

高架铁路桥下式旅客车站设计特点

鲍本林

(中铁第五勘察设计院集团有限公司,北京 102600)

摘要:对于主要城市的主城区以及土地征用紧张的地区,桥下式站房作为一种常见的客站布置形式,具有桥下空间利用率高、节省建设用地、方便旅客进出站,高效便捷出行等良好的特点,但其建筑及结构设计也受限于桥梁跨度及桥下空间高度的影响。为充分利用高架桥梁的桥下空间进行车站结构设计,文章结合北京大兴站、密云站及新绍兴北站等 3 座站房的工程实例,对该类桥下式站房的结构设计进行总结分析,阐述该类站房的结构设计原则,在不同设计条件下,为站房基础、结构选型、单元划分、抗震设计等方面提供有益的设计思路和方法。结果表明:结合桥下空间特点及建筑布置要求的车站结构设计可实现“小震不坏、中震可修、大震不倒”的抗震设防目标,达到保证主体结构安全与车站建筑功能要求的统一,桥上线路设计与桥下空间利用的统一,和社会效益与经济效益的统一。

关键词:桥下式车站;基本站型;桥下空间利用;结构设计原则;结构选型;基础合建;抗震设计

中图分类号:U291.6

文献标识码:A

文章编号:1673-8993(2024)02-0042-06

doi:10.13402/j.gcjs.2024.02.021

Design features of under-bridge passenger station of viaduct

BAO Benlin

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

Abstract: For the main urban areas of major cities and areas with tight land acquisition, as a common form of passenger station layout, the under-bridge station building has the characteristics of high utilization rate of space under the bridge, saving construction land, convenient for passengers to enter and exit the station, efficient and convenient travel, etc but its architectural and structural design are limited by bridge span and height of the space under the bridge. In order to make full use of the space under the viaduct for the structural design of the station, the structural design of the under-bridge station building is summarized and analyzed by combining the engineering examples of three station buildings, including Beijing Daxing station, Miyun station and New shaoxing North Station; the structural design principles of this kind of station building is expounded; so their useful design ideas and methods can be used for reference at station foundation, structure selection, unit division, seismic design and other aspects under different design conditions. The results show that the design for station structure not only can achieve the seismic fortification goal of “no damage in small earthquakes, repairable in medium earthquakes, and no collapse in large earthquakes” combined with the characteristics of the space under the bridge and the requirements of the building layout of the station, but also can achieve the unity of ensuring the safety of the main structure and the functional requirements of the station building, the unity of the line design on the bridge and the utilization of the space under the bridge, and the unity of social and economic benefits.

Key words: under-bridge station; basic station type; space utilization under the bridge; structural design principles; structure selection; co-construction of infrastructure; seismic design

铁路旅客车站作为铁路部门办理旅客运输业务的重要场所,以及铁路运输网络和铁路交通枢纽

收稿日期:2024-04-07

作者简介:鲍本林(1985—),男,高级工程师,一级注册结构工程师,从事房屋建筑结构设计工作。

纽的重要节点，发挥着连接不同城市、不同地区之间的桥梁与纽带作用。由于铁路旅客车站人流复杂、空间跨度很大，设计时应尽量做到进出站旅客流线便捷、顺畅，路程短。影响铁路旅客车站旅客流线的重要因素是客站的站型，合理的站型是功能完善的铁路旅客车站必须具备的条件^[1]。

张鸿^[1]分析了铁路客站的基本站型形式及选择方法，提出应准确地运用客站的基础资料，并结合旅客流线，细致地比选方案，使选择的站型方便旅客乘降换乘、符合城市规划、适应城市发展；张佳璐^[2]总结研究了铁路旅客车站站型选择的基本规律，指出需要根据当地的实际情况选用合适的站型；王霁^[3]以福清西站为例，探讨了中小型线下式高铁站的优化设计。

