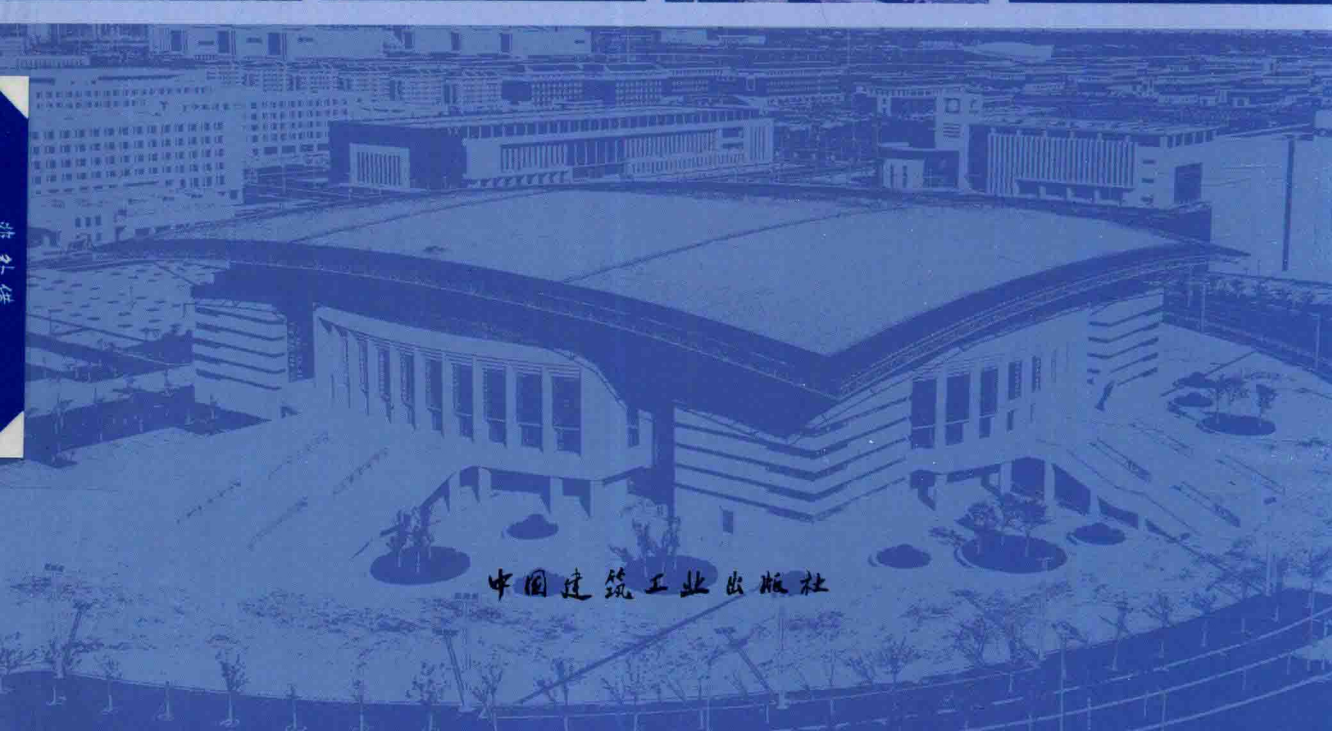


中建城市建设发展有限公司◎编著

体育场馆

综合施工技术研究



中国建筑工业出版社

体育场馆综合施工技术研究

中建城市建设发展有限公司 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

体育场馆综合施工技术研究/中建城市建设发展有限公司编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2019. 1
ISBN 978-7-112-23149-2

I. ①体… II. ①中… III. ①体育场-工程施工-研究
②体育馆-工程施工-研究 IV. ①TU245

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 292987 号

本书对国际化标准体育场馆的施工工艺、新技术等进行了全面系统总结, 共 3 篇, 分别为: 体育场馆通用施工技术研究 (含 12 章)、体育场馆钢结构施工技术研究 (含 5 章)、体育设施专项施工技术研究 (含 11 章)。本书可供从事体育场馆施工的工程技术人员和管理人员使用及借鉴, 也可供相关科研人员以及高等院校相关专业师生阅读和参考。

