

新编**采矿**
实用技术丛书

主 编 唐敏康
副主编 杜 效 张春雷

计算机 在矿业中的应用

游安弼 肖广哲 编著

JISUANJI ZAI KUANGYE ZHONG DE YINGYONG



化学工业出版社

新编 采矿
实用技术丛书

主 编 唐敏康
副主编 杜 效 张春雷

计算机 在矿业中的应用

游安弼 肖广哲 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书侧重于计算机技术在矿山实际作业中的普及性应用,结合矿山数字化、信息化建设,全面介绍了计算机在矿山地质、矿山测量、采矿、选矿等技术作业和管理领域中的广泛应用。

本书适合矿山企业技术人员、管理人员阅读;适合作为高等院校矿业类专业的教学用书,同时也可作为矿山企业的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

计算机在矿业中的应用/游安弼,肖广哲编著. —北京:化学工业出版社, 2013. 3

(新编采矿实用技术丛书)

ISBN 978-7-122-16538-1

I. ①计… II. ①游…②肖… III. ①计算机应用-矿业工程
IV. ①TD672

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 029227 号

责任编辑:刘丽宏
责任校对:蒋宇

文字编辑:吴开亮
装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:北京云浩印刷有限责任公司

710mm×1000mm 1/16 印张10¼ 字数202千字 2013年6月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究

丛书前言

20 世纪以来，矿产资源被人类持续、大规模、掠夺性地开发，资源枯竭与社会需求的矛盾日显突出。如何保持矿产资源的可持续发展和利用已成为国家层面的重要课题，而作为矿业工作者，我们的责任就在于如何更科学、合理、高效地开采矿业。

采矿工业是一种最基础的原材料工业，在人类现代文明的进程中，采矿工业是最早兴起的工业之一。采矿工程是一个庞大而且复杂的系统工程，牵涉面很广，综合性很强。除采矿方法本身以外，它由开拓、运输提升、供电、排水、充填、供气、供水和通风系统等 8 大系统构成，缺一不可。采矿生产是从地壳中将可利用物质开采出来的行为、过程或作业，直接为矿物加工工程提供矿石，然后成为能源、冶金、化工、建材等行业的原料。而要完成这样一种工程行为，劳动者和管理者必须对采矿工艺流程和支撑采矿工程的相关专业知识有足够的了解和掌握。

《新编采矿实用技术丛书》（下简称《丛书》）是在原《采矿实用技术丛书》的基础上重新编著的。《丛书》根据我国矿山企业生产的发展特点和实际需求进行改编，增加了采矿生产技术的最新研究成果，并新增了矿山法律法规解读和矿山数字化方面的内容。全书共有 11 个分册，即《矿床地下开采》、《矿床露天开采》、《矿山地压测试技术》、《井巷工程》、《矿山工程爆破》、《矿井运输与提升》、《矿井通风与防尘》、《矿山安全工程》、《矿山工程机械》、《计算机在矿业中的应用》和《矿山安全生产法规读本》。

《丛书》结合矿山生产实际，强调实用性与可操作性。从采矿的基础知识入手，深入浅出，图文并茂，通俗易懂，可读性强。《丛书》分册作者具有多年的教学和科研实践经验，从而使图书的内容更符合矿山技术人员的需求，也为生产管理人员提供了有益的借鉴。

《丛书》适合矿山采矿工程技术人员、劳动者、矿山企业领导、技术和安全生产管理人员阅读，也可作为矿山企业采矿工程的培训教材。同时，也可选作矿业类大专院校相关专业教材或教学参考书。

编者

前言

我国是矿业大国。近几年来，随着矿山行业的持续发展，矿山信息化建设的重要性再次凸显。在矿业发达的先进国家，三维可视技术、GPS 技术、互联网技术已融入矿山，实现了生产和管理的信息化，在技术上达到了很高的水平。相比之下，国内矿山的信息技术进展较为缓慢。如何更好地应用计算机技术加快国内矿山企业的数字化建设，提高矿山企业的生产效率和水平，是摆在矿业人面前的课题。为此，我们编写了本书。

