

水利工程中深基坑高低跨支护结构及其施工方法优化与应用

王逸然 马昕玥 王浩

南京市江宁区水务局, 江苏南京, 211100;

摘要: 深基坑工程在城市建设中日益增多, 其支护结构的安全性直接关系到施工过程及周边环境的稳定。针对含有坑中坑的复杂深基坑, 常规的双排桩支护体系难以同时保证高跨与低跨区域的协同稳定。本文提出一种新型深基坑高低跨支护结构及其配套施工方法。该结构通过设置高跨支护与低跨支护, 并在两者间设置斜向支撑与横向支撑, 形成稳定的空间受力体系。施工过程中, 巧妙利用预留土方作为临时支挡与斜撑浇筑模板, 实现了支护与开挖工序的安全衔接。本文详细阐述了该结构的组成、施工步骤及关键技术要点, 并结合工程实践分析了其应用效果。结果表明, 该支护结构可有效控制基坑变形, 提高坑中坑开挖的安全性, 具有良好的技术经济性。

关键词: 水利工程; 深基坑; 坑中坑; 高低跨支护; 斜撑; 施工方法

DOI: 10.69979/3060-8767.26.03.047

引言

随着城市地下空间开发向纵深发展, 深基坑工程的规模与复杂性不断增加。基坑支护是为保证地下结构安全施工及维护基坑周边环境稳定, 而对基坑侧壁及周边土体采取的支挡、加固与保护措施的总称^[1]。在众多支护形式中, 双排桩支护结构因其刚度大、位移控制能力好而被广泛应用于深基坑工程^[2]。

然而, 当基坑范围内存在局部深挖区域(即“坑中坑”)时, 传统的双排桩支护体系面临新的挑战。坑中坑的存在导致基坑内形成高差显著的“高低跨”地形, 使得支护结构在不同标高处承受差异显著的土压力和水压力。现有技术通常采用单一标高的支护体系, 难以对低跨区域(坑中坑侧壁)形成有效、经济的支护, 在开挖过程中易引发支护结构受力不均、整体稳定性下降, 甚至导致局部失稳的风险^[3,4]。

因此, 研发一种能够适应高低跨基坑、确保坑中坑开挖安全的支护结构及其施工方法, 具有重要的工程应用价值。本文旨在介绍一种新型的深基坑高低跨支护结构, 并系统阐述其施工流程与技术要点。

1 技术方案概述

提供一种深基坑高低跨支护结构及其施工方法, 核心目的在于克服现有技术的不足, 解决含有坑中坑的深基坑在开挖过程中支护结构安全性难以保障的问题。

1.1 支护结构构成

该支护体系主要由以下几部分组成(图1-图5):

1. 高跨支护: 沿待开挖主基坑边沿设置, 为支护体系的高标高部分, 通常采用双排桩结合截水帷幕的形式。
2. 低跨支护: 沿待开挖的坑中坑边沿设置, 为支护体系的低标高部分, 与高跨支护相对布置。
3. 斜向支撑: 在基坑开挖初期, 斜向连接低跨支护顶部与高跨支护侧向锚固面的混凝土支撑, 与高、低跨支护形成初始三角形稳定体系。
4. 横向支撑: 在基坑开挖至设计标高后, 于坑内设置的连接低跨与高跨支护的水平向支撑, 通常由连梁和围梁构成。
5. 辅助构件: 包括设置于高、低跨支护之间用于支撑斜撑中部的立柱桩、用于加固高跨支护的锚索, 以及后期用于传力的传力带等。

1.2 施工方法核心步骤

该施工方法的关键流程如下:

1. 支护桩施工: 首先, 同步或依次施工高跨支护桩、低跨支护桩及两者之间的立柱桩。
2. 初次开挖与斜撑施工: 进行第一阶段土方开挖, 露出低跨支护顶部和高跨支护靠近基坑一侧(形成锚固面), 同时在高跨支护该侧预留梯形土方作为临时支挡。随后, 在低跨支护顶部施工冠梁, 在高跨支护锚固面施工牛腿, 并以修坡后的预留土方顶面为底模, 浇筑连接冠梁与牛腿的斜向混凝土柱(即斜撑)。
3. 锚索施工: 在锚固面施工锚索, 进一步加固高跨支护。
4. 预留土方挖除与后续开挖: 斜撑与锚索形成稳定

