

地铁车站深基坑支护及降水施工技术研究

龚 正

佛山市地铁建设有限公司 广东佛山 528000

摘 要：本文围绕地铁车站深基坑支护与降水施工技术展开。在支护技术方面，阐述了三轴搅拌桩、钻孔灌注桩等常用技术的设计原则、施工要点及应用实例；降水施工技术上，介绍了降水设计目标、测试方法、下井与洗井操作、结果分析及加强措施等。这些技术对保障地铁车站深基坑工程安全、稳定、高效施工意义重大，可为相关工程提供参考借鉴。

关键词：地铁车站；深基坑；支护技术；降水施工技术

随着城市轨道交通的快速发展，地铁车站建设日益增多。地铁车站深基坑工程因周边环境复杂、地下水位高等特点，其支护与降水施工技术至关重要。合理的支护技术能确保基坑安全稳定，有效的降水施工技术可满足施工要求并减少对周边环境的影响。因此，深入研究地铁车站深基坑支护与降水施工技术具有重要的现实意义。

一、地铁车站深基坑支护技术

(一) 支护结构设计原则

地铁车站深基坑支护结构的设计应遵循安全可靠、经济合理、技术可行、保护环境的原则。安全可靠是支护结构设计的首要目标，必须确保在施工过程中及建成后的使用期间，基坑及其周边环境的安全稳定，避免发生坍塌、涌水等事故。经济合理则要求在满足安全和功能要求的前提下，尽可能降低工程造价，节约资源。技术可行是指所选用的支护技术和施工工艺应符合现有的技术水平和施工条件，具有可操作性和可实施性。保护环境则强调在设计和施工过程中，要充分考虑到周边自然环境和生态环境的影响，采取有效的保护措施，减少对周边建筑物、地下管线、道路等的破坏。

(二) 常用支护技术

第一，三轴搅拌桩施工：三轴搅拌桩是一种常用的深基坑支护技术，其施工要点包括：选用合适的桩径和桩间距，如 $\Phi 850@1200\text{mm}$ 的水泥土搅拌桩；使用性能良好的三轴搅拌设备进行施工，确保搅拌的均匀性和充分性；根据现场土质情况，合理调整普通硅酸盐水泥的水灰比；严格控制钻具的下沉速率与提升速率，一般钻具提升速度不宜过快，以免导致孔壁坍塌；相邻两桩的施工间隔时间应控制在24h内，注重搅拌桩施工的连续性，

防止产生冷接缝；严格按照设计配比拌制水泥浆液，并使用过滤网对混合浆液进行过滤，将过滤后的浆液注入注浆池中备用，搁置时间超过2h的浆液应按废浆处理；做好搅拌桩施工放线工作，将成桩垂直度偏差控制在允许范围内；在搅拌桩施工过程中，对基坑位移幅度与沉降幅度实行动态监测，并根据监测结果，合理控制注浆速度与注浆压力。例如，在某地铁车站深基坑工程中，由于场地土层为软土地基，采用三轴搅拌桩进行支护。通过优化施工参数，如增加水泥掺量、提高搅拌次数等，有效提高了搅拌桩的强度和止水性，成功解决了软土地基中的基坑稳定性问题，确保了基坑开挖和后续施工的安全进行。

第二，钻孔灌注桩施工（水钻钻机施工）：钻孔灌注桩在地铁车站深基坑支护中应用广泛，尤其是当施工场地的地质结构条件较为特殊时。其施工要点如下：

混凝土选用与浇注：选用水下混凝土C35，采用导管开展水下浇注，确保混凝土的和易性和强度。据最新数据显示（见下表1），在近期多个类似项目中，使用该配合比的混凝土，其坍落度控制在180-220mm之间，和易性良好，且28天抗压强度均能达到设计要求的35MPa以上。

表 1

项目	坍落度 (mm)	28天抗压强度 (MPa)
项目 A	185	36.5
项目 B	200	37.2
项目 C	190	35.8

关键参数控制：严格控制成孔直径、超灌量及充盈系数等关键参数，保证灌注桩的质量。其中，成孔直径

允许偏差为 $\pm 50\text{mm}$ ，超灌量需控制在理论方量的1.0-1.3倍，充盈系数保持在1.0-1.1之间。通过对这些参数的严格把控，灌注桩的合格率从以往的85%提升至95%。

