

doi: 10. 3969 /j. issn. 1672-6073. 2010. 03. 019

地铁车站装配式铺盖体系设计

吴林林¹ 刘 力² 高辛财³

(1. 北京市轨道交通建设管理有限公司 北京 100037; 2. 中铁第五勘察设计院集团有限公司 北京 102600; 3. 北京市市政工程设计研究总院 北京 100082)

摘 要 论述北京地区首次在地铁 9 号线丰台北路站应用装配式铺盖体系。从结构计算方法、荷载选取、方案设计、铺盖板的设计及试验和支撑体系计算等方面,系统阐述装配式铺盖体系的设计要点。实践表明,装配式铺盖法能够有效降低地铁施工对周边环境和交通的影响,临时路面效果理想,同时大部分构件能够重复利用,具有良好的经济性与适用性。

关键词 城市轨道交通 装配式铺盖体系 铺盖板 支撑体系 临时中间桩 北京地铁 9 号线 丰台北路站

中图分类号 U455. 4 **文献标志码** A
文章编号 1672-6073(2010)03-0086-05

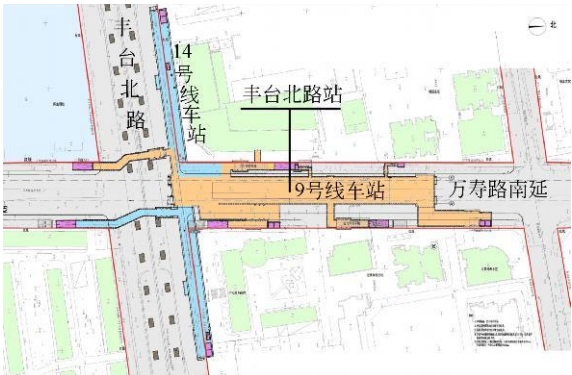


图 1 丰台北路站总平面图

1 工程概况

北京地铁 9 号线丰台北路站为 9 号线的中间站,又是与地铁 14 号线换乘的车站,位于丰台北路与万寿路南延道路的交叉口处(见图 1),其中 9 号线车站(图中黄色范围)跨丰北路沿万寿路南延道路南北向设置,为先期修建,丰台北路与万寿路南延均为双向六车道的城市主干道,交通十分繁忙。车站南侧邻近万丰桥桥桩,万寿路南延道路两侧建筑物密集,并有冠京大厦及 22 层住宅小区等多个建筑邻近车站主体基坑。

9 号线车站主体为双层 3 跨箱型结构,总长 201. 795 m,标准段总宽 21. 100 m,总高 14. 930 m,顶板覆土厚 3. 546 m。换乘节点为 3 层 3 跨箱型结构,平面形状为平行四边形,总长 18. 168 m,总宽 25. 200 m,总高 23. 150 m。9 号线车站南北端预留盾构吊出条件。

收稿日期: 2010-01-27

作者简介: 吴林林,女,硕士,工程师,从事地铁工程设计、研究与管理工作,ldam ing@ 126. com

2 施工方法的选择

万寿路南延道路两侧建筑均邻近道路红线,且此处为城市主干道,交通十分繁忙,施工围挡和交通疏散需要满足“占一还一”的要求,而采用明挖法将对现状交通产生较大的影响,不可避免地会造成拥堵,同时扬尘等环境影响较大,文明施工程度低。为了最大程度地减少地铁施工对道路交通和周边环境的影响,主体结构适于采用盖挖工法。

盖挖工法分为盖挖顺作和盖挖逆作两种,由于盖挖顺作法与盖挖逆作法相比具有施工速度快、造价低、施工质量易于保证等特点,应优先选用盖挖顺作法。

在盖挖顺作法中,军用梁铺盖法在以往的北京地铁工程中有较多应用。军用梁本身高度较大,在 2 m 左右,在架设过程中开挖深度大,恢复路面周期长,不利于浅层管线的悬吊,且由于构件本身自重很大,架设后初始挠度也较大,临时路面板较为简陋,行车的舒适度较差。装配式铺盖体系由临时路面板和路面支撑系统组成(见图 2)。临时路面板为标准的铺盖板,路面支撑系统由铺板梁、梁支撑和中间桩等标准构件组成,主要用于支撑路面荷载,这些构件均采用型钢,便于重复利用。该体系具有灵活轻便、架设方便、便于悬吊管

