

# 成都地区临地铁基坑支护设计要点

兰航

四川省川建勘察设计院有限公司

**摘要：**随着城市化的快速推进和地下空间资源的深入开发，地铁作为城市公共交通的重要组成部分，其建设对于缓解地面交通压力、提高城市运行效率具有重要意义。然而，成都地区独特的地质和水文条件给临近地铁的基坑支护设计带来了特殊的挑战。这些挑战不仅涉及技术层面，也关乎工程安全、经济效益以及对环境的影响。本文旨在探讨成都地区临地铁基坑支护设计的关键要点。本文将介绍成都地区的地质和水文特点，这两个因素是基坑支护设计中最为关键的自然条件。将详细讨论基坑支护设计选型的考虑因素，包括各种支护结构的优劣对比及其适用条件。随后，针对成都地区常见的水文条件，本文将探讨基坑降排水设计的重要性以及实施方案。

**关键词：**成都地区；临地铁；基坑支护设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.18.044

## 引言

成都，作为中国西南地区的重要中心城市，近年来城市化速度快速发展，人口密度不断增加，这促使城市公共交通系统的建设步伐加快，以满足居民日益增长的出行需求。地铁作为高效、便捷的公共交通方式，是缓解城市交通压力、提升城市综合竞争力的关键。然而，成都特有的地质和水文条件，为临近地铁的基坑支护设计和施工带来了不小的挑战。

## 一、前言

地铁提高了城市交通运行效率，促进了沿线地区的经济发展，利用了地下空间，在紧张的城市空间里提高了土地利用效率。目前中国正处于发展时期，各地地铁建设蓬勃发展。成都地铁建设开始于2005年的1号线，随着2023年末成都地铁19号线二期的开通运营，成都轨道交通线网运营里程突破600公里，其中地铁里程超过560公里，位列全国第四，目前成都地铁正在进行四期建设，到2025年，成都市地铁在建及运营里程预计达到850公里以上。随着城市的更新建设，TOD建设等，地铁沿线出现了大量的基坑工程。客观上地铁的规划、建设、运营都对沿线工程建设造成一定的影响。根据《城市轨道交通结构安全保护技术规范》的要求，地下车站于隧道结构外边线外侧50米内，地面高架车站和线路轨道结构外边线外侧30米内，以及出入口、通风亭、变电站等附属结构外边线10米内，过江隧道外边线100米内都是轨道交通控制保护区。保护区内的建设将根据不同的作业影响等级对轨道交通采取不同的保护措施。在地铁沿线进行的基坑工程，根据外部作业的工程影响分区和接近程度将外部作业影响等级划分为特技、一

级、二级、三级和四级。本次讨论的主要是外部作业等级为特技和一级时基坑支护的设计要点。（外部作业影响等级划分见《城市轨道交通结构安全保护技术规范》第3.2.2条）

## 二、成都地区的地质特点

成都地区的地质上覆土层主要为第四系的人工填土，岷江水系一、二级阶地的冲洪积层（具二元结构），三级阶地（台地）的冰水堆积层（具二元结构），下伏白垩系上统泥岩和砂岩，夹泥质砂岩或砂质泥岩。其中人工填土主要为人类活动产生的建筑垃圾、生活垃圾、工程弃土等，成分杂乱，多数结构松散，物理力学性质差。岷江水系一、二级阶地冲洪积层主要由黏土、粉质黏土、粉土、细砂、中砂和卵石组成，三级阶地冲洪积层主要由黏土、粉质黏土及卵石组成。其中二级阶地的黏土在局部地区具有胀缩性，三级阶地的黏土和粉质黏土具胀缩性（又叫成都黏土），在基坑支护设计时需特别注意。成都地区的砂、泥岩地层根据风化程度分为全风化、强风化及中风化，通常将全风化，地层性质较好。

