

水利工程施工中深基坑支护技术要点

文 / 丁 婷 青岛安坤建筑工程有限公司

侯淇文 青岛安坤建筑工程有限公司

摘 要：随着我国城市化进程的不断加快，基础设施建设力度加大，作为水利工程建设的重要组成部分，深基坑支护的安全有效与否，直接关系到整个工程的质量与安全。然而，由于施工环境复杂，施工技术要求不断提高，深基坑支护工程面临开挖支护不匹配、测深计算精度低、施工技术不规范等难题。因此，加强对基坑支护技术的研究和管理就显得非常重要。本文通过对工程实践中存在的关键技术及常见问题进行分析，提出优化措施，为水利工程安全建设提供理论支撑与实践指导。

关键词：水利工程施工；深基坑支护技术；质量安全

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.08.101

引言

深基坑支护是水利工程建设的重要组成部分，其施工质量直接影响着工程的安全与服役寿命。目前，深基坑支护存在开挖与支护不同步、量测与计算误差大、施工规程不规范等技术难题，严重影响工程的稳定与安全。因此，对深基坑支护工程中存在的问题进行深入的分析与探讨，提出行之有效的治理措施，对提高工程质量，保证工程安全，意义重大。

一、水利工程深基坑支护施工特点

（一）施工环境复杂

我国地域辽阔，不同地区之间的地质与人文因素也是不一样的，这就会影响水利水电工程施工中对于深基坑支护的施工技术产生一定的影响。施工企业在确定深基坑支护的施工工艺前，需要对当地的施工环境与地质条件进行考察。对勘察的结果深入的研究分析之后选择合理的施工技术，这样可以保证工程的施工质量与地基基础的稳定。水利工程中的深基坑工程，往往需要在软、砂、岩等不同地质条件下施工，这对支护设计与施工提出了不同的要求。例如，在软土地区，为了防止基坑失稳，可能需要采用更复杂的支撑体系；对于岩石区，应考虑裂隙、节理等因素对支护结构的影响。水利工程往往涉及大量的水体，不仅威胁着基坑的稳定，而且也影响着基坑工程的排水及防水措施的实施。尤其在雨季，地下水水位升高、地表水渗入等因素可能对基坑支护结构产生较大影响，需采取针对性的防治措施。在水利工程中，深基坑支护经常处于多变的环境中，如温度、风速等，这将对施工材料性能及设备的稳定性产生影响^[1]。如图1所示：



图1 水利工程深基坑支护施工现场

（二）支护方式多样

对于浅层基坑，通常采用简易的挡墙或土钉墙支护，这类支护结构能有效地抵抗土体侧压力，且施工简便。然而，随着基坑开挖深度的增大，特别是软土、疏松土层等，基坑开挖往往需要采用更复杂的支护形式，如钢管桩、预应力锚杆等。这种支护方法既能提高基坑的承载力，又能有效地控制基坑变形，保证施工安全。随着工程技术的进步，新的支护技术在深基坑工程中得到了越来越多的应用。其中，土钉支护技术就是将土钉嵌入土中，形成一个整体，从而提高基坑的稳定性。同时，钢管桩作为一种新型的支护方式，可通过打入钢管桩来提高基坑承载力，尤其是在水位较高、地质条件较复杂的情况下。这些技术的多元化，使施工队伍能够根据具体情况，灵活地选择最合适的支护方案^[2]。

（三）支护要求高

在水利工程中，深基坑支护必须保证稳定与安全，才能有效防止基坑塌陷、渗漏水等重大安全事故。这就对支护结构的强度与刚度提出了更高的要求。这就要求施工队伍采用精确的计算方法、严格的质量控制措施来保证支护结构设计及施工达到最高安全标准。水利工程中，深基坑支护常处于自然环境变化、地质条件复杂的环境中，对支护体系的强度要求很高，同时对支护体系的环境适应性也提出了更高的要求。例如，在高水头、多雨区，基坑支护体系既要能有效防止地下水渗蚀，又要考虑地震等自然灾害，确保其在极端工况下的稳定^[3]。

