

“有生命”的钢结构园林博物馆

本刊记者 / 吴保平 邓佳

5月18日，第九届中国国际园林博览会（下称“园博会”）在北京市丰台区永定河西岸开幕，作为该届园博会三大主场馆之一的中国园林博物馆（下称“园博馆”）也举行了隆重的开馆仪式。然而，1个月前——4月18日，这项位于园博园西北角的工程正进行着紧张的收尾工作；10个月前——2012年7月21日，建设者正奋战在那场特大暴雨中；18个月前——2011年11月8日，工程破土动工时建设者遇到了一大难题：工地地下全是工业垃圾——钢渣，根本无法进行正常施工……

短短18个月的工期，施工难题却自开工之日起便接踵而至。一个个困难，一次次考验，建设者逐一破解，将国内第一座以园林为主题的国家级博物馆呈现在世人面前。而在3月20日举行的迎接第九届中国（北京）国际园林博览会动员大会上，住房和城乡建设部副部长仇保兴说：“中国园林博物馆是本届园博会最大的亮点。”

一项工程，十大难点

4月18日下午两点，当记者走进北京建工集团园博馆工程项目部时，项目总工程师周新正准备去参加一个分项工程的现场验收会，但她还是稍作停留，给记者简单介绍了园博馆工程的几大施工难点。

“园博馆工程的设计特点及特殊的地层结构，致使该工程在施工过程中遇到了很多难题。”周新说。园博馆工程主要包括室内庭院和室外庭院两部分。扬州园林、苏州园林、岭南园林等典型的南方园林都被截取最具代表性和最精彩的部分，并按1:1比例，移植到室内庭院进行展示和永久“收藏”。因此，在设计上，园博馆的整体建筑风貌不仅要体现当代建筑与中国古典园林艺术的有机结合，更需要高大的空间予以容纳这些园林。尤其是屋顶的设计，这是对传统建筑屋顶曲线的一种抽象体现，既要利用现代材料、现代构造，创造出适合展览空间的屋顶形式，又要通过不同尺度屋顶的相互组合，勾勒出风格突出的建筑天际线，是对北京地域性天际线的一种呼应。再加之园博馆100年的设计使用年限等要求，以及特殊地层结构等限制，使工程在施工过程中遇到了十大难题：

一是工期压力大。2011年11月8日，开始进行大直径混凝土灌注桩施工。但因基础部分为钢渣填埋区，造成桩基施工比预期拖延近1个月时间。895根桩虽在2012年3月7日全部施工完成，却压缩了整个后续主体工程工期。

二是结构设计复杂。园博馆层高超高（最高15米），跨度大，超限梁多（最大截面1200毫米×2200毫米），模架支撑施工难度大。

三是施工精度高。钢结构工程中的钢骨柱贯穿主体结构始终，劲性钢柱从地下室基础承台开始预埋，直至屋顶与屋面空间桁架及钢梁连接，要求施工精度高。

四是钢结构节点连接复杂。钢骨梁与钢骨柱、框架梁与钢骨柱交接节点复杂，连接形式复杂，有钢筋接驳器连接及筋板连接。

五是工程量大。2012年10月，工程主体结构完工时，所用实物量为：主体结构混凝土浇筑35000立方米，钢筋绑扎7200吨，钢结构安装3000吨。

六是施工管理难度大。由于工期紧，所以钢结构、预应力、水电、通风管道等项目的施工安装，以及室内园林、室外古建等均要在结构施工期插入进行，给总包方的管理提出较高的要求。

七是二次深化设计量大。该工程为边出图、边深化、边施工的“三边工程”，存在很多不确定因素和大量深

化设计的内容。尤其是钢结构节点、预应力张拉端节点、幕墙、室内展园等都需二次深化设计，才能满足施工要求，难度很大。

八是钢结构吊装难度大。1#屋面E轴、J轴设有2榀大跨度空间支撑桁架，空间桁架跨度42米，重100吨，需分段吊装；在8轴、11轴、15轴、17轴设有4榀箱型截面钢梁跨度31.5米，重40吨。由于构件长，需分段制作、运输和吊装，现场高空拼装难度较大，需做临时刚性支撑，给结构安全加固提出了严格的要求。