相关研究成果已经在铁路站房设计中得到了广泛应用，但对于不同铁路客站站型的结构设计总结研究，尤其是对于高架铁路桥下式车站的研究还不够系统完善。本文以大兴站、密云站及新绍兴北站的实际工程为例，结合高架铁路桥下空间及铁路客站功能平面布置条件，总结桥下式车站的结构设计原则，并有针对性地采用不同的结构设计方案，以期为以后工程设计和施工提供借鉴。

1 铁路旅客车站基本形式

根据车站与站场轨道之间的相对平面位置以及竖向布置关系，铁路旅客车站主要分为6种站型。

(1) 线端式车站：在车站线路端部设置车站，供旅客乘候车及进出站。该类车站数量较少，如北京北站、北京丰台站、青岛站等。

(2) 线侧平式：布置于高铁或者普铁线路的一侧，并且其首层地面或者候车室地面标高与铁路站台面标高相平或者相差很小，如安六铁路的六盘水东站、沈大高铁的辽阳站。

(3) 线侧上式：铁路站房的平面布置位置与线侧平相同，但站房首层地面标高高于站台面不小于3.0 m，站房与广场标高基本持平，如承德县北站^[4]。

(4) 线侧下式：也是线侧式站房的一种，与

线侧上式正好相反，其站台面标大大高于站房首层地面及站前广场的标高。线侧式车站的规模一般不大，若车站候车区为二层，则进站的跨线设施为天桥，出站的跨线设施为地道；若车站候车区为一层，则进站、出站的跨线设施均为桥下通道或地道，如沪宁沿江铁路武进站、句容站。

(5) 线上式：即常见的高架旅客车站，其旅客候车厅一般位于铁路站台及线路的正上方，几乎从不单独使用，常常和侧式站房组合在一起，形成火车站中最为复杂的一类，为旅客提供全面立体的交通流线，满足大量旅客的进出站需求^[4]，如杭州东站、南京南站、江阴站、临海站。

(6) 桥下式：又称线下式车站，多见于旅客站台为桥式站台的情况。为充分利用桥下空间，旅客车站的候车厅位于线路及站台的正下方。最大的特点是站房建筑利用桥下空间，形成“上桥下建筑”的组合构型模式，其中桥梁的跨度和位置对站房功能布局、结构选型、施工时序等方面有较大的制约和影响^[5]，如京雄铁路的北京大兴站、京沈高铁的密云站，以及京沪高铁的常州北站、苏州北站等。

2 桥下式站房特点

对于位于城市主要城区以及部分土地征用紧张的区域，桥下式车站的布置特点如下。

(1) 充分利用高铁高架线路下方的有效空间建设候车、售票及办公等功能性区域，以体现高铁建设环保和节省土地的理念。

(2) 相比线侧式站房，由于桥下式站房位于桥台及线路的正下方，旅客只需进行一次垂直转换即可到达对应站台，路径较为短捷。桥式站台在站场范围内的支撑体系为桥梁，站场两侧的城市空间可自由穿行，能把铁路对城市的分隔负面影响降到最低^[4]。

(3) 出于城市交通组织的考量，新建高铁站选址通常在主城区的边缘地带。桥下式站房的设计使得旅客实现双向进出站，从而有效分散了主城区和新城区车流的进站压力，避免站前出现拥堵。双向的旅客流线，能有效避免铁路对城市交通及发展的割裂，带动两侧城区的铁路配套服务

设施的双向发展,推动新旧城市建设^[6]。

(4) 桥下式站房的竖向设计使建筑层高往往受到铁路轨道层高度的极大影响,导致桥下式站房出现建筑层高受限、空间压抑等问题^[7],因此需要在此前提下,充分考虑桥下式站房的功能需求,以使得功能空间的设计达到满足旅客集散、换乘以及进出站的要求。