线、路面效果好、文明施工程度高等优点,表 1为装配式铺盖法与军用梁铺盖法的工法比较。

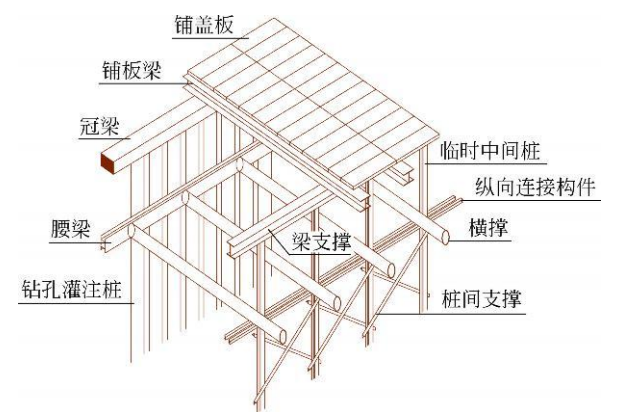


图 2 装配式铺盖体系组成

通过比选可知,装配式铺盖法在恢复路面时间、临时路面效果、构件重复利用等方面均具有很好的优势,为了减小车站施工

中对路面交通和周边环境的影响,本站推荐采用装配式铺盖法进行施工。

3 铺盖体系的设计要点

3.1 规范和计算方法的选择

目前,我国钢结构的设计理念还没有完全统一,存在两种设计方法并行的局面。根据 JTJ 025—86《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》的规定,桥涵钢结构计算采用容许应力法,而根据 GB 50017—2003《钢结构设计规范》的规定,钢结构计算采用极限状态设计方法,分别按照承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计。由于铺盖体系用于临时路面,其工况与功能更接近于公路桥梁,因此丰台北路站铺盖体系设计主要参照《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》,采用容许应力法进行设计。

3.2 汽车荷载选取

铺盖体系所采用的地面汽车荷载应根据工程所处位置的城市道路等级合理选取。本站位于丰台北路与万寿路南延交叉路口处,两方向道路均为城市主干道,根据 CJJ 77—98《城市桥梁设计荷载标准》的规定,应选用城 A 荷载。汽车荷载分为车辆荷载和车道

荷载。

3.2.1 车辆荷载

城 A 级标准载重汽车应采用五轴式货车加载,总重 700 kN,前后轴距为 18.0 m,行车限界横向宽度为 3.0 m。

3.2.2 车道荷载

按均布荷载加一个集中荷载计算,城 A 荷载当计算弯矩时,车道荷载的均布荷载标准值采用 22.5 kN/m;计算剪力时,均布荷载标准值采用 37.5 kN/m,所加集中荷载采用 140 kN。

相应的汽车制动力根据上述规范,取值为车辆荷载的 20%或车道荷载的 10%,超过两车道按两车道考虑。

3.3 铺盖体系的总体方案设计

铺盖体系方案的核心是中间桩的布置方案,其他构件的选型都与中间桩的布置形式密切相关。中间桩设置过多会对地下施工带来不便,且影响施工进度,因此中间桩的设置原则为:在满足结构受力的前提下为施工提供便利。

为了保证中间桩的稳定性,将横撑与中间桩相互连接,可以起到减小临时中间桩计算长度,从而增大中间桩的稳定性的作用,因此在设计中确定了中间桩间距要与横撑间距相匹配的原则,即应具有统一模数,因此横撑的纵向间距应结合中间桩的布置方案共同考虑。