《计算机在矿业中的应用》是《新编采矿实用技术丛书》的一种。

计算机在矿业中的应用，也称矿山信息化，这本书应该包含哪些内容呢？矿长用上了 iPad 算不算矿山信息化呢？矿山技术人员也采用了 MS Office 和 QQ 软件是不是也称作矿山信息化的一部分呢？笔者认为，专业化的应用或者矿山特有的应用才有必要在此介绍，通用化的知识还是到相应的书中查找。本书首先对矿山信息化的相关概念如矿山监测及控制、数字矿山、矿山管理信息系统（矿山 MIS）作了介绍；矿山地质方面主要介绍了地质制图、矿床储量管理等几个方面；矿山测量方面主要介绍了测量绘图、井下定位与通讯、地理信息系统等几个方面；采矿专业方面主要介绍了采矿绘图、生产计划、露天矿境界的圈定等几个方面；矿山安全方面主要介绍了通风网络解算、地压分析、虚拟矿山等几个方面；最后是矿业软件漫谈，主要介绍笔者对于矿业软件开发的一点体会及笔者自己开发的两个插件。每一节介绍一个具体的应用方面，从基本概念、应用计算机的必要性、历史及现状、商业化成果（或专业软件或典型系统）介绍、专业软件的比较、实施步骤等几个方面进行阐述。对于有关矿山软件的介绍，由于不同厂商的软件操作有差异，加之随着软件的升级操作也会改变。笔者尽力避免将本书编成软件说明书的合集，引导读者了解软件的“基本思路”和“共性”，如果需要详细了解某个软件，可参考该软件附带的使用说明书。

本书在编写过程中参考了大量的文献，主要的文献列在参考文献中，在此向原作者表示感谢！

由于时间仓促，书中不足之处难免，敬请批评指正。（笔者联系方式：youan-bj2000@yahoo.com.cn）

编著者

第1章

矿山信息化漫谈

1

1.1 数字矿山及智慧矿山	1
1.1.1 基本概念	1
1.1.2 必要性	2
1.1.3 历史及现状	3
1.1.4 矿山信息化的实施步骤	3
1.2 矿山生产调度	4
1.2.1 概念	4
1.2.2 必要性	4
1.2.3 历史沿革	5
1.2.4 典型系统介绍	6
1.2.5 矿山生产调度系统的选择	7
1.3 矿山监测及自动控制	9
1.3.1 概念	9
1.3.2 必要性	10
1.3.3 历史及现状	10
1.3.4 典型系统介绍	11
1.4 矿山管理信息系统	13
1.4.1 基本概念	13
1.4.2 必要性	13
1.4.3 历史及现状	14
1.4.4 典型矿山 MIS 介绍	14

第2章

计算机在矿山地质中的应用

16

2.1 地质绘图	16
2.1.1 概念	16
2.1.2 必要性	18
2.1.3 历史及现状	18

2.1.4	专业软件	21
2.1.5	通用绘图软件绘制矿山地质图的技巧	23
2.2	矿化模型及矿床储量估算	24
2.2.1	基本概念	24
2.2.2	历史及现状	26
2.2.3	建立矿化模型的软件	28
2.2.4	储量计算示例	28
2.2.5	专业软件的选择	31
2.3	三维地学建模	32
2.3.1	基本概念	32
2.3.2	必要性	32
2.3.3	历史及现状	33
2.3.4	地质体三维可视化建模软件介绍	34

第3章

计算机在矿山测量中的应用

36

3.1	测量绘图	36
3.1.1	基本概念	36
3.1.2	必要性	37
3.1.3	历史及现状	37
3.1.4	测绘软件介绍	37
3.1.5	通用绘图软件绘制矿山测量图的技巧	39
3.1.6	专业软件的选择	41
3.2	3S 杂谈	44
3.2.1	全球定位系统	44
3.2.2	遥感	48
3.3	地理信息系统	50
3.3.1	概念	50
3.3.2	必要性	52
3.3.3	历史及现状	52
3.3.4	通用软件	54
3.3.5	专业软件	55
3.3.6	实施步骤	57
3.3.7	矿山 GIS 平台的选择	58
3.4	井下定位及通信	58
3.4.1	基本概念	58

