

煤矿安全生产 监控系统 集成关键技术 及应用

■ 郭勇义 等 编著



煤炭工业出版社

煤矿安全生产监控系统集成 关键技术及应用

郭勇义 等 编著

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

煤矿安全生产监控系统集成关键技术及应用/郭勇义等
编著. -- 北京: 煤炭工业出版社, 2012

ISBN 978 - 7 - 5020 - 4068 - 0

I. ①煤… II. ①郭… III. ①煤矿—安全生产—安全
监控系统—系统集成技术 IV. ①TD7 ②X924.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 112870 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*

开本 700mm × 1000mm¹/₁₆ 印张 16³/₄

字数 246 千字 印数 1—1 000

2012 年 7 月第 1 版 2012 年 7 月第 1 次印刷

社内编号 6891 定价 60.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

内 容 提 要

本书针对目前煤矿安全生产监控系统建设和集成中存在的主要问题,从煤矿安全生产监控系统集成的原理、技术、方法和工具等方面进行了论述,重点对监控系统的设备接入、传输网络、数据集成、面向服务的系统集成及 OPC UA 等关键技术进行了研究,阐述了从数据共享、信息共享和服务共享三个层次实现煤矿安全生产监控系统集成的基本思路和解决方法。最后,以煤矿安全生产监控系统的数据集成共享为基础,从建立煤矿综合自动化系统和瓦斯突出综合预警系统等方面,进一步展望了煤矿安全生产监控系统集成关键技术的应用前景。

本书可供从事煤矿安全生产监控系统设计和研发人员使用,也可作为矿山电气化与自动化专业、矿山通信专业、安全工程专业师生的参考书。

序

2012年,太原科技大学将迎来六十周年华诞。值此六秩荣庆之际,太原科技大学专家学者推出了这套学术丛书,以此献礼,共襄盛举。

六十年前,伴随着新中国的成立,伟业初创,百废待兴,以民族工业为先锋的社会主义现代化建设蓬勃兴起,太原科技大学应运而生。六十年来,几代科大人始终心系民族振兴大业,胸怀制造强国梦想,潜心教书育人,勇于科技创新,积极服务社会,为国家装备制造行业发展壮大和社会主义现代化建设作出了积极贡献。四万余名优秀学子从这里奔赴国民经济建设的各个战场,涌现出一大批杰出的科学家、优秀的工程师和知名的企业家。作为新中国独立建设的两所“重型机械”院校之一,今天的太原科技大学已发展成为一所以工业为主,“重大技术装备”领域主流学科特色鲜明,多学科协调发展的教学研究型大学,成为国家重型机械工业高层次人才培养和高水平科技研发的重要基地之一。

太原科技大学一直拥有浓郁的科研和学术氛围,众位同仁在教学科研岗位上辛勤耕耘,硕果累累。这套丛书的编撰出版,定能让广大读者、校友和在校求学深造的莘莘学子共享我校科技百花园散发的诱人芬芳。

愿太原科技大学在新的征途上继往开来、再创辉煌。

谨以为序。

太原科技大学校长 郭勇义

2012年6月

前 言

煤矿安全生产监控系统是保障煤矿安全生产的关键技术装备。在国家安全生产各部门的推动下，国内大多数煤矿均装备了功能和规模不一的监控系统，为安全生产提供了技术保障。但是，监控技术在通信协议、数据共享及综合利用等方面还需进一步优化。目前，煤矿安全生产监控系统已经发展到第五代，集成化、标准化、网络化和智能化是煤矿安全生产监控系统的发展趋势。

煤矿生产是一个复杂的过程，保障煤矿安全生产需要的不仅仅是一套监控系统，而是一个科学的安全生产体系，是一个非常复杂的系统。以著名科学家钱学森为首的我国学者则在 20 世纪 90 年代初期提出了开放的复杂巨系统理论及建设从定性到定量的综合集成研讨厅体系，对煤矿安全生产监控体系的发展具有方法论的指导意义。在建立煤矿安全生产监控体系时，需要将各方面的数据和各种信息与计算机、网络等信息技术有机结合起来，把各种学科的科学理论和人的认识结合起来，进行深入的研讨和论证，从而制定一个科学的长效方案。