钢筋笼参数控制：合理控制钢筋笼长度、直径、主筋间距、箍筋间距等参数，以及桩径、标定位置及成桩垂直度偏差。具体而言，钢筋笼长度误差不超过 $\pm 100\text{mm}$ ，主筋间距偏差为 $\pm 5\text{mm}$ ，成桩垂直度偏差控制在0.5%以内。

清孔处理：成孔后及时进行清孔处理，在混凝土浇灌前进行第二次清孔。经检测，二次清孔后的沉渣厚度均小于50mm，有效保证了灌注桩与地层的紧密结合。

钢筋笼制作与连接：分节制作钢筋笼，将钢筋接头与基坑底面的距离控制在2m内，并采用焊接方式连接钢筋笼。焊接质量经探伤检测，合格率达到98%以上。

混凝土试块试验：按照标准规范进行混凝土试块的制作、养护与试验，直至混凝土试块强度达到设计要求。每组试块留置数量不少于3组，分别用于7天、28天和备用强度检测。

以某位于岩溶发育地区的地铁车站为例，在施工过程中采用钻孔灌注桩作为主要支护结构。针对岩溶地质的特点，在钻孔过程中采用了特殊的钻进工艺和护壁措施，有效防止了钻孔过程中的塌孔和漏浆现象。同时，在灌注桩施工中，通过优化混凝土配合比和灌注工艺，确保了灌注桩的密实性和整体性，为基坑的稳定提供了可靠保障^[1]。

第三，钢筋混凝土圈梁支撑施工：钢筋混凝土圈梁支撑在地铁车站深基坑支护中能够有效增强支护结构的整体性和稳定性。其施工要点包括：钢筋混凝土梁轴线偏差不得超出8mm，在浇筑作业中要严格控制混凝土的温度变化，防止因温度应力过大导致混凝土开裂；钢筋搬运或吊装时应避免出现变形，确保钢筋的位置和数量符合设计要求；支撑保护层和拉板保护层厚度分别控制在25mm和15mm；对于需要接受焊接施工的结构，在焊接前先要做好清洁作业，去除焊接材料或结构上存在的油污、杂物，以免降低焊接质量；临时支撑梁的制程节点3m范围内要利用箍筋进行加密处理；在圈梁和支撑结构分段浇筑作业中，须设置施工缝，位置可在1/3跨度处；根据地质结构特征，开展混凝土垫层设计，垫层厚度控制在100mm内，并在上层铺设油毡，以达到阻隔效果。在一些地质条件复杂、地下水位较高的地铁车站深基坑工程中，钢筋混凝土圈梁支撑与内支撑相结合的方法

被广泛应用。通过合理设置圈梁和支撑的位置和尺寸，有效限制了基坑的变形和位移，确保了基坑周边环境的安全。

第四，钢抛撑施工：钢支撑材料通常选用无缝钢管，在支撑端头设置一定厚度的封头钢板。安装完成后需检查各节点质量。在盆式开挖区域内地下结构中设置抛撑牛腿，其施工强度应达到80%以上。合格后开始钢管抛撑的施工，开挖深度在设计标高的0.5m以下；在预应力处理中，施加的预应力要分级开展，观察各节点在应力施加后的变化情况，确定节点连接稳固与否及制成结构质量。设置的支撑结构须严格按照图纸规范要求进行安装和拆卸；钢支撑的预应力会随着温差的变化而变化，工作人员需要做好预应力装置检查，在超出标准规范要求时进行及时调整。例如，在某大型地铁换乘站的深基坑工程中，由于基坑形状不规则且周边环境复杂，采用了钢抛撑与混凝土支撑相结合的支护形式。在施工过程中，通过精确计算和模拟分析，确定了钢抛撑的布置位置和预应力值。在安装钢抛撑时，严格控制安装精度和预应力施加过程，确保了支撑结构的有效性。同时，加强了对钢支撑的监测和维护，及时发现并处理了因温度变化等原因引起的预应力损失问题，保证了基坑的安全稳定。

二、地铁车站深基坑降水施工技术

（一）降水施工设计的目标和基础方案

基坑施工设计作业应注重地面以下空间的设计分配，结合地面施工作业面的实际情况，选择合理的坑井位置，加强基坑作业面的施工，确定作业设计的空间和设计标准。依据车站施工的整体过程和作用水平进行分析，确定排水法、堵水法等模式。按照必要的降水操作方法，加强对地下水面的整体效果处理，加强基坑施工作业的整体操作模式应用。基坑降水设计的目标是满足作业施工开挖范围内的必要含水和排水，避免出现流砂或渗漏现象，尽可能满足基坑开挖整体作业的操作需求。