3 桥下式站房结构设计

以京雄高铁北京大兴站、京沈高铁密云站及杭绍台高铁新绍兴北站项目为实例,分别对桥下式车站所面对的不同设计条件展开结构设计归纳总结。

3.1 北京大兴站设计特点

3.1.1 建筑设计特点

北京大兴站为京雄铁路的中间站,车场设于高架桥上,车场规模为两台 5 线。自铁路桥梁底至站房完成面算起的桥下净空高度为 15.65 m。站房总建筑面积为 17 000 m²,建筑物轴线尺寸为 130.8 m(平行线路方向)×64.15 m(垂直线路方向),建筑最大高度为 23.30 m,平面最大跨度为 28.50 m。站房主要由架空层、候车厅及城市通廊层、二层及夹层组成,其中候车厅部分建筑面积为 6 000 m²。桥下站房部分为两层,主要位于 B 轴~H 轴,首层为层高为 6.0 m 的架空层,二层为层高为 8.35 m 的候车厅及城市通廊层。A 轴~B 轴为站房的二层及夹层部分,位于桥式站台之外,其层高分别为 4.70、3.70 m,主要功能为铁

路通信、信号、办公用房以及旅客服务用房,车站平面如图 1 所示。

3.1.2 结构设计特点

(1) 基础设计。根据地质资料,勘探深度范围内地层为第四系全新统冲洪积层(Q₄^{al+pl})粉质黏土、粉土、粉砂~粗砂,第四系上更新统冲洪积层(Q₃^{al+pl})黏土、粉质黏土、粉土、粉砂~粗砂、砾砂、圆砾土;各土层的物理力学指标均较好,场地范围内无软弱土。桥下站房部分框架柱与线路、桥式站台的桥墩距离较近,均不大于 1.0 m,无法分别设计基础,需考虑与桥墩基础共建。通过基础合建优化结构和材料的配置,使整个结构具有更高的整体性和稳定性,有助于提高结构的承载力和抗力,减少结构变形和破坏的可能性。此外,根据《铁路桥涵地基和基础设计规范》(TB 10093—2017)的规定,铁路桥梁的墩台均匀沉降不大于 30 mm,相邻墩台沉降差不大于 15 mm,比民用建筑相关规范要求严格。因此,在站房基础(未共建部分)设计时,应统筹考虑采用与桥梁相同的基础形式及控制站房框架柱基础与桥梁墩台之间的沉降差,以分别满足民用建筑基础及铁路桥涵基础的相关设计要求。

(2) 主体结构设计。站房主体结构采用钢筋混凝土框架结构,桥下部分的城市通廊及候车大厅层高仅为 8.35 m,而建筑相关规范要求梁下净高不应小于 7.0 m。因此,采用 H 型钢梁+钢边框保温隔热轻型板屋面的结构布置方式,并将主

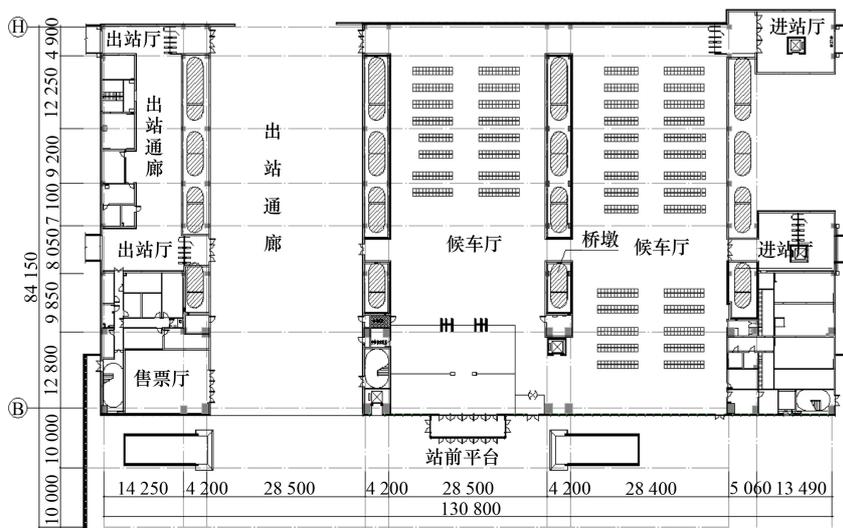


图 1 北京大兴站平面

钢梁上返, 结构模型如图2所示。此种结构处理方式, 充分利用了钢梁的高强度、高延性。相较于传统的钢筋混凝土屋面, 钢边框保温隔热轻型板屋面重量更轻, 减小了钢梁所需的截面高度; 此外, 轻型板屋面结构简单, 可采用干式施工方法, 具有产品装配灵活、安装快捷、维护简便等特点, 可与混凝土结构、钢结构及网架等多种结构形式配套使用^[7], 施工速度快, 能够缩短工期。轻型板屋面采用高密度聚氨酯材料作为保温层, 具有优异的保温隔热性能, 能够有效阻挡热量的传导, 为乘客提供舒适的乘候车环境。

