

# 复杂地质条件下深基坑支护施工技术优化研究

费明飞

南京旅游职业学院 江苏 南京 211100

**【摘要】**：复杂地质条件对于深基坑支护施工技术的要求也提高了。深入探究深基坑支护施工技术的改良，可以改善施工的安全性和效率。从支护结构选型、施工工艺参数调整、监测体系完善等几个方面展开优化探索，剖析不同复杂地质条件下适用的策略，从而减小施工风险，保证工程质量，给类似工程赋予有价值的参考。

**【关键词】**：复杂地质条件;深基坑支护;施工技术优化

DOI:10.12417/2811-0536.26.09.034

## 引言

在建筑工程领域，深基坑施工是关键环节。伴随着城市建设的不断发展，越来越多的工程面临着复杂的地质条件。复杂地质如软土、岩石等，给深基坑支护带来诸多困难。传统的支护技术在复杂的地质条件下会存在稳定性不够、施工效率低等问题。因此，在复杂的地质条件下对深基坑支护施工技术进行优化研究有重大的现实意义。通过优化技术可以提高工程质量、降低成本、缩短工期，保证施工安全。

## 1 复杂地质条件分析

### 1.1 软土地质特性及影响

软土是深基坑工程中分布范围较广的不良地质类型，土体天然含水率高、孔隙比大，整体抗剪强度和承载力低，土体自身固结周期长，在外力扰动作用下很容易产生流变和不均匀沉降。基坑开挖作业破坏了原有的地层应力平衡，软土地层失去侧向土体约束之后容易产生大面积的侧向位移，造成基坑侧壁滑移和坑底隆起等病害。软土渗透系数小，地下水排泄慢，降水工作不能迅速排干坑内积水，积水长时间滞留会削弱土体力学性能，加重支护结构的受力负担。大面积软土地层会造成周边地表连续沉降，给基坑临近建筑物地下管线带来安全隐患，常规支护结构在软土中很难保持稳定，是深基坑施工必须面对的地质类型。

### 1.2 岩石地质特性及影响

岩石地层整体结构强度高、压缩性低、土体沉降变形风险远低于软土地层，但是岩体质地坚硬会大大提高基坑开挖和破除作业的施工难度。完整的基岩地层岩体整体性好，可以给支护结构提供稳定的受力基础，风化岩层节理裂隙发育明显，岩体被裂隙分割成零散的块体，整体稳定性大大降低，裂隙内部容易富

集地下水，水体顺着裂隙不断渗透会逐渐侵蚀岩体结构，诱发局部岩体脱落和滑塌。岩层面分布走向会改变基坑侧壁受力传递路径，顺层分布的岩体在开挖卸荷后容易沿层理面滑动，硬质岩石还会增大支护桩钻孔锚杆成孔的施工阻力，增加工序作业时间，不同风化程度的岩石地层具有不同的工程风险，对支护形式和施工工艺提出不同的要求。

### 1.3 其他复杂地质特性及影响

除软土和岩石地层外，碎石土回填土、多层地层交错分布的地质情况也会给深基坑施工造成诸多困难。碎石土颗粒间隙大、结构松散，颗粒之间咬合作用弱，基坑开挖后侧壁土体整体性差，容易出现局部塌落，地层透水性强，地下水渗透速度快，常规止水措施难以形成连续有效的隔水屏障。人工回填土层成分杂乱、密实度不均，各个区域土体的承载力不一样，容易造成支护结构受力不平衡，从而引起支护体系倾斜变形。部分工程场地存在土层岩层交错分布的复合地层，上部为软弱土体，下部为坚硬基岩，地层力学参数随深度变化而变化，应力分布复杂多变，支护结构要同时应对土体变形和岩体滑移两种风险，地质条件的多样性又加大了深基坑支护设计和施工的难度。

## 2 深基坑支护技术现状

### 2.1 常见支护技术类型

目前我国深基坑工程中应用的主流支护技术主要有排桩支护、地下连续墙、土钉墙和锚杆支护等，不同的技术依靠自身的特点适应不同的基坑规模和地质条件。排桩支护依靠刚性桩体形成连续的防护体系，整体刚度大，可以抵抗侧向土体压力，在中等深度基坑和软土地层中应用较多。地下连续墙具有支护和止水双重作用，墙体整体性好、抗渗性能好，多用于周

边环境复杂、开挖深度大的大型基坑工程。土钉墙依靠土体和土钉的咬合作用来加固侧壁土体，施工过程简单，作业成本低，更适用于开挖深度小、地质条件较好的基坑工程。锚杆支护一般会与排桩墙体等结构结合在一起使用，依靠深部锚固来分担侧向荷载，从而加强支护体系的整体稳定，各种支护技术单独使用或者组合搭配，形成了目前深基坑支护的主要技术体系。

