

# 3D 动感影院控制系统设计

段建民, 刘冠宇, 田 奇, 刘 丹, 郑凯华, 赵金亮

(北京工业大学 智能测控研究所, 北京 100124)

**摘要:** 结合北京天文馆 3D 动感影院自动控制系统项目, 设计并实现了一套 3D 动感影院自动控制系统, 此系统由主控柜、OCC 操作面板及控制箱组成; 通过急停连锁及运动许可的双重保护实现了系统的安全模块; 系统使用以太网, RS-232, RS-485 实现控制设备之间的相互通信; 实验证明, 硬件布局合理, 分布式 PLC 架构至 iFix 工控组态软件间的信号传输延迟在 50 ms 以下, 本地数据库更新周期为 0.5 s, 保证了系统按步骤对 3D 影院中的的各类设备进行实时控制; 在两周以内的 72 场放映中, 系统正确率达 100%。

**关键词:** 动感影院; 控制系统; 运动许可; 急停连锁; 分布式 PLC 架构

## 3D Dynamic Cinema Automatic Control System Design

Duan Jianmin, Liu Guanyu, Tian Qi, Liu Dan, Zheng Kaihua, Zhao Jinliang

(Institute of Intelligent Measurement and Control, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

**Abstract:** According to Beijing planetarium 3D Motion Theater Automatic Control Systems project designed and implemented a 3D dynamic cinema automatic control system. This system consists of main cabinet, OCC operator panel and control box. Through emergency stop chain and sport license chain together to achieve the system security module. System also achieve mutual communication between control devices using the Ethernet, RS-232, RS485. Experiments show that the layout of the hardware is reasonable, The signal delay between distributed PLC architecture and iFix control configuration software in 50ms or less and the update cycle of local database is 0.5s so that able to achieve real-time control of various types of equipment in the 3D cinema. The 72 screenings within two weeks show that the correct rate of system up to 100%.

**Key words:** dynamic cinema; control systems; sports licensing; emergency stop chain; distributed architecture PLC

### 0 引言

目前, 放映动感电影的 3D 影院在我国各个城市早已屡见不鲜, 其设备(包括控制系统和电气设备)一般是进口的, 价格昂贵。新世纪在我国逐步兴起的一批 3D 动感影院现如今逐步面临着控制系统更新升级的问题。时至今日, 国内在此领域所具有的技术水平完全可以实现动感电影所需技术设备及软件的国产化<sup>[1]</sup>。本文作者所设计与实现的整套控制系统, 具有结构完整、成熟度高及可靠性好等特点, 并通过软件与硬件的多重连锁, 极大程度地避免机械事故的发生, 保证乘客的人身安全。

### 1 安全模块

安全模块在 3D 动感影院控制系统中实现着重要作用, 由分布于底层控制箱内的运动许可连锁及置于主控柜内的急停连锁构成。此模块会在外部设备突发机械故障时对系统做出控制, 避免发生事故, 保障观众的人身安全。

#### 1.1 运动许可连锁

运动许可连锁是系统安全模块的重要环节。由于每个运动平台旁的升降台与安全门都有着不同的位置信息, 所以运动许可连锁在每个控制箱内都是不尽相同的。考虑到硬件控制往往比软件控制具有更高的可靠性与稳定性, 此连锁由多个双路继

电器共同实现。

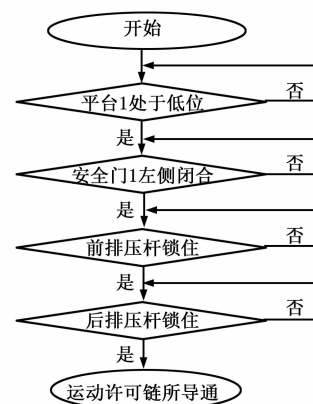


图 1 1号控制箱内运动许可连锁

图 1 表示了 1 号运动平台控制箱内, 运动许可连锁的控制流程。继电器实现了信号间相与的逻辑控制关系, 当监视外部设备的传感器信号全部符合系统要求的情况下, 才能允许运动平台动作。

#### 1.2 急停连锁

急停连锁是安全模块中的另一重要环节, 此环节是对乘客及系统的另一道保险。急停连锁一共分为 2 条链, 在前排的运动平台 1-3 和升降台 1-2 共同构成了第 1 条链, 在后排相应设备构成第二条链, 两条链分别对前后排的系统予以保护, 且其结构和原理相一致。急停连锁的核心环节在于安全继电器, 本设计所选用的安全继电器型号 G9SA-301 (AC/

