

文章编号 :1006 - 2106(2007)02 - 0017 - 04

某火车站无站台柱雨棚钢结构设计^{*}

杨惠东^{1**} 李 娜² 王士裴¹ 陆金钰² 罗尧治²

(1. 铁道第二勘察设计院 , 成都 610031 ; 2. 浙江大学空间结构研究中心 , 杭州 310027)

摘要 :研究目的 根据某火车站在改建工程中站台雨棚要求无柱化 ,提高通透性、舒适性的特点 ,对该站台雨棚的设计进行研究。

研究方法 结合现场条件 ,采用单跨全覆盖的建筑形式。主体结构平面为 41 m × 400 m ,两侧仅设置落地支撑 28 个 ,结构内部不设支撑柱 ,采用空间结构分析软件进行结构计算的研究方法。

研究结果 通过铁路站台雨棚首次采用螺栓球网壳和落地立体管桁架相结合的空间结构受力体系的实践 ,提出了成功的设计经验和有针对性的细部构造措施。

研究结论 无站台柱雨棚采用正放四角锥双层柱面网壳与落地管桁架结构的综合受力体系 ,不仅可以合理地发挥杆件效用 ,而且还可充分地展现建筑效果。对于体型较大的结构 ,温度效应的影响十分显著 ,在设计过程中采取相应的处理措施能有效地改善结构在温度作用下的受力性能 ,结构中的细部设计也应用了合理的分析计算方法 ,确保了结构的安全适用。

关键词 无站台柱雨棚 ;网壳 ;管桁架 ;结构设计 ;连接构造

中图分类号 :U445 文献标识码 :A

Steel Structure Design for the Roof Truss of One Railway Station

YANG Hui - dong¹ , LI Na² , WANG Shi - pei¹ , LU Jin - yu² , LUO Yao - zhi²

(1. The Second Survey and Design Institute of China Railway , Chengdu , Sichuan 610031 , China ; 2. The Space Structure Research Center of Zhejiang University , Hangzhou , Zhejiang 310027 , China)

Abstract :Research purposes : This paper researches the design of a roof truss without columns according to the requirement , such as astylar , clearer , more comfortable and so on in the rebuilding engineering of one railway station.

Research methods : Combined with the situation of the construction plot , the major structure , whose plane size is 41 m × 400 m in the single - span complete coverage structure style , has no supporting column inside and only has 28 down - to - ground bracings at both sides. And space structure analysis software is adopted to do structure calculation.

Research results : By the practice of a new spatial structure system of latticed shell with bolt spherical joints and down - to - ground pipe truss , this paper provides some successful design experiences and special detail construction measures.

Research conclusions : The latticed shell with bolt spherical joints and down - to - ground pipe truss of the roof truss without columns can rationally embody the member efficiency and sufficiently display the architectonic effect. For structure in a massive figure , the influence of the temperature stress is remarkable. The structural stress performance under temperature stress can be significantly improved by the corresponding measures. The detail construction design was accomplished with the rational analysis methods , which ensures the structural safety and applicability.

Key words : roof truss without columns ; latticed shell ; pipe truss ; structure design ; connecting construction

* 收稿日期 2006 - 10 - 12

** 作者简介 : 杨惠东 , 1962 年出生 , 男 , 高级工程师 , 现任铁道第二勘察设计院建筑工程设计研究院副总工程师。

1 工程概况

某火车站原有车站雨棚(图1)经数年的日晒风吹及超负荷运转,已较为陈旧,因此车站于2005年9月开始进行改建工作。通过站台无柱化、少障碍化设计和空间结构的适度优化,使站台轻盈通透、宏伟壮观。该新型的无站台柱雨棚效果图见图2,工程已于2006年6月竣工。