* * *

责任编辑: 司 汉 李 阳 孙书妍
责任校对: 党 蕾

体育场馆综合施工技术研究
中建城市建设发展有限公司 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)
各地新华书店、建筑书店经销
北京红光制版公司制版
天津翔远印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15 字数: 371 千字
2019 年 1 月第一版 2019 年 1 月第一次印刷

定价: 68.00 元

ISBN 978-7-112-23149-2

(33233)

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)

本书编委会

编委会主任委员：毛志兵

副主任委员：张爱民 尉家鑫

委员：张作民 潘学斌 袁梅

主编：潘学斌

副主编：袁梅 王显富 梁羽 董泊君

执笔人（按姓氏笔画排序）：

马金梁 王蕾 王福生 方家福 田传健

白宪亮 乔帅 乔旭 刘国瑞 关健

孙亚丰 李冰 李占彬 时振 余清松

宋会 张涛 张国海 侯腾飞 贺嘉航

郭成 黄昊智 谭乐 熊海军

序 一

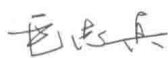
改革开放 40 年来,随着我国城市化进程的发展和新型城镇化的推进,建筑业在建设规模和技术创新方面取得了举世瞩目的成就。而体育产业的发展,为人民追求美好生活和健康体魄提供了更好的场所。

中国建筑股份有限公司在 21 世纪初提出了“打造中国最具国际竞争力建筑集团”的战略目标,中建党组做出了“坚持依靠科技进步,全面提升中建企业核心竞争能力”的决定,为企业发展指明了方向,也为企业勾勒出了清晰的行动路线。

中建城市建设发展有限公司是中国建筑第六工程局旗下的核心子企业,近年来在体育场馆建设方面陆续承接了天津 2013 年东亚运动会射击馆、网球中心、萨马兰奇纪念馆、2017 年全运会天津体育学院体育馆、排球馆、田径馆等具有影响力的场馆群体。在施工过程中,公司团队通过不断学习和自主研发,创新发明了诸多新工艺、新方法,工程获得国家优质工程奖、中国钢结构金奖、全国优秀项目管理成果奖、中国建设工程 BIM 大赛单项奖、中国质量协会科技创新优秀奖等荣誉,在专业体育场馆工艺等多方面积累了宝贵经验。

随着新型体育场馆建设的不断推进,专业体育场馆的技术和人才储备都严重不足,管理和工程经验也相对匮乏,《体育场馆综合施工技术研究》是一本新型体育场馆建设的经验总结的集成,对新型体育场馆建设的领域提出了新思路、新理论和新方法,对体育场馆的施工具有较强的实践指导和借鉴作用。

中国建筑股份有限公司 总工程师
住房和城乡建设部科学技术委员会 委员



序 二

2010年5月，公司有幸中标滨海团泊新城（天津）控股有限公司开发的网球中心、综合运动馆等体育场馆项目，之后团泊湖地区被天津市政府确定为“天津健康产业园”，天津体育学院、天津中医药大学新校区等一大批与体育设施及健康产业有关的大项目相继落户天津静海团泊湖。

随着中标项目的增多，如何借助天津健康产业园的平台，打造出一支专业从事体育场馆的专业管理团队，成为公司需要重点完成的课题。

体育场馆属于公共建筑范畴，但其特殊的体育特质，又赋予它独特的技术性和专业性。从场馆的结构设计与施工、空调与配电安装、自动化控制与智能化建筑、空气与水质的处理、比赛场地与看台的布置等，都有别于一般公共建筑。

在团泊湖这块土地上，我们先后完成了十五个专业场馆和天津体育大学新校区的建设，项目现已全部投入使用和运营。在建设过程中有多位行业内专家、体育专业人士作为团队的顾问和老师，给予细心地指导。经过近十年磨砺，在实践中学习，培养出一大批专业从事体育场馆建设的专业技术和管理团队，已成为公司新的核心竞争力。

为了使近十年的经验得以传承，我们将专业场馆的施工和管理经验总结提炼，编纂了这本体育场馆综合技术研究的专著，既是对我们工作的梳理和总结，同时也希望能为从事体育场馆施工的同仁提供一些借鉴和参考。

