

复杂地质条件下建筑施工基坑支护方案与变形控制

王美丽

土默特右旗住房保障事业发展中心，内蒙古 包头 014100

DOI:10.61369/ETQM.2026060006

摘 要： 本文根据实际施工案例，排除专业数据罗列，关注复杂地质下具体施工难点问题，探讨几种常见复杂地层对基坑支护的影响并给出相应对策建议，介绍了基坑变形预防措施及现场管理方法，力求内容贴近实际、可操作性强，供类似复杂地质情况下进行基坑支护作业时借鉴参考，确保基坑顺利实施。

关 键 词： 复杂地质；基坑支护；变形控制；施工管控

Foundation Pit Support Schemes and Deformation Control in Construction under Complex Geological Conditions

Wang Meili

Housing Security Development Centre of Tumote Youqi, Baotou, Inner Mongolia 014100

Abstract： Based on actual construction cases, this paper excludes the listing of professional data, focuses on specific construction challenges under complex geological conditions, explores the impact of several common complex strata on foundation pit support and provides corresponding countermeasure suggestions, introduces preventive measures for foundation pit deformation and on-site management methods, aiming to be practical and highly applicable, serving as a reference for foundation pit support operations under similar complex geological conditions to ensure smooth implementation.

Keywords： complex geology; foundation pit support; deformation control; construction management

引言

随着城市的发展建设面积日益扩大，越来越多的工程项目选择在地基较差的地方进行施工，由于这类地方土质松散或者土质变化较大给基坑支护的设计与施工带来很大困难^[1]。一旦设计方案不当或未能及时采取有效措施防止过大变形就会导致基坑坍塌、邻近建筑受损甚至地下管道破裂等问题发生，这不仅会影响工期还会造成经济损失及安全隐患。所以针对不同类型的复杂地基情况，研究合理的基坑支护方法并加大对其变形控制力度，做到接地气、重实效，对于保证建筑工程顺利实施有着非常重要的作用。

一、复杂地质条件的主要类型及对基坑支护的影响

（一）软土地质及其影响

软土地质在建筑工程中较为普遍，在冲积平原、滨海地区或者湖泊沉积层等地段较为常见，主要特征是土质松散、承载性能差，受力之后容易产生下沉以及变形并且这种变形的时间较长。在基坑开挖时由于软土地质的土体抗剪强度低不能很好地抵抗基坑侧壁土压力而造成基坑侧壁塌陷；另外因为软土压缩性大，基坑开挖以后周围土体易产生差异沉降从而拉扯基坑支护结构使支护结构产生裂缝、位移甚至失效^[2]。同时软土地质中含有大量地下水，在开挖过程中如果排水措施不到位会使土体强度进一步下降增加基坑变形及坍塌的风险给支护施工带来很大困难。

（二）砂土地质及其影响

砂土地质主要由砂粒构成，颗粒较松散、透水性好、渗透性

强，最严重的问题就是容易产生流砂以及管涌。在基坑开挖时如果遇到地下水渗入，砂土颗粒就会被水流带走，在基坑侧壁形成空洞、塌陷的同时还会造成基坑底部隆起，使整个基坑失稳；而且由于砂土地质承载能力较差，基坑支护结构受力不均，极易造成支护结构偏移、变形，从而引起周围地面向下沉，危及周围的建筑和地下管线等设施安全。对于砂土地质基坑工程而言，其支护的重点在于止水与防砂，一旦出现疏忽大意，则很容易发生事故^[3]。

（三）破碎岩层地质及其影响

破碎岩层地质大多位于山地或者地质构造复杂的地段，岩石风化严重、节理裂隙发育，整体性较差，容易产生塌方、滑坡等地质灾害，在基坑开挖时，由于破碎岩层岩体强度较低，不能独立承担起对基坑侧壁的支撑作用，很容易发生掉块、塌陷现象危及作业人员以及机械设备的安全；而且破碎岩层内部一般含有杂

乱无章的裂隙水，水体将继续冲刷岩体使岩体更加松散，给支护结构带来额外负担，易造成局部应力过大而引起支护结构破坏、变形等问题^[4]。另外，破碎岩层进行开挖比较困难，在施工中如果方法不对还会导致岩体失稳，加大基坑支护及变形控制难度。

二、复杂地质条件下建筑施工基坑支护方案

（一）软土地质基坑支护方案

软土地质基坑支护主要是“加固土体、控制沉降、止水防渗”，根据现场实际情况，尽量采用施工方便快捷、经济合理、安全有效的支撑方式，常用的有以下两种类型，可根据基坑开挖深度和周围环境进行选择。

