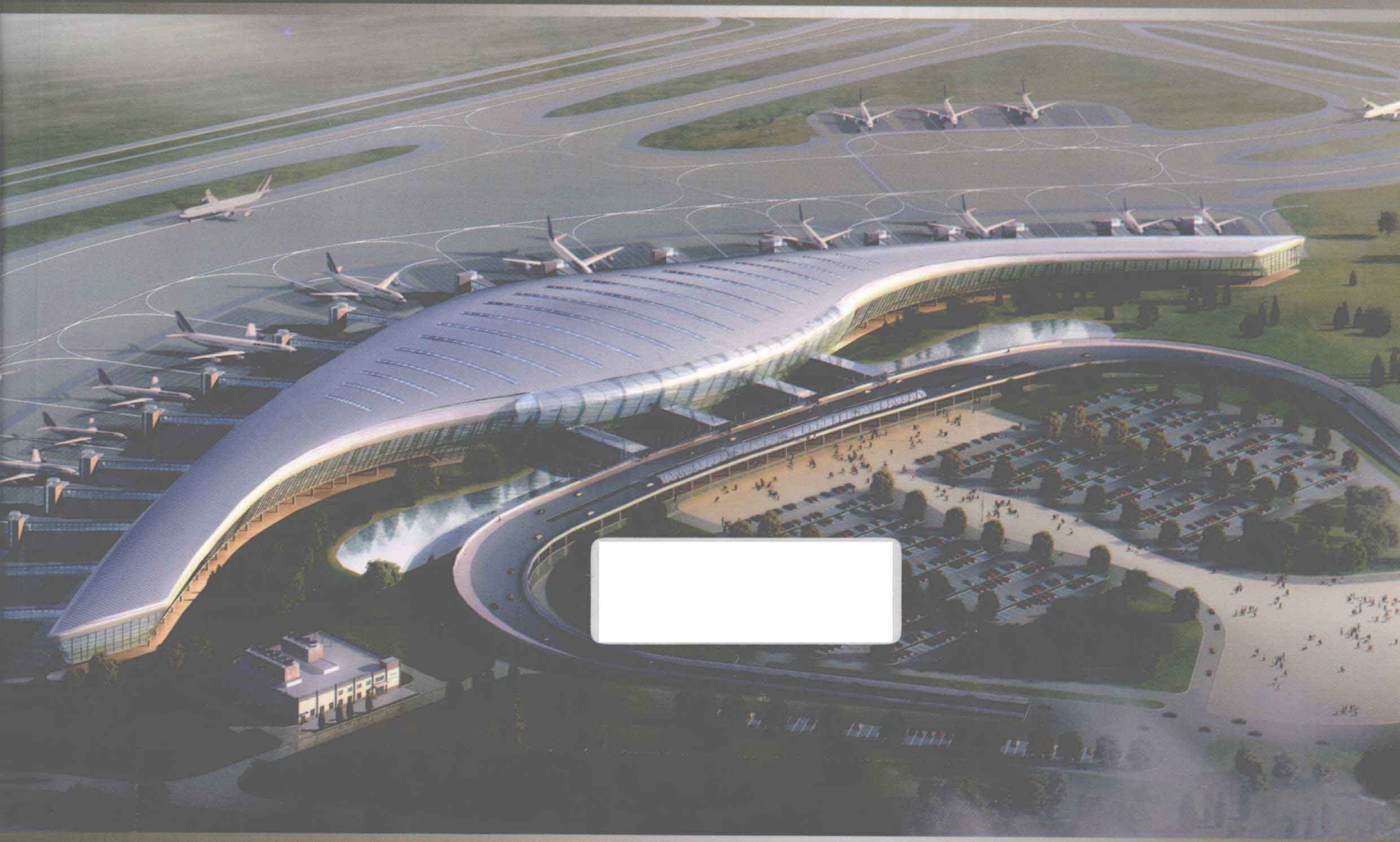


大型复杂钢结构

建筑工程施工新技术与应用

中国建筑金属结构协会钢结构专家委员会



中国建筑工业出版社

责任编辑：酆锁林 万 李
封面设计：七星工作室

经销单位：各地新华书店、建筑书店

网络销售：本社网站 <http://www.cesppress.com>

网上书店 <http://www.china-building.com.cn>

网上书店 <http://www.bookat.com>

本社地址：北京·朝阳区·东三环北路·安泰里·A座101

ISBN 978-7-112-13979-8



9 787112 139798 >

(22011) 定价：86.00 元

大型复杂钢结构建筑工程 施工新技术与应用

中国建筑金属结构协会钢结构专家委员会

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

大型复杂钢结构建筑工程施工新技术与应用/中国建筑金属结构协会钢结构专家委员会. —北京: 中国建筑工业出版社, 2012. 3

ISBN 978-7-112-13979-8

I. ①大… II. ①中… III. ①钢结构-建筑工程-工程施工 IV. ①TU758.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 012260 号

本书共分六大部分, 从交通枢纽施工技术、机场航站楼施工技术、体育场馆施工技术、会展中心施工技术、高层钢结构施工技术及其他方面, 汇总了国内近几年大型复杂钢结构建筑工程在施工方面的新技术和新应用。

