

大型交通建筑高品质绿色建造路径研究

蒋 成¹, 卿信强², 徐泽宇², 窦 枚³, 陈镜丞², 孙柏华², 王小兵⁴, 石瑞林⁴, 廖 飞⁴

4

(1. 湖南省机场管理集团有限公司, 湖南 长沙 410137; 2. 中国建筑第五工程局有限公司, 湖南 长沙 410004; 3. 中国建设西南设计研究院有限公司, 四川 成都 610041; 4. 中建五局第三建设(深圳)有限公司, 广东 深圳 518109)

[摘要] 绿色建造技术在促进机场环境保护、资源利用和能源效率方面发挥了积极作用。根据长沙机场改扩建工程综合交通枢纽(GTC)工程的研究与实践,通过组织建设、环境保护措施、资源节约和循环利用措施及低碳新技术的应用,可显著降低机场能源消耗和运营成本,提高运营效率。研究表明,适当采用节能设备、智能建筑管理系统可有效减少碳排放和环境影响。本研究为机场绿色建造技术的应用提供了具体指导和实践经验,有助于推动机场建造向更加可持续的方向发展。

[关键词] 机场; 绿色施工; 低碳; 信息化; 交通建筑

[中图分类号] TU248.6

[文献标识码]

A

[文章编号]

Path Exploration of High-quality Green Construction of Large Traffic Buildings

JIANG Cheng¹, QING Xinqiang², XU Zeyu², DOU Mei³, CHEN Jingcheng², SUN Baihua², WANG Xiaobing⁴, SHI Ruilin⁴, LIAO Fei⁴

(1. Hunan Airport Management Group Co., Ltd., Changsha, Hunan 410137, China; 2. China Construction Fifth Engineering Division Co., Ltd., Changsha, Hunan 410004, China; 3. China Southwest Architectural Design and Research Institute Co., Ltd., Chengdu, Sichuan 610041, China; 4. The Third Construction (Shenzhen) Co., Ltd. of China Construction Fifth Engineering Bureau Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong 518109, China)

Abstract: Green construction technology has played a positive role in promoting environmental protection, resource utilization and energy efficiency of airports. According to the research and practice of the comprehensive transportation center (GTC) project of Changsha Airport reconstruction and expansion project, the energy consumption and operation cost of the airport can be significantly reduced and the operation efficiency can be improved through the organization construction, environmental protection measures, resource conservation and recycling measures and the application of new low-carbon technologies. Studies show that the adoption of appropriate energy-saving equipment and intelligent building management systems can effectively reduce carbon emissions and environmental impact. This study provides specific guidance and practical experience for the application of airport green construction technology, which is helpful to promote the development of airport construction in a more sustainable direction.

Keywords: airports; green construction; low carbon; informatization; traffic buildings

0 引言

随着全球航空业的快速发展和人们对可持续发展的日益关注,机场作为交通枢纽

[作者简介]蒋 成, 高级工程师, E-mail: 946945595@qq.com

[收稿日期]2023-11-27

之一，其环境影响日益受到关注。传统机场建设与运营模式所带来的大量碳排放、能源消耗和资源浪费等问题已引起广泛担忧。绿色建造技术逐渐成为实现机场可持续发展的重要手段。

近年来，许多机场已意识到采用绿色建造技术的重要性，并开始在建设和改造过程中采取相应措施^[1-2]。例如，2006年，民航局提出“节约、环保、科技和人性化”的“绿色机场”理念；徐军库^[3]通过在昆明新机场开展绿色机场建设的研究与实践，探索民用机场在绿色机场建设与运行方面的经验，为建立中国绿色机场建设基准奠定基础；雷素素等^[4]通过科技攻关和技术、管理创新，提炼出大型机场航站楼智慧、绿色建造技术和管理体系，指导航站楼优质、高效建造。王继东等^[5]介绍了青岛胶东机场及其照明示范工程内容，其成果为推动中国绿色发展与“双碳”目标实现提供宝贵的实践经验。

本文旨在探讨机场绿色建造技术在实际应用中的可行性和效果，以及绿色建造对机场环境可持续发展的重要性。通过对长沙机场 GTC 工程绿色建造项目的案例研究，总结和归纳出可行性较高的技术与策略，为未来机场建设和改造提供参考与指导。