## 2.2 现有技术存在的问题

现有的支护技术对于复杂的地质条件来说逐渐暴露出很多不足之处，传统的排桩支护在裂隙发育的岩石地层中成孔困难，桩体嵌入岩体深度达不到设计要求，支护结构的锚固效果不好。地下连续墙在软硬交替的地层中施工时，槽段开挖容易产生偏位，墙体接缝处容易形成渗漏通道，止水效果不能达到预期的要求。土钉墙自身抗变形能力较小，在高含水率软土地层中使用时，土体不断流变会造成土钉受力过大，引起侧壁变形超限。各种组合支护体系大多采用固定的搭配方式，没有根据现场地层的变化而进行结构参数的动态调整，设计阶段大多依据常规地质工况选择方案，对于局部不良地质区段的风险预估不够。施工环节仍采用标准化作业流程，没有根据地层特点改变施工速度和工艺细节，各种技术缺陷在复杂的地质环境中被不断放大，增大了基坑运行期间的安全隐患。

## 2.3 技术应用的局限性

各种传统的支护技术有其适用的地质条件和工况，不能适应各种复杂的地质场地。土钉墙受结构刚度的限制，不能用于深大基坑和土体流动性大的软土地区，超深基坑单纯依靠土钉加固不能控制整体变形。排桩支护的止水能力较弱，在地下水丰富的碎石土地层中，单独使用不能切断渗水途径，必须配合止水帷幕进行辅助施工，增加工序数量和现场布置难度。地下连续墙施工设备投入大、工序多，施工周期长，在中小型基坑工程中使用会造成资源浪费，经济性差。锚杆支护在临近既有建构筑物的场地中，锚杆延伸范围会受到空间限制，不能正常布置。各类技术的固有缺陷使得单一的技术不能满足复杂的地质深基坑综合防护的要求，传统的技术体系的适应性急需提高。

## 3 施工技术优化策略

### 3.1 支护结构选型优化

根据场地勘察结果划分地质分区，根据不同的区段地层特点选择不同的支护结构和组合形式，打破统一的支护方案贯穿全基坑的模式。软土集中区先用大刚度排桩加止水帷幕的组合方案，加强结构抗变形性

能和整体止水作用，按软土厚度调节桩体长度及桩径，增大桩体嵌固深度。风化岩石和裂隙发育地层用排桩加上全长粘结式锚杆的形式，利用锚杆深入到完整的岩体里产生可靠的锚固，克服岩层整体性不足的缺点。碎石土和回填土分布区段根据基坑开挖深度灵活选择土钉墙或者微型桩复合结构，利用微型桩提前加固松散土体，再配合土钉完成侧壁防护。复合地层过渡处设衔接结构，平滑过渡不同支护形式的受力体系，保证整体支护结构受力连续、均衡，使支护选型完全适应现场地质条件，从设计上避免结构适配性问题。

### 3.2 施工工艺参数调整

根据不同的地质类型来调整原有的施工工艺参数，使工艺和地层特性相适应。软土地层进行排桩施工时，减小钻孔钻进速度，控制泥浆各项指标，用泥浆保持孔壁稳定，避免缩颈塌孔，混凝土浇筑阶段减缓浇筑速率，保证桩身混凝土密实度。岩石地层用分级钻进工艺，根据不同的风化程度岩层调节钻压和转速，裂隙发育的地段同时采取注浆加固措施，封堵岩体内部的裂隙，削减地下水的渗透。土方开挖严格按照分层分段限时开挖的原则，软土地层减少每层开挖厚度，缩短土体裸露时间，减小应力释放引起的变形。锚杆、土钉施工按土体硬度调节钻孔角度和孔径，注浆作业按地层透水性调节浆液配比和注浆压力，使浆液充分扩散固结周边土体。全部工序参数实行动态调节，施工工艺满足复杂的地质环境作业要求。

### 3.3 监测体系完善

创建起覆盖全面、层次丰富的基坑动态监测体系，拓宽监测范围，充实监测项目，对复杂的地质状况增设专项监测内容。常规监测有侧壁位移、地表沉降、地下水位等基本项目，在软土分布区加大监测点位，提高数据采集频率，随时了解土体沉降、侧向位移的变化。岩石地层主要对岩体裂隙的开合情况和支护结构的应力变化进行观测，以判定岩体滑移危险。对靠近地下管线、建构筑物的区域加大监测点密度，掌握周边环境变形。搭建数据实时传输与分析系统，对数据进行实时汇总对比，按照地质参数来设定预警阈值，当数据超过预警阈值的时候就发出预警信息。安排专业技术人员定时对监测数据加以综合研判，依照数据变动趋向预估风险发展走向，同步更新施工安排和防护举措，从而达成风险提前预判及时处置的目的。

