

深基坑临边建筑物保护袖阀管注浆加固施工技术

陈新建^{1,2} 林凤英^{1,2} 刘斌^{1,2} 曾金金² 巫立宁^{1,2}

1. 中建四局建设发展有限公司，福建 厦门 361000

2. 中国建筑第四工程局有限公司，广东 广州 510000

摘要：袖阀管注浆是一种较为先进的注浆技术，因其能定深、定量、分序、分段注浆、可重复注浆、注浆压力和注浆范围可控、适应性强等优点，在地基处理、岩土工程等领域有着广泛应用。本文详细阐述了袖阀管注浆技术的原理、特点、施工工艺，通过对实际工程案例的分析，探讨了该技术在解决地基加固、防渗堵漏等问题中的优势和存在的问题，并提出了相应的改进措施。

关键词：袖阀管；注浆；加固；智能化；深基坑

引言

随着城镇化进程的加速，城市基础设施建设面临着复杂的地质条件和环境保护要求。传统的注浆技术难以满足这些挑战，而袖阀管注浆技术以其能够精确控制注浆范围和压力的优势，成为解决这些问题的有效手段之一。本文依托厦门第三东通道工程A5标段进行袖阀管注浆施工技术阐述。

厦门第三东通道工程塔埔路支线隧道周边建筑物密集，采用明挖暗埋法施工，深基坑最深处达40.6m，为保护基坑周边塔埔社区、海峡明珠广场、观音山公寓等临近建筑物，采用袖阀管注浆的形式对土体加固及止水防渗，通过浆液的渗透、压密和劈裂作用，填充岩土体中的孔隙和裂隙，提高岩土体的密实度和强度，加固后的土体能够更好地承受基坑施工引起的侧向荷载，减少临近建筑物沉降和变形；另外浆液在岩土体中的扩散可以形成一定的止水帷幕，阻止地下水向基坑方向渗透和流动。



图1 塔埔路周边建筑物平面位置示意图

袖阀管外管采用Φ48mm*3mmPVC管，布置形式为矩形，孔间距800mm*800mm，加固深度至中风化岩层顶部。根据地质勘探情况，袖阀管注浆区域地质构造起伏较大，中风化岩层顶距离原地面最浅为4m，最深为28m，从地面向下地质依次为填筑土、砂质粘性土、全风化花岗岩、碎块状强风化花岗岩、中风化花岗岩^[1]。

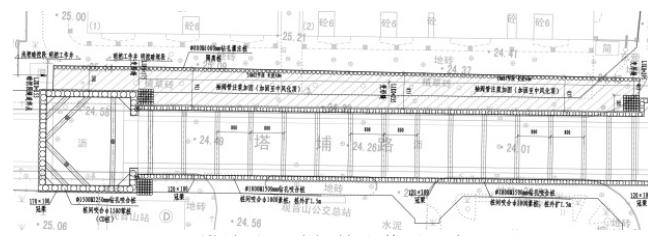


图2 塔埔社区袖阀管注浆平面布置图

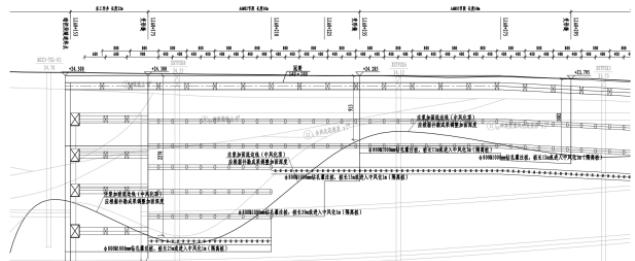


图3 塔埔社区袖阀管注浆纵断面布置图

1 袖阀管注浆原理

袖阀管注浆加固技术主要通过在地层中设置袖阀管，利用高压泵等注浆设备将浆液注入袖阀管中，进而压入地层。浆液在压力作用下扩散、渗透、凝固并硬化，形成具有一定强度和稳定性的固结体，从而对地层进行加固。袖阀管是一种具有单向阀功能的注浆管，其外壁上设有多个出浆孔，每个出浆孔处设有一个单向阀。在注浆过程中，浆液只能从袖阀管内向外流出，而不能反向流入。这样可以保证浆液在地层中的均匀分布，提高注浆效果。

