

Discussion on Architectural Structure Design of High-speed Railway Station—Xuzhou East Station Expansion Project

Shoukui Li

China Railway Fifth Survey and Design Institute Group Co., Ltd., Beijing, 102600, China

Abstract

Starting from the design of large-scale high-speed railway station expansion project in China, through the design and research of Xuzhou East Station expansion project, combined with engineering practice, this paper expounds the basic ideas and methods of high-speed railway station expansion project. This paper focuses on analyzing some outstanding problems and solutions in the design of high-speed railway stations for the reference of relevant engineers and technicians.

Keywords

rail transit; high-speed rail station; building structure; design

高铁车站建筑结构设计探讨——徐州东站扩建工程

李守奎

中铁第五勘察设计院集团有限公司, 中国 · 北京 102600

摘 要

论文从中国大型高铁站扩建工程的设计出发, 通过对徐州东站扩建工程的设计研究, 结合工程实践, 阐述了高铁车站扩建工程的基本思路与方法, 着重分析高铁车站设计中的一些突出问题以及解决方法, 以供有关工程技术人员参考。

关键词

轨道交通; 高铁车站; 建筑结构; 设计

1 引言

徐宿淮盐铁路位于中国江苏省北部, 线路西起徐州东站, 经睢宁县、宿迁市、泗阳县, 至淮安东站, 后经阜宁县、建湖县至盐城市, 线路长度 317.194 公里。徐宿淮盐铁路位于江苏省北部地区, 连接徐州、宿迁、淮安、盐城四地市, 沿线地区是江苏省重要的工业、经济、文化、城市等发展水平较高的经济走廊。

2 工程概述

新建徐州东站扩建工程, 站房规模 29998m², 站型按照“线侧式站房+线上式站房”的形式, 新建徐淮场中心里程为 D2K2+456.82, 站场设正线 2 条、到发线 11 条, 有效长 650m; 设 450m×12m×1.25m 基本站台 1 座、中间站台 5 座; 新接长既有 17m 宽天桥和新接长既有 12m 宽地道各 1 座。设计与站台等长无站台柱雨棚。

徐州东站扩建工程周边交通配套设施包括: 穿越京沪场和徐宿淮盐场的站台底部的地铁 1 号线、东西广场连通道

道和新接入的 12m 宽高铁出站地道; 新建站房底部的地铁 6 号线、站前高架平台、站前东广场及广场两侧长途车场、公交车场和站前广场规划的地下社会车场及出租车场; 新建站房通过既有天桥和地道与既有徐州东站互联互通。

3 站房主结构设计分析

徐州东站屋盖结构采用空间桁架结构, 最大跨度 116.45m, 最大悬挑长度 37.95m。桁架厚度为 4.5~7.0m。侧站房为钢管混凝土/混凝土梁板, 高架站房标高 8.4m 以下为钢管混凝土/混凝土梁板, 8.4m 以上为钢框架结构。

钢筋混凝土梁与钢管混凝土柱之间较常用的节点连接方式为环梁连接。对本工程站台层而言, 若采用此类型梁柱节点, 存在以下问题: 因该节点邻近既有线施工, 柱下采用柱下独立基础, 施工过程中需考虑邻营线施工防护工作。

根据该类节点受力特性, 工程中梁柱节点做法如下: 接长天桥长 18.4m, 在既有股道与新建 16 股道之间设置 $\phi 650\text{mm}$ 钢管混凝土柱用于支撑接长天桥, 柱中心距既有股道中心线距离为 3m。侧式站房架空层与基本站台之间存在 8~10m 高差, 结合基本站台地道出入口与下部地铁结构, 沿侧式站房设置 450mm 厚钢筋混凝土挡墙。

【作者简介】李守奎(1984—), 男, 中国江苏淮安人, 本科, 工程师, 从事结构设计研究。

4 屋盖结构设计

4.1 屋盖结构

屋盖结构为空间桁架结构,最大跨度为 116.45m,最大悬挑长度 37.95m,桁架厚度 4.5~7.0m。在满足排烟及采光要求的前提下,尽量减少高架候车室屋面天窗面积。屋盖按建筑造型、柱距、采光、吊顶的要求,采用三角形或菱形双向空间管桁架结构。在钢管混凝土柱的柱顶设置倒四角锥形钢管斜柱。斜管柱通过销轴连接到立柱、桁架上。销轴节点参照欧洲规范进行设计,并进行有限元应力分析。四角锥钢管柱与钢管桁架形成空间活动,有效减小了屋面的结构跨度,提高了屋面的经济性。屋盖中部有一大片反射窗。依据建筑形式和采光要求,采用倒三角钢管桁架,其余非采光区域为下弦处的吊顶,并采用正反三角形。这种构型可以减少桁架吊顶的檩条跨度,减小其檩跨^[1]。

