

地铁车站基坑支护结构设计思考

李佳龙*

中建八局轨道交通建设有限公司, 江苏 210046

摘要: 支护结构对地铁车站的稳定性具有关键性作用, 关系到整个地铁车站工程的安全、使用寿命, 为增强基坑支护结构的质量, 务必要进行更加合理的设计。基于此, 本文对地铁车站基坑支护结构设计相关情况展开探讨。首先概述地铁车站基坑支护结构的概念、特征及安全等级。其次对地铁车站基坑支护结构设计进行思考, 包括设计原则、设计实施方法以及设计要点等。最后以某地铁车站为例, 对基坑支护结构设计进行案例分析, 探讨设计优化的思路。以期能为基坑支护结构设计质量的提升提供参考。

关键词: 地铁车站; 基坑支护结构; 设计

Design of Foundation Pit Support Structure of Metro Station

Jia-Long Li*

China Construction Eighth Engineering Division Rail Transit Construction Co. Ltd., Jiangsu 210046, China

Abstract: The support structure plays a key role in the stability of the metro station. It is related to the safety and service life of the entire metro station project. In order to enhance the quality of the foundation pit support structure, a reasonable design is necessary. Based on this, this paper discusses the related situation of the design of the foundation pit support structure of the metro station. First of all, the concept, characteristics and safety level of the foundation pit support structure of the subway station were introduced. Secondly, the design of the foundation pit support structure of the metro station is considered, including design principles, design implementation methods and design points. Finally, taking a subway station as an example, the case analysis of the foundation pit support structure design is carried out to explore the idea of design optimization. It is expected to provide reference for the improvement of the quality of the foundation pit support structure design.

Keywords: Subway station; foundation pit supporting structure; design

一、前言

地铁车站是城市基础设施建设的组成部分。在我国现代化城市建设进程中, 地铁车站工程项目量增多, 规模扩大, 技术含量也日渐提升。然而无论地铁车站建设工程项目发生何种变化, 都离不开对于基坑支护结构的依赖。只有加强基坑支护结构的质量, 才能为整个地铁车站项目安全提供保障, 由此也凸显出基坑支护设计的价值。基坑支护结构所需要处理的任务复杂, 工程量巨大, 设计工作的难度较高, 面临着较为严峻的挑战。处于这样的背景下, 为了能够给基坑支护设计工作的开展提供一定助力, 提高设计安全性与可行性, 对设计相关情况展开分析十分必要, 对地铁车站项目质量、效率的全面提升, 均有积极作用。

二、地铁车站基坑支护结构概述

(一) 基坑支护概念

为引起施工方对基坑支护的重视, 国家出台了《建筑基坑支护技术规程》作为行业标准, 其中对基坑支护做出了相应的要求与说明, 并对基坑支护的概念做出定义。基坑支护指的是在地下工程施工时, 处于地下施工环境、地下结构安全的考虑, 对基坑侧壁、基坑周边实施的加固、支挡等保护性措施^[1]。如图1所示。施工过程中, 逐渐总结出了不同类型的基坑支护形式, 适用于不同的地形条件、工程项目之中。其中比较常见的类型包括有排桩支护、地下连续墙支护、钢筋混凝土排桩、原状土放坡等等。且基坑支护可以单独或者多种结合使用, 以达到最佳的支撑防护效果。此外, 基坑支护在地下水控制中同样具有防护作用, 通过截水、回灌等形式在基坑开始挖掘阶段, 对地下水进行适当的控制, 避免工程延误^[2]。由此也可以看出, 针对基坑支护的结构进行合理的设计师十分关键的, 也就是要进行明确的