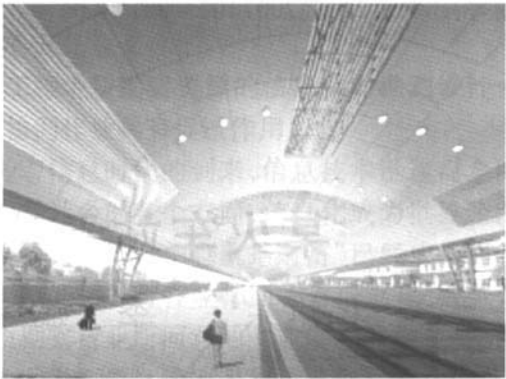


图2 车站无站台柱雨棚效果图

新建站台维持既有轨道线间距不变,将现有的基本站台、二站台改建为无站台柱雨棚,采用双站台跨越方案(图2)。雨棚结构东西纵向总长400 m,南北横向跨度达到41 m,投影面积约为13 940 m²。为满足建筑要求,雨棚高度控制在16.3 m,站台正上方网壳最低点满足净高8.0 m要求,这样跨度与高度相平衡,给人一种开敞、通透、明亮的感觉。结构平面图和立面图分别如图3、图4所示。



图1 原有车站实景图

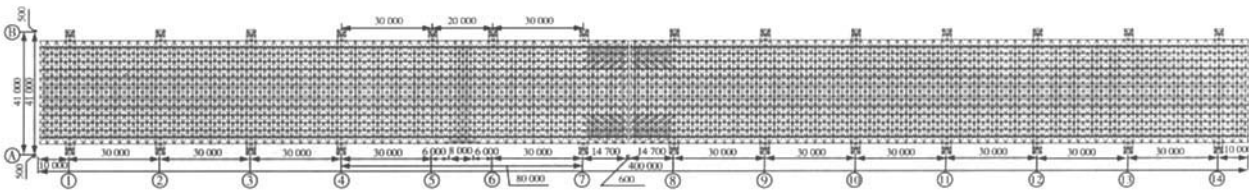


图3 结构平面图(单位:mm)

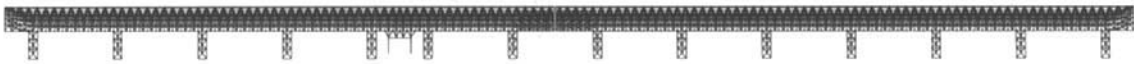


图4 结构立面图

2 结构形式

无站台柱雨棚采用了双层变厚度三心圆柱面钢网壳结构,采用正放四角锥网格形式,两侧共设28个落地支撑,为曲线形立体管桁结构。网壳采用螺栓球节点,落地部分采用钢管相贯节点。柱间距一般为30 m。在接待楼前80 m范围内取消此形式的钢管支柱,利用接待楼钢管混凝土雨棚柱作为支点,满足视线开敞的建筑要求,在接待楼对侧仍然采用钢管支柱,间距缩小为20 m(图3、图4)。