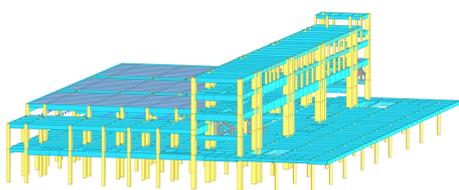


图2 北京大兴站结构模型示意

站房两侧办公区以及A轴~B轴间通信、信号等设备房间采用钢筋混凝土主次梁+钢筋混凝土楼屋面方式进行设计, 其中二层部分框柱之间最大跨度达到28.50 m。考虑到此部分位于桥下空间以外, 并且均处于边跨, 故在结构方案比选时, 对大跨度部分采用型钢混凝土柱+型钢混凝土梁+钢筋混凝土楼板的方式布置, 其型钢混凝土梁、柱截面分别为650 mm×1 900 mm及1 400 mm×1 600 mm, 如图3所示。该结构体系兼顾了钢和混凝土结构的良好性能, 承载力高、抗震性能优异^[8], 并具有施工简单的优点。

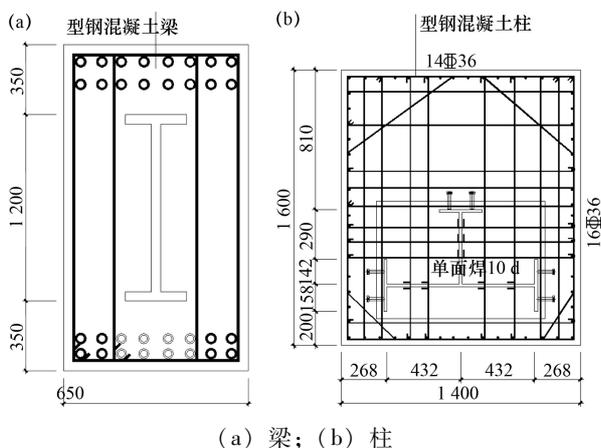


图3 型钢混凝土梁及柱配筋详图 mm

(3) 施工工况。桥下空间共有两层, 其中候车厅屋面采用主次钢梁+钢边框保温隔热轻型板

的方案进行设计。根据项目铁路建设的施工组织顺序要求, 铁路站台梁及高铁线路桥梁需在车站屋面施工前完成。因此, 在设计过程中, 需结合主体结构安全性及经济性要求, 适当考虑架空层楼面板走行轮式吊车的施工荷载, 包括吊装作业荷载以及楼面建筑材料的堆载, 将施工活载取 5.0 kN/m^2 ; 在配合施工阶段, 要求验算架空层结构的安全性, 并将架空层施工阶段架设的满堂脚手架予以保留, 以保证施工期间架空层梁板的结构安全。

3.2 密云站设计特点

3.2.1 建筑设计特点

密云站为京沈高铁的中间站, 地处北京市密云宁村境内, 车场设于高架桥上, 车场规模为两台6线。自铁路桥梁底至站房完成面算起的桥下净空高度11.80 m。密云站总建筑面积为6 518.1 m^2 , 平面为T字型轮廓, 站房平面尺寸为151.9 m(平行线路方向)×70.8 m(垂直线路方向), 建筑主要屋面最大高度为23.20 m。站房主要由候车厅、生产办公房屋、装饰构架组成。桥下站房(B轴~J轴)中间部分为单层9.90 m高的候车厅, 两侧主要为层高为5.4、4.5 m的生产办公附属房屋。A轴~B轴为站房的进站广厅及装饰构架部分, 位于桥式站台之外, 其层高分别为12.0、5.0 m, 车站平面如图4所示。