九是钢结构节点多，焊接量大。屋面钢结构为仿古建筑，管结构冷曲量大，曲率半径不一致，管结构焊接口有10000道，焊接量大。

十是钢结构焊接质量要求高。空间桁架钢管壁厚，最大钢管直径的壁厚为50毫米，为超厚焊缝，且所有钢梁、钢柱、桁架钢管等接口焊缝均要求达到一级焊缝的焊接质量。

“工期紧，难点多，自进场后一直考验着项目部的全体人员。但在北京建工集团六十周年华诞之际，能让目前我国最大的园林博物馆‘落户’北京，为首都再添一座新地标性建筑，也算是我们为集团献上的一份深情厚礼。”项目经理张晓明如是而言。齐心协力共克难关，才倍感成就。或许，作为一名普通建设者的幸福感和自豪感只有在此时此刻才能被激起。

面对钢渣难题，同时间赛跑

时间拉回到2011年11月初，北京建工集团中标园博馆工程，该工程的功能定位是国内首座融多种科技手段于一体的园林博物馆，建成后将集中展示我国园林事业取得的新成就以及园林艺术的全貌。该工程呈长方形，南北长199.5米，东西宽120米；地上二层，地下一层；总建筑面积43950平方米。张晓明被北京建工集团委以重任，担任园博馆工程的项目经理。能有幸承担如此重要工程的施工任务，张晓明及其同事曾倍感自豪和振奋。然而，随着工程建设的一步步展开，他们心中的自豪感逐渐被驱散，取而代之的是面对紧张的工期和施工难题时的高度紧张。尽管张晓明心理上早有准备，但当他率领52名项目部成员入场施工时，却发现实际情况远比他想象的要复杂得多。

园博馆工程的合同工期是2011年11月8日至2013年1月25日，并在2013年4月底投入试运营。然而，当他们即将入场时却发现设计图纸跟中标时的图纸相差很大，新增了包括地下室钢结构等在内的多项内容，工程量陡然增加近三分之一，使原本就紧张的工期更显紧迫。为此，项目部不

得不提前进场进行桩基施工。他们明白，只有全力以赴，才有可能保证工程按期竣工。

正当项目部全体员工摩拳擦掌准备抓紧时间大干一场时，挖掘机在挖掘过程中却发现了一个更大的问题——工地北面的地下全都是钢渣。若按常规操作方法，根本无法进行施工。项目部员工既着急又迷惑不解：这么多的工业垃圾从何而来，又该如何施工？原来，在上世纪七八十年代，永定河老河道因常年挖沙形成了一个面积约为 140 公顷的大坑，并随之成为首钢的钢渣填埋区。钢厂把炼钢剩下的钢渣、炉渣拉到这里进行掩埋。园博会工程的工地北区正好处在这片钢渣填埋区的上面。这急坏了张晓明：“在工业垃圾上建如此之大的工程，以前还从未有过，该怎么办？！”

工期不等人！项目部讨论后决定：南侧工地桩基施工照常进行，采用人工钻孔打桩的方式，坚持抢工；与此同时，北侧工地进行土地换填，将钢渣一车一车地拉走，换成新土，最大限度地压缩工期。最终，项目部仅用两周左右的时间就完成了桩基施工。

由于工期紧张，项目部全体人员自开工时就明确：这个工程必将是一场硬仗，夜以继日地施工是少不了的。为此，项目部在附近村庄为员工租下宿舍，以备加班使用。然而，宿舍没有空调，条件十分简陋。在闷热的夏天，员工有时一熬就是一宿，回到宿舍只能开电扇降温。尽管如此，他们还是放弃了平时回家的机会，除了必要的睡眠，工地就成了他们的家。

