

# 装配式高效机房施工技术研究与应用

何亚龙 安晓军 李怡君 邹鸿翔 柴志超

中建三局第三建设工程有限责任公司 浙江杭州 310007

**摘要：**装配式高效机房施工技术的研究与应用是针对传统机房建设中存在的效率低下、成本高昂等问题进行的。本研究旨在通过引入装配式施工技术，提高机房建设的施工效率、降低施工成本，同时提升机房的能效水平和运行质量。研究表明，采用装配式施工技术可以实现机房建设过程的标准化和模块化，从而加快施工进度并降低人力资源的使用成本。此外，装配式施工还能够减少施工现场的材料浪费和能源消耗，提高机房的环境友好性。因此，装配式高效机房施工技术的研究与应用对于推动机房建设行业的转型升级和可持续发展具有重要意义。

**关键词：**装配式；高效；机房；施工技术

## 一、项目概况

新能源动力电池生产基地一期厂区的装修机电工程项目的建设目标是建设极致成本、智能制造、绿色低碳、精益物流的卓越工厂，致力于打造绿色可持续的理电供应链，提升数字化及智能化管理水平。此项目由18个单体组成，包括综合站房、管廊以及各个车间形成的智慧型厂房。项目积极践行双碳目标，运用智慧化设计和智造技术，结合BIM、AI群控、能耗计量等信息化手段，着力打造装配式数字高效蓄冷机房，为制冷机房整体能效提升至 $EER \geq 5.3$ 。在后期物业运营阶段，该项目将运用可视化三维云平台，实现智慧自控管理，实现远程无人值守，创造了集“智慧”“高效”“装配”“节能”为一体的机房新标杆。通过实现中央空调系统的智能、高效、节能运行，云平台和数字化运维，大大减少了运维成本，同时综合能效 $EER \geq 5.3$ ，比常规中央空调节能15%以上。

## 二、装配式高效机房现状

根据项目描述，冷冻机房的主要任务是为整个园区提供供冷服务，面对白天和夜间不同的冷量需求，设计了一套高效的制冷系统。主机配置包括多台不同类型的制冷机，其中包括用于夜间低谷时段水蓄冷的高压定屏双工况主机和高压变频双工况主机。设计还考虑了恶劣的现场条件，并设置了蓄冷水罐来充分利用电价谷时段蓄冷、高峰时段释冷，从而节约电费。此外，通过充分了解建筑负荷特性，确定合理的设备容量、优化管线路由、设置能耗计量、自控系统等手段，实现了较高的系统运行效率。冷冻机房是本项目的核心，其冷机服务覆

盖了整个园区的供冷需求。针对白天和夜间的不同冷量需求，设计了一套灵活高效的制冷系统。主机配置包括10台2900RT和1台1000RT的高压定屏双工况主机，其中2台用于夜间低谷时段水蓄冷，6台用于正常运行，另外还有2台2900RT的高压变频双工况主机。为了充分利用夜间冗余的主机，设计了2个蓄冷水罐，在电价谷时段进行蓄冷，高峰时段释冷，以节约电费。

## 三、装配式高效机房施工技术实施要点

### 1. 施工准备环节

在进行高效机房施工前的准备工作中，首先需要对系统全面的审查和评估，以确保设计满足要求并且符合标准。这涉及到对系统组成部分的检查，包括主机、冷却塔、管道等，以确保其完好无损并且符合设计要求。同时，需要对系统的运行模拟进行再次验证，特别是对于冷却塔的流场分布等参数进行重新模拟，确保在不同工况下都能满足设计要求。其次，需要编制施工准备方案，包括施工进度安排、人员调配、材料准备等。特别是针对冻水管道的清洗，需要制定清洗方案，确保管道内部的清洁度符合要求，以保证系统运行的稳定性和安全性。此外，还需要对施工现场进行安全评估和预防措施规划，确保施工过程中人员和设备的安全。施工前还需要对设备进行调试和预检，确保各个部件的正常运行。这包括对主机、冷却塔、管道等设备进行功能测试和性能评估，以及对自控系统进行调试和优化，确保系统能够在施工完成后正常运行，并且达到设计要求的能效等级。

### 2. BIM化设计

采用BIM技术进行机房设计的优势在于其高度的数

字化和智能化特性。设计人员仅需通过测量现场的基本数据, 就能够在BIM模型内建立高精度的机电模型, 并进行深化设计装配图。这种BIM化深化设计是按模块进行的, 通过对机械零件的标准进行优化设计, 使精度提高到毫米级。这样的设计方式不仅提高了设计的精度和准确性, 还减少了设计过程中的人为误差, 大大提高了设计效率和质量。

