



土木工程应用技术系列丛书



中国土木工程学会 编

土木工程 应用技术^③

CIVIL ENGINEERING
APPLICATION TECHNOLOGY

中国城市出版社
CHINA CITY PRESS



土木工程应用技术系列丛书

zhb44

土木工程 应用技术^③

CIVIL ENGINEERING
APPLICATION TECHNOLOGY

中国土木工程学会 编

中国城市出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

土木工程. 3, 应用技术 / 中国土木工程学会编. —
北京: 中国城市出版社, 2016.5

(土木工程应用技术系列丛书)

ISBN 978-7-5074-3071-4

I. ①土… II. ①中… III. ①土木工程—文集 IV.
① TU-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 105939 号

责任编辑 陈夕涛

装帧设计 逸品书装

责任技术编辑 张建军

策划编辑 王 萌 包雪松 樊慧 焦明辉

出版发行 中国城市出版社

地 址 北京市海淀区三里河路 9 号 (邮编 100835)

网 址 www.citypress.cn

发行部电话 (010) 63454857 63289949

发行部传真 (010) 63421417

总编室电话 (010) 58933140

总编室信箱 citypress@sina.com

经 销 新华书店

印 刷 北京顺诚彩色印刷有限公司

字 数 170 千字 印张 5

开 本 889×1194(毫米) 1/16

版 次 2016 年 7 月第 1 版

印 次 2016 年 7 月第 1 次印刷

定 价 45.00 元

CONTENTS

目录

第十三届中国土木工程詹天佑奖获奖工程

>>>

- 03 2014 青岛世界园艺博览会场馆工程科技创新与新技术应用
孙邦君 孙海生
- 11 武汉天兴洲公铁两用长江大桥正桥工程主要科技创新
黄晓航 张 耿 李海华

“一带一路”土木工程国际论坛

>>>

- 17 古丝绸之路铁路畅通的关键问题及对策
何华武
- 22 隧道建设与环境保护
郭陕云
- 32 北京新机场航站楼结构设计介绍
束伟农 朱忠义 祁 跃 秦 凯 张 琳
- 39 面向“一带一路”的综合交通与运输体系之构建研究
杨晓光
- 45 我国混凝土技术标准在非洲工程中实施的问题与思考
周永祥 孙立强

