

第十四届全运会“一场两馆”电气设计 关键技术探讨

杨洋

(西安浐灞生态区管理委员会)

【摘要】大型体育场馆是一个城市的地标性建筑，要求设计新颖、外观独特，对提升城市品质、激发城市活力具有促进作用。现代化的综合性体育场馆要满足专业性强、布局紧凑、功能多样、智能高效等多项要求，赛时使用和赛后利用的兼顾、追求专业性与综合性的统一成为体育建筑设计的重要内容。文章对西安奥体中心“一场两馆”的供配电、照明、电气消防、节能及智能化系统进行了探讨，既为现代体育建筑设计提供了对策，又为西安全面提高城市电气化水平，在新发展格局下建设国家中心城市贡献专业力量。

【关键词】体育建筑；供配电；照明；电气消防；节能；智能化

中图分类号：TU855

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2022.09.042

Discussion on Key Technologies of Electrical Design of "One Field and Two Pavilions" in the 14th National Games

YANG Yang

(Chan-Ba Ecological District)

【Abstract】As a landmark building in a city, large sports venues require novel design and unique appearance, which can promote the quality of the city and stimulate the vitality of the city. Modern comprehensive stadiums and gymnasiums should meet many requirements, such as strong professionalism, compact layout, diverse functions, intelligence and efficiency. The consideration of use during and after the game, and the pursuit of the unity of professionalism and comprehensiveness have become an important content of sports architectural design. This paper discusses the power supply and distribution, lighting, electrical fire fighting, energy saving and intelligent systems of "one field and two pavilions" of Xi'an Olympic Sports Center, which not only provides countermeasures for modern sports architectural design, but also contributes professional forces for Xi'an to comprehensively improve the level of urban electrification and build a national central city under the new development pattern.

【Keywords】sports architecture; power supply and distribution; lighting; electrical fire protection; energy conservation; intellectualization

1 引言

2021年9月15日至9月27日，第十四届全国运动会在陕西省西安市举行。十四运会意义非凡，既是向伟大的中国共产党建党百年的一份献礼，也是新中国成立以来，首次在中西部地区举办的规格最高、规模最大的全国性体育竞赛活动，更是新冠肺炎疫情进入常态化后，中国以一场“精彩圆满的体育盛会”向世界展示大国担当、大国情怀的一次生动诠释。西安奥体中心是2021年第十四届全运会主会场，位于西安城东国际港务区核心区贯穿东西的中央景观主轴的核心位置，总建筑面积52.05万m²，呈“品”字形排列，包括的“一场两馆”即6万个座位的体育场、1.8万个座位的体育馆和4000个座位的游泳跳水馆，是西北最大的体育中心，建筑概况见表1。

深厚悠远的历史文化与活力动感的现代体育融合碰撞，传统魅力与时尚审美共生共存，使十四运会主场的气韵从建筑的内涵中徐徐四散开来，更向世人展现了西安建设国家中心城市和具有历史文化特色的国际化大都市的决心和信心。

表1 西安奥体中心“一场两馆”建筑概况

建筑类型	等级	建筑面积 /万m ²	建筑高度 /m	层数
体育场 (60000座)	甲级大型	15.6	58.3	地上5层
体育馆 (18000座)	甲级特大型	10.8	41.6	地上5层
游泳馆 (4000座)	甲级大型	10.3	30.15	地上4层， 地下1层

2 供配电系统设计

体育建筑供配电系统的构成应简单可靠、灵活方便、减少电能损失。体育建筑负荷分级应符合 JGJ 354-2014《体育建筑电气设计规范》表 3.2.1 的规定。西安奥体中心“一场两馆”建筑等级为甲级,用电负荷等级分三级。其中,一级负荷包括主席台、贵宾室及其接待室、新闻发布厅等照明负荷,应急照明负荷,计时记分、现场影像采集及回放、升旗控制系统及其机房用电负荷,网络机房、固定通信机房、扩声及广播机房等用电负荷,电台和电视转播设备,消防和安防用电设备等;二级负荷包括临时医疗站、兴奋剂检查室、血样收集室等用电设备,VIP 办公室、奖牌储存室、运动员及裁判员用房、包厢、观众席等照明负荷,建筑设备管理系统、售检票系统等用电负荷,生活水泵、污水泵等设备;三级负荷包括普通办公用房、广场照明,普通库房、景观等用电负荷^[1]。