由于施工团队年轻、技术水平也有限，不足之处请专家和同仁们批评指正。

在此向为建设这支专业团队及编纂这本专著做出重要贡献的各位领导及同事们表示衷心的感谢！

中国建筑第六工程局有限公司 副总经理 教授级高级工程师 尉宗鑫

中建城市建设发展有限公司 党委书记 董事长 陈绍武

前 言

中建城市建设发展有限公司作为中建六局的一员，以 2013 年东亚运动会和 2017 年全运会为契机，在天津健康产业园区内相继建设了国际网球中心、射击馆、曲棍球馆等诸多国际化标准的体育场馆。这些代表性场馆的建立为天津体育事业的发展带来了新生机。国际网球赛事 WTA 首届天津公开赛于 2014 年 10 月在天津健康产业园区开拍。通过 4 年的精心打造，陆续成功举办了 2015~2018 年 WTA 国际赛事、2014~2018 年 ITF 国际赛事。先后有玛蒂娜·辛吉斯、耶莱娜·扬科维奇、玛利亚·莎拉波娃等国际知名选手参赛，也有彭帅、张帅等“津花”在家门口出战。同时，公司承建的体育学院新校区旨在打造一所“国际领先，国内一流”的体育院校。在 10 余座专业体育场馆中，综合体育馆和田径场分别为 2017 年全运会的击剑比赛场和女足的比赛场。

2012 年公司承建的萨马兰奇纪念馆是世界唯一一座得到萨马兰奇家族授权和国际奥委会批准的纪念萨马兰奇先生、传播奥林匹克精神的场馆。2013 年 4 月 21 日，国际奥委会主席雅克·罗格、亚奥理事会主席艾哈迈德·法赫德·萨巴赫亲王等 90 多位国际奥委会委员和国家体育总局领导、天津市领导出席了开馆仪式。萨马兰奇纪念馆的成功建立，弘扬了奥林匹克精神，促进了天津体育事业的蓬勃发展。

目前，中建城市建设发展有限公司在体育场馆的施工工程数量、规模以及施工技术方面都达到了国内先进水平。尤其是在大跨空间钢结构核心技术（吊装、顶升、提升、高空散拼等）、专业体育设施技术（运动地板、网球红土地、泳池、挡弹板等）、机电安装技术（照明系统、泳池水处理等）领域都有深的造诣。面对各式各样的难题与挑战，公司坚持自主创新、科技攻关，在施工技术方面取得了许多突破性进展，形成了多项工法和专利，多个体育场馆获得了“国家优质工程奖”和“鲁班奖”。

为使这些经验能得以传承，公司组织了有关技术人员编纂了本书，且称为《体育场馆综合施工技术研究》。本书的总体思路遵循以下几点：

1. 结合已建成体育场馆，归纳总结其技术特点，加强对常规技术的完善和指导，使其更先进；
2. 特殊技术、复杂技术的提炼，使体育场馆核心技术更具针对性，指导性；
3. 主要从体育场馆通用施工技术、钢结构施工技术、体育设施专项施工技术三个方面进行技术研究和探讨。

本书的出版是全体课题组技术人员、管理人员共同努力的结果，同时获得了各方面专家和学者的支持，得到了宋维新老师和赵娜老师的悉心指导，在此一并表示谢意！

目 录

第一篇 体育场馆通用施工技术研究	1
第一章 “[”型曲面新型 PC 百叶板幕墙安装施工技术	2
第二章 定型化预制管道整体现浇运动场排水沟技术	8
第三章 某圆形网球场馆建筑大角度异形混凝土斜柱施工技术	13
第四章 体育馆专业看台环氧地坪漆施工技术	19
第五章 超长弧形现浇混凝土看台弧度控制技术	26
第六章 大跨度体育馆后张法预应力混凝土梁施工技术	30
第七章 高节能型石材-玻璃幕墙施工技术	35
第八章 露天体育场看台的专业防水技术——聚脲喷涂技术	41
第九章 运动场地下密集地源热泵管地基处理技术	48
第十章 直立锁边金属屋面施工技术及应用	53
第十一章 螺旋上升式弧形钢筋桁架楼承板安装技术	64
第十二章 超细无机纤维+装饰板组合保温系统技术研究	69
第二篇 体育场馆钢结构施工技术研究	75
第十三章 倾斜式圆形钢结构屋盖及斜向钢柱安装技术	76
第十四章 巨型超重单跨拱形钢结构施工技术	87
第十五章 特定复杂工况下的钢结构分步拼装多次顶升技术	107
第十六章 超 600t 钢网架整体高空侧向变角度顶升施工技术	115
第十七章 超大吨位差双机抬吊钢结构技术研究	126
第三篇 体育设施专项施工技术研究	137
第十八章 专业射击馆新型挡弹板实施技术	138
第十九章 网球红土场地施工技术	143
第二十章 FIBA、BWF 双认证悬浮式运动木地板施工技术	151
第二十一章 室外丙烯酸网球场地面施工技术	162
第二十二章 体育场馆专业室内运动地胶施工技术	166
第二十三章 球类场地天然草、人造草施工技术	170
第二十四章 专业排球柱于超薄楼板预埋处理技术	180
第二十五章 预制环保型天然橡胶卷材施工技术	186
第二十六章 现代化体育馆可伸缩电动座椅安装技术	192