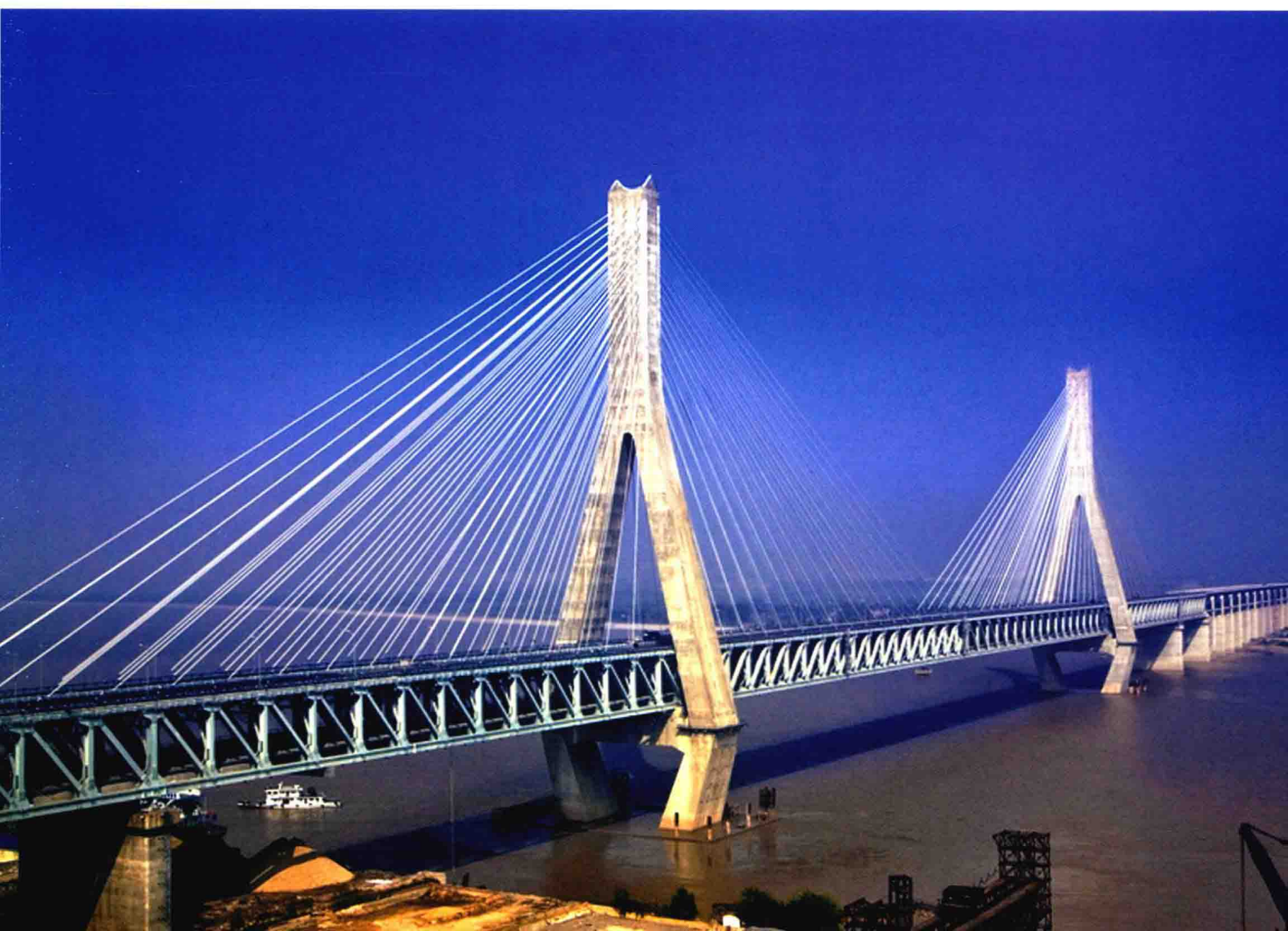
其他文章

>>>

- 53 公路双跨连拱隧道施工数值模拟——以重庆大地隧道为例
孙志勇 孟晋杰
- 58 BIM 技术及其用于工程造价预算的讨论
彭 友 侯 兰
- 64 基于 BIM 的建筑协同设计研究
郝佳宁
- 69 海底埋地石油管道泄漏流场和温度场耦合分析
郝佳宁



第十三届中国土木工程
詹天佑奖获奖工程



2014 青岛世界园艺博览会场馆工程专业预审组推荐意见

1. 项目建筑造型新颖、设计理念先进科学，将建筑设计与景观融为一体，对环境给予了充分的尊重，并保证了整个建筑群体的完整统一。
2. 场馆的建筑和结构设计应用了参数化设计，采用了 BIM 技术，为工程的信息化管理提供了技术支撑。
3. 在国内大型展会首次系统化地编制、实施《绿色建筑导则》，提出了 110 项低碳环保措施。
4. 秉承世园会绿色建设的施工原则，将拆除的各类建筑垃圾经多道工序的技术加工，生产出合乎国家标准要求的再生建材。
5. 针对工程特点，采用高空大跨度悬挑混凝土屋面斜拉支模施工技术，创新模板支架体系设计。

武汉天兴洲公铁两用长江大桥正桥工程专业预审组推荐意见

1. 首次提出并采用了三索面三主桁斜拉桥结构，解决了桥梁跨度大、桥面宽、活载重、列车速度快等带来的技术难题，实现了我国铁路桥梁跨度从 300m 级到 500m 级的跨越。
2. 首次采用边跨公路混凝土桥面板与主桁结合、中跨公路正交异性钢桥面板与主桁结合共同受力的混合结构，解决了超大跨度公铁两用桥梁中跨加载时的边墩负反力问题。
3. 钢桁梁安装采用节段整体架设技术，实现了我国钢桁梁架设从传统的单根杆件安装向工厂整体制造、工地大节段架设的转变，大量减少了工地的焊接工作，提高了钢梁的安装效率。
4. 首次采用吊箱围堰锚墩定位及围堰随长江水位变化带载升降技术，实现了大型深水围堰的精确定位，提高了围堰的度汛能力。
5. 研制了 KTY4000 型全液压动力头钻机，把长江深水中钻孔能力从 3m 直径提高至 4m；研制了 700t 架梁吊机，实现了桁段架设中的多点起吊和精确对位。

2014 青岛世界园艺博览会场馆工程科技创新与新技术应用

孙邦君 孙海生

青建集团股份公司

青岛 266000

摘 要: 2014 青岛世界园艺博览会是经国际园艺生产者协会批准的 A2/B1 级专业性国际博览会,以“让生活走进自然”为主题,秉承“生态环保”标准,深入践行“自然创造、科技创新、文化创意”理念,把科技创新作为重要的筹办理念,把科技立园作为重要的指导思想,注重发挥科技支撑作用,紧密结合国内外科技最新进展,场馆建设引进、使用园林园艺、工程建设等多领域的科技成果,自主科技创新 9 项,推广应用住房和城乡建设部新技术达 50 项之多,取得了良好的社会和经济效益。

关键词: 科技创新;新技术应用

1 引言

当今世界建设工程高、大、精、尖,技术日新月异,全球化、信息化、知识化迅猛发展,工程建设项目日趋大型化、复杂化和国际化,我国建筑业正面临着国际高端市场的挑战,科技创新与新技术应用是建筑业企业立于不败之地的制胜法宝。

2 科技创新与新技术应用

2014 青岛世界园艺博览会(以下简称“世园会”)是经国际园艺生产者协会批准的 A2/B1 级专业性国际博览会,由国家林业局、山东省政府、中国国际贸易促进委员会、中国花卉协会主办,青岛市政府承办,举办期为 2014 年 4 月 25 日至 10 月 25 日,会期 184 天。青岛世园会以“让生活走进自然”为主题,秉承“生态环保”标准,场馆建设以自然创造为本底,科技创新为支撑,文化创意为灵魂,打造集科普教育、集成示范、低碳实践、智慧引领于一体的综合性工程。工程各方管理组织及建设者在实施过程中,把科技创新作为重要的筹办理念,把科技立园作为重要的指导思想,注重发挥科技支撑作用,紧密结合国内外科技最新进展,引进、使用园林园艺、工程建设等多领域的科技成果,取得了多项管理创新、技术创新成果,高标准、高质量地如期完成了场区建设。主要科技创新和新技术、新材料、新设备、新工艺等“四新”技术应用总结如下:

2.1 新颖的建筑造型,先进科学的设计理念

本着“和谐自然,和美家园”的主题理念,遵循“以人为本,全面、协调、生态和可持续科学发展”的原则,超前谋划,统筹安排,在土地、建筑、环境和基础设施四方面为青岛城市未来发展留足空间;规划设计尊重生态自然,统筹规划、合理布局,“少破除、多保

