

高地下水位条件下的抗浮锚杆后张法压浆施工工艺要点研究

郭二浩

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南郑州 450001

摘要:随着城市化进程的加快,地下空间的开发利用变得越来越重要。在此过程中,地下水位的变化对地下结构的安全构成了严峻挑战。特别是在水位较高的地区,抗浮锚杆成为确保地下结构稳定性的关键工程措施之一。抗浮锚杆通过将地下结构物锚固于稳定的地层中,以抵抗地下水浮力的影响,防止结构物的上浮或位移。后张法压浆技术作为一种有效的锚固手段,其施工质量直接影响到锚固系统的可靠性与耐久性。然而,在高地下水位条件下进行抗浮锚杆的后张法压浆施工面临着诸多困难和挑战。高压地下水环境对施工安全、工程质量及工期控制等方面提出了更高的要求。例如,地下水压力的增大可能导致压浆难度提升,锚杆固定和定位的精确性受到影响,以及整体结构稳定性和安全性风险增加。因此,探究高地下水位条件下后张法压浆施工的工艺优化变得尤为关键。

关键词:高地下水位;抗浮锚杆;后张法压浆施工;要点

随着城市化进程的加速,地下空间的开发利用日益增多,深基坑工程在城市建设中的应用越来越广泛。高地下水位条件下的抗浮锚杆后张法压浆施工是保证基坑稳定和结构安全的重要技术之一。然而,复杂的水文地质条件给抗浮锚杆的设计和施工带来了诸多挑战。因此,探讨和优化高地下水位条件下的抗浮锚杆施工工艺,对保障工程质量和安全具有重要意义。

一、抗浮锚杆后张法压浆施工工艺原理

抗浮锚杆后张法压浆施工工艺原理是利用单管高压旋喷桩机在地下形成孔洞,随后设置抗浮锚杆将结构物或构筑物的基础与地下土层牢固连接,形成一个整体,作为基础或上部结构的一部分共同承受荷载。这种基础能够有效地抵抗地下水的上浮力,确保结构的稳定性。抗浮锚杆通过二次后压浆方式施加预应力,压浆材料通常为水泥浆,注入锚杆和孔壁之间的环形空间中,随着浆液硬化,会显著提高锚杆与周围土层之间的摩阻力,从而增大锚杆的抗拔力。同时,在垫层上方的锚杆根部进行水泥基渗透结晶处理,并设密封膏和防水附加层,这些处理进一步增强了锚杆与基础的连接部位对地下水渗透的阻隔作用,有效阻止了地下水的渗透。此外,施工中还会在锚杆上做防水层,以起到辅助阻水的作用,保护结构免受地下水位变化的影响,确保了长期的抗浮效果和结构安全。

二、高地下水位条件下的抗浮锚杆后张法压浆施工存在的问题

1. 地下水压力大导致的问题

在高地下水位条件下,抗浮锚杆施工时面临的最大问题之一就是地下水的压力。高水压会对施工环境造成诸多不利影响。首先,高水压环境下进行钻孔作业时,容易导致孔壁塌陷或泥浆流失,这不仅影响钻孔质量,还可能导致周围地层的位移和变形^[1]。此外,高水压还会使得压浆工作难以进行,因为需要克服地下水压力将浆液注入并填充锚固段。如果压浆压力不足,可能导致浆液无法充分填充锚杆周围空间,从而影响锚杆的抗拔性能。另一方面,过高的压浆压力可能会对周围地层造成破坏,引发新的工程问题。

2. 锚杆固定和定位困难

高地下水位不仅给压浆带来问题,也使得锚杆的固定和定位变得困难。在高水压的作用下,锚杆容易被水流带动,发生位移,从而偏离设计位置,这直接影响锚杆的安装精度和最终的抗浮效果。同时,由于地层中的水位高,有效固定锚杆的方法受限,传统的固定方式可能不再适用,需要采用更为专业和技术要求更高的方法来保证锚杆的位置准确无误。

