

桥梁基础深基坑支护技术与施工安全

刘富伟

中交一公局第八工程有限公司 天津 300171

摘要：随着桥梁建设规模的扩大和复杂性的增加，桥梁基础深基坑支护技术的重要性日益凸显。深基坑支护不仅关系到桥梁基础施工的安全与稳定，还直接影响到周边环境和相邻建筑物的安全。本文旨在探讨桥梁基础深基坑支护技术的类型、特点、适用范围及其在施工安全中的应用，以为桥梁基础施工提供理论支持和实践指导。

关键词：桥梁基础；深基坑支护；施工安全；支护技术

引言

桥梁作为连接交通要道的重要设施，其基础施工的安全与稳定至关重要。深基坑支护作为桥梁基础施工的关键环节，对于防止土体滑移、坍塌，保护周边环境具有重要意义。本文将从深基坑支护技术的类型、特点出发，结合桥梁基础施工的实际需求，探讨其在施工安全中的应用。

1 桥梁基础深基坑支护技术的类型与特点

在桥梁基础施工中，深基坑支护技术扮演着至关重要的角色。随着城市建设的快速发展，桥梁工程日益增多，而深基坑作为桥梁基础施工的重要组成部分，其支护技术的选择与应用直接关系到工程的安全性、稳定性和经济性。

1.1 排桩支护

排桩支护是深基坑支护技术中一种极为常见且有效的方法。这种支护方式通过在基坑周围设置一排或多排桩来形成稳定的支护结构，从而抵抗基坑开挖过程中产生的土压力和水压力。排桩支护的施工相对方便，可以根据工程现场的具体情况和地质条件进行灵活调整。在桩型的选择上，可以根据需要采用钢筋混凝土灌注桩、预制桩或钢管桩等不同类型的桩体，以满足不同工程的需求。排桩支护的安全度较高，能够有效地控制基坑的变形和位移，确保周边建（构）筑物的安全。同时，相对于其他支护方式，排桩支护的费用相对较低，具有较高的经济性。因此，在基坑侧壁安全等级为一级、二级、三级的基坑中，特别是当可以采取降水或止水帷幕措施时，排桩支护是一种非常合适的选择。在实际应用中，排桩支护往往与其他支护方式如内支撑、锚杆等相结合，以形成更加完善的支护体系。

1.2 土钉墙支护

土钉墙支护是另一种在深基坑支护中广泛应用的支护方式。它通过在基坑周围的土壤中预埋钢筋土钉，并

与喷射混凝土面板相结合，形成类似重力挡墙的支护结构。土钉墙支护的施工快捷简便，成本相对较低，且能够有效地提高土体的稳定性和抗剪强度。土钉墙支护适用于基坑侧壁安全等级为二级、三级的基坑，特别是当地下水位以上或已经采取降水措施的非软土基坑中^[1]。由于土钉墙支护主要依赖土钉与土体的摩擦力来抵抗土压力，因此其支护深度不宜过大，一般不宜超过12m。对于预应力锚杆复合土钉墙，其深度可以适当增加，但也不宜超过15m。土钉墙支护具有施工速度快、造价低、对周边环境干扰小等优点，因此在城市桥梁基础施工中得到了广泛应用。

1.3 锚杆支护

锚杆支护是一种通过锚杆与土层结合形成抗拉力强的支护结构的方式。它通过在未开挖的土层立壁上钻孔至设计深度，放入拉杆并灌入水泥砂浆，使锚杆与土层紧密结合。锚杆支护具有施工简便、适应性强的特点，能够有效地控制基坑的变形和位移。锚杆支护适用于较硬土层或破碎岩石中开挖较大较深的基坑。在邻近有建筑物且需要保证边坡稳定的情况下，锚杆支护是一种非常有效的选择。锚杆支护的施工过程相对简单，但需要注意钻孔的深度和角度，以及锚杆的材质和规格，以确保支护结构的安全性和稳定性。同时，锚杆支护还可以与其他支护方式如排桩、土钉墙等相结合，形成更加完善的支护体系。

1.4 钢板桩支护

钢板桩支护是一种既可挡土、防水，又可防止流砂发生的支护方式。它采用U型钢板桩（又称拉森钢板桩）作为支护结构，通过逐块插打形成连续的支护墙。钢板桩支护的施工速度快，可重复使用，且能够适应各种复杂的地质条件。在基坑较深、地下水位较高且未施工降水的情况下，钢板桩支护是一种非常合适的选择。钢板桩支护的优点在于其刚度大、强度高，能够有效地抵抗

土压力和水压力,确保基坑的稳定性。同时,钢板桩支护还可以与其他支护方式如内支撑、锚杆等相结合,形成更加完善的支护体系。然而,钢板桩支护也存在一些缺点,如施工过程中可能产生噪音和振动,对周边环境造成一定的影响;此外,钢板桩的回收和再利用也需要考虑其经济性和环保性。