>>> 作者简介 <<<

孙邦君(1962—),男,山东平度人,青建集团股份公司副总裁,工程技术应用研究员,主要从事施工技术研究与管理。

孙海生(1971—),男,山东诸城人,青建集团股份公司高级工程经理,高级工程师,注册一级建造师,主要从事工程管理与施工技术研究。

留，低干预、高顺应”，设计方案着力于建筑与景观，与自然环境的合理融合方式，将建筑设计与景观融为一体，对环境给予了充分的尊重，并保证了整个建筑群体的完整统一。场馆的建筑和结构设计应用了参数化设计，采用了 BIM 技术，为工程的信息化管理提供了技术支撑。

2.2 工程建设注重新探索

在国内大型展会首次系统化地编制、实施《绿色建筑导则》，提出了 110 项低碳环保措施。形如树叶的植物馆施工采用三维激光扫描技术（实景复制技术），获取高精度、高分辨率的数字地形模型，提高施工效率和质量。道路施工采用环保型路基路面材料，如：天然岩沥青、改性沥青、彩色沥青、再生沥青、透水路面等。主题馆、植物馆采用带有静电除尘装置的末端，如静电除尘、静电灭菌、缺氧检测等，消除空气污染危害，提升室内空气品质。

2.3 多点采用清洁能源，从源头上减少石化煤炭能源的利用

主题馆、天水、地池综合服务中心等使用光导照明系统，利用日光替代室内常规照明；园艺文化中心采用地源热泵技术；主题馆等引入冷热电燃气三联供技术，以天然气为燃料，形成具备发电、供热、供冷（或除湿）功能的能源转换和供应系统；园区路灯选用以太阳光、风能为能源的风光互补路灯。

2.4 循环利用水源，注重园区污水、雨水的处理、回收、利用

中德合作分质水处理及资源化利用示范项目，将世园村及安置区的污水综合收集处理，实现水的分质供给与排放、污水再生利用，区域内节约新鲜用水 40% 以上。虹吸式屋面雨水排水系统，对于大面积工业厂房及公共建筑屋面排水具有示范作用。种植屋面灌溉系统、微生态滤床污水零排放系统、人工湿地水质净化系统等实现了雨水、污水的资源化利用。海洋植物馆的水循环处理系统采用了先进的鼓式过滤机；喷雾降温系统可以主动调节温度，有效降低可吸入污染物，为游客提供舒适良好的参观环境。

2.5 推广使用低碳材料

植物馆玻璃幕墙使用的新型节能型超白玻璃，具有亮丽的观感效果、超强的透光性能以及优秀的拦截紫外线效果，可以降低建筑物内部的照明能源消耗和空调制冷消耗；室内装修使用了被称为“涂料工业绿色革命”的贝壳粉生物涂料，不含任何刺激性物质；采用玻璃纤维混凝土（GRC）假山造景技术，减少了对天然石材的开采。主题馆展区外侧的曲面玻璃可随室外温度、湿度、风向等自然条件自动开启来调节室内温度。

2.6 现代智能建筑

植物馆、主题馆等主要场馆采用先进的智能化能源与环境监测控制技术，利用物联网技术、传感器技术将分布在场馆不同地点的能源消耗、温度、湿度等数据实时采集并综合分析，便于进行调控，如远程控制现场的空调系统调节温度、喷雾系统增加湿度等。

2.7 双层双曲面锥形铝板施工技术

形如月季花瓣的主题馆，36m 跨异形钢构，悬挑 12m，倾斜角 30°，内层为直立锁边系统、外层为铝单板装饰层，独特的双曲面幕墙由 17000 余块尺寸各异渐变色锥形铝板构成。

根据结构模型建立幕墙建筑模型，根据工程实际情况对幕墙进行合理分格并确定铝板的三维坐标，

按照模型选择合适的模具制作锥形铝板,使用全站仪对模型中确定的转接件位置进行放线定位,通过多级转接、多自由度调整系统,安装直立锁边板和外饰锥形铝板,最终实现幕墙的双曲面效果。(图1)

2.8 复杂结构顶棚大波浪形铝方通吊顶施工技术

主题馆 7800m² 波浪形铝方通吊顶,吊顶部位层高为 6~11.47m,结构顶棚为之字形坡道,总体为南高北低,吊顶随屋面造型形成斜面大波浪型。根据结构顶棚的形状及设计图纸运用 BIM 技术建立大波浪形铝方通模型,确定铝方通形状及相关几何参数,通过工厂化加工,按照顶棚结构形状及大波浪形铝方通波峰波谷位置,分区域设置角钢转换层。在现场搭建木制波浪形模型,根据管道布置及结构情况确定吊顶高度,将吊顶的中心定位线定位在与铝方通平行的轴线上,在柱子上标记吊顶的高度,然后根据中心定位线及高度确定一道波浪形铝方通的安装位置,安装后调整出整体弧度的流畅性。(图2)

2.9 屈曲约束支撑施工技术

主题馆造型奇特,结构复杂,存在多处偏心布置,柱层间错位最高达 4.43m。结构体系有多项不规则指标超过限值,楼板局部不连续,且考虑偶然偏心楼层的最大弹性水平位移大于该楼层两端弹性层间位移平均值的 1.2 倍,结构存在扭转不规则,采用钢框架—中心支撑结构形式,在 5 个纵向支撑框架中布置了 38 根屈曲约束支撑。由于屈曲约束支撑较普通支撑结构截面小,增加了使用空间,同时,降低用量约 20%。

2.10 超长大直径摇摆柱施工技术

为满足大跨度要求,主题馆采用钢桁架结构体系,并在边跨设置 5 根摇摆柱以减小梁柱截面,节省用钢量的同时,又可作为建筑的轮跨线支撑。摇摆柱从 1 层直接连接到 4 层钢桁架上,两端铰接,只承受自重及上部传来的轴向压力,并将结构所受侧向荷载通过桁架传给钢桁架系统,受力体系合理。安装过程中通过合理安排工序、增加临时支撑、加强过程监测,确保了安装质量。

