

基坑支护施工中地下水控制对支护稳定性影响研究

欧高峰

西安地质矿产勘查开发院有限公司

摘 要：文章首先阐述了基坑支护施工中地下水对支护稳定性产生的影响，而后重点讨论了防控地下水危害的不同举措，分别是降水施工处理、止水帷幕处理、钢板桩支护处理、SMW 工法支护处理、高压注浆处理、地下连续墙支护处理、排桩施工处理、锚杆施工处理等。最后论述了基坑支护中地下水渗漏的监测与应急处置。以期为同行的工作开展提供价值参考与借鉴，解决基坑支护施工中的地下水控制问题。

关键词：基坑支护；地下水控制；支护稳定性；影响分析；控制对策

引言

基坑开挖过程中需进行有效支护，以保证基坑土体的稳定性，为后续的施工作业提供安全保障，但在地下水的作用下，将对基坑支护稳定性产生一定影响。为消除地下水的危害，保证基坑支护结构的整体稳定性，亟须总结出地下水控制的实用经验，为此文章对其展开了分析讨论。

1 基坑支护施工中地下水对支护稳定性产生的影响分析

1.1 高水头差引起支护结构变形失稳

在基坑开挖作业后，由于高水头差的影响，将使得支护结构承受相对较大的非平衡力，而基于大量的工程资料研究可知，超静水压力是基坑支护失稳的主要诱因，高水头差的作用，致使基坑支护相关部位的水压力存在差异，易引起桩间土体的应力集中，最终导致基坑支护结构发生不均匀变形。另外，桩间隙与桩端的渗流上浮力会持续破坏基坑支护体系，影响支护稳定性^[1]。

1.2 地下水渗漏力与顶托力干扰支护稳定性

通过对基坑开挖支护的三维仿真模拟分析可知，施工人员进行基坑开挖时，地下水位差形成的水压力主要以渗漏力与顶托力的形式存在于支护结构中，将对支护结构稳定性产生一定影响。其中渗漏力的产生主要是因为基坑内外水头差，一般在非均质土层中容易产生优势渗流通道，一旦土体重度与渗漏力比值超出临界值，极有可能引发流砂、管涌等问题，致使土体骨架结构失去被动抗力，无法保证基坑结构的稳定性。而顶托力主要是基坑水平方向产生的静水压力，其压力大小与水位差深度有着非线性关系，一般会对基坑支护结构产生额外的剪力与弯矩，致使基坑支护结构出现形变位移。

1.3 地下水流动侵蚀地基材料引发塌陷

在地下水的流动冲刷下，地基材料被不断侵蚀，

使得地基出现裂缝或空洞，若地下水流动侵蚀问题未得到及时解决，将使得地基结构中的土体有效承载面积不断减少，最终由于土体承载力不足而出现塌陷，严重影响基坑施工的安全性。另外，在地下水流动过程中，水中的部分特殊化学成分会加速地基材料腐蚀，导致基坑支护结构稳定性持续下降。

2 基坑支护稳定性要求下基坑支护结构施工中地下水危害的防控对策

地下水对基坑支护稳定性的影响是客观存在的，为实现对地下水危害的有效防控，保障基层支护结构稳定性，技术团队应根据现场施工情况采取合适的处理对策。现对常见的处理技术应用要点进行如下讨论，以期参考。

2.1 降水施工处理

基坑降水是防范地下水危害的主要策略之一，一般采取深井降水技术方案，以减少涌水风险的发生率。具体施工时，技术团队需要在基坑的周边设置合适数量的降水井，并在基坑内部设置一定数量的降水井，待基坑开挖后，从底部挖出一条排水渠将水排出，同时在基坑底部设置深井泵，将更深位置的水抽出，并利用排水渠排出。深井降水技术的应用能够很好地降低深部含水层的水位，为基坑支护的作用提供了良好环境，体现出此方案应用的价值与作用^[2]。

2.2 止水帷幕处理

为防止基坑支护结构出现地下水渗漏问题，可采取止水帷幕处理方案，依据《建筑地基基础工程施工质量验收标准》中的技术规程可知，在应用该技术方案时，需做好施工管控以下要点：①使用的水泥型号需要是 P·C42.5、水灰比为 1:1、水泥的强度需要达到 25-30MPa、掺量误差需要控制在 $\pm 15\%$ 以内；②注浆施工时压力不得低于 0.7MPa，且注浆速度应控制在 50 ~ 70L/min；③施工人员进行水泥土制备时，

应确保其密度达到 $1.52\text{g}/\text{cm}^3$ ，且搅拌的速度应控制为 $20\text{r}/\text{min}$ ，施工速度应控制为 $8 \sim 10\text{cm}/\text{min}$ ；④在搭接段防水工作开展过程中，应当保证搭接的长度大于 200mm ，同时止水帷幕搭接位置的防水性能必须达到设计强度的 70% 以上；⑤所有的施工缝都需要进行二次注浆加固处理，以保证止水帷幕可发挥出一定的作用。