本书对于大型复杂钢结构设计研究、施工安装人员会有所帮助和启发, 对钢结构专业的师生具有参考价值。

* * *

责任编辑: 郇锁林 万 李

责任设计: 赵明霞

责任校对: 刘梦然 陈晶晶

大型复杂钢结构建筑工程施工新技术与应用

中国建筑金属结构协会钢结构专家委员会

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

*

开本: 880×1230 毫米 1/16 印张: 29 彩插: 4 字数: 915 千字

2012 年 3 月第一版 2012 年 3 月第一次印刷

定价: 86.00 元

ISBN 978-7-112-13979-8

(22011)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

《大型复杂钢结构建筑工程施工新技术与应用》

编 写 委 员 会

主 编：尹敏达

副主编：贺贤娟 杨德洪

编 委：刘贤才 鲍广鑑 路克宽 张跃峰 欧阳超 刘金荣
张 伟

秘书处：顾文婕 张立楠

前 言

近些年来,我国大型建筑钢结构工程的建设日新月异、突飞猛进,建成了一大批举世瞩目的工程。本书收集了一些有影响的工程实例,包括以虹桥交通枢纽、天津西站、郑州火车站等为代表的交通枢纽和铁路站房工程;以昆明新机场为代表的机场航站楼工程;以深圳湾体育中心为代表的体育场馆工程;以贵阳会展中心为代表的会展中心工程;以广州珠江新城烟草大厦为代表的高层钢结构工程。本书总结了这些工程的最新施工技术创新成果,设计内容包括钢结构的加工工艺、详图设计、材料选择、节点设计与试验、施工模拟分析、施工吊装、施工管理等方面,内容丰富,理论联系实际。

回顾这些工程的建设历程,我们深感在我国钢结构发展过程中面临着新的特点。一是工程跨度和规模越来越大,深圳大运会主体育场尺寸为 $270\text{m} \times 285\text{m}$ 的单层折板网壳,为我国最大的单层网壳;昆明新机场航站楼屋盖网架面积达 13万 m^2 ,也是我国最大的网架之一。二是钢结构节点越做越复杂,铸钢节点越做越大。昆明新机场彩带钢结构的弯扭巨型节点重达 115t ,深圳大运会铸钢节点重达 98t ,铸钢件总重量达 4000t ,以上均创造我国钢结构之最。三是钢板厚度越做越厚、钢材级别越来越高、焊缝级别越来越严格。不少工程的钢板厚度达到 $150 \sim 200\text{mm}$,强度级别用到 390 、 490 ,焊缝级别大部分都采用一级全熔透焊缝。四是结构形式越做越复杂,构筑物越来越奇特。凤凰传媒中心,大跨度网壳外形类似压扁的游泳圈,近万个大断面弯扭杆件无一相同;昆明新机场采用彩带式支撑网架体系,七条彩带由超厚超大断面的弯扭构件组成,高达 70m 的巨型弯扭彩带像一条长龙飞舞,彩带的加工制作难度比鸟巢还要复杂,堪称钢结构加工的奇迹。

面对钢结构上述的新特点、新挑战,我们的钢结构技术人员,不畏惧、不后退,迎着风浪而上,敢于创造奇迹,解决了一系列工程中的诸多技术难题,研发了一系列的科研技术成果,例如:大断面异形弯扭构件的加工制造技术;复杂构件和节点坐标成型技术;电脑坐标拟合法检测复杂空间异形构件误差技术;复杂体形大面积网架胎架空间滑移技术;大跨度、大吨位、超高度、大体积钢结构单元和整体提升技术。这些成果达到了国际先进水平,使我国的钢结构加工、安装技术进入了世界先进行列。

中国建筑金属结构协会钢结构专家委员会将上述成果和工程实例系统总结并编写成册,这对长期战斗在钢结构施工第一线的广大施工技术人员来说,是一次难得的学习机会,也是久经盼望之事,同时对于广大设计人员也是一本难得的学习参考书籍。

中国建筑金属结构协会钢结构专家委员会集中了我国著名的钢结构专家,他们长期战斗在第一线,处理并解决了大量设计和施工中的技术难题,积累了丰富的经验,钢结构事业的发展也凝聚着他们的心血。

我相信本书的出版发行,必将为我国钢结构事业的技术进步作出很大的贡献。

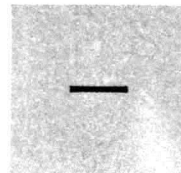
刘树屯

2011年12月9日

目 录

一、交通枢纽施工技术篇	1
基于复杂施工环境下 1100t·m 超大轨距行走式塔式起重机在高架候车层作业的技术研究	2
大连火车站钢结构施工安装技术	9
金属屋顶系统在广州南站中的应用	17
无锡金匮大桥钢结构工程下承式钢桁梁+钢箱梁结构体系加工制作技术	31
新建石家庄站站房钢拱桥结构工程施工技术	41
空间弯扭箱形构件大跨度单层筒壳安装及主动控制提升关键技术研究	61
钢结构施工过程监测与研究	75
虹桥综合交通枢纽工程的施工详图设计	84
双向不等高正交钢管桁架分块整体提升施工技术	90
大跨度异形空间曲面钢桁架安装工艺	101
虹桥综合交通枢纽工程的制作加工工艺	106
唐山火车站大型悬挑结构安装技术	113
复杂多管相贯节点制造技术	124
特大型跨线火车站房屋盖钢网架高空滑移及卸载技术	128
济南西站大跨度钢屋盖施工技术	140
郑州东车站房钢结构施工技术	146
大跨度钢拱结构竖转提升施工法	154
超长超重钢梁电动葫芦整体提升施工技术	159
二、机场航站楼施工技术篇	165
昆明新机场钢屋盖胎架滑移施工技术	166
合肥新桥国际机场航站楼钢结构施工技术	175
大跨度钢结构施工临时支撑体系及结构体系转换技术研究	181
昆明新机场航站楼拉索结构施工张拉设计分析	190
大跨度空间钢结构曲线顶推累积滑移施工技术	198
鄂尔多斯机场钢结构施工技术与模拟分析	207
移动式承重架在厦门太古机库钢结构施工中的应用	219
鄂尔多斯机场航站楼铸钢球节点设计与力学性能分析	224
三、体育场馆施工技术篇	233
失重体育建筑与挑战性钢结构——深圳大运中心设计国际竞赛方案解读	234