收稿日期: 2013-10-12; 修回日期: 2014-01-10。

基金项目: 北京天文馆 3D 动感影院控制系统。

作者简介: 段建民 (1959-), 男, 工学博士, 教授, 博士生导师, 主要从事检测技术与自动化装置方向的研究。

DC24V)<sup>[2]</sup>。

基于安全继电器所构成的急停连锁如图 2 所示。导通端 A1 为硬件控制信号 SLESTP，正常为高，当主控 OCC 或远程 OCC 面板中的急停按钮被按下后，此信号为悬空状态，会导致安全继电器停止工作，触发基座急停。A2 为软件控制信号 LESTP，正常为低，当按下播放停止按钮或在系统检查到异常情况时（异常情况包括各个升降台，压杆，安全门的位置异常和气压异常），此信号为悬空状态，会导致安全继电器停止工作，触发运动平台急停。第一排控制端 T31 为 FB1a，T32 为 FB4a，二者正常时首尾相接，把前排的 3 个运动平台串联其中（其中还包括 FB2a 及 FB3a），以此确保了当三个运动平台都处于正常状态时，才允许系统动作。后两组控制端实现的功能相同，都分别并联在了 1、2 号升降台的控制继电器的两个常闭端上。信号分别为 EN21a、EN22a、EN11a、EN12a，此环节确保了在一排内三个运动平台全部正常，并且升降台处于低位的情况下，才能允许基座运动。安全继电器的常闭输入端都为 24 V，正常时会传递给运动平台此 24 V 高信号，允许其动作。

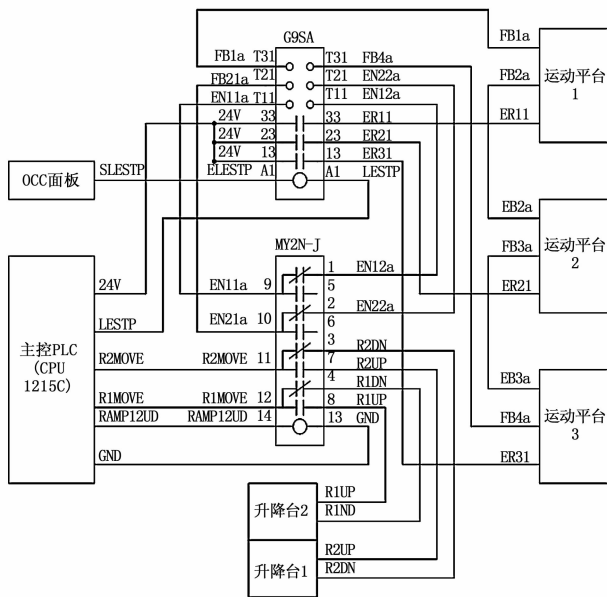


图 2 急停连锁

## 2 网络通信及监控系统

### 2.1 网络通信

控制系统的网络通信如图 3 所示，共包含 3 种方式：以太网、RS-232 及 RS-485。

上位机监控系统、6 个 RTU、主控 PLC 之间通过以太网进行通信。以太网是当前应用最普遍的局域网技术，它很大程度上取代了其他局域网标准。如令牌环、FDDI 和 ARCNET。本设计所使用工业以太网协议为 ProfiNet，它是将原有的 Profibus 与互联网技术结合，形成了新的网络方案，主要包括：基于组件对象模型 (COM) 的分布式自动化系统；规定了 ProfiNet 现场总线和标准以太网之间的开放、透明通信；提供了一个独立于制造商，包括设备层和系统层的系统模型<sup>[3]</sup>。