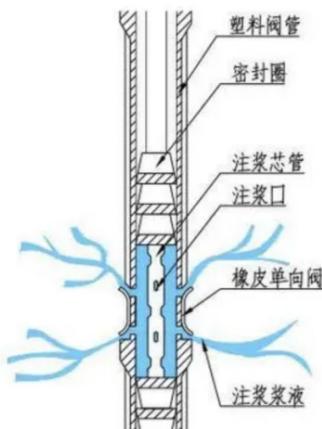


图 4 袖阀管注浆原理图

2 袖阀管设计参数

袖阀管成孔后用套壳料置换出护壁泥浆，套壳料的配比(重量比)为水泥:粘土:水=1:1.5:1.88。套壳料养护2~3d达到强度0.3~0.5MPa后，在袖阀管内放入注浆管进行注浆，单液浆注浆材料采用42.5级普通硅酸盐水泥，水灰比为0.5:1~1:1。正常注浆压力为0.4~0.8MPa，并由下而上逐渐减小，每段注浆长度1m。止浆固管料采用速凝水泥浆，水:水泥=1:1.5。终灌标准：保证地面不产生裂缝和隆起，在1.0MPa的注浆压力下，吸浆量小于2.0L/min，稳压时间5min。

3 袖阀管施工工艺

袖阀管注浆法主要施工流程包括放样定位和钻孔、置换套壳料、插入袖阀管、注浆等。

3.1 放样定位与钻孔

采用全站仪定出钻孔孔位。钻孔采用工程地质钻机，钻机就位后采用斜尺、水平尺测量机架角度，使钻机稳固平正，对准孔心，钻孔的倾斜度≤1%。为防止钻孔塌孔，采用泥浆护壁，现场采用膨润土进行调试，护壁泥浆比重为1.05~1.12。

3.2 置换套壳料

成孔后立即通过钻杆将套壳料置换孔内泥浆，套壳料系通过注浆泵、管路与钻杆连接注入孔底，由孔底将原有泥浆逐步顶出置换，直至套壳料完全溢出孔口为止。实验室对试块进行了抗压强度试验，测得试块三天平均抗压强度为0.5MPa，达到设计要求。

3.3 插入袖阀管

在套壳料置换结束后立即插入袖阀管。由于每节袖阀管的长度为4m，在插入时相邻两节袖阀管用PVC套管连接，采用UPVC胶合剂将袖阀管和连接套管粘牢。袖阀管每节连接好后依次下放到钻孔中，直到孔底，下放时尽量保证袖阀管的中心与钻孔中心重合。最后应保证袖阀管的上端头露出地面20cm，再用套头套牢，防止杂物进入管内。

3.4 注浆

套壳料养护2~3d，强度达到0.3~0.5MPa后，开始注浆。注浆

采用智能化制浆注浆站，集上料、称重、制浆、注浆、计量控制等功能于一体，具有自动化程度高、作业效率高、注浆精度高、数据记录及分析功能强大、安全性高、环保性好等优势。



图 5 智能化制浆注浆站

注浆由下往上逐段注浆，启动注浆泵缓慢升压，注浆压力控制在0.4~0.8MPa，瞬时流量小于2L/min后提升钻杆进入下一段注浆，每个分段稳压3~5min。在注浆过程中均出现了不同程度的地面冒浆情况，导致无法达到稳压1MPa、吸浆量小于2L/min的设计终止注浆指标。现场采取了暂停注浆，对地面冒浆点采用速凝水泥浆封堵措施，但地面冒浆封堵效果不明显。

由于注浆过程中频繁出现地面冒浆无法达到原设计终止注浆指标的情形，为检验注浆效果，在已注浆的区域中部位置钻孔，进行渗水试验。根据地勘资料，该区域内的地下水位在地面以下2m位置。本次水位观测前，将孔内水位抽到地面以下5m的位置，经过24h后观测水位在地面以下4.75m的位置，水位上升15cm，经计算渗水量为0.049L/h。随后对观测孔下管并灌注套壳料，下管长度6.5m。2天后对该孔再次注浆。由于该区域已经过注浆加固，注浆过程中流量较小，在0.5~1.5MPa的注浆压力下，分5段注浆，累计注浆量为54.7L。由于注浆压力较大，在最后一段（第5段）注浆时难以拔出注浆管，因此将压力升高至4MPa，此时才出现地面冒浆的情况，但冒浆点距离注浆孔位3.1m，离已加固的区域边沿2.3m，冒浆区域未出现在已加固区且远离加固区外边沿。