单层折面空间网格结构可拆装式支撑胎架性能的监测与分析·····	245
开合屋盖体育场机械系统应用探讨·····	252
自锁式马鞍形金属屋面施工技术·····	257
深圳湾体育中心制作技术·····	261
单层折面空间网格结构概论探讨·····	267
计算机技术在相贯连接大跨度空间曲面管桁架结构施工中的应用和实践·····	272
贵阳奥体中心主体育场钢结构工程施工监测·····	280
国家网球中心新馆钢结构网架工程安装技术·····	287
海宁市游泳馆钢结构桁架的深化设计、制作及安装·····	299
三铰刚架交叉结构的概念设计·····	307
交叉弯扭刚架的深化设计与加工·····	311
大跨度屋盖结构设计分析·····	315
大型椭球壳管桁架结构设计·····	320
四、会展中心施工技术篇 ·····	327
无序空间网格管结构的概念设计与施工·····	328
凤凰国际传媒中心钢结构工程“三曲钢连桥”加工制作技术·····	333
贵阳国际会议展览中心 C2 201 大厦工程施工精度控制·····	342
吉安文化艺术中心摇摆柱与焊接球网架施工技术分析·····	347
浅谈大跨度钢结构滑移安装技术·····	352
多层实腹式钢骨柱节点处理·····	359
桁架的大跨度悬挑施工安装技术·····	366
五、高层钢结构施工技术篇 ·····	377
全栓钢结构超高层建筑广州珠江城烟草大厦的加工制作技术及应用·····	378
安徽国际金融贸易中心超高层钢结构圆管柱施工技术·····	392
超高层写字楼钢结构安装技术·····	399
热轧钢板组合楼板的设计与施工·····	408
陕西法门寺合十舍利塔钢结构施工特点·····	412
大型铸钢件在超高层建筑结构中的应用·····	416
高层钢结构施工技术与管理·····	421
六、其他 ·····	425
钢结构安装方案编制的注意事项·····	426
大型钢结构工业厂房施工探讨·····	431
关于钢结构相关规范中钢板厚度偏差标准问题的研究·····	439
浅议建筑钢结构发展·····	444
大跨度钢结构关键施工技术的应用·····	448



交通枢纽施工技术篇

基于复杂施工环境下 1100t·m 超大轨距行走式塔式起重机 在高架候车层作业的技术研究

高玉兰, 王益民, 张 伟

(北京建工集团有限责任公司, 北京 100045)

摘 要 针对跨度大、高度高的高架层进行超大、超重构件的拼装与吊装, 采取布置大截面钢梁保证重型塔式起重机在高架层楼板上行走等措施, 以解决常规机械起重量无法满足构件吊装的难题。

关键词 1100t·m 行走式塔式起重机; 高架层; 行走塔轨道; 验算荷载

1 引言

天津西站屋盖结构全部位于高架候车层结构以上, 跨度大, 高度高。为保证结构顺利安装, 吊装机械的选择尤其重要。受施工条件的限制, 所有屋盖构件只能在高架层结构上进行拼装或吊装。由于构件均超大、超重, 对吊装机械的选择有如下原则: 1) 机械的起重性能需满足构件吊装的要求; 2) 机械需布置在高架层结构上; 3) 机械可以移动。

2 21m 超大轨距 1100t·m 行走式塔式起重机的设计与实施

在 11~12 轴、13~14 轴间高架层钢桁架上配备 4 台 ZSL1000 行走式塔式起重机 (1100t·m)。ZSL1000 塔机为轨道行走式塔机, 该塔机本次工程使用高度为 42m, 整机重量约为 330t。根据高架层结构特点, 11~12 轴、13~14 轴柱距为 21m, 对塔式起重机行走机构进行改装, 将行走横梁、轨距调整到 21m。见图 1。

根据塔机受力及轨道要求铺设基础, 钢轨型号为 QU100, 轨距为 21m, 4 组 16 个行走轮, 轮距 11.2m, 轮径 600mm, 单组行走轮最大轮压为 136t。轨道梁选用箱形截面, 经计算截面尺寸为: $\square 1300 \times 700 \times 16 \times 25$, 长度根据高架层柱距进行调配, 即每根钢梁的长度均与柱距相符, 钢梁之间的接口全部位于钢柱位置。见图 2。

轨道梁南北向铺设, 每根轨道梁除柱头位置有两个支点外, 再设置两个支点, 支点位于钢桁架直腹杆节点处。并在两侧设置侧向支撑, 支撑杆与东西向布置的钢桁架上的埋件焊接固定。埋件设置在混凝土楼板中, 见图 3~图 7。

3 21m 超大轨距 1100t·m 行走式塔式起重机支撑结构验算 (以北区为例)

在吊装屋盖主体钢结构时, 在高架层主体结构 11~12 轴和 13~14 轴之间各设置一台行走式塔式起重机, 行走式塔式起重机的技术参数见图 8、表 1 及表 2。

行走式塔式起重机在 11~12 轴和 13~14 轴钢桁架上设轨道梁, 截面尺寸为 $\square 1300 \times 700 \times 16 \times 25$, 轨道梁在钢桁架上的支座设置见图 9。