雨棚结构上、下弦分别为三心圆弧段组成(图5),厚度最大处约为3 m。标高8 m以上为网壳,以下为立体桁架支撑柱。

在杆件布置中应注意,既要考虑满足既有的建筑曲线形式,又要求跨度方向杆件长度统一,以利于工厂标准化制作及数据

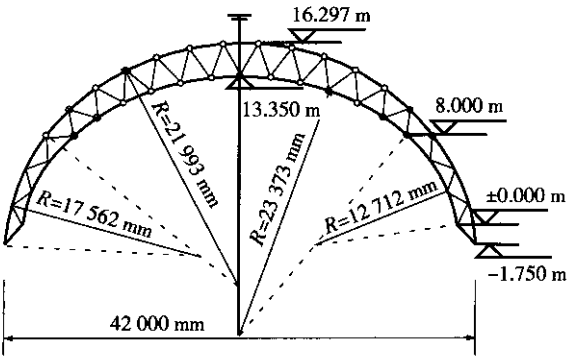


图5 结构剖面详细尺寸图

3 结构荷载与工况组合

3.1 永久荷载标准值

屋面板 0.5 kN/m²; 吊顶 0.3 kN/m²。

3.2 可变荷载标准值

屋面活荷载 0.5 kN/m² 雪荷载 基本雪压 0.25 kN/m² ;
风荷载 基本风压 0.6 kN/m²。

3.3 温度作用

根据文献[1][2],设定结构施工合拢温度为 20 ℃ ,考虑温差 ±30 ℃ ,结构设计温度范围为 -10 ~ 50 ℃。

3.4 地震作用

本地区抗震设防烈度为 7 度 ,设计基本地震加速度为 0.10g ,Ⅱ类场地土 ,设计地震分组为第二组。

3.5 荷载组合

设计中按文献[3]要求考虑若干荷载组合情况 ,着重关注风荷载与温度作用下的结构受力特性。

4 结构设计计算

本工程结构设计采用了 MST 空间结构分析设计软件。网壳部分按照铰接杆单元计算模型 ,立体管桁部分按照刚接梁单元计算模型 ,柱脚分别考虑铰接固定约束和刚接固定约束 ,后者考虑了角位移约束 ,因而传递弯矩。计算发现 ,采用铰接固定约束时 ,结构整体位移较大 ,柱脚纵向水平推力较大 ,采用刚接固定约束时 ,结构整体位移较小 ,但柱脚反力很大 ,特别是竖向反力偏大 ,给基础的设计施工带来困难。据此 ,将柱脚约束调整为纵向弹性约束 ,将过大的纵向水平反力进行释放 ,但纵向变形会相应增加。详细的技术指标比较见表 1。

表 1 约束方式指标比较

柱脚约束	主体顶部挠度/mm	纵向变形/mm	纵向最大水平反力/kN	竖向最大反力/kN
铰接约束	72	102.7	1 228	2 310
刚接约束	71	97.4	1 196	2 583
弹性约束	72	114.3	295	2 023

由于结构平面为长条形 ,纵向长度达到 400 m ,温度效应显得比较突出 ,需要考虑是否设置温度伸缩缝。结构未设伸缩缝时 ,由温度引起的水平最大位移将达到 80 mm ,支座水平反力和杆件内力峰值均较大。因此沿结构纵向中间位置设置一条宽为 600 mm 的温度伸缩缝(图 6)。

计算比较后发现 ,设伸缩缝后温度引起的最大水平位移降为 62 mm ,支座纵向水平反力和杆件内力峰值得到明显降低 ,具体指标比较见表 2。显然 ,增设温度伸缩缝效果较好。

注意到在温度伸缩缝处出现较大的悬挑端 ,挠度相应增大。为解决这个问题 ,将该处网壳在上、下弦网格内增加斜杆以增加悬挑端刚度(图 7)。

挠度从 113 mm 减小到 73 mm ,对结构较为有利。

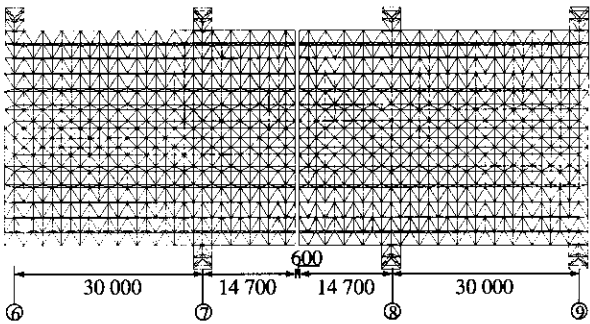


图 6 结构温度伸缩缝位置示意图(单位 :mm)

表 2 温度缝设置前后指标比较

工况 : 温度作用	最大水平位移/mm	内力峰值/ kN		纵向最大水平反力/kN
未设置温度缝	80	-330	718	178
设置温度缝	62	-363	358	108

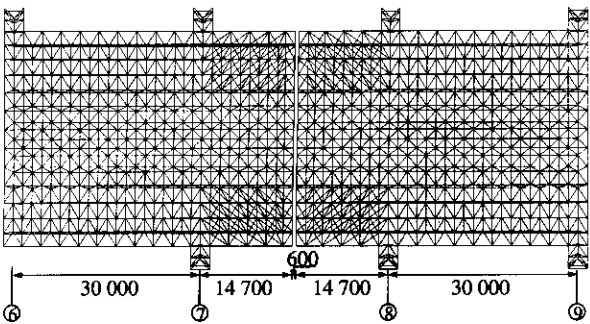


图 7 温度伸缩缝处斜向杆件设置(单位 :mm)