## 三、成都地区的水文特点

成都市水源属于长江流域岷江水系和沱江水系，成都地处都江堰自流灌溉区，地表水及地下水资源丰富。区内沟渠纵横交错、水量充沛，市区内河流有府河、沙河、东风渠，地面径流主要由降雨形成。成都市地下水天然存量丰富，河流渗入在浅层地下水天然补给量中占主导地位。工程建设场地地下水主要由上层滞水、孔隙潜水及基岩裂隙水组成，其中上层滞水主要位于人工填土层中，水量一般较小，水位无规律，无统一的自由水面，受地表水及大气降水的补给，通过地表径流和大气蒸发等方式排泄。孔隙潜水主要位于砂卵石层中，属于强透水层，受地下水径流及大气降水补给，水位受季节性、周边人类工程建设因素影响较大。基岩裂隙水位于基岩节理裂隙发育带中，富集无规律，富水性不统一，通常无统一的自由水面，水量主要受裂隙发育程度、连通性及隙面充填特征等因素的控制，部分地区基岩裂隙水具一定的承压性。受人类活动及部分区域基岩中石膏、芒硝分布的影响，成都地区地下水可具腐蚀性，工程建设可根据场地勘察报告防腐采取针对性的措施。

## 四、基坑支护设计选型

### （一）悬臂桩

在成都地区地铁基建项目中，基坑支护结构的设计选型是确保工程安全、优化成本和施工效率的关键步骤。不同的支护结构类型在功能、适用条件及施工技术要求上各不相同，合理选择支护结构对于保障基坑稳定

性、降低施工风险具有至关重要的作用。悬臂桩作为一种经济实用的基坑支护形式，在成都地区的应用相当广泛。适用于基坑深度相对较浅，且地层条件良好的工程。这种支护结构通过桩体自身的刚度和强度来抵抗土压力，无须额外的支撑或锚固措施，简化了施工流程，同时也显著降低了工程成本。然而，悬臂桩的使用有其局限性，一旦基坑深度增加或者地层条件不佳，其安全性和稳定性将难以满足工程需求。

### （二）锚拉桩

锚拉桩则在处理较深基坑或地层条件较差的情况下表现出了其独特优势。通过在桩身后方设置预应力锚索，可以有效控制基坑的侧向变形，增强支护结构的整体稳定性。尤其是在成都这样的地质环境下，锚拉桩的应用提供了一种可靠的解决方案。但值得注意的是，当基坑位于规划地铁线路附近时，锚拉桩设计需考虑到规划地铁的保护要求，以避免对未来地铁运营安全造成影响。面对规划地铁线路保护区的特殊要求，可回收锚索技术应运而生。该技术通过可回收的锚索，即使锚索进入地铁线路保护区，也能确保不对地铁规划和建设产生不利影响。可回收锚索分为锚筋回转型、机械锁型和熔解型三种，各有特点，但共同目的是确保施工安全性和后期地铁线路的安全运营。朗诗建设北路项目和中铁信托大厦项目的成功案例证明了可回收锚索在成都地区基坑工程中的有效性和可靠性。然而，该技术对施工质量控制要求极高，任何细微的施工疏忽都影响到锚索的抗拉性能和回收效率。

### （三）内支撑

内支撑系统在成都地区的基坑支护设计中占据了一席之地，特别是对于那些深度较大且周边环境复杂的工程项目。这种支护方式通过在基坑内设置横向支撑结构来抵抗土压力，有效控制基坑的侧向变形。内支撑的设计灵活性高，可以根据基坑深度和土压力的变化调整支撑层的数量和位置，以此来适应不同的工程需求。内支撑结构可以利用钢支撑、混凝土梁或预应力混凝土等材料构建，提供足够的抗弯、抗剪强度，确保施工期间基坑的稳定性。

### （四）逆作法

逆作法，又称自顶向下法，在成都地区的地铁站点和深基坑工程中显示出其独到之处。该方法的核心在于从地面开始，逐层向下挖掘并同步建设结构层，直至达到设计深度。这一方法的显著优点在于能够有效减少地面沉降，保护周边建筑和地下设施的安全。通过逆作法，施工过程中可以快速形成结构体的自承载能力，进而减少对外部支撑或锚固的依赖。

### （五）组合式支护

组合式支护技术在成都地区基坑工程的应用展现了极高的适应性和灵活性。该方法通过将悬臂桩、锚拉桩、内支撑以及逆作法等多种支护技术有机结合，根据基坑的具体条件和周边环境的特点进行定制化设计。组

