

# 基于VMware虚拟化技术在民航气象信息系统中的应用与实现

王 艳

中国民用航空西南地区空中交通管理局贵州分局, 贵州 贵阳

收稿日期: 2023年10月25日; 录用日期: 2023年12月1日; 发布日期: 2023年12月13日

## 摘 要

针对现有民航气象信息系统架构存在气象信息共享不充分、资源配置不合理、监控方式不统一等特点, 以及因基础设施资源需求的逐年提升而带来管理开销大、运维成本提高的情况, 介绍了将VMware虚拟化技术应用到民航气象信息系统中进行服务资源整合改造的方法。通过搭建动态服务器集群, 自动化监控现有配置和性能指标, 提高整个业务系统的容灾能力和可扩展性, 保障各类气象业务的高效率运行。建设完成后的运行结果表明: 新建民航气象信息系统稳定可靠, 体现了虚拟化架构的优势, 能够满足今后一段时间内气象业务需求。

## 关键词

民航气象信息系统, 虚拟化, VMware虚拟化技术

## Application and Implementation of VMware-Based Virtualization Technology in Civil Aviation Meteorological Systems

Yan Wang

Guizhou Sub-Bureau of Southwest Air Traffic Management Bureau CAAC, Guiyang Guizhou

Received: Oct. 25<sup>th</sup>, 2023; accepted: Dec. 1<sup>st</sup>, 2023; published: Dec. 13<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Aiming at the existing civil aviation meteorological information system architecture characterized by insufficient sharing of meteorological information, irrational resource allocation, and

non-uniform monitoring methods, as well as large management overhead and higher operation and maintenance costs due to the yearly increase in infrastructure resource demand, the method of applying VMware virtualization technology to civil aviation meteorological information system for the integration and transformation of service resources is introduced. By building dynamic server clusters and automating the monitoring of existing configuration and performance indexes, it improves the disaster-tolerance capability and scalability of the whole service system and guarantees the efficient operation of various weather services. The operation results after the completion of the construction show that the new civil aviation meteorological information system is stable and reliable, embodies the advantages of virtualization architecture, and can meet the meteorological business requirements in the coming period of time.

## Keywords

Civil Aviation Meteorological Information System, Virtualization, VMware Virtualization Technology

Copyright © 2023 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. 引言

民航气象信息系统[1]经过多年的发展,形成了一套相对稳定完整的核心层、汇聚层、接入层的三级系统构架,随着各项基础性业务和服务性业务的快速发展,日益增加的服务器资源需求,已给系统资源的日常维护和资源分配带来了很大压力。目前贵州空管分局现有资源在传统的硬件部署状态下已无法搭载更多业务系统。虚拟化技术的引入,可最大限度地优化服务器资源的可用性,提高日常运维的可管理性,减少运维成本,增强民航气象信息系统的容灾能力和可扩展性。