2.11 屋面导光管采光技术

天水、地池综合服务中心的室内分别设计了节能环保的光导照明系统,它有接光罩、导光筒和发光板组成,通过接光罩接收太阳光源,传入导光筒和发光板,达到照明功能。可以有效降低建筑物内部 80% 以上白天照明能耗和 10% 以上空调制冷消耗,同时可以减少二氧化碳和其他污染物的排放。直接采集室外自然光、太阳光,过滤 90% 以上紫外线,使室内环境更加舒适。(图3、图4)

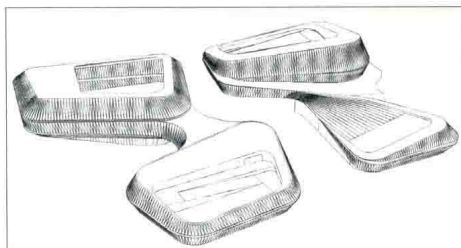


图1 主题馆三维幕墙模型



图2 大波浪铝方通吊顶



图3 光导照明室外采光器

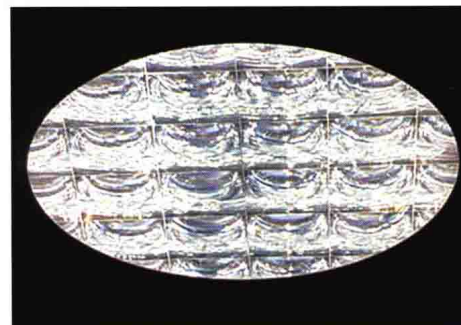
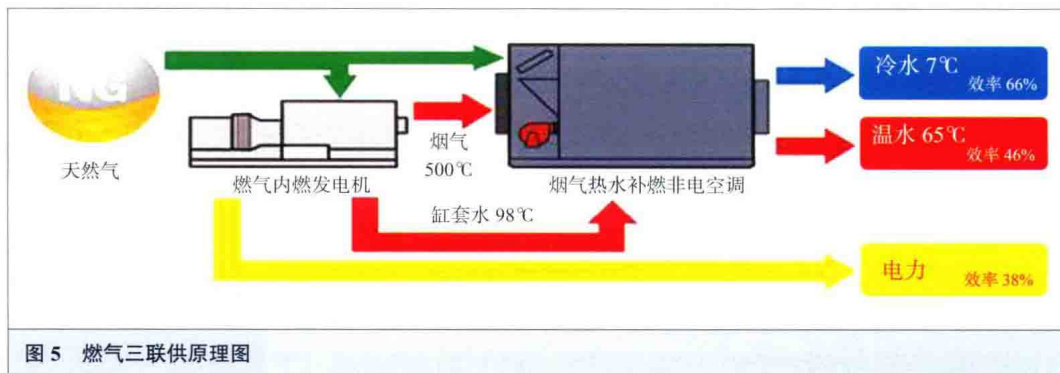


图4 光导照明室内漫射器

2.12 燃气三联供技术

主题馆冷热电三联供系统由 1 台 995kW 康明斯发电机与 1 台 150 万大卡的 BZHEY150 烟气热水直燃型非电空调组成,空调不足部分使用两台 200 万大卡 BZY200 非电空调。发电机发电除供给机房使用外,可同时并网供给主题馆电力系统。发电机发电产生的烟气、热水,进入烟气热水直燃型非电空调进行制冷制热,实现能源梯级利用,热效率达 90% 以上。(图 5)



2.13 锚杆施工中潜孔锤偏心跟管钻进技术

主题馆地基层部为风化砂回填,抗浮锚杆试成孔过程中,普通潜孔锤成孔造成提钻即塌孔的问题,根据实际情况,采用潜孔锤偏心跟管钻进技术进行钻孔施工,先注浆后插筋的施工程序。

潜孔冲击跟管钻进技术充分利用了风动潜孔锤高效冲击破碎岩石的优势,在高效碎岩钻进的同时,同时跟入套管保护钻孔孔壁,利用套管的刚性导向作用,可以抑制钻孔弯曲,保证钻孔的垂直度。

2.14 BIM 技术在钢结构施工中的应用

主题馆钢构件量大、型号多,工期紧,利用 BIM 模型提取各种形式的构件清单,包括构件的长度、重量、数量和截面等,然后在清单模板里添加一系列时间属性,对构件清单按时间排序,即可得到构件的进场顺序,及时合理地制订出进场计划,满足施工需求。运用 BIM 技术,极大地提高了项目综合管理水平,缩短了工期,降低了成本。

2.15 雨水回收利用技术

通过建地下贮存调节水池,合理有效的排布和设计,有效收集不同汇水面的雨水。雨季收集雨水,旱季及雨水量不足时,以处理后的建筑中水补充、提供景观水体补水和区域内绿化、道路浇洒用水,节水效果显著。

2.16 组拼式大模板施工技术

主题馆综合服务中心钢筋砼圆柱直径为 1100mm ~ 1400mm,柱高为 5.4m ~ 11.2m。圆柱模板选取组拼式全钢大模板,面板厚度 6mm,横肋、竖肋采用 80mm 宽 6mm 钢板,连接边框为通长 10mm 钢板和 60 × 60 × 3 型材组焊连接;每套圆柱模板由两个半圆形柱模板组成,连接部位采用柏利夹具连接,做成企口形式。

组拼式全钢大模板,减少了水平方向接缝,更好地体现了清水混凝土效果,加快了施工进度,降低了工程成本。

2.17 透水砼路面施工技术

透水水泥混凝土特点是不含细骨料，由粗骨料通过胶结料（水泥或沥青）相互黏结黏形成孔穴均匀分布的蜂窝状结构，具有透气、透水 and 重量轻的特点，能让雨水流入地下，有效补充地下水，缓解城市的地下水位急剧下降等一些城市环境问题，是一种能维护生态平衡、缓解城市热岛效应的新型铺装材料。