“一场两馆”采用市政双重 10kV 电压等级电源供电,两路 10kV 电源线路由不同路由引入,彼此独立、互不影响,不致同时断电,其主接线采用单母线分段形式,工作方式同时工作、分列运行,互为热备用。在体育场一层设有“一场两馆”的 10kV 中心配电室,两路电源平时各承担总用电负荷一半的用

电容量,当其中一路电源故障,另一路电源承担全部用电负荷。建筑采用柴油发电机组作为应急电源和备用电源,并为临时柴油发电机组或应急供电车的接驳预留条件^[2]。高压供配电系统采用放射式为分配变电所供电,10/0.4kV 变配电系统示意图见图 1。

低压配电系统包括照明、电力、消防及其他防灾用电负荷、体育工艺负荷、临时性负荷等配电系统,配电间设置在体育场馆周边区域。“一场两馆”场地照明、显示屏、计时记分机房、现场成绩处理机房、扩声机房、消防控制室、安防监控中心、中央监控室、信息网络机房、通信机房、电视转播机房等重要用电负荷,冷冻机组、水泵房、制冰机房等容量较大的用电负荷均从配电室以放射式配电^[1]。

3 照明设计

3.1 体育场照明设计

体育场照明设计主要是为满足空间的足球运动和田径运动照明的需要亮度,应有足够的照度和照明的均匀度,足够的亮度和无眩光照明,适当的阴影效果,颜色的正确性等。国家体育行业标准 TY/T 1002.1-2005《体育照明使用要求及检验方法第 1 部分:室外足球场和综合体育场》和国家标准 GB 50034-2013《建筑照明设计标准》中均对室外足球场