2012 年入夏后，雨水特别多。为了保证工期，项目部还要与下雨天较量。“既然吊装、电焊不行，混凝土浇筑总是可行的。”扬州园大梁浇筑混凝土时正赶上下雨，又是晚上，工地上满是泥泞，但项目管理人员还是来到现场，连续 23 个小时盯着浇筑混凝土，确保了施工质量和次日工序的顺利进行。尤其是“7·21”暴雨后，由于市政管道没有覆盖到施工现场，雨水只能靠土地自然吸收；并且园博会工程又处在当地地势最低的区域。项目部虽然做了充分的防汛准备工作，但暴雨造成的积水还是迅速灌进了工程地下室。面对紧张的工期，项目部只有一个办法——全员上阵，迅速排水！于是，10 台抽水机一齐抽水，有些工人甚至跳入齐腰深的水中，疏通管道，保证工程尽快恢复运行。

园博会也是钢结构博物馆

作为国内知名的钢结构专家，北京建工集团副总工程师张伟对园博会工程的钢结构技术最有发言权，他介绍说：“园博会工程虽然体量不大，但结构复杂。劲性钢结构、钢框架结构、管桁架结构、张悬梁预应力结构、空腹桁架结构……几乎涵盖了除吊索结构以外的所有钢结构形式。同时，由于内部各个展园大小



北京建工集团第二直属工程经理部副经理 张 兵



北京建工集团园博会项目经理 张晓明



北京建工集团园博会项目总工程师 周 新

不一、高低错落，内部还要有变化、有联通，导致了工序搭接多，为钢结构施工带来了更大难度。因此，园博馆被前来参观的同行称为“钢结构的博物馆”。

由于层高超高，跨度大，超限梁多，造成工程模架支撑施工难度大。并且，钢结构工程中的钢骨柱贯穿主体结构始终，劲性钢柱从地下室基础承台开始预埋，直至屋顶与屋面空间桁架及钢梁连接，要求施工精度高。除此之外，钢骨梁与钢骨柱、框架梁与钢骨柱交接节点复杂，连接形式复杂，有钢筋接驳器连接及筋板连接。这些高难度的钢结构施工流程还要与预应力、水电、通风管道安装、室内园林、室外古建等交叉进行，这就给总包方的管理提出较高的要求。

为此，项目部多次组织专家讨论，研究技术方案，确定施工流程，最大限度地压缩工期和节约成本。其中，苏州园顶梁的吊装就是其中一个难题。

在这个外观传统，内部结构“铁骨铮铮”的建筑中，考验施工人员智慧的难题之一便是苏州园顶梁的吊装。苏州园建筑跨度达到40米，所需吊装的钢梁长40米，重量达100吨。如果按常规方法使用吊车将大梁吊装上房，承重梁加上吊车的重量将远远超过地下室顶板承重量。这样，轻则导致地下室顶板裂纹超标，埋下安全隐患；重则直接压坏地下室顶板，造成安全事故。为此，项目部经过多轮讨论和计算，决定将100吨钢梁分三段制作、运输和吊装。每段钢梁长度约为14米，重量约33吨。为保证地下室顶板结构安全，在进行顶梁吊装时，项目部决定不拆除前期地下室结构施工时支设的碗扣架，并在安装吊车前，提前在地下室顶板上铺设500毫米高、1200毫米宽的路基箱，让吊车在其上行走，进行吊装作业。

在吊车选择上，项目部采用100吨履带式吊车，首先吊

装两侧钢梁，吊装拼接点设置刚性支撑。两侧钢梁焊接完毕后，再吊装中间段，形成合龙。整个过程始终通过计算机软件进行监测、计算。最终，地下室顶板的板、梁产生的裂缝均满足安全要求，圆满完成吊装任务并得到专家们的一致好评。

