

文章编号:1006-2106(2008)06-0084-05

北京站无站台柱雨棚的大跨度檩条设计*

王彦芳^{1**} 李书亮²

(1. 铁道第三勘察设计院集团有限公司, 天津 300251; 2. 天津铁路供电段, 天津 300232)

摘要:研究目的:将站台雨棚柱设置在股道间,使整个站台通透、开敞、明亮,为旅客通行提供更大的便利。为全国铁路省会级车站无柱雨棚改造提供可以借鉴的工程范例。

研究结论:采用密布的轻型实腹 H 型钢连续檩条及长悬臂檩条是减小结构自重及屋面厚度,减小挠度及跨中弯矩,实现大跨度的有效方法;设置檩条横向支撑是保证檩条平面外稳定的有效措施。

关键词:北京站;无柱雨棚;檩条;荷载

中图分类号:TU318 **文献标识码:**A

Design of Large-span Purlin for Platform Canopy without Post of Beijing Railway Station

WANG Yan-fang¹, LI Shu-liang²

(1. The Third Railway Survey and Design Institute Group Corporation, Tianjin 300251, China; 2. Tianjin Railway Power Supply Section, Tianjin 300232, China)

Abstract: Research purposes: The posts of station platform will be installed between tracks, which can make the platform more open and bright and provide comforts to the passengers and reference to the similar works.

Research conclusions: Adopting the H-beam light solid consecutive purlin and long cantilever purlin structure are the effective ways to lower the structure weight and roof thickness, reduce deflection and inter-bending and realize the large-span. Providing horizontal support to purlin is the effective measure for guaranteeing purlin plane stability.

Key words: Beijing Railway Station; canopy without post; purlin; load

1 工程概况

无站台柱雨棚即为站台无柱的雨棚,即将支撑雨棚的柱子全部立在股道间,整个站台因而变得通透、开敞,可为旅客的通行提供最大的便利。目前路内一般简称为:无柱雨棚。

北京站无柱雨棚作为全国第一个无站台柱雨棚实施项目,被铁道部领导称为铁路跨越式发展的“开篇之作”。该项目的实施,在国内第一次向人们诠释了“无柱雨棚”的概念,为此后陆续进行的全国铁路省会

级车站无柱雨棚改造,提供了可供借鉴的工程范例。

北京站是首都十大建筑之一,北京站雨棚采用全覆盖无柱雨棚,它与以往传统站台雨棚的最大区别就是站台无柱。将支撑雨棚的柱子全部立在股道间,这样,站台上将不再看到以往那些阻挡旅客视线和旅客通行的柱子。整个站台变得通透、流畅。横向采用大跨度长悬臂钢桁架体系,跨度可增大至跨越2个站台。纵向采用大跨度及长悬臂连续檩条,柱距达33 m及34 m。可实现包括基本站台在内的所有站台无柱。这是我国铁路车站雨棚设计史上的一个创新。本项目的

* 收稿日期:2008-04-23

** 作者简介:王彦芳,1958年出生,女,工程师;李书亮,1960年出生,男,工程师。

实施掀开了全路无柱雨棚改造的第一页。改造后的整个雨棚覆盖面积 81 887 m²,雨棚内视觉通透。最大化地体现了以人为本的设计理念。如图 1 所示。



图 1 改造后的基本站台雨棚

大跨度、长悬臂、拱形、空间曲线檩条是该项目研究的重点。雨棚分布于高架通廊两侧如图 2 所示。

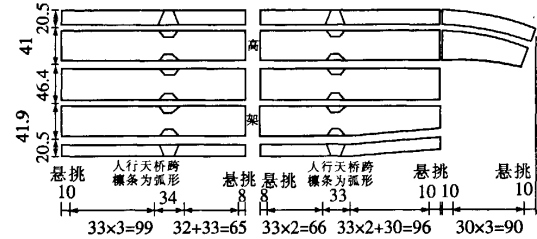


图 2 雨棚平面示意(单位:m)