1 全过程绿色建造

1.1 工程绿建背景

长沙机场改扩建工程位于现长沙黄花国际机场 T2 航站楼跑道东侧，是湖南贯彻实施“三高四新”战略、打造内陆地区改革开放高地、推动长江中游城市群发展和加快长株潭都市圈建设的关键工程，对加快构建“长沙 4h 航空经济圈”，开创中部地区崛起新局面，提升长沙首位度具有重要意义。目前，其已被列为交通运输部加快建设交通强国“十四五”规划重点工程，以及湖南省首批绿色建造试点项目。

1.2 绿建组织建设

1.2.1 实施思路及目标

充分利用湖南省绿色建造试点省份首批绿色建造试点项目这一契机，将绿色发展理念融入工程策划、设计、生产、施工、交

付的建造全过程，充分体现建造活动绿色化、建造方式工业化、建造手段信息化、建造管理集约化和建造过程产业化的总体特征。以项目取得绿色建筑三星级标识为最终目标，在规划设计、施工、运营等各阶段进行全过程把控，并对规划、设计、施工、第三方检测单位等各参与方需关注和落实的技术措施进行梳理和分工，分阶段、分单位、分专业制订实施方案。以绿色化、工业化、信息化、集约化的思维和举措，形成一批关键共性绿色建造技术和重要管理创新机制，打造具有行业代表性的绿色建造范例，引领产品、工程、服务质量持续提升，促进工程绿色建设向更低能耗、更优品质、更高效率发展。

1.2.2 绿色建造实施模式

长沙机场改扩建工程综合交通枢纽项目采用施工总承包+绿色建造全过程咨询模式。项目绿色建造采用参建单位共同协作、分阶段推进的方式开展，以建设单位牵头负责，建设指挥部作为常设组织开展统筹与监督；设计单位绿建团队将绿建技术措施纳入设计图并提供全过程咨询和技术指导；施工单位及第三方检测单位互相协作，作为落实各项绿建设计及技术措施的主体。通过建立多单位绿色建造工作协调机制，实现各参建单位统一协作，达成规划设计、施工、运营全过程控制。

1.2.3 绿色建造组织结构

三家单位以联合体项目部为中心，联动业主、设计方，精心规划绿色建造构架（见图1），组建了一支分工明确、富有战斗力的绿色建造团队，以联合体项目部为协调中心，各单位技术负责人参与绿建工作协调，并在各项目分部成立了以项目经理为第一责任人、技术负责人为绿建协调人的绿色施工组织机构，形成绿色施工的组织保障。

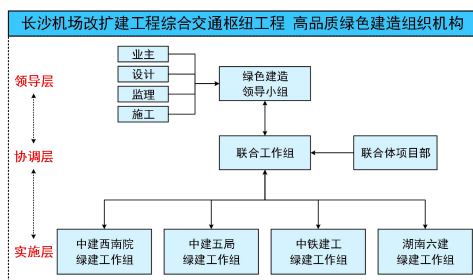


图 1 绿色建造组织机构

Fig.1 Green construction organization

1.2.4 总体方案

基于全过程控制、多单位协作的思路，通过全方位调查和评估，制定项目的《绿色建造实施策划》及《绿色施工专项方案》。围绕国家绿色发展战略和行业绿色发展要求，针对同类型项目的经验和本项目特点开展调查研究，并根据 GB/T 50378—2019《绿色建筑评价标准》的相关要求选择绿色技术措施，建立绿建三星技术措施及自评分系统，在建设单位全盘统筹下分阶段、分单位、分专业制订执行方案，建立协调与监督机制，保障各项举措切实落地，最终达成绿色建筑三星级标识的目标。

根据工程需求、实施阶段及参与各方分工，将绿色建造工作分为 3 个阶段进行。

1)设计阶段：由建设单位提出绿色建造的需求和主要方向，设计单位分专业对建筑、结构、给排水、暖通、强电、弱电、景观及装饰装修专业进行了技术措施评估，并将各专业所采用的绿建三星技术措施在设计图中落实。

2)施工阶段：设计单位根据绿建设计编制《项目绿色建造技术措施全过程控制指导手册》，提供咨询及技术指导服务。该指导手册分单位、分专业梳理绿建技术措施具体要求、实施时间及对应分值，施工单位及第三方检测单位充分参与指导手册的讨论及修订，并依据正式版指导手册的要求编制实施方案并落实各项绿建技术措施，确保达到相应绿色效益并取得分值。