现代技术再现传统神韵

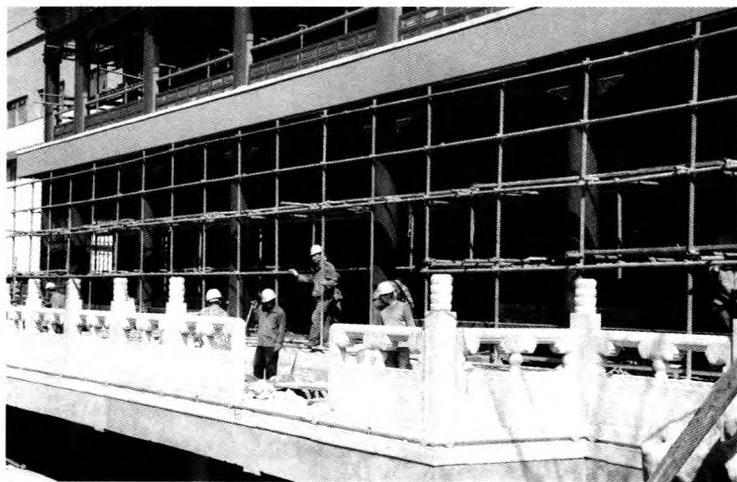
园博馆建筑群设计得古香古色，注重展示皇家园林、私家园林以及江南园林、北方园林、岭南园林、少数民族园林等多种园林类型，整体格局平稳周正，体现了从园博馆到园博园、从城市到自然、从现代到传统的过渡。俯瞰园博馆，9个悬山式屋顶高低错落，分布有致；琉璃瓦屋顶辉煌大气，灰瓦屋顶庄严古朴，折射出中国古典建筑独有的美感。

但作为一个博物馆建筑，高大空间和大跨度的功能要求使这个外表古色古香的工程在施工技术方面却不能“古香古色”。北京建工集团第二直属工程经理部副经理张兵告诉记者，这些看起来古香古色的屋顶，其实没用一片瓦当，而是借助管桁架结构和装饰性铝板做出的瓦垄效果，以再现中国传统建筑的神韵。这是项目部人员在钢结构施工上的一项创新。

园博馆要克服的另一大难题就是中国传统建筑中常见的反弧形屋面。在中国传统建筑中，这样的屋面结构是瓦片拼接而成的，难度不大，很容易实现。但园博馆工程是一座名符其实的钢结构建筑，如何在坚硬的钢板上精确实现反弧形，使之既美观实用，又能在弧度、质量上过关？这既考验钢板材料的质量，又对钢板的后期加工提出了高要求。而这种高标准的钢结构坡屋面，在园博馆工程中一共有9个。

为了让钢板一开始就能达到项目部施工所需要的标准，减少返工带来的工期损失，项目部派专人到钢结构生产厂家，

盯着厂家生产用于钢屋面的直立锁边铝镁蒙板，第一时间对材料质量进行把关。最后才将厂家生产出来的铝镁蒙板成卷发往施工现场。在施工现场，工人们昼夜施工，将成卷的铝镁蒙板拆开，按照坡屋面所需要的弧度，现场将其一次滚压成型，依次吊上屋面进行焊接。但项目部技术人员很快发现，园博馆屋面两侧坡度不同，一侧屋面要比另一侧距离短、弧度更大。稍长一些的屋面铝镁蒙板尚能通过一次滚压顺利达标，但是一次滚压坡度更陡、距离更短的屋面铝镁蒙板却很难达到施工标准，吊上屋面后焊接环节极易出问题。为此，项目部立即组织专家论证，重新讨论铝镁蒙板的滚压成型方案。经过多轮实验，最终确定了三次滚压成型的施工方案，确保了屋面的弧度与质量。



4月18日，工程收尾有序展开

园林工程的“绿色”亮点

园博馆工程的特点之一，还在于其绿色施工。“绿色施工有两层含义：一是环保材料的采用，这是对公众负责，对游客负责，这一点我们做到了；二是施工过程中对扬尘、废料以及安全事故的控制和防范，这一点我们也做到了，而且效果很好。”张晓明如是告诉记者。