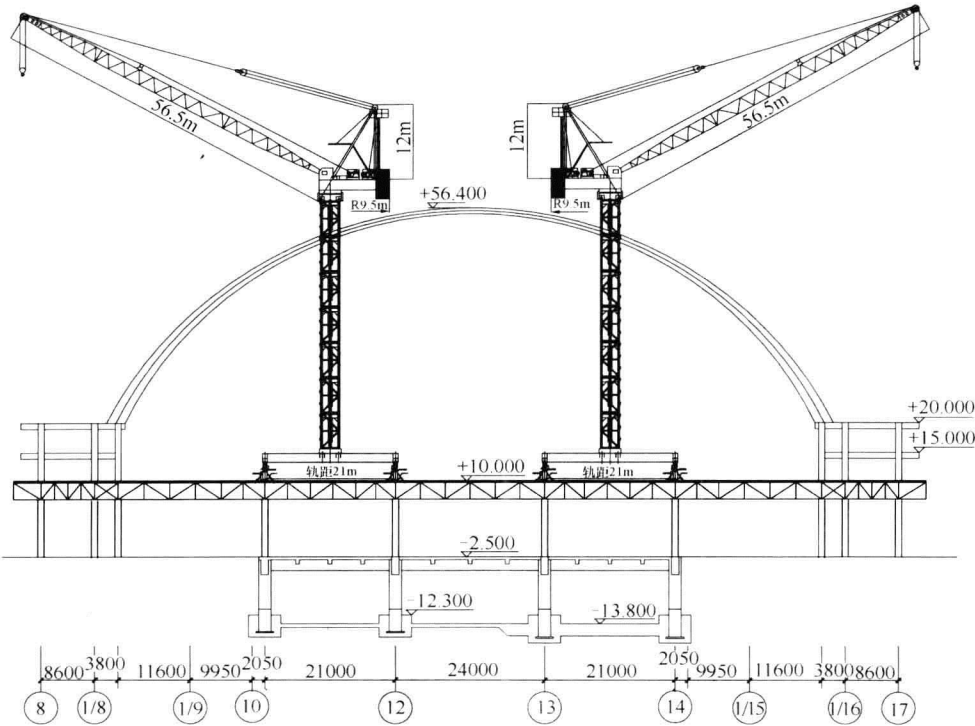


图 1 现场塔式起重机立面布置图

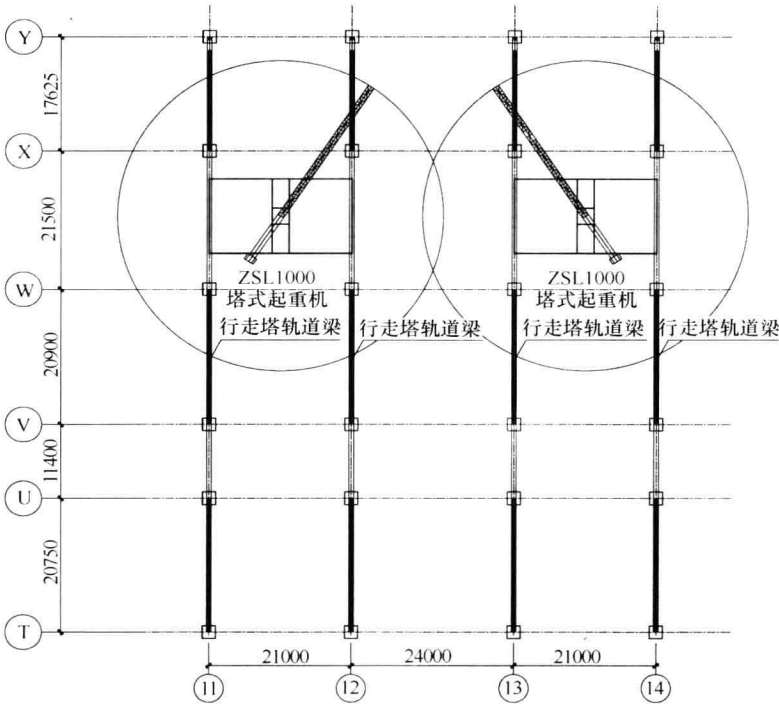


图 2 行走塔轨道梁布置平面示意图（局部）

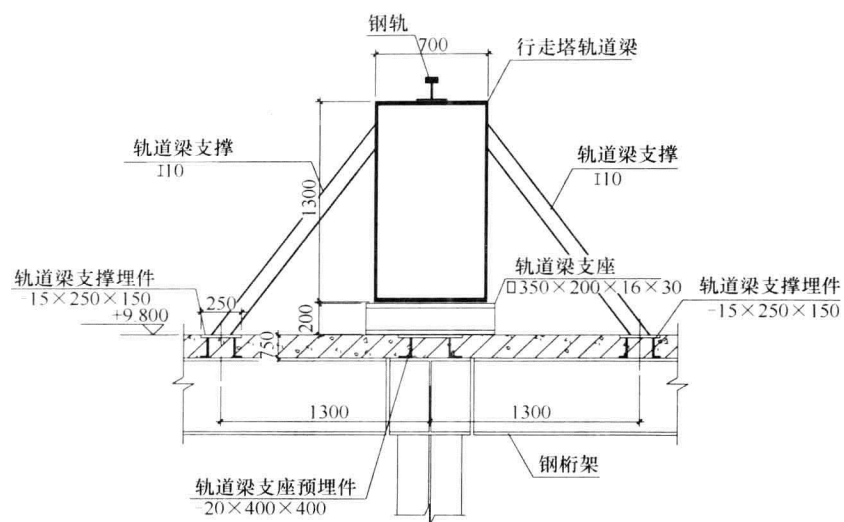


图3 垂直于轨道梁剖面节点示意图

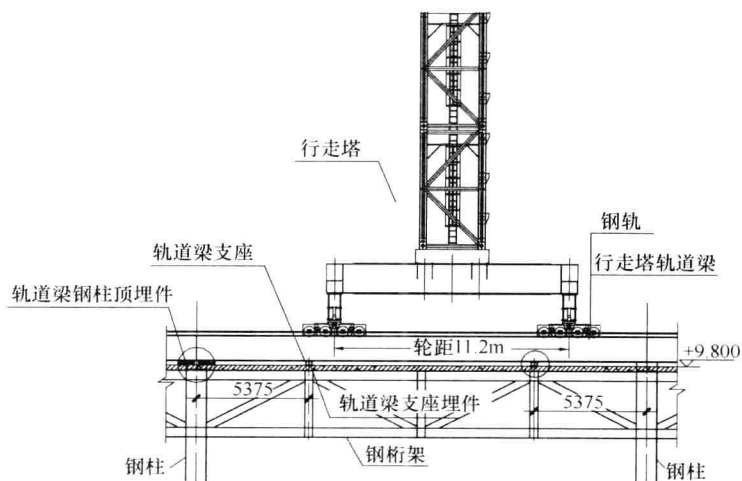


图4 沿轨道梁剖面节点示意图



图5 21m跨 ZSL1100 行走式塔式起重机

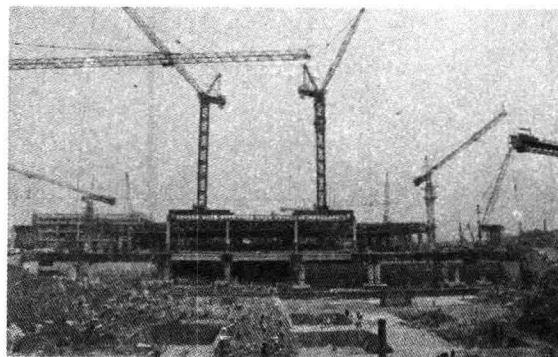


图6 在高架层上铺设轨道梁

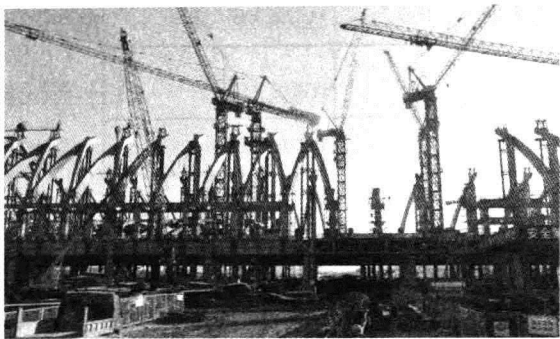


图 7 4 台 1100t·m 塔式起重机在
高架层顶板上同时施工

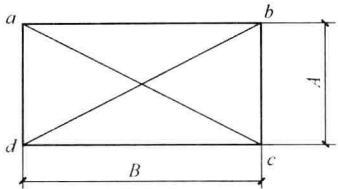


图 8 轮距、轨距示意图
A—轮距；B—轨距

行走式塔式起重机技术参数 表 1

轮距 A (m)	轨距 B (m)	工作状态下最大轮压 (t)	非工作状态下最大轮压 (t)	整机自重 (t)
11.2	21	136	120	330 (不含吊重)

各点最大轮压表 表 2

	a 点轮压 (t)	b 点轮压 (t)	c 点轮压 (t)	d 点轮压 (t)
工作状态下最大轮压	136	93.75	51.7	93.7
非工作状态下最大轮压	120	82.5	44.7	82.5

施工阶段验算采用 midas 有限元软件进行计算，验算时模型基于以下几个前提进行计算：