第二十七章 各类体育场馆专业场地照明系统	200
第二十八章 专业游泳池水处理技术	225
参考文献	230

第一篇

体育场馆通用施工技术研究

第一章 “[”型曲面新型 PC 百叶板幕墙安装施工技术

天津团泊新城国际网球中心整体外观为圆形斜向建筑，外立面装饰幕墙为倾斜状，结合外幕墙的要求和 PC 百叶板的性能特点，经过探讨、试验、对比分析，最后选择了 PC 百叶板的可调连接装置代替传统幕墙施工工艺。本文深入介绍了 PC 百叶板可调连接装置的技术特点、适用范围、工艺原理、操作要点，详细介绍了 PC 百叶板幕墙的安装工艺，总结了 PC 百叶板可调连接装置的施工关键技术和创新点以及主要质量控制措施。实践证明，PC 百叶板的可调连接装置进行 “[”型 PC 百叶板外墙装饰施工，克服了传统 PC 百叶板幕墙安装困难的特点，减少了大量构件焊接工作，安全性能高，并且施工工艺简单、便捷，现场可操作性强，降低了工人的施工难度，减少了返工率，节约材料用量，节省了劳务用工。为绿色施工提供了强有力的技术保障。

1. 技术背景

团泊新城国际网球中心坐落于天津市健康产业园区。网球中心作为 2013 年东亚运动会网球比赛场馆，总建筑面积 44020m²，其中地下一层、地上五层。为了加强场馆采光功能、易于引入室外自然空气，将钢结构外幕墙设计为半透明的阳光板百叶。同时考虑到美观效果，阳光板百叶选型为 “[”型，钢结构外幕墙整体设计为倾斜状如图 1-1 所示。

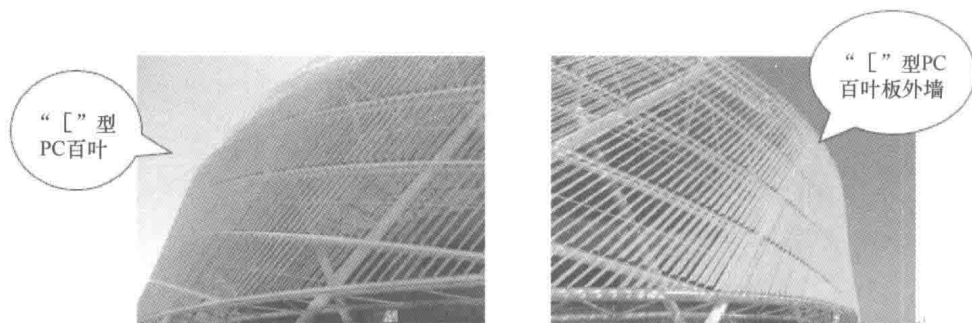


图 1-1 本场馆外墙效果图

网球中心在早期设计时计划采用传统幕墙施工工艺，以刚性连接为主，现场加工成型后再进行构件焊接连接。但考虑到此种方法需要进行大量焊接工作，返工率较高并且容易引起安全事故，经过探讨、摸索、试验，最终研制了一种 PC 百叶板的可调连接装置，将主要施工内容由刚性连接变为柔性连接，降低了施工成本和施工难度，同时提高了施工安全性，得到行业专家及社会各界的一致好评。下文将结合本工程实例对 PC 百叶板施工方法进行详尽的描述。

2. 技术特点

施工工艺简单、便捷，现场可操作性强，降低了工人施工难度，施工连续性强，可大面积组织工人进行抢工期施工。解决了传统幕墙安装刚性连接时需要大量加工成型的连接件和返工率高的缺陷，可以对百叶进行精确的定位安装，便于 PC 百叶安装定位一次成型，由此提高了工作效率。PC 板是目前广泛应用建筑领域的一种新型材料，它具有强度高、可塑性强、轻便、耐腐蚀、绿色环保等一系列的优点，适用于采光要求高、造型复杂的幕墙外立面百叶遮阳装置。

