国家速滑馆自控施工技术研究

唐馨庭

（北京城建集团有限责任公司，北京 100088）

摘要：国家速滑馆工程建筑面积 9.7 万 m^2，建筑结构复杂，为国内首个全冰面的比赛场馆。智能控制系统特点鲜明、先进且复杂，包括赛事管理平台、楼宇自控、智慧管理平台及下设的 23 项独立统管理子系统。高效畅通地搭建各层级主系统的框架，解决平台对各子系统控制和监视中存在的问题是工程的亮点。详细论述管理平台对各系统的控制需求和各系统在深化实施中遇到的问题，及如何对整个平台功能进行完善。

关键词：平台系统；接口协议；系统功能

Research on automatic control construction technology of National Speed Skating Oval

TANG Xinting

(Beijing Urban Construction Group Co., Ltd., Beijing 100088, China)

Abstract: The construction area of the National Speed Skating Oval project is 97000 m^2, the building structure is complex, it is the first all ice competition venue in China. Intelligent control system has distinct characteristics, advanced and complex, includes event management platform, building automation, intelligent management platform and 23 independent management subsystems. Building the framework of main system at all levels efficiently and smoothly, solving the problems existing in the control and monitoring of subsystems by the platform is the highlight of the project. The control requirements of the management platform for each system, the problems encountered in the deepening implementation of each system, and how to improve the functions of the whole platform are discussed in detail.

Key words: platform system; interface protocol; system function

0 引言

国家速滑馆位于北京市朝阳区奥林匹克公园西侧，国家网球中心南侧，总建筑面积9.7万m^2，北京2022冬季奥运会期间，国家速滑馆将承担速度滑冰项目的比赛和训练。速滑馆主体结构为钢筋混凝土劲性结构，屋盖为大跨度马鞍形索网结构，结构跨度为124 m×198 m，标高为15.800～33.800 m。

1 设计初期智能控制系统架构图

1.1 设置三级控制平台

第一层：智能化集成平台、体育比赛及信息管理系统平台。

第二层：安防系统、设备监控系统、会议、体育工艺、信息网络和BIM运维平台等。

第三层：各自成系统，如窗帘控制系统、制冰系统和电力监控系统等。

1.2 平台物理搭建

智能控制系统架构图及数据流向如下图所示。

（1）双接口和协议

从架构图中看到第三级系统为双接口系统，这也是本工程的一个特点，如景观照明系统与设备监控系统数据传递，同时还与智能化集成平台数据传递。

通常在建筑设备监控系统中的设备接口和协议为RS 485和Modbus、Bacnet。本工程要求的接口协议为Modbus TCP、TCP/IP和RJ 45。

在子系统的搭建过程中，需要考虑设备本身品质，不能完全根据自控设计搭建需求改变现有市场产品的形式。

在后期的采购实施过程中对设备的招标采购均对设备接口和协议进行专项约定。

（2）层级的关联调整

火灾自动报警系统与安全防范系统上传数据同时与智能化集成平台数据传递。制冰控制、热力管理和电力监控系统均为在设备监控及智能化集成平台下层管理。

根据平台管理的需要，在实施中上述系统均为独立的操作系统，便于系统的运行和降低管理系统的复杂程度，对层级逻辑关联进行了调整。解决设计初期智能控制系统架构图中各系统的逻辑关系。