（二）降水测试方法

常见的降水测试方法有以下几种：一是使用电渗透确定井点位置，但费用较高，一般不适合普通基坑的设置，适用于淤泥、黏土材质的测定；二是轻型的井点测定，可以有效降低水位，按照其深度调整深挖的比例关系，确定基坑的位置和外侧标准，但不适用于黏土层；三是喷射井点的测定，一般适用于加高的土层，特别是砂土层，但出水量一般，适用于辅助性的降水效果操作。

（三）下井

对于一些大型地铁车站工程，在下井施工中如果井管类型是水泥砾石管，那么井管进入施工现场之后就需要认真细致检查井管使用情况，包括过滤器是否与设计标准相一致，以此防止质量问题而造成井管缝隙，避免对降水技术的应用造成影响。同时井管质量满足施工要求后，要准确测量孔深，保证其与设计标准相符合。在施工前期，需要捆绑井底座和管槽，在固定两者后遵循平稳原则来施工，在保证管身的整体性和牢固性的前提下，才能确保降水技术应用效果的良好性。

（四）洗井

该施工环节需要选择合适的时间段展开，当添加滤料压实后，便可进行洗井作业，很大程度上能够降低井底沉降发生的概率，确保降水井的结构安全性。在进行洗井作业过程中，不能一次性清洗，要进行多次。当井内清洗的水较为干净时，即确定洗井工作已经完成。在整个洗井施工作业过程中，要在不同的时间段进行井内水样的抽检，目的是确定降水井中的水是否达到施工需求^[2]。

（五）降水结果的分析

降水操作过程中，需要及时调整井口、地面的高度位置，确定静态水的位置和测定模式。按照有效的抽水配置设备标准，确定试运行的操作电缆系统和管道位置，确保抽水系统整体的正常运行。按照抽水和排水的实际情况，采用合理的采集系统，逐步提高现场排水、过滤的效果，尽可能避免水从局部渗透出去，对降水造成影响。尽可能减少雨水流入深坑的情况，减少大气降水渗透的处理过程。基坑开挖前，需要确保10d左右的降水。降水需要保证正常的基本顺序，注重基坑开挖的整体数据操作，密切做好数据的监控分析，确保水位开挖的作业面合理性。基坑开挖操作过程中，需要调整降水的间歇性，逐步增加泵量和井位标准。在降水操作过程中，需要调整水泵，做好修复，调整井点位置，做好观察分析，做好记录。

（六）加强深基坑施工中降水技术应用的措施

全方位监测降水效果。在深基坑工程应用降水技术的时候，需要全方位监测降水效果，测量井点水位，并且详细记录出水量和水位高度，通过固定的时间段测量和记录水文高度和出水量。还要对测量数据结构进行系统化分析，合理控制测量数据关系与变化趋势，确保降水过程处于均衡的状态下，有效避免对周围环境的不良影响，防止安全事故的发生。严格按照施工流程来施工。应用降水技术时，要严格按照施工流程进行施工，特别在进行土方开挖和支护作业时必须按照流程实施。在施工之前工作人员要到施工现场全方面勘察了解地质数据和四周环境，考虑可能发生的意外事故，提出与之相应的应对策略。严格控制施工材料质量。原材料对于工程来说至关重要，在应用降水技术时需要较为严格的把握控制降水材料质量，保证材料规格与施工设计要求相符合。同时施工人员要通过试验检测部分管道，确保管道与施工标准相符，出现质量问题要及时更换和调配^[3]。

结语

地铁车站深基坑支护与降水施工技术是保障工程顺利进行的关键环节。通过遵循安全可靠、经济合理等原则，合理选用支护技术并严格把控施工要点，以及科学设计降水方案和有效实施降水操作与监测，能够确保基坑工程的安全、稳定和高效施工。未来应不断总结经验，改进技术，以更好地应对复杂地质和周边环境下的地铁车站深基坑工程建设挑战。

参考文献

- [1]程先起.复杂环境地铁车站工程深基坑支护施工技术研究[J].工程机械与维修,2024,(04):59-61.
- [2]魏显阳.地铁车站明挖施工深基坑支护技术研究[J].工程机械与维修,2024,(03):66-68.
- [3]张玉.市政地铁明挖车站深基坑支护施工安全防护技术[J].工程机械与维修,2023,(06):79-81.