3. 应用范围

“[”型 PC 百叶板外墙装饰施工方法可应用于大型体育场馆与展览性建筑的外墙施工，特别是当该建筑对采光、艺术视觉效果有较高的要求时。

4. 工艺原理

外墙安装施工研制了一种 PC 百叶板的可调连接装置，此可调连接装置主要由两个部分组成，分别为主体结构（钢结构）连接件和百叶连接件。主体结构连接组件可调节百叶主龙骨（槽钢主檩条）与钢结构的相对位置关系，精确定位后，再通过调节百叶连接件将”[”型 PC 百叶板方向调整好。如图 1-2 所示。

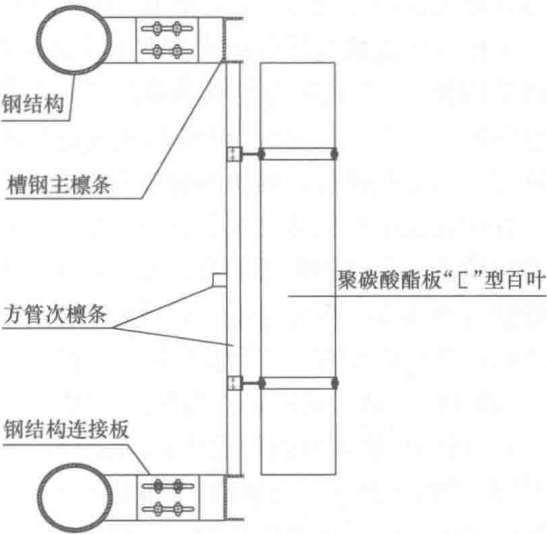


图 1-2 “[”型 PC 百叶板各构件图

5. 主要材料

工程所使用的主要材料如图 1-3 所示。

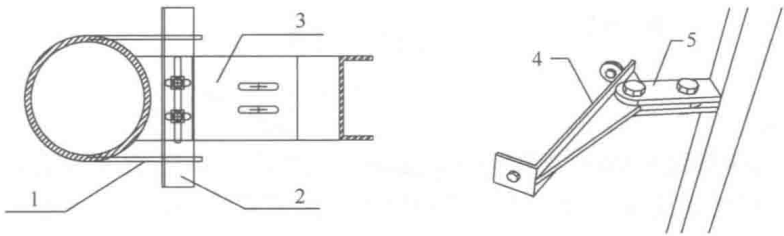


图 1-3 龙骨安装节点

1—临时固定圆钢；2—临时固定角钢；3—双向可调连接组板；4—百叶连接件可调夹板；5—百叶连接件转臂

6. 主要设备

施工时，现场配备全站仪一台、水准仪一台、经检验的 50m 钢尺一把，对幕墙安装进行精确定位测量。

7. 施工工艺流程

(1) 工艺流程

制作钢结构连接件→安装槽钢主檩条→安装方钢次檩条→安装百叶连接件→精确定位→安装聚碳酸酯“[”型 PC 百叶板。

(2) 工艺内容

PC 百叶板的可调连接装置，包括 PC 百叶板、主龙骨、次龙骨、主体结构连接组件和百叶连接组件。主龙骨与主体结构连接组件连接，次龙骨焊接在两根主龙骨之间，次龙骨与百叶连接组件连接，百叶连接组件与 PC 百叶板连接。

主体结构连接组件包括围箍在主体结构外侧的临时固定圆钢、临时固定角钢以及连接主体结构和 PC 百叶板主龙骨的双向可调连接组板。可调连接组板是由两块钢板和临时螺栓组成的，其中一块钢板与 PC 板主龙骨焊接，另一块钢板通过临时固定圆钢和临时固定角钢与主体结构连接，两块钢板接驳重合之处至少开两个十字形螺栓孔槽。

百叶连接组件包括与次龙骨连接的可夹持转臂的可调夹板、与 PC 百叶板连接的转臂和连接螺栓。临时固定圆钢弯成弧形，可由螺栓与临时固定角钢连接；临时固定角钢可通过螺栓与可调连接组板连接。转臂可为大臂和小臂铰接形，其大臂被夹持在可调夹板的两板之间，其小臂连有“[”型抱板，该抱板与 PC 百叶板抱接。次龙骨可以是方钢或槽钢。