对已加固区域的水位观测和加固区二次注浆验证，“水位上升高度小，二次注浆压力很大但流量不大”的结果，可以判定注浆效果是理想的。后续施工按照0.4~0.8MPa的注浆压力实施，若出现地面冒浆，可定为分段终止注浆的条件；若未发生地面冒浆的情况，则按设计终灌要求：在1.0MPa的注浆压力下，吸浆量小于2.0L/min，稳压时间5min[2]。

3.5 后续改进措施

(1) 采取分片钻孔、分片套壳注浆的方式，批量注浆，在其中一些孔位出现冒浆的时候，可跳孔对旁边的孔位注浆。注浆区注浆顺序应按照“由外向内，先深后浅”的原则进行。

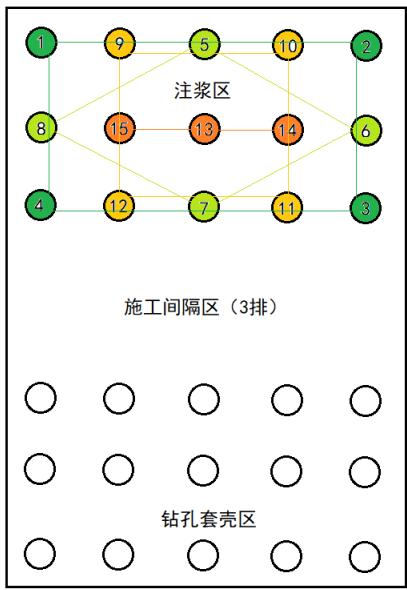


图 6 分片间隔打孔及注浆顺序示意图

(2) 多准备一套注浆管, 在出现地面冒浆时, 可利用另外一套注浆管跳孔注浆, 冒浆孔位等待一定时间后再继续注浆; 以及在稳压过程中, 使用备用注浆管注浆; 出现堵管情况备用等。

(3) 由于在出现地面冒浆的情况时, 即使继续分段注浆, 也会继续从第一次冒浆的薄弱地段继续冒浆, 建议若出现地面冒浆, 可终止该孔注浆, 以提高施工效率。

3.6 现场监测及注浆质量检验

注浆过程中对地面、既有建(构)筑物和地下管线进行沉降

监测, 沉降值均在规范允许范围内。采用注水试验对注浆效果进行检测, 检测渗透系数为小于 $1 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$, 满足设计要求。经过袖阀管注浆防渗处理后, 隧道的渗漏现象得到了有效控制。在后续的使用过程中, 隧道未出现明显的渗漏现象, 证明袖阀管注浆技术在隧道渗漏治理中的有效性 [3]。

4 结语

袖阀管注浆技术作为一种有效的地基加固和防渗堵漏方法, 在工程建设中具有广泛的应用前景。该技术具有施工工艺简单、可重复性强、注浆效果好等优点, 能够有效地提高地基的承载力和稳定性, 防止地下水的渗透和侵蚀。在实际应用中, 要根据工程地质情况和注浆要求, 选择合适的注浆材料和注浆工艺, 加强对施工过程的质量控制和监测, 确保注浆效果。同时, 要不断总结经验, 改进技术, 提高袖阀管注浆技术的应用水平。

参考文献:

[1] 扬书江, 袖阀管法注浆加固地层施工 [J]. 铁道建筑技术, 2004(2):122-27.

[2] 孔少波, 王兴猛, 张玉川, 水平袖阀管深孔注浆在广州地铁中的应用, 现代隧道技术, 2003, 40(4):46-51.

[3] 袖阀管注浆加固地基技术规程: (DBJ04/T290-2012)

作者简介: 陈新建 (1974-), 男, 汉族, 福建厦门人, 教授级高工, 中建四局建设发展有限公司, 大学本科, 研究方向为市政技术。