3)交付运行阶段：根据指导手册，在项目交付前进行综合效能调适，并由第三方检测单位完成相关检测和效果评估。物业单位开展切实有效的日常运维。

2 设计中绿色建造

本项目在设计阶段考虑绿色化、低碳化、人性化和智慧化“四化一体”，为使用者提供健康、适用和高效的使用空间。同时，以资源节约为绿色建筑核心设计理念，结合安全耐久、健康舒适、生活便利、资源节约、环境宜居五大主要设计原则，建设集约高效、适用性与环保性结合的“绿色交通枢纽工程”。

2.1 安全耐久

2.1.1 整体耐久性

1)结构耐久：本项目采用高耐久混凝土，提高抗渗性能、抗硫酸盐侵蚀性能、抗碳化性能等耐久性指标要求；钢构件和涂料满足现行国家、行业标准中耐久性材料的相关要求。

2)部件耐久：建筑给水系统、电气系统及门窗、水嘴、阀门等相关设备系统和部品部件采用耐久性好的产品和材料。

3)装修耐久：采用耐久性好的外饰面材料、防水卷材和室内装饰材料，每类材料的用量比例 $\geq 80\%$ 。

2.1.2 防护措施

1)防护措施：外窗幕墙和出入口等部位强化防坠设计，建筑周边设置景观绿化带降低坠物风险。

2)防护产品：玻璃幕墙、玻璃门、玻璃防护栏等均采用安全玻璃，对于人流量大、门窗开合频率高的区域采取延时关闭门器等防夹措施。

2.2 健康舒适

2.2.1 室内光环境

本项目采用平天窗和高性能透明围护结构相结合的方式，采用多腔断热桥铝合金中空三银 LOW-E 玻璃（6+12Ar+6），车库地上部分外墙开敞，尽量利用自然通风及采光室内空气环境，减少设备投资。东、西区车库结合坡道各设置有 2 个天井，保证车库的自然通风及采光，绿色节能，最大限度地降低停车楼能耗（见图 2）。内区采光比例达到 60%，且满足采光要求的时间 $\geq 4\text{h/d}$ ，并设有眩光控制措施。

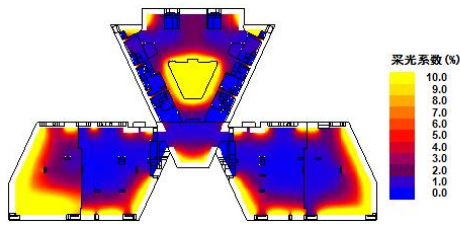


图 2.4 层平面采光系数分布

Fig.2 Distribution of lighting coefficients on the fourth floor plan

2.2.2 室内空气品质

1)污染物浓度：本项目采用环保等级高的装修材料，同时新风系统及组合式空调机组内设置空气过滤装置等空气处理措施，有效降低室内污染物浓度，其指标低于 GB/T 18883—2022《室内空气质量标准》规定限值的 20%。

2)CO 监控系统：地下车库设置 CO 监测装置并与通风系统联动。

3)空气质量监控：设置空气质量监控系统，对 PM10，PM2.5，CO₂ 分别进行定时连续测量、显示、记录和数据传输。

4)热湿环境：采用人工冷热源的主要功能房间室内空调设计参数均满足 GB/T 50785—2012《民用建筑室内热湿环境评价标准》规定的II级标准。

2.3 生活便利

2.3.1 交通联系便捷

本项目采用步行优先的交通组织，严格控制各交通换乘距离。

1)布局集约，步行距离短：集成 4 种地面交通（出租车、机场大巴、长途大巴、社会车辆）和 4 种轨道交通（地铁、磁悬浮、城际快线、高速铁路），是国内涵盖交通接驳方式最多、无缝换乘效率最高的机场之一。

2)以人为本，简洁高效：停车楼每层候车区结合车道边设计，设有自动售卖、候车休息、手推车收集区及手推车回收电梯，提供多元人性化设施，打造高品质舒适空间。

3)电动汽车设施完善：设有满足规划要求的充电桩或预留安装条件，并设置电动车和无障碍停车位。

2.3.2 智慧人性化管理

本项目利用后发优势，全面吸收国内先进机场经验，运用低密度光定位技术，实现室内停车及反向寻车在线实时导航；建设综合交通运行管理系统平台，将机场、铁路、**交运**等交通运输系统互联，完成地面交通与航班无缝衔接，打造空空、空地的“一站通”“一点通”，实现机场自身的业务管理信息、行业监管部门信息的高度统一、共享、协同，为旅客出行提供更人性、更高效、更优质、更便捷的换乘体验和服务。