二、水利工程深基坑支护施工技术

（一）深基坑开挖

深基坑开挖不只是土方开挖那么简单，需要对开挖深度及坡度进行精确控制，才能保证基坑稳定及后续支护结构的有效发挥。这就要求施工队伍运用先进的测量技术、严格的施工管理手段，保证每个阶段的开挖均满足设计要求，避免出现超挖、欠挖等安全隐患。深基坑开挖常引起周围环境的变化，如地面沉降，噪声污染，尘土飞扬等。因此，在施工技术中要充分考虑这些因素，

采用低噪声设备,实行湿法作业,减少扬尘,合理安排施工时间,以减少对周围居民的影响。这些措施既能降低施工过程中对环境造成的不利影响,又能满足现代“绿色建筑”的要求。深基坑开挖效率的高低直接关系到整个工程的进度与造价。这就要求施工队伍使用高效率的挖掘技术与设备,如挖土机、自动机械等,以提高挖掘速度与效率。同时,合理的施工计划与人员安排也是提高开挖效率的重要因素,对施工队伍的组织协调能力提出了更高的要求^[4]。

(二) 土钉墙支护技术

土钉墙是由土钉与墙体共同构成的,它与土体之间形成一个整体。该设计既能有效抵抗土体侧压力,又能与土体自重共同作用,提高基坑整体稳定。特别是对于软弱、松软的土层,采用土钉墙支护可以有效地提高基坑支护的承载能力,减少基坑坍塌的危险。土钉墙支护技术具有施工场地小、占地面积小等优点,适合城市人口密集、施工条件有限等特点。土钉墙支护结构简单,工期短,对周边环境影响小。这一灵活性使土钉墙支护技术可广泛应用于地质条件复杂、空间受限的地区。土钉墙与其他支护方法相比,其材料费用、施工成本均较低,且因其快速施工,可明显缩短施工时间,降低工程成本^[5]。

(三) 钢管桩支护技术

钢管桩作为一种新型的桩基,由于其特殊的力学性能,可以有效地抵抗土、水压力。钢管桩可为基坑支护提供可靠支撑,降低基坑坍塌风险。钢管桩可根据不同地质条件及基坑深度定制,适应性强。可根据不同的工程需要,设计成不同长度、直径的产品。此外,钢管桩施工方式灵活,可采用打桩机将钢管桩快速打入地下或振动沉桩,可适用于多种施工环境。钢管桩虽然初投资较大,但其长期稳定耐用,维修费用低,使用寿命长,工程造价较低。同时,钢管桩施工时噪音小,振动小,对周边环境影响小,符合现代建筑节能环保的要求。

(四) 预应力锚杆技术

预应力锚索是一种对土体施加预应力的有效支护体系。在基坑开挖过程中,由于预应力的存在,可以有效地抵消土体的侧压力,从而提高基坑的稳定性。特别是对于软弱、疏松的土层,采用预应力锚杆可以有效地防止基坑的变形、坍塌,保证施工安全。预应力锚杆作为一种新型的支护结构形式,具有很好的支护效果。预应力锚杆施工柔性大,可根据不同地质条件、基坑形状等特点设计、布置。施工小组可根据现场实际情况,对锚杆的数量、长度、角度等进行适当的调整,以取得最好的支护效果。另外,预应力锚杆施工技术比较简单,一般通过钻孔、安装锚杆、施加预应力等工序,施工速度快,能适应多变的施工环境。

(五) 深基坑支护检测技术

深基坑支护检测技术是一种能实时监测基坑支护结构及土体变形状况的技术。在基坑开挖过程中安装传感

器及监测设备,可实时监测基坑的变形、应力及开裂情况。这一监控能力对及时发现安全隐患具有重要意义,可在事故发生之前采取措施,防止重大安全事故。在深基坑支护施工过程中,检测技术不仅是监测的重要手段,也是评价施工质量的重要手段。通过检测支护结构的强度、刚度及完整性,可保证各工序均满足设计及规范要求。这一质量控制对提高工程可靠度,延长工程寿命至关重要。随着科学技术的进步,深基坑支护检测技术得到了长足的发展。现代检测技术主要有自动化监控系统、无人机巡检、大数据分析等,提高了监测效率和准确性。智能监测系统能自动采集数据并对数据进行分析,为施工队伍提供实时决策支持,提高施工效率与安全水平。