结构选用 Q345C 圆钢管 ,管径分别为 76 mm ,89 mm ,114 mm ,140 mm ,159 mm ,180 mm ,299 mm 等 ,用钢量约为 52.2 kg/m²。

5 结构的细部构造

5.1 立体管桁与网壳的过渡处理

本工程主体结构采用螺栓球节点网壳 ,落地支撑为采用相贯节点的钢管立体桁架 ,两者节点形式不同 ,而且立体管桁的杆件规格(主管 299 mm ×18 mm ,腹杆 180 mm ×8 mm 或 180 mm ×14 mm)远大于网壳结构的杆件规格(最大为 180 mm ×14 mm) ,从而造成在立体桁架与网壳过渡区域杆件截面突变(图 8)。为避免对于节点的不利影响 ,在设计中考虑了相贯杆件与铰接杆件的过渡处理。以上弦杆为例 ,如图 9 所示 ,钢管立体桁架主管在 A 节点处贯通 ,并沿杆件轴线方向伸长至 C 点 ,与杆件 BD 相连。

两钢管的连接考虑 2 种方式 :主管采用封板 ,两管对接焊接 ,如图 10(a)所示 ;采用变截面钢管连接 ,如

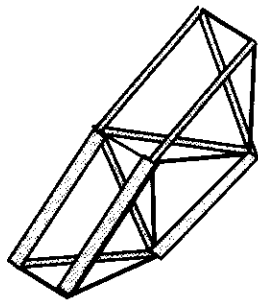


图 8 过渡区域截面突变示意图

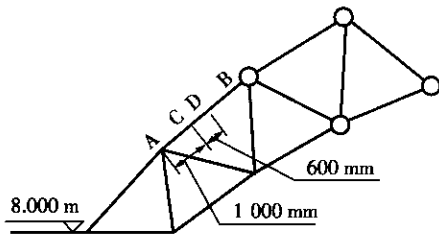
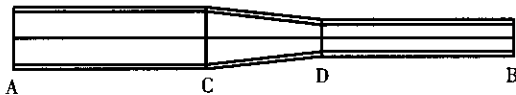


图 9 过渡处理示意图

图 10(b)所示。利用 Ansys 有限元分析软件对两种方式分别进行实体受力分析 ,如图 11 所示 :A 节点端为固定约束 ,在 B 节点处施加轴向荷载 ,荷载取自最不利工况组合下的杆件轴力。划分网格时在对接处采用加密网格以模拟焊缝的影响。



(a) 封板焊接

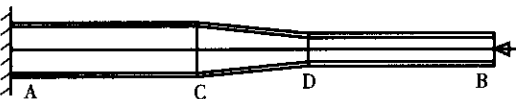


(b) 变截面钢管连接

图 10 钢管连接方式示意图



(a) 封板对接



(b) 变截面钢管连接

图 11 有限元分析模型

由分析结果可知 封板对接连接方式下 ,最大等效应力出现在 BC 杆件的 C 端点处 ,达到 407.2 N/mm² ,

已超过杆件允许的设计应力 310 N/mm² ;变截面钢管连接方式下 ,最大等效应力出现在 BD 杆件的 D 端点处 ,为 129.5 N/mm² ,远小于设计应力。因此 ,过渡段采用变截面钢管连接设计 ,以缓和应力作用 ,保证杆件的传力均匀。