深层搅拌桩是软土地质加固的一种常用方法，在软土中掺入水泥等固化剂进行充分搅拌后，形成具有一定强度的整体性固结体，从而增强土体强度及抗剪性能，减小土体下沉量以及变形量^[5]。在施工时，先根据基坑大小和开挖深度来确定合理的深层搅拌桩布置方式，保证桩身连续、紧密相连，构成一道完整的防护帷幕并起到止水功能；然后在此基础上设置内支撑结构，内支撑可以使用型钢支撑或者钢筋混凝土支撑等形式，依据基坑承受荷载的不同而采取相应的层数以及间距，以保证整个支护系统的整体性和稳定性，能够很好地抵御软土所产生的水平推力，限制基坑侧向位移的发生。该工艺简单易行不需要大型机械设备即可完成，适用于大部分软土地质条件下的基坑工程，而且造价适中，接地气、好实施。^[6]

在基坑较深或者周围有重要建筑、地下管线等软土地区，可以采用地下连续墙进行支护。地下连续墙是用钢筋混凝土制成的整体性好、刚度大的墙体，不但能够起到很好的挡土作用，而且具有良好的止水效果，能有效控制软土地区的沉降及变形。在施工时，先挖掘导槽并使用泥浆保护槽壁免于塌陷，然后吊放钢筋骨架并灌注混凝土形成一道连续的地下墙，其埋入基坑底部一定长度以提高抗倾覆性能。此外，还需要配合内部支撑系统来保证支护结构的安全可靠，防止由于软土发生形变而造成墙体开裂、位移等问题。该方法虽然安全，但是工序比较烦琐，需要根据实际情况灵活应用。

（二）砂土地质基坑支护方案

砂土地质基坑支护主要在于“止水防砂、稳定侧壁”，主要是针对流砂、管涌进行处理，同时控制基坑变形。一般采用排桩支护加高压旋喷桩止水帷幕的方式。

排桩支护以钻孔灌注桩为主，依据基坑侧壁土压力及水压力情况合理安排排桩间距以及桩长，使排桩能起到良好的挡土作用，抵御砂土侧压力。在施工时，注意控制好钻孔垂直度以及桩体质量，防止出现断桩、空洞等情况，保证整个排桩结构的完整性及强度。另外在排桩间增加高压旋喷桩形成止水帷幕，高压旋喷桩利用高压水泥浆与砂土搅拌在一起形成低渗透性连续体阻止地下水渗入从而避免流沙或者管涌的发生。^[7]同时可以根据基坑深度选择是否采用锚杆进行加固，锚杆埋入稳定地层中后张拉产生预加力，来锁定排桩，防止其受到过大砂土侧向力影响而产生偏

移变形等现象。该方法兼具挡土和止水功能，施工难度一般，适用于砂土地质条件下的基坑开挖工程并且具有较低的成本投入，易于在实际项目中应用。

（三）破碎岩层地质基坑支护方案

破碎岩层地质基坑支护主要是“加固岩体、防止崩落、控制裂隙水”，一般采用锚杆加喷射混凝土支护方式，在此基础上进行岩体加固处理，保证基坑侧壁稳定性。

喷射混凝土支护是破碎岩层基坑最基本的支护方式，在基坑侧壁喷射混凝土，使基坑侧壁形成一层坚硬的混凝土层包裹破碎岩体，防止岩体掉落、塌陷，提高岩体的整体性。在进行喷射混凝土之前要先清理掉基坑侧壁松动的岩石，保证混凝土能很好地与岩石结合在一起，喷射厚度根据岩石破碎情况而定，防止出现鼓包或者脱落的现象；在此基础上再加设锚杆支护，锚杆采用高强螺纹钢，埋入稳定的岩体内，用水泥砂浆锚固，施加预应力把破碎的岩体和稳固的岩体连成一个整体，增加基坑侧壁的稳定性，抑制岩体变形。对于裂隙发育比较严重以及有较多地下水的地方，在安装锚杆的同时可以进行注浆加固，填充岩体裂隙阻止裂隙水渗流，进一步改善岩体强度及稳定性。该方法操作简单快捷，能够迅速形成防护结构，及时制止破碎岩层发生塌落，而且经济合理，适用于各种复杂的破碎岩层地质条件下的基坑开挖工程。

三、复杂地质条件下基坑变形控制措施

（一）施工前期变形预防措施

施工前的变形预防主要是做好地质勘探以及方案优化，从源头上降低变形风险。一是要进行详细的地质勘探工作，掌握施工现场的地层情况、土质特性及地下水位等情况，防止由于对地质情况了解不足造成支护措施不当而产生变形问题；^[8]二是要根据勘探成果制定合理的支护措施，使所采用的支护方式及参数符合现场实际地质条件要求，不能照搬通用做法，在此基础上还要科学安排基坑开挖程序及时序，避免无序开挖或者过早开挖，减少对周围地基土体的影响，从根本上控制变形的发生。另外，在开工之前还需将基坑周边的垃圾和重物清除干净，以免给周围的地基带来额外的压力，从而导致基坑内的土方发生下沉或变形。