通过分模块进行设计, 最大限度地集成了各类设备和管道, 使得各个部分的排布更加合理。这样的设计能够优化机房内部空间利用, 提高设备的布局效率, 并有利于设备后期的运输、拼装和检修维护。设计人员可以根据实际情况灵活调整模块的布局 and 连接方式, 以满足不同需求和场景的要求。另外, 根据区域和系统进行管段分解和编号, 并以组为单位进行预制管段的区分, 生成了预制加工装配图。例如, 该机房共分为2个区域, 包含了水泵、管道、阀门、设备基础、支架和仪器仪表等162个构件。通过1:1高精度BIM建模和模块划分, 结合加工精度和公差要求, 成功出具了构件加工图纸。这些加工图纸为后续的生产制造提供了详细的指导, 保证了生产制造的准确性和高效性, 同时降低了生产制造过程中的浪费和成本。选取使用BIM技术进行机房设计具有明显的优势, 不仅提高了设计的精度和效率, 还优化了机房的布局和设备的运行效率。这种数字化、智能化的设计方式有助于提升机房的整体质量和管理水平, 为机房建设和运营提供了可靠的技术支持。

### 3. 标准化预制施工

标准化预制施工的应用在机房建设中具有显著的优势。首先, 通过机房高精度BIM模型设计完成后, 可以直接导出构件精细加工图, 为预制加工厂提供准确的施工指导。相比传统的人工作业方式, 这种标准化预制方法利用机械设备进行精准下料加工, 有效提高了构件的质量。机械加工的过程更加精准、稳定, 避免了人为误差, 使得构件的尺寸和形状更加一致, 减少了因为尺寸不精确而导致的施工问题。

标准化预制施工方法还能够有效减少边角料的产生, 节省了材料成本。由于预制构件在工厂内进行加工, 可以更好地利用原材料, 减少浪费。特别是对于弯曲或异形的管道、构件, 工厂定制可以更好地满足设计需求, 保证构件的质量和外观更加优越。利用激光点云扫描技术获取生产构件的信息数据, 逆向建立实际管段构件模型, 并将其与设计模型比对, 可以提高项目装配式机电

管段生产的质量水平。通过比对设计模型和实际构件模型, 可以及时发现并修正差异, 确保施工的精度和质量。这种技术的应用使得施工过程更加精细化、智能化, 为机房建设提供了可靠的质量保障。标准化预制施工方法的应用不仅提高了施工效率和质量, 还降低了施工成本, 是一种符合现代建筑工程发展趋势的重要施工技术。

点云技术的应用带来了诸多优点: 第一, 管段扫描后总体误差较小, 精度较高, 为项目的质量控制提供了可靠的数据基础。第二, 扫描效率极高, 大大提高了工作效率。最重要的是, 利用全息视觉点云数据对装配预制加工构件进行复核, 可以节省人工复核的劳务费用, 提高生产区域的场地利用率, 从而进一步提高了项目的整体效率和质量水平。在物料管理方面, 制定了二维码内容的规范, 包括管段构件编码、加工标注图、信息区域等, 以便随时追踪管段构件的生产状态及其物理定位。根据物料管理流程, 每个阶段负责人都可以输入相应的二维码信息, 以便在后台直接生成相关表单, 实现实时追踪和管理。这种物料管理方式可以有效提高生产过程的透明度和追溯性, 为项目的整体管理提供了有力支持。在管件制作完成后, 采用14m大货车运输至现场, 经由12T吊车吊运至地下室, 用叉车水平运输。这种运输方式既保证了管件的安全运输, 又提高了运输效率, 为后续的现场组装提供了便利。

### 4. 装配式施工要点

为了应对本次机房管道的复杂性, 项目采取了分区域吊装的作业方案, 将整个施工过程分为三个区域: 区域Ⅰ、区域Ⅱ和区域Ⅲ。一旦模块运抵现场, 安装人员便按照装配图和二维码标识系统的指引, 利用管段和螺栓将各个模块连接起来, 实现全程无需焊接的作业, 就像是在搭积木一样。为了确保安装精度, 项目通过预留公差段来校正泵组间的安装误差, 保证各部件的严密连接。同时, 现场人员根据装配图纸, 通过扫描二维码获取相关信息, 将管道安装到指定位置, 并通过特制插销将管道支架整体固定提升, 与预埋在土建结构上的钢板相连接。当构件吊装至锅炉房内部后, 进行水平方向倒运, 其中吊装口位置的两台水泵待管道就位后再进行定位, 初期可以临时放置于机房外。此外, 还需在制冷机房墙面开洞, 将构件从洞口运输进入。在BIM模型的基础上, 详细规划了管道安装的顺序和施工流程, 大大提高了施工效率。通常情况下, 整个机房的装配施工只需6~8天, 这大幅提升了施工的速度和效率。