三、水利工程深基坑支护常见问题分析

(一) 开挖和支护不匹配

在实际施工中,基坑开挖深度往往超过设计深度,使支护结构不能有效地抵抗土压力。这种失配不仅增加了基坑变形风险,而且可能引起支护结构失稳,从而引发塌方等重大安全事故。同时,基坑开挖深度的改变也会对周边土体的稳定产生影响,从而引起邻近建筑的沉降或破坏。基坑开挖条件不同,支护材料的性能要求也不一样,而实际工程往往没有充分考虑支护材料的选取。如在湿软土层中采用不适宜的支护材料,可能会造成支护结构承载力不足,不能有效抵抗外荷载。这种材料与工况的错配,不仅降低了支护效果,而且造成维修、更换频繁,增加了工程造价。在深基坑工程中,采用何种施工技术,对支护效果有很大的影响。但是,在实际工程中,经常会出现施工技术和支护要求之间的矛盾。

(二) 测量计算不准确

在深基坑工程施工过程中,由于实测数据的微小误差,可能导致支护结构设计参数出现偏差。这一误差的积累,不仅会影响到各支护构件的稳定,而且会对整个基坑产生连锁效应,从而增加施工风险。在对支护结构进行力学计算时,往往采用某些理想假定,以简化计算过程。这些简化计算模型可能不能真实地反映实际土的复杂特性,从而导致计算结果偏离实际,进而影响支护结构的安全可靠性。在深基坑工程施工中,不可忽视土体的动态变化。然而,现有监测数据常被忽略,不能及时调整支护方案以适应实际情况,导致支护结构不能有效应对突发事件,增加不确定因素与风险。

(三) 支护施工操作不规范

在实际施工中,一些施工班组没有严格按照事先制定的施工程序进行施工,造成支护结构安装、施工顺序混乱。这会造成基坑支护结构受力不均匀,增加基坑变形风险,进而影响整个工程的稳定。如没有按设计要求安装锚杆,就会造成锚固失效,影响支护效果。在支护施工过程中,施工人员在选材、使用方面存在着不规范的问题,如支护材料选用不规范、混凝土配比不合理等

问题。这可能会造成基坑支护结构强度不能满足设计荷载的要求,从而增加基坑塌方的危险性。另外,储存及处理不当也会造成材料性能劣化,进而影响支护效果。操作者的专业技术与经验是非常重要的。但是,由于一些施工人员缺乏相应的知识经验,在实际操作过程中经常出现错误,可能会造成支护结构的不规范安装,甚至给施工带来安全隐患。

四、水利工程深基坑支护技术管控措施

(一) 做好协调管控工作

建立跨部门信息交流平台,可使协调管控工作得到优化,保证了设计、建设、监理等各部门间信息的共享与协调。通过定期召开协调会,运用工程管理软件,实现对项目进度的实时跟踪,并及时解决了建设过程中出现的问题。这种多部门联动机制,有利于提高决策效率,降低因沟通不当而造成的工期延误及安全风险。引进先进的动态监测体系,可加强协调管控工作,能实时监测基坑变形、支护结构受力等参数,并对异常情况进行自动预警。这样,项目经理就能对施工方案做出快速的反应,及时调整施工方案,保证了施工的安全与质量。动态监测系统的实施,既能提高协同管控的时效性,又能为决策提供科学依据。协调控制努力也应该包括彻底的紧急情况计划。针对极端天气、设备故障等可能出现的各类突发事件,制定相应的应急措施与程序。