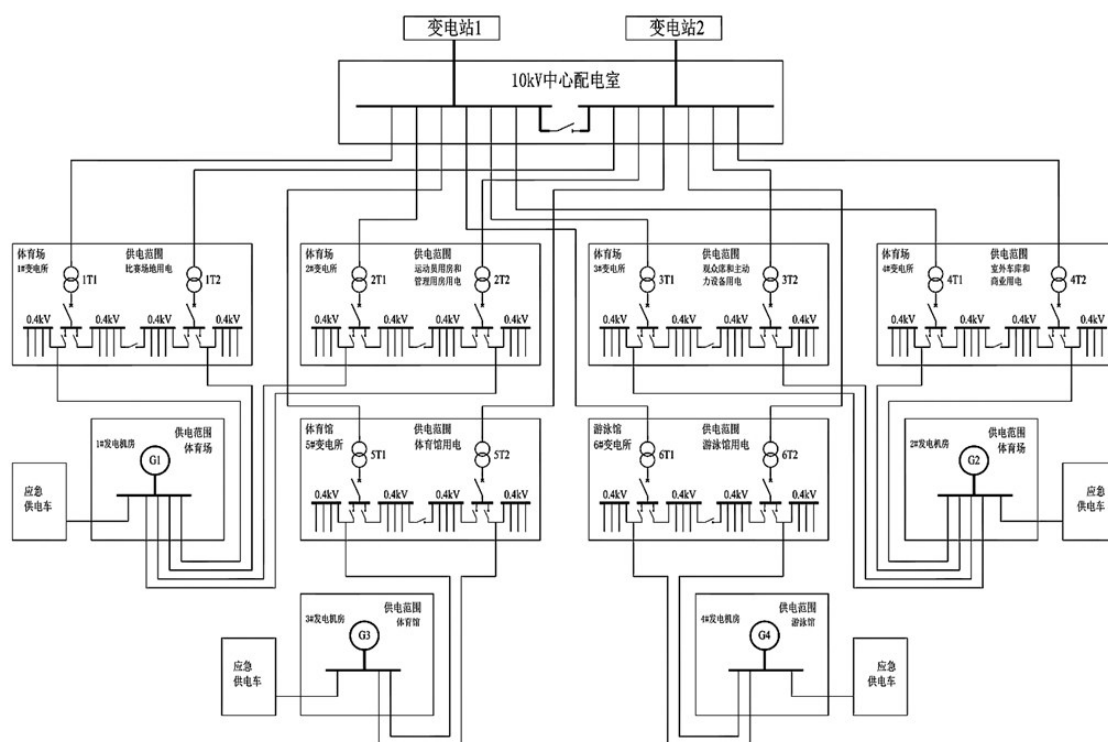


图1 10/0.4kV变配电系统示意图

和综合体育场的照明指标进行了规定。照度均匀度如下式^[3]:

$$U_1 = E_{\min} / E_{\max} \quad (1)$$

式(1)中: $E_{\min}$ 为最小照度, lx; $E_{\max}$ 为最大照度, lx。

$$U_2 = E_{\min} / E_{av} \quad (2)$$

式(2)中, U_1 有利于视看功能, U_2 有利于视觉舒适。

照度计算如下式:

$$E = N\Phi UK / A \quad (3)$$

式(3)中: Φ 为光通量, lm; N 为光源数量; U 为利用系数; A 为工作面面积, m²; K 为灯具维护系数。

体育场照明光源选用要从光效、寿命、色温、显色性、投资和运行等诸方面综合考虑,目前较多使用2000W的金属卤化物灯,大型体育场使用窄光束、特窄光束灯具较多,并配以适量的中光束灯具。照明所用灯具主要是投光灯,按光学性能可分为圆形投光灯、长方形投光灯、蜗牛形投光灯三种,场灯的布置方式有四种,即四塔式、多塔式、光带式、混合式布置^[3]。

3.2 体育馆照明设计

体育馆照明设计重点是馆内场地照明,也就是比赛灯光。馆内场地照明是一项功能性强、技术含量高、难度较大的设计。要满足各种体育项目比赛要求,有利于运动员技术水平发挥,有利于裁判员的正确评判,有利于观众席上各方位的观看效果。体育馆设计要特别注意彩色电视现场实况转播,为保证转播图像画面生动清晰、色彩逼真,对垂直照度、照度均匀度及立体感、光源的色温及显色性等指标有特定要求。在室内体育场馆进行的体育运动一般分为两类,一类是主要利用空间的运动,另一类是利用低位置为主的运动^[3]。

体育馆照明设计首先必须了解和掌握体育馆照明的要求:即照度标准和照明质量,然后依据体育馆建筑结构可能安装高度和部位确定布灯方案。照明质量要通过照度计算,通常有利用系数法、单位容量法和逐点计算法三种,通过计算结果就可以绘制水平照度和垂直照度等照度曲线图,进而求得平均照度,最大、最小照度值,照度均匀度及立体感等数据。如满足要求则说明布灯方案合理,否则调整。布灯方式有五种,即顶部布灯、群组均匀布灯、侧向布灯、混合布灯、间接照明布灯方式。当灯具安装高度低

于6m时,宜选用荧光类灯具,当灯具安装高度大于6m时,宜选用金属卤化物类灯具^[3]。

3.3 游泳馆照明设计

游泳馆照明既要满足游泳运动员、跳水运动员、服务员、教练员和观众的要求,又要满足彩色电视转播体育比赛的需要。游泳馆照明的设计,应确保灯具的安装没有视觉干扰,保证观看比赛的最佳效果;要特别注意彩色电视现场实况转播,注意照明灯具安装的位置和投射方向,来满足照明标准和照明质量要求。游泳池照明最大的难题是如何控制水面的光幕反射。因此,游泳池内任一点的最低水平照度不应低于250lx,光线应能向水中折射,避免直射光或反射光产生眩光。对游泳者来说,游泳池照明首先要为游泳者提供安全保障^[3]。