从系统论的观点出发，解决当前煤矿安全生产监控系统的问题，就是要将功能不一、来源不一和规模不一的煤矿所用的各个监控系统及设备集成起来，组成一个整体，发挥一加一大于二的大系统优势。煤矿安全生产监控系统的集成已成为煤矿生产部门的迫切需要，并成为国内外学者的研究热点。近些年来，煤矿安全生产监控系统的集成技术得到长足的发展，取得了较多的成果，并得到了应用推广。目前系统集成在可扩展性、实时性、一致性、集成深度等方面还存在不足，特别是在平台建设方面，在技术上

缺乏统一的标准，且方案设计上还没有达成共识。

在编著者多年从事煤矿安全生产研究的过程中，特别是在完成国家“十一五”科技支撑计划子课题之“重点企业瓦斯灾害监测预警系统集成与示范”专题的过程中，对煤矿安全生产监控系统集成相关技术进行了较为深入的研究。提出了煤矿监测监控系统“3+1”集成架构，即数据共享、信息共享和服务共享三个层面的集成和构建一个数据中心平台。按照这种集成架构设计并实现了多个煤矿的监控系统的集成解决方案。本书是对编著者及其团队在系统集成方面研究成果的总结和展示，抛砖引玉，希望能为同行提供一些参考。

本书首先分析目前煤矿安全生产监控系统建设和集成中存在的主要问题，从煤矿安全生产监控系统集成的原理、技术、方法和工具等方面进行论述，重点对监控系统的设备接入、传输网络、数据集成、面向服务的系统集成及 OPC UA 等关键技术进行研究，阐述了从数据共享、信息共享和服务共享三个层次实现煤矿安全生产监控系统集成的基本思路和解决方法。最后，以煤矿安全生产监控系统的数据集成共享为基础，从建立煤矿综合自动化系统和瓦斯突出综合预警系统等方面，进一步展望了煤矿安全生产监控系统集成的应用前景。

全书由郭勇义教授策划和统稿。本书第1章由郭勇义教授撰写，第2章由仇建平讲师撰写，第3、5、6、7、8章由谢斌红讲师撰写，第4章由翁自觉讲师和冯向阳工程师撰写，其中冯向阳撰写了4.1节和4.2节，翁自觉撰写了4.3节。张英俊、赵志诚、潘理虎等同志也为本书的撰写提出了许多宝贵的建议和意见。

本书研究成果得到了国家科技部重大科技支撑计划项目(2007BAK29B01)、山西省科技攻关项目(20100322004)、中美国际合作项目(20110081033)和省发展改革委产业化研发项目资助。山西精英科技股份有限公司、晋煤集团寺河矿二号井和煤炭

工业出版社为本书的出版给予了大力支持，付出了辛勤工作和血汗，在此一并表示衷心的感谢。

由于编著者水平有限，本书难免有疏漏之处，诚请各位读者批评指正。

编著者

2012 年 5 月于太原

目 次	
1 绪论	1
1.1 煤矿安全生产监控系统现状	1
1.2 煤矿安全生产监控系统发展趋势	4
1.3 煤矿安全生产监控系统集成	5
2 煤矿安全生产监控系统集成关键技术	10
2.1 设备接入技术	10
2.2 网络传输技术	25
2.3 数据集成技术	31
2.4 系统集成技术	36
3 煤矿安全生产监控系统集成服务平台	42
3.1 监控系统集成的目标和要求	42
3.2 系统集成服务平台体系结构	44
3.3 集成服务平台组件设计	52
4 煤矿监控系统综合接入解决方案	82
4.1 综合接入平台的设计	82
4.2 基于 Modbus 协议的综合分站设计和实现	84
4.3 OPC UA 服务器设计与实现	112
5 基于 GEPON/ONU 传输网络	158
5.1 GEPON 在煤矿系统中的应用	158
5.2 GEPON 的设计实现	158
6 煤矿监控系统数据集成	172
6.1 煤矿监控数据	172
6.2 数据集成现状	175
6.3 数据集成方案	183