(3) PC 百叶板的可调连接施工步骤

1) 用临时固定圆钢将主体结构抱箍起来，主体结构固定在临时固定圆钢的弯弧内，临时固定圆钢用螺栓与临时固定角钢连接，临时固定角钢与可调连接组板的其中一块钢板用螺栓连接，可调连接组板的另一块钢板与主龙骨焊接，两块钢板通过临时螺栓固定。如图 1-4 所示。

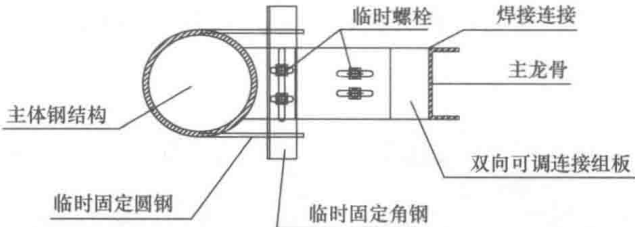


图 1-4 临时固定图

2) 调节可调连接组板的两块钢板的角度和重叠宽度，调好后去掉临时螺栓连接，改为焊接在一起，将可调连接组板与主体结构焊接，拆掉临时固定圆钢和临时固定角钢，此时完成主体结构的连接安装，如图 1-5 所示。

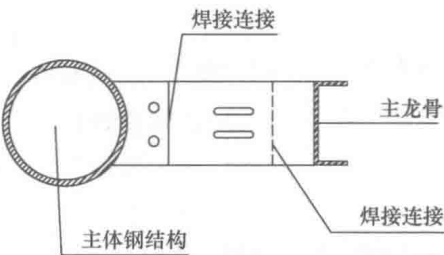


图 1-5 连接图

3) 按角度以及精度要求将次龙骨与主龙骨焊接，如图 1-6 所示。

4) 将可调夹板焊接固定在次龙骨上，按要求的角度将转臂的大臂与可调夹板夹持连接，并将连接螺栓拧紧，如图 1-7 所示。

5) 将转臂的小臂与 PC 百叶板固定连接，百叶连接安装完成，如图 1-8 所示。



图 1-6 主次龙骨焊接图

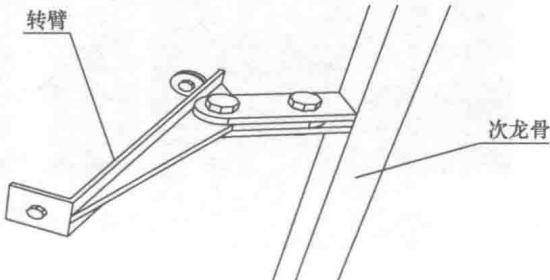


图 1-7 可调夹板安装图

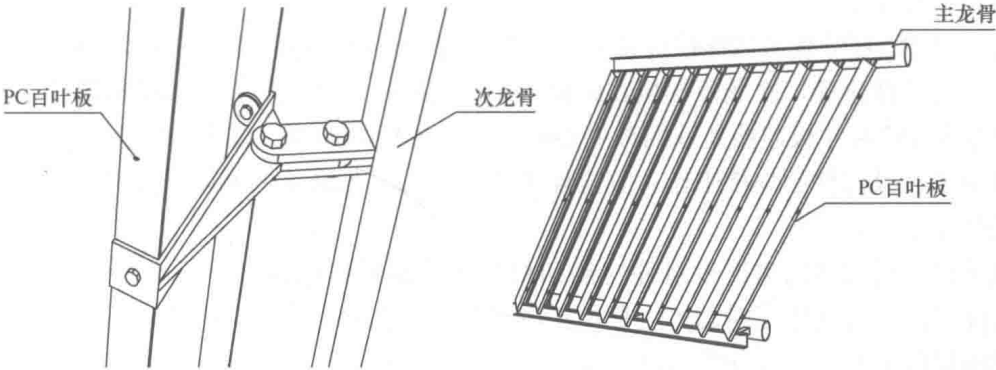


图 1-8 百叶安装图

(4) 操作要点

1) 组成钢结构连接件的两块钢板接驳重合之处应至少开有两个十字形螺栓孔槽，以便通过孔槽上下左右四个方向移动，进行槽钢主檩条和钢结构主龙骨相对位置关系调节。如图 1-9 所示。