1.5 地下连续墙支护

地下连续墙支护是一种刚度大、强度高的支护方式,具有挡土、承重、截水、抗渗等多重功能。它先建造钢筋混凝土地下连续墙,达到设计强度后在墙间用机械挖土,形成基坑。地下连续墙支护适用于基坑侧壁安全等级为一级、二级、三级的基坑,特别是周边环境条件很复杂的深基坑。地下连续墙支护的优点在于其支护结构整体性好,刚度大,能够有效地控制基坑的变形和位移;同时,地下连续墙还可以作为地下结构的永久部分,减少后期施工的工作量^[2]。然而,地下连续墙支护的施工难度较大,需要专业的施工队伍和设备;此外,其造价也相对较高,需要综合考虑工程的经济性和可行性。

1.6 内支撑支护

内支撑支护是一种通过设置在基坑内部的支撑结构来限制基坑变形和位移的支护方式。它可采用钢支撑或混凝土支撑,形式多样,如水平支撑、斜撑、对撑等。内支撑支护适用于各种地基土层,特别是当基坑深度较大、悬臂式挡墙的强度和变形无法满足要求、坑外锚拉可靠性低时采用。内支撑支护的优点在于其能够有效地控制挡墙和周围地面的变形,确保基坑的稳定性;同时,内支撑结构还可以作为施工平台,方便后续的施工操作。然而,内支撑支护也会占用一定的施工空间,对施工进度和施工组织产生一定的影响;此外,内支撑结构的拆除也需要考虑其安全性和经济性。

2 桥梁基础深基坑支护技术的选择与应用

桥梁基础深基坑支护技术的选择与应用是一项极具挑战性的综合性决策任务,尤其是在面对开挖深度较大、地质条件复杂且周边环境敏感的桥梁基础深基坑时,更需审慎考量,谨慎选择支护方式。首先,基坑的深度是选择支护方式时必须要考虑的关键因素。当基坑开挖深度较大时,支护结构所承受的土压力和水压力也会相应增大,这就要求支护结构必须具备足够的刚度和强度,以确保基坑在开挖过程中的稳定性。地下连续墙支护技术因其整体性好、刚度大、抗弯能力强等优点,成为了深度较大基坑的首选支护方式。它能够有效地抵抗土压力和水压力,确保基坑开挖的顺利进行。其次,地质条件对支护方式的选择也有着至关重要的影响。在

地质条件复杂、土层松软或存在地下水的情况下,需要选择适应性强、防水性能好的支护方式。地下连续墙不仅具有挡土的功能,还能有效截水和抗渗,满足这类地质条件对支护结构的要求。它能够通过与土体紧密结合,形成一道坚固的防水屏障,确保基坑在开挖过程中不受地下水的影响。同时,周边环境也是选择支护方式时必须要考虑的因素之一。在周边环境敏感、对变形控制要求高的地区,需要采用变形控制效果好的支护方式,以最大限度地减少对周边建(构)筑物的影响。内支撑支护技术就是一种有效的变形控制方式。它通过在基坑内部设置支撑结构,能够有效地限制基坑的变形和位移,保护周边建(构)筑物的安全。同时,内支撑支护技术还具有施工方便、成本较低等优点,使得它在实际工程中得到了广泛应用。

3 桥梁基础深基坑支护施工中的安全措施

桥梁基础深基坑支护施工中的安全措施是确保施工顺利进行和保障人员安全的关键。通过加强临边防护、土方开挖与运输管理、排水与降水措施以及监控监测与应急管理等方面的工作,可以有效降低施工风险,提高施工安全性。同时,应不断完善和优化安全措施,适应不同施工环境和条件的需求,为桥梁基础深基坑施工提供更加有力的保障。

3.1 临边防护

临边防护是防止施工人员和物料从基坑边缘坠落的重要措施。在施工现场,必须严格按照规范设置防护栏杆。这些栏杆应采用钢管制作,栏杆柱的规格为 $\Phi 48 \times 5 \text{ mm}$ 的管材,通过扣件或电焊进行牢固固定,以确保其稳定性和耐久性。防护栏杆由两道横杆和栏杆柱组成,上横杆离地高度设定为2米,这是为了防止施工人员因身高差异而轻易跨越;下横杆离地高度为0.6米,主要是为了防止小型物料或工具从栏杆底部滑落。立杆总长度为7米,其中5米埋入地下,以确保栏杆的稳固性,立杆间距保持为2米,既能满足防护需求,又不会过于密集影响施工操作。此外,防护栏杆必须自上而下用安全立网进行封闭,安全立网应选用符合标准的密目式安全网,其网目密度应能有效阻止人员和物料的坠落^[3]。所有护栏应刷上醒目的红白油漆警示色,间距为20厘米,以引起施工人员的注意,提醒他们注意安全。在基坑一侧,应设置4米宽的安全通道,并悬挂相应的提示标志,如“安全通道”等,以引导施工人员安全通行。护栏周围应悬挂“禁止翻越”和“当心坠落”等禁止、警告标志,以明确告知施工人员不得翻越护栏,防止坠落事故的发生。