- 1) 行走式塔式起重机与拱形屋面拼装不在同一区域出现；
- 2) 高架层建筑面层尚未铺设，仅考虑楼板自重，设备夹层荷载也尚未施加于高架层结构之上；
- 3) 行走式塔式起重机工作区域以外的区域考虑施工活荷载 2kN/m²。

(1) 施工验算荷载及荷载组合

经分析比较，当行走式塔式起重机处于工作状态时，a、d 点下钢桁架受力最为不利，T~U、V~W、W~X 轴跨内两个支座间距为 10.75m，现行走式塔式起重机轮距为 11.2m，近似地按照 a、d 两点可以同时作用于跨内两个支座，此时桁架受力最不利，U~V 轴跨，当 a 点位于跨内支座该跨钢桁架最不利，X~Y 轴跨内两个支座间距为 5.375m，经比较，当 a 点位于距 Y 轴 6.875m 处支座时该跨钢桁架最不利，图 10、图 11 为 11、12、13、14 轴钢桁架处于最不利受力状态下行走式塔式起重机作用于钢桁架的荷载布置图。

另外轨道梁及其支座的自重按照每个支座 75kN 的恒载考虑。

施工验算荷载组合：1.2 恒+1.1×1.4 活。

基本组合：1.35 恒+1.1×1.4 (0.7) 活。

其中，1.1 为行走式塔式起重机荷载动力系数。

标准组合：1.0 恒+1.0 活。

(2) 验算结果一

11、12、13、14 轴钢桁架强度及稳定验算见图 12~图 15。

由图 12~图 15 可以看出，11、14 轴钢桁架最大应力为 177N/mm²，稳定验算最大应力比为 0.76，12、13 轴钢桁架最大应力为 181N/mm²，稳定验算最大应力比为 0.79，钢桁架钢材均采用 Q345C，强度和稳定均满足要求。

