

DOI: 10.7672/sgjs2022240005

杭州亚运会棒球主场大跨度屋面重力流 钢柱雨水系统施工技术*

杨百锁¹,王奇恩²,乔彩霞²,周建强¹,喻浙坪²,彭 栋¹,刘佩炬³

(1.浙江绿筑集成科技有限公司,浙江 绍兴 312030; 2.浙江精工钢结构集团有限公司,
浙江 绍兴 312030; 3.浙江大学建筑设计研究院有限公司,浙江 杭州 310063)

[摘要] 大跨度异形屋面排水采用重力流钢柱雨水系统,高大空间系统施工困难。运用 BIM 技术对雨水末端及桁架内雨水悬吊管进行深化整合,确定雨水斗安装位置、分析雨水悬吊管安装路径、选择不锈钢软连接作为补偿措施。介绍了雨水系统在施工前准备及钢柱雨水立管技术要求特点,从而将雨水管线路序与钢构件、结构柱、装饰柱完美结合,体现了建筑的高科技与时尚。

[关键词] 屋面;钢制雨水管;建筑信息模型;重力流雨水系统;施工技术

[中图分类号] TU823.6

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2022)24-0005-04

Construction Technology of Long-span Roof Gravity Flow Steel Column Rainwater System for Baseball Stadium in Hangzhou Asian Games

YANG Baisuo¹, WANG Qien², QIAO Caixia², ZHOU Jianqiang¹,
YU Zheping², PENG Dong¹, LIU Peiju³

(1. Zhejiang Green Building Integration Technology Co., Ltd., Shaoxing, Zhejiang 312030, China;

2. Zhejiang Jingong Steel Building Group Co., Ltd., Shaoxing, Zhejiang 312030, China;

3. The Architectural Design & Research Institute of Zhejiang University Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang 310063, China)

Abstract: Gravity flow steel column rainwater system is adopted for drainage of long-span irregular roof, and the construction of large space system is difficult. BIM technology is used to deepen the integration of rainwater end and rainwater suspension pipe in steel truss, determine the installation position of rainwater bucket, analyze the installation path of rainwater suspension pipe, and select stainless steel soft connection as compensation measure. This paper introduces the preparation of rainwater system before construction and the technical requirements and characteristics of steel column rainwater riser, so as to perfectly combine the rainwater pipeline sequence with steel components, structural columns and decorative columns, reflecting the high technology and fashion of architecture.

Keywords: roofs; steel rainwater pipe; building information modeling (BIM); gravity flow rainwater system; construction

0 引言

对于现代大型体育建筑,屋面面积通常很大,屋面排水作为建筑内雨水系统的一个重要组成部

分,因此,国内绝大部分屋面排水方式采用传统的重力流技术排水或主导的虹吸雨水系统,而将重力流钢柱雨水排水系统应用于大跨度屋面工程让雨水有效排出的案例并不常见。本文以杭州亚运会棒(垒)球体育文化中心项目棒球主场罩棚屋面重力流钢柱雨水排水系统施工为例,解读该系统实施过程中的相关技术。

*上海市科委“上海建筑空间结构工程技术研究中心”项目(14DZ2252300)

[作者简介] 杨百锁,给排水设计经理,高级工程师,E-mail:45139798@qq.com

[收稿日期] 2022-05-10

1 工程概况

杭州亚运会棒(垒)球体育文化中心项目为杭州 2022 年第 19 届亚运会的分会场,总建筑面积约 160 000m²,主场观众席座位 5 000 座,棒球主场看台上为大型钢结构罩棚,上弦处张拉 PTFE 膜结构,既作为球场看台的屋顶,又作为平台及其他活动场所的遮蔽处。集训中心、体能训练馆和棒球主场覆盖在共同的十字形膜顶之下,通过 2 层平台串联在一起,实现多层次的交通联系,组成一个体育文化综合体。项目效果如图 1 所示。