2 屋面体系的设计

雨棚结构的屋面体系是指纵向连接的檩条及其支撑构件组成的体系。按照钢结构手册对常规设计的一般要求,当柱距大于 18 m 时,不宜采用实腹檩条;实腹檩条的截面高度一般取跨度的 1/35 ~ 1/50。桁架式檩条的截面高度一般取跨度的 1/12 ~ 1/20。本工程 33 m 及 34 m 柱距,如果两榀桁架间采用桁架式檩条,其高度要达到 1.5 m 以上。即使采用网架结构连接,仅网架结构自身的高度也需 1.2 m。加上上下两层的外包彩板,屋面厚度会达到 1.5 m 左右,建筑效果将会非常难看。

再有,北京站贴临明城墙文物保护用地,雨棚高度按照规划要求,应控制在 13 m 范围内。雨棚下部 6.2 m 的接触网限界。桁架矢高 7.5 m。

受这些条件的制约,檩条的高度受到限制。为此,大胆采用了密布的实腹 H 型钢连续檩条,来实现各榀桁架间的纵向连接,同时承担屋面荷载。在 H 型钢连续檩条的侧向,通过设置支撑系统,保证檩条的稳定。经计算,H 型钢连续檩条做到 450 mm 高时,即可满足受力要求,屋面的建筑效果也会显得非常轻盈。此时,跨高比达到了 69,远远超出常规设计的数据。

对此,进行了仔细的分析和计算,为在创新的同时,最大限度地保证结构安全。方案实施中,经与规划部门协调,雨棚高度最终控制在 14.3 m。檩条高度控制在 450 mm。

3 檩条的荷载及荷载组合

恒载标准值:采用 0.42 kN/m² (包括屋面板及吊顶、管线、灯具等)

活载标准值:0.5 kN/m² (按荷载规范活荷载与雪荷载取大值,选用活荷载)

基本雪压:0.4 kN/m² (考虑积雪分布系数)

基本风压:0.45 kN/m² (地面粗糙度为 C 类)

地震作用:地震基本加速度 0.20g, II 类场地土,抗震设防烈度 8 度。竖向地震作用标准值取重力荷载代表值的 10%。

风荷载体形系数 μ_s 的选取:参照规范所列数据及有关参考资料取用,根据钢架的体形及所处的周边状况,根据各部分的角度,在左风及右风作用时应分别考虑不同的风吸力及风压力作用。同时,按荷载规范 (GB 50009—2001) 表 7.3.1 条第 27 项及第 29 项的选取,计算时考虑了屋面对风的过敏反应,即考虑了体形系数变号的可能性。

风压高度变化系数 μ_z 按地面粗糙度 C 类,离地面高度小于 15 m 时取 0.74。

振风系数取 1.0。

按照规范要求,分别对结构的承载能力极限状态及正常使用极限状态进行了计算,均考虑了如下的组合情况:

- (1) 1.2 恒 + 1.4 活;
- (2) 1.35 恒 + 1.4 × 0.7 活;
- (3) 1.2 恒 + 1.4 活 + 1.4 × 0.6 风;
- (4) 1.2 恒 + 1.4 风 + 1.4 × 0.7 活;
- (5) 0.75 [1.2 (恒 + 0.5 活) + 1.3 地震];
- (6) 1.0 恒 + 1.0 活。

其中,活荷载考虑满布活荷载及活荷载不利布置情况,风载分别考虑左风及右风 2 种工况。

4 计算结果分析

4.1 计算方法

分别采用同济大学有限元程序 3D3S 及空间计算程序 SAP84,按照梁单元建模进行计算分析。

屋面檩条布置如图 3 所示,分为悬挑部分、中间下挂部分、中间上部檩条 3 部分,均进行了分析计算,本文仅对水平杆以上部分檩条进行详细的对比分析。

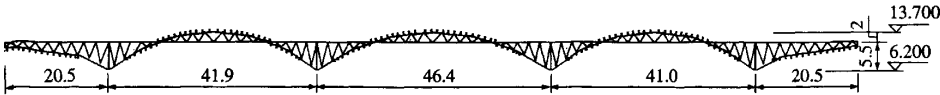


图 3 桁架上檩条布置示意图(单位:m)