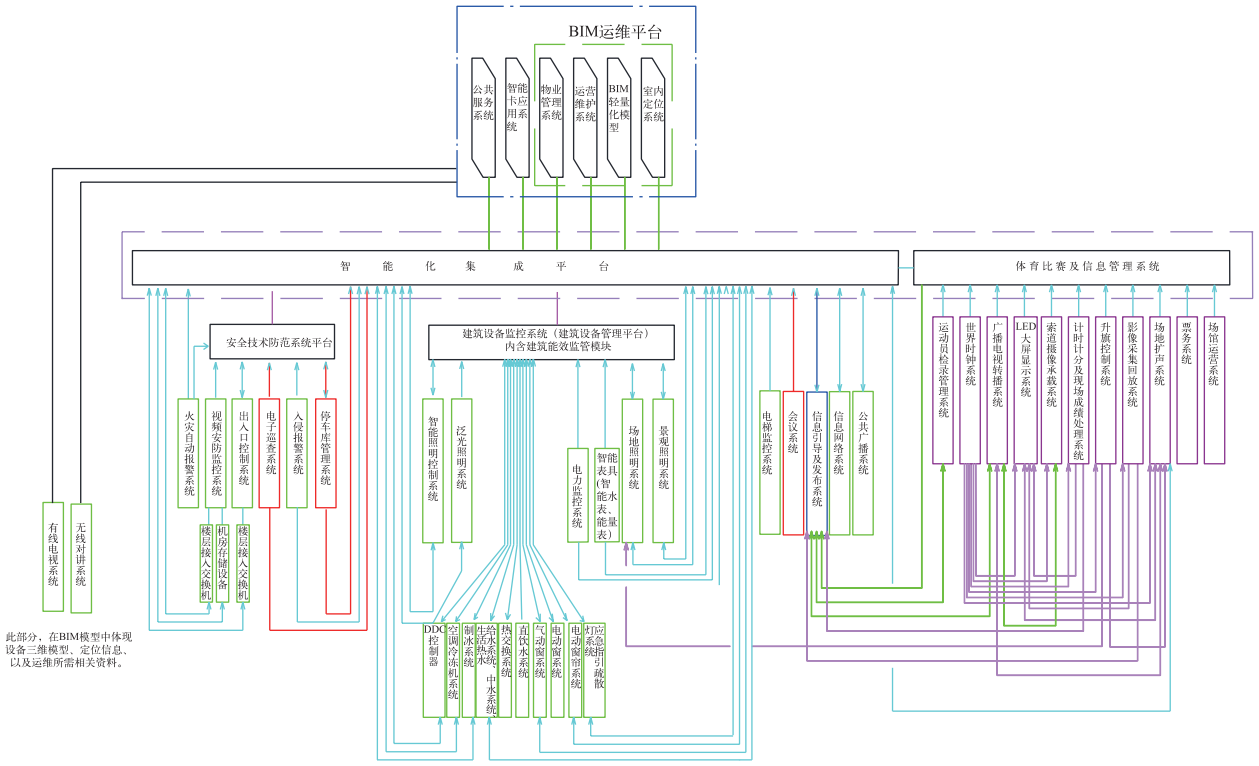

图 智能控制系统架构图及数据流向

Fig. Architecture diagram and data flow of intelligent control system

1.3 控制架构的调整

调整过程主要分为两类：①涉及消防报警及联动控制的；②独立系统与管理平台之间的层级管理归属和监视与控制选择。

1）本工程火灾自动报警及消防联动控制系统属于控制中心报警系统，为一级保护。在特殊消防设计评审内容中，对消防报警及联动控制要求做到管理维护和安全适用提出较高要求，由平台搭建各方协商，消防报警及联动控制自成系统不在安全防范系统管理下层，但向智能化集成平台传送报警数据不涉及联动。制冰自控体系中的CO_2报警控制末端接入消防报警系统提供报警信

号，消防报警信息传递至设备监控系统后联动事故风机及管道上的电动调节阀，关闭通风管沟内通风系统，高速启动制冰管道通风。

2）电动窗帘118套、电动天窗114套各自独立成系统，向设备监控系统传送数据。火灾报警时关闭电动天窗和电动窗帘。

3）气动天窗480套预留从消防模块到气动窗的消防电气控制装置之间的消防联动和反馈信号线，气动窗的消防电气控制装置的接收和反馈的消防信号为无源常开。楼宇控制系统只监测不控制气动窗系统。开窗状态 、关窗状态、气压不足报警和消防状态反馈向楼宇控制系统传递信息。

4）30部电梯由于运营管理方案的变化，在招标时定为不需要自成系统，不进入管理平台和楼控系统。后期厂家技术升级为自成系统具备云端控制，由于涉及安全考虑，取消云端控制，但由于接口和协议与平台不一致，经采取增加网关等措施实现仅向上级多平台传送数据。

5）热力专业设计单位进行换热站管理系统的设计，设备的采购清单与图样同时确定。设备技术参数与智慧平台深化架构不同，同时市场上热力设备的产品二次开发困难。热力的运营模式确定为代管，因此确定热力自成系统不再接入上级管理平台。

