

室内滑雪馆的节能低碳设计探讨

汪海, 杨玺, 马奎

(北京维拓时代建筑设计股份有限公司, 北京 100025)

摘要: 随着全球能源危机的日益严峻, 节能低碳已成为室内滑雪馆电气设计的重要方向。电气节能低碳设计不仅能有效降低建筑能耗, 减少运行成本, 还能提升建筑的整体能效水平, 促进可持续发展。不同于露天滑雪场, 室内滑雪馆的电气节能低碳设计是一个综合性的课题, 旨在通过科学规划和先进智能管理技术, 减少能源消耗和碳排放, 实现可持续发展。

关键词: 室内滑雪馆; 节能; 低碳; 智能管理

Discussion on energy-saving and low-carbon design of an indoor ski resort

WANG Hai, YANG Xi, MA Kui

(Beijing Victory Star Architectural and Civil Engineering Design Co., Ltd., Beijing 100025, China)

Abstract: With the increasing severity of the global energy crisis, energy-saving and low-carbon have become a crucial direction for the electrical design of indoor ski resorts. Electrical energy-saving and low-carbon design can not only effectively reduce building energy consumption and operational costs but also elevate the overall energy efficiency of the building, promoting sustainable development. Unlike outdoor ski resorts, the energy-saving and low-carbon design of indoor ski resorts is a comprehensive subject that aims to reduce energy consumption and carbon emissions through scientific planning and the adoption of advanced technologies, ultimately achieving sustainable development.

Keywords: indoor ski resort; energy-saving; low-carbon; intelligent management

0 引言

随着冬奥会的顺利举行, 冰雪项目近年来得到全社会的追捧和关注, 其中室内滑雪馆项目更是获得蓬勃发展。建筑能耗已成为室内滑雪馆设计的重点考虑因素, 且呈逐年上升趋势。因此, 开展室内滑雪馆的电气节能低碳设计, 对于缓解能源压力、减少环境污染具有重要意义。

本文将从机房选址、供配电系统、照明系统和智能管理等方面详细阐述建筑电气节能低碳设计的具体措施和策略。室内滑雪馆的建筑电气节能低碳设计应首先满足滑雪馆的基本功能需求, 如照明、动力、通信等。在此基础上, 通过优化

设计方案和采用先进智能管理节能技术, 实现能耗的降低和效率的提升。

1 机房选址

室内滑雪馆的建筑特点是长度跨距较大, 空间较高, 用电设备分布较分散, 且配电线路不能随意穿越高大空间。变电所设置的位置会影响电气设备的配电距离, 距离过远会导致大量电缆的浪费, 线路损耗的增加, 也会影响设备末端的电压降。因此, 变电所选址对滑雪馆的电气节能低碳设计十分重要。现提出选址原则如下:

1) 变电所不宜设置在雪道正下方, 如在雪

道正下方，应采取防水措施。可以采用上部设双层结构板方法，避免渗水或结露现象对变电所造成危害，减少运维阶段碳排放。

2) 冷区制冷机房用电量较大，因此建议设置专用的变电所或专用变压器，位置宜靠近制冷

机房。

3) 变电所的位置至最远供电端的供电距离宜控制在150 m以内，若滑雪馆的长度比较长，变电所宜分区域（或分段）设置。

某滑雪馆变电所设置位置如图1所示。

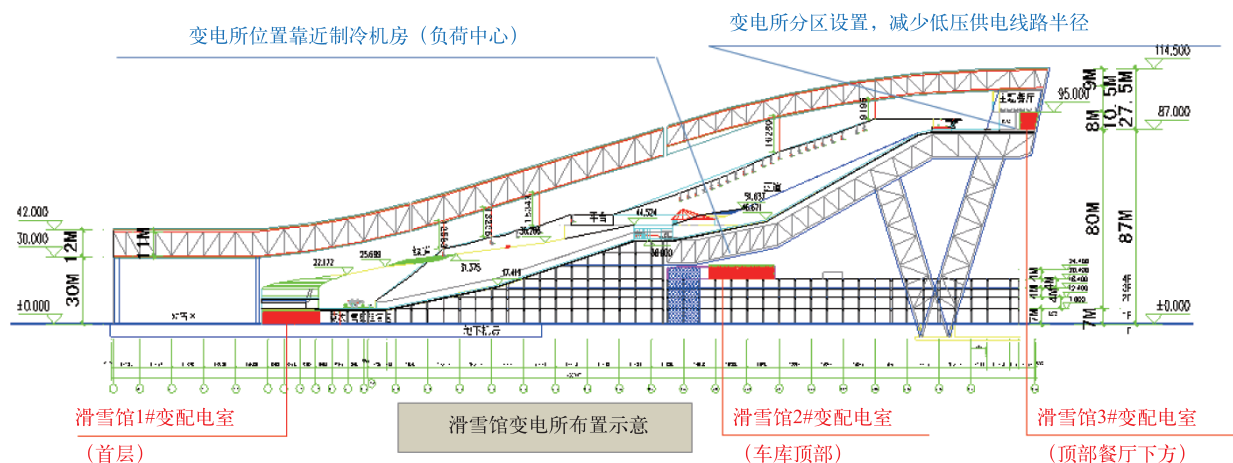


图1 某滑雪馆变电所设置位置
Fig. 1 Location of a ski resort substation

2 供配电系统

2.1 配电主干路由

配电主干路由的选择在室内滑雪馆节能低碳设计中尤为重要，通过控制电力线路的长度来控制其初始投入的金属消耗，同时减少运营阶段的线路损耗，从而达到节能减排的目的。现提出节能设计建议如下：

1) 室内滑雪馆需考虑垂直干线通道，有条件时考虑设置电井，满足垂直线路敷设要求。考虑竖向垂直通道时，除考虑配电线路外，还应同时考虑消防线路、弱电线路通道的预留。

2) 室内滑雪馆垂直干线桥架可在钢结构侧壁空间、竖向空腔空间内设置，垂直干线桥架位置宜靠近竖向楼梯（或检修钢梯）处，应考虑竖向电缆桥架的安装与检修条件。

3) 室内滑雪馆大空间内水平电缆桥架沿设备马道敷设，不宜独立敷设。

2.2 用电指标

目前室内滑雪馆变压器安装容量密度多为

150~200 V·A/m²，通过对已开业项目的供电负荷进行调查，可知大部分项目中变压器的供电负荷率较低，显示系统长期处于低负荷运行状态。变压器运行负荷率过低，造成初始建设资源浪费，因此在室内滑雪馆电气设计中有必要通过用电指标进行优化，使变压器处于合理运行范围，达到节能减排的目的。现提出节能优化建议如下：

1) 负荷计算时，宜将冷区负荷、暖区负荷和辅助空间负荷分开计算，暖区负荷、辅助空间负荷指标按常规数据手册指标计算。冷区主要用电设备为制冷设备（冷风机）、造雪设备（造雪机、雪炮、飘雪机）、电伴热、上下行设备、照明、新风系统和LED显示屏等。冷区用电负荷缺少计算条件时，冷区整体用电指标可按120 W/m²左右估算，其中制冷造雪设备可按小型雪场95~120 W/m²、中型雪场75~90 W/m²、大型雪场65~80 W/m²进行估算。某滑雪馆主要制冷设备运行情况如图2所示，各区域滑雪馆耗电指标情况如图3所示。