3. 压浆质量控制难度增加

压浆作为锚固系统的关键部分,其质量直接影响到

整个抗浮锚杆系统的性能。然而，在高地下水位的情况下，控制压浆质量的难度显著增加。由于地下水流动的影响，浆液在固化过程中可能出现分流、不均匀固化等现象，导致压浆体质量不稳定，甚至在极端情况下产生空隙或裂缝，威胁到锚杆系统的长期稳定性。此外，高压环境下对压浆材料的流动性、凝结时间等物理性能的要求更高，稍有不慎就可能导致压浆失败。

4. 结构稳定性和安全性风险

高地下水位对抗浮锚杆施工的影响还包括增加了结构稳定性和安全性方面的风险。在这种条件下，如果压浆不密实或锚杆安装不到位，极易引起整个结构的抗浮能力不足，严重时甚至会导致结构的整体上浮或倾斜。此外，高压环境中的施工通常伴随着更复杂的地质条件，如流沙、软土等，这些地层条件的不确定性进一步加剧了施工过程中的不可预见性，从而增加了工程的整体安全风险。因此，在此类环境中施工时，对工程结构的监测和预警系统的建立尤为重要，以便及时发现潜在的安全问题。

三、高地下水位条件下的抗浮锚杆后张法压浆施工工艺

1. 抗浮锚杆编号、测量定位

在高地下水位条件下进行抗浮锚杆后张法压浆施工时，准确的锚杆编号和测量定位是保证工程质量的关键步骤。工艺原理要求现场测量人员根据提供的抗浮锚杆平面布置图，对每个待施工的锚杆进行明确的编号标识，以便于跟踪管理和施工记录。放线过程中，测量人员需要在基层上弹出清晰的孔位线，并在预定的锚杆位置做出明显的标记^[2]。这一步骤至关重要，因为锚孔的定位偏差需要严格控制，不宜大于10mm，以确保锚杆能够按照设计要求准确安装，从而保障锚杆的抗拔力和整体结构的稳定性。通过精准的编号与定位，可以确保抗浮锚杆后张法压浆施工的精度和效果，满足高地下水位条件下对施工质量和结构安全性的高要求。

2. 钻机就位

在高地下水位条件下进行抗浮锚杆后张法压浆施工时，确保钻机精准就位是成孔质量的重要前提。根据施工工艺原理，测量人员完成放线作业后，便指示钻机进入预定位置开始就位。此时，施工人员必须仔细检查已放好的点位以及钻具的垂直度是否满足设计和施工要求。

3. 抗浮锚杆成孔

在高地下水位条件下进行抗浮锚杆后张法压浆施工时，成孔环节是确保锚杆质量和施工效果的关键步骤。采用单管高压旋喷桩机对抗浮锚杆进行成孔作业时，首先需确保钻机等相关设备的准确安装和牢固定位。钻进启动应采取轻压力、慢速度的方式，以防止导向器发生移位，从而保证钻孔的精确性和直线度。成孔过程中，孔径被设定为200mm，且锚杆孔径的误差要严格控制10mm以内。达到设计深度后，不能立即停止钻进，而应稳定地继续钻进1至2分钟，以确保底端头达到设计的锚固直径要求。此外，锚孔的倾斜度需要严格控制，不应大于2%，以避免影响锚杆的受力状态和抗拔力。同时，钻孔的深度超过锚杆设计长度不应大于0.5m，以保证结构的整体稳定性和安全性。

4. 清孔

在高地下水位条件下进行抗浮锚杆后张法压浆施工时，成孔后的清孔工序是保证锚杆质量和结合性能的重要环节。具体操作中，需要使用高压水泵将清水注入刚钻好的孔底，通过持续的水流冲洗，去除孔内残留的泥浆和杂质^[3]。这一过程要持续进行，直到孔口流出的水流清澈，不再含有任何泥浆为止。此外，在清孔过程中还须做好孔口的维护工作，采取相应措施封闭或遮挡孔口，防止在清孔期间或之后有渣土、杂物等掉入孔内，避免对已经清洁的孔造成二次污染。