设置照明控制、安全报警、建筑设备控制等服务功能，并具有远程监控功能。智能化服务平台与智慧平台对接，包括智慧物业管理、电子商务服务等。

2.4 资源节约

2.4.1 建筑节能

建筑围护结构节能性能满足 GB 50189—2015《公共建筑节能设计标准》中的相关要求，其中主要围护结构热工性能（屋顶、外墙、玻璃幕墙/外窗）在该标准基础上提高 20%，以达到绿色建筑三星级要求，建筑碳排放强度降低 40%以上（见图 3）。

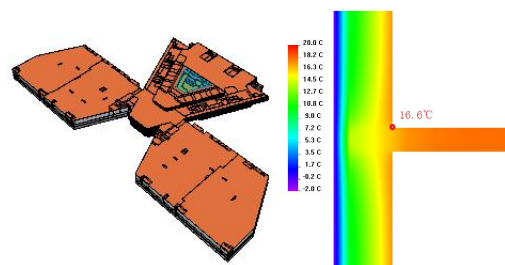


图 3 建筑节能模型及热桥模拟

Fig.3 Building energy efficiency model and thermal bridge simulation

2.4.2 设备节能

1)节能照明与设备：本项目主要功能房间照明功率密度值满足 GB 50034—2013《建筑照明设计标准》的目标值，并采用满足国家标准节能评价值的用能设备；电梯采取节能控制措施。

2)节水器具与设备：本项目设置远传水表，50%以上卫生器具的用水效率等级达到 1 级；同时，采取节水灌溉措施和节水控制措施。屋顶绿化灌溉、车库及道路冲洗雨水

用量占其总用水量的比例达到 60%。

2.4.3 高强绿色建材

1)合理采用高强建筑结构材料及构件：混凝土结构 400MPa 级及以上强度等级钢筋应用比例达到 85%，混凝土竖向承重结构采用强度等级 $\geq$ C50 混凝土用量占竖向承重结构中混凝土总用量的比例达到 50%。钢结构 Q355 及以上高强钢材用量占钢材总用量的比例达到 70%，钢结构采用施工时免支撑的楼屋面板。

2)绿色建材：主体结构材料、围护墙和內隔墙、装修材料及其他建材采用绿色建材的用量比例 $\geq$ 70%。

2.5 环境宜居

2.5.1 室外风环境

冬季室外风速 $<5\text{m/s}$ ，场地内风速分布均匀，建筑迎风与背风面成压差 $<5\text{Pa}$ ，夏季人活动区域无无风区，且自然通风效果好（见图 4，5）。

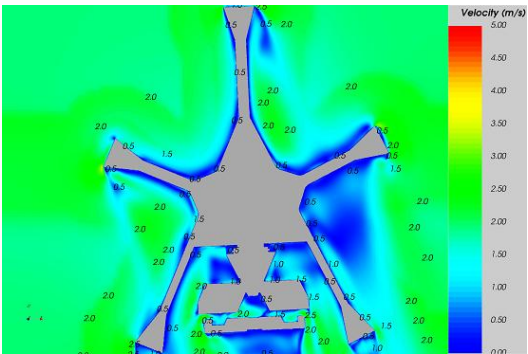


图 4 冬季工况整个计算域 1.5m 平面高度处风速原始云图

Fig.4 Raw wind speed contours at 1.5m plane height over the entire computational domain for winter conditions

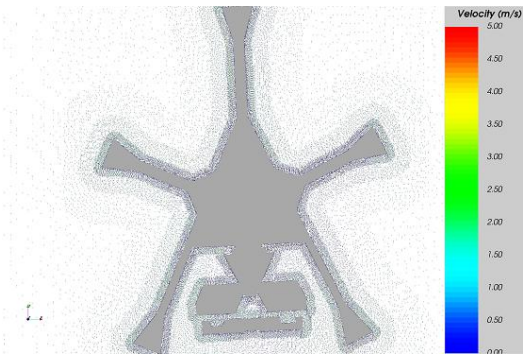


图 5 夏季工况 1.5m 平面高度处风速矢量示意

Fig.5 Wind speed vector at 1.5m plane height under summer working condition

2.5.1 低影响开发

通过屋顶绿化、透水铺装、下凹式绿地等措施减少雨水径流量，场地年径流总量控制率达到 70%以上。项目场地内绿地率达到规划指标的 105%以上，下凹式绿地占绿地面积的比例达到 40%。