(3) 验算结果二

11、12、13、14 轴钢桁架变形验算见图 16、图 17。

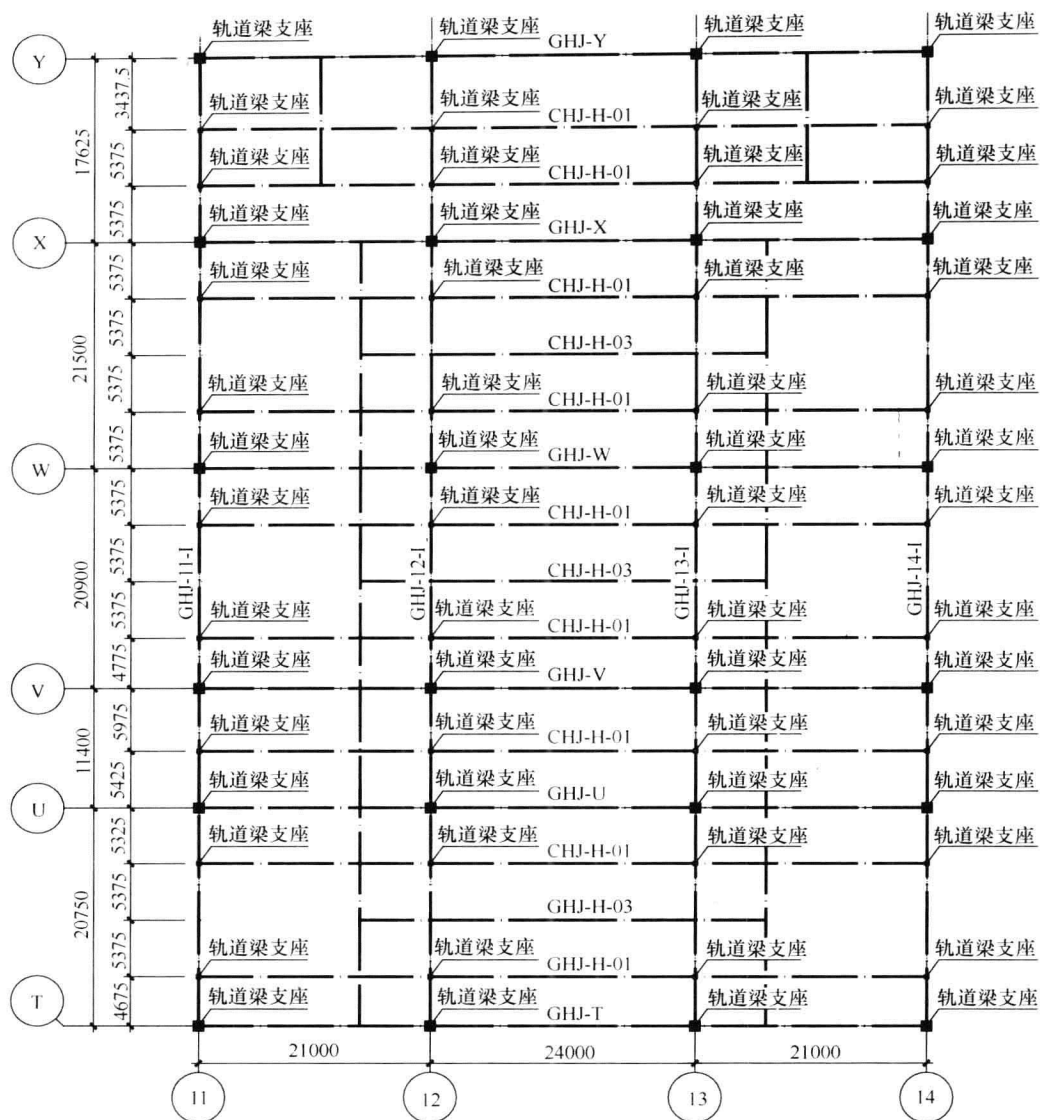


图9 北区行走塔轨道梁支座布置示意图

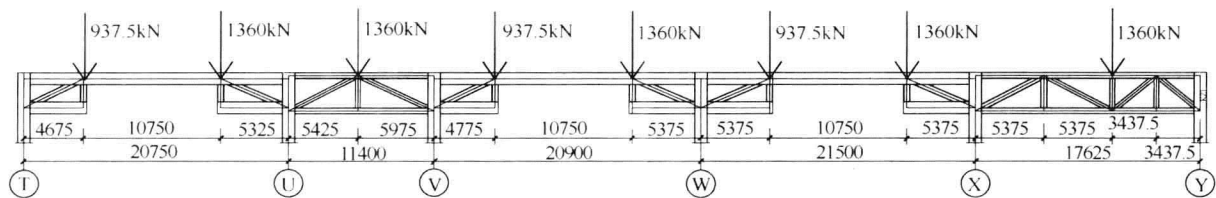


图10 行走式塔式起重机作用于11、14轴钢桁架荷载布置图

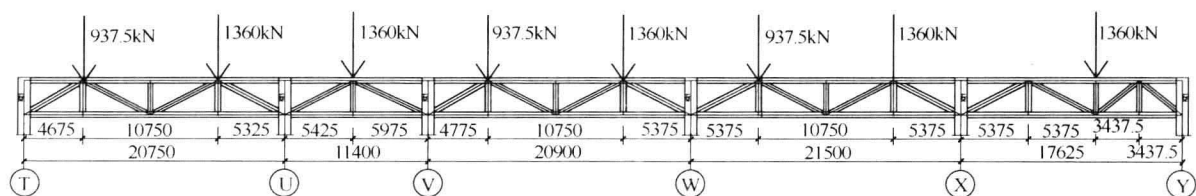


图11 行走式塔式起重机作用于12、13轴钢桁架荷载布置图

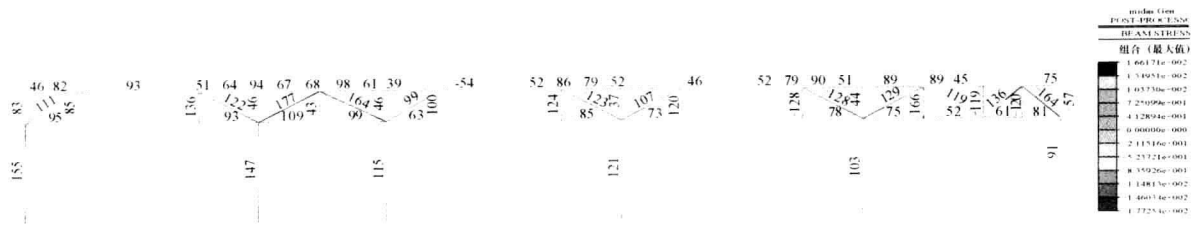


图 12 11、14 轴钢桁架基本组合应力包络图

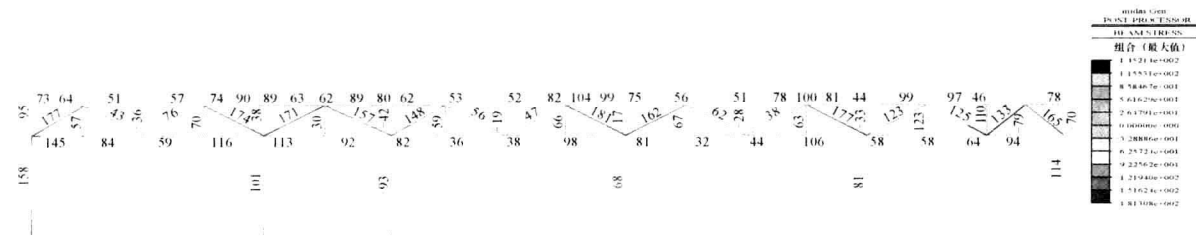


图 13 12、13 轴钢桁架基本组合应力包络图

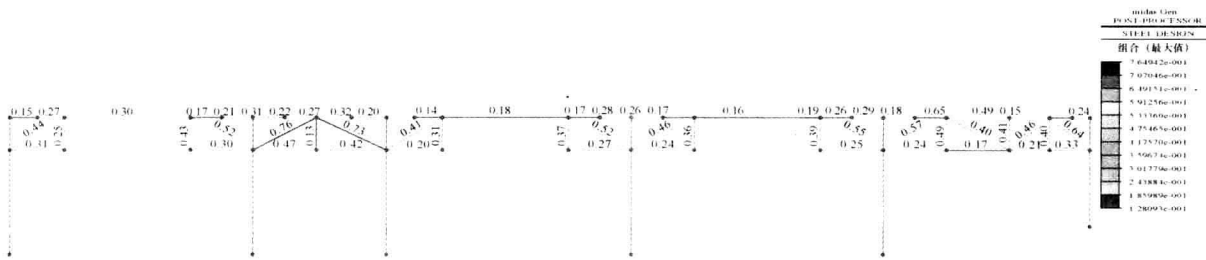


图 14 11、14 轴钢桁架稳定验算包络图

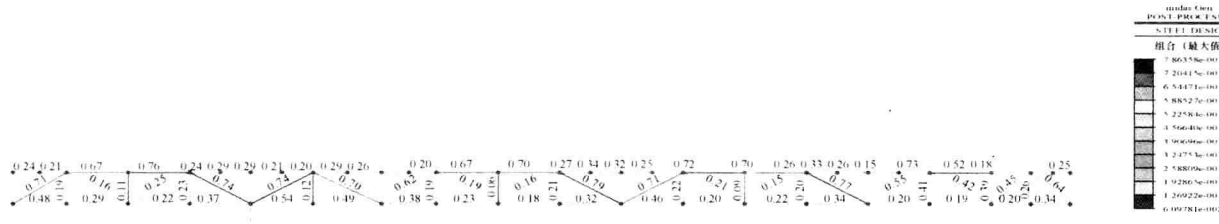


图 15 12、13 轴钢桁架稳定验算包络图