游泳馆照明光源和灯具原则上要使用显色性好的,最经济是采用金属卤化物灯,因为其效率高,寿命长,色温、显色性佳。游泳池比赛场部分选用全密封灯具,灯具的防护等级最低不得低于IP23,灯具的安装位置还要考虑方便灯具的维修、清扫和更换。游泳池照明系统有直接照明、间接照明、多功能照明、水下照明,其中直接照明采用四种方式,即采用高强度气体放电灯、采用带罩荧光灯、发光顶棚、侧面照明。如果要求彩色电视转播,其电气照明系统可以是侧面照明系统^[3]。

3.4 照明控制

体育建筑的场地照明控制应按场馆等级、运动项目的类型、电视转播情况、使用情况等因素确定照明控制模式,并应符合JGJ 354-2014《体育建筑电气设计规范》表8.5.1的规定。“一场两馆”采用智能照明控制系统,具有回路电流监测、过载报警、漏电报警,监测灯的状态、灯累计使用时间、灯预期寿命等功能。系统采用开放式通信协议,可与建筑设备管理系统、比赛设备管理系统通信。场地照明采用专用的照明控制系统,不与非场地照明控制系统共用^[1]。

4 电气消防设计

4.1 消防电源配电系统

根据国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016-2014(2018年版)有关规定,消防用电设备采用专用供电回路,目前国内建筑电气主要采用不分组设计

和分组设计两种。对于不分组设计,常见消防负荷采用专用母线段,但消防负荷与非消防负荷共用同一进线断路器或消防负荷与非消防负荷共用同一进线断路器和同一低压母线段,这种方案主接线简单、造价较低,但使消防负荷受非消防负荷故障影响较大;对于分组设计,消防供电电源是从建筑的变电站低压侧封闭母线处将消防电源分出,形成各自独立的系统,这种方案主接线相对复杂,造价较高,但使消防负荷受非消防负荷故障影响较小^[4]。“一场两馆”消防用电设计独立的供电回路,为分组设计,采用柴油发电机作为消防设备的备用电源,电源能直接与消防用电设备连接。

4.2 火灾防控策略

大型体育场馆建筑顶棚很高、空间巨大、人员密度高、疏散难度大、火灾风险大、灾难诱因多,因此,防得住、响应快、跑得了、控得住成为建筑火灾防控策略。防得住就要感知全面化,响应快就要防火精准化,跑得了就要疏散最优化,控得住就要灭火有效化。火灾防控系统由智能防火和智慧灭火组成,其中智能防火包括火警远程监控、火灾风险物联感知、消防设施维保、消防安全日常管理、建筑火灾风险动态分析;智慧灭火包括应急救援指挥平台、智能安全疏散、数字化应急预案、智能灭火装备。其火灾防控坚持“平急结合”,既要加强日常风险管控,又要提升应急救援能力,具体从标准的完善与优化监测预警信息化、动态风险辨识评估、精准人员疏散、高效灭火救援装备四个方面进行。“一场两馆”建筑室内高大空间场所选用火焰探测器、红外光束感烟探测器、图像型火灾探测器、吸气式感烟探测器组合,体育场、体育馆、游泳馆单独设消防控制中心^[5]。

5 节能设计

5.1 能源管理系统

体育场馆为公共建筑,要求强化约束性能源指标管理。深入推进公共建筑能耗统计、能源审计及能效公示工作,进一步加强公共建筑能源监管平台建设,在建筑运行“脱碳”中占有举足轻重的地位。体育场馆节能监管平台通过能耗统计、能源审计、能源评测、能源诊断、能耗定额、能耗公示功能,实现“六维一体流程化管理”模式,可促进节能运行管理,在不增加任何其他初投资的前提下可以降低运行能