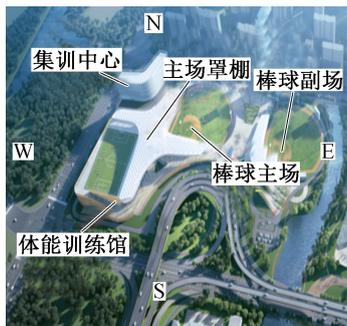


图 1 项目鸟瞰效果

棒球主场屋面结构体系:除集训中心为 11 层,其余建筑均为 2~3 层。其中,棒球主场、2 层平台主体采用钢筋混凝土框架结构,大跨度屋面采用钢桁架结构。膜结构罩棚水平投影面积约 15 000m²,雨水斗 112 个,雨水口位置根据十字形屋面造型均匀分布在天沟内。雨水斗特殊选型参考 87 式采用带防护罩和隔气装置的拓展型,斗体为不锈钢材料制作,外圈周边天沟为不锈钢排水沟,屋面钢网架下重力流钢柱雨水立管 35 根,结构柱 67 根,装饰柱 36 根。罩棚屋面汇水分区如图 2 所示。

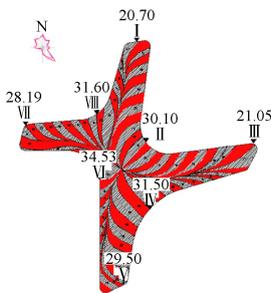


图 2 罩棚屋面汇水示意

2 重力流钢柱雨水排水系统设计

2.1 系统主要技术参数

本项目计算按浙江省绍兴(柯桥区)市,设计重现期 $P=50$ 年,4 处最低位角点设置直接溢流管,屋面集水时间 $T=5\text{min}$,雨水设计强度安全系数取值乘以 1.5,项目设计暴雨强度为 $10\text{L}/(\text{s} \cdot 100\text{m}^2)$ 。

棒球主场罩棚水平投影总面积约 $15\ 000\text{m}^2$,雨水设计总流量约 $420\text{m}^3/\text{s}$ 。

暴雨强度公式为:

$$i = [A \cdot (1 + C \cdot \lg P)] / [(T + B) \cdot D]$$

暴雨参数为:

$$A = 22.5033, B = 16.294, C = 0.698, D = 0.821$$

当地降雨 5min 的降雨量为 $665.615\text{L}/(\text{s} \cdot \text{hm}^2)$ 。

2.2 系统主要组成部分

雨水系统由排水天沟、雨水斗、连接管、雨水悬吊管、固定支架、钢柱雨水立管顶底部连接固定组成。其中,悬吊管为热浸镀锌钢管,钢柱雨水立管和排出管为热浸镀锌加厚钢管,悬吊管连接采用卡箍连接、立管采用成品法兰连接,每组雨水斗前、后分别设置穿孔消能板和截留板。

3 应用 BIM 分析优化雨水末端

棒球主场罩棚屋面造型为曲面屋面,最高中心点约 36m,最低中心点 21m,落差高度近 15m。重力流排水系统中的雨水斗作为屋面雨水排放系统的始端,其作用是使沿屋面结构上的天沟坡度自然汇集到雨水斗处的雨水导入系统管道,而末端连接管、雨水悬吊管与钢柱立管的无缝结合同样是整个重力流系统有效工作的关键所在。根据设计图纸,从原理上来说,该方案简单、明了且直接;但从施工角度来看,管线安装难度相当大,影响、疑问和不确定因素并存。具体存在以下困难:①排水沟落差高度大,沟底标高差异大,雨水斗位置定位不易确定;②天沟坡度 $>15\%$,不锈钢排水天沟粗糙系数小,沟内雨水流速大,雨水斗收集效果难以达到最佳状态;③天沟底部与钢结构桁架部位净高空间有限,连接管安装空间无法满足要求;④雨水悬吊管接驳钢柱立管,悬吊管路由与网格桁架冲突且影响视觉效果;⑤悬吊管固定支架没有明确的做法,未考虑如何有效固定措施。

针对上述问题多轮讨论,与设计方反复对接有效沟通,最终利用 BIM 技术模拟施工、精细分析:①根据建筑专业对钢柱雨水立管布置的要求及落位要避开看台,结合截流雨水斗的设置,雨水口定位以最近轴网及沟边为参照点确保准确度。②基于排水沟汇水面积情况,为满足雨水系统运行可靠,沟内均匀布置截流雨水斗且每处设置 2 个(增加保障、安全考虑);同时,雨水斗上游设置高 20cm 穿孔消能板(降低雨水流速),下游设置高 30cm 过水截流板(雨水斗水深要求)。③从重力流雨水系统的特点看,雨水必将从高点汇向低点,故排水沟需沿罩棚四周布置。结合排水沟坡度、雨水斗位置、