5. 抗浮锚杆杆体制作及安装

(1) 杆体制作：杆体必须按照设计图纸进行制作，并符合规范要求，应防止钢筋弯曲变形。锚杆钢筋下料长度误差30mm。接头采用机械连接或焊接方式进行连接。使用前对钢筋进行除锈和清理。为保证钢筋下孔时居中，隔离居中架（架立钢筋）按规范要求采用Φ8@2000mm一组，每组沿钢筋周圈焊接2个，点焊采用J506型焊条。见图1。

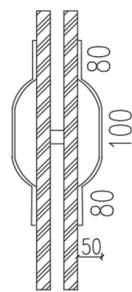


图1 隔离居中架示意图

(2) 杆体吊装：锚杆杆体的吊装必须在孔深、孔径、垂直度、孔底沉渣等成孔质量确认符合要求后方可进行。杆体吊装下入孔时，应对正钻孔中心，正确计算钢筋长度，确保底板内锚固长度。两根注浆管与钢筋一起下入孔内，其中一根自由下放至孔底，作为一次注浆管；另外一根固定在锚杆钢筋上，做为二次后压浆管，应在锚杆全长范围内设置注浆孔，孔间距宜取500mm~800mm，每个注浆面的注浆孔眼宜取2个，出浆口应有逆止构造。

6. 抗浮锚杆一次注浆

注浆材料采用水泥浆，可根据实际情况掺加膨胀剂和早强剂。水泥宜采用普通硅酸盐水泥，水灰比为0.45~0.5。钻杆钻至设计深度后，用压力水通过注浆管清理锚孔，清理干净及锚杆安装完成后，将注浆管连接一次注浆管，一次注浆管放入距孔底100mm，压力1.0MPa，注浆作业连续，注浆管要边注边拔，拔管高度不超出孔内浆液面，浆液自下而上连续灌注且确保从孔内顺利排水、排气，从而保证注浆质量。待孔口溢浆，即可停止注浆^[4]。

7. 二次后压浆

待一次注浆完成48小时后，即可用压力不小于2.0MPa高压注浆管进行二次后压浆。二次后压浆液宜采用水灰比0.5~0.55的水泥浆；采用孔底返浆法，将注浆管连接二次压浆管，用注浆机将水泥浆通过注浆管注入孔底，水泥浆从钻孔底口向外依次充满并将孔内空气压出，而水泥浆则由孔眼处挤出并冲破第一次注浆体。