6）本工程为国际第一次使用CO_2跨临界全冰面制冰体系，制冰控制系统调试和运行均在制冰机房内由专业制冰师操作，且制冰的控制原理极为复杂，制冰设计和制冰顾问、深化设计团队及国际制冰师根据冰面用途（速滑、花样、冰壶和冰球等）现场调试和制冰。在控制架构中，如果层级较多对系统的运行安全影响较大。因此，制冰控制系统自成系统仅向上级管理平台传送涉及安全报警的数据和基本数据。

7）泛光照明系统、通风空调系统和给排水系统等均自成系统纳入设备监控管理中，并向智能化集成平台传送数据。

8）健康检测系统是在国家速滑馆建设和运营过程对建筑结构、风荷载、屋面变形应力和冰面应力等进行检测管理的系统，该系统新颖、技术先进。数据信息受后台科研团队分析和研判，不接入智慧管理平台，自成系统。

9）场馆运营系统是智慧管理平台的核心。为达到智能定位、智能获取比赛信息和赛场环境信息，观众与平台适时互通，对建筑全系统进行智能监控。平台系统具有强大的扩展能力。为达到上述目的，各独立系统在满足协议、接口需求后，提供了对字段的翻译和语句规则（包含各个语句释义及样例），编制平台的网段排布。

1.4 电力监控系统

冬奥组委及供电局供电保障专项意见对电力监控系统的需求，也是本工程电力监控系统非常复杂的一个原因。

1）低压综合监控装置应具备符合DL/T 634《远动设备及系统》标准的101、104通信规约、Modbus协议、CDT协议和DL/T 645协议等标准通信协议。

2）中压电气量数据由保护管理机或DTU作为信息汇集装置，通过网口接入站内通信管理机或通信交换机，采用104规约实现数据上送主站。保护管理机、DTU和当地监控主机（环境监控主机）通过光纤网络对上传输数据，应采用标准104规约，对下采集各类传感设备数据时，可采用Modbus、Web Service等规约和协议，具体设备对应通信规约和传输协议如下表所示。

表　具体设备对应通信规约和传输协议

Tab. The specific equipment corresponds to the communication protocol and transmission protocol

信息分类		采集设备	参考应用的传输协议 / 规约
电气量	“三遥”数据	保护管理机	104
		DTU	104
		低压综合监控装置	Modbus
		多功能网络表	Modbus
		当地监控主机	104
非电气量	环境传感器	消防主机	Modbus/http
		溢水装置	Modbus/Web Service
		温湿度检测	Modbus/Web Service
		气体检测	Modbus/Web Service
	开关状态监测	柜内温度	Modbus/Web Service
		局部放电	Json 协议
		机械特性	Json 协议
	机器人视频	机器人	http+ 私有接口协议
		摄像头	IP 访问

3）分界室的开关信息上传到供电公司的调度中心，也需要上传到速滑馆用户的调度监测中心，但是用户只能监测不能进行调度控制。

2 接口和系统

分析自控架构、协议、规约、接口和逻辑关系如下。

1）智能化集成平台的接口协议要求为：提供一个开放的TCP/IP接口协议。

2）楼控接口协议要求是Bacnet IP协议或OPC协议。

3）经过市场调查，满足专业设计参数需求的产品，出现以下两类问题：①区域控制器只提供了一个开放的通信接口，接口协议为Modbus RTU；②区域控制器处无法提供通信接口，只有在主控器处提供两个Modbus RTU接口。多数系统与智能化集成平台和楼控接口协议要求不同。

根据上述情况本工程在实施过程中将出现：OPC、Bacnet IP、TCP/IP、Modbus RTU、Modbus TCP、Json和104规约；RS 232、RS 485以及RJ 45接口和协议。

为解决上述问题，各方研讨通过增加网关，研发新设备，调整层级关系、控制逻辑，满足多平台功能的实现。

3 VLAN搭建及调试

由于本工程的控制系统复杂，管理平台应用单位不同。平台网络地址的搭建在实施前期进行详细规划。

在各子系统的平面图样标注设备接口地址。

编制平台对各子系统监视、控制的详细点位。

4 关键点的解决方案

国家速滑馆弱电项目中的建筑设备监控系统采用直接数字控制技术，对全场馆的暖通空调系统、给排水系统、热交换系统和电动门窗系统进行监控；对电梯系统、供电系统和制冰系统进行监视。工程系统规模硬件点大约为6 000点。DDC控制器与管理主站之间的通信网络采用以太网通信方式，TCP/IP 通信协议。传输速率为 10 M/100 M 自适应。 DDC 支持双以太网接口通信方式，其中一路接口与建筑设备监控系统实现通信，另外一路与智能化集成平台实现通信。由于项目中的特殊要求，给楼控系统的设计和调试带来了很多的困难，但经过不断的尝试、不断的优化，这些困难终于得以解决。下面是碰到的两个最棘手的技术困难。