* 通讯作者: 李佳龙, 1996年7月, 男, 汉, 江苏南京人, 工程师, 学士。研究方向: 市政工程城市轨道交通。

基坑支护的整体结构、结构的受力情况进行规划与设计，以确保基坑支护能顺利发挥出自身的价值和作用。



图1 基坑支护工程示意图

(二) 地铁车站基坑支护结构的特征

地铁车站基坑支护结构的主要特点如下：

1. 地铁车站基坑支护结构中，作为承载桩的桩底通常处于土质坚硬的土壤层内，包括硬塑状黏土、岩石等。原因在于处于坚硬土壤中，能够为承载桩的质量、安全提供有力的支撑，对桩底形成有效的竖向承载力量。在这些力量的支撑之下，地铁车站上部分结构所产生的压力，才能够处于桩基的符合范围之内。
2. 地铁车站基坑支护结构的竖向承载能力较强，即使是在自身重力、外界因素的作用下，也基本上不会对支护结构产生干扰，也不会产生过度的沉降变化，所出现的倾斜角度通常也是出于可控制的范围之中^[1]。同时，基坑支护结构对于工程项目整体可能出现的侧翻风险能够进行控制，海啸、地震等外力风险所引起的荷载也能抵消，继而使地铁车站的施工安全得到有力的保护。
3. 基坑支护结构具有液化土层的功能，这就意味着在桩底能在土层之中形成较为有力的支撑作用。正是由于基坑支护结构具有上述特征，才能够满足在地铁车站工程项目施工过程中的安全、质量需求。

(三) 地铁基坑支护结构安全等级

《建筑基坑支护技术规程》中将基坑支护结构的安全等级划分为1级、2级、3级，其重要性系数、后果严重程度均不相同，如表1所示。了解基坑支护结构安全等级，能为后续设计工作的开展提供明确的思路和具体的要求，并且要在此基础上，对安全等级展开进一步的分析，以达到相应等级的安全标准要求。对地铁车站建筑施工中，关于支护结构的行业规范需要全面的分析，继而对基坑支护结构进行针对性的设计，使后续工程作业能够获取坚实的基础和支撑。在此基础上，以《建筑基坑支护技术规程》中的安全等级规范作为标准，对地铁车站基坑侧壁安全系数进行划分，从不同的重要性系数出发，在支护结构的设计工作中迎合安全等级标准^[4]。

表1 地铁基坑支护结构安全等级表

安全等级	重要性系数	后果
1级	1.1	严重
2级	1.0	一般
3级	0.9	不严重

三、地铁车站基坑支护结构设计思考

(一) 地铁车站基坑支护结构设计原则

在对地铁车站基坑支护结构进行设计的过程当中，应当遵循一定的原则进行，从而为施工有序开展指明方向。具体如下：

1. 成本及科学性兼顾原则。设计工作中，应当要考虑到支护结构的合理性、科学性以及适用性，能符合不同地铁车站施工项目的具体需求，与此同时还需要兼顾成本控制的需求，避免出现成本超支的现象，使得经济效果、科学性都达到合理的标准^[5]。
2. 结构安全性原则。基坑支护结构在地铁车站施工中应用的主要作用便是能够为整个工程的安全予以保障，因

此也就要求在设计工作中务必要以安全为重, 确保工程项目施工的安全达标, 支护结构才能为施工的安全撑起“保护伞”。

3. 施工简便性原则。设计工作不仅要考虑科学性、安全性, 同时也要考虑到是否具有实用性, 考虑到在特定的地下施工环境中, 设计需求是否能够付诸实际, 加之以地下施工环境较为复杂, 施工难度较大, 因而便需要在设计环节中进行充分的考虑, 尽可能提高支护结构设计的便捷性, 尽可能的规避潜在的施工风险。

(二) 地铁车站基坑支护结构设计实施方法

为了能够保证基坑支护结构设计方案在工程中实现, 应当要掌握正确的设计实施方法。具体如下:

1. 为了使基坑支护结构的稳定性达到最佳状态, 需要掌握支护结构正常使用时的极限状态、以及承载能力的极限状态。在两种不同极限状态的交互、配合作用下, 使支护结构的稳定性达到最佳。

2. 基坑支护结构设计过程中, 需要对施工环境周边的土质条件、土壤条件等进行分析, 并且纳入到设计考虑因素之中, 尤其是要对支护结构在地下魂晶中的受压性、受剪承载力的因素做出衡量与判断^[6]。

3. 考虑到锚杆、构件对于基坑支护结构设计地下作业所产生的影响, 应当要选择性能可靠性突出的锚杆, 以及支撑性稳定的构件, 并且进行磨合与适应, 以保证在实践中能够将支护结构的设计效果达到最佳。

(三) 地铁车站基坑支护结构设计分析

1. 地铁车站基坑工程勘察

在地铁车站基坑支护结构设计的过程当中, 需要对设计工作予以充分的重视, 其中对地铁车站基坑工程进行深度勘察是首要工作内容。具体包括如下方面:

(1) 在基坑施工安全前提条件的规范下, 尽可能全面的对施工周边环境进行勘察, 包括地下水分布等因素都要纳入到考虑的范围之中。在此基础上, 设计人员才能够出具具有针对性的基坑支护结构设计方案, 从根源上对可能发生的施工不稳定风险进行防范。

(2) 面向地铁车站基坑工程进行勘察时, 需要将地下岩石相关因素作为重点考虑对象。对岩石施工条件、开挖时的深度等方面因素进行综合性考量, 并且可设置若干数量的勘察点, 多角度、多方位进行考察, 收集资料数据, 在此基础上确定最终的地铁车站基坑岩石施工范围及细节。

(3) 对地铁车站基坑做工程勘察时, 需注重水文条件的观测。在进行勘察的过程中, 要关注施工范围内地下水的静止水位、视见水位, 继而推测地下水位可能会产生的动态变化情况, 以及动态水位变化发生之后, 对基坑支护结构可能产生的影响与波及范围。只有做好对地铁车站基坑的工程开展, 才能为设计工作的开展提供第一手的参考资料和设计依据^[7]。

2. 地铁车站基坑支护设计前准备

在地铁车站基坑支护结构设计工作正式开始之前, 需做好前期准备工作。

(1) 收集与地铁车站基坑支护结构设计相关的资料、数据和信息, 包括国内外同类型工程项目的参考、以及前期基坑工程勘察工作中所获取的相关信息等。只有保证了资料的准确性, 才能降低基坑支护结构设计的误差。

(2) 在基坑主体工程支护结构的设计中, 重点任务是桩位布置、平面布置相对位置。对于该部分的重点内容, 需要切合实际, 选择最为合理、适宜的基坑支护结构类型, 使主体工程的桩位、平面位置都保持合理状态。

(3) 基坑支护结构设计的前期准备工作中, 有必要对施工可能需要的设备设施进行检查, 满足高难度设计的实践应用需求, 也为后续设计工作的推进奠定基础。

3. 基坑支护结构设计要点

在基坑支护结构设计中, 应熟练掌握设计要点。

(1) 基坑支护结构的类型日渐多样化, 如地下连续墙支护、钢筋混凝土排桩、排桩支护、原状土放坡等。不同类型适用于不同的施工环境之中。支护结构设计工作当中, 关键任务便是要切合实际情况, 从基坑施工环境出发, 设计相应的类型结构, 以达到工程稳定性最大化的目标。

(2) 为提高基坑支护结构的整体水平, 在设计过程中可选择适当的挡墙结构, 例如钢筋混凝土板桩、钻孔灌注桩排桩挡墙、钢板桩等, 增强支护结构设计的实用价值。

(3) 设计人员应当有意识地对基坑支护结构的设计方案进行完善, 调整其中不合理或者不完善的地方, 补充细节, 尽可能使整个基坑支护结构设计的效果不存在漏洞。同时, 为了避免出现基坑支护结构稳定性遭遇破坏情况的发生, 应当要对支护结构设计方案进行验算, 对工程主要荷载、岩石与土层设计计算参数等进行计算, 并检测施工过程^[8]。

4. 基坑支护结构设计对象

基坑支护结构设计中，需要着重把握的设计对象有挡土结构、内支撑结构以及支护结构形式。

(1) 挡土结构。挡土结构的价值体现在，以支护墙的形式为基坑外的土层压力产生抵抗作用，比较常见的支护墙形式包含地下连续墙、放坡开挖墙等，在设计环节中需要根据地质水文条件的参数来进行具体形式的选择。

(2) 内支撑结构。内支撑结构当中，比较主要的是钢支撑、混凝土支撑两者相结合的形式，其中上半部分为钢支撑、混凝土支撑结合，下半部分为钢支撑，该形式可使内支撑结构的强度达到最大化。

(3) 支护结构形式。支护结构形式的选择与设计，关键在于对公式、参数的确定，严格按照参数要求进行设计工作，确保支护结构形式满足强度需求的前提下，位移量也可保持在设计参数的可控制范围之内，使系统稳定与安全有所保障。