放映系统工控机、主控柜 OCC、剧场 OCC、主控 PLC 之

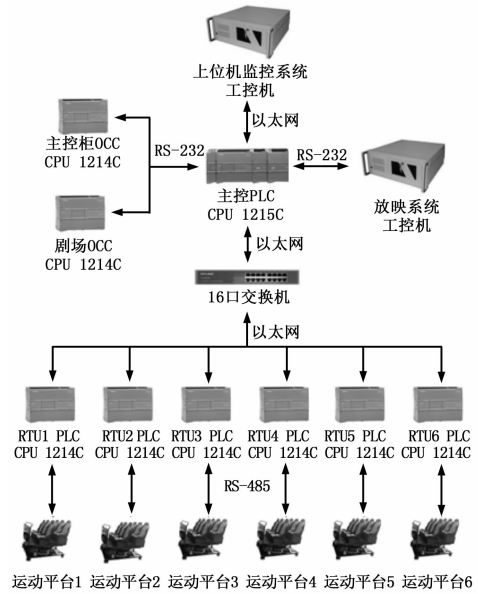


图 3 控制系统网络通信

间通过 RS-232 进行通信。RS-232-C 标准规定，驱动器允许有 2 500 pF 的电容负载，通信距离将受此电容限制，例如，采用 150 pF/m 的通信电缆时，最大通信距离为 15 m；若每米电缆的电容量减小，通信距离可以增加。传输距离短的另一原因是 RS-232 属单端信号传送，存在共地噪声和不能抑制共模干扰等

RTU1-RTU6 与运动平台 1~6 之间通过 RS-485 进行通信。RS-485 总线一般最大支持 32 个节点，如果使用特制的 485 芯片，可以达到 128 个或者 256 个节点，最大的可以支持到 400 个节点。

### 2.2 上位机监控系统

iFIX 是全球最领先的 HMI/SCADA 自动化监控组态软件，其独树一帜地集强大功能、安全性、通用性和易用性于一身，使之成为任何生产环境下全面的 HMI/SCADA 解决方案<sup>[4]</sup>。

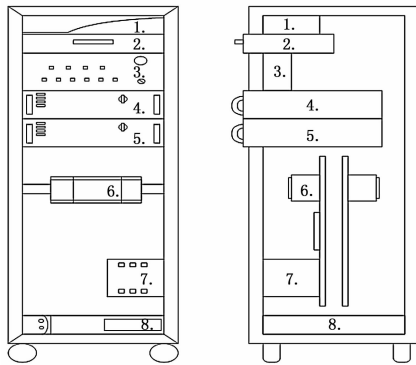
本文使用 iFix 组态软件开发出了一套完整的上位机监控系统。此系统实现了动画模拟、参数设定及信号监控等功能。通过此监控系统，操作人员可以监视运动平台的压杆是否正常锁住，并任意选取剧场内部两个或两个以上的运动平台完成载客任务。同时，监控界面上会实时跟踪剧场内每个升降台、每扇安全门的具体位置，使操作人员在控制室内便可掌握剧场情况，及时处理突发状况。

## 3 控制系统的实现

### 3.1 主控柜

主控柜是控制系统的核心环节，负责控制系统的供电，信号的运算处理，网络通信等内容，本设计中主控柜采用的是图腾机柜，长 600 mm、宽 600 mm、高 1 610 mm，容量为 32 U，其结构如图 4 所示。其中交换机实现各个设备之间的网络通信，KVM 包括显示器、鼠标、键盘三洋设备，帮助用户对整个系统进行监控与操作。主控 OCC (Operational Control Console 操作控制台) 上有多个按钮，此类按钮供操作人员对剧场

设备进行控制, 从而顺利完成影片的演播过程。



1. 交换机; 2. KVM 一体机; 3. 主控 OCC 面板; 4. 放映系统工控机;  
5. 监控系统工控机; 6. 主控 PLC; 7. 24V 直流电源; 8. 不间断电源 UPS  
图 4 主控柜

### 3.2 分布式 PLC 结构及整体框架

控制上述设备以达到使其正常运转的目的, 核心在于主控柜与控制箱的设计与交互。本文所设计的系统为分布式 PLC 结构, 主控柜内放置主控 PLC (CPU 1215C) 对所有剧场信号进行综合的运算处理。同时, 在每个运动平台控制箱内安放由 PLC (CPU 1214C) 构成的底层 RTU (Remote Terminal Unit 远程控制终端), 进行信号的采集与输出工作。

此种分布式 PLC 结构把 6 个运动平台的可编程逻辑控制器放置在剧场中, 很大程度上降低了系统在主控柜内的空间需求, 为合理的线路布局提供了支持。另外, 分布式 PLC 与运动平台一一对应, 安放在各自平台前方的控制箱内。这种位置布局更有利于对剧场内较为分散的升降台和安全门进行监控, 降低所需线缆长度。系统中底层 PLC 分工明确, 便于工作人员对系统进行维护及故障排查。外部设备, 控制箱, 主控柜之间通过若干 DP9/DP25 针线缆进行信号的输出和输入, 具体结构如图 5 所示。