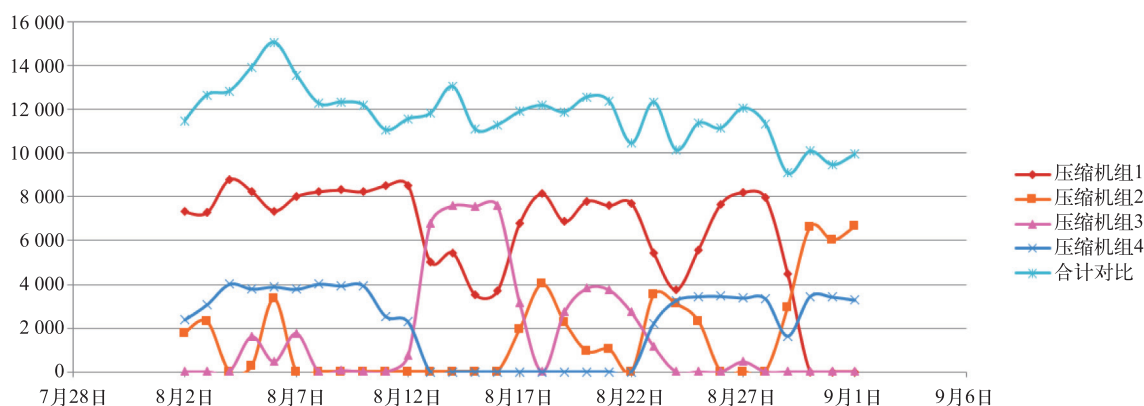


图2 某滑雪馆主要制冷设备运行情况

Fig. 2 Operation status of main refrigeration equipment in a ski resort

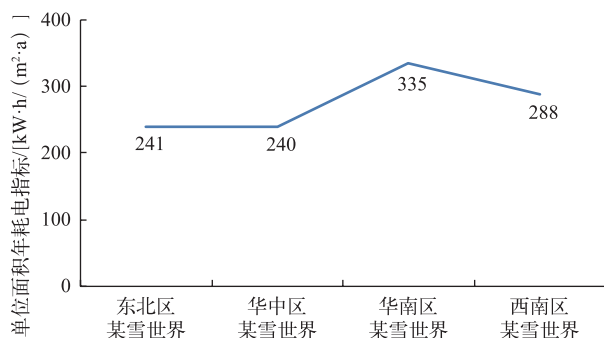


图3 各区域滑雪馆耗电指标情况

Fig. 3 Electricity consumption indicators of ski resorts in various region

2) 变压器负荷率过低的原因不仅与运营情况有关，还和制冷设备的运转情况关联密切。制冷设备在开业前的造雪期工况负荷较大，但开业后的维冷期一般仅占满工况的60%。由此可见，合理规划变压器供电指标在电气专业节能低碳设计中显得尤为重要。经多项目实际调研，供电负荷指标可由原标准的 $150 \sim 200 \text{ V} \cdot \text{A}/\text{m}^2$ ，优化为 $120 \sim 150 \text{ V} \cdot \text{A}/\text{m}^2$ ，节能优化量达20%。

2.3 供电距离

在室内滑雪馆供电系统中，供电距离是影响传输效率和节能效果的重要因素。随着供电距离的增加，电能传输过程中的损失也会相应增加，这不仅影响了电力系统的经济性，还对环境造成了不必要的负担。为了减少电能损失并提高节能效果，除在电力设计中合理选择电压等级和线缆截面外，合理地降低供电距离也是常用的节能低碳设计方法。供电距离和变电所的数量、位置关

联密切，现给出建议如下：

根据项目实际情况规划变电所设置数量，建议小型雪场（ 3.5 万 m^2 及以下）变电所集中设置，且设置1处，供电距离控制在 150 m 以内；中型雪场（ $3.5 \text{ 万} \sim 5.5 \text{ 万 m}^2$ ）根据平面布局及供电半径设置变电所1~2处，尽可能设置1处，供电距离控制在 150 m^2 以内；大型雪场（ 5.5 万 m^2 及以上）根据平面布局及供电半径设置变电所2处，供电距离控制在 150 m 以内。

2.4 电缆选型

按国家现行规范，消防配电线路宜与其他配电线路分开敷设在不同的电缆井、沟内。确有困难需敷设在同一电缆井、沟内时，应分别布置在电缆井、沟的两侧，且消防配电线路应采用矿物绝缘类不燃性电缆。

考虑到矿物绝缘电缆造价较高，施工难度大，以及室内滑雪馆建筑空间较大，垂直干线路由可在钢结构侧壁空间、竖向空腔空间内设置电井，故建议将电井分成消防强电井和普通强电井，消防配电主干可采用低烟无卤阻燃耐火电缆，这样可以合理利用空间并节省造价，达到节能低碳的设计目的。

3 照明系统

3.1 设备选择及安装方式

室内滑雪馆属于高速运动场所，首先应避免光源的色温及频闪对人眼造成伤害或形成眩光，在此

基础上,室内滑雪馆应选择健康的节能型光源,同时应充分考虑自然光的利用,通过合理的布局和窗户设计,使室内获得充足的自然光线,减少人工照明的使用时间和能耗,提高照明质量及环境品质。

LED灯应满足GB/T 31831—2015《LED室内照明应用技术要求》规定,人员长期停留的场所应符合GB/T 20145—2006《灯和灯系统的光生物安全性》规定的无危险类照明产品。雪道区的照明还应满足现行行业标准JGJ 153—2016《体育场馆照明设计及检测标准》的规定。可选择灯具光效为120~130 lm/W的雪道灯,单灯功率可达200 W左右,同时选择高效节能的灯具附件,设置就地无功补偿装置。对比平时常见的LED灯具,照明功率密度降幅可达20%~30%。

经研究及多家雪场对比,灯具建议选择顶棚管吊及马道安装的方式,同时注意光源投射方向,避免眩光干扰。此安装方式可减少穿越冷暖区的接触面积,同时减少冷桥效应。通过减少能耗损失,达到节能低碳的目的。

3.2 照明控制

室内滑雪馆灯具的配电接线形式应利于灯具的分组控制,可实现不同场景应用,并利于照明节能。灯具的配电接线形式可为纵向分道配电(灯具接线方向与雪道方向平行)和横向分区域配电(灯具接线方向与雪道方向垂直)两种形式。纵向分道配电适用于规模较大、雪道分级较多的大型室内滑雪馆;横向分区域配电适用于规模较小、雪道分级较少的小型室内滑雪馆。