3.2.2 结构设计特点

(1) 基础设计。密云站的地质情况及基础设计条件与北京大兴站相似, 可采用与其相同的设计方案进行处理。邻桥墩位置框柱与桥墩基础合建, 剩余部分框柱单独考虑基础设计, 并控制框柱之间的沉降差。

(2) 主体结构设计。主体采用钢筋混凝土框架结构, 站房平面尺寸最大达到151.9 m, 属于超长混凝土结构, 在设计时注意结构温度应力, 尤其在结构刚度突变位置, 会出现应力集中现象^[9-10]。分别在轴6、轴13处设置两道垂直伸缩缝兼抗震缝, 将结构沿纵向分为左区、中区(候车厅)和右区3个温度区段, 其中候车厅部分最大跨度为19.5 m。为满足梁下净高不应小于8.5 m的设计要求, 采用钢筋混凝土井字梁的方式进行结构布置, 并且候车厅范围内钢筋混凝土梁高基本一致, 便于管线的排布及安装。

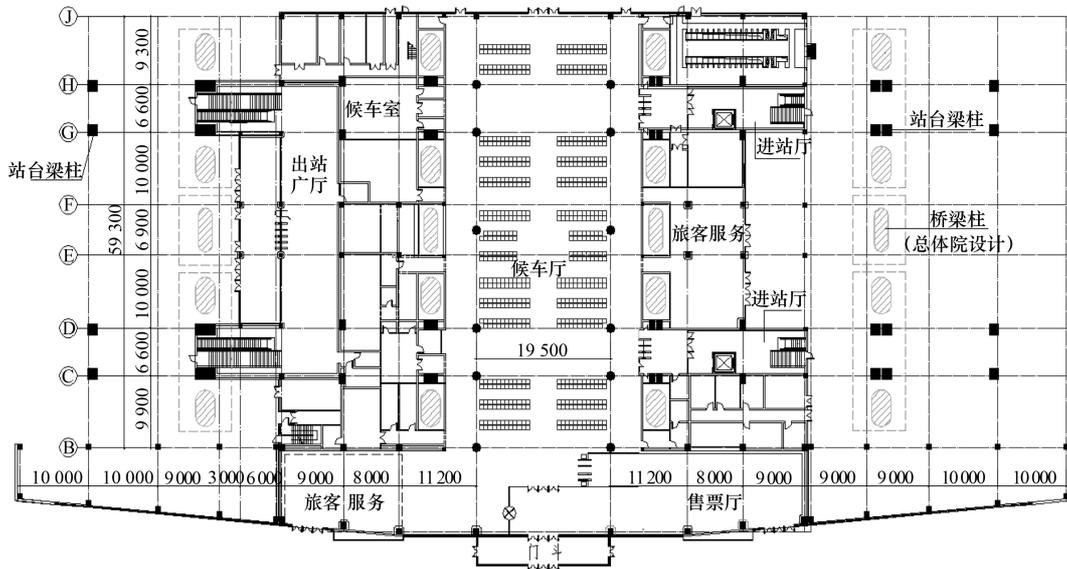


图 4 密云站平面

mm

(3) 站台结构设计。基于桥下部分空间由铁路桥墩占据，为最大程度地利用桥下空间，高架站台采用钢筋混凝土框架结构，并将站台雨棚、高架站台与桥下站房结构统筹结合，实现不同功能结构的一体化设计，从而减少工程的复杂性，降低建设成本。结构模型如图 5 所示。