四、某地铁站基坑支护结构设计案例分析

(一) 地铁站工程概况

为了能够对地铁站基坑支护结构设计形成更加深刻的认识，本文以某地区西朗地铁站作为对象，对齐基坑支护结构设计工作进行案例分析。西朗地铁站是广州地铁1号线、广佛线两者的换乘站，也是广州地铁1号线的始发站。作为地面车站，西朗地铁站有五层设计，分别为候车站台、车站站厅、以及地下预留结构。西朗地铁站的位置处于花地大道、鹤洞路两者的交叉处，车站长为386.3米，段宽标准为20.7米，基坑深度是地下两层结构，为15.84米；土岩层包括人工填土层、淤泥层、粉质黏土层、以及风化岩层。西朗地铁站稳定水位的埋深处于0.5~1.5米之间。通过前期勘察发现，地下水为岩石风化层中的裂隙水，进一步检测后得知，地下水渗透系数为0.15~0.7米/每天左右，属于弱透水地层，富水性不高。

基于这一情况，在西朗地铁站基坑支护结构原本设计中，采取的是人工挖孔桩与钢管支撑相结合的形式。其中人工挖孔桩带有咬合性，规格为Φ1.2米，@1.35米，基坑侧壁厚度约0.15米；钢管支撑的数量为三道，分布于不同的位置，一道位于冠梁上方，设计间距6米，其余两道均设置在腰梁之上，间距设计为3米。如图2所示。在拟定了设计方案之后，综合多个方面因素考量，对基坑支护结构原设计图进行优化设计。原因在于西朗地铁站的地理位置特殊，工程任务量较大，施工环境较为复杂。出于对地下施工环境的管线、周边建筑物的安全考虑，需要将失稳破坏的发生可能性缩减至最低，避免基坑施工时支护结构发生过大位移，预防地面沉降情况的产生。

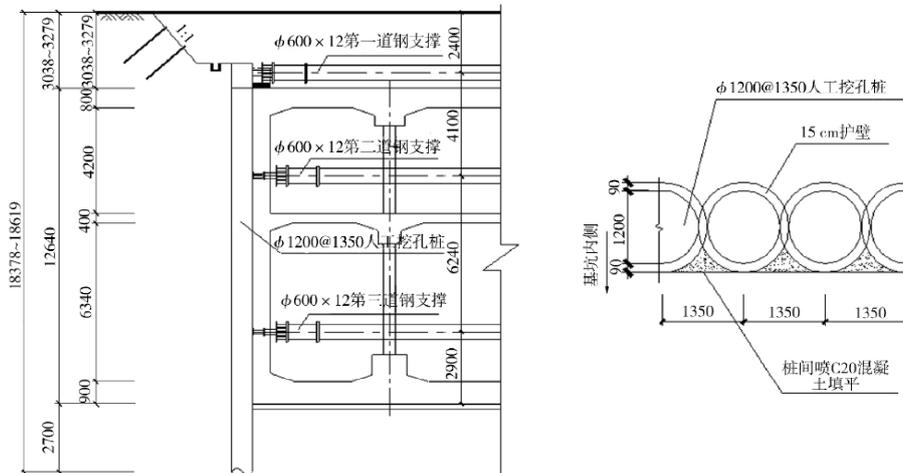


图2 地铁站基坑支护结构原设计图

(二) 某地铁站基坑支护结构设计优化分析

1. 地铁站基坑支护结构设计优化内容

针对西朗地铁站基坑支护结构设计进行优化的内容包括支护结构方案、支撑体系两个方面。在支护结构方案的选择中，将多个方案进行对照和比较，从西朗地铁站1级安全等级的需求出发，确定了钻孔灌注桩与旋喷桩联合、连续墙等形式，在考虑到经济成本控制原则后，最终选定了钻孔灌注桩与旋喷桩联合的形式。在支撑体系方面，原设计方案中钢管支撑的数量为三道，这增加了地铁主体工程地下施工难度与岩石开挖的负担，因而对钢管支撑的间距做出适当的变化，避免间距之间过于紧密情况。

2. 地铁站基坑支护结构设计优化方案

经过对原设计方案的调整变动后，在基坑支护结构设计优化方案中，支护结构的形式、间距均发生了一定的变化。例如，钻孔灌注桩与钢管支撑联合为全新的支护结构形式，基坑支护标准选用疏排钻孔灌注桩，支撑体系之间的间距也随之发生了变化，一道钢管增加到10米，其余两道增加到5米，使钢管支撑的空间密度扩大，不会对正常施工造成干扰。