6.4 RSM 元数据模型	185
6.5 数据中心的构建	211
7 煤矿安全生产监控系统集成应用	214
7.1 煤矿综合自动化系统	214
7.2 煤矿瓦斯突出综合预警系统	237
8 结语	250
8.1 研究内容总结	250
8.2 未来展望	251
参考文献	253

1 绪 论

随着我国煤炭事业的发展和安全生产形势的要求,在全矿井安全生产环境监测、生产过程监控和信息综合利用等方面,对煤矿监测监控系统提出了向集成化发展的新要求。煤矿现有的各种监测监控系统采用不同的通信协议,各系统之间存在兼容障碍,难以实现数据、信息的共享和综合利用,严重制约了这些系统综合能力的发挥,矿井灾害预测预警能力不足,这都迫切需要对煤矿安全生产监测监控系统集成技术进行重点研究,提出有效的解决方案。

1.1 煤矿安全生产监控系统现状

矿井安全生产监控系统是为了煤矿安全和正常生产而进行的各种有关参数或状态的集中监测,并对有关环节加以控制,是保护采掘、运输、通风、排水等主要生产环节安全运行的重要设施。该系统包括矿井环境安全监测和矿井生产监控,矿井环境安全监测用于监测影响生产安全和矿工人身安全的井下环境因素,矿井生产监控系统用来监控煤炭生产主要设备的工况。监控系统一般由传感器、数据采集站、控制站、信号传输系统和地面中心站组成。

1.1.1 国外煤矿安全生产监控系统的发展

按照煤矿安全生产监控系统采用的信息传输技术,自 20 世纪 60 年代以来,国外煤矿安全生产监控系统基本上经历了 4 个发展阶段。

(1) 第一代煤矿安全生产监控系统采用空分制传输信息。典型系统有法国的 CT163/40 煤矿监测系统,波兰的 CMM-20、CMC-1 系统。

(2) 第二代煤矿安全生产监控系统采用信道频分制技术,这一阶段以晶体管电路为代表。采用了频分制后,传输信道的电缆芯数大量减少,从而很快取代了空分制系统。如 Siemens 公司的 TST 系统和 F+H 公司的 TF200 系统。

(3) 第三代煤矿安全生产监控系统采用分时制通信技术,以集成电路

的应用为代表,其通信规程比较严格、抗干扰能力强、传输电缆与测试点数无关、结构简单、配置灵活,实现了全矿井监测监控,开创了煤矿自动化技术和煤矿监测监控技术发展的新局面。典型系统有英国的 MINOS 系统、美国的 SCADA 煤矿监控系统。

(4) 第四代是在 20 世纪 80 年代由美国开发出的,综合了计算机技术、大规模集成电路技术、数据通信技术等现代高新技术而形成的以分布式微处理机为基础的监控系统。以开放性、集成性和网络化为特征,信号的传输方式还是属于时分制范畴,但用原来的一般分时制的概念已不足以反映这一高新技术的特点。典型系统有美国 MSA 公司的 DAN6400 系统、加拿大的参透里昂 600 型系统等。

HIMASS 系统是 Honeywell 公司生产的安全生产监测监控系统,可对井下各环境参数、矿井主要设备的工况参数进行监视和数据采集,并可实现对井下大巷带式输送机的集中控制,掘进工作面风电瓦斯闭锁断电控制。HIMASS 系统除配置满足系统运行所需要的基本软件外,还配置了组态显示软件、趋势图软件、报警管理软件、停机故障分析软件和瓦斯防爆软件等,这些软件都是国内系统所不具备和有待开发的。国外监测监控系统,除进一步完善系统功能外,还注重传感器的研发,尤其是智能传感器的研究。

1.1.2 国内煤矿安全生产监控系统的发展

我国监控技术应用较晚,20 世纪 80 年代初从国外引进了一批安全监控系统,装备了部分煤矿;在引进的同时,通过消化吸收,结合我国煤矿的实际情况,先后研制出 KJ2、KJ4、KJ38、KJ66、KJ75、KJ80、KJ92 等监控系统,并广泛应用于我国煤矿。

