地铁地下车站基坑施工关键技术探讨

齐东武

中铁第六勘察设计院集团有限公司　广东　广州　510000

摘　要：城市地铁车站深基坑施工处于复杂城区环境，地质条件与周边构筑物会持续制约施工开展。文中围绕基坑工程基础特性，系统梳理支护结构、开挖降水、安全防控三类核心施工工艺，细化地下连续墙、桩锚支护、分层开挖及应急防护等关键技术要点。针对城区基坑施工形变、渗水、土体失稳等常见问题，梳理标准化施工管控方式，规范现场作业流程，可为城市地铁基坑现场施工提供可靠的技术参考与实操依据。

关键词：地铁车站；深基坑；支护施工；开挖降水；施工防控

引言：城市轨道交通建设规模持续扩张，地下车站基坑施工成为轨道交通工程建设的核心环节。城区施工场景具备场地狭小、地层复杂、地下管线密集的显著特征，土体扰动、地下水作用及结构形变等问题，都会直接影响基坑施工质量与现场安全。为适配复杂城区施工工况，规范基坑施工各项核心工序，把控各类施工技术的应用要点，依托基坑工程施工特性，系统探究各类关键施工技术的实操应用，助力提升地铁基坑施工的整体稳定性与规范性。

1 地铁车站基坑工程基础特性

1.1 地铁基坑工程施工特点

城市地铁地下车站基坑多坐落于城区核心地段，施工区域周边建筑密度较高，地下管线排布错综复杂，施工作业可利用的空间范围相对狭窄。基坑开挖深度普遍处于较大数值，土体开挖体量庞大，地层结构分布具备明显的复杂性，软土、砂层等不良地质土体广泛分布，土体稳定性偏弱，外界环境变化极易引发土体结构产生位移形变。城市轨道交通基坑施工整体周期较长，露天作业时长充足，温湿度、降水等自然环境因素会持续影响施工全过程的土体状态与结构稳定性。

1.2 地铁基坑施工核心控制要点

地铁基坑施工需兼顾结构施工质量与周边城市设施的安全稳定性，施工全过程需保持高精度的作业标准。土体开挖、支护搭建、降水作业等多道工序交叉开展，各道施工工序的衔接紧密，施工整体系统性与整体性较强。现场施工管控需聚焦地层形变、地下水渗透、结构受力变化等核心内容，通过规范化作业管控规避施工隐患。施工开展过程中需持续维持基坑结构的受力平衡，把控地层扰动范围，保障城市地下空间开发施工的有序推进。

2 地铁车站基坑支护施工关键技术

2.1 地下连续墙施工技术

地下连续墙是地铁深基坑施工的核心支护结构形式，凭借优良的挡土、止水与承重性能，适配多数复杂城区地层的基坑施工场景。施工开展前期需完成场地平整与槽段定位作业，依托专业成槽设备完成土体切削挖掘，严格把控槽段的宽度、深度与垂直度参数，规避槽壁坍塌、土体塌落等施工问题。槽段成孔作业完成后，需及时开展清底处理，清除槽内悬浮泥沙与沉淀土体，保障后续墙体浇筑的密实度。钢筋笼按照施工设计参数整体加工制作，通过吊装设备平稳下放至槽段内部，把控钢筋笼的安放位置与间距参数，杜绝偏移、倾斜等问题。水下混凝土浇筑作业采用连续灌注的作业模式，把控混凝土浇筑速度与浇筑量，保障墙体结构整体均匀性，提升地下连续墙的整体防渗与承载能力[1]。墙体成型后可与基坑主体结构形成统一受力体系，有效抵御外侧土体压力与地下水压力，限制基坑侧壁土体形变。

2.2 桩锚支护施工技术

桩锚支护技术广泛应用于中等深度地铁基坑施工，适配土质均匀、地层承载力良好的施工场地，整体施工成本可控，场地适配性较强。支护桩施工采用钻孔灌注桩作业工艺，按照设计点位精准定位钻孔位置，利用钻机逐层钻进成孔，根据地层硬度调整钻进速率，避免钻孔孔径偏差、孔壁破损等问题。钻孔作业达标后开展孔底清渣作业，下放钢筋笼并完成混凝土灌注，养护成型后的支护桩可形成连续挡土结构，承担基坑侧壁的土体荷载。锚杆施工环节需在支护桩成型并达到预设强度后开展，依托钻孔设备在桩体指定位置钻进锚杆孔，清理

孔内杂物后植入锚杆体，通过高压注浆设备完成水泥浆灌注，让锚杆与周边土体充分结合固化。锚杆张拉作业需遵循分级张拉的作业原则，精准控制张拉应力，让支护桩与锚杆形成协同受力结构，有效约束基坑侧壁土体位移，提升基坑整体支护稳定性。