## 2. 现有民航气象信息系统概述

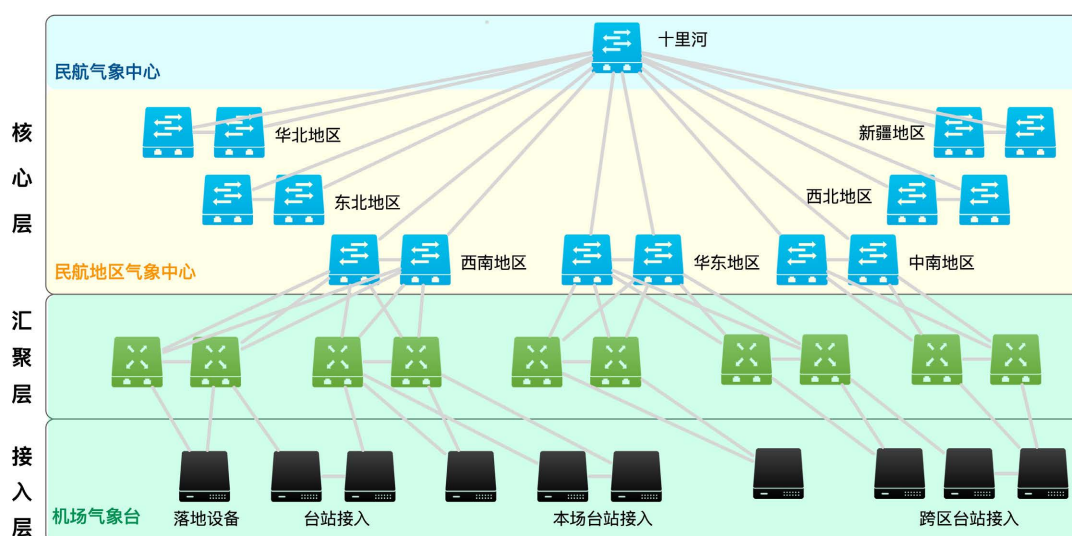


Figure 1. Network structure for data exchange in civil aviation meteorological information systems

图 1. 民航气象信息系统数据交换的网络结构

民航气象信息系统是基于民航气象数据库系统建设而来，分为民航气象中心气象信息系统、民航地区气象中心气象信息系统和机场气象台气象信息系统。以民航气象中心为核心，七个地区中心构成数据交换网络，每个地区中心下挂多个分局站，共同构建一套分级，且包含收集、存储、交换、发布、服务等多种功能，主要为航空飞行提供起飞机场、降落机场、备降机场、航线、航路的风向风速、温湿度、能见度、云高、气压等气象要素，以及机场警报、区域预警、重要天气预告图、高空风温预告图等各类气象资料，民航气象信息系统数据交换的网络结构如图 1。

民航气象信息系统由数据库子系统、网络子系统、通信前置系统、监控子系统、应用及服务等于子系统及相关硬件及软件构成，收集和上传预报编发报系统、观测编发报系统、自动气象观测系统、天气雷达系统、气象卫星接收系统数据，并通过航空气象服务系统、预报填图系统、重要天气预警预报系统等业务系统为用户提供气象基础服务和特订服务。民航气象信息系统的整体业务框架如图 2。