根据檩条间 2 种设置支撑角钢的方式,建立了 2 个计算模型,分别进行分析计算。檩条均采用 Q345B,截面尺寸为 H450 mm×220 mm×4.5 mm×9 mm。对檩条与桁架连接位置局部截面不足处,采用上下翼缘板加焊 6 mm 厚钢板予以解决。通过对比计算结果确定上部檩条支撑布置的合理方式,进而在施工图设计中采用。图 4 为方式 1 的计算模型 I,角钢仅在弧线顶端位置的檩条间设置。图 5 为方式 2 的计算模型 II,角钢不仅在弧线顶端位置的檩条间设置,还在上下弦交接处上部的檩条间设置。

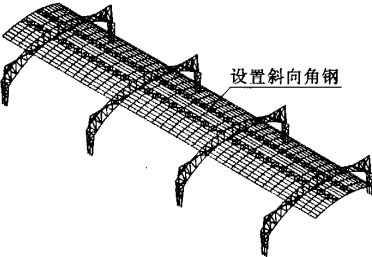


图 4 中间上部檩条模型 I

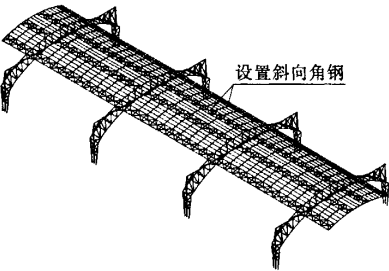


图 5 中间上部檩条模型 II

4.2 中间上部檩条模型 I 计算结果

中间上部檩条模型 I 计算结果如表 1、表 2 所示。

表 1 3D3S 建模中间上部檩条模型 I 最大应力及变形				
	荷载组合	计算内容	数值	位置
最大应力	1.2 恒 + 1.4 风 + 1.4×0.7 活	强度验算	189 N/mm ²	最下第 4 根 檩条支座处
		弱轴整体稳定	243 N/mm ²	
		强轴整体稳定	189 N/mm ²	
最大位移	1.0 恒 + 1.0 活	侧向位移	10 mm	最下一根 檩条跨中
		垂直位移	123 mm	第 3 根 檩 条跨中

表 2 SAP84 建模中间上部檩条模型 I 最大应力及变形				
	荷载组合	计算内容	数值	位置
最大应力	1.2 恒 + 1.4 风 + 1.4×0.7 活	强度验算	210.7 N/mm ²	最下一根檩 条支座处
		弱轴整体稳定	210.7 N/mm ²	
		强轴整体稳定	229.8 N/mm ²	
最大位移	1.0 恒 + 1.0 活	侧向位移	16 mm	最下一根 檩条跨中
		垂直位移	145 mm	第 3 根 檩 条跨中

4.3 中间上部檩条模型 II 计算结果

中间上部檩条模型 II 计算结果如表 3、表 4 所示。

表 3 3D3S 建模中间上部檩条模型 II 最大应力及变形				
	荷载组合	计算内容	数值	位置
最大应力	1.2 恒 + 1.4 风 + 1.4×0.7 活	强度验算	195 N/mm ²	最下一根檩 条支座处
		弱轴整体稳定	196 N/mm ²	
		强轴整体稳定	248 N/mm ²	
最大位移	1.0 恒 + 1.0 活	侧向位移	9.4 mm	最下一根檩 条跨中
		垂直位移	101 mm	

表 4 SAP84 建模中间上部檩条模型 II 最大应力及变形				
	荷载组合	计算内容	数值	位置
最大应力	1.2 恒 + 1.4 风 + 1.4×0.7 活	强度验算	240 N/mm ²	最下一根檩 条支座处
		弱轴整体稳定	275 N/mm ²	
		强轴整体稳定	275 N/mm ²	
最大位移	1.0 恒 + 1.0 活	侧向位移	34 mm	最下一根檩 条跨中
		垂直位移	142 mm	

4.4 计算结果分析

由上述对比分析可看出,檩条体系的这两种布置方式,经计算,变形及应力均满足规范要求,但是,布置模型 I 的计算结果更为有利,设计采用该种支撑布置方式,此时檩条的位移变形如图 6 所示。