屋顶花园注重生态性和美观性，考虑雨水回收利用。利用植物配置、景观照明、休闲座椅、遮阳构件等营造舒适怡人的休闲场所。

本项目内通过种植乡土植物，并采用乔灌草相结合的复层绿化方式，覆土深度和排水能力均满足植物需求。

3 施工过程中绿色建造

3.1 环境保护措施

3.1.1 机场不停航方案

本项目毗邻运营中机场，为满足机场管理方对施工提出“不停航”要求，项目部成立环境管理部门，编制《不停航管理方案》，通过科学合理的施工安排，严控 FOD，确保施工作业引起的生活垃圾、扬尘、水、光、声、气等污染均不对机场运营产生不利影响。

3.1.2 扬尘管控

现场布置 8 套环境监测系统，覆盖整个场地，实现全天候、无死角、自动化环境指标监测，严格落实 8 个 100%要求（见图 6），切实做到施工现场封闭管理、物料堆放覆盖、施工道路硬化、渣土运输车辆清洗、施工中湿法作业、拆除工程洒水降尘、绿化带隔离、临时设施标准化，且采用快速抑尘新工艺，使项目各阶段扬尘高度、空气可悬浮颗粒物均低于目标值。



图 6 8 个 100%施工标准

Fig.6 Eight 100% construction standards

3.1.3 水、土、光污染防治

项目部编制排水专项方案，采用污水处理一体化设备（见图 7），对施工过程中的污水进行处理，确保污水达标排放，生产、生活污水均经处理达标后排放；油漆、涂料等均采用环保型产品，并封闭入库存放；同时，对施工现场的土壤进行保护，防止土壤污染；在光照方面，采用遮光网等设施，规范使用灯光，确保不影响航班夜间起降。

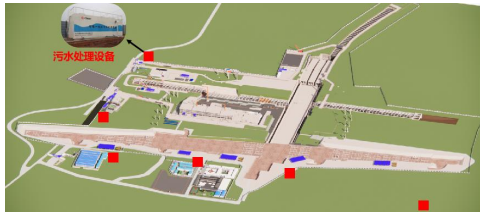


图 7 污水处理设备布置

Fig.7 Layout of sewage treatment equipment

3.2 资源节约与循环利用措施

3.2.1 材料资源节约与利用

1)绿色建材使用

秉持绿色发展理念，推广使用绿色建材，并将相关绿色建材标识纳入分包单位和材料进场管理要求，确保主要材料均有绿色建材标识，绿色建材使用比例达 81%。

2)高性能材料与高周转材料

本项目采用高性能材料“四级钢”，提高建筑物的安全性能，节约资源，降低环境污染。设专业钢筋工长，专职优化钢筋下料；并减少钢筋集中加工车间，对钢筋进行数控集中加工及统一配送，提升效率、降低钢筋损耗。

本项目采用高周转节能环保材料密肋模壳，配合模板系统使用，能有效提高混凝土结构平整度和质量，其可重复使用的特点可极大降低建筑材料采购成本，减少建筑垃圾产生，有利于环境保护。目前项目的密肋模壳周转次数已>20 次。

3)标准化循环利用

本项目采取标准化安全防护，如现场采用装配式围挡；基坑上下采用标准化楼梯；配电箱设置标准化防护棚；进出楼层均设置

安全通道；钢筋加工棚、木工加工棚采用成品式防护棚；楼梯口搭设成品式防护栏杆；临边位置采用永临结合防护栏杆；预留洞口设置标准化盖板防护等。标准化防护构件在提升安全性的同时，可 100%重复再利用。

4)限额领料与建筑垃圾控制

项目部采用公司协同平台执行线上限额领料制度；限额领料表单由施工员发起，由商务经理审批通过后方可发料，施工完毕后物资主管收集发料单并再次审核批准，最后由施工员填报实际用量与量差分析，完成一次限额领料，物资主管汇总本项目限额领料全部信息，并可生成管理台账，便于开展主材用量分析和提出相关材料节约措施。

在建筑垃圾控制方面，合理制定材料进场计划，优化钢筋下料；固废分类回收处理，建立台账；并积极循环利用建筑垃圾；同时，本项目应用中建五局工程创新研究院自研渣土原位制备建材技术，将渣土高效转化为路面砖、流态固化土等产品再次利用。

