

场馆升旗控制系统与信息无障碍系统的 协同设计与实践

吴俊

(深圳市博铭维系统工程有限公司)

【摘要】文章以场馆为研究对象，围绕升旗控制系统与信息无障碍系统协同设计，系统阐述两类系统的技术架构、功能实现及集成逻辑，重点分析基于嵌入式冗余控制的升旗精准同步技术与融合多模态交互的信息无障碍全场景适配方案，论证二者通过标准化数据接口实现场景联动的价值——既保障升旗仪式的庄重性与升降精准度，又借助实时信息推送确保残障群体平等感知仪式进程。结合系统测试数据与模拟运行反馈，验证了该协同方案的可行性与实用性，为大型场馆智慧化建设中“功能性与人文性”融合提供技术路径与实践参考，对推动智慧建筑包容性发展具有积极意义。

【关键词】智慧场馆；升旗控制系统；信息无障碍系统；协同设计；多模态交互；嵌入式冗余控制

中图分类号：TU85；TU245.2

DOI：10.13655/j.cnki.ibci.2025.S2.104

Collaborative Design and Practice of Venue Flag-Raising Control System and Information Accessibility System

WU Jun

(Shenzhen Bomingwei System Engineering Co., Ltd.)

【Abstract】Taking venues as the research object, this paper focuses on the collaborative design of the flag-raising control system and the information accessibility system, systematically expounds the technical architecture, function realization and integration logic of the two systems, and focuses on analyzing the flag-raising precise synchronization technology based on embedded redundant control and the full-scenario adaptation scheme of information accessibility integrating multi-modal interaction. It demonstrates the value of scenario linkage between the two through standardized data interfaces—not only ensuring the solemnity and lifting accuracy of the flag-raising ceremony, but also ensuring that people with disabilities can equally perceive the ceremony process through real-time information push. Combined with system test data and simulated operation feedback, the feasibility and practicality of the collaborative scheme are verified, which provides a technical path and practical reference for the integration of "functionality and humanity" in the intelligent construction of large venues and plays a positive role in promoting the inclusive development of smart buildings.

【Keywords】smart venue; flag-raising control system; information accessibility system; collaborative design; multimodal interaction; embedded redundant control

1 引言

大型公共场馆作为城市文化地标与仪式核心承载空间，需同步承载“仪式精准”与“服务普惠”双重核心诉求：旗帜升降控制精度、与国歌的同步精度及运行稳定性，直接决定大型赛事等场景的效果；而信息无障碍服务通过字幕、语音、盲文等多元适配，保障残障群体平等参与权益，既是智慧建筑“以人为本”理念的核心体现，更是社会文明进步的标志。

传统场馆中，升旗控制系统与信息无障碍系统多为独立部署模式，存在显著短板：升旗关键节点数据与无障碍系统未打通，导致特殊群体难以精准感知仪式进程；无障碍设备运行状态未纳入场馆整体

监控体系，应急响应不同步，影响服务连贯性。依据《智能建筑设计标准》(GB 50314-2015)与《无障碍设计规范》(GB 50763-2012)中“多系统集成、人性化设计”的要求，如何通过架构优化、接口标准化、联动逻辑重构实现两类系统深度协同，已成为提升场馆智慧化水平与服务包容性的关键课题。

本文基于场馆建设实践经验，从技术架构构建、功能设计优化、集成方案落地三维度，系统梳理两类系统的协同实现路径，结合测试数据验证方案可行性，为同类场馆智慧化升级与包容性服务优化提供技术支撑。

2 系统技术架构与核心功能设计

2.1 升旗控制系统:精准控制与仪式感保障

2.1.1 技术架构

系统采用“感知—控制—应用”三层架构结合嵌入式冗余设计,构建高精度、高可靠的控制体系,确保复杂环境下的稳定运行。

感知层:部署高精度绝对式编码器(分辨率 $\leq 0.1^\circ$)、激光测距仪(误差 $\leq 1\text{cm}$)及温湿度传感器,实时采集旗帜升降位置、速度及环境参数,为控制决策提供数据支撑。