经过对多种方案的经济、合理、通用性进行比选,选定设置两道中间桩,桩纵向间距为 4 m(即横支撑的横向间距也是 4 m)的方案。考虑到中间桩与永久柱结合,对中间桩的施作精度要求很高,且梁柱节点复杂、结构传力不明确,因此推荐采用中间桩不与永久柱结合的方案。装配式铺盖体系的横断面图见图 3。

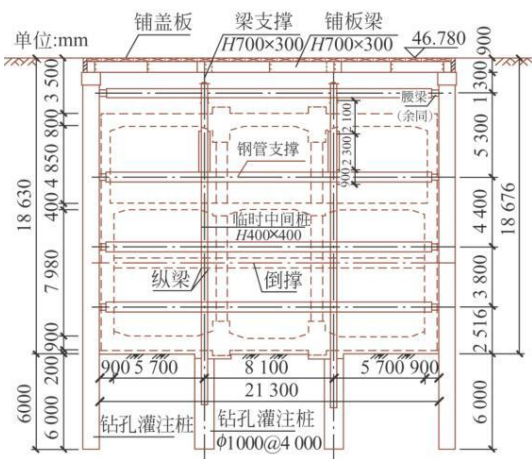


图 3 丰台北路站铺盖体系横断面

3.4 铺盖板的设计及试验

根据路面荷载情况并结合其他国家的使用经验,铺盖板尺寸多为 $(3\,000\times1\,000\times200)\text{mm}$ 或 $(2\,000\times1\,000\times200)\text{mm}$ 的矩形铺盖板,考虑到出土进料口的布置情况,主要采用 $(3\,000\times1\,000\times200)\text{mm}$ 型号。根据城 A 荷载的规定,按照车辆行进方向与铺盖板平行和垂直,分别进行了不利荷载布置及计算。经过计算,选用 Q345 的 H 型钢作为铺盖板的主材,可以满足铺盖板强度和刚度要求。

根据设计图纸,钢材厂家加工了一批试验铺盖板,并由有资质的试验室对试验板进行了强度、刚度、摩擦性能、振动、噪声等一系列性能试验,结果均可满足国家相关规范和规程的要求(见图 4~图 5)。



图 4 试验铺盖板图片



图 5 丰台北路站铺盖体系施工现场

3.5 主要设计原则

在铺盖体系的设计中,主要遵循以下设计原则:

1) 铺盖板及铺盖体系钢制支撑构件的设计使用年限暂定为 10 年(用于 3 个工程周转),具体使用年限根据铺盖体系的使用情况确定。

2) Q345 钢材允许应力为 $[\sigma_w]=210\text{ N/mm}^2$, $[\tau]=120\text{ N/mm}^2$; Q235 钢材允许应力为 $[\sigma_w]=145\text{ N/mm}^2$, $[\tau]=85\text{ N/mm}^2$ 。

3) 铺盖体系应按施工及使用时的相应荷载工况进行验算。

4) 铺盖板、铺板梁、梁支撑的静活载允许挠度为 $L/600$ 。

5) 对于有两个方向车辆行驶的路段,铺盖体系各构件均需要进行这两个方向的计算和验算。

6) 铺盖体系的布置满足施工方便的原则,包括施工出土、进料、施工机械的操作空间等方面的要求,且满足日常检验方便的原则。

7) 铺盖体系各构件均应进行防锈处理,主要受力构件应进行防火涂装。

4 支撑体系的计算

根据 CJJ 77—98《城市桥梁设计荷载标准》的规

定,横向构件计算应选用车辆荷载,纵向构件计算选用车道荷载,各主要构件计算如下:

4.1 铺板梁计算

中间跨铺板梁跨度为 8.1 m,两边跨铺板梁跨度为 7 m,仅对中间跨进行计算。

按车辆荷载计算,冲击系数为

$$\mu=0.6686-0.3032\lg L=0.393 \quad (1)$$

式中, μ 为冲击系数, L 为铺板梁跨度, m。

4.1.1 抗弯计算

经比较,按两车道排布车辆荷载的工况为最不利工况(见图 6),车道横向折减系数为 1.0。

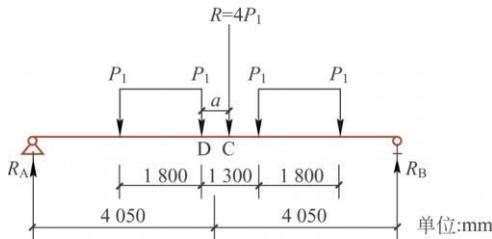


图 6 铺板梁抗弯计算最不利荷载排布

根据最大弯矩值,计算需要的截面抵抗矩,有

$$M_{\max} / W_x = 865.98 / W_x \leq [\sigma_w] \quad (2)$$

式中, $M_{\max}$ 为最大弯矩标准值, $\text{kN}\cdot\text{m}$; W_x 为截面抵抗矩, mm^3 ; $[\sigma_w]$ 为钢材允许正应力,对于 Q235 钢材, $[\sigma_w]=145\text{ N/mm}^2$;

经计算,应满足 $W_x \geq 5.972 \times 10^6\text{ mm}^3$,选用焊接 H 型钢 $(700\times300\times12\times30)\text{mm}$,满足要求。

4.1.2 抗剪计算

活荷载产生最大剪力时的荷载排布情况及支座剪力影响线如图 7 所示。

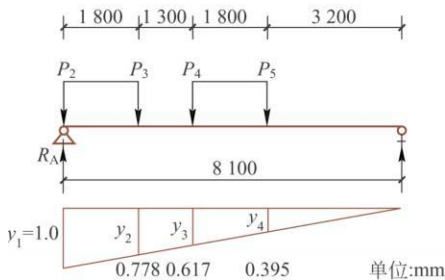


图 7 铺板梁抗剪计算时的荷载排布及支座剪力影响线

$$\tau = V_{\max} S / I_t = 62.76\text{ MPa} < [\tau] \quad (3)$$

经计算,满足要求。

式中, $V_{\max}$ 为剪力最大值, kN ; S 为计算截面处的面积

矩, m^3 ; I 为截面惯性矩, m^4 ; t_w 为 H 型钢腹板厚度, m ; $[\tau]$ 为钢材允许剪应力, N/mm^2 。

4.1.3 挠度验算

将分布的活荷载等效为均布荷载 q' 进行近似计算, 有

$$M_{max} = q' L^2 / 8$$
$$q' = 8 M_{max} / L^2$$
 (4)

式中, M_{max} 为最大弯矩标准值, $kN \cdot m$; q' 为等效均布荷载, N/mm ; L 为铺板梁跨度, mm 。

挠度可按以下公式进行计算, 有

$$f = \frac{5 q' L^4}{384 EI} = 8.06 mm < [f]$$
 (5)

式中, E 为弹性模量, N/mm^2 ; I 为截面惯性矩, mm^4 ; f 为挠度, mm ; $[f]$ 为铺板梁允许静活载挠度, mm ; 其他同上。

4.2 梁支撑计算

根据基坑布置情况, 临时中间桩间距以 $4m$ 为主, 且均不大于 $4m$, 因此计算中梁支撑跨度采用 $4m$, 按简支梁进行计算。

4.2.1 抗弯计算

将中间跨和边跨综合考虑, 经过排布车辆比较, 在图 8 所示的工况中间支座处达到最大反力, 三车道横向折减系数为 0.8 。

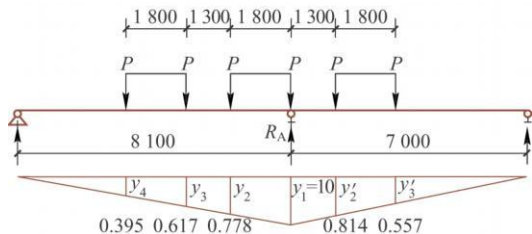


图 8 梁支撑处支座反力影响线

经计算, 梁支撑处支座反力为

$$R_A = (0.395 + 0.617 + 0.778 + 1.0 + 0.814 + 0.557) \times 0.8 \times P = 3.329 P$$
 (6)