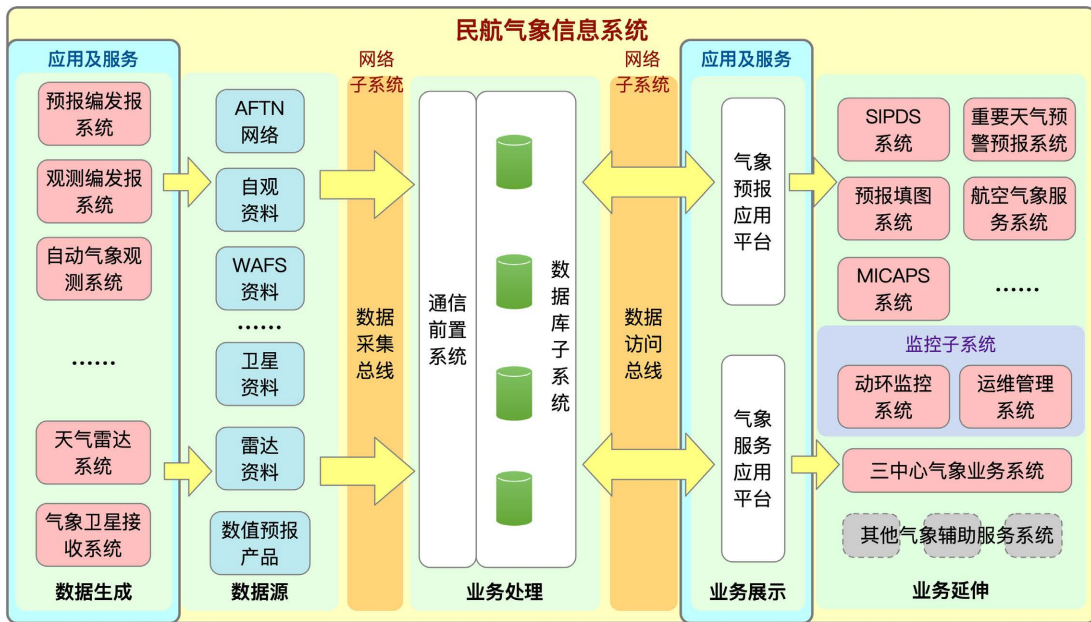


Figure 2. Overall operational framework of the civil aviation meteorological information system  
图 2. 民航气象信息系统的整体业务框架

### 2.1. 现状分析

由于数据种类繁多、服务范围广泛，自 2009 年民航气象信息系统(也叫数据库二期)升级建设至今，贵州空管分局此系统已发展出了 25 个业务系统，整体系统服务庞杂分散，各业务系统个性化特征强，现目前民航气象信息系统在传统部署与服务器运维上存在以下弊端。

#### 2.1.1. 系统资源可利用率低

现用业务系统的大部分服务器利用率都非常低，由于每个业务系统之间并不兼容，在传统的服务器资源使用方式下只能单独占用一台物理服务器。服务器与其附属的终端 CPU、内存的资源利用率均稳定在 10~15%，硬盘和系统被闲置率超过 40%。此外，为了应对临时的机器维修和突发业务需求，重要气象业务会在资源池中热备份额外的备用服务器，进一步降低了总体的资源使用率。

#### 2.1.2. 系统个性化与集约化兼容性差

民航气象信息系统的建设均采用成套独立购置的模式增设备，各系统间服务内容个性化程度高，堆

叠后的资源和服务集约化程度偏低。目前贵州空管分局共有 25 个系统，型号和用途均不相同，数据存储彼此隔离，数据库种类互不兼容，形成诸多信息孤岛。分散的运行方式导致容灾风险增大，灾备成本升高。

### 2.1.3. 系统运维成本高

传统流程化管理的运维效率不高且成本花费惊人。民航气象信息系统监控方式不统一，存在响应时间差，被动“救火”式运维造成运维质量降低、用户满意度下降。同时，包括硬件、软件、网络在内的技术产品的建设累计成本[2]不断增加，运行维护中涉及的耗电、占地、维护人员成本逐渐扩大。半数以上的非计量检定设备[3]质保期过保、部件老化等问题，致使设备的维护、维修费用等运维成本无法控制。

## 3. 基于 VMware 虚拟化技术的民航气象信息系统设计

### 3.1. VMware 虚拟化技术概念

VMware 虚拟化技术是一种将物理硬件资源抽象化的技术，使得虚拟机(VM)可以在单个物理服务器上运行多个操作系统和应用程序[4]。VMware 虚拟化技术基于 VMware ESXi hypervisor 得以实现，Hypervisor 直译即“超级监督者”，也称为虚拟机监控程序(VMM)，能够将实体资源(如 CPU、内存、存储空间、网络适配器、外设等)转换为虚拟资源，按需分配给每个虚拟机，允许它们独立地访问已授权的虚拟资源。Hypervisor 实现了硬件资源的整合和隔离，使应用程序既能共享 CPU、硬盘等物理硬件，也能依托不同的内核环境和驱动运行，从而满足民航气象领域多元化应用场景需求。VMware 虚拟化技术架构如图 3。在民航气象信息领域，Hypervisor 主要完成以下任务：