此外，在对基坑支护设计方案进行改进优化之后，可进一步对支护结构的合理性进行计算检验，对支护结构自身的重量、水土压力、地面荷载等参数进行计算，发现计算结果的剪力、承载力均较为稳定、合理，优化方案具有可行性。

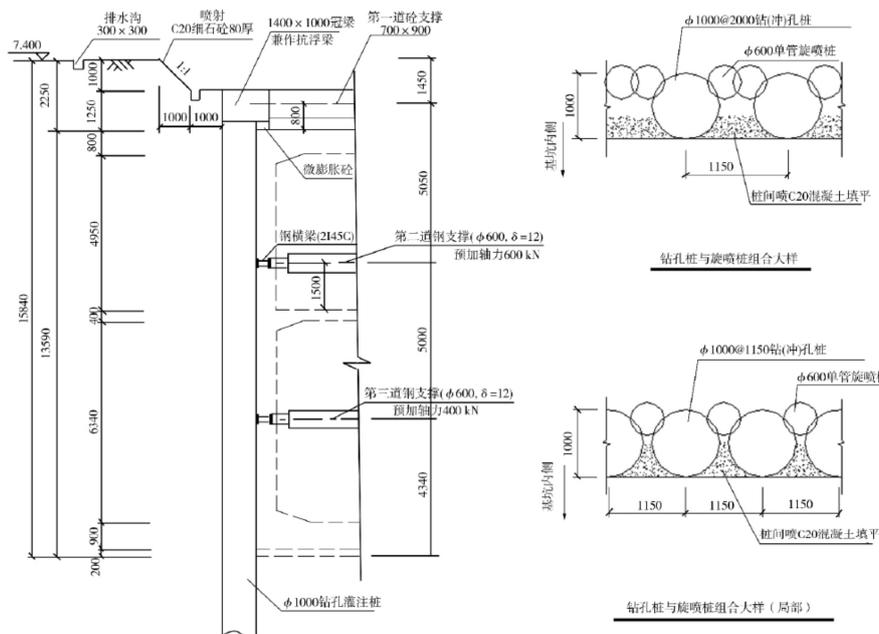


图3 地铁车站基坑支护结构优化设计图

五、结束语

综上所述，近年来我国地铁车站施工建设工程发展迅速，地铁车站工程项目的技术及工艺水平也随之得到了提升，其中基坑支护结构作为整个地铁车站的支撑性部分，设计工艺日渐发展成熟。基坑支护结构设计过程中，需要明确基坑支护结构的特征及安全等级，在基坑支护结构设计原则及实施方法的指挥下，逐步完成设计工作，并且对基坑支护结构设计中的不足之处进行改进，提出针对性的基坑支护结构优化方案，对支撑间距、支撑道数以及支撑刚度等数据进行更加合理的设计，以满足地铁车站项目施工的需求。希望通过这样的方式，能够推进基坑支护结构设计水平的整体进步，在保证地铁车站施工质量的前提下，按期交工，提升基坑支护结构施工效率。

参考文献：

- [1]尹小延.基于区间有序加权算子的地铁车站深基坑支护方案灰色评价[J].中外公路, 2019,39(04):204-209.
- [2]赵东振.地铁车站深基坑支护体系设计研究[J].智能城市, 2019,5(15):59-60.
- [3]高飞.地铁车站软土深基坑施工技术分析[J].安徽建筑, 2019,26(07):164-165.
- [4]郭洋洋,有智慧,王正振,陶津.明挖与盖挖结合法对地铁车站基坑支护结构变形影响研究[J].施工技术, 2019,48(13):94-99.
- [5]朱伟强.某地铁车站基坑支护设计与分析[J].建材与装饰, 2017,(13):239-240.
- [6]周华龙.地铁车站基坑支护结构设计探讨[J].建材与装饰, 2017,(09):99-101.
- [7]杨博,王东明,张爽,周纪军.某地铁车站深基坑开挖中支护结构监测分析[J].城市住宅, 2016,23(11):103-105.
- [8]吴可嘉.地铁车站基坑施工两道支撑支护技术数值模拟分析与应用[J].建筑设计管理, 2016,33(04):81-85.