支撑后,挖除预留土方。然后,继续开挖主基坑至设计标高。

5. 横向支撑施工与坑中坑开挖:在主基坑底施工连接高、低跨支护的横向支撑(连梁与围梁)。最后,开挖坑中坑至设计标高。

6. 主体施工与支护拆除:施工基坑及坑中坑内的主体结构,待主体结构具备一定强度后,施工传力带并回填肥槽,最终拆除斜向支撑。

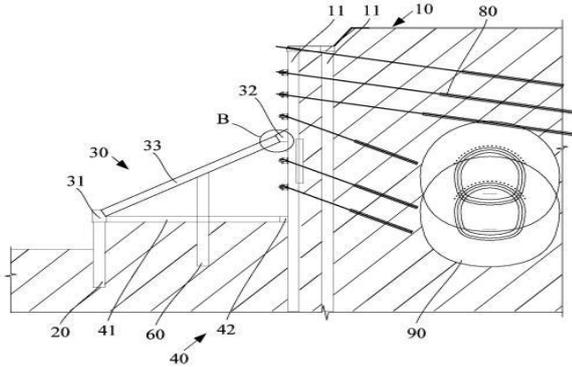


图1 深基坑高低跨支护结构的施工步骤示意图。

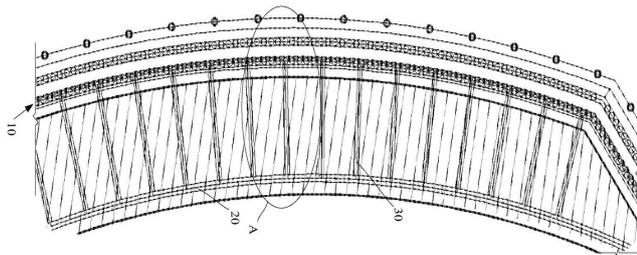


图2 深基坑高低跨支护结构的平面示意图。

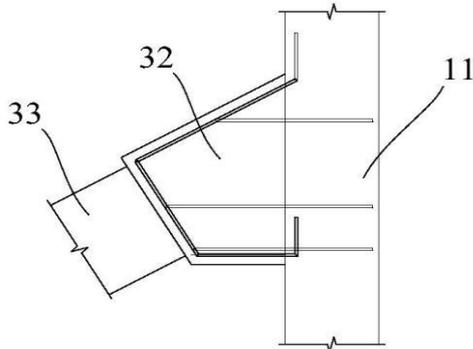
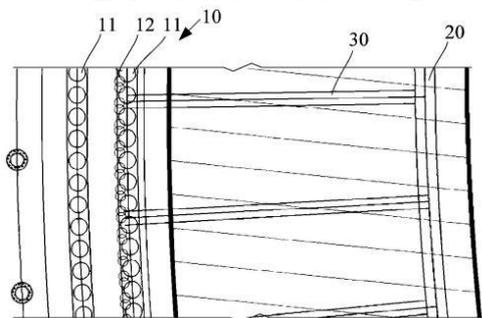


图3为图2的A部分的放大示意图。图4为图1的B部分的放大示意图。

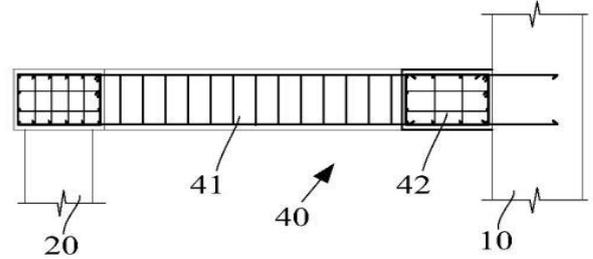


图5 为深基坑高低跨支护结构的连梁和围梁的连接剖视图。

2 具体实施方式与关键技术

2.1 高跨与低跨支护的施工

高跨支护采用双排桩结合暗埋式截水帷幕的设计(图2, A部分)。施工时,先施工两排平行的高跨支护桩。在靠近基坑一侧的支护桩之间,施工相互咬合的旋喷桩,旋喷桩同时与相邻的支护桩咬合,共同形成封闭的截水帷幕。旋喷桩的长度根据含水土层深度确定,采用顶部空打、下部注浆的工艺,以减少浪费并有效止水。低跨支护及立柱桩同样可采用桩顶部分空打的施工方式,以节约成本。