耗,实现建筑物全生命周期内可持续节能。且通过这一平台促成建筑节能改造和节能运行还可以产生一定的节能效果,对重点用能区域、设备等进行监测,对场馆系统用电、用水、用气、供热、制冷等进行监管、审计,并进行定额及超额付费管理。

5.2 电-氢多能互补系统与建筑物的整合设计

氢能具有储量丰富、能量密度高和无毒无污染等优点,其转化为电能通常通过燃料电池来实现。由于燃料电池发电不经过热机过程,所以能量转化率高。在能源互联网中,多种不同类型能源形式之间的高效转化是提升能源互联网综合能效的关键。在实际应用当中,光伏发电具有动态响应快但受天气影响较大的特点,而燃料电池具有稳定但动态响应慢的问题,两者的输出特性具有良好的互补性。因此可考虑综合两者的优点来建立联合发电系统,如电-氢多能互补系统,以获得持续稳定的电能^[6]。

电-氢多能互补系统与建筑物整合设计架构如图2所示,包括由光伏发电、风力发电、双馈式感应发电机、电池站构成的电能系统和由电解槽、储氢罐及燃料电池组成的氢能系统。光伏发电单元、风力发电单元和电池站经DC/DC变换器连接到直流母线,直流母线除了由DC/AC变换器连接到交流电网,给建筑物供电之外,还需要给电解槽供电以完成电解制氢。电解槽制得的氢气用于储能和供给燃料电池用于发电,最终燃料电池产生的电能经DC/DC变换器回馈到直流母线^[6]。

6 智能化系统设计

体育建筑智能化系统由设备管理系统、信息设施系统、专用设施系统、信息应用系统、机房工程等部门构成,系统的设计和施工应遵循“优化配置、适度超前”的原则。西安奥体中心比赛场馆内采用国际最先进5G技术,30多项智能场馆应用系统,其中,设备管理系统由建筑设备监控系统、火灾自动报警系统、安全技术防范系统、建筑设备集成管理系统组成;信息设施系统由综合布线系统、语音通信系统、信息网络系统、有线电视系统、公共广播系统、电子会议系统组成;专用设施系统由信息显示及控制系统、场地扩声系统、场地照明控制系统、计时记分及现场成绩处理系统、竞赛技术统计系统、现场影像采集及回放系统、售检票系统、电视转播和现场评论系统、标准时钟系统、升旗控制系统、比赛设备集成管