3.2.2 水资源节约与利用

项目部制定节水制度，配置节水器具，采用雨水回收再利用系统，充分利用喷雾除尘、雨水回收再利用、循环用水等节水技术，将场地原有水塘作为调蓄池（容积约 1 800m³），将地表雨水通过排水沟渠、集水坑、抽排设备汇集，经沉淀、过滤形成中水，就近供应用于车辆、卫生间等冲洗，或结构砌筑、养护用水；项目>30%用水为回用雨水，减少了水资源消耗。

办公区、生活区安装节水装置共计 318 套，节水设备配置率 100%，办公、生活区用水占比为 42.2%。根据用水数据统计，本项目节水效果显著，实际用水仅 3.8m³/万元产值，非传统水源用量占比为 35.7%。

3.2.3 能源节约与利用

1)节能设备应用

施工区域布设智能灯塔供夜间作业照明（见图 8），加装智能控制设备，实现远程遥控、定时或光感开/关，降低人力损耗，减少不及时开关照明引起的电能损耗或工期延误；在办公生活区、施工区均设置太阳

能光伏路灯，充分利用自然光能，减少项目用能消耗，光伏发电量约占项目总用能的1%；在办公、生活区采用空气源热泵，满足生活区的供暖、制冷和热水需求，避免火灾隐患。



图 8 节能设备应用

Fig.8 Application of energy-saving equipment

2)就近取材

坚持就近取材，中建西部为本项目专门就近建站，运输距离缩短至 2.4km，较最近商品混凝土搅拌站缩短 74%，减少碳排放 0.56kg/m²；钢筋优先选择湘钢和涟钢，运距分别为 65, 133km，极大降低材料运输成本，较 200km 以上钢铁厂减少碳排放 2.1kg/m²；本项目主要材料供应商 83 家，500km 以内共 79 家，就地取材率为 95.2%，钢筋、混凝土等主材运距均在 200km 以内。

3)节能材料应用

屋面保温层选用密度较小、导热系数较大的保温材料 100mm 挤塑聚苯板 XPS（B1 级）作为保温层，改善屋面层的热工性能阻止热量传递。外墙采用墙体自保温+外保温系统，保温材料采用 70mm 厚无饰面岩棉条复合板，围护结构热工性能比国家现行相关建筑节能设计标准的要求提高 20%。

3.2.4 节约用地及施工用地保护

本项目充分考虑建筑物的空间布局和功能分布，利用 BIM 技术根据施工计划开展平面布置，合理调配资源，使施工现场的布局紧凑，减少无效用地，提高土地利用率；同时，参与工程整体土方调配，实现“土方零外运”，避免弃土占地。项目实现构件制作工厂化，钢筋加工集中化，预制装配式构件和钢管柱等从工厂加工完成后统一运输至施工现场，项目办公区和生活区在用地范

围内采用多层轻钢活动板房等可重复使用的装配式结构，实现土地资源的合理利用。

3.3 低碳新技术应用措施

3.3.1 实体新工艺应用

项目采用大面积裸土快速抑尘绿色施工工艺（见图 9）。以自行研发的复合型植物提取物基质抑尘剂为核心，起到润湿、粘结、防风、防日晒、防浸蚀、防尘和抗雨水冲刷的作用。且此抑尘剂超过抑尘有效期后，其有效成分在日照及微生物作用下加速降解，降解后的有机成分可改良土质，促进植物生根生长，加速裸露土壤向绿植覆盖的转换。

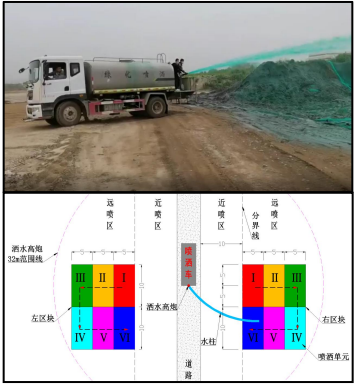


图 9 大面积裸土快速抑尘绿色施工工艺

Fig.9 Large area bare soil fast dust suppression green construction technology

此外，采用高周转定型模壳的现浇钢筋混凝土密肋楼盖施工工艺（见图 10），此工艺定型模具制作的模壳作为模板，支撑体系选用普通钢管脚手架，再进行钢筋绑扎和混凝土浇筑，在同等条件下，有效节约混凝土和钢材 30%~40%。相比于普通主次梁楼盖综合造价降低约 100/m² 元，降低成本接近 30%，有效减少了施工现场噪声、粉尘及建筑垃圾产生。