2.3 内支撑体系施工技术

桩锚支护技术广泛应用于中等深度地铁基坑施工，适配土质均匀、地层承载力良好的施工场地，整体施工成本可控，场地适配性较强。支护桩施工采用钻孔灌注桩作业工艺，按照设计点位精准定位钻孔位置，利用钻机逐层钻进成孔，根据地层硬度调整钻进速率，避免钻孔孔径偏差、孔壁破损等问题。钻孔作业达标后开展孔底清渣作业，下放钢筋笼并完成混凝土灌注，养护成型后的支护桩可形成连续挡土结构，承担基坑侧壁的土体荷载。锚杆施工环节需在支护桩成型并达到预设强度后开展，依托钻孔设备在桩体指定位置钻进锚杆孔，清理孔内杂物后植入锚杆体，通过高压注浆设备完成水泥浆灌注，让锚杆与周边土体充分结合固化。锚杆张拉作业需遵循分级张拉的作业原则，精准控制张拉应力，让支护桩与锚杆形成协同受力结构，有效约束基坑侧壁土体位移，提升基坑整体支护稳定性。

3 地铁车站基坑开挖与降水关键技术

3.1 分层分段开挖施工技术

分层分段开挖施工技术是保障地铁基坑施工安全的核心工艺，可有效降低大面积土体开挖引发的地层扰动，维持基坑结构受力稳定。基坑开挖作业严格遵循分层分块、由上而下、逐层开挖的作业原则，结合基坑深度、地层条件与支护结构布设情况，划分合理的开挖层级与开挖区块。每层开挖深度严格贴合施工设计标准，杜绝超挖、欠挖等不规范作业行为，避免土体应力骤然释放引发基坑侧壁坍塌、基底隆起等隐患。分段开挖模式可以缩小单次土体开挖的作业范围，让支护结构可以及时跟进施工，缩短土体裸露的时长[2]。开挖作业过程中持续观测基坑侧壁土体状态、支护结构形变情况，根据现场地层变化微调开挖速率与作业范围。软弱土层区域需缩减单层开挖厚度，放缓开挖进度，搭配轻型支护作业保障土体稳定性。开挖产生的土体及时清运出场，规避基坑内部堆载过大引发的基底受力形变问题，保持基坑作业面的整洁规整。科学化的分层分段开挖模式可以实现土体应力的平稳释放，弱化开挖扰动对周边地层的传导作用，适配城区复杂地质与密集构筑物的施工环境，为后续支护、降水等工序提供稳定的作业基础。

3.2 基坑土方高效清运技术

基坑土方高效清运技术直接影响地铁基坑整体施工进度，规范的清运作业流程可以减少施工工期损耗，规避土方堆积带来的施工隐患。土方清运作业需结合基坑开挖节奏制定系统化作业方案，匹配开挖作业的施工节奏，实现土体开挖与土方清运的有序衔接。基坑浅层土方可通过常规土方运输设备直接转运，深层基坑土方需借助垂直运输设备完成土体提升，搭配水平运输车辆完成场外清运。作业现场规划固定运输通道，保障运输设备通行顺畅，减少设备停滞等待的时长，提升土方转运效率。施工人员实时把控土方运输体量，根据每日开挖工程量调配运输设备，避免土方堆积在基坑作业面。清运作业过程中同步做好场地清理工作，及时平整作业场地，保障后续开挖与支护作业的顺利开展。城区施工场地受限情况下，需合理规划土方临时堆放区域，严控堆放高度与堆放体量，降低场地堆载对基坑基底稳定性的影响。合理的土方清运规划能够规避场内土体积压造成的荷载增量，维持基坑作业环境的稳定性，有效提升整体施工工序的衔接效率。

3.3 基坑降水与止水施工技术

基坑降水与止水施工技术可以有效消除地下水对地铁基坑施工的不利影响，维持基坑内部干燥作业环境，提升土体结构稳定性。地下水丰富的基坑场地优先采用井点降水工艺，根据基坑尺寸、地下水位高度与土层渗透系数，合理布设降水井与观测井的位置与数量。降水井成井作业完成后，布设抽水设备，持续抽取基坑内部地下水，逐步降低基坑周边地下水位，让作业面土体含水率降至施工标准范围。粉质黏土、淤泥质土等渗透性较弱的地层，采用轻型井点降水模式即可满足施工需求，砂卵石等高渗透地层需搭配深井降水工艺，强化降水作业效果。止水施工依托止水帷幕、槽段密封等工艺阻断地下水渗透通道，地下连续墙、搅拌桩帷幕可有效阻隔外侧地下水，规避基坑侧壁渗水、管涌等问题。基坑基底区域可通过注浆止水工艺填充土体缝隙，封堵地下水渗透路径，杜绝基底渗水、土体软化等施工问题。降水与止水作业全程保持动态管控，根据地下水位变化调整抽水频次与设备运行参数，持续维持基坑土体的稳定状态[3]。地下水的有效管控可以避免土体遇水软化、强度衰减的问题，大幅降低深基坑渗漏、突水等高危险情的发生概率，为基坑施工提供基础安全保障。

