

# 西北空管进近ATC安全防护辅助系统的设计及应用

梁武

民航西北空管局, 陕西 西安

收稿日期: 2022年8月16日; 录用日期: 2022年9月14日; 发布日期: 2022年9月22日

---

## 摘要

近年来,随着西北空管局辖区民航事业的不断发展,四个进近空域面临保障架次多、指挥难度大等多重压力,原有短期冲突告警留给管制员处理时间较短,进近管制风险点在不断增加,管制“错忘漏”问题发生的风险概率在不断提高。本文分析了西北进近空域的现状,从管制运行需求出发,以提前预警为目的,增加中期冲突告警功能,通过声音和图形对管制员进行提醒,以极为简洁的方式为管制员呈现预警功能。将告警时间由2 min提升至5 min左右,有效规避潜在的管制运行风险,把控管制运行的风险点,解决管制错忘漏问题,降低不安全事件发生的概率。

## 关键词

空中交通管制,空管自动化,安全防护

---

# Design and Application of ATC Safety Protection Auxiliary System for Northwest Air Traffic Management Bureau Approach

Wu Liang

Northwest Air Traffic Management Bureau, CAAC, Xi'an Shaanxi

Received: Aug. 16<sup>th</sup>, 2022; accepted: Sep. 14<sup>th</sup>, 2022; published: Sep. 22<sup>nd</sup>, 2022

---

## Abstract

In recent years, with the continuous development of the civil aviation industry under the jurisdic-

tion of the northwest air traffic administration, the four approach airspace are facing multiple pressures such as many support sorties and difficult command. The original short-term conflict alarm is left to the controller for a short time, the approach control risk points are increasing, and the risk probability of “mistakes and omissions” in the control is increasing. This paper analyzes the current situation of the northwest approach airspace. Starting from the demand of control operation, the medium-term conflict warning function is added for the purpose of early warning. The controller is reminded by sound and graphics, and the early warning function is presented to the controller in a very simple manner. Raise the alarm time from 2 min to about 5 min, effectively avoid potential control operation risks, control the risk points of control operation, solve the problem of control errors and omissions, and reduce the probability of unsafe events.

## Keywords

Air Traffic Control, ATC Automation, Safety Protection

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 前言

近十年来,随着我国国民经济的高速增长,航空运输事业作为经济发展的基础交通行业也得到了持续快速的发展。航空运输的迅猛发展对于空管、机场和航空公司等单位既是机遇也是挑战,一方面可以促进社会的进步、经济的发展以及生活水平的提高,但另一方面也对空中交通安全提出了更高的要求,这就需要在技术、人员管理和工作制度等方面都进行一定的改进。

西北空管局进近范围包括西安进近、兰州进近、西宁进近以及银川进近四个进近空域,随着西北空管局辖区民航事业的不断发展,四个进近空域均面临保障架次多、指挥难度大等多重压力,在这种压力背景下,进近管制风险点在不断增加,管制“错忘漏”问题发生的风险概率在不断提高。管制员工作负荷较大,如何使用技术手段使得人防与技防的相互弥补配合是实现管制安全能力提升的发展方向。为此,西北空管局从管制工作的实际安全需要出发,从技术应用可行性、管制需求等多个方面进行调研,设计了空中交通管制系统(Air Traffic Control,简称 ATC)进近安全防护辅助系统,明确了系统整体架构和各模块功能,并计划于 2022 年建成使用。

## 2. 西北空管运行现状

西北空管局空中交通管制区域主要分布在贯穿南北的 G212(京昆大通道)、H14 等主干航路航线系统上,即东北-西南和西北-东南方向。辖区空域特点为空中交通流量大,飞行密度高,空域结构复杂。随着航路数量的增加,空域越来越密集,每天有上千架次军、民航飞机在空中飞行,形势相当严峻。