透水砼的应用，有效缓解了世界园艺博览会园区内道路积水的问题，也降低了水土流失，维护了生态平衡。（图 6）

2.18 屋面及外装饰采用木塑板

木塑材料同时具有植物纤维和塑料的优点，解决了塑料、木材行业废弃资源的再生利用问题，且没有污染，符合国家提倡的建立节约型社会和节能减排的大政方针。天水、地池综合服务中心等场馆室内外大量采用木塑板，体现了循环经济、低碳经济、资源利用、绿色环保、节能减排等可持续发展先进理念。（图 7）

2.19 建筑垃圾回收利用

由于场馆建设需要拆除原有建筑物，拆除过程中产生大量建筑垃圾，秉承世园会绿色建设的施工原则，拆除的建筑垃圾选择新的处理方式，通过与青岛绿帆再生建材有限公司合作，将拆除的建筑垃圾运至绿帆公司，将各类建筑垃圾经多道工序的技术加工，生产出合乎国家标准要求的再生建材，如再生砖、再生板材、再生砌块、再生混凝土等建筑材料，随后将再生材料用在园区的道路上，实现了 100% 资源化利用。

2.20 异形空间幕墙三维激光扫描下料技术

整个植物馆玻璃幕墙支撑在管桁架上，弧形管桁架结构，跨度 63.5m，多管相贯，由 15862 块尺寸各异的三角型玻璃组成，测量下料精度要求高，通过采用三维激光扫描下料技术，快速得出每块玻璃的精确下料尺寸，保证了加工精度。（图 8 ~ 图 12）

2.21 双曲面球铰夹具幕墙技术

植物馆异形管桁架钢结构与玻璃随温度变形系数不一致，易造成



图 6 透水地坪



图 7 室外木塑板台阶

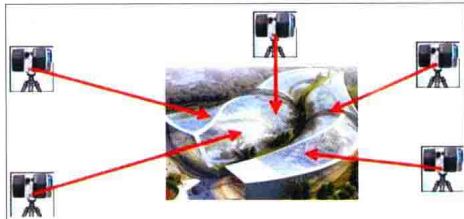


图 8 仪器排布

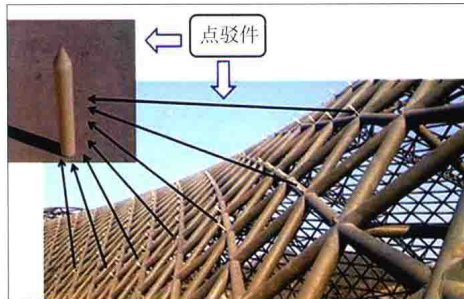


图 9 点驳布设

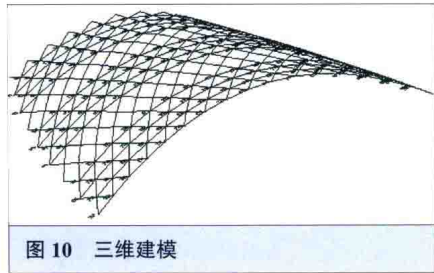


图 10 三维建模



图 11 三维扫描

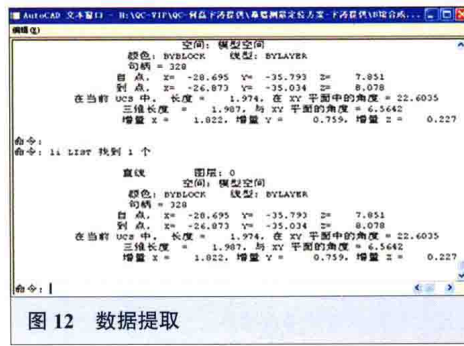


图 12 数据提取

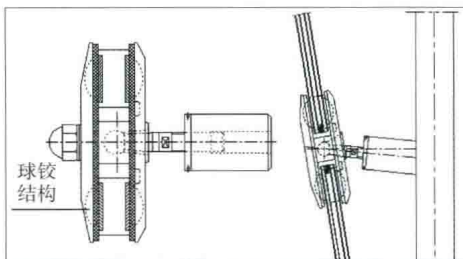


图 13 球铰夹具



图 14 球铰夹具幕墙安装过程 (1)



图 15 球铰夹具幕墙安装过程 (2)



图 16 幕墙完成效果

幕墙玻璃破碎。为了解决此问题，采用球铰夹具幕墙施工技术，利用球铰夹具的万向球铰连接，吸收荷载对玻璃产生的变形，有效地避免了玻璃变形、破碎及密封胶拉裂。(图 13 ~ 图 16)

2.22 大跨度异形管桁架结构吊装技术

植物馆管桁架最大跨度达 63.5m，梁拱最高点 39.5m，施工过程中正值冬季，对施工组织、精度、监测等均提出了极高的要求。采用三维仿真模拟施工技术，对管桁架的吊装及卸载过程采用了三维仿真模拟技术，对施工过程进行了模拟、优化，保证了大跨度异形管桁架结构安装、卸载过程的精度和安全。(图 17)