2.2 斜向支撑的精细化施工

斜撑是保证初期稳定性的关键,其施工需注重以下细节(图1, B部分):

- 牛腿与冠梁构造:高跨支护侧的牛腿通过植筋和焊接与支护桩主筋连接,确保传力可靠。低跨支护顶部的冠梁设计为与斜撑坡度匹配的梯形截面。
- 预留土方的双重作用:预留的梯形土方在斜撑浇筑前,起到临时支挡高跨支护、防止其向坑内位移的作用。在斜撑施工时,对其顶面进行修坡,使其坡度与设计的斜撑底面坡度一致,从而直接作为浇筑混凝土的土模,节省了传统支模的时间和材料成本。
- 立柱桩的支撑作用:预先施工的立柱桩位于斜撑中部下方,为斜撑提供中间支座,显著减小其计算跨度,提高了斜撑的刚度和稳定性。

2.3 锚索与横向支撑的应用

- 锚索施工:在高跨支护的锚固面上施作锚索,锚索的布置需避开基坑周边已知的地下管线。锚索孔道可通过在支护桩冠梁中预埋PVC管形成。
- 横向支撑体系:当基坑开挖至底部后,设置的横向支撑体系由两部分组成(图5):一是连接高跨与低跨支护的“连梁”,二是连接同一排高跨支护桩的“围梁”。连梁、斜撑与高跨支护形成了稳定的空间三角区,

而围梁则增强了高跨支护排桩的整体性。

2.4 传力与拆除

主体结构施工完毕后,在高跨支护与主体结构外墙之间浇筑素混凝土传力带。传力带可将支护结构承受的部分侧向力传递给已成型的主体结构。待肥槽回填压实,侧向土压力由回填土和传力带共同承担后,即可安全地拆除斜向支撑,完成支护体系的使命。

3 有益效果分析

与现有技术相比,深基坑高低跨支护结构及其施工方法具有以下显著优点:

1. 安全性高:通过“斜撑(先)+横撑(后)”的协同支撑体系,在不同开挖阶段为高跨和低跨支护提供了有效的水平约束,形成了稳定的空间受力框架,有效控制了基坑及坑中坑开挖期间的变形。

2. 工艺合理,节约成本:利用“预留土方”同时作为临时支挡和斜撑土模,简化了工序,节约了传统钢模板或木模板的支设与拆除成本,缩短了工期。

3. 适应性强:该体系特别适用于基坑边存在重要管线、锚索长度受限,且坑内存在深度较大坑中坑的复杂工况。通过调整高、低跨支护的深度、斜撑的角度及横向支撑的位置,可以灵活适应不同的工程地质条件和开挖需求。

4. 质量可控:主要构件(支护桩、冠梁、斜撑、连梁等)均为现浇钢筋混凝土结构,整体性好,刚度大,施工质量易于保证。

4 结论

本文系统介绍了一种适用于含坑中坑的深基坑高低跨支护结构及其配套施工方法。该技术通过高、低跨支护的分区设置,结合斜向与横向的空间支撑体系,并巧妙利用施工过程中的预留土方,实现了复杂深基坑开挖全过程的安全、经济支护。工程实践表明,该方法概念清晰、工序衔接紧密、可操作性强,能有效解决高低跨深基坑支护难题,具有推广价值。

未来的研究可进一步利用数值模拟方法,量化分析斜撑角度、预留土方尺寸等参数对支护体系受力和变形的影响,以优化设计,并拓展其在更复杂地层与环境条件下的应用。

参考文献

- [1]刘国彬,王卫东.基坑工程手册(第二版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [2]龚晓南.深基坑工程设计施工手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.
- [3]徐中华,王建华,王卫东.上海地区深基坑工程中基坑支护结构变形控制指标的研究[J].岩土工程学报,2009,31(11):1734-1740.
- [4]李广信.基坑支护技术进展与展望[J].土木工程学报,2012,45(6):110-117.
- [5]建筑基坑支护技术规程:JGJ120-2012[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.