随着科学技术的迅猛发展,国内又相继推出了 KJ90、KJ95、KJ101、KJF2000、KJG2000 等监控系统,矿山安全监测系统,以及 Web GIS (地理信息系统) 等煤矿安全网络监测管理系统。2004 年,由基于第五代 GIS 数据库技术的煤矿安全远程监测监控信息系统解决方案,提出了远程实时数据采集终端、数据库存储、组态控制、大型门户集成平台、超常延时免充后备电源系统等解决方案,建立了基于 Web GIS 的实时监测与监管系统,实现了省局、市局、县局、煤矿、集团公司等 5 级远程联网。

截至目前,山西省已完成了瓦斯监测监控联网工作,全省 902 个高瓦斯矿井和按高瓦斯管理的矿井全部安装了瓦斯监测传感器,并连入省级网络系统,各级控制中心都可以对井下的瓦斯浓度进行监测监控,各级煤炭生产主管部门可以及时掌握井下瓦斯情况,一旦瓦斯超限自动化装置就会按预案启动。黑龙江煤炭安全监察局利用黑龙江移动的 GSM 和 GPRS 网络已对全省 812 处矿井实现了主要通风机监控和瓦斯浓度监控。

经过多年的发展,煤矿企业大多都装备了安全监测系统。但煤矿综采工作面 and 矿井运输、通风、排水、供电等生产环节的自动化程度普遍较低,井下监控系统各自封闭独立,开放性差,缺少统一的技术标准,系统之间数据不能共享。现有煤矿安全监控系统具有瓦斯、火灾、冲击地压等重大灾害预警功能,但预警正确率较低,难以满足煤矿安全生产的需要。因此,迫切需提高瓦斯、火灾、冲击地压等重大灾害预警的正确率,进一步研究基于煤矿安全生产监控系统的瓦斯、火灾、冲击地压等重大灾害预警技术。总的来说,监控系统处于对监测数据的初级管理阶段,仅具备阈值报警,缺少对监测数据的深入分析和挖掘,没有与企业上层的管理信息系统集成,生产现场的生产数据、设备状态、人员管理等信息不能及时反馈到决策层,也无法为基于监测系统的矿井灾害预测预警研究提供基础数据支撑。

目前,煤矿安全生产监控系统仍然存在着以下问题:

(1) 煤矿安全生产监控系统的通信协议不规范。监控系统独立开发的底层信息传输设备物理接口协议相对独立,只能进行同类型的水平扩展,系统功能扩充面临严峻挑战。虽然现在许多煤矿已经安装了瓦斯监测监控系统,但几乎都采用各自装用通信协议,系统各自处于封闭状态,系统间无法实现信息共享,很难实现全局或高级别的联网。

(2) 数据不能完全共享。各种监控系统数据只在自己的系统被利用,而无法与其他数据消费者共享,大量的数据没有充分利用,也给系统的运行效率和安全性带来了负担。随着发展生产的需要,监控子系统越来越多,每个系统都有自己独立的数据存储方式,数据冗余度较大,形成了“信息孤岛”。为了实现信息共享,有必要解决系统之间数据异构、数据交换、数据传输等问题。

(3) 没有有效地利用网络实现系统集成。煤炭企业所使用的多数监控系统是分散开发或引进的, 大多面向具体业务和部门, 很少统一考虑数据标准或信息共享问题。由于数据平台的不统一, 同样的一个数据项多次录入, 在不同的平台之间保存, 因而不能确保数据的完整性。国有煤矿的安全监控系统等绝大多数都是相对独立的系统, 还没有一个将监测监控与安全生产技术数据相关的集成系统, 难以保障煤矿采掘过程中的安全; 而且, 现有的煤矿瓦斯监测监控系统只是对采掘作业面实行实时监控, 对将要开采的未知空间参量及其随采掘变化趋势的掌控没有一个成熟的技术, 不能全面实现对矿井重大灾害的辨识、预警和控制。