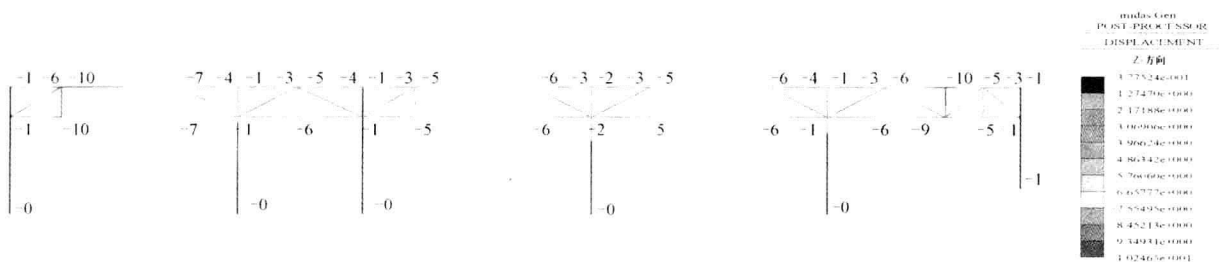


图 16 11、14 轴钢桁架恒+活挠度图

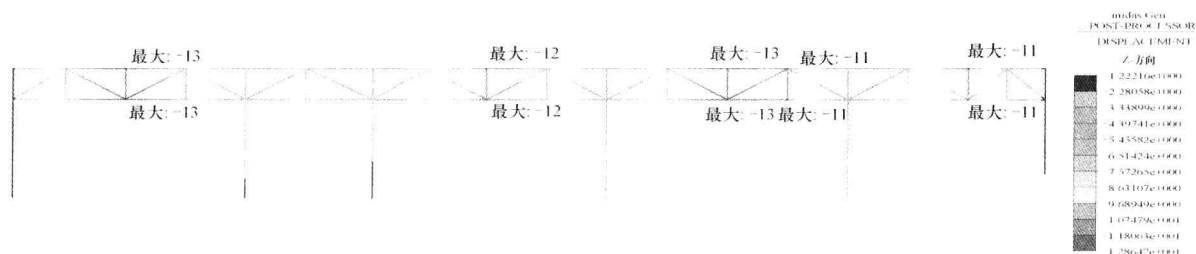


图 17 12、13 轴钢桁架恒+活挠度图

由图 16~图 17 可以看出, 11、14 轴钢桁架挠度最大为 10mm, 挠跨比为 $10/20750=1/2075$, 12、13 轴钢桁架挠度最大为 13mm, 挠跨比为 $13/20750=1/1596$, 满足规范规定的 $1/400$ 的要求。

4 结语

针对在实际中所采用的施工方法, 经检测高架层下钢筋混凝土梁没有任何裂纹, 达到规范要求; 采用此方法节省了大量脚手架在轨道下的支撑费用近 300 万元, 并且高架层下由于没有了脚手架支撑可以进行下道工序施工, 节省了整体施工工期近两个月。

参考文献

- [1] 刘大海, 杨翠如. 高楼钢结构设计(钢结构、钢-混凝土混合结构)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.