式中, R_A 为梁支撑处支座反力; P 为车辆单轮重, 则折算的车道数为 $3.329 / 2 = 1.665$ 。

采用车道荷载进行计算, 冲击系数为

$$\mu = 20 / (80 + L) = 0.24$$
 (7)

式中, μ 为冲击系数; L 为梁支撑跨度, m 。

根据最大弯矩值计算需要的截面抵抗矩

$$M_{max} / W_x = 480.05 / W_x \leq [\sigma_w]$$
 (8)

式中, M_{max} 为最大弯矩标准值, $kN \cdot m$; W_x 为截面抵抗矩,

mm^3 ; $[\sigma_w]$ 为钢材允许正应力, 对于 Q235 钢材, $[\sigma_w] = 145 N/mm^2$;

经计算, 应满足 $W_x \geq 3.311 \times 10^6 mm^3$, 可选用 H 型钢 ($700 \times 300 \times 13 \times 24$) mm , 满足要求。

4.2.2 抗剪计算

按照铺板梁在梁支撑上的最不利位置, 即铺板梁位于梁支撑支座的情况, 同时考虑车道荷载在梁支撑上的最不利位置, 即集中荷载位于支座的情况进行计算, 有

$$\tau = \frac{V_{max} S}{I t_w} = 66.96 MPa < [\tau]$$
 (9)

式中, V_{max} 为剪力最大值, N ; S 为计算截面处的面积矩, mm^3 ; I 为截面惯性矩, mm^4 ; t_w 为 H 型钢腹板厚度, mm ; $[\tau]$ 为钢材允许剪应力, N/mm^2 。

经计算, 满足要求。

4.2.3 挠度验算

车道荷载产生挠度

$$f = \frac{5 q L^4}{384 EI} + \frac{P L^3}{48 EI} = 1.001 mm < [f]$$
 (10)

式中, q 为车道均布荷载, N/mm ; P 为车道集中荷载, N ; L 为梁支撑跨度, mm ; E 为弹性模量, N/mm^2 ; I 为截面惯性矩, mm^4 ; f 为挠度, mm ; $[f]$ 为铺板梁允许静活载挠度, mm 。

经验算, 满足要求。

4.3 临时中间桩计算

临时中间桩上端与梁支撑铰接, 下端插入混凝土桩基础内, 计算过程中将其简化为上端铰接下端固定的杆件, 主要考虑了以下两方面的荷载:

1) 根据 YB 9258—97《建筑基坑工程技术规范》, 中间桩应按偏心受压构件计算。竖向荷载为上部车辆荷载及构件自重等荷载传递至中间桩顶。

弯矩由 3 项组成: ① 竖向荷载对临时中间桩截面形心的偏心弯矩; ② 由支撑横向水平力所产生的弯矩, 其中支撑产生的横向水平力按照《建筑基坑工程技术规范》进行取值, 为 $N/50$ (N 为支撑轴力), 横撑产生水平力均为一个方向的情况为最不利工况; ③ 土体开挖时两侧土体高差所产生的弯矩, 在设计文件中规定在进行土体开挖时, 中间桩两侧的土体高差不得超过 $2m$, 由此单侧土压力产生的弯矩。

2) 汽车制动力。临时中间桩顶端受到汽车制动力作用。

在基坑纵向中间位置设置一道温度缝, 设置温度

缝后,一个温度区段长度为 105 m,按照车道荷载(2 车道)计算汽车制动力。经计算,汽车制动力为 816 kN。

利用 MIDAS 建立模型计算制动力在中间桩底端产生的弯矩: $M_y = 17.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 。最大弯矩发生在第一道横撑处, $M_{y \max} = 70.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 。