(二) 做好前期准备工作管控

在进行详细的地质调查时,要进行前期的准备工作。这涉及对施工场地的土质,地下水水位,岩层分布等方面的调查与分析。利用地质雷达、钻井取样及土壤测试等现代探测技术,可获取精确的地质资料。研究成果可为下一步支护设计提供科学依据,保证支护方案合理有效,减少施工风险。编制详细的施工方案,对施工前准备工作进行优化。施工方案应包括施工技术、选材、设备配置、人员配置等。在制订方案时,要充分考虑工程现场的实际情况及潜在的风险,以保证工程的可行性与安全性。另外,施工方案要经过专家论证,并经过多方论证,才能保证其科学合理。这一详细的施工方案,对以后的施工有很好的指导作用,降低了施工中的不确定性。加强对施工队伍的培训和管理,也是做好前期准备工作的最好保证。针对不同施工阶段、不同技术要求,有针对性地进行专业培训,提高工人技术水平,增强安全意识。

(三) 加强现场支护操作管控

通过制定并实施一套规范的支护工作流程,实现现场作业控制的优化。其中包括对各工序的具体要求,如对支撑材料的检查,支撑结构的安装规范,施工时的检查点的确定等,提高了工作效率与质量。同时,标准化的工作程序也有利于快速培训新员工,使老员工更好地适应新员工。采用实时检测技术,可加强现场

支护作业的管控。通过传感器、摄像机、无人机等设备,实现了对施工现场的实时监测,及时发现施工过程中的偏差及潜在的风险。该技术的应用,不仅提高了施工现场的控制能力,而且为施工决策提供了实时的数据支撑,保证了施工作业精度与安全。加强对现场支护作业的控制,也要加强质量检查。其中包括定期检查支护结构的大小、强度及稳定性,并抽查施工材料的质量。建立严格的质量检验体系,并建立相应的问责制,保证了施工过程的各个环节都达到质量标准。同时,将检测结果反馈给施工班组,以便及时调整施工方案,保证施工质量。

(四) 加强施工安全管控

通过建立系统的安全管理系统,能够有效地提高施工现场的安全控制水平。就是要明确各层级人员的安全责任,定期开展安全培训与演练,提升员工的安全意识与应变能力。同时建立风险评估机制,对施工过程中存在的安全隐患进行定期识别与评估,以保证施工前的安全防范。采用先进的安全监控技术,可以加强施工安全管理。通过传感器、监控摄像头、无人机等设备,实时监控施工现场的重点部位,及时发现安全隐患。例如,监测土体变形和支护结构的应力,能够为施工队伍提供实时的数据支撑,及时调整施工方案,避免事故的发生。该技术的应用,不仅提高了安全监测的效率,而且加强了对施工现场的控制。

结语

随着全球气候变化及城市化进程的加快,水利工程建设是保障城市安全与可持续发展的关键。作为水利工程的重要组成部分,深基坑支护技术的革新和优化直接关系到工程的安全和效率,随着新材料和新技术的不断出现,智能化和信息化管理手段的运用,将使深基坑支护工程向精细化和高效率方向发展,为构建更加安全可持续的城市环境做出贡献。

参考文献

- [1] 龙钢. 水利工程永临结合预应力管桩深基坑支护关键技术[J]. 水上安全, 2024, (20): 130-132.
 - [2] 黎国芬. 水利工程中深基坑支护技术研究[J]. 水上安全, 2023, (13): 185-187.
 - [3] 谭广湘. 深基坑支护技术在水利工程中的应用[J]. 石材, 2023, (11): 124-126.
 - [4] 刘海. 水利工程深基坑支护施工技术[J]. 河北水利, 2023, (10): 43-44.
 - [5] 朱宇琦. 水利工程中套闸深基坑支护结构分析与技术应用[J]. 小水电, 2023, (01): 31-35.
- 作者简介: 丁婷, 1988.04.18, 女, 汉, 山东省青岛市莱西市, 本科, 中级工程师, 研究方向: 水利工程。
侯淇文, 1989.09.01, 男, 汉, 山东省青岛市莱西市, 本科, 中级工程师, 研究方向: 水利工程。