- [2] 沈祖炎, 陈扬骥, 陈以一. 钢结构基本原理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
- [3] 钟善桐. 高层钢管混凝土结构[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1999.

大连火车站钢结构施工安装技术

章伟松，彭立彬，闫海飞

(浙江精工钢结构有限公司，绍兴 312030)

摘 要 目前中国铁路、火车站建设如火如荼，一大批技术先进、跨度大、规模宏伟的火车站正在建设或规划当中，根据大连火车站钢结构施工安装过程中的实践经验，论述了钢结构施工安装过程中涉及吊装、技术措施、深化设计等方面的技术要点。

关键词 钢结构吊装；技术措施；深化设计；技术要点

1 工程概况

大连火车站工程主要包括出站层、基本站台层、高架候车层、型钢桁架商业夹层和管桁架屋顶层，见图 1、图 2。

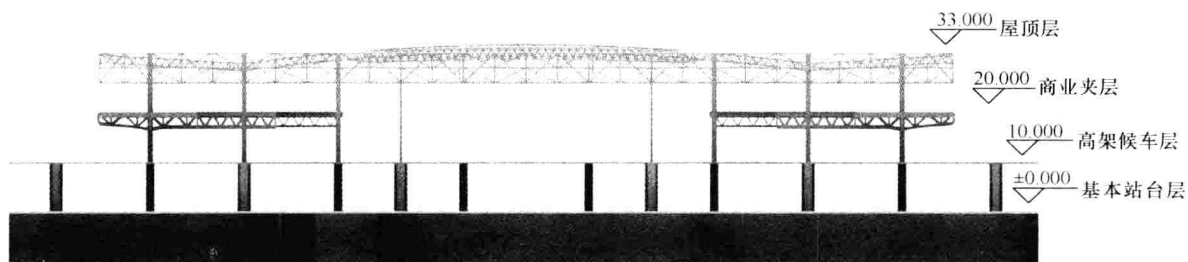


图 1 大连火车站站房工程立面图

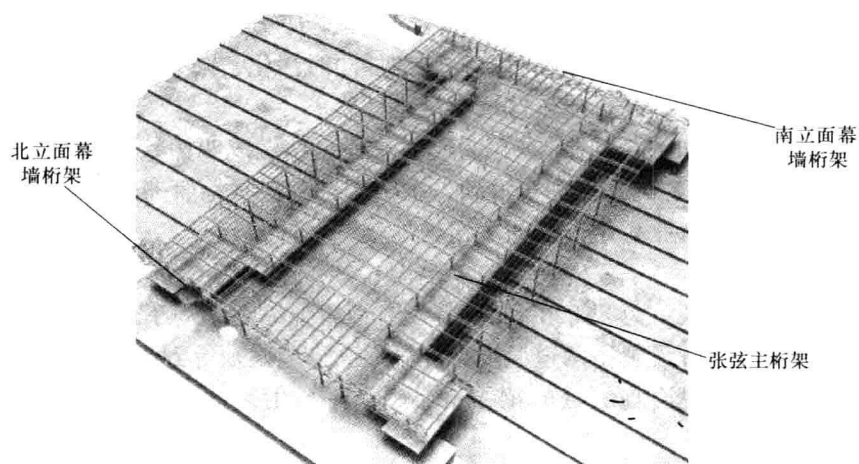


图 2 大连火车站钢结构工程轴测图