滑雪馆内的照明宜采用智能照明控制系统,配电箱内设多路智能照明控制器,用以对各区域内照明灯具进行智能控制。在智能照明控制的灯具回路设置上进行详细合理的划分,按照灯具布置实现横向和竖向的分排、分区控制,从而达到节能低碳的设计目的。

4 智能管理

4.1 整体架构

室内滑雪馆智能化系统设计存在以下设计难

点:①需要协调配合的专业繁多复杂,如需与造雪机厂商、索道厂商、各软件厂商等进行协调设计;②需明确滑雪馆的整体管理流程,并根据具体的管理流程确定各智能化子系统的架构组成及管控中心。

基于智能建筑与绿色低碳的发展现状,未来将物联网、云计算、大数据和人工智能等技术与绿色建筑设计理念相融合,形成建筑自我感知、互联、分析、学习、预测、决策和控制的完整智慧系统,实现滑雪馆建筑智能化向智慧化、绿色化和低碳化方向发展。

4.2 站房管井

弱电机房设置智能化系统的核心设备,对机房负荷、环境要求较高,功率密度较大,合理优化弱电机房空间与利用是建筑节能低碳设计中的重要部分。弱电机房选址除需满足规范中的各项要求外,还应综合考虑建筑规模及各个弱电竖井的位置,宜相对居中设置,避免缆线路由器过长等问题。同时为减少弱电机房空调制冷的能源消耗,弱电机房宜设置在围护结构保温能力较好的位置。

弱电竖井是智能化系统不可或缺的重要功能房间,承载着各个末端与核心机房间的信号传输与分发工作。弱电竖井虽然面积较小,但其分布在建筑中,数量较多,设计过程中合理规划弱电竖井可以减少施工过程中线缆、桥架等资源的使用。

弱电竖井在建筑中的位置应充分覆盖服务区域,并且宜靠近末端设备需求量更高的位置,从而减少水平布线线缆用量。各楼层的弱电竖井宜上下对应,或留有竖向路由。当每层末端设备数量较少时,宜跨楼层合用弱电竖井内的设备,从而减少不必要的设备或端口浪费。同时弱电竖井应设置通风、空调设施,提升设备效率,延长设备寿命。

4.3 机电设备监控

建筑机电设备监控系统最能体现建筑智能化控制的节能技术,实现建筑设备的有效控制与管

理, 保证建筑内机电设备的安全、可靠。节能和高效运行。

对室内滑雪馆项目而言, 机电设备除了暖通专业冷热源系统、空调通风系统设备/给水排水、智能照明、建筑供配电、电梯、太阳能热水等系统外, 还需对光伏发电系统(如有)和造雪设备进行监控。智能化设计应综合考虑各机电专业的控制要求及功能需求, 根据自动控制原理及优化控制策略, 对各机电专业提出系统运行控制或采集数据点要求; 对供配电系统进行监测, 通过测量的数据及耗电量, 制定节能控制策略, 采取行之有效的措施以达到节能的目的。

4.4 能源管理系统

大型室内滑雪馆建筑能耗巨大, 建立能源监管平台, 对滑雪馆建筑能耗进行实时监测, 不仅可提高管理部门的工作效率, 适应用户对能源管理的需求, 也可通过对各种数据、用能特点的分析, 自动生成节能控制策略, 使建筑实现持续性节能运行。同时通过能耗统计、能源审计、能效公示、用能定额和超定额加价等制度, 促使有关部门提高节能运行管理水平, 为政策制定和领导决策提供参考。

5 结束语

建筑电气节能低碳设计是缓解室内滑雪馆能

源消耗、减少碳排放的重要途径。室内滑雪馆的节能低碳设计在机房选址、供配电系统、照明系统、智能管理等方面都有进一步优化的空间。在设计阶段, 通过对上述系统的科学规划, 可以不断提升室内滑雪馆的节能低碳水平, 显著降低建筑能耗并提高能效水平, 为实现可持续发展目标贡献更大力量。

参考文献

- [1] 陈华, 邹同华. 室内人工滑雪场设计与节能[J]. 天津商学院学报, 2001(3): 15-17.
- [2] 华君, 陈矣人, 刘建华, 等. 乔波冰雪世界滑雪馆空调设计[J]. 暖通空调, 2006(3): 66-70, 92.
- [3] 吴建民. 建筑电气节能-走向低碳生活[J]. 民营科技, 2014(8): 180.
- [4] 聂波. 民用建筑电气技能技术的“低碳”应用对策[J]. 低温建筑技术, 2011, 33(6): 132-133.
- [5] 杜爽, 张葵, 庄惟敏. 室内滑雪馆设计初探[J]. 工程建设与设计, 2005(7): 11-14.

作者简介

汪海(1977—), 男, 正高级工程师, 研究方向为建筑电气及智能化。

(收稿日期: 2024-10-25)