尽管工期紧张，但园博馆项目部领导班子还是决定，要通过文明施工建设，把工程的“绿色”特点打造成亮点，以突显北京建工的特色，展示集团的品牌形象。

走进园博馆项目部现场，会看到很多同在园博园施工的其他项目上很难见到的设施。首先，为有效防范施工队生活区的火灾隐患，项目部在农民工宿舍安装了一套烟感报警系统。每间宿舍都有烟感探头，若一旦发生火警，项目部能即刻通过报警控制系统获知火警发生的具体宿舍，便于在第一时间采取措施遏制火灾的发生。其次，为加强安保力度，项目部按照一级标准，设立了2.5米高的围挡，并投资安装了2套全天候安保监控系统；在工地重点防盗区域，如大门、围墙、材料库区等处安装了19套摄像头，中控设备安装于项目部会议室，保安室同时装有监视器。第三，为有效地控制场内扬尘，项目部在部分消防环路两侧安装了园林绿化常用的自动喷洒设备，根据天气和现场状况随时开启进行路面洒水。同时，项目部在场内的集中存土堆上种植花草等植物，既固化了生态，又美化了场容。项目部将“绿色”理念贯穿于项目施工的每一个环节。

打造绿色文明工地，离不开对施工安全的高度重视。由于园博馆工程工期紧张，混凝土和钢结构经常交叉施工，给项目部的施工安全工作带来了很大压力。为此，项目部除了在现场设立安全牌等指示标识外，还开展了以“推进安全文化建设，强化隐患排查整改，促进企业安全发展”为主题的安全生产月活动。项目部在施工现场大力营造安全生产宣传氛围，利用安全咨询日，用宣传图片、展板等形式，向所有施工人员宣传安全知识，弘扬安全文化。

精心、细致的工作成效显著。从项目开工到工程竣工，工地上不曾发生一起安全事故。北京市丰台区政府领导每次来园博馆项目工地检查时，都对项目部的文明施工工作赞不绝口。园博馆项目工地也因此被评为文明施工标杆单位，作为园博园施工企业的典范，吸引其他施工企业前来参观、学习。

“有生命”的博物馆

园博馆除展品外，还包括6个经典园林，分别是苏州



注重细节

的“畅园”、扬州的“片石山房”、岭南的“余荫山房”、北方山地园林代表“染霞山房”、北方平地园林代表“半亩一章”和北方水景园林代表“塔影别苑”。这些都按1:1比例，移植到园博馆进行展示和永久“收藏”。这是与其他博物馆的显著区别，故园博馆被称为“有生命”的博物馆。

扬州园位于一层顶上，被称为国内最大的空中庭院，上面的山石重达1200吨。设计之初就对其所在的楼层形式与结构进行了特别处理，加入了超大梁设计。在施工中，将山石吊至一层屋面颇费周折。因为荷载的限制，每一块石头都要经过电子秤称重。空中建园，原来要做减法的水池，在此处要做加法，即提升建筑物高度而留出水池的深度。由于限重，施工人员想尽方法，对其基础采用密度小、质量轻的陶粒进行填充。

张伟介绍说，由于各个展园分属不同地域，因此在空间、采光设计、空调安装等方面的要求都大大提高。例如，位于南方的苏州园、岭南园采用的是玻璃屋顶，而介于南北方之间的扬州园比较“耐寒”，则是露天的。

在园博馆内，记者看到了堪比植物园的众多奇花异草，而与植物园不同的是，馆内还荟萃了中国最经典的园林，将中华文化浓缩其中，让人大饱眼福。

漫步园林间，在精美展品前驻足，赞叹之余，不妨留心欣赏一下这座展馆的建筑细节，发现并感受它或时尚或传统、或恢宏或典雅的美。若能如此，将是对北京建工集团园博馆建设者劳动成果的最大褒奖。