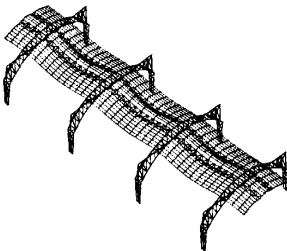


图 6 中间上部檩条模型 I 的位移变形示意

通过对屋面体系的全面计算分析,得出檩条计算最大结果汇总如下:

悬挑部分:最大应力 $\sigma_{\max} = 208 \text{ N/mm}^2 < [\sigma] = 310 \text{ N/mm}^2$;最大挠度 $f_{\max} = 135 \text{ mm}$ 。

中间上部:模型 I:最大应力 $\sigma_{\max} = 243 \text{ N/mm}^2 < [\sigma] = 310 \text{ N/mm}^2$;最大挠度 $f_{\max} = 145 \text{ mm}$ 。

模型 II 最大应力 $\sigma_{\max} = 275 \text{ N/mm}^2 < [\sigma] = 310 \text{ N/mm}^2$;最大挠度 $f_{\max} = 142 \text{ mm}$ 。

中间下挂部分:最大应力 $\sigma_{\max} = 205 \text{ N/mm}^2 < [\sigma] = 310 \text{ N/mm}^2$;最大挠度 $f_{\max} = 130.7 \text{ mm}$ 。

5 大跨度檩条的弯矩、挠度及其支撑体系的刚度

设计突破性地对 30~34 m(钢桁架悬杆间距为 27~31 m)跨檩条采用 450 mm 高度,其跨高比远远超出常规设计的经验数值。采用了如下构造措施,保证檩条的刚度,减小檩条的弯矩及挠度。

5.1 檩条采用多跨连续、两端长悬臂结构形式,减小檩条的跨中弯矩及挠度。

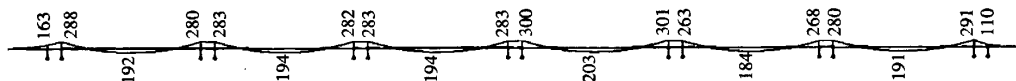


图7 水平杆以上檩条的最大弯矩包络图(单位:kN·m)

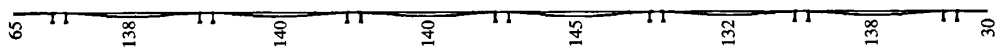


图8 水平杆以上檩条的最大挠度图(单位:mm)

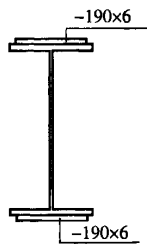


图9 檩条翼缘设双层钢板示意图



图10 正在施工的基本站台曲线段

5.2 檩条之间的距离减小到 1.2 m。小间距可以减薄屋面板厚度,使折线段长度减小到更趋弧形,形成更趋平滑的空间曲线,减小了檩条分担的荷载,从而使檩条截面减小,雨棚厚度最薄。如图 10 所示。

5.3 檩条预起拱 80 mm。在采用连续及长悬臂檩条及挠度减小的基础上将挠度再次减小。如图 8 所示,檩条最大垂直位移为 145 mm,其中可变荷载标准值产生的垂直位移为 48.3 mm。

$$(145 - 80)/31\,000 = 1/477 \leq [v_T] = 1/250,$$

由图 7 的弯矩包络图可以看出,连续檩条跨中弯矩比简支檩条跨中弯矩(跨中弯矩加两端弯矩绝对值和的 1/2)的 1/2 还要小,大大减小了檩条截面。两端采用长悬臂檩条,使边支座负弯矩增加,从而减小了第一跨中弯矩,使檩条各跨跨中弯矩相差很小。桁架水平弦杆以上檩条与水平杆成 $6^\circ \sim 25^\circ$ 角。檩条平面外有弯矩,平面内允许最大弯矩 $276 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 。檩条支座负弯矩大于允许弯矩,强度不满足要求。增加檩条高度才能满足要求,檩条高度增加就使整个雨棚增加厚度,自重增加。为满足限界雨棚底标高上移,由于檩条支座负弯矩大于 $276 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 的区域较小。设计中采用了在支座处的檩条上下翼缘局部增设 6 mm 厚的钢板,如图 9 所示。檩条的截面抵抗矩增加,平面内允许最大弯矩增大为 $381 \text{ kN} \cdot \text{m}$,大于支座负弯矩,檩条强度满足要求。连续檩条的挠度比简支檩条的挠度(同等条件下简支梁的最大挠度为 630 mm)大大降低如图 8 所示,实现了檩条 34 m 的最大跨度。