1.2 煤矿安全生产监控系统发展趋势

从我国煤矿安全生产监控系统来看, 主要有以下几个主要趋势:

一是煤矿安全生产监控系统结构向集散化结构发展。新推出的监测监控系统基本上都采用集散系统结构, 一般在结构上由现场测控分站和控制中心主站组成。分站(如 S7315-2DP)可以脱离主站自动实现就地监测和控制功能, 分站一般由中小型可编程控制器(PLC300)组成。主站一般采用 PC 机, 主要负责监测数据的收集、存储、显示、报警、处理、分析和报表打印等。传输系统以现场总线和 FSK 为主, 拓扑结构多采用总线型和环型结构。

二是煤矿安全生产监控系统开放化。国外新推出的集散监测监控系统均采用开放系统互联的标准模型、通信协议或规程, 支持多种互联标准, 如 OPC (OLE for Process Control)、COM/DCOM 等。这样, 任何集散测控系统只要遵循这些规程, 就能够与其他系统或计算机系统相连, 方便地组成多节点的计算机局域网络, 实现系统间的通信和数据共享。

三是煤矿安全生产监控系统通用化。新推出的监测监控系统不仅能满足煤矿安全生产的需要, 而且能够完成各种不同的监测监控任务。

四是发展专家诊断、决策系统软件。煤矿安全监控系统对数据的分析只是简单的阈值超限判断, 缺少对数据的深入发掘和综合应用。虽然近年许多煤矿都在配备综合信息平台, 但大都停留在数据信息汇总层面上, 还达不到综合应用的效果。我国的监测监控系统需要开发专家诊断、专家决策系统软

件,如瓦斯预测预报、机械设备的故障诊断等软件,事故发生时可指示最佳救灾避灾路线等。

五是煤矿安全生产监控系统智能化。首先是传感器的智能化,如不断推出的具有自动校正、灵敏度自动补偿、非线性自动补偿等功能的智能传感器。

综上所述,未来煤矿监控系统将朝着集成化、开放化、标准化、网络化和智能化方向发展。

1.3 煤矿安全生产监控系统集成

从发展的眼光来看,系统集成是大势所趋。将现有的监测监控系统,在不改变其结构、不影响其性能和正常运行的前提下集成起来,构建全矿安全生产综合调度系统已成为业内共识。系统集成(System Integration, SI)概念,自20世纪70年代就在文献中出现,人们通过系统集成思想,解决了以往单个系统不可能实现的复杂系统的控制和实现问题。系统集成是一种思想、观念和哲理,是一种指导信息系统整体规划、分布实施的方法和策略,同时也还有管理,它提供了一体化的解决方案。系统集成一方面包括一个单位自身研制的各系统间的横向集成,另一方面还包括不同厂商产品或系统的纵向集成。系统集成常发生在一个企业的部门之间,它对企业具有如下显著作用:

一是实行系统集成可以统筹规划企业资源,提高资源利用率。

二是实行系统集成可以实现大范围的数据共享,保证数据的统一管理和快速传输,为科学研究和决策提供强大的数据支撑。

三是通过系统集成可以理顺企业的业务和信息流程,强化各级领导决策,有利于对企业管理方式进行重组,提高企业效益。

煤矿安全生产监测监控系统集成的主要特点:

(1) 分布性。生产的特点决定了各类监测监控系统具有明显的分布性特征。这些系统被分布在整个生产流程的不同部分,每个子系统都反映了煤矿安全生产的一个侧面。

(2) 异构性。国产安全监测监控系统就有30多个型号,这些系统都是

异构的,更不要谈其他监测监控系统,其异构情况更为复杂。

(3) 实时性。集成系统对数据实时性要求依据使用对象不同有很大变化,生产调度人员、安全管理人员希望数据实时性好,以便能及时掌握安全生产的第一手资料,及时对突发事件进行处理,而矿务局用户主要掌控宏观趋势,对数据实时性要求较弱。