1. CPU 虚拟化：为虚拟机提供 VCPU 资源和运行环境；
2. 内存虚拟化：负责为其自身和虚拟机分配和管理硬件内存资源；
3. 中断虚拟化：发生中断和异常时，按需将中断和异常路由到虚拟机进行处理；
4. 虚拟机设备模拟：根据需求创建虚拟机可以访问的虚拟硬件组件；
5. 虚拟机资源配置：对虚拟机的 CPU，内存，IO 外设等资源进行配置和管理；
6. 虚拟机通信：为虚拟机提供 IPC，共享内存等通信机制；
7. 虚拟机调度：为虚拟机提供优先级和时间片等调度算法；
8. 虚拟机生命周期管理：创建，启动和停止虚拟机；
9. 虚拟机调测服务：提供控制台，日志等调试功能。

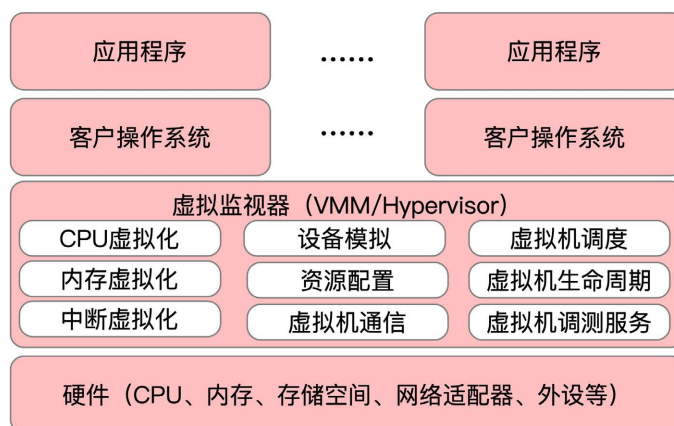


Figure 3. VMware virtualization technology architecture  
图 3. VMware 虚拟化技术架构

### 3.2. 新建民航气象信息系统设计方案

针对气象信息共享不充分的问题,建立一个能集成所有民航气象数据资料的气象数据存储平台,为贵州空管分局气象部门提供全面的气象资料和应用。引入 VMware 中的 Hypervisor 调度器,实现新建民航气象信息系统物理资源的最大化地利用,通过调度器让客户机操作系统在指定的硬件上运行,使虚拟机按照优先级在硬件上进行任务调度。最后,利用实时虚拟机健康状态监控,在发生系统异常时,有效隔离故障,并在最小波及范围内修复异常,以保障民航气象信息系统持续可用。新建民航气象信息系统设计方案如图 4。

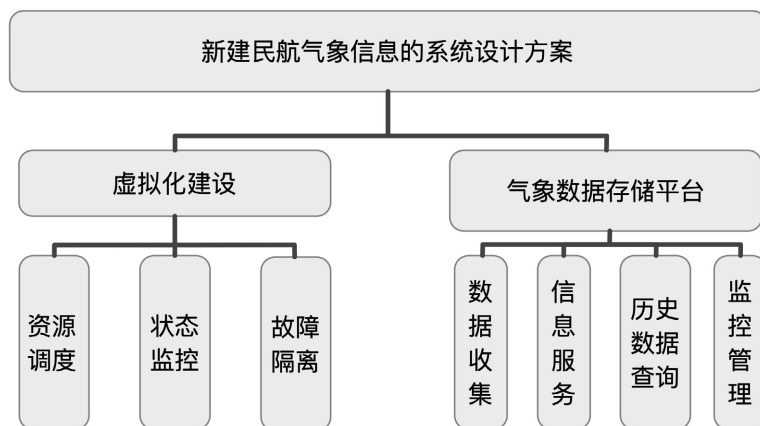


Figure 4. Design plan for the new civil aviation meteorological information system (CAMIS)

图 4. 新建民航气象信息系统设计方案

#### 3.2.1. 虚拟化建设

新建民航气象信息系统的生成端与数据源端的建设,在不改变各自原操作系统配置的基础上,创建虚拟机,并将其配置在多个物理服务器上,实现虚拟机之间硬件资源的动态分配。VMware Hypervisor 调度器的实时监控,在某个物理服务器故障时,能自动迁移虚拟资源到另一个物理服务器上继续运行[5],而在某个虚拟机故障时,也能快速发现异常进行故障隔离,在减少硬件资源浪费的同时,降低单点故障对业务系统的影响。