控制层:以32位嵌入式运动控制器为核心,搭载专用芯片与实时系统(响应 $\leq 1\text{ms}$),保障控制指令的快速执行与精准落地。

应用层:含组态软件中控终端(预设升旗程序,同步误差 $\leq 0.5\text{s}$)与带权限加密的应急操控面板,实现远程集中控制与现场应急操作的双重保障。

硬件层面,系统由旗杆、高精度升降装置、风动飘旗系统、旋转顺风系统组成,各部件协同实现仪式场景的全流程保障。

2.1.2 核心功能

多模式控制:支持手动(断电应急,速率 $\geq 0.5\text{m/s}$)、自动(PID调节,同步精度 0.1s)、远程(RS485/以太网通信,开放API)三种模式,适配不同场景。

精准同步与场景适配:自动匹配国歌时长,中断时暂停报警;AI自适应旗杆高度,预设常规、庆典、半旗模式;支持多旗帜同步升降(偏差 $\leq 5\text{cm}$),中控终端实时可视化展示旗帜位置、升降速度等参数。

应急与安全保护:机械防冲顶、防脱缆;电气双重限位、过载保护及双电源切换;风速 $\geq 10\text{m/s}$ 自动降旗,核心部件IP65防护;编码器异常时切换激光测距数据,过载触发声光报警与运维推送,保障系统安全可控。

风动与旋转控制:风动系统消音 $\leq 60\text{dB}$,实时调功率;旋转系统随风向调整,带限位与应急按钮,实现旗帜朝向的精准控制。

2.1.3 性能要求

旗杆采用6063-T6铝合金(氧化层 $20\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$,无焊缝);升降机构带机械限位、防卡线滑轮与内置电机;控制系统支持遥控、触屏及中控室统一

控制,适配 $18\text{s}\sim 200\text{s}$ 歌曲升降需求,满足不同规格仪式场景的使用要求。

2.2 信息无障碍系统:全场景适配与平等服务

2.2.1 技术架构

系统以“多模态信息交互”为核心设计理念,构建“采集—处理—输出”三层架构,实现视觉、听觉、肢体障碍群体的全场景适配。

信息采集层:部署200万像素高清摄像头(帧率 25fps ,支持手势识别);8麦克风阵列(拾音 $0\sim 5\text{m}$,信噪比 $\geq 60\text{dB}$);红外人体传感器(探测 $0\sim 8\text{m}$),获取环境与用户信息。

处理层:搭载边缘计算单元,运行AI语义分析(BERT模型)与图像识别(YOLOv5算法),将声音、图像转化为可交互数据,处理延迟 $\leq 500\text{ms}$,保障信息交互的实时性。

输出层:含无障碍终端(盲文显示屏、震动手环),公共显示设备(P2.5室内LED字幕屏),音频设备(感应线圈助听系统),实现信息多渠道传递。

2.2.2 核心功能

1) 听觉障碍适配

定向麦克风阵列采集舞台音频后,经准确率 $\geq 98\%$ 的AI语音识别技术转化为文字,1秒内同步推送至8块LED字幕屏(字号 ≥ 24 号,对比度 $1000:1$)及手机端;舞台两侧配置55英寸手语翻译屏,其动作与语音的匹配延迟 $\leq 1.5\text{s}$,确保听障群体实时同步获取仪式信息与现场讲解内容。

2) 视觉障碍适配

沿无障碍流线布设信息屏、智能服务桩、语音提示装置,形成“数智盲道”感知网络。语音装置内嵌蓝牙模块,扫描用户穿戴设备信标后触发播报,自动构建声音地图,告知区域信息,支持自定义语速与音量。

3) 肢体障碍适配

无障碍电梯、坡道按钮设盲文标识与语音反馈;观众席预留16个轮椅席位,配备可调节桌板($50\text{cm}\sim 80\text{cm}$)与紧急呼叫按钮(响应 $\leq 10\text{s}$),按钮触发后运维平台立即收到报警信息,可提供引导、物品传递等协助服务;场馆通道宽度 $\geq 1.5\text{m}$,地面采用防滑耐磨材质,设置明显触觉导向标识,方便肢体障碍群体通行。

3 系统协同设计与集成方案

3.1 数据交互与场景联动

基于场馆私有云平台设计标准化数据共享接口,构建“双向互通、精准联动”的协同逻辑,实现三类核心场景的联动运行。

①升旗信息同步至无障碍系统:升旗系统启动程序时,通过 OPC UA 接口推送时间节点。无障碍系统提前 1 分钟激活功能,向听觉障碍用户推送字幕提示,向视觉障碍用户播报仪式预告,确保特殊群体提前做好准备。