合式支护的关键在于对各种支护技术的特点和适用条件进行深入分析，通过综合考虑地质、水文条件以及施工和运营期间的实际需求，制定出最优的支护方案。

## 五、基坑降排水设计

### （一）管井降水

在成都地区进行地铁基坑建设时，由于该地区丰富的水文条件和复杂的地质结构，基坑降排水设计成为确保施工安全和效率的关键因素。有效的降排水系统可以预防基坑内水的积聚，减少土体的水压力，避免地下水对基坑稳定性和周边建筑安全造成不利影响。管井降水是在成都地区广泛应用的一种基坑降水方法，特别适用于土层透水性强的地区。该方法通过在基坑周围布置一系列的降水井，利用水泵将地下水抽取出来，降低基坑周边的地下水位，控制基坑内的水位。管井降水系统的设计需要根据地下水的水位、流向以及土层的透水性等因素进行精细的计算和布局，以确保降水效果和经济性。实施过程中，需要对降水井的深度、间距、以及水泵的配置进行优化，以适应基坑的具体条件和施工进度。管井降水不仅能有效降低基坑内的水位，还有助于提高土体的稳定性，减少基坑支护结构的变形和移动。然而，该方法也需要考虑对周边地下水环境的影响，特别是在城市密集区域，过度抽水导致周边建筑地基的沉降。

### （二）集水明排

集水明排是另一种适用于地下水位较低或者基坑规模较小的项目的降水方法。该方法通过在基坑底部设置集水井和排水沟来收集基坑内的渗水和地下水，然后通过泵送系统将水排出基坑。集水明排的优点在于操作简便，施工成本较低，尤其适合于那些地下水位变化不大的工程项目。通过合理设计排水沟的位置和深度，可以有效地控制基坑内的水位，保证施工的干燥条件。集水明排还可以结合使用防水板或者防水膜来增强基坑的防水效果。然而，该方法的效率受到地下水流速和土层透水性的影响，对于地下水位较高或者透水性强的土层，需要与其他降水方法结合使用。

### （三）截水帷幕

截水帷幕则是一种用于控制基坑周边地下水流入基坑的高效方法。通过在基坑周围构建一道防水屏障，如混凝土墙、钢板墙或者防水帷幕等，可以有效地阻断地下水的流动，减少基坑内的水压力。截水帷幕的设计和施工需要依据地质条件、地下水位以及基坑深度等因素进行，确保帷幕的深度和强度能够满足工程需求。此方法尤其适用于地下水位高、土层透水性强的区域，能够有效保护基坑免受地下水的侵蚀，同时减轻对周边环境的影响。截水帷幕的施工技术要求高，成本相对较高，但其在复杂水文地质条件下的高效性和可靠性使其成为许多重要工程项目的首选降水方法。

## 六、监测要求

### （一）基坑监测

基坑监测的工作内容繁复，要求对监测点位、监测频次以及监测手段进行科学规划。其中，监测点的设置需要根据基坑的大小、形状以及周围环境的具体情况来确定，以确保数据的全面性和准确性。监测频次的确定则要依据工程的实际情况和潜在风险，通常在施工的关键阶段和恶劣天气条件下，监测频次会相应增加。在技术手段上，基坑监测通常采用包括支护结构位移监测、周边建筑物及管线监测、地表沉降监测、土压力监测、支撑及锚杆轴力监测、水位监测等在内的多种监测设备和方法。地表沉降监测可以通过高精度的全站仪或GPS进行，以探测周边地面和建筑物的微小移动。

## （二）地铁监测

地铁监测在成都地区的地铁建设与运营中扮演着至关重要的角色。地铁监测主要关注的是地铁隧道和车站的结构稳定性、地铁运营的安全性以及对周边建筑和设施的影响。通过对地铁系统的持续监测，可以及时发现和处理结构变形、裂缝发展、水密性变化等问题，保障地铁系统的长期安全运营。地铁监测的范围涵盖了隧道和车站的结构监测、轨道几何状态监测、环境监测等多个方面。结构监测侧重于通过应变片、倾斜仪、裂缝计等设备监测隧道和车站结构的应力、位移等指标，及时探测结构性能的变化；轨道几何状态监测则关注轨道的平顺性和稳定性，以保障列车运行的安全性和舒适性。