#### 四、装配式高效机房施工技术应用效果

##### 1. 机房能效

水蓄冷系统的应用对机房能效产生了显著影响。通过采用电价谷时段进行蓄冷,以及在电价峰时段释放冷量的策略,每日平均蓄冷量达到5.4万冷吨,年均蓄冷量达到1971万冷吨。尽管与传统的高效机房系统相比,水蓄冷系统的耗电量略有增加,但整体而言,全年电费和用冷单价等指标都有所降低。全年平均用冷单价降低了0.0134元/KW,年平均电价下降了0.0858元。这表明水蓄冷系统的应用有效地提高了机房的能效,为节能减排、降低运行成本做出了积极贡献。此外,水蓄冷系统的应用也在提升机房的运行效率和灵活性方面发挥了重要作用。通过合理利用电价谷时段进行蓄冷,使得机房在电价峰时段释放冷量,有效地平衡了能源供需之间的关系。这种智能化的能源管理策略有助于降低用冷单价,提高机房的经济效益。综合来看,水蓄冷系统的应用在提升机房能效、降低运行成本等方面取得了显著的效果,为机房的可持续发展奠定了坚实基础。

随着水蓄冷技术的不断发展和完善,相信其在机房领域的应用前景将更加广阔。通过进一步优化水蓄冷系统的设计和运行策略,可以进一步提高机房的能效水平,实现更大程度的节能减排和经济效益。因此,水蓄冷系统的应用在装配式高效机房施工技术中具有重要意义,为推动机房行业的可持续发展发挥着关键作用。

##### 2. 技术应用后成本节约情况

采用高效机房的优化策略不仅在初投资上节约了成本,而且在项目的每年运行费用上也实现了显著的节约。据计算,高效蓄冷设备的初投资节约达169.07万元,而采用高效机房集成系统后,项目智慧园区每年的运行费用节约了712.5万元。这种节约在长期来看,特别是考虑到中央空调的使用寿命一般为15年的情况下,具有更为显著的意义。在全生命周期内,预计可累计节约10687.5万元的运行费用。

分析显示,采用高效机房的优化策略不仅可以在项

目初始阶段实现成本节约,还能在长期内持续为项目带来运行费用的节约。由于中央空调的使用寿命较长,这种节约效益将持续延续,为项目的经济效益和可持续发展做出了积极的贡献。因此,从长期受益的角度来看,采用高效机房的优化策略是具有可持续性和经济效益的选择。在项目管理和投资决策中,全生命周期的成本节约考量非常重要。通过综合考虑项目初期投资和长期运行费用的节约,可以更全面地评估和比较不同方案的经济效益,从而做出更加合理和可持续的决策。

##### 结束语

通过本文对装配式高效机房施工技术的研究与应用进行深入探讨,可以得出结论:装配式施工技术为机房建设带来了显著的效益和优势。通过引入装配式施工,机房建设的施工周期得以大幅缩短,施工效率显著提升,同时也降低了施工成本。此外,装配式施工还能够提高机房的建筑质量和整体运行效率,使得机房更加智能、节能、环保。综合来看,装配式高效机房施工技术的研究与应用为机房建设领域带来了新的发展机遇,具有重要的实践意义和推广价值。未来,我们应进一步加强对装配式施工技术的研究和应用,不断完善技术体系,提高技术水平,促进装配式施工在机房建设中的广泛应用,推动机房建设行业向智能化、绿色化、可持续发展的方向迈进。

##### 参考文献

- [1] 卢炯平. 地铁车站高效节能制冷机房管道装配式施工技术[J]. 安装, 2019, (08): 50-52.
- [2] 郭宝国. 暖通空调高效机房节能设计与施工[J]. 江苏建材, 2023, (06): 61-62.
- [3] 潘文涛. 基于BIM的机房装配式施工技术[J]. 安装, 2024, (02): 53-54+62.
- [4] 付佳伟. BIM技术在信息系统工程施工中的运用[J]. 电子技术, 2024, 53(01): 363-365.