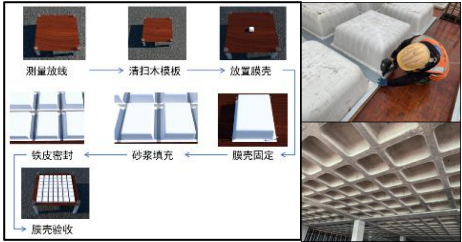


图 10 现浇钢筋混凝土密肋楼盖施工工艺

Fig.10 Construction technology of cast-in-place reinforced concrete dense ribbed floor

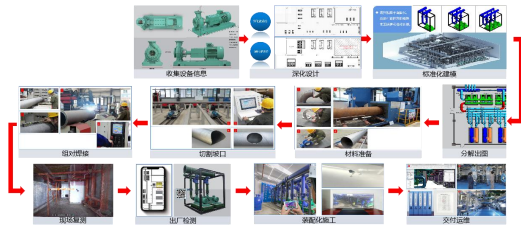


图 11 装配式机房安装工艺

Fig.11 Installation process of prefabricated machine room

同时，本项目采用中建奇配装配式机房安装工艺（见图 11），采用模块化、预制化设计理念，将各组件在工厂内完成制造和测试，减少了现场施工时间，可快速满足现场对数据中心的迫切需求，且各项设施都采用标准化接口，方便安装、维护和升级，并充分考虑节能环保需求，采用高效制冷、供电系统，降低了能耗及运行成本。

本项目对现场钢筋用料进行集中加工，使钢筋生产、配送和安装环节紧密衔接，减少了中间环节的时间损耗，提高了施工效率，同时，通过对钢筋的集中采购、加工和配送，降低材料和人力成本，现场加工可根据实际需求进行定制，避免浪费，且有利于对钢筋质量进行严格把控，可根据施工图纸进行个性化定制，确保钢筋安装准确性，且集中加工可减少现场钢筋切割、焊接等作业产生的噪声、粉尘等污染物，有利于环境保护。

本项目采用雨水收集再利用技术（见图 12），在施工现场设置雨水收集设施，如雨水管网、蓄水池等，将雨水通过收集设施汇集起来经过沉淀去除其中的杂质及悬浮物，用于施工现场的非饮用水消耗。通过雨水收集再利用技术，本项目有效避免了水资源浪费，降低施工成本，有利于节约能源、减少碳排放，提高水资源利用效率，促进绿色发展。

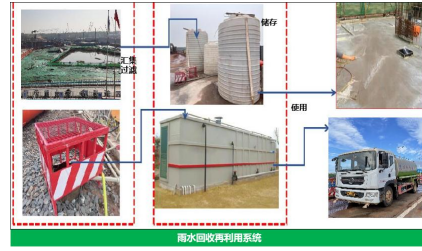


图 12 雨水收集再利用技术

Fig.12 Rainwater collection and reuse technology

3.3.2 信息化技术应用

本项目工况复杂，在施工阶段全生命周期应用 BIM 技术辅助工程建设（见图 13）。本项目基于 BIM 模型，快速利用 BIM 技术进行图纸会审，高效查缺找漏，提高图纸审查效率；同时，集合施工组织设计，进行三维场布推演，对不同施工期间场内外道路进行整体规划，减少材料的二次搬运，得到最经济、合理的场布方案，最大限度节约现场用地；建立 BIM 基坑模型，对基坑内部频繁变化的标高进行详细分析，就基坑内部的坑中坑标高进行提资，准确为测量部门及后续土方施工单位提供数据参考；基于项目实际情况，存在施工单位不一、结构单体相互压覆或共筑情况，利用 BIM 技术对复杂结构的空間位置关系进行分析，优化施工部署，提高业主、监理、设计及施工等各单位的沟通效率；同时，基于 BIM 模型集合进度计划，实现 4D 进度推演，有效管控现场施工进度；基于 BIM 技术信息化特点，还实现工程量统计、方案优化对比等。通过 BIM 技术的应用，更好地对施工现场进行成本管控，极大地提升工程建设的效率，目前已实现项目降本增效，工期缩短约 130d。