②无障碍需求反馈至升旗系统:无障碍系统检测到视觉障碍用户位于旗杆 5m 内,推送“需增强提示”信号。升旗系统调整语音播报,同步告知“国旗已升至 6m”“距离结束还有 30s”,帮助视障用户构建清晰的仪式进程感知。

③应急状态协同响应:升旗系统故障时,无障碍系统立即联动,LED 字幕屏显红色提示“升旗延迟 2min”,语音终端播报故障;无障碍系统检测到残障用户求助,中控可暂调升旗程序优先级,工作人员在 3min 内抵达现场提供协助,待求助问题解决后恢复正常升旗流程,实现应急场景下的柔性适配。

3.2 技术兼容性与安全保障

3.2.1 接口标准化

采用 OPC UA 协议,定义统一数据格式(时间精确到毫秒、位置保留 2 位小数),确保数据传输的一致性与解析准确性,同时预留主流通信协议接口,提升系统与场馆其他子系统(如灯光、音响)的兼容性。

3.2.2 安全隔离

云平台设三级权限(管理员/运维/访问),升旗核心参数仅对管理员开放,无障碍系统仅读取非敏感数据;AES-256 加密保障传输安全,确保用户隐私与系统数据安全。

3.2.3 冗余备份

配置 30KVA UPS,供电波动时两类系统同步启动,持续供电 $\geq 4\text{h}$,优先保障升旗核心控制与无障碍关键终端(字幕屏、语音导览)的电力供应,避免应急状态下服务中断;数据层面采用“本地+云端”双备份机制,关键数据实时同步至云端,防止数据丢失。

4 实践成效与验证

4.1 系统测试指标

升旗控制系统:10 组测试升降同步误差均值 $0.22\text{s}(\leq 0.5\text{s})$;多旗帜高度偏差均值 $3.2\text{cm}(\leq 5\text{cm})$;半旗定位误差 $\leq 2\text{cm}$;风动系统噪声均值 $58\text{dB}(\leq 60\text{dB})$;72h 稳定性测试无异常。

信息无障碍系统:100 组语音转字幕延迟均值 $0.75\text{s}(\leq 1\text{s})$;"数智盲道"信标识别准确率 99.2%;30 次求助响应均值 $2.4\text{min}(\leq 3\text{min})$;手语屏匹配延迟均值 $1.2\text{s}(\leq 1.5\text{s})$ 。

协同联动:50 次升旗信息推送成功率 100%,无障碍功能激活 $\leq 3\text{s}$;20 次需求反馈触发准确率 100%;10 次应急故障协同响应准确率 100%,信息同步延迟 $\leq 1\text{s}$ 。

4.2 用户反馈与行业评价

残障群体反馈:20 名体验者(听障 6 人、视障 8 人、肢障 6 人)进行实地体验测评,满意度达 100%。听障体验者反馈“字幕与国歌、手语同步流畅,能清晰感知升旗节奏,完全融入仪式氛围”;视障体验者表示“语音提示精准及时,让我能完整理解仪式进程”;肢障体验者认为“呼叫按钮响应迅速,轮椅席位空间宽敞,通行路线顺畅,全程体验无阻碍”。

行业点评:系统以标准化接口打破信息壁垒,实现“控制数据”与“服务数据”的互通,将“控制精准性”与“服务普惠性”深度绑定,在控制精度、场景适配、安全保障方面,为智慧场馆“功能与人文融合”提供可推广范式。

5 结语

通过“分层集成、接口标准化、联动精准化”协同设计,深刻诠释了智慧建筑“以人为本”的核心理念。

①AI 自适应学习:基于用户行为数据构建画像,自动调整输出模式与控制参数,提升个性化服务。

②拓展协同场景:联动场馆灯光、音响系统,共享无障碍数据至安防系统,优化应急疏散。

③推动标准建设:梳理《协同技术规范》,明确接口、数据格式、场景要求,联合会推动落地,统一设计与验收依据。

本研究可为同类场馆提供借鉴,助力构建更具包容性与温度的智慧建筑生态。