$$48.3/31\,000 = 1/642 \leq [v_Q] = 1/350.$$

式中 $[v_T]$ ——永久和可变荷载标准值产生的挠度(如有起拱,应减去拱度)的容许值;

$[v_Q]$ ——可变荷载标准值产生的挠度的容许值。

《钢结构设计规范》附录 A 对于次梁“结构或构件的容许变形值”规定为: $[v_T] = L/250$, $[v_Q] = L/350$ 。

5.4 檩条侧向设置角钢交叉支撑体系,将传统的檩条间的拉条,改为满足压杆要求的与檩条上、下翼缘相连的双层角钢,减小了平面外计算长度;使檩条和角钢构

成一个相互作用的拱型空间支撑体系,减小了挠度,使荷载在平面外的分量通过支撑体系传到桁架上。如图 11 所示。

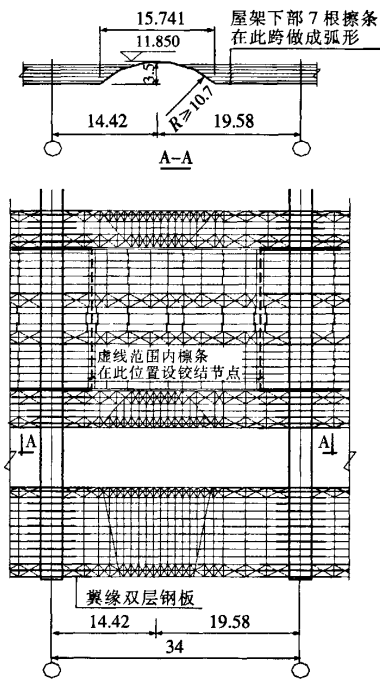


图 11 天桥跨檩条局部示意图(单位:m)

根据檩条计算结果及《钢结构设计规范》的规定,檩条在静力荷载作用下的最大应力和变形,均满足设计规范对承载力极限状态和正常使用极限状态的要求,表明檩条的刚度满足要求。采用密布的轻型实腹 H 型钢连续檩条及长悬臂檩条,是减小结构自重及屋面厚度、减小挠度及跨中弯距,实现大跨度的有效方法。设置檩条横向支撑,是保证檩条平面外稳定的有效措施。

6 檩条的温度应力

- 6.1 根据《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》4.3.1 条规定,门式刚架轻型房屋钢结构的温度区段长度(伸缩缝间距),应符合下列规定:纵向温度区段长度不大于 300 m,横向温度区段长度不大于 150 m,按照此规程轻型房屋钢结构做到 300m 以内可不考虑温度应力和温度变形对结构的影响。
- 6.2 根据《钢结构设计规范》8.1.5 条规定:单层房屋和露天结构的温度区段长度(伸缩缝间距),当不超过表 5 的数值时,一般情况可不考虑温度应力和温度变形的影响。

表 5 温度区段长度值表 (单位:m)

结构情况	纵向温度区段 (垂直屋架或构架跨度方向)	横向温度区段 (沿屋架或构架跨度方向)	
		柱顶为刚接	柱顶为铰接
采暖房屋和非采暖地区房屋	220	120	150
热车间和采暖地区的非采暖房屋	180	100	125
露天结构	120	-	-