8. 锚头处清理

(1) 锚杆成孔时，做好孔口维护，防止渣土流入孔内，影响注浆的效率与质量。

(2) 由于注浆时部分水泥砂浆外溢，凝固于锚杆杆头处，影响后续施工锚杆防水，故需要进行凿头清理到与垫层高度一致。

(3) 锚头处清理完毕后，需用清水清理一下工作场地，为后续施工提供良好的施工条件。

9. 抗浮锚杆锚头防水处理

(1) 锚杆周围250mm范围内基础垫层浇筑下沉30mm，表面抹光。

(2) 锚杆钢筋基础垫层以上浮土及泥浆用钢刷清理干净。

(3) 在锚杆周围250mm范围内刷1.5mm厚的水泥渗透结晶型防水涂料，锚杆钢筋上上翻50mm高，两遍成活。

(4) 在锚杆钢筋根部采用密封膏密封或套2cm*2cm*2cm遇水膨胀条。

(5) 在锚杆钢筋250mm范围内抹30mm厚的聚合物防水砂浆，表面抹光。

(6) 随基础防水铺设3mm+4mm两层SBS防水卷材，高于钢筋上翻50mm，与锚杆钢筋裹紧。详见图2。

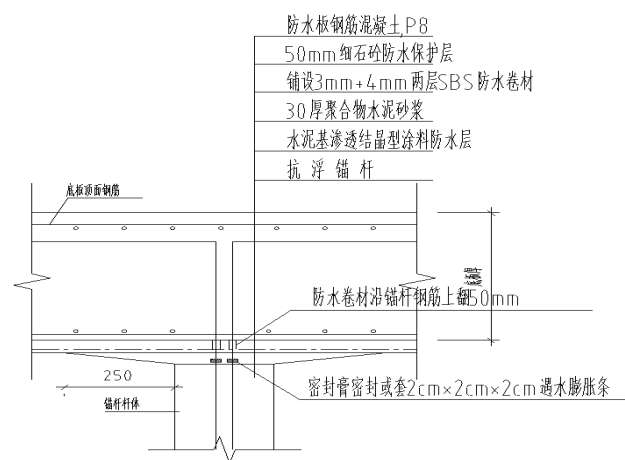


图2 抗浮锚杆锚头防水处理示意图

四、质量控制措施

1. 制定质量方针和质量目标，抓好质量教育工作，提高工作人的质量培训。建立质量管理制度，包括开竣工检查制度、隐蔽工程检查制度、工程质量“三检制”、工程质量检查制、质量定期报告制度。

2. 建立健全工程质量责任制，各级质量管理人员各司其责，严格把关每一道工序，确保本工程质量无忧。建立质量管理体系：成立以项目经理为第一责任人的项目质量管理小组，成员包括技术负责人和专职质量检查员。各施工班组长负责其所施工内容的质量，专职质量检查员对各班组、工序的质量进行全面的检查。

3. 对杆体所用钢筋原材料、灌浆需用原材料进行进场检测，并做好复试报告、进场合格证、型式检验报告等的存档工作。

4. 抗浮锚杆正式施工前，要根据设计要求，是否采用试验锚杆，试验锚杆的数量不少于3根，其施工工艺及参数均应与正式锚杆相同。试验锚杆在做正式锚杆使用时，不应对其进行极限抗拔试验。当为永久性抗浮锚杆时，其最大试验荷载取锚杆轴向拉力设计值的1.5倍。

5. 施工前要对锚杆的定位，终孔后对孔深、孔底沉渣等进行检查，并做好施工记录，锚杆成孔后要及时下入杆体，以防塌孔，杆体安放时，要注意防止杆体扭压、弯曲。

6.成孔及注浆过程中,要控制地下水位,做好降、排水措施,避免孔内、外形成较大的水头差,从而影响到注浆效果或造成塌孔现象。

7.在松散、破碎等易坍塌段施工时,要注意钻进速度不宜太快,以免岩渣不能及时清除而引起卡钻、埋钻事故。在岩层片理、节理发育或软硬地层钻进时,要避免压力过大引起的钻孔弯曲和钻具折断现象。

8.钻孔完成后,裸眼时间不能太长,以免孔壁坍塌、孔底沉渣等复杂现象的发生。

9.注浆结束后养护期间,不得利用锚杆作为固定钻机或其它设备的辅助工具,并严禁外力触动锚杆。

10.抗浮锚杆的验收试验应分级加载,初始荷载宜取锚杆轴向拉力设计值的0.10倍,分级加载值宜取锚杆轴向拉力设计值的0.50、0.75、1.00、1.20、1.33、1.50倍。每级荷载均应稳定5~10min,并记录位移增量,最后一级荷载应维持10min。

结束语

综上所述,高地下水位条件下进行抗浮锚杆后张法

压浆施工需要严格控制每一个工序的质量,并采取针对性的技术措施应对可能的问题。通过精确的锚杆编号与测量定位、钻机的准确就位、成孔质量的控制、严格的清孔操作等工艺,可以确保抗浮锚杆的施工质量,提供可靠的抗拔力,从而保障结构物在长期的地下水浮力作用下的安全稳定。未来的研究应继续探索更为先进的材料、设备和施工技术,以进一步提高抗浮锚杆施工的效率 and 效果,为深基坑工程的安全性提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1]李刚.后张法预应力混凝土桥梁施工技术[J].中国建材科技,2021,30(04):134-135.
- [2]郭伟刚.后张法预制箱梁预应力施工技术要点分析[J].河南科技,2021,40(22):85-87.
- [3]冯哲.箱梁后张法孔道压浆施工质量控制[J].建材世界,2020,41(02):49-51.
- [4]曹妍,王芮文.后张法预应力孔道压浆施工质量控制研究[J].科学技术创新,2019,(26):107-108.