### 2.1. 空管自动化系统现状

西北空管局所辖 4 个进近管制运行现场,共有 8 套自动化系统。每个现场配备主用、备用两套自动化系统。其中,国产自动化系统 7 套,进口自动化系统 1 套。

目前西北空管局各地自动化系统均具备多种告警功能,其中冲突告警是预测潜在飞行安全隐患的重要环节。然而无论是国产自动化系统还是进口自动化系统,冲突告警功能都是短期冲突告警(STCA, Short

Term Conflict Alert)功能。而根据 STCA 的定义,在任意航向上探测到 2 min 之内,两航班距离约 10 km 时将触发告警,管制员在 STCA 告警触发时能够利用的解决冲突的时间非常短,同时有可能触发航空器的空中防撞系统 TCAS (Traffic Collision Avoidance System)报警,迫使机组需进行紧急避让机动,给飞行带来危险[1][2]。

现有运行的自动化系统均缺少中期冲突告警(MTCA, Medium Term Conflict Alert)功能,中期冲突告警功能可以为管制指挥增加预警时间,以此来规避潜在的飞行安全隐患,为管制指挥安全提供更高层次的安全防护。

## 2.2. 管制人员工作现状

空中交通管制人员负责指挥航空器的飞行,为航空器的飞行安全提供一切保障。管制人员通过雷达观察、位置报告等手段了解所指挥航空器的位置与状态,并通过无线电通讯设备来指挥航空器,为飞行员提供一切所需的帮助。

近年来我国的民航事业快速发展,空域中航空器的数量每年均保持较高的增长率,对空管行业安全生产提出了更高的要求。有关统计结果表明,管制人员作为空中交通管制工作的核心,每年空管行业管制人员增速与航空器数量增速并不匹配,且存在一定的人员流失现象。在管制扇区内航空器数量、航空器类型、飞行规则复杂程度的增加以及恶劣的气象条件、人员流失等各种因素的综合作用下,管制人员发布的指令数量、相邻扇区间协调的工作量显著增加,增大了管制人员的工作负荷。与此同时,繁忙的空中交通会导致航空器冲突次数增多,对管制员冲突调配的及时性和准确性要求提高,也一定程度上增加了管制人员的工作压力。当工作负荷和工作压力超过一定的门限,会使不安全事件出现的概率增加,从而对空中交通管制的安全、有效运行产生影响[3]。

## 2.3. 技防手段的选取

我国的空管技术近年来发展迅速,在新技术标准方面追赶迅猛,但在防控管制风险点,解决“错忘漏”问题的技防手段方面却发展较为缓慢,管制自动化系统告警功能有限,造成管制运行风险长期处于高位,不安全事件屡有发生的被动局面。

面对当前不断增加的管制服务压力、日趋饱和的高密度飞行流量、持续增长的航班量等问题,迫切需要一套安全、稳定、可靠的系统辅助管制员进行管制工作,以此来有效规避潜在的管制运行风险,以技术创新手段提高管制指挥的技防能力和安全裕度,提升空管的安全服务水平。

ATC 安全防护辅助系统是采集管制自动化系统数据及管制人员指挥动态数据,基于实时航迹信息、管制意图以及飞行计划信息,自动化系统对位于中期冲突告警区域内的航迹目标,实时地探测未来一段时间内航迹对之间发生危险接近的可能性。用于提高管制指挥安全余度的辅助系统,其主要根据管制指令高度(CFL, Command Flight Level)提前预判潜在飞行冲突并进行预告警。有效提高冲突时的调整时间余量,为管制人员提前化解飞行隐患赢得了宝贵时间,成为提升管制运行安全的有力工具[4]。

## 3. 安全辅助系统架构设计

系统采用多层架构,以数据整合、存储、计算和系统平台服务为基础,实现资源和服务的共享,实现业务层和表现层的分离。

如图 1 所示,建立一个统一的 ATC 安全防护辅助系统技术体系,支持信息资源的整合、管理及建设,提供统一的数据整合、存储与计算、资源管理、表现应用、基础运维管理构架,并提供对应用服务的统一调度和管理,同时,系统体系结构分层组织,系统功能模块化,系统集成松耦合,方便业务应用的修