09S302《雨水斗选用及安装》、罩棚结构模型,通过BIM软件分析规避和减小连接管高度为15cm。④为提高建筑效果,经济利用罩棚上、下表面间的空间,雨水悬吊管采取顺水方式安装、沿桁架排列敷设路径,既有效避开钢结构杆件又达到观感效果的一致性。⑤悬吊管管材为DN150热浸镀锌钢管,为了便于安装施工,优化设计调整,法兰连接改为卡箍连接,固定支架做法以钢结构桁架为生根点抱箍固定。管道支架距离要求为:DN100管,不保温管长6.5m, DN150管,不保温管长8.0m; DN200管,不保温管长9.5m。

这一调整梳理在施工前便优化实施完毕,避免高空作业施工误差造成隐患问题,成功解决重力流雨水系统末端安装难和交叉冲突影响。BIM分析优化及现场实际安装如图3所示。

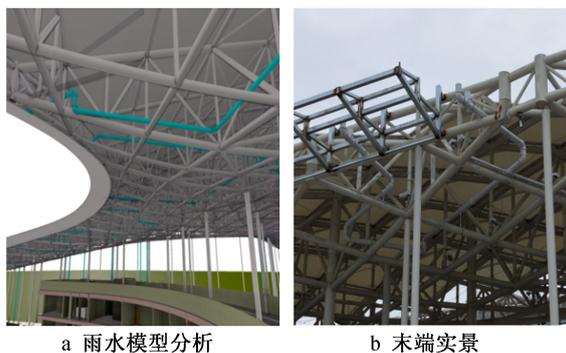


图3 雨水模型分析示意及末端实景

4 施工工艺技术要点解析

4.1 施工前准备

重力流钢柱雨水系统是经过精确计算设计的,为保证设计图纸在施工过程中满足施工的便利性、合理性、经济性,所以在施工前需做好准备工作。主要内容包括:①相关单位组织好技术人员对钢柱雨水系统图纸进行读图、看图并充分理解图纸技术要点和对施工提出的要求。②结合相关专业、相应界面,熟悉且熟懂图纸,提出疑问。③重点确认系统的相应节点做法、标高关系、定位及管材选型的技术特性,从而便于管道合理安装。④是否与其他专业发生冲突,要做出判断,减少实施过程中的拆改、返工及破坏。⑤清晰施工界面的划分,列出施工工序,确认图纸提前预留洞及管线穿墙(或楼板)处预埋套管等位置是否准确,有无遗漏。⑥实施前通过设计交底形式,组织项目分包施工方对图纸难点存在的问题进行答疑、讨论并解决。

4.2 钢柱雨水立管形式

本工程罩棚屋面结构上独立于建筑单体,由自

身结构钢构柱支撑,主要技术点把控为:①因建筑、结构体系,钢柱雨水立管需临空安装,这要求雨水立管有一定强度,故雨水立管选型结合建筑风格,采用可自我稳定的整体式加厚钢制雨水管。②从罩棚屋面标高及可能的落管位置来看,临空安装的雨水立管长度最长可达30m,临空钢柱立管过长,安装过程中为了保证钢柱雨水立管的高精度,钢柱雨水管的连接采用工厂化预制焊接,转换处为成品法兰焊接连接。③在满足雨水排水所需的最小管径条件下,兼顾建筑整体造型,结构专业通过压杆受力条件计算,采用DN250, DN300雨水管,既有效提高单根立管的排水能力、减少雨水立管数量同时便于发现雨水管道系统的损坏点,更加有利于系统维护、构件标准化制作,又为建筑整体效果、满足新型建筑工业化要求提供有利元素。结构柱、装饰柱、钢柱雨水管实景如图4所示。



图4 项目结构柱、装饰柱、钢柱雨水管实景

4.3 钢柱雨水管顶、底部连接固定措施

1) 为确保安全,钢柱雨水立管顶部自由端设置防摇摆、防晃动连接点,通过铰链与罩棚内弦杆灵活连接(见图5)。



图5 钢柱雨水立管顶部连接实景

2) 为统一雨水管构造形式,便于工厂生产,雨水立管顶端采用侧向预留DN150法兰接口,用于对接罩棚桁架内雨水悬吊管。

3) 考虑罩棚变形、结构沉降和钢柱雨水立管底部固定压杆受力形式等因素,罩棚桁架内雨水悬吊管段间采用不锈钢软连接,以消除罩棚变形应力对