#### 3.2.2. 气象数据存储平台

新建民航气象信息系统旨在建立一个能集成所有民航气象数据资料的气象数据存储平台,该系统由数据收集、信息服务、历史数据存储查询、监控管理四个子系统构成。

数据收集子系统具备收集、处理和存储气象数据库、自动观测系统、气象遥测站、天气雷达系统、卫星云图接收处理系统资料、地方气象局资料等与气象业务有关的航空气象资料[6]功能。

信息服务子系统整合各类航空气象资料后,基于用户的个性需求,提供报文、图形产品查询、告警服务,实现航空气象资料的一站式服务。

历史数据存储查询子系统具有气象数据资料的归档整理和查询检索功能,用户可以检索所有历史气象数据。系统根据用户选择,对指定气象数据生成预设或指定样式的气象产品。历史数据库中的气象数据和信息根据预设时间周期,归档成一个或多个数据文件,以满足气象业务运行管理规定的资料保存与管理基本要求[7]。

监控管理子系统具备对系统类和数据业务流程类原始监控信息的告警、记录、检索、统计分析和展示的能力,以拓扑形式展示网络架构、流量和运行状态模式,达到统一系统业务运行图形化监控目的。



## 4. 新建民航气象信息的系统实现

新建民航气象信息系统可分为 SAN 存储系统、物理服务器层、Hypervisor 虚拟化层、应用系统层、网络层和客户端系统 6 层结构。系统整体业务架构如图 5。

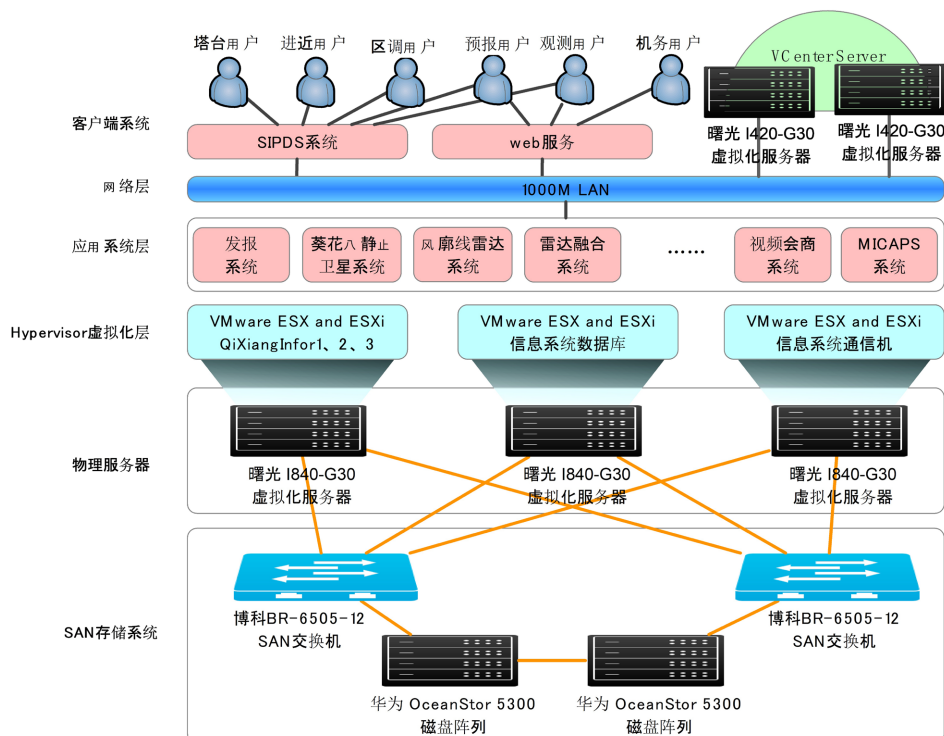


Figure 5. Overall operational architecture of the new civil aviation meteorological information system (CAMIS)  
图 5. 新建民航气象信息系统整体业务架构