改、重用和部署，满足系统未来弹性扩展的要求。整个架构包含以下内容：

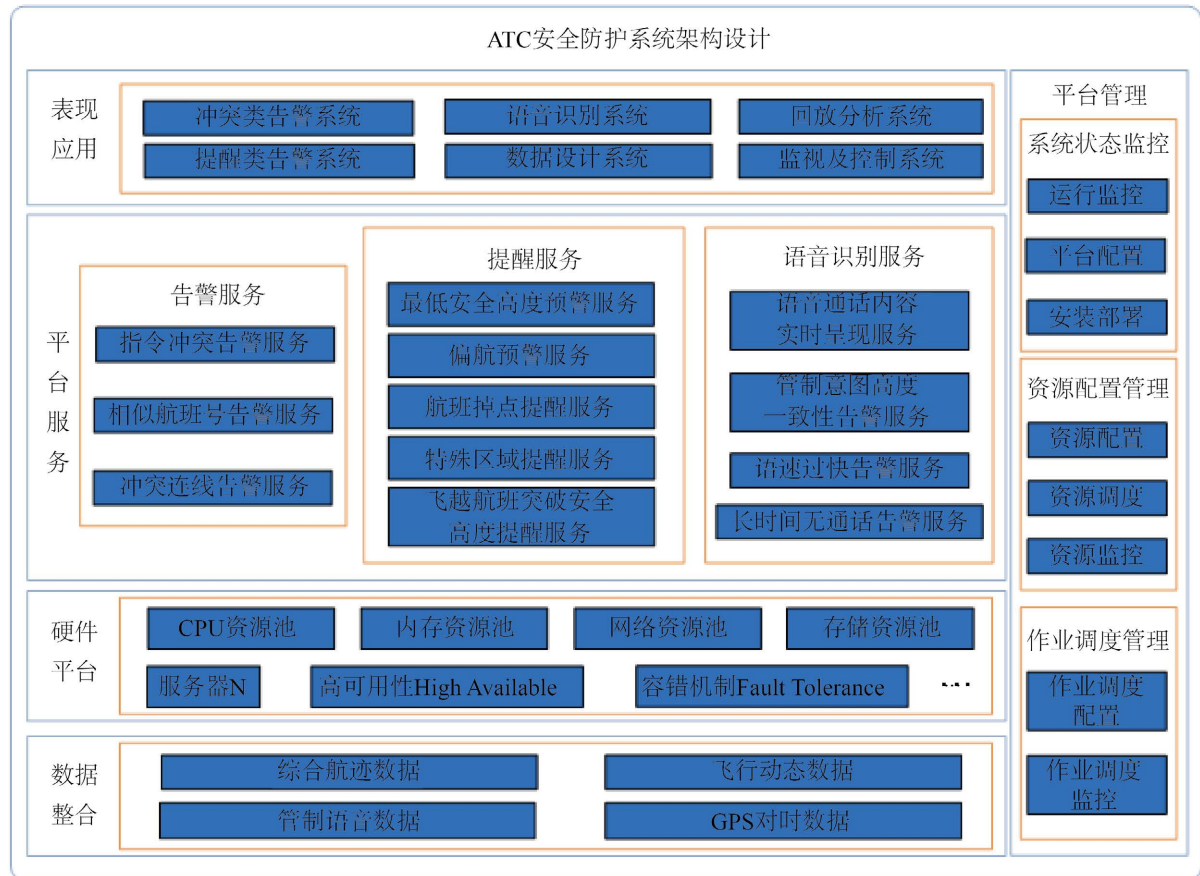


Figure 1. System architecture  
图 1. 系统架构图

### 1) 数据整合

数据整合层对系统所需的源数据进行接收、整合，包括综合航迹数据、飞行动态数据、管制语音数据、GPS 对时数据等，是整个系统的数据基础和重要支持。数据整合层对 ATC 安全防护辅助系统各类共享数据提供统一的接收和整合，是整个系统正常运行的数据基础。