## 七、地保评估

地保评估在成都地区地铁基坑工程中占据了极其重要的地位，它是指通过研究地铁保护设计方案、施工方案、第三方监测方案，结合场地勘察报告和水文地质条件、地铁施工图纸等，针对拟建项目的施工对地铁相关设施的影响进行风险识别、风险定级、相互影响分析、风险评估等，并提出相应的专项地铁保护措施和建议。评估方法主要有专家调查法（定性分析方法）、工程类比法（综合分析方法）、风险评价矩阵法（综合分析方法）和数值模拟法（定量分析方法）。常用的地下结构理论计算的力学模型主要为两种：（1）连续介质模型，即地层—结构模型；（2）作用—反作用模型，即荷载—结构模型。通常情况下施工引起的地铁结构变形与地层关系密切，因此采用地层结构模型进行施工过程分析，根据结构变形计算结果，后期对结构的力分析采用荷载—结构模型。目前，可用于地层—结构模型分析的大型计算机软件有Ansys、Midas-GTS、Flac及Abqus等。分析时选取连续介质模型，对基坑开挖施工进行过程模拟分析，得出地铁结构变形，评估地铁结构的安全性，并根据行车安全要求，综合各种影响因素，提出在项目实施时，既有地铁结构的变形控制标准和保护措施。

## 八、典型案例

成都地区临地铁基坑工程的成功案例之一是成都地铁6号线某站点TOD建设项目。该项目位于成都市高新区，周边环境复杂，地质条件多变，地下水丰富，施工难度较大。通过采用多种形式的支护结构（锚拉桩、悬

臂桩、内支撑）和高效的降排水系统，项目成功克服了地下水位高、土层透水性强等不利因素，确保了基坑的稳定性和施工安全。在项目实施初期，工程团队进行了详尽的地质调查，明确了地下水控制和基坑支护的关键技术要求。在施工过程中，采用了动态设计方法和实时监测技术，有效控制了基坑的侧向变形，防止了地表沉降。通过设置截水帷幕和管井降水组合，有效管理了地下水，减少了对地铁结构的影响。成都地铁6号线该站点TOD的成功建设，不仅展示了成都地区在临地铁基坑工程中的技术创新和管理能力，也为类似环境下的基坑设计与施工提供了宝贵的经验和参考。该项目的成功实施，充分体现了在复杂地质条件下，通过科学规划、精细管理以及技术创新能够有效解决工程难题，确保施工安全和项目质量。

## 九、结束语

成都位于四川盆地西部边缘，地质结构复杂多变，主要由第四系松散沉积物和不同硬度的基岩组成。这种复杂的地质结构对基坑支护设计的稳定性和安全性提出了更高要求。基坑工程面临的主要问题包括土体自重高、侧向压力高、不同地层的工程性质差异显著等。成都地区年降水量丰富，且分布不均，加之四川盆地内部的水系发达，地下水位相对较高。在这样的水文条件下，基坑工程易受地下水影响，存在渗水、涌水等风险，这不仅影响基坑的施工安全，还对周边建筑物和地下设施造成潜在威胁，特别是拟建基坑附近有地铁这样的重要市政设施。针对成都地区的这些特点，基坑支护设计不仅要充分考虑地质、水文条件，还需依据基坑深度、开挖面积、周边环境等因素综合考量，选择合适的支护结构类型。合理的降排水设计对于保障基坑工程的施工安全、减少对周边环境的影响也至关重要。因此，研究成都地区临地铁基坑支护设计的关键要点，不仅能为地下工程提供科学的设计指导，还有助于推动城市基础设施建设的技术进步，保障工程质量和安全，促进城市的可持续发展。

## 参考文献

- [1] 谢俊. 基于不同地质单元地铁基坑地下水控制方案分析[J]. 交通科技与管理, 2024, 5(05): 35-38.
- [2] 刘新良, 吴超, 邱进强, 宋思聪. 复杂地质下临近地铁车站的深基坑支护变形研究[J]. 四川建材, 2024, 50(02): 94-95+114.
- [3] 郑航. 大型换水管在地铁明挖基坑中处理方案优化研究[J]. 交通科技与管理, 2024, 5(03): 121-123.
- [4] 王书琪, 冯伟, 马宇轩, 殷勇. 内撑式地铁基坑支护结构优化设计影响因素分析[J]. 江苏科技信息, 2024, 41(01): 124-127+131.
- [5] 陈金培, 江俐敏. 建筑基坑支护工程施工阶段对地铁影响的预评估[J]. 黑龙江交通科技, 2024, 47(01): 129-132.