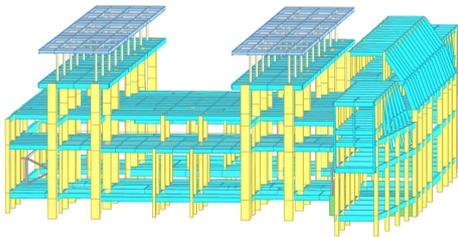


图 5 密云站结构模型示意

3.3 新绍兴北站设计特点

3.3.1 建筑设计特点

新绍兴北站为杭绍台高铁的中间站，地处绍兴市柯桥区，车场设于高架桥上，车场规模为两台 6 线。自铁路桥梁底至站房完成面算起的桥下净空高度约为 18.00 m。新绍兴北站总建筑面积为 30 000 m²，平面为矩形轮廓，站房平面尺寸为 233.3 m(平行线路方向) × 74.8 m(垂直线路方向)，主要屋面最大建筑高度为 25.80 m。站房主要由候车厅、生产办公房屋组成。桥下站房中间部分为单层为 16.00 m 高的候车厅，两侧主要为层高分别为 6.5、7.0 m 的生产办公附属房屋。车站平面如图 6 所示。

3.3.2 结构设计特点

(1) 基础设计。结合桥下空间桥墩布置情况，在基础设计时生产办公房屋部分可采用与北京大兴站相同的设计原则，即邻近桥墩部分框架柱与铁路桥梁基础合建，其余部分框架柱则单独设置基础，并在基础形式与沉降控制方面与铁路桥梁保持一致，合建部分基础与铁路桥梁同步施工。

(2) 主体结构设计。站房平行股道方向轴线尺寸长度为 233.3 m，远大于混凝土结构规范要求的伸缩缝最大间距要求，故分别在轴 6、轴 15 处设置两道垂直伸缩缝兼抗震缝，将结构沿纵向分为 3 个温度区段，两侧生产办公部分采用钢筋混凝土框架结构。对于中间候车大厅部分，为实现厅内无柱设计，结合建筑平面布置及设计条件的限制、大跨度情况(桥墩之间跨度达到 32.7 m)，候车厅屋面选用由主桁架、次桁架、檩条、钢筋混凝土牛腿等组成的钢桁架结构；桁架采用空间倒三角形钢管结构体系，钢管之间采用直接相贯的焊接节点^[11]。

屋顶结构相对于铁路桥梁来说刚度较弱，在地震作用下主要以局部振动为主，不会对下部候车层及桥梁结构地震响应产生大的影响^[12]，故候车大厅的钢桁架采用固定铰支座，并设置于由铁路桥墩伸出的钢筋混凝土牛腿之上。为消除桥墩振动给钢桁架支座及屋面的不利影响，将支座设置于到发线桥墩之上，结构模型如图 7 所示。屋