4.2 屋盖结构设计特点

①结构体系清楚,与建筑物形状相匹配。屋盖结构受力高、空间效应大,其传递力直接明确,经济性好;屋顶结构形状复杂,平面尺寸大。装饰性构件少,施工方便,达到预期的建筑形式和效果中;装饰构件的安全性和经济性得到提高。

②双向框架钢管桁架与椭圆筒刚性连接,在箱形截面上形成网状空间桁架。双向桁架与椭圆形柱刚接连接。因为柱位于双向空间桁架的中间,为了保证桁架与立柱之间的刚性连接,立柱顶部安装了连接双向空间桁架的斜撑桁架。对角支撑桁架(无对角腹板)通过下、上、下弦杆与立柱连接,实现对角支撑桁架的分析。通过计算确定斜腹杆的截面尺寸,进一步提高了节点的承载能力,并对其进行了改进。

③通过参照欧洲规范,对相贯节点和格构柱式多级钢箱梁相贯节点的承载力进行了欧洲规范分析,并结合节点有限元应力分析,根据分析结果,在节点区域采用加厚管壁、设置横隔板或插板等措施对节点进行加固^[2]。

4.3 屋盖复杂钢管相贯节点和铸钢节点分析设计

屋盖采用空间桁架结构,钢管桁架在顺轨向为折线形,存在许多复杂构件,连接复杂。关于节点承载力,国内外标准都没有相应的计算方法^[3]。此种接头的设计方法如下:

①接头受力有限元分析,选择重要、复杂节点进行接头试验验证;②当接头承载力达不到要求时,宜采用增大接缝区直径及厚度的方法。改善连接的承载能力。若接头的承载力不符合要求,在接头处安装隔膜。铸钢节点使用的材料是 G20Mn5QT,主要用于以下几个方面:屋面支撑和柱与屋架的连接节点;商业夹层 78m 跨单桁架节点与东西幕墙三向网格支撑结构构件。铸钢接头形状复杂,受力大。先对设计过程进行有限元应力分析,再选取典型接头进行全接头试验。论文中给出了部分节点分析结果。

主站房结构(铁路桥梁结构除外)设计参考年限为 50 年,结构耐久性为 100 年,结构安全等级为 1 级。在局部

荷载调整、混凝土结构耐久性设计、钢结构应力控制、防腐标准等方面的改进,增加了设计寿命。

4.4 空间管桁架施工设计

在空间管桁架施工过程中,应遵循“先点焊,后全焊”的主要程序,当搭接节点存在于桁架施工中时,施工人员必须对焊接搭接部位进行处理,焊接搭接部位应采取“先点焊,后全焊”的方法。在安装空间管桁架时,应先从以下几个步骤开始安装:在安装主管的基础上安装支管,完成一根支管安装后应直接焊接直管趾部,最后将焊缝焊接应用于支管与支管之间^[4]。

5 基础设计

5.1 工程地质概况

本场地属构造稳定地区,场地内未见活动断裂、滑坡、崩塌、泥石流等不良地质作用,场地虽存在岩溶等不良地质作用、填土等特殊岩土,但可采取措施减轻或消除不良地质作用对工程的不利影响。根据区域水文地质资料、现场调查及引用资料分析,场地水文地质条件较为简单。地下水类型分为填土中的上层滞水及基岩岩溶裂隙水。综合评价本工程场地工程地质条件较好。从区域地质构造特征、历史地震背景、工程地质及水文地质条件、不良地质作用及特殊性岩土等综合分析,场地稳定,适宜进行本工程的建设。

5.2 站场路基病害原因分析

对站场进行勘察,揭露的溶洞绝大部分为充填型溶洞,充填物以硬塑粘土夹灰岩碎块为主,局部为软塑、可塑粘土充填^[5]。根据区域地质资料及本次勘察成果,场地岩溶发育主要受构造控制,岩溶发育方向受层面控制,发育形式以溶蚀裂隙为主,多沿层面发育,为沿裂隙、层面溶蚀扩大化的岩溶裂隙和小型溶洞,裂隙连通性较好但地下洞穴系统未形成,地下水运动强烈。工点范围内岩溶属中等发育。因此,采用了以下措施:

①对于柱下独立基础下方存在溶洞的部分采用素混凝土灌浆处理。用压力注浆法补浆加固岩溶地基及基岩顶面土体,再填土洞、溶洞,封闭土、石界面,隔断地表水与地下水系的联系,并大量压浆形成封闭基底。为防止溶洞管道闭合后,地下水系改流引发路基二次病害,提高站区路基整体的稳定性,对路基进行横向补注浆帷幕加固。