结合以上两方面的荷载,对立柱的稳定性和强度分别进行了计算,经计算均满足要求。

5 结论

1) 采用装配式铺盖体系进行地下工程施工,能够减小对路面交通和周边环境影响,同时具有路面性能优良、文明施工程度高等特点,具有很好的应用前景,除轨道交通工程还能在很多地下工程施工中得到应用。

2) 结合横撑来减小中间立柱的计算长度,解决临时中间桩的稳定性是可行的,而且具有很好的经济效果。

3) 装配式铺盖体系中铺盖板、铺板梁、梁支撑等构件均可在多个工程中重复使用,临时中间桩也可实现部分倒用,本体系具有良好的经济性。

4) 由于本工程为北京首次应用装配式铺盖体系,

为了适应施工单位的情况,尽量结合施工单位现有的材料来进行设计,做到经济合理。围护结构的横撑仍然采用了北京地区地铁工程中最常用的钢管支撑,在今后的工程中可考虑采用 H 型钢作为临时横撑,以增强构件的通用性,也可以简化连接节点。

参考文献

[1] 北京市市政工程设计研究总院. 北京地铁九号线丰台北路站施工图文件 [G]. 北京, 2006/2008.
[2] 铺盖板研制检测联合课题组. 铺盖板试验检测研究报告(第一阶段) [R]. 北京, 2007.
[3] 施仲衡, 张弥. 地下铁道设计与施工 [M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1997.
[4] 袁大军, 段苒, 罗富荣, 等. 装配式铺盖法修建地铁车站技术 [J]. 现代城市轨道交通, 2008(3): 32-34.
[5] 缪仑, 罗衍俭. 钢盖板临时路面体系在上海地铁 7 号线常熟路站中的应用 [J]. 现代隧道技术, 2008, 45(3): 40-45.

(编辑: 郝京红)

Design of Fabricated Cover System for a Subway Station

Wu Linlin¹ Lü Li² Gao Xinchai³

(1. Beijing MTR Construction Administration Corporation Beijing 100037;

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

3. Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute Beijing 100082)

Abstract: The fabricated cover system was first adopted by the Fengtai North Road Station of Beijing subway Line 9. The key design points of the fabricated cover system are systematically analyzed including structure calculation method, load determination, structural arrangement design, design and test of the cover plates and calculation of the supporting system. The fabricated cover system can efficiently alleviate the impact induced by subway construction on the environment and traffic; the temporary road surface can meet the requirements. Most of the components can be reused for many times, and the total engineering costs can be reduced.

Key words: urban rail transit; fabricated cover system; cover plates; supporting system; temporary middle pile; Beijing subway Line 9; Fengtai North Road Station

杭州地铁 1 号线特许经营协议签约

杭州地铁 1 号线特许经营协议签约仪式于 2010 年 3 月 4 日举行。这标志着继 2009 年 1 月签署原则性协议之后,杭州市政府与香港铁路有限公司在地铁项目上的合作,进入一个新阶段。杭州市委常委、常务副市长杨成标,副市长俞志宏和香港铁路有限公司行政总裁周松岗等出席签约仪式。

杭州地铁 1 号线项目招商,是依据杭州市市政公用事业特许经营条例有关规定,于 2006 年 3 月启动的。经国际招募和多轮谈判,香港铁路有限公司以其诚挚的合作意愿以及“安全、可靠程度、卓越的顾客服务和高效率”获得充分肯定,

成为杭州地铁 1 号线项目的合作伙伴。港铁公司是香港最大的政府控股的上市公司,在城市地铁建设管理及“地铁+物业”模式的推进实施方面,积累了成功经验。

目前,杭州地铁 1 号线工程正在紧锣密鼓推进之中,31 座车站均已开工建设,其中,滨康路站、闸弄口站、红普路站等 18 个车站已顺利完成主体结构施工,盾构区间工程目前已有 19 段盾构隧道安全贯通,累计完成盾构掘进里程 34 km。预计 2012 年投入运营。

摘编自 www.chinametro.net 2010-03-05