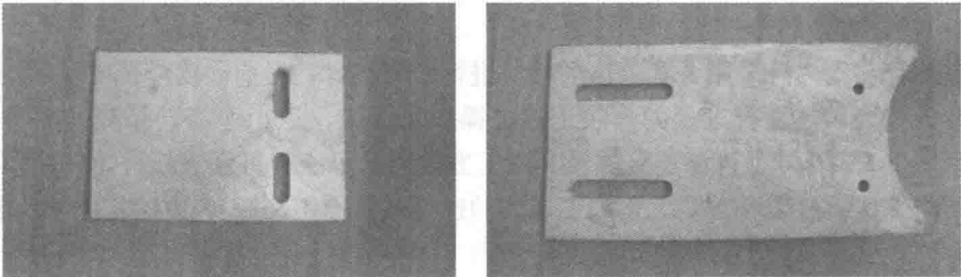


图 1-9 组成钢结构连接件的两块钢板

2) 方钢次檩条进行焊接前,测量人员务必确认槽钢主檩条已通过钢结构连接件精确定位完毕,避免返工。

3) 百叶连接件规格形状尺寸应根据工程形状等具体情况进行周密计算后,才能下料加工,此幕墙共需要 11 种不同的连接件,如图 1-10 所示。

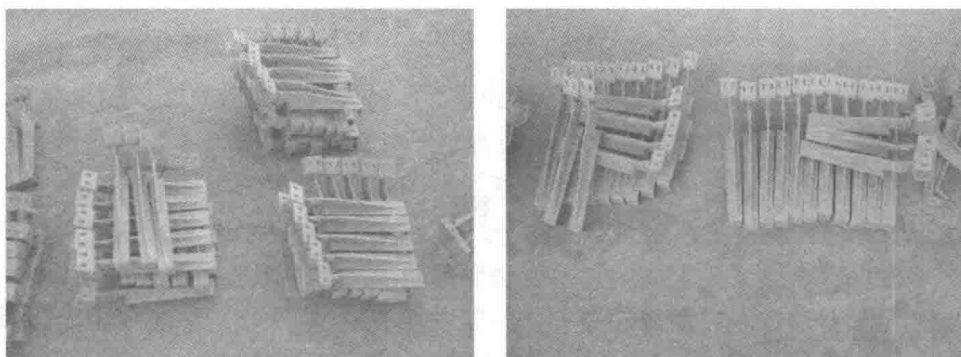


图 1-10 百叶连接件

8. 关键技术创新点

(1) 关键技术

通过对 PC 百叶板可调连接件及其施工方法的实施效果进行检查和总结确定:主龙骨与钢结构连接件连接,次龙骨焊接在两根主龙骨之间;次龙骨与百叶连接组件连接,百叶连接组件与 PC 百叶板连接是该网球中心幕墙的关键技术环节。该方法的实施同原有工艺相比减少了大量构件的焊接工作,安全性能高,施工工艺简单,现场可操作性强,降低了工人的施工难度。

该项目针对主体结构连接组件连接和百叶连接组件连接两部分设计了可调的连接方式,消除了刚性连接施工时需要大量加工成型的连接件和返工率高的缺陷,可以对百叶进行精确的定位安装,便于 PC 百叶安装定位一次成型,减少返工率,由此提高了工作效率,可广泛应用于 PC 百叶板幕墙的安装。

(2) 创新点

PC 百叶板可调连接件及其施工方法创新了一种带弹性的 PC 百叶板可调连接件施工方法,将百叶与主受力构件(主体钢结构)之间的连接由刚性连接改变为弹性连接,设计了可调连接件,利用可调连接件消除了刚性连接施工时需要大量加工成型的连接件和返工率高的难题。

(3) 与当前国内外同类技术的综合比较

通过对目前国内外采用百叶幕墙的项目进行研究统计,目前国内外百叶幕墙的安装方法仍然较为传统,需进行大量的焊接工作,操作难度大、返工率高,相应的成本投入也大。相比之下 PC 百叶板可调连接件及其施工方法创新了一种可调连接件,利用可调连接件消除了刚性连接施工时需要大量加工成型的连接件和返工率高等以上难题。因此 PC 百叶板可调连接件及其施工方法在今后的建筑施工中将会得到广泛的推广和应用。