### 2) 硬件平台

硬件平台为整个系统的数据处理以及服务应用的运行提供了有效的硬件支持。硬件平台提供的高可用性 High Available 和容错机制 Fault Tolerance 能为系统中各项服务应用的运行提供持续的、可靠的保障，确保不会发生数据丢失和停机。

### 3) 平台服务

平台服务层通过对外提供统一的服务接口实现相关业务功能，对外提供的服务主要包括告警服务、提醒服务和语音识别服务。其中，告警服务由指令冲突告警服务、相似航班号告警服务和冲突连线告警服务组成；提醒服务由最低安全高度预警服务、偏航预警服务、航班掉点提醒服务、飞越航班突破安全高度提醒服务和特殊区域提醒服务组成，提供管制人员进行空中交通管制工作过程中安全防护相关的各项告警提醒服务。语音识别服务包含语音通话内容实时呈现服务、管制意图高度一致性告警服务、语速过快告警服务和长时间无通话告警服务。

#### 4) 表现应用

表现应用层根据不同业务的特定需求为用户提供不同的表现形式，包括冲突类告警系统、提醒类告警系统、语音识别系统、回放分析系统、数据统计系统和监视及控制系统等。

#### 5) 平台管理

平台管理提供系统状态的监控、资源配置管理、作业调度管理等多方面的服务，为系统正常运行提供必要的保障手段。

### 4. 系统建设及应用

根据西北空管局管制辖区的实际情况，将系统分为西安进近节点、兰州进近节点、银川进近节点和西宁进近节点。各节点为平级节点，依据各地空域特点、管制需求和自动化系统现状，各节点的数据引接方式、硬件配置和参数设置略有不同，系统网络结构见图 2。