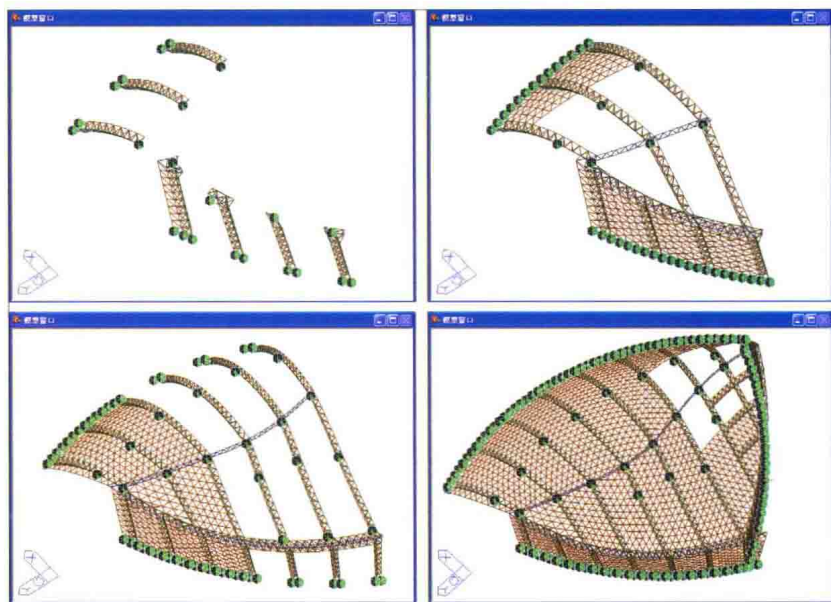


图 17 植物馆钢构吊装三维模拟过程



图 18 室内温湿度传感器

2.23 先进的智能化能源与环境监测控制技术

通过检测各种所需数据，与中央机房内系统预设值进行偏差比较，再回传相应控制信号，联动天窗自动开启系统、电动遮阳帘系统、能源中心直燃机组、喷雾降温系统、消防系统、中央空调系统、送排风系统、变配电系统、给排水系统等，形成负反馈的闭环控制系统，为植物馆内植物的生存提供了有效保障。(图 18 ~ 图 20)

2.24 异形空间网格结构竖向变形及应力无线监测技术

植物馆跨度大，结构复杂，结合工程结构特点，采用无线监测技术检测结构变形，共设 10 个传感器，包括 8 个静力水准仪、2 个应变计，另有 1 个无线传输模块。该软件在测杆件应变、竖向变形的同时还可以测量杆件温度。测点及测量杆件的选择是通过 MIDAS 软件在重力荷载情况下选择的最大变形点和最大内力杆件。监测从卸载到幕墙安装完成的整个过程。通过无线监测系统，克服了工程结构复杂、监测环境差的难题，在网架结构完成卸载后，网架结构的内力、变形与设计吻合。

2.25 高空大跨度悬挑混凝土屋面斜拉支模施工技术

世园大厦工程 5.35m 悬挑混凝土屋面，采用斜拉悬挑式支模施工技术，创新模板支架体系设计，斜拉悬挑支模体系由水平悬挑的工字钢、斜向拉结钢筋及搭设在工字钢上的模板支架组成，构件截面选型通过理论分析计算。同时，针对建筑物阳角部位优化节点设计，解决了此处无法安放工字钢的特殊难题。采用试验测试和有限元模拟，解决了高空大悬挑混凝土结构的施工难题，经科技评价，达到国际先进水平。（图 21～图 22）

2.26 地源热泵多配比回填料技术

井孔回填采用水泥砂浆基料，从孔底往上机械灌浆，水泥砂浆配置比例为：水泥：膨润土=95：5。水灰比为 0.85。井孔顶部 5m 内，采用膨润土、细砂混合基料从上往下回填。该回填方法既保证优良的导热性能，提高换热效率，又有足够的密实性，保护地下水不被污染。



图 19 二氧化碳传感器

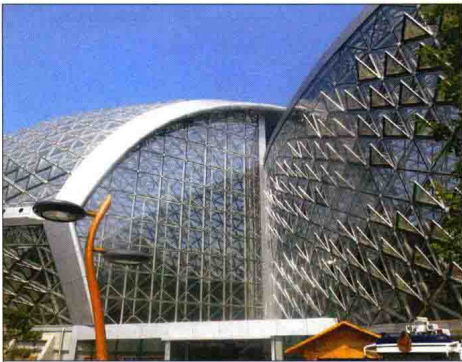


图 20 智能电动开启窗

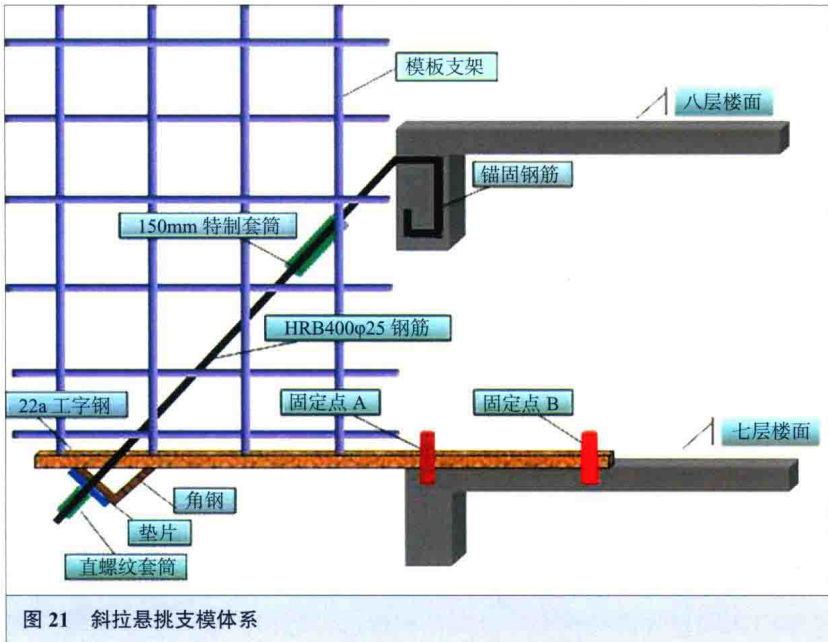


图 21 斜拉悬挑支模体系



图 22 悬挑混凝土屋面完成效果

2.27 双曲面铝合金格栅幕墙空间三维定位技术

幕墙双曲面铝合金格栅是由立柱通过可调连接件与玻璃幕墙系统直接连接，再安装铝合金格栅装饰条制成的框架，格栅装饰条为双曲面造型，与之配合的立柱龙骨系统需沿曲面布置，在格栅龙骨和格栅的安装过程中利用空间三维定位技术进行严格定位控制，较常规的测量定位技术精度更高，测量更便捷。