4 地铁车站基坑施工防控关键技术

4.1 基坑变形防控施工技术

基坑变形防控施工技术围绕基坑侧壁、基底与周边土体的形变管控展开，通过标准化施工操作抑制基坑施工过程中的各类形变问题。基坑开挖阶段的土体应力重构是引发结构形变的核心诱因，分层开挖、及时支护的作业模式可以有效缓解应力释放带来的形变影响。支护结构施工过程中严格把控施工精度，保障支护构件贴合土体表面，减少支护间隙引发的局部土体形变。钢支撑预加轴力作业精准落实设计参数，弥补土体前期形变产生的结构间隙，约束基坑侧壁的侧向位移。基底形变防控需严控开挖深度，杜绝超挖扰动基底原状土体，开挖至设计标高后快速开展后续垫层施工，缩短基底土体裸露时长。软土场地基坑需强化基底防护措施，通过土体加固工艺提升基底土体刚度，抵御土体隆起形变。施工过程中持续把控施工荷载，严控基坑周边堆载体量与施工设备作业范围，避免附加荷载引发的基坑不均匀形变。精细化的形变防控作业能够适配城区地铁基坑高精度施工要求，规避微小形变持续累积引发的结构安全隐患，保障基坑整体施工周期内的结构稳定。

4.2 周边土体及构筑物防护技术

周边土体及构筑物防护技术可以降低地铁基坑施工对城区既有设施的扰动，维持周边环境的稳定状态。基坑施工会改变原有地层应力分布，引发周边土体沉降、位移等变化，临近建筑、市政管线、道路设施会受到不同程度的影响。施工前期排查基坑周边各类构筑物的分布位置、结构类型与使用状态，结合构筑物防护等级制定针对性防护方案。临近老旧建筑区域可通过土体加固、增设防护支护结构的方式，缩小地层扰动范围，阻断形变传递路径。地下管线防护需根据管线材质、管径与埋深，划定专属防护区域，严控区域内施工作业强度，避免机械作业触碰、扰动管线结构。基坑外侧土体可通过注浆加固、增设隔离桩等工艺，提升土体整体性，减少土体沉降与位移幅度[4]。道路周边基坑施工需严控施工振动与土体形变，保障道路平整度与通行安全性，规避路面开裂、沉降等病害问题。针对性的防护技术可以最大限度弱化基坑施工对城市既有基础设施的负面影响，兼顾施工推进与城市设施正常运行。

4.3 深基坑施工应急处置关键技术

深基坑施工应急处置关键技术用于应对基坑施工过程中的突发安全隐患，快速处置各类险情，规避安全事故扩大蔓延。基坑施工常见突发隐患包含侧壁渗水、土体坍塌、基底隆起、支护结构形变异常等类型，各类隐患的发展速度较快，对施工安全的影响程度较高。施工前期搭建完善的应急处置体系，明确各类险情的处置流程与作业标准，配备对应的应急物资与施工设备。发现基坑侧壁轻微渗水问题时，及时通过封堵注浆、补强止水帷幕的方式阻断渗水通道，避免渗水持续冲刷土体引发管涌、流沙等隐患。监测数据显示支护结构形变速率超标时，立即停止周边开挖作业，增设临时支撑结构，加固支护体系，稳定基坑结构状态。遇到局部土体塌落险情时，快速清理松散土体，通过喷射混凝土、增设支护构件的方式封闭作业面，遏制险情扩散。现场施工人员熟练掌握各类应急作业流程，险情出现后快速开展处置作业，最大限度降低险情对基坑结构与周边环境的破坏程度，保障深基坑施工的整体安全性。成熟的应急处置技术可以有效应对复杂地层与城区环境带来的不确定施工风险，补齐深基坑施工的安全管控短板，构建全方位的施工安全防护体系。

结束语：地铁地下车站基坑施工是一项系统性极强的地下工程作业，各类核心技术的规范应用是保障施工安全与质量的核心前提。通过梳理支护、开挖、降水及安全防控的技术要点，明确不同工况下施工工艺的适配标准与操作规范。严格落实精细化施工管控模式，规避基坑形变、渗漏、土体坍塌等施工隐患，能够有效提升城区地铁基坑工程的施工质量，为同类城市地下轨道交通基坑项目建设提供成熟的技术借鉴。

参考文献

[1] 马振谱. 复杂条件下地铁车站深基坑施工的关键技术 [J]. 建筑与施工,2025,4(5)：172-174.

[2] 赵建龙. 地铁车站深基坑工程施工技术与安全风险控制研究 [J]. 砖瓦世界,2024(7)：19-21.

[3] 郑亚楠, 丁春林, 杨新安, 等. 软土地层新建地铁车站深基坑开挖施工对邻近既有运营车站的影响 [J]. 城市轨道交通研究,2026,29(7)：66-72,80.

[4] 高波, 陈理平, 朱海军, 等. 顺逆组合施工下超深基坑变形特性及其对邻近地铁车站的影响研究 [J]. 工程勘察,2026,54(9)：1-8.