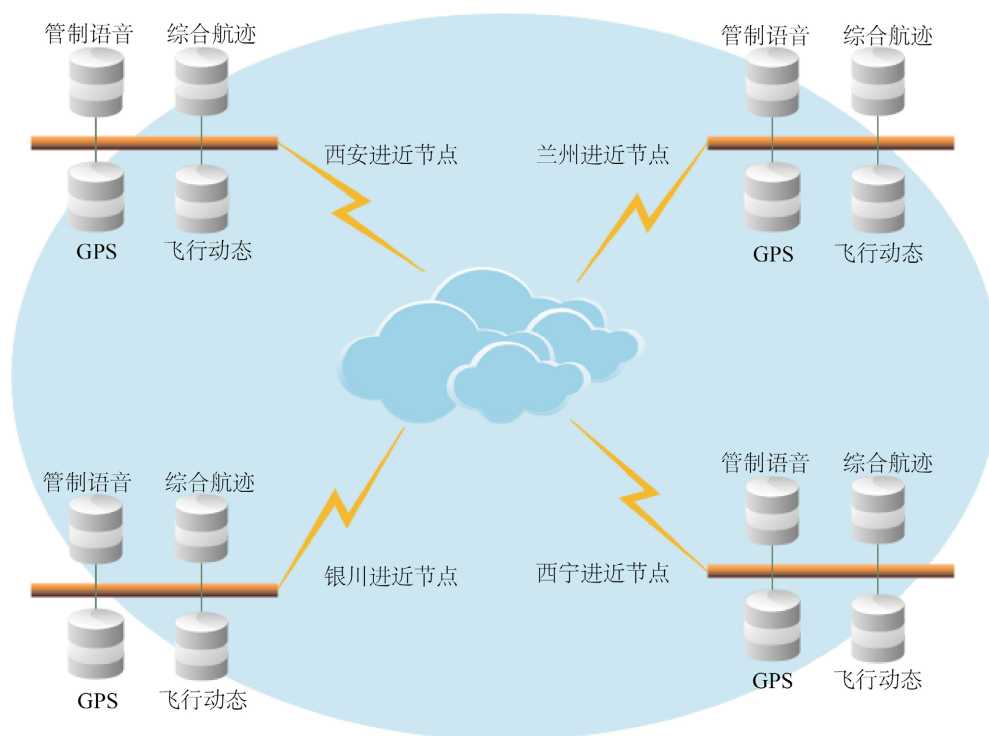


Figure 2. System structure diagram

图 2. 系统结构图

系统需引接自动化系统外送的飞行动态数据和综合航迹数据，为系统研发提供基础数据。

- 1) 数据引接方面：同步引接主备自动化外送数据，保证系统数据源的稳定性；
- 2) 数据处理方面：系统专用设备采用双机热备的方式，保证系统服务的稳定性；
- 3) 数据格式方面：支持多种飞行计划和综合航迹的数据格式，实现格式统一转换。

系统每个模块都部署有独立的设备运行信息采集模块，负责收集或主动检测系统内各硬件设备及网络的运行状态，将采集到的相关信息实时推送到系统维护终端；系统维护终端将监视信息进行整合、分类、统计和分析，对硬件设备的运行情况实时监控，对设备潜在运行风险进行预判断并及时作出应急预案。



### 4.1. 硬件设计

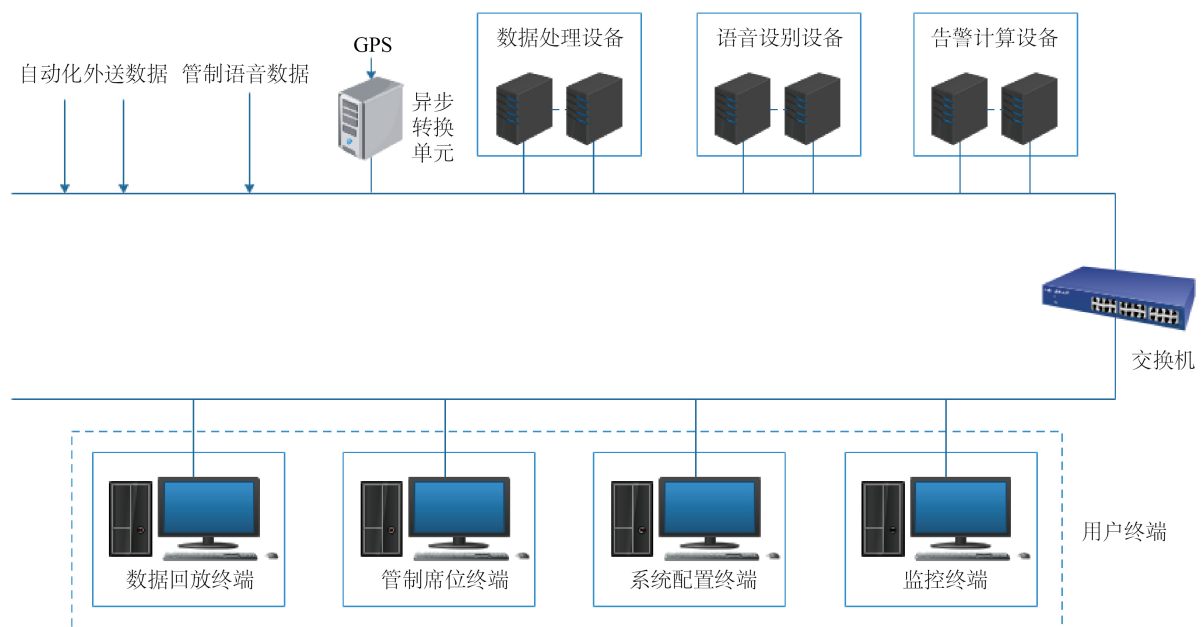
每个节点建设一套独立的 ATC 安全防护辅助系统。系统引接主备自动化实时外送信号，保证信号源的稳定性，每路信号都配有冗余的引接设备；系统设备采用双机热备技术实现硬件及软件的冗余备份，任何一台设备或进程异常系统都能正常运行。各节点需根据各个管制区域的不同情况定制不同的程序逻辑。