②对于桩基础长度范围内存在溶洞的情况,桩基础应穿过溶洞进入稳定岩层,溶洞采用素混凝土灌浆。

当岩溶地基承载力不足时,将会使原有桩承载力失效,导致基空区塌陷,导致既有桩加固区沉降,方桩加固区及路堤受较大扰动及地基沉降,因此在岩溶地基注浆加固后,必须对既有方桩加固区进行加固。针对现场情况和加固施工进度快、加固效果可靠的要求,建议采用高压旋喷桩对原方桩进行局部加固,以提高地基的承载力。

在基坑施工中及填土作业中,需做好防浮验计算和反

渗透验算,确保抗浮设计和集水、排沟设计合理,减少雨水下渗对地基结构的影响。若在验算中发现工程难以达到抗浮设计要求,则可通过设置抗浮桩或锚杆等措施,提高结构抗浮效果,提高基坑支护施工质量。此外,在基坑支护施工中,要做好环保工作,避免产生污染。并合理设置监测点,及时了解具体施工情况^[6]。

6 结构抗震设计

6.1 抗震计算

主站房在多遇地震作用下进行抗震计算时,对站台层以上的站房结构按建筑抗震设计规范的要求采用7度(0.1g)来进行计算;鉴于此站台层桥梁结构为桥架一站房,将其作为重要桥梁结构考虑,根据桥梁抗震规范的规定,在多遇地震作用下,地震作用乘以重要性系数1.4。相对于增加结构的地震作用,站台层桥梁结构按铁路桥梁规范进行抗震计算。主站房结构中站台层以上基本为钢结构,阻尼比钢结构为0.04;站台层为预应力混凝土结构,阻尼比为0.05。在抗震计算中,根据楼层结构类型分别选择不同的阻尼比。

6.2 抗震措施

将平面划分为两个结构单元,在高架层和屋盖结构中设置防震缝。车站主体为框架结构,平面基本对称,结构质量和刚度比较均匀,而且在楼板上没有大洞。在此基础上,结构横向刚度由下向上逐渐减小,站台结构的侧向刚度远大于与之相连的高架层结构;屋盖结构跨度大,柱数少,为了提高屋盖结构的侧向刚度,屋盖采用钢管混凝土柱。按照建筑抗震设计规范,站台层间预应力钢筋混凝土框架结构的抗震等级为一级,并采取相应的构造措施。对钢结构采用抗震设防烈度7度的抗震构造措施^[7]。

7 结语

①徐州东站主站房结构在遇地震及罕遇地震作用下,该结构具有良好的抗震性能,主体结构的选择和布置满足抗震设计要求。

②框架梁采用预应力箱梁和钢骨柱,减小了平台梁高

度和柱截面尺寸,提高了出站厅层的使用性能,较好地实现了桥建合一的最终目标;保证了桥梁结构的抗疲劳性能,提高了出站厅层的使用性能,使其经济技术指标在同类站中名列前茅。

③车站采用的新型钢结构和复杂钢管相贯节点,由于受力复杂,且没有相应的计算方法,需要对其进行整体结构分析和节点有限元分析,对典型结构或节点进行了足尺或缩尺试验,以保证结构和节点的安全、经济。

④楼板、屋盖等结构选择合理,布置合理,抗震性能良好,抗震性能良好。在大跨度钢结构楼盖中,由于结构高度的限制,大跨度钢楼盖的竖向刚度较小,参照其他站房的舒适度分析及检测结果,跨度大于40m的钢结构屋盖需进行舒适度分析,确定采用TMD的结构消能,具体参数为参考其他的站房的舒适度^[8]。

⑤结构构件的截面和布局与建筑形式紧密结合,提高建筑的美观和经济性。

参考文献

- [1] TB 10621—2014 高速铁路设计规范[S].北京:中国铁道出版社,2014.
- [2] GB 50009—2008 建筑工程抗震设防分类标准[s].北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [3] GB 50011—2010 建筑抗震设计规范[s].2016版.北京:中国建筑工业出版社,2016.
- [4] GB 50009—2012 建筑结构荷载规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [5] 李当生,赵忠华,孙会郎,等.济青高铁青岛红岛站钢屋盖结构设计[J].建筑结构,2021,51(6):30-36+52.
- [6] TB 100021—2005 铁路桥涵设计基本规范[S].北京:中国铁道出版社,2005.
- [7] GB 50111—2006 铁路工程抗震设计规范[s].2009版.北京:中国建筑出版社,2009.
- [8] 超限高层建筑工程抗震设防专项审查技术要点:建质〔2015〕67号[S].北京:中华人民共和国住房和城乡建设部,2015.