### 4.1. 满足服务器资源动态扩展

将物理服务器层与 SAN 存储系统分离，使整个架构具有更强的可扩展性。当服务器资源不足时，可以方便的添加服务器，不影响现网业务的正常运行；当存储资源不够时，可以方便的添加存储，摆脱传统基础架构模式下，增加硬件资源需要停机中断业务的限制。

### 4.2. 保证气象应用的高可用性

在物理层的曙光 I840-G30 的服务器上分别安装 ESXi6.7 的虚拟化管理软件，管理虚拟化层的 3 个气象信息服务器、1 个信息系统数据库和 1 个信息系统通信机，并在 vCenter 管理中心开启 HA 集群功能，实现对集群内虚拟机应用的保护，当集群内某台主机故障发生时，主机上的 HA 代理检测到故障发生后，在其它主机上重启该故障主机上的虚拟机应用。保证了各气象信息系统虚拟应用的高可用性。

### 4.3. 实现自动化巡视与统一监控

在网络层接入 2 台曙光 I420-G30 服务器作为中心控制点，监测和分析性能数据，来优化资源利用率，设备维护人员利用远程命令行脚本编写环境，实现日常操作任务的自动化巡视和统一监控的任务。由于所有负载的应用实现了高可用性[8]，节省了完全一致的重复硬件，比传统的集群有更高的运维成本优势，也提升了使用和操作便捷性。

### 4.4. 提升多源气象资料共享易用性

在客户端系统层面提供一体化数据共享平台以访问管制信息决策系统或 HTTP 方式,实现各类气象信息系统的数据库、共享交互和数据服务。管制用户(塔台、进近、区调)、气象用户(预报、观测、机务)可从统一出口获取气象资料,一站式服务省略了繁琐的使用步骤。预报用户以 HTTP 方式访问新建气象信息系统界面如图 6。

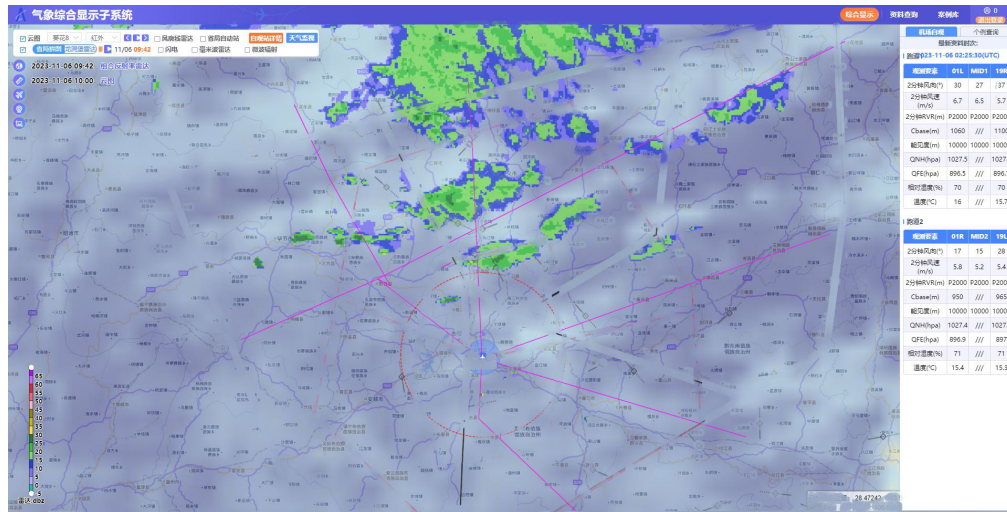


Figure 6. HTTP access to the new weather information system interface for forecast users  
图 6. 预报用户以 HTTP 方式访问新建气象信息系统界面