2.28 新技术推广应用情况

该工程应用了建筑业十项新技术中的 10 大项 50 个子项，获山东省建筑业新技术应用示范工程。

这些新技术列表如下：

1. 地基基础和地下空间工程技术	5. 钢结构技术	7.9 铝合金门窗断桥技术
1.2 长螺旋钻孔压灌桩技术	5.1 深化设计技术	7.10 太阳能与建筑一体化应用技术
1.5 土工合成材料应用技术	5.5 钢与混凝土组合结构技术	7.12 建筑外遮阳技术
1.6 复合土钉墙支护应用技术	5.7 高强度钢材应用技术	7.14 透水混凝土
2. 混凝土技术	5.9 模块式钢结构框架组装、吊装技术	8. 防水技术
2.1 高耐久性混凝土	6. 机电安装工程技术	8.4 遇水膨胀止水胶施工技术
2.3 自密实混凝土技术	6.1 管线布置综合布置技术	8.7 聚氨酯防水涂料施工技术
2.4 轻骨料混凝土	6.2 金属矩形风管薄钢板法兰连接技术	9. 抗震、加固与改造技术
2.5 纤维混凝土	6.3 变风量空调系统技术	9.1 消能减震技术
2.6 混凝土裂缝控制技术	6.4 非金属复合板风管施工技术	9.8 结构安全性监测（控）技术
3. 钢筋及预应力技术	6.6 给水管道卡压连接技术	9.9 开挖爆破检测技术
3.1 高强钢筋应用技术	6.7 管道工厂化预制技术	10. 建筑企业管理信息化技术
3.3 大直径钢筋直螺纹机械连接技术	6.9 预分支电缆施工技术	10.1 虚拟仿真施工技术
3.5 有黏结预应力技术	6.10 电缆穿刺线夹施工技术	10.2 高精度自动测量控制技术
4. 模板及脚手架技术	7. 绿色施工技术	10.3 施工现场远程监控管理
4.1 清水混凝土模板技术	7.2 施工过程水回收利用技术	10.4 工程量自动化计算技术
4.2 钢框胶合板模板技术	7.3 预拌砂浆技术	10.5 工程项目管理信息化实施集成应用及基础信息规范分类编码技术
4.4 组拼式大模板技术	7.4 外墙体自保温体系施工技术	10.6 建设工程资源计划管理技术
4.5 早拆模板施工技术	7.5 粘贴保温板外保温系统施工技术	10.7 项目多方协同管理信息化技术
4.9 插接式钢管脚手架及支撑架技术	7.8 工业废渣及（空心）砌块应用技术	10.8 塔式起重机安全监控系统应用技术

通过以上科技创新和新技术的应用，不仅大大提高了施工速度，也使质量水平大为提高。该工程先后荣获山东省优秀建筑设计奖、山东省泰山杯奖、鲁班奖、詹天佑奖等二十几项省级及以上奖项，总结形成国家级工法 1 项、专利 21 项、省级工法 23 项，获省建筑业科技进步奖 3 项、国家级 QC 成果 3 项、技术创新奖 1 项，发表论文 6 篇。通过世园会的示范效应，在园区周边区域成功实施了园林绿化提升、山体 and 石坑恢复、过城河道治理、环境卫生整治等 11 大类、200 余项整治项目，有效提升了该区域的市容形象，使世园会生态景观效果得到延伸，塑造了青岛东李地区标志性建筑及空间格局，让世园会成为青岛城市和园林事业的永恒记忆，并形成了新的旅游目的地。同时，着眼于对城市发展的拉动作用，放大世园会效应，以世园会园区及周边为核心，规划建设现代化的世园生态新区，推动建设绿色城市，打造人人向往的安居福地、创意高地和休闲胜地，取得了良好的社会和经济效益。

武汉天兴洲公铁两用长江大桥正桥工程 主要科技创新

黄晓航 张耿 李海华

中铁大桥局集团有限公司工程技术部

武汉 430050

摘要:武汉天兴洲公铁两用长江大桥为我国首座跨越长江的客运专线桥梁,该桥创造了当时公铁两用桥的荷载、跨度、宽度等多项世界第一。在桥梁建设过程中,针对大跨度多通道共用桥梁远较一般桥梁荷载更重、宽度更大的特点和难点开展研究和创新,研发了三索面三主桁斜拉桥新结构、公路桥面板桁组合新结构、钢桁梁整节段架设技术等多项创新技术,攻克了传统双索面双主桁桥式布置存在主桁杆力过大、横向受力不合理、主梁断面整体性差不利于列车的高速运行等世界级难题,形成了该类型桥梁成套施工新方法,开辟了我国建设高速铁路桥梁的新途径,为建设更大跨度的同类桥梁打下了坚实的理论和技術基础。

