在灌浆过程中，如果灌浆量与设计值不符，必须及时进行灌浆，直到满足设计要求为止。②在整个砂层暗挖时，采用深孔注浆技术，对开挖面进行了加固，避免了砂层滑移的风险，确保了工程的安全。该方法能有效地降低砂层滑塌现象，缩短施工时间，提

高工作效率。该方法具有良好的可控性,能较好地控制隧道施工期间地表及周围管道等结构物的沉降。③灌浆效果检验。灌浆质量检测采用随机抽样法,试验期间不能利用已有注浆孔。钻孔的取样要在灌浆区域内进行。取得的芯样的抗压强度不能少于0.4 MPa,否则将被判定为不合格。

3 深孔注浆施工技术的应用

3.1 注浆准备

(1)对施工情况进行分类。要加强现场调查,查明工程区域的地质、水文情况,还要注意周围的施工情况,比如,已经修建的建筑(结构)、管道等,掌握施工与周围设施之间的位置关系。为保证灌浆施工计划的顺利进行,应充分考虑施工进度与成本的关系。(2)如何选择注浆方式。针对不同地质情况,采用适当的注浆方式:中-粗砂层采用渗透-扩散法,材质选择超细水玻璃-水玻璃双液泥浆;可动水细砂洞室采用劈裂-扩散法,选择了6种掺混剂;断裂断裂带采用裂缝充填法,采用普通水泥-水玻璃双液泥浆;对于粉砂土层中的局部脱空,采用挤密法进行治理,所用材料为普通单液泥浆。(可见图2)

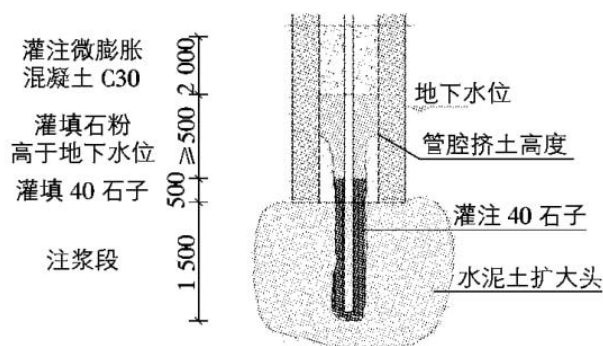


图2: 钻孔沉管后注浆施工工艺

3.2 后退式注浆

钻孔至设计深度后,启动回撤灌浆。其施工方法为:利用已配好的双浆进行灌浆;注浆时,首先采用改性水玻璃,利用其流动特性疏通、润滑和封堵钻孔,避免其他塌孔、夹杆、漏浆等现象。在注浆完毕后,采用分阶段回撤的方法对水泥-水玻璃进行注浆。注浆长度一般为1米左右,每一次注浆的数量要依据沙层的具体情况合理地确定,直至整孔注浆完毕。在回撤钻杆时,为了避免注浆凝固、堵塞管线和抱杆等现象,需边抽边补水。

3.3 注浆效果评定

在进行注浆之前,应明确注浆总量的规范,并加强对施工的检查和管理。如遇单孔灌浆灌注不足,应立即进行灌浆,直至满足设计要求。对灌浆效果的检验采取了取样钻进法,也就是对灌浆质量的检验。检验时,不能利用已有的灌浆孔,而对已完成的灌浆,则需在灌浆区域再钻一次孔,以检验其质量。芯样的无侧限抗压强度大于0.4 MPa,为合格,反之不合格。为有效地加强开挖面,避免了砂层滑移的风险,确保了工程的安全,对全断面砂层暗挖进行了双管深孔灌浆加固。该方法能有效地降低砂层滑塌现象,缩短施工时间,提高工作效率。该方法具有良好的可控性,能较好地控制隧道施工期间地表及周围管道等结构物的沉降。该路段下穿多条重要管线,下穿过街通道,下穿项目部驻地交通路口,无一处危险,无一处沉陷。

3.4 保障造孔施工质量

在暗挖隧道中,TGRM推进式分段深孔灌浆是一项非常重

要的工序,施工时要遵循以下次序:先进行水平地质钻孔,然后再安装孔口管,最后在孔口管内注浆。成孔时,施工人员要保证每个工序的成孔速率在同一范围内,进尺间距的变化不能超过2-3 cm。成孔结束后,要立即将钻杆从钻杆中抽出来,防止孔深或者孔间距出现数值上的错误,然后将法兰和无缝钢管进行安装,打好灌浆施工的基础。为了保证深孔灌浆的完整性,通常要等灌浆浆料彻底凝固后才能拆下法兰。

3.5 造孔及管安装工作

在深孔灌浆中,成孔工作需要在规定的位置、深度等条件下进行,并使用具有很好技术含量的钻机来进行成孔。为什么要对钻机的性能进行要求,就是要在成孔的时候,把孔口的间距控制在4 m以内,这样既可以保证成孔质量,又可以为管线的安装创造方便的条件。在管线敷设前,一定要清除管道内残余的杂物,并要做好套管操作,保证每个管线外露的长度都在半米以内。

3.6 做好注浆封孔工作

钻孔施工是深孔注浆的基本施工步骤,而钻孔封闭则是深孔注浆施工的重点。钻孔是施工前的基本工作,钻孔封闭是施工后的保证,要做到封孔,就必须对孔管外壁露出的长度进行合理的设计,并将长麻丝按梭形形式缠绕在管体上,再用水泥砂浆进行锚固,达到既能达到隧道施工规范,又能有效防止孔管渗漏和松动的问题。

结束语

综上所述,随着我国城市轨道交通建设的不断增多,城市轨道交通建设的技术也日趋成熟。深孔灌浆技术可以提高暗挖隧道的施工质量,减小其建设的困难程度,从而提高整体的建设效率,降低投资,提高地铁建设的效益,同时也能有效地减轻国家的交通压力。此外,深孔灌浆技术还能在地下水位处理中发挥重要作用。合理运用深孔灌浆法可以有效地增强地基,降低地下水对施工的不利影响,保证地铁隧道的施工安全与质量,并可控制施工成本。作为城市现代化发展的具体表现,地铁在进行隧道暗挖施工时应充分考虑并合理运用深孔注浆技术,这样能够有效解决施工中存在的技术难题,更有效地降低隧道中的含水量,确保地铁隧道的施工安全、质量和成本控制。

参考文献

- [1] 陈泓予,韩邦栋,王娅梅.地铁暗挖隧道工程中的深孔注浆施工技术[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(32):126-128.
- [2] 胡醒.双重管深孔注浆施工技术在地铁暗挖隧道工程建设中的应用[J].四川水泥,2022,(03):238-240.
- [3] 杨泽.地铁暗挖隧道建设中的双重管深孔注浆施工技术[J].工程机械与维修,2021,(05):102-103.
- [4] 周仕永.双重管深孔注浆技术在地铁暗挖隧道施工中的应用[J].工程建设与设计,2021,(02):212-213.
- [5] 王杨.深孔注浆技术在北京地铁暗挖隧道富水砂卵石地层止水施工中的应用[J].建筑技术,2020,51(07):776-778.
- [6] 陈庚.解读深孔注浆技术在地铁暗挖隧道施工中的应用[J].低碳世界,2017,(30):209-210.