2.3 钢板桩支护处理

钢板桩支护是基坑支护常用的方法之一，基于《地下工程防水技术规程》中的相关技术要求，施工人员应用钢板桩支护处理时，为使其发挥出防范地下水危害的作用，应做好以下几点：①在锁口间防水材料必须在施工前进行填塞处理，并将注浆压力控制在 $0.2 \sim 0.5\text{MPa}$ 范围内；②在现场施工作业过程中，钢板桩的垂直偏差不可超出 $1/300$ ，且所有的钢板桩衔接时，必须确保咬合深度达到设计规范要求；③施工人员选用止水材料时，需要优先选择高分子材料，确保其具备一定的耐久性与韧性，避免因材料质量问题，影响到钢板桩支护效果；④钢板桩施工作业时，不仅需要锁口的位置设置止水装置，同时需要对钢板桩进行特殊的防腐处理^[3]。

2.4 SMW 工法支护处理

SMW 工法支护全称是新型水泥土搅拌墙，此法可有效防控地下水对基坑支护结构的负面影响，为能够充分发挥此法的应用优势，施工人员需做好以下几点：①在进行水泥搅拌桩搭接时，应保证搭接长度大于 200mm ，且搭接面积应当大于设计面积 15% ；②施工过程中，应将水泥搅拌速度控制在 $20 \sim 30\text{r}/\text{min}$ 、水泥掺量控制在 $300\text{kg}/\text{m}^3$ 、提升速度应当控制在 $8 \sim 10\text{cm}/\text{min}$ ；③ SMW 工法应用时，施工人员必须对水灰比进行严格控制，确保水泥混合料中加入适量的减水剂与防裂纤维，以此提升水泥土的整体稳定性；④为能够充分发挥出该工法的应用优势，可采取分段式搅拌措施，这样可避免单次成桩深度过大，影响基坑支护的整体效果；⑤为防止水泥土搅拌墙作业过程中出现离析情况，应当均匀搅拌；⑥在 SMW 工法应用后，应当做好养护工作，使得水泥土得到充分的固结，使其桩体强度能够达到 15MPa 。

2.5 高压注浆处理

施工人员为能够利用高压注浆处理方案，有效提升基坑支护的稳定性，规避地下水的危害，应根据施工技术要求，加强高压注浆处理工艺细节的管理。首先是将水与普通硅酸盐水泥按照 $8:1$ 比例进行混合，从而制备出水泥浆。而后则是进行注浆布置，基于

基坑支护的地质勘察报告，分析土层的实际情况，进而合理确定注浆点的具体空间位置，形成注浆点网格，实现对施工区域的覆盖^[4]。最后是加强对注浆压力与浆液强度的管理，为确保基坑支护稳定性，一般应将注浆压力控制为 2MPa ，注浆浆液的强度控制为 25MPa 。

2.6 地下连续墙支护处理

地下连续墙在基坑支护中应用较为广泛，此法可很好地防范地下水危害，保证地基项目建造质量。为能够充分发挥出此法的应用优势，施工人员需做好以下几点：①确保混凝土强度等级始终不低于 C30，且混凝土的水灰比控制为 $0.45 \sim 0.55$ ；②为防范接缝位置出现地下水渗漏问题，需要对接缝进行凿毛、清理、涂抹环氧树脂，并根据施工要求埋设厚度不小于 3mm 的止水钢板；③在施工缝清洁处理时，应当均匀涂抹黏结剂，并设置防水止水带；④施工人员在槽段间进行注浆加固时，需要将注浆压力控制在 $0.3 \sim 0.5\text{MPa}$ ；⑤一般情况下地下连续墙成槽后，应确保其垂直偏差控制在 $1/300$ 以内，以避免槽壁出现超挖欠挖等问题；⑥在混凝土浇筑施工作业时，应当采取导管法浇筑作业，并对其进行振捣，以保证混凝土的密实度，避免地下连续墙出现质量病害，影响到地下水危害防控效果。

2.7 排桩施工处理

排桩施工作业时，为充分发挥该技术方案的应用优势，施工人员需要根据基坑排桩支护的设计空位，合理布置钻机导轨，从而借助钻机进行成孔作业。为避免在成孔作业过程中出现坍塌问题，影响到后续的支护施工，应展开泥浆护壁管理，保证成孔的质量与安全。待成孔后，施工人员需要及时清孔，而后注入已经制备的混凝土，最终形成排桩。在混凝土灌注作业开展后，工作人员需要在排桩的顶部设置冠梁，使得排桩能够连接为一个整体，提升基坑支护结构的整体稳定性。另外，在部分复杂地质环境下，为应对多含水层的挑战，技术团队应用排桩施工技术方案时，不仅设置了冠梁，同时在排桩之间设置相应的腰梁与支撑结构，以形成复合支护体系，实现对地下水危害的有效防范^[5]。