各节点采用相同的系统架构，配备有防火墙等安全设备与生产系统相隔离；利用数据引接设备实现数据的前置处理，支持各种同步、异步串口数据及网络数据的引接及解析，各节点自动化外送综合航迹、飞行动态数据外送方式情况如表 1：

**Table 1.** Automatic data transmission mode of each node  
**表 1.** 各节点自动化外送数据方式

节点名称	主用自动化		备用自动化	
	飞行计划	综合航迹	飞行计划	综合航迹
西安进近节点	网络	网络	网络	网络
兰州进近节点	网络	网络	网络	网络
银川进近节点	串口	网络	串口	网络
西宁进近节点	网络	网络	网络	网络

系统同时引接主备自动化系统两路外送信号，同一时刻只引接一路信号，当主备自动化切换时，系统可以无间断的连续接收实时数据。系统从数据引接和处理方面都做到了双机热备份，保证了数据处理的稳定性，降低了系统的故障率。整个系统架构为系统的稳定运行提供了技术支撑。系统硬件结构如图 3：



**Figure 3.** System hardware structure diagram  
**图 3.** 系统硬件结构图

## 4.2. 软件功能设计

ATC 安全防护辅助系统通过采集综合航迹数据、飞行动态数据、管制语音数据、GPS 对时数据等，将数据整合处理后，为管制员提供数据服务、告警服务和语音识别服务三大基础类型服务，大幅提高管制指挥安全余度。



**Figure 4.** Functional module diagram of ATC safety protection auxiliary system  
**图 4.** ATC 安全防护辅助系统功能模块图

如图 4 所示，系统标准功能模块配置如下：

### 1) 数据处理子系统

数据处理子系统实现对 ATC 安全防护辅助系统中各类数据的前置处理和融合处理，为系统功能的实现提供准确、可靠的数据支持。

### 2) 冲突类告警计算子系统

冲突类告警计算子系统通过对数据处理子系统中管理的融合数据进行分析计算，获取融合数据中的有用信息并提取数据间的关联，为管制人员工作过程中出现的不安全事件的避免与检测、提升空管人员工作过程中的安全效能、保障航班运行安全提供技术层面的实现。冲突类告警计算子系统按照功能分为指令冲突告警、相似航班号告警和冲突连线告警三个主要模块。

### 3) 提醒类告警计算子系统

提醒类告警计算子系统是为防止管制人员“错忘漏”导致不安全事件出现的重要辅助工具。提醒类告警计算子系统主要包含最低安全高度预警、偏航预警、航班掉点提醒、飞越航班突破安全高度提醒和特殊区域提醒功能。

### 4) 语音识别处理子系统

语音识别处理子系统是将管制员与飞行员的语音对话识别为文字，并从中提取关键信息，依据民航指挥专用术语及指挥规则判断出语音数据的上下行，通过对语音数据的分析并结合语音修正算法提高语音识别正确率。

### 5) 数据回放分析子系统

在系统的使用过程中，各种告警数据对空管运行安全的影响是非常重要的，数据分析对管制工作具有重要作用，对管制过程态势的掌握、管制人员工作评估、事件调查以及管制不安全案例的教学等具有重要意义，系统记录回放功能架构如图 5 所示。