3.2 土方开挖与运输管理

土方开挖与运输是深基坑施工中的重要环节,也是安全风险较高的环节。在开挖顺序上,应严格遵循自上而下的开挖顺序,严禁先切除坡脚,以确保开挖过程的稳定性和安全性。同时,要确保不超挖,避免对基坑支护结构造成额外的压力。在机械作业管理方面,挖掘机在作业时,其履带前端应与挖掘坑边保持至少5米的距离,以防止挖掘机在作业过程中因土体松动或坍塌而倾覆。渣土车应在挖掘机的后方等待装载,且离边坡的距离应保持在6米以上,以减少施工机械对桩与边坡产生的侧向挤土压力,防止支护结构受损。在特别软弱的土质部位,机械应铺设钢板以确保稳定行走,避免机械陷入土中或造成土体滑动。在土方堆放管理方面,基坑周围应明确警示,确保钢筋材料不得超越基坑边3米的警戒线范围。在警戒线内严禁堆放任何材料,以防止材料滑落或倒塌对施工人员造成伤害。基坑边缘严禁堆置土方和建筑材料,或沿挖方边缘移动运输工具和机械,以防止因堆载过重或机械振动导致基坑边坡失稳。堆放必须距基坑上部边缘不少于4米,堆置高度不应超过1.5米,以确保堆载在安全范围内。

3.3 排水与降水措施

排水与降水是深基坑施工中不可或缺的措施,对于确保施工安全和进度至关重要。在排水措施方面,应沿基坑周边设置明排水沟,以排除暴雨等突发性地表水。排水沟的宽度和深度应根据降雨量和水流量进行计算和设计,确保其排水能力满足实际需求。同时,为应对可能出现的积水情况,还设置了积水池和抽水泵。积水池应设置在基坑低洼处或易积水部位,抽水泵应选用性能可靠、排量适中的型号,并配备备用泵以防万一。确保排水畅通无阻,防止积水对基坑支护结构和施工操作造成影响。在降水措施方面,应通过深井泵将明水渗入底板下砾沙层的积水全部排出,确保基坑无积水现象^[4]。深井泵的选型和布置应根据地下水位、水量和水质等因素进行确定,确保其降水效果满足施工要求。在基坑开挖前,应对地下水进行降水预抽,释放水压及打桩应力。停歇必要时间后,使土体重新固结再开挖,以防止桩的

倾斜和位移。降水预抽的时间和降水量应根据实际情况进行确定和控制,避免过度降水导致土体失稳或周边建筑物受损。

3.4 监控监测与应急管理

在基坑施工过程中,监控监测是确保施工安全和及时发现隐患的重要手段。应对支护结构、水位及周边环境进行必要的保护及监测。根据具体的监控需求设置监测点,如支护结构变形监测点、水位监测点、周边环境沉降监测点等。监测点的数量应满足实时监测的要求,确保能够全面、准确地反映施工过程中的变化情况。一旦发现监控数据超出警戒值,应及时采取措施进行处理,如加强支护结构、调整施工方案、疏散人员等,以防止事故发生。同时,应制定完善的应急预案,以应对可能发生的基坑坍塌等安全事故。应急预案应包括人员疏散、抢险救援、医疗救护、事故调查等方面的内容。一旦发生事故,能够迅速、有效地进行处置,最大限度地减少人员伤亡和财产损失。应急预案的制定应充分考虑施工现场的实际情况和可能面临的风险因素,确保其针对性和可操作性。同时,应定期组织演练和培训,提高施工人员的应急反应能力和自救互救能力。

结语

桥梁基础深基坑支护技术是桥梁基础施工中的重要环节,对于确保施工安全和工程质量具有重要意义。通过合理选择支护技术、加强施工过程中的安全管理和监测维护等措施,可以有效提高桥梁基础深基坑支护的安全性和稳定性。未来应继续加强对深基坑支护技术的研究和应用推广,为桥梁建设提供更加安全可靠的保障。

参考文献

- [1]于天.桥梁基础深基坑施工技术总结[J].科技创新与应用,2022,12(13):166-168+172.
- [2]李涛.桥梁工程中深基坑施工技术的探讨[J].四川水泥,2025,(01):182-184.
- [3]刘祖军,黄犀.公路桥梁深基坑围护结构施工技术[J].西部交通科技,2024,(10):140-142+208.
- [4]张浩.桥梁工程深基坑围护结构施工技术研究[J].运输经理世界,2024,(08):86-88.