2.8 锚杆施工处理

在部分特殊的地基项目施工时，为保证基坑支护效果，技术人员采取锚杆支护的技术方案，为充分发挥此技术的应用优势，需做好以下几点：一是在测量锚杆孔位时，为精准获取孔位，可利用激光测距仪进行作业；二是在钻孔作业时，施工人员必须将孔深度与直径的偏差，严格控制在 $\pm 0.5\text{mm}$ ；三是锚杆施工

作业时,为保证施工作业的质量与效果,应当搭建生产工艺作业平台,并在确定承载体的具体位置后进行锚杆压制,发挥出锚杆施工的优势,避免基坑在地下水的作用下出现滑移变形;四是在锚杆安装作业后,需要根据施工技术规程进行注浆加固,待注浆材料固化后,可进行锚固张拉锁定;五是鉴于锚杆施工作业技术的特殊性,施工人员需要对锚杆进行预应力处理,借助专业的锁止装置实现对预应力的精准控制,避免预应力过小或过大,影响到锚杆支护的整体效果。

3 基坑支护施工中地下水渗漏的监测与应急处置探讨

3.1 渗漏水监测方法与布置要求

基坑支护施工过程中,为避免地下水渗漏影响支护结构的稳定性,必须做好渗漏水监测工作。如进行目测观察时,需评估支护结构表面的渗水情况,及时查明渗漏点、强度与范围,确保及时发现及时处理。而工作人员采用流量计量法对排水沟、集水井进行监测时,可利用水位计测量出渗水量,客观评估出地下水对支护结构产生的危害。为保证监测效果,工作人员需根据基坑支护方案中的地下水危害防护要求,进而在管线穿墙、地下连续墙接缝、止水钢板等位置设置监测仪器,实时了解地下水的渗漏情况,确保第一时间发现隐患并消除,避免出现严重的施工事故。

3.2 应急堵漏材料与工艺

当工作人员发现基坑支护结构中的地下水渗漏问题时,需要采取合适的堵漏方案,避免渗漏问题的加剧。一般基坑支护的地下水渗漏问题解决时,常用以下几种堵漏材料,分别是聚氨酯泡沫、膨胀止水剂、速凝水泥。比如,在对裂缝性渗漏点处理时,可采用速凝水泥进行堵漏。在部分特殊的渗漏情况进行化学处理时,可采取双液注浆工艺方案,从而对堵漏点进行有效处理。若采取物理堵漏方案,可利用止水带、楔形塞进行封堵,使得封堵材料与基坑支护结构的基体紧密结合,从而形成止水层,防止渗漏面积扩大。若工

作人员发现大面积渗漏,影响到基坑支护的稳定性与可靠性,工作人员需采取止水帷幕的处理方案,消除基坑支护的结构稳定性。

3.3 渗漏水应急处置要点

鉴于基坑支护渗漏问题特殊性,在对渗漏点进行应急处置时,工作人员需要遵循“先排后堵、分步实施、持续监测”的核心原则,客观评估基坑支护结构的渗漏实际情况,从而采取最佳的处置对策。比如,渗水量 $< 0.5\text{L/min}$ 时,应优先采取表面封堵的技术方案;当渗水量处于 $0.5 \sim 2\text{L/min}$ 时,技术人员需使用专业的堵漏材料与注浆方案进行处置;当渗水量 $> 2\text{L/min}$ 时,技术人员应采取降水减压、帷幕加固等多种方案,消除地下水的危害。

4 结语

综上所述,文中以基坑支护施工中地下水控制为例,重点阐述了地下水控制对支护稳定性的影响与相关防控对策,旨在说明加强基坑支护施工中地下水控制的重要性与必要性。在今后的基坑支护施工过程中,为确保支护稳定性,工作人员需不断总结地下水控制的有关经验,围绕基坑支护项目施工要求,编制科学严谨的施工组织技术方案,做好地下水危害的防控,为工程的整体建设与稳定运行提供安全保障。

参考文献:

- [1] 李伟,徐大伟.考虑地下水影响的基坑边坡土钉墙支护效果研究[J].砖瓦,2025(5):91-94.
- [2] 赵秋阳.深基坑施工中地下水位波动对安全性的影响分析[J].漫科学(科技应用),2025(4):64-66.
- [3] 王金伦,刘慧敏,樊晨光.考虑地下水影响的基坑边坡土钉墙支护效果研究[J].河南科技,2024,51(19):54-58.
- [4] 李筱晴.高地下水条件下砂卵石地层基坑施工控制技术[J].科技与创新,2025(2):23-26.
- [5] 李金龙,武伟,汪太溢,等.多含水层体系下基坑支护施工技术研究[J].粉煤灰综合利用,2025,39(1):60-64.