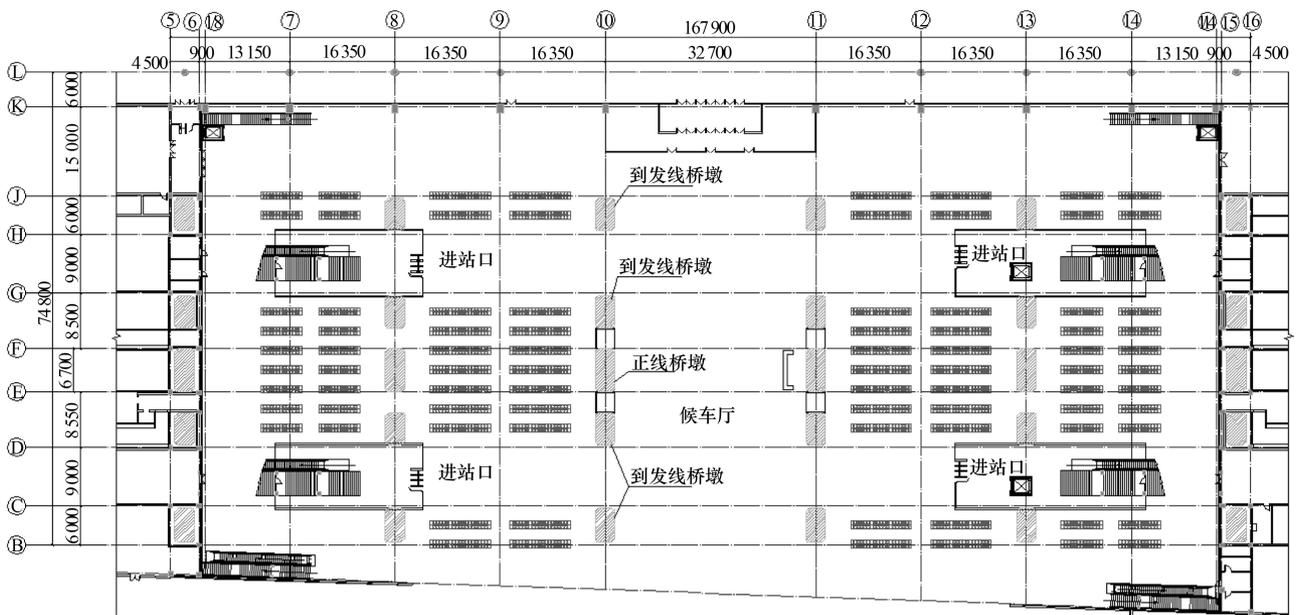


图6 新绍兴北站局部平面

mm

面维护结构采用铝镁锰合金压型钢板，以尽可能减小屋面荷载，降低钢桁架结构的高度，提高候车大厅的室内净高。

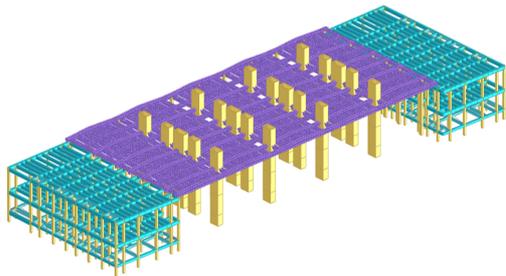


图7 新绍兴北站结构模型示意

4 结语

本文根据站房与站场轨道之间的相对平面位置以及竖向布置关系，梳理了铁路旅客车站的6种站型，详细分析了桥下式站房的特点，并结合北京大兴站、密云站及新绍兴北站3座桥下式站房的结构设计，总结了桥下式车站的结构设计原则，提出根据桥下空间情况、建筑功能布置及竖向设计要求等条件，有针对性地采用不同的基础以及主体结构设计方案。该方案既可实现“小震不坏、中震可修、大震不倒”的抗震设计目标，保证站房的结构安全，又能达到满足车站建筑功能要求，与桥下空间充分融合良好的效果，实现社会效益与经济效益的有机统一，并为其他工程项目的桥下式铁路站房设计提供了一定的借鉴意义。

参考文献：

- [1] 张鸿. 浅谈中小型铁路客站站型的选择[J]. 铁道经济研究, 2016(4): 5-8.
- [2] 张佳璐. 中小型客站站型选择及控制因素[J]. 建筑技术, 2021(1): 91-95.
- [3] 王嵩. 线下式站房的优化设计与站型比选: 以福清西站为例[J]. 华中建筑, 2023(9): 44-48.
- [4] 任娜. 基于线下式站型的高铁客站创新与实践[J]. 建筑技术开发, 2023(5): 27-29.
- [5] 李松涛, 曹阳. 基于高铁站区功能影响下的城市空间发展探析[J]. 华中建筑, 2018(2): 51-55.
- [6] 张宁. 空间受限下高铁站房设计实践: 以京张高铁清河站为例[J]. 铁道标准设计, 2022(1): 131.
- [7] 周焜. 钢边框保温隔热轻型板现场检测抗压强度试验研究[J]. 建材与装饰, 2020(3): 60-62.
- [8] 段熙宾. 型钢混凝土梁柱节点损伤模型研究[J]. 铁道标准设计, 2022(7): 126-131.
- [9] 涂强. 新建重庆至昆明高速铁路昭通东站结构设计与分析[J]. 铁道建筑技术, 2023(12): 105.
- [10] 柳鸣. 高架站台梁方案设计总结[J]. 铁道建筑技术, 2014(增刊1): 441-442.
- [11] 白晶晶, 闫崑, 孔江洪, 等. 塔里木大学体育馆结构设计[J]. 建筑结构, 2022(增刊1): 551-555.
- [12] 蔡德强. 广州南站桥建合建结构设计综述[J]. 铁道标准设计, 2015(6): 161-168.