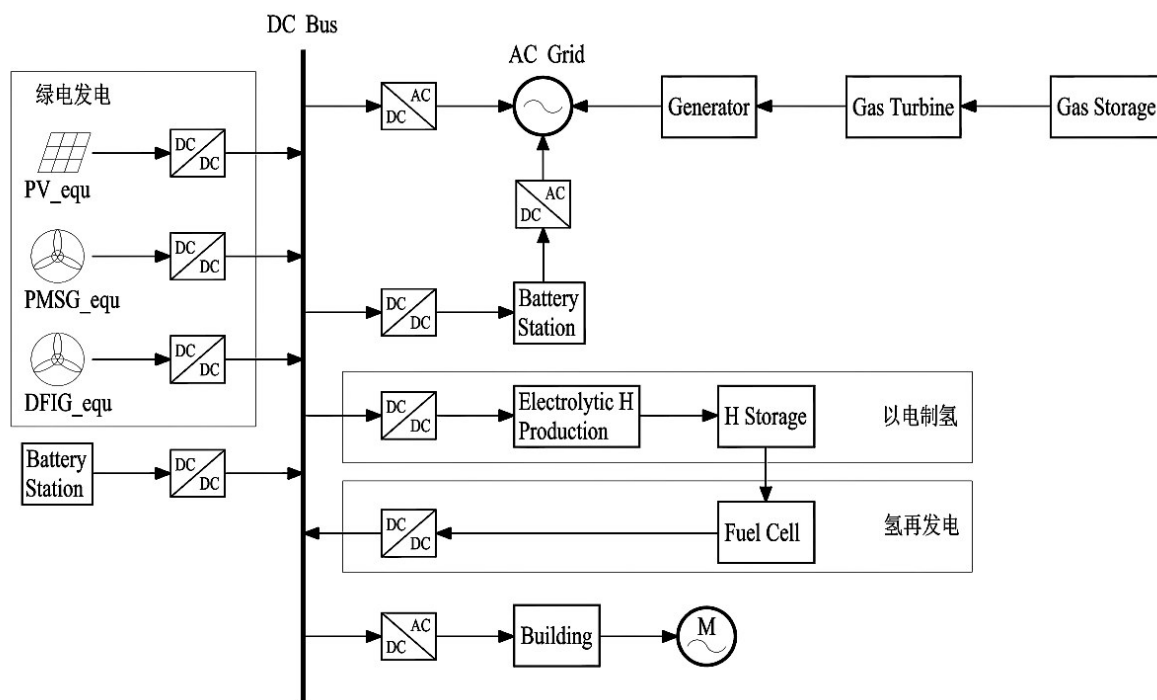


图2 电-氢多能互补系统与建筑物整合设计架构图

理系统组成;信息应用系统由信息查询和发布系统、赛事综合管理系统、大型活动(赛事)公共安全应急信息系统、场馆运营服务管理系统组成^[1,7]。

西安奥体中心采用全景融合技术,通过5G传输打破传统平面观赛瓶颈,观众戴上VR眼镜就可以观看某个位置、某个球员,增加了观赛体验感。为了实现这些功能,西安奥体中心建设15个5G基站,安装136台智慧路灯、9套先进的无人机防御系统,以及在体育场增加1000多m²的全息投影,丰富观众的沉浸式体验。这些5G技术应用的覆盖面和功能在国内最全、技术也最先进。其综合智慧指挥平台,集体育竞技、观赛体验、媒体转播、全程服务、智慧安保多位一体,打造真正的“智慧奥体”。

7 结论与展望

乘全运会东风,文章对体育场馆的供配电、照明、电气消防、节能及智能化系统进行了探讨,为提升体育建筑电气化水平,建设韧性城区体育场馆提供对策。作为城市建设的一部分,大型体育场馆不仅要设计新颖、外观独特、专业性强,而且要兼顾赛时使用和赛后利用。因此,加强城市体育建筑多元化设计建设至关重要。一是可以用作大型活动和文艺演出的场所,推进文化体育深度融合,建设世界级

文体中心,充分展现城市开放与包容完美融合的独特魅力。二是可以利用既有场馆建筑的高大空间以最快的速度 and 最小的成本将其改造成“方舱医院”,扩大轻症患者的集中收治能力,发挥急救医院的作用,努力做到“未雨绸缪、有备无患”。三是可以作为走出校门以外的社会实践学习锻炼场所,成为以场馆等校外教育服务设施为活动载体的“第三课堂”,助力实现教师、教育管理者、社会知识提供者和学生互动交流、熏陶感化的一体化课程“三个课堂”,构建学校、家庭、社会三位一体协同育人的教育新生态。

参考文献

- [1] JGJ 354-2014. 体育建筑电气设计规范[S].
- [2] 李蔚, 冯晓良. 第七届世界军运会主场馆电气设计关键技术探讨[J]. 智能建筑电气技术, 2018 (5): 6-12+3.
- [3] 北京照明学会照明设计专业委员会. 照明设计手册(第三版)[M]. 中国电力出版社出版, 2017.4.
- [4] GB 50016-2014 (2018年版). 建筑设计防火规范[S].
- [5] GB 50116-2013. 火灾自动报警系统设计规范[S].
- [6] 孙孝峰, 张绘欣. 一种用于电-氢多能互补型微电网的 dual 有源桥集成 Boost 拓扑及其控制[J]. 电工技术学报, 2021.9.
- [7] JGJ/T 179-2009. 体育建筑智能化系统工程技术规程[S].