关键词:三索面;三主桁;钢—砼混合组合结构;整节段架设;锚墩定位;三吊点架梁吊机

1 项目背景

近年来,我国正在进行大规模的基础设施建设,为满足可持续发展的需要,节约土地、节约资源是摆在建设者面前的重要课题。长江是我国第一大河,航运繁忙,通航净宽要求高,两岸多是经济繁荣区域,港口众多,岸线及土地资源紧张,桥位资源越来越稀缺。因此,将公路、铁路、市政道路和城市轨道交通等建设在同一座多通道共用桥梁上,是节约桥位资源、满足长江航运要求、节约工程总投资和减少建桥对环境影响的优势选择。

多通道共用桥梁通常采用双层钢桁梁桥。随着同一座桥梁上承载的交通功能增多,桥梁荷载更重、宽度更大,若仍采用传统的双索面双主桁布置,存在主桁杆受力过大、横向受力不合理、主梁断面的整体性差、不利于列车高速运行等问题。为此,项目组针对大跨度多通道共用桥梁开展研究,在世界上首创了三索面三主桁公铁两用斜拉桥新结构,并开展了建造技术的系统研究,形成了一整套建造技术。

2 主要科技创新

(1)在世界上首创三索面三主桁斜拉桥新结构。建立了一套空间桥梁结构设计方法,解决了桥梁跨度大、桥面宽、活载重、列车速度快带来的难题。

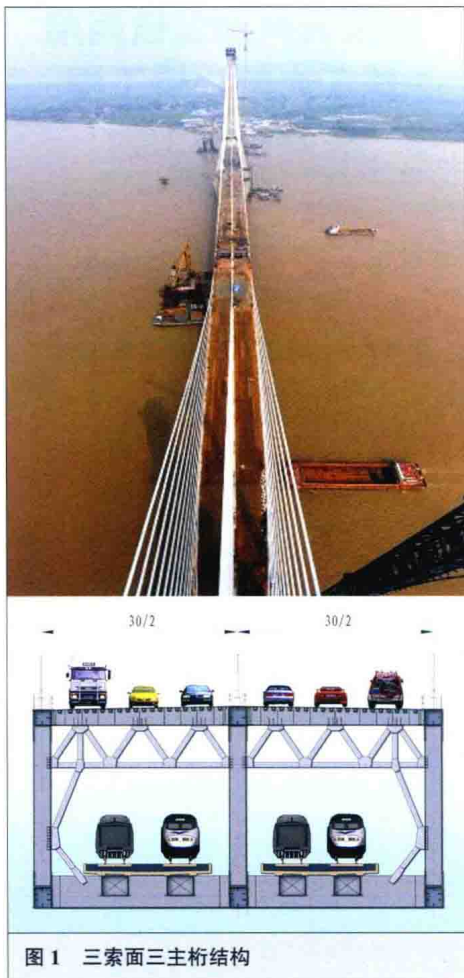
①三索面三主桁新结构,开发了专利技术,编制基于空间结构的桥梁设计软件,通过中索和边索的索力主动控制,使同一断面三个主桁受力均匀,实现了钢桁梁从传统的平面设计向空间设计的升级。采用三索面三主桁结构以后,总用钢量减少、主桁断面的整体性和断面

>>> 作者简介 <<<

黄晓航(1970—),教授级高级工程师,中铁大桥局集团有限公司工程技术部副部长。

张耿(1978—),高级工程师,中铁大桥局集团有限公司工程技术部科长。

李海华(1979—)高级工程师,中铁大桥局集团有限公司工程技术部副科长。



刚度极大增强，减小了桁梁在横截面上的畸变，有利于铁路轨道的形位控制，提高了高速列车的行车安全性和舒适度。（图 1）

②三索面斜拉桥的索力控制技术。对于三索面结构，斜拉索索力的精确实现变得更加复杂。为此开发了专利技术“利用单元原始尺寸确定斜拉桥施工中间状态的方法”，并编制了基于空间桁架结构的桥梁设计软件，实现了三索面斜拉桥的索力精确控制。

（2）首次采用边跨公路混凝土桥面板与主桁结合、中跨公路面钢正交异性板与主桁结合共同受力的混合组合结构，解决了超大跨度公铁两用桥梁中跨加载时的边墩负反力问题，同时提高桥梁结构的竖向刚度以适应高速列车运行。

通过桁梁弦杆变高、节点与节间差异化的剪力钉布置等技术，实现了在狭小范围内混凝土板与主桁、混凝土板与钢正交异性板之间内力可靠传递，刚度匀顺过渡。

钢—混凝土混合组合结构，不但很好地解决了大跨度斜拉桥辅助墩在活载加载时的负反力问题，同时使桥面结构和主桁架结合成一体，共同参与受力，有效提高了全桥的整体刚度，梁端转角减小，更加有利于列车的高速运行。

（3）在国内外首次采用钢桁梁整节段架设技术，开发了三主桁整节段空间三向匹配工法。在内河航道水深和通航高度受限的条件下，实现了钢桁梁工厂化整体制造、工地大节段架设的突破。（图 2）

①整节段制造采取 1+2 方式的连续匹配技术，解决整节段在无应力状态下的匹配对接问题。（图 3）

②研制三吊点的自动控制架梁吊机，解决整节段在吊装状态下的对接点位移变形匹配问题。架梁吊机前支点反力可通过自动控制千斤顶单独调整；架梁吊机配备三个独立吊具，三吊点既可按设定比例自动分配荷载，又可独立控制，实现了对接点的竖向变形调整；在吊架上方设置纵横向千斤顶，调整节段纵横向位置；吊具上设置调整千斤顶，调整节段重心位置和转角。（图 4）

（4）首创吊箱围堰锚墩定位及围堰随水位变化带载升降技术，实现了大型深水围堰的精确定位，提高了围堰的度汛能力。

①吊箱围堰锚墩定位技术：利用锚墩和较短的钢绞线来定位围