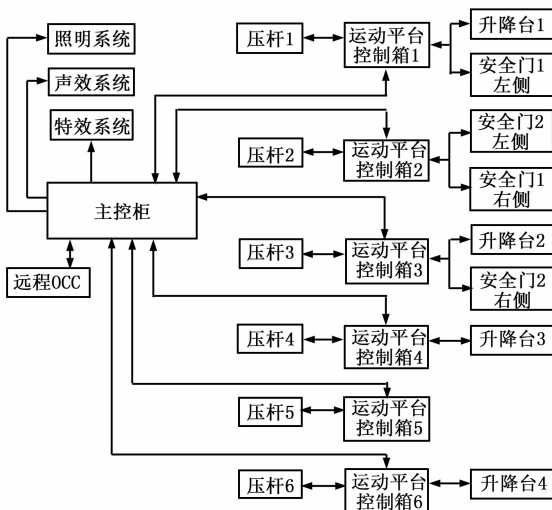


图 5 硬件控制系统

### 3.3 控制过程

基于上述结构, 控制系统能够安全有效地对剧场设备进行实时监控, 使其服务于乘客观影的整体过程, 如图 6 所示。

此过程中操作人员需按步骤按下“辅助”、“升降台”、“放映开始”键。当剧场设备达到预设位置, 相应的按键都会呈闪光状态, 以此对操作人员进行提示。其余部分全部为自动化过程, 由分布式 PLC 内梯形图程序控制实现。

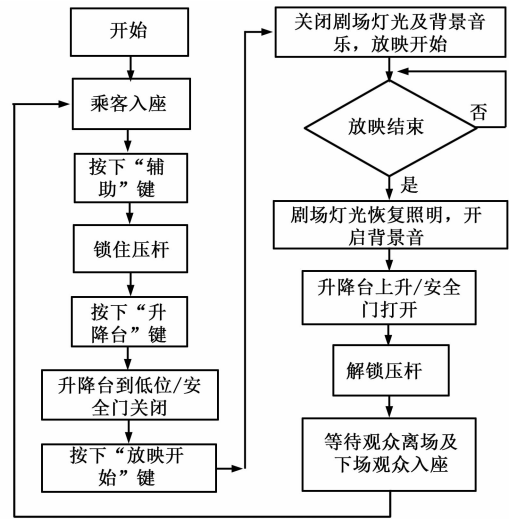


图 6 乘客观影过程控制

### 4 结论

实验证明, 本文所设计的 3D 动感影院控制系统能够准确地控制六自由度运动平台及播放、声效、灯光系统。硬件部分, 主控柜内部与整个控制系统框架结构合理, 空间利用得当。控制系统对压杆、升降台、安全门的位置进行实时监控, 结合安全模块中运动许可连锁及急停连锁的部分, 最大程度地避免发生机械事故, 保障乘客的人身安全。上位机监控系统、放映系统、OCC 控制面板、主控 PLC、6 个底层 RTU 与 6 个运动平台共同构成的通信网络通过协议为 ProfiNet 工业以太网、RS-232、RD-485 互连接, 顺利完成了剧场设备与控制系统间信号的传输。本文对全球领先的 HMI/SCADA 自动化监控组态软件 iFIX 进行合理使用, 开发出的上位机监控系统实现了动画模拟, 参数设定, 信号监控等功能。此系统使操作人员可以对剧场设备进行更有效的实时监控, 从而提高了系统的安全性。

#### 参考文献:

[1] 沈金荣, 吕全亚. 4D 动感数字电影控制系统的研究与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2009, 17 (4): 697-698.  
 [2] 费国, 葛自江, 马矜. 安全继电器在工业生产过程中的分析与应用 [J]. 起重运输机械, 2013, (6): 1-7.  
 [3] Robertinit, A. PROFINET: the Future of the Ethernet Based Automation [D]. IPLnet Workshop. 2003.  
 [4] 郑飞. PLC 和 iFIX 在化工过程自动控制系统中的应用 [J]. 工业控制计算机, 2007, 20 (4): 83-85.