## 4 优化技术的应用效果

### 4.1 安全性提升表现

经过结构设计的系统化、工艺参数的调节和监测

系统的建立后,复杂的地质条件下深基坑整体安全性的得到很大提高。对软土地层常见的坑底隆起、边坡失稳等工程问题进行精细化调整支护参数,成功控制了侧向变形,并且数值一直保持在目前规范允许的合理范围内,在岩石地层中则采用增强锚固技术、注浆加固等方式消除裂隙、渗漏水,提高岩体抗剪性能和稳定性。对于碎石土或者回填土地区,在对基坑底部应力场加以精细控制的同时,可以避免侧壁坍塌的发生,保证止水帷幕的完整,从而很好地解决由于地下水渗透所引起的各种问题。创建起来的信息化监测网可以及时了解环境变化趋势,给风险评判和应急响应给予科学支撑,进而保证从基坑开挖到回填全过程的安全受控状况,切实防止主体结构和附属设施被外界因素所打扰。

#### 4.2 施工效率改善情况

经过专项改善支护方案和工艺后,明显减少了施工过程中返工、调整的次数。在地质复杂的塌陷、渗水、滑坡等地质问题上得到控制后,现场施工才得以有条不紊地进行。采用了不同的支护技术,减少了一些区段辅助工序,工艺参数被控制得更加精细,从而大幅度提高钻孔、注浆和开挖等主要工序的工作效率,并且大大降低设备空载时间。采用实时监测系统可以防止出现突发情况导致全部停工的现象发生,工序协同得到提高。按照地质特点制定专门的专项施工方案,有效地克服了传统标准化模式在特殊地层中存在的一些不足之处,保证了整体施工进度稳定可控,并且使工期控制的精度得到进一步提高,从而有效降低了由于复杂地质条件给项目执行带来的不良影响。

#### 4.3 成本控制效果

构建起来的技术体系有效地提高了资源的利用

率,抛弃了传统地质灾害防护手段过度依靠大型支撑体和高强度材料投入这种粗放型的管理方式。以地质条件为依据的精细化设计在保证工程安全性的基础上,用精准设置桩基、锚杆和防水材料等主要构件的方法大大减少建筑材料的使用量。施工阶段质量控制效果好,租赁设备租金、人工费、维修费等均有减少。分区选型策略按照实际情况来制订不同的支护方案,在高风险地区采取高标准的防护措施,在一般地段选择经济型施工方式,从而减轻总体投资负担。此举既减轻了由于基坑坍塌引发的次生灾害所造成的潜在风险,又加强了安全保障和经济效益等各方面整体效果。它用精细的设计理念加上分区分级的配置方案,保证了初始的投资效率,并且大幅度地降低了总的运行成本。依靠完善管理体系,从材料采购、人力资源调配、设备利用这些关键部分入手展开规范化管理工作,保证工程造价合理分配。该种标准化作业流程大大精简了施工组织结构,减少了后期运维和修复费用,为地质灾害治理类项目可持续发展提供了一个可以借鉴的范本,也利于行业的高效、绿色发展。

#### 5 结语

复杂地质条件下开展深基坑支护施工技术研究,既有着重要的学术研究价值,又有着很强的应用指导意义。针对具体的地质特性进行准确解析,结合已有的经验对它们加以总结,再用新颖的想法来改进设计方案,就能很好地解决此类环境中的深基坑支护技术问题。展望未来要加大科研资源的投入力度,加快技术创新的步伐,适应不断变化的工程环境的需求,使该领域技术体系日趋成熟和完善,给建筑结构安全、稳定保驾护航。

#### 参考文献:

- [1] 高彬.复杂地质条件下建设工程深基坑支护技术的优化与风险防控[C]//中国智慧工程研究会.2025 工程创新与可持续发展经验交流会论文集(上).[出版者不详],2025:107-109.
- [2] 朱挺睿.复杂地质条件下房建施工深基坑支护技术优化研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(34):131-133.
- [3] 徐赵丹.复杂地质条件下深基坑支护结构稳定性施工技术探讨——以观澜河流域水环境综合整治项目为例[J].城市建设,2025,(24):83-85.
- [4] 邹梦玲.复杂地质条件下超深基坑支护与地下水控制施工技术及安全保障措施[C]//中国智慧工程研究会.2025 智慧设计与建造经验交流会论文集.[出版者不详],2025:110-112.
- [5] 王楚鑫.复杂地质条件下深基坑支护施工优化与风险控制[J].建筑工人,2025,46(3):53-56.