4.1 难点1

1）需求描述：控制器双网口独立IP，既连接楼控网络，也要连接大平台。

2）困难分析：需要现场控制器具备双网口并且需要独立IP，分别可以进行联网通信，完成监控功能，传统楼控系统使用的是标准的BACNet IP协议；大平台集成系统通过Modbus IP集成现场楼控，直接与DDC连接。双平台均能控制。

3）解决方法：将双网口设置不同协议，BACNet IP协议组建楼控网络，Modbus IP协议与大平台通信。使用POL648+POL908可以构建两个独立的网络系统，可以同时支持完全独立的两个BACNet网络系统，网络接口物理上完全独立，可以集成到不同的楼宇系统。所有的数据都采集于POL648控制器。POL908支持BACNet IP，集成到楼宇系统。POL648 板载以太网口支持BACNet IP， 也可以支持Modbus IP等协议。控制优先设置为以最后发出命令为准，如某台新风机组，当楼控系统给出起动命令，大平台系统给出关闭命令时，以最后发出命令为准。

4.2 难点2

1）需求描述：现场为后期维护方便，不同竖井规划不同网段，楼控系统需要不同网段通信。

2）困难分析：楼控系统需要跨越多达40多网段完成联网功能，如果网络规划不好，很容易产生广播风暴，引起网络阻塞，进而引起系统崩溃。

（下转第55页）

试验，保护动作跳闸后，断路器只进行一次分闸操作。因此，此改造方案具有可行性。通过竣工验收送电后，该变电站的运行表明防跳回路改造方案正确可靠，保证了变电站的正常运行。

4 结束语

在旧站改造过程中，对于新方案的模拟试行要充分考虑投运后可能出现的问题，排除每一项隐患，确保新方案安全可靠。

断路器防跳对于防止设备损坏和事故扩大、保证电力系统安全可靠运行具有重要意义。本文通过对变电站试验中，模拟线路保护动作时出现的异常现象进行分析与思考，针对微机防跳和机构防跳配合问题提出防跳回路改造方案，并经过防跳试验验证了方案的可行性，为厂家、设计人员优化断路器设计以及运行人员监视提供了有益的借鉴，有效消除由于二次接线不合理带来的隐患，保证了设备及电网运行的可靠性。EA

参考文献

[1] 何永华．发电厂及变电站的二次回路[M]．北京：中国电力出版社，1997.

[2] 颜华敏，顾国平，陆敏安，等．一起断路器防跳回路异常分析及改造[J]．电力系统保护与控制，2010(12)：138-140.

作者简介

王昱婷

王昱婷（1994—），女，工程师，主要从事变电站变电二次设计工作。

(收稿日期：2021-05-11)

(上接第41页)

3）解决方法：利用网络广播功能，在不同网段中，添加此设备解决网段不同不能直接通信的问题。将速滑馆网络架构设计为三层：接入层、汇聚层和核心层。楼宇自控系统架构为全以太网系统架构，控制器均为BACNet/IP控制器，数量200多台，在网络核心层为楼控系统的BACNet/IP控制器划分了30多个VLAN,另外每个VLAN下配置了一台BACNet广播管理设备（BBMD)。

5 结束语

本文以国家速滑馆自控系统实施过程中的各项组织工作中遇到的实际困难为实例，对系统层级、平台的作用和搭建等进行分析，并提出解决方法。随着科技的进步，智慧场馆的建设将越来越多，更多样的智能产品将不断地涌进智慧建筑系统中，在应用的过程中，也是将系统集成的一个过程。国家速滑馆拥有很多国内和世界首例的科技创新，为产品多样化和技术创新应用提供了平台，目前自控系统在施工过程中取得了良好的效果，本文论述希望为后续工程提供参考。EA

作者简介

唐馨庭

唐馨庭（1976—），男，高级工程师，主要研究方向为建筑电气设计。

(收稿日期：2021-03-16)