5.2 落地立体桁架支座设计

支座采用如图 12 所示的转动铰构造 ,2 + 3 插板销轴连接。该构造沿跨度方向为固定不动 ,沿纵向允许一定的变位 ,以释放由于温度引起的变形。

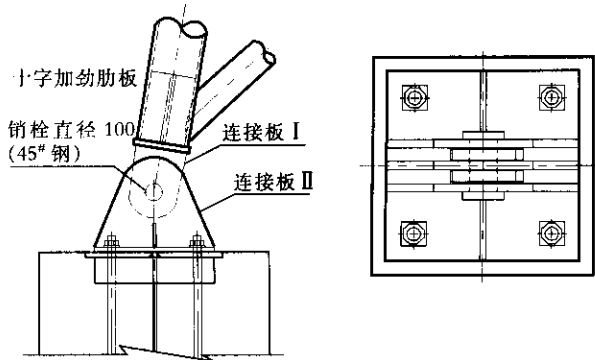


图 12 支座设计示意图

落地主钢管在端部加设十字肋板 ,并用封板进行封闭处理 ;沿其轴线方向相应位置处焊接连接板 I ,通过销钉与连接板 II 相连接 ;连接板 II 是与基础承台固牢在一起的 ,从而将结构受力传递给基础。在相关规范中尚未有针对此支座形式的参考条目 ,文献[4]对此节点形式的国外规范及试验结果进行了归纳总结与探讨 ,给出了较为合理的节点设计建议公式。

节点板的设计承载力 :

$$F_y = \left(1.2 + 0.04 \frac{R}{r} \right) \cdot \sigma_y \alpha_e t \tag{1}$$

- 式中 F_y ——连接板的设计承载力 ;
 R ——连接板外缘半径 ;
 r ——连接板开孔半径 ;
 σ_y ——连接板材料的设计强度 ;
 $\alpha_e = R - r$;
 t ——节点板厚度。

由公式 (1)对本工程中的支座连接板进行承载力计算 :

表 3 连接板承载力计算

连接板	连接板 I	连接板 II
R/mm	150	200
r/mm	52.5	52.5
α_e /mm	97.5	147.5
t/mm	40	30
σ_y /(N · mm ⁻²)	310	310
F_y /kN	1 588.97	1 855.13

能 横断面地质填绘状态保护功能 ;自动存盘机制。

(9) 地层名称的自动记忆与使用频率调整 ;图形操作环境下文本信息的实时编辑。

(10) 特殊地层线(如 透镜体)的填绘。

(11) 图形实体的智能识别功能。

(12) 野外环境下的增强显示功能。

4 横断面地质填绘软件应用

“横断面地质填绘系统”开发完成以后,在哈尔滨至大连客运专线定测中进行了试生产,又在蓟县山区进行了野外模拟试验。经过野外实地操作验证,该系统可以顺利完成数字横断面的地质填绘任务,对大量数字横断面的管理直观、简便,符合传统作业习惯,流程顺畅,操作方便,达到了预期的目的。

5 结束语

在道路勘察设计过程中,象横断面地质填绘这样,

由于方方面面的原因没能实现数字化、信息化处理的工作还是存在的,并且影响着勘测设计领域计算机应用技术的发展。随着科学的发展与技术的进步,计算机软硬件技术发展很快,对其要密切关注并及时将其成果推广应用,以推动勘测设计一体化工作的发展和计算机应用技术的提高。

参考文献:

- [1] 柳忠杰.横断面地质填绘系统鉴定文件[Z].天津:铁道第三勘察设计院,2006.
- [2] 铁道第一勘察设计院.铁路工程地质手册[M].北京:中国铁道出版社,1999.
- [3] 柳忠杰.数字横断面的标准化处理[J].铁道勘察,2004,30(6):45-47.
- [4] TB 10044-98,铁路工程 CAD 技术规范[S].

(编辑 马 丽 张 滨)

(上接第 20 页)

因此,连接板的总计承载力可达到:

$$F_1 = 1\,588.97 \times 2 = 3\,177.94 \text{ kN}.$$

销钉的抗剪承载力:

$$V_f = n_f \cdot 0.60 f_{yf} A_f \quad (2)$$

式中 V_f ——销钉的抗剪承载力;

n_f ——受剪面数目;

f_{yf} ——销钉所用钢材的设计强度;

A_f ——销钉横截面面积。

则本工程中销钉的抗剪承载力为: $V_f = 4 \times 0.60 \times$

$$310 \times \frac{\pi}{4} \times 100^2 = 5\,843.36 \text{ kN}.$$

综上所述,支座节点的承载力设计值为 3 177.94 kN,工程中最不利荷载工况下的支座轴向压力为 1 653.8 kN,而且在支座连接板交接处还应考虑钢材局部受压的加强作用,因此本支座节点能够满足承载力要求。