（二）施工过程中变形控制措施

在深基坑施工过程中，建立完善的实时监测与动态预警机制是风险控制的重要保障。传统的人工巡查与周期性测量已难以满足现代工程对实时响应的需求，必须引入自动化、信息化手段，实现施工状态的动态掌控。目前，主流监测手段包括 GNSS 测位系统、全自动测斜仪、激光位移计、光纤应变计等，能够实现对基坑水平位移、支撑内力、周边沉降等关键指标的连续采集。根据《2025 年建筑信息化标准化实施指南》推荐，深基坑工程预警响应时间应控制在 30 分钟内，超过指标须自动报警并联动施工管理系统。

加强基坑开挖作业管理，在开挖时严格按照“分层、分段、对称、限时”的要求进行，严禁一次性开挖过深或过快，每层开

挖深度应结合具体情况确定，每层开挖后立即进行支护工作，防止土体长时间裸露而产生较大的下沉及位移；在软土地质中开挖时应适当降低速度，不宜采用大厚度分层开挖方式以免扰动软土；在砂土地质中开挖时应注意做好排水措施以防地下水渗入造成流沙现象发生以及避免单侧开挖导致支撑结构受力不均；在破碎岩层地质中开挖时要尽量减少对岩体的震动扰动并及时清除松散岩块以避免出现塌方等事故。支护结构施工质量对变形控制起决定性作用，在施工中应严格按设计方案进行，保证支护结构的尺寸、强度以及连接满足设计要求。如深层搅拌桩施工时要保证搅拌均匀、桩体连续，防止出现断桩、夹泥现象；排桩施工时要注意钻孔垂直度及桩位偏差，保证桩体质量；喷射混凝土施工时要做到喷层厚度一致，与围岩紧密结合，防止空鼓、脱落；锚杆施工时要做到锚杆进入稳定土层一定长度，注浆密实饱满，预加拉力到位等。在施工过程中还要做好现场监控工作，一旦发现问题要及时处理，以免由于支护工程质量不达标而产生较大的变形。^[9]地下水是造成基坑变形的主要原因，在砂土地质及软土地质的情况下更应重视排水防渗工作。在施工中要结合具体情况采取相应的排水措施，比如开挖集水井、修建排水沟等，通过这些方法排除基坑内积水，降低地下水位，以防止由于水压过大而引起基坑底鼓或边坡失稳等问题；针对存在地下水渗透情况的部位设置止水帷幕，阻止地下水进入基坑内部，从而减少其对周围土体以及支护结构造成的破坏，进而抑制变形的发生。此外，还需要

注意基坑周边的排水问题，以免雨水流入基坑周围的土壤，使该部分土层变得松散，从而产生下沉或者变形的现象。^[10]

（三）施工后期变形监测与管控

施工后期的变形监测及控制主要是及时发现变形隐患并及时处理，避免变形加剧。虽然不需要用到数据但是也要做好现场直观监控工作，安排专人对基坑侧壁、支护结构以及周围环境进行巡视，重点关注是否有支护结构裂缝、倾斜情况发生；是否有基坑周边地面下沉或者开裂现象；是否有邻近建筑物裂缝等。一旦发现问题马上停工，查明原因后及时采取相应措施，比如增加临时支撑、加强支护结构强度、暂停开挖作业、做好排水工作等手段来制止变形进一步发展下去以保证工程顺利实施。另外，在完成基坑开挖之后应当尽快对其进行回填，在回填时应分层压实，防止出现松软导致基坑周边土体下沉而造成以后产生变形问题。

四、结论

本文结合实践经验总结出了一些适用于不同复杂地质条件下的基坑支护技术和变形控制手段，避免堆砌大量专业术语，突出其实用性和指导性作用，希望可以给相关领域的同行们带来一定的帮助，促进基坑工程的安全快速进展，降低事故发生率。

参考文献

- [1] 殷玉春. 房屋建筑深基坑支护承压结构施工技术研究 [J]. 建设机械技术与管理, 2026, 39(01): 135-137.
- [2] 黄朝阳. 高层建筑施工中的深基坑支护技术探讨 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2026, (05): 124-126.
- [3] 姬寓. 高层住宅建筑土木工程中的深基坑支护技术创新 [J]. 居舍, 2026, (05): 40-43.
- [4] 石禄. 深基坑支护技术在建筑施工中应用 [J]. 建材发展导向, 2026, 24(03): 82-84.
- [5] 周豪鹏. 管理与创新: 关于 AI 助力高层建筑施工中基坑支护结构安全技术 [J]. 互联网周刊, 2026, (03): 32-34.
- [6] 高素芹, 余沛. 层次分析法在基坑支护方案比选优化中的应用 [J]. 湖北理工学院学报, 2024(03).
- [7] 刘昕. 深基坑支护方案设计及开挖数值模拟分析 [J]. 广东建材, 2024(06).
- [8] 李澎涛. 紧邻高层建筑和城市轨道的深基坑工程施工管理策略研究 [J]. 建筑科技, 2024(04).
- [9] 禹泽云. 高层建筑施工深基坑支护加固技术研究 [J]. 建筑技术, 2024(05).
- [10] 邵祥顺. 高层房屋建筑深基坑工程施工安全管理研究 [J]. 工程技术研究, 2024(04).