(4) 层次性。矿级系统主要侧重于数据的实时显示,而局级系统在矿级系统之上,主要侧重于宏观分析和决策。

(5) 封闭性。煤矿装备的各种监测监控系统绝大多数都是封闭系统,系统互联和数据共享十分困难,通信协议严格保密,从而增加了系统集成的难度。

(6) 相关性。煤矿装备的各种监测监控系统,从各系统监测的参数本身看,各子系统间耦合性较弱,互操作实时性要求不高,但它们都反映了煤矿生产总流程的一部分或一个侧面,具有相关性。

1.3.1 国内外研究现状

20 世纪 90 年代以来,一些矿务局已开展监测监控系统的全局(集团)联网工作。如鹤岗矿务局就已实现了全局环境监控系统的无线联网。常州自动化所内各系统间统一了信令,实现了系统集成。神华集团通过两年时间建成了全集团的综合自动化系统,基本实现了管控一体化,使矿井的生产运输系统、辅助生产系统、调度监控系统及管理信息系统全面实现了自动化和信息化管理,极大地提高了工作效率。

针对煤矿安全生产监控系统集成的问题,国内外学者进行了大量的研究,并取得了许多成果。针对煤矿安全生产自动化信息孤岛,文献[9]提出利用 CORBA 技术对煤矿安全生产监测监控系统进行集成方法,将既有监控系统统一封装为 CORBA 对象,将新监控系统统一开发成 CORBA 组件;文献[11]和文献[12]提出分布式煤矿监控系统集成体系结构,将整个系统分为硬件平台及系统软件层、接入层、信息集成平台、应用集成框架;鉴于煤矿空间信息共享的需要,刘桥喜提出基于煤矿地测空间数据的多专业、多部门的信息共享与协作模型,并在安全管理与采掘衔接辅助决策应用中得到验证。

此外,在国家“十一五”期间完成的科技支撑计划项目“煤矿瓦斯综合治理技术集成与示范”,宋建成等提出煤矿瓦斯防治信息集成与安全导航技术,针对生产矿井对煤矿安全生产管理信息化、智能化的迫切需求,基于矿井环境监测和生产监控系统、计算机网络系统、地理信息系统及煤矿安全生产管理的理论和技术方法,在矿井通风、瓦斯地质等数字化技术的基础上,进行全方位集成整合和再开发,实现对煤矿生产采掘作业过程中对瓦斯防治的预测、预报、预警和预防。“十一五”期间,煤矿安全监控、煤矿井下人员位置监测、煤炭产量远程监测、全矿井移动通信、无人值守监控技术及系统取得了突破和快速发展,在煤炭安全生产中发挥着重要作用。

综上所述,现有监控集成方案存在以下不足:

(1) 紧耦合,不易扩展。采取点对点的紧耦合集成方法不仅需要对应应用系统作较大的改动,而且需要编写大量的代码,当有新系统需要集成时,系统又需重新设计,并且随着信息化向煤矿井下设备层的延伸,紧耦合方式完全缺乏柔性,达不到预期的目的,且难以从系统结构上满足煤矿生产过程中大量多元异构动态信息的有效集成。

(2) 集成的深度不够。用户界面集成过于简单,无法发挥系统的整体作用;而数据集成仅实现了矿井环境、设备工况数据的采集和集中存储,但这些数据在语法和语义上缺乏统一标准,容易产生歧义,难以进行共享和互操作,引入了“二次”集成的困难。

(3) 集成的数据实时性差、准确性、一致性差。多数集成数据来自于现有监控系统共享的文件或数据库,且缺少公共信息模型,没有实现从现场设备层到控制层数据集成,因而造成集成的数据在实时性、准确性、一致性等方面存在许多问题。

(4) 缺少统一的集成平台。由于缺少统一的煤矿监控系统集成服务平台,导致集成系统的通用性差、可扩展性不足,各种数据难以实现有效的集成与共享。

1.3.2 煤矿安全生产监控系统集成解决方案

煤矿安全生产监控系统集成关键技术及应用研究旨在实现煤矿企业各监控系统之间的互联、互通和互操作,为煤矿灾害综合预警的决策和研究提供