6 结束语

随着站台雨棚结构改造工程的日益增多,轻盈通

透、受力合理的空间结构将越来越广泛地应用于无站台柱雨棚结构。本雨棚结构正是采用正放四角锥双层柱面网壳与落地管桁结构的综合受力体系,不仅可以合理的发挥杆件效用,而且还可充分的展现建筑效果。对于体形较大的结构,温度效应的影响十分显著,在设计过程中采取相应的处理措施有效地改善了结构在温度作用下的受力性能,结构中的细部设计也应用了合理的分析计算方法,这些工作确保了结构的安全适用,并对类似工程提供了有益的参考。


参考文献:

- [1] GB 500017—2003,钢结构设计规范[S].
- [2] JGJ 61—2003,网壳结构技术规程[S].
- [3] GB 50009—2001,建筑结构荷载规范[S].
- [4] 徐旭东.张力节点的承载力和疲劳性能研究[D].杭州:浙江大学,2005.

(编辑 慕成娟 赵立兰)

作者: 杨惠东, 李娜, 王士裴, 陆金钰, 罗尧治, YANG Hui-dong, LI Na, WANG Shi-pei, LU Jin-yu, LUO Yao-zhi

作者单位: 杨惠东, 王士裴, YANG Hui-dong, WANG Shi-pei (铁道第二勘察设计院, 成都, 610031), 李娜, 陆金钰, 罗尧治, LI Na, LU Jin-yu, LUO Yao-zhi (浙江大学空间结构研究中心, 杭州, 310027)

刊名: 铁道工程学报 

英文刊名: JOURNAL OF RAILWAY ENGINEERING SOCIETY

年, 卷(期): 2007, 24(2)

被引用次数: 2次

参考文献(4条)

1. GB 500017-2003. 钢结构设计规范
2. JGJ 61-2003. 网壳结构技术规程
3. GB 50009-2001. 建筑结构荷载规范
4. 徐旭东 张力节点的承载力和疲劳性能研究[学位论文] 2005

本文读者也读过(10条)

1. 刘新佳. Liu Xinjia 泰州无站台柱雨棚主桁架结构与施工[期刊论文]-交通科技2007(4)
2. 谷邛英. GU Qiong-ying 北京站无站台柱雨棚主桁架设计研究[期刊论文]-铁道工程学报2006(9)
3. 周枫桃. 汪瀚. 张庆宪 阜阳站无站台柱钢结构雨棚设计和施工要点[期刊论文]-四川建筑2008, 28(6)
4. 杨晓川. 李彬. 汤朝晖. YANG Xiao-chuan. LI Bin-bin. TANG Zhao-hui 铁路旅客车站无站台柱雨棚[期刊论文]-建筑科学2008, 24(3)
5. 刘明. Liu Ming 沈阳北站无站台柱雨棚设计[期刊论文]-铁道建筑2005(3)
6. 朱丹晖. 赵建强 徐州火车站无站台柱雨棚结构设计[期刊论文]-铁道标准设计2009(4)
7. 刘建鑫. LIU Jian-xin 高层建筑结构地下室和基础设计应注意的问题[期刊论文]-山西建筑2011, 37(4)
8. 潘国华 无站台柱雨棚设计若干问题的探讨[期刊论文]-铁道标准设计2008(6)
9. 邵志民. 刘伟. 于岩磊 某多层大跨体育馆屋盖结构设计[期刊论文]-低温建筑技术2010, 32(5)
10. 陈婕 对某高层建筑结构设计及计算浅析[期刊论文]-城市建设2010(2)

引证文献(2条)

1. 汪燕 车站钢结构雨棚施工技术探讨[期刊论文]-科技风 2013(17)
2. 黄刚 大跨度钢结构雨棚关键节点研究[期刊论文]-铁道工程学报 2013(4)

引用本文格式: 杨惠东. 李娜. 王士裴. 陆金钰. 罗尧治. YANG Hui-dong. LI Na. WANG Shi-pei. LU Jin-yu. LUO Yao-zhi 某火车站无站台柱雨棚钢结构设计[期刊论文]-铁道工程学报 2007(2)