在本次设计研究采用的屋面结构中,屋面板下面设有保温层,檩条部分可以作为非露天结构。根据以上规范,按照最不利情况,即按照采暖地区的非采暖房屋、横向温度区段、柱顶为刚接的情况(檩条与屋架之间采用粗制螺栓连接,比以上假定条件要好),作到 100 m 以内可不考虑温度应力和温度变形的影响。因此,本研究采用在总长 198 m 的檩条中部,设置一道可伸缩节点,如图 11 所示。可达到规范中最严格的要求。

石家庄铁道学院所做的历时一年的温度应力和变形的跟踪监测也证明了:在自然界正常的日照及季节温度变化的作用下,檩条中的温度应力变化较小。

7 在天桥处檩条的特殊构造处理

既有北京站为上进下出的旅客流线,进站除中央

走廊外另设有东西天桥。本次无柱雨棚改造,由于结构高度及建筑形式等原因,拆除了既有的天桥,在原处还建新型旅客天桥。由于天桥设置在雨棚内,天桥面的标高为 7.6 m,而雨棚最低处的标高只有不足 8.5 m,净空远远不能满足天桥旅客通行的要求。为此,在天桥所在的檩条跨间,檩条局部设置为拱型。拱起的高度以满足天桥净空需要为准。由于雨棚在横向为拱形,而檩条又需要在纵向起拱,则实施中每一根檩条拱起的弧度和高度均不同。雨棚屋面与天桥屋面的交线,实际上为 2 个曲线的相贯线。在设计图纸中,绘制了每一个站台上与天桥相交处檩条的曲线形式,并通过计算,确定了檩条及支撑的布置方式。如图 11、图 12 所示。

(下转第 97 页)

城际铁路通过双流机场,将成为沿线各地及内江、遂宁等其它方向至机场旅客选择的主要交通方式,同时由于城际铁路在新成都、成都南站分别与地铁1、2号线换乘,对于成都主城区客流的吸引优势也较地铁6号线明显。

为此,成绵乐城际铁路考虑贯通双流机场,并在机场航站区交通中心设城际车站,使城际旅客与航空港换乘便捷。

5 结论

(1) 通过对绵-成-乐通道主要交通方式技术特征和客流特征分析,通道内应形成多种运输方式紧密结合的分工衔接模式。

(2) 为充分发挥绵成乐城际铁路的功能和效益,规划建设中考考虑与干线铁路采取旅客换乘衔接和运输组织衔接2种方式,以达到资源共享、合理利用的目的。

(3) 由于城际铁路是联接通道各大中城市之间的一种快速客运铁路,为弥补其可达性不足的缺陷,城际

站址的选择应结合城市轨道交通规划、现有的公交及长途车站布局等综合比选,并做好综合交通一体化研究,使城际客流能方便、快捷地换乘城市公共交通。

(4) 为给绵-成-乐通道及其周边客流提供多种选择的出行方式,城际铁路车站尽量靠近长途汽车站和航空港,并与公路交通采取联合运输和高峰分流2种衔接方式。

参考文献:

- [1] 铁道第二勘察设计院. 新建铁路成都至绵阳、乐山城际客运专线预可行性研究报告[R]. 成都:铁道第二勘察设计院,2006.
- [2] 中铁二院工程集团有限责任公司. 沙河堡综合交通枢纽交通衔接概念性设计[R]. 成都:中铁二院工程集团有限责任公司,2007.
- [3] 南敬林. 城际轨道交通的特点和修建的必要性[J]. 都市轨道交通,2005(3):7-10.

(编辑 赵立兰)

(上接第88页)



图12 正在施工中的天桥跨弧形檩条局部

8 结论

采用密布的轻型实腹H型钢连续檩条及长悬臂檩条,是减小结构自重及屋面厚度,减小挠度及跨中弯矩,实现大跨度的有效方法。设置檩条横向支撑,是保证檩条平面外稳定、减小挠度、增加整体刚度的有效措施。

可伸缩节点可以释放温度应力,采用此措施,可满足规范中温度区段的长度要求,可不考虑温度应力和温度变形的影响。

北京站无站台柱雨棚采用大跨度全钢结构雨棚,结构形式与建筑造型达到了完美的统一,在跨度与结构合理性之间找到一个最佳平衡点。经过4年的安全使用,证明了北京站无站台柱雨棚的创新研究成果的