### 5. 系统运行情况

贵州空管分局新建气象信息系统于 2021 年 8 月完成验收并投入业务运行已 2 年,从各用户使用与设备运维情况分析,基于虚拟化技术架构的新建民航气象信息系统较之前多源信息共享分散与监控方式无法统一问题有较大的改进,整合后的服务资源利用率效果明显。新建民航气象信息系统虚拟化平台运行监控情况如图 7。

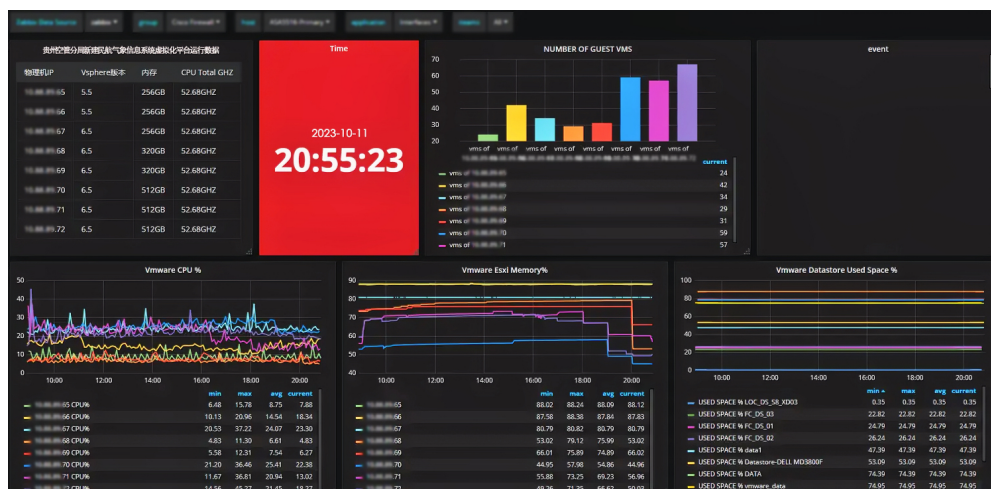


Figure 7. Operation and monitoring of the virtualized platform of the new civil aviation meteorological information system  
图 7. 新建民航气象信息系统虚拟化平台运行监控情况

## 6. 结语

本文立足解决贵州空管分局民航气象信息系统在运维管理工作中遇到的问题,分析了传统运维模式下的弊端和虚拟化技术的优势。结合虚拟化技术解决实际工作中遇到的难题,讨论了基于虚拟化技术的民航新建气象信息系统构架下各部分功能。结果表明,基于虚拟化技术的新建气象信息系统在提高可用性、增强可管理性、集约化利用资源和降低部署成本等方面均有显著表现,为未来民航气象业务的进一步发展提供了拓展空间。

## 参考文献

- [1] 中国民用航空局空管行业管理办公室. AP-117-TM-2012-05 民用航空气象信息系统技术规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [2] 胡美. 浅谈虚拟化技术在空管气象业务的应用[J]. 科技资讯, 2019, 17(34): 26-28.
- [3] 中国民用航空局. CCAR-381SE 中国民用航空部门计量检定规程管理办法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [4] 邓秀春, 王超云. 基于虚拟化技术的数据中心构建[J]. 科技创新导报, 2010(35): 29.
- [5] 谭杰, 旦增晋哲. 虚拟化技术在新一代云计算数据中心的应用探讨[J]. 通讯世界, 2021, 28 (10): 29-31.
- [6] 中国民用航空局空管行业管理办公室. AP-117-TM-04 民用航空气象资料管理办法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [7] 中国民用航空局空管行业管理办公室. AP-117-TM-03R1 民用航空气象数据库系统业务运行管理规定[S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [8] 刘一谦, 方国强, 张常亮. 基于虚拟化技术构建省级气象信息网络系统[J]. 计算机系统应用, 2017, 26(7): 84-89.