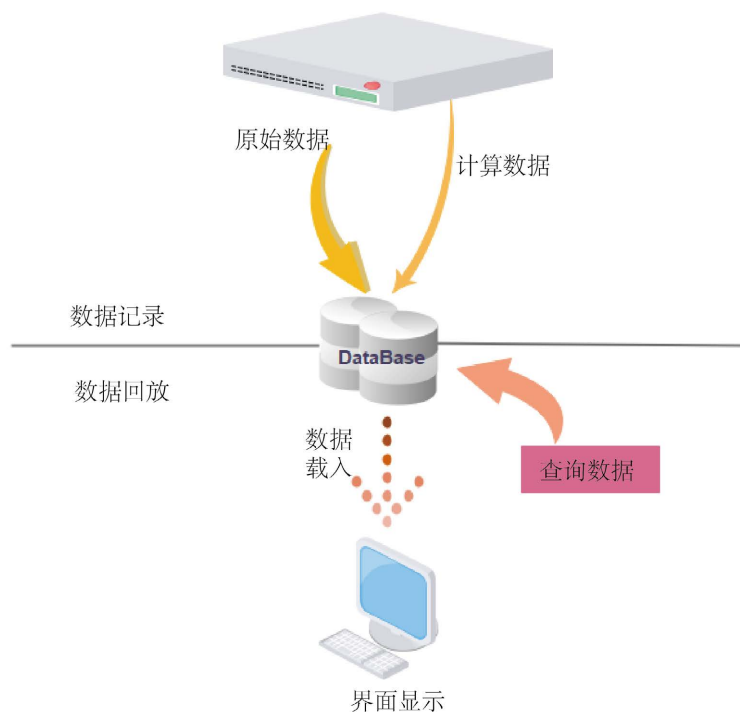


Figure 5. System recording and playback function architecture  
图 5. 系统记录回放功能架构图

### 6) 告警显示子系统

告警显示子系统是将雷达信息、告警信息及配置信息进行显示的系统，该系统接收航班数据、告警数据，在前台以图表的形式将配置信息、航班信息和告警数据呈现给管制人员。

席位终端接收告警信息，根据告警内容，在雷达显示区将告警航班进行连线并高亮处理；在告警详情区弹出告警详情窗口，包含告警的详细信息。

告警的呈现方式是以图形和声音两种形式同时告警，防止管制人员疏漏告警信息。

### 7) 监视及控制子系统

监视及控制子系统是对系统的设备和终端硬件、各个运行子系统进行监视和控制的子系统。监控子



系统由多个功能模块组成, 主要包含: 监控显示模块、监控代理模块、通信中间件。

监控显示模块负责收集或主动检测系统内的软硬件运行状态, 出现异常情况时能够通过颜色和声音提醒维护人员, 对设备和终端上运行的主要程序进行停止和重启操作, 保存监控和操作日志。监控代理软件主要负责收集本机的硬件信息上报给监控显示软件, 执行监控显示软件发送的控制命令。通信中间件主要负责在监控代理和监控显示软件之间传递消息。

## 5. 结语

有效规避潜在的管制运行风险, 把控管制运行的风险点, 解决管制错忘漏问题, 降低不安全事件发生的概率。西北空管局在西安区域管制进行 ATC 安全防护辅助系统测试, 与未建设 ATC 安全防护辅助系统相比, 告警时间由 2 min 提升至 5 min 左右, 大大提高了管制的处理时间裕度。现建设的西北空管进近 ATC 安全防护辅助系统从管制运行需求出发, 以提前预警为目的, 通过声音和图形对管制员进行提醒, 以极为简洁的方式为管制员呈现预警功能。提高管制员对潜在管制指挥风险的预判性和处置准确性, 减少人为差错的发生。同时, 系统在运行过程中, 持续快速的响应管制业务调整所带来的不同运行需求, 持续高效地发挥系统为管制运行带来的辅助作用。

## 参考文献

- [1] 曾智悦. 空管系统中告警技术的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 四川大学, 2005.
- [2] 刘岩, 戴崎, 汤新民, 付胜豪. 空管自动化系统间隔管理技术研究及辅助工具设计[C]//中国指挥与控制学会. 第一届空中交通管理系统技术学术年会论文集. 北京: 电子工业出版社, 2018: 60-65.
- [3] 孙志刚. 管制安全辅助类工具与管制工作结合的探讨[J]. 中国高新科技, 2020(20): 108-109.
- [4] 邹国政, 王韬. 空管自动化系统的中期冲突功能设计[J]. 中国科技信息, 2021(18): 46-48.