可靠性和科学性。

天津大学采用NASNS软件对本工程进行了校核计算,其出具的报告认为:“在静力荷载作用下桁架、檩条和支撑体系的最大应力和变形,均满足设计规范对承载力极限状态和正常使用极限状态的要求”。


石家庄铁道学院对雨棚结构进行了为期1年的应力和变形的跟踪监测,其结论为“综合分析北京站无站台柱雨棚应力、变形实测结果,目前其结构受力性能安全可靠”。

北京站无柱雨棚受诸多因素的限制,而且是在车站正常运营条件下施工。根据本工程具体情况采取以上的多项措施,实现了全国第一个大跨度的全钢无站台柱雨棚。建议在不受高度、结构自重荷载、雨棚厚度及造价等因素的限制时,檩条可采用简支,这样施工可更方便。

参考文献:

- [1] 汪一骏. 钢结构设计手册[K]. 3版. 北京:中国建筑工业出版社,2004.
- [2] GB 50017—2003, 钢结构设计规范[S].
- [3] CECS 102:2002, 门式刚架轻型房屋钢结构技术规程[S].

(编辑 张 滨)

作者: [王彦芳](#), [李书亮](#), [WANG Yan-fang](#), [LI Shu-liang](#)
作者单位: [王彦芳, WANG Yan-fang \(铁道第三勘察设计院集团有限公司, 天津, 300251\)](#), [李书亮, LI Shu-liang \(天津铁路供电段, 天津, 300232\)](#)
刊名: [铁道工程学报](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF RAILWAY ENGINEERING SOCIETY](#)
年, 卷(期): 2008 (6)
被引用次数: 1次

参考文献(3条)

1. [汪一骏](#) [钢结构设计手册](#) 2004
2. [GB 50017-2003. 钢结构设计规范](#)
3. [CECS 102-2002. 门式刚架轻型房屋钢结构技术规程](#)

本文读者也读过(8条)

1. [陈嘉俊](#) [轻钢结构设计中几个常见的不足分析](#)[期刊论文]-[广东科技](#)2007 (2)
2. [许小波](#) [哈尔滨西客运站无站台柱雨棚钢结构设计与分析](#)[期刊论文]-[黑龙江科技信息](#)2011 (4)
3. [杨惠东](#), [王士裴](#), [申允](#), [白林佳](#), [尹越](#), [韩庆华](#), [YANG Huidong](#), [WANG Shipei](#), [SHEN Yun](#), [BAI Linjia](#), [YIN Yue](#), [HAN Qinghua](#) [北戴河站无柱雨棚钢管桁架结构的整体稳定分析](#)[期刊论文]-[四川建筑科学研究](#)2007, 33 (1)
4. [蒋凡](#), [Jiang Fan](#) [车站无站台柱雨棚风荷载设计探讨](#)[期刊论文]-[铁道标准设计](#)2011 (5)
5. [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)
6. [陈咏明](#), [王益陆](#), [CHEN Yong-ming](#), [WANG Yi-lu](#) [轻钢结构设计常见构造问题](#)[期刊论文]-[湖南城市学院学报 \(自然科学版\)](#) 2006, 15 (1)
7. [杨惠东](#), [柳兴勇](#), [王士裴](#), [张永立](#), [雷先华](#), [YANG Hui-dong](#), [LIU Xing-yong](#), [WANG Shi-pei](#), [ZHANG Yong-li](#), [LEI Xian-hua](#) [车站无柱雨棚流固耦合及多种载荷组合分析研究](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#)2008 (8)
8. [任丽敏](#), [汪朝顶](#), [李勤](#) [轻钢结构设计中的支撑设置](#)[期刊论文]-[中国科技博览](#)2009 (5)

引证文献(1条)

1. [孟祥奎](#), [刘峰涛](#) [京津城际铁路北京南站接触网景观设计](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2010 (5)

引用本文格式: [王彦芳](#), [李书亮](#), [WANG Yan-fang](#), [LI Shu-liang](#) [北京站无站台柱雨棚的大跨度檩条设计](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2008 (6)