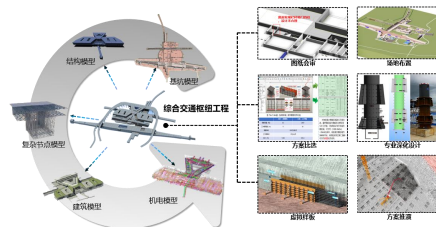


图 13 信息化技术应用

Fig.13 Application of information technology

4 运维过程中绿色建造

1)设置便于识别和使用的标识系统,包括导向标识和定位标识等,能为建筑使用者带来便捷的使用体验。

2)在建筑平面、建筑标识系统、车库导图中明确相关标识的设置位置、安装高度等,并满足相关标准要求,设置显著、醒目的安全警示标志、安全引导指示标志。

3)定期对围护结构进行检查、维护与管理,必要时更换处理,外部设施需定期检修和维护。

4)保持通行空间路线畅通、视线清晰,防止给人员活动、步行交通、消防疏散埋下安全隐患。

5)建筑室内及建筑出入口具有显著、醒目的禁烟标志。

6)运维中涵盖各类操作规程、应急预案及操作人员的专业证书;应急预案中明确规定各种突发事件的处理流程、人员分工、严格的上报和记录程序,并对专业维修人员的安全有严格保障措施。

7)节能、节水设施设备具有巡回检查制度、保养维护制度,并有完善的运行记录等;节材具有详细、完整的购置和使用记录;绿化保养具有完善的保养维护制度,并有完整的养护记录、药品的购置和使用记录。

8)建立节能和节水绩效考核激励机制。

9)运维中涉及的相关能耗记录数据记录全面,明确项目所处的节能水平及优化潜力,优化方案应明确优化目标及措施。

10)开展了绿色建筑运营效果评估工作,每年组织 ≥ 2 次的绿色建筑技术宣传、绿色生活引导、灾害应急演练等绿色教育宣传和实践活动。

11)建立绿色生活展示、体验和交流分享平台,向使用者提供绿色设施使用手册。

12)每年开展1次针对建筑绿色性能的使用者满意度调查,且根据调查结果制定改进措施并实施、公示。

13)建立了对厨余垃圾或其他可生物降解垃圾分类收集管理制度,包括对可回收垃圾分类收集管理制度、有害垃圾分类收集管理制度、垃圾分类收集管理制度。

5 结语

绿色建造技术应用不仅对机场的环境影响和资源利用产生积极影响,同时也可有效提升机场运营效率。通过组织建设、环境保护措施、资源节约和循环利用措施及低碳新技术应用,机场可降低能源消耗和运营成本,提高运营效率和可持续性。

参考文献:

[1] 刘创,周千帆,许立山,等.“智慧、透明、绿色”的数字孪生工地关键技术研究及应用[J].施工技术,2019,48(1):4-8.

LIU C, ZHOU Q F, XU L S, et al. Research and application of key technologies in “intelligent, transparent, and green” digital twin construction site [J]. Construction technology, 2019, 48(1): 4-8.

[2] 曾凝霜,刘琰,徐波.基于 BIM 的智慧工地管理体系框架研究[J].施工技术,2015,44(10):96-100.

ZENG N S, LIU Y, XU B. Research on BIM based smart construction site management system framework [J]. Construction technology, 2015, 44(10): 96-100.

[3] 徐军库.民航绿色建造的研究与实践[J].绿色建造与智能建筑,2022(11):29-35.

XU J K. Research and practice on green construction in civil aviation [J]. Green construction and intelligent building, 2022(11): 29-35.

[4] 雷素素,李建华,段先军,等.北京大兴国际机场超大平面航站楼绿色智慧建造[J].施工技术,2019,48(20):120-124.

LEI S S, LI J H, DUAN X J, et al. Green and smart construction of the super large plane terminal building at Beijing Daxing International Airport [J]. Construction technology, 2019, 48(20): 120-124.

[5] 王继东,徐军库.青岛胶东国际机场绿色照明示范工程[J].绿色建造与智能建筑,2023(4):22-24.

WANG J D, XU J K. Green lighting demonstration project of Qingdao Jiaodong International Airport [J]. Green construction and intelligent building, 2023(4): 22-24.

[6] 朱正荣,程林,陈镜丞,等.长沙机场 GTC 项目大面积裸土快速抑尘绿色施工技术[J].施工技术(中英文),2022,51(16):14-17,22.

ZHU Z R, CHENG L, CHEN J C, et al. Green construction technology for rapid dust suppression on large areas of bare soil in Changsha Airport GTC project [J]. Construction technology, 2022, 51(16): 14-17,22.

[7] 刘加强,蒋成,陈镜丞,等.长沙机场 GTC 项目红黏土绿色生态改良技术[J].施工技术(中英文),2022,51(16):18-22.

LIU J Q, JIANG C, CHEN J C, et al. Red clay green ecological improvement technology in Changsha Airport GTC project [J]. Construction technology, 2022, 51(16): 18-22.