该项技术在天津团泊新城国际网球中心得到很好的应用,施工的“[”型 PC 百叶板

外墙面积为 7000m^2 ，一次成型，未出现返工现象，效果较好。如图 1-11 所示。

“[”型 PC 百叶板外墙装饰施工方法可应用于大型体育场馆与展览性建筑的外墙施工，特别是当该建筑对采光、艺术视觉效果有较高的要求时。该方法与常规 PC 百叶板幕墙安装工艺相比，不仅减少了大量构件焊接工作，安全性能高，并且施工工艺简单、便捷，现场可操作性强，具有广泛的应用前景。

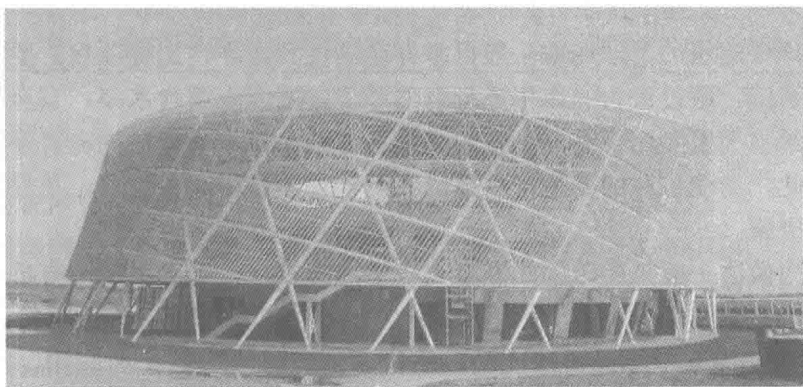


图 1-11 实景图

第二章 定型化预制管道整体现浇运动场排水沟技术

大、中型体育建筑的足球场地一般可举办全国性和国际性比赛项目，要求场地设置有效的场地排水系统，通过重力的作用进行自然渗流，增大土壤含水率，直至场地真正达到疏干，以满足暴雨中重要比赛需求。在雨季，场地雨水排水系统的优劣直接影响比赛能否顺利进行。因此，功能可靠的场地排水系统在运动场建设中至关重要，是保证雨中比赛顺利进行的重要措施。

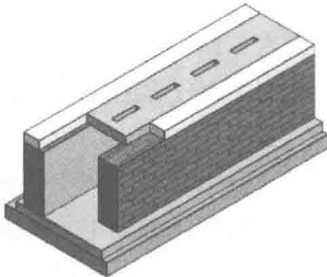
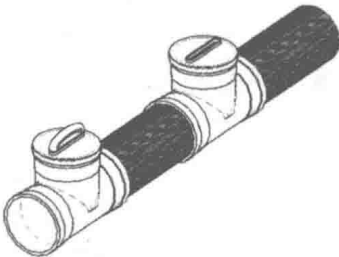
常规排水沟做法一般采用砖砌或混凝土浇筑成沟槽状，上部采用带有排水孔的篦子进行覆盖或是采用预制线性树脂排水沟沟体，配合使用缝隙式成品盖板覆盖，本技术采用PVC内支撑定型化混凝土浇筑整体成型，替代了传统排水沟篦子的应用，加强了排水沟的整体性，避免因排水沟漏水，影响运动场耐久性的问题，同时解决了排水沟上表面与橡胶地面层粘接错位的难题。

1. 技术应用实例概况

体育运动场地有田径场、橄榄球场、足球场、棒球场、网球场及室内田径馆运动场地。以上专业运动场地内需设置的排水沟长度共约 3000 延米，可满足面积约 6.9 万 m² 各类场地的要求。

新型做法利用 PVC 管道与现浇混凝土结合行成整体式排水沟。排水沟沟体采用双壁螺旋波纹管配带有 PVC 三通排水孔，外围使用混凝土浇筑包裹管道，传统排水沟篦子被新型排水孔扣盖代替。

2. 技术对比分析（表 2-1）

排水沟技术分析			表 2-1
项目	传统排水沟	新型排水沟	
示意图			
排水	排水量流速小	圆形排水管道有利于快速排水，定制排水三通上口与排水孔尺寸相同	
防水	节点处理不当易漏水	管道柔性防水和混凝土刚性防水结合，提高防水质量	