3.4.2 必要性	60
3.4.3 历史及现状	61
3.4.4 典型系统介绍	62
3.4.5 井下定位系统的选择	68

第4章

计算机在采矿中的应用

72

4.1 采矿绘图	72
4.1.1 概念	72
4.1.2 历史及现状	74
4.1.3 通用软件	74
4.1.4 采矿工程绘图软件介绍	76
4.1.5 通用绘图软件绘制采矿工程图的技巧	77
4.1.6 采矿绘图软件的比较	80
4.2 采掘或采剥计划	81
4.2.1 概念	81
4.2.2 必要性	83
4.2.3 历史及现状	85
4.2.4 矿山	86
4.2.5 计算机编制开采计划的基本操作步骤	88
4.2.6 专业软件的选择	90
4.3 三维采矿设计	92
4.3.1 采矿 CAD 的历史沿革	92
4.3.2 理想的采矿 CAD	93
4.3.3 通用三维 CAD 软件的不适	93
4.3.4 三维采矿 CAD 的开发尝试	94
4.3.5 使用“明德采矿 CAD”进行采矿设计	94
4.3.6 下一步打算	97
4.4 露天矿境界的圈定	97
4.4.1 概念	97
4.4.2 必要性	100
4.4.3 历史及现状	100
4.4.4 专业软件	101
4.4.5 主要步骤	103

第5章

计算机在矿山安全中的应用

104

5.1 通风网络解算 104

5.1.1 引言 104

5.1.2 现状 105

5.1.3 通风系统优化软件介绍 108

5.1.4 主要步骤 110

5.1.5 通风软件的选择 111

5.2 地压分析 112

5.2.1 基本概念 112

5.2.2 必要性 113

5.2.3 历史及现状 113

5.2.4 通用软件 115

5.2.5 矿山数值分析软件 118

5.2.6 主要步骤 121

5.3 虚拟矿山 123

5.3.1 引言 123

5.3.2 虚拟矿山的意义 124

5.3.3 虚拟现实的研究状况 124

5.3.4 虚拟矿山的研究状况 126

5.3.5 虚拟矿山的开发工具 128

5.3.6 矿山虚拟现实系统开发的主要步骤 130

5.3.7 矿山虚拟现实系统开发尝试 130

第6章

矿业软件漫谈

132

6.1 矿业集成软件评述 132

6.1.1 矿业集成软件的功能比较 132

6.1.2 矿业集成软件的性能比较 133

6.1.3 矿业集成软件其他方面的比较 136

6.2 矿业软件开发探讨 138

6.2.1 从底层开发还是从高层开发 138

6.2.2 三维 CAD 二次开发时策略的选择 139

6.2.3 三维 CAD 二次开发时编程语言的选择 140

6.3 矿山体元库 142

6.3.1 引言 142

6.3.2 三维矿山建模的通常过程 142

6.3.3 基于特征库的建模过程 143

6.4 矿山约束器 146

6.4.1 引言 146

6.4.2 约束关系的提取 147

6.4.3 约束关系的量化 147

6.4.4 矿山约束器的实现 148

6.4.5 矿山约束器的作用 149

第1章

矿山信息化漫谈

矿山信息化（或称矿业现代化）的内容有很多，矿山的地质、测量、采矿、安全等主要专业应用都将在独立篇章中介绍，这里仅介绍矿山的几个特有应用。

这些内容中，自动控制可能是最早的研究方向，再后来，矿山管理信息系统也被很多人痴迷过，以为建立了矿山管理信息系统就能够大大提高矿山管理水平。笔者认为那不过是把矿山的人员、设备、材料等信息放到数据库系统中罢了，可充分利用数据库系统的查询检索功能，更快地了解全矿的相关信息，这只能说是为提高管理水平提供了条件，但是真正要提高管理水平还需要人的素质。美国前副总统戈尔提出了数字地球之后，数字矿山也曾风靡一时，但是数字矿山究竟是个什么概念呢？笔者提出了自己的看法。

1.1 数字矿山及智慧矿山

1.1.1 基本概念

数字矿山及后来提出的智慧矿山究竟是什么概念，具体应该有些什么内容，这在矿业界尚未达成共识。有的矿山配置了一套计算机绘图系统就声称实现了数字矿山，有的矿山建立了一套实时监控系统也声称实现了数字矿山，但究竟怎么样才算实现了数字矿山并没有一个标准，弄得许多人莫衷一是。

数字矿山的概念源于戈尔提出的“数字地球”，智慧矿山的概念源于2008年IBM提出的“智慧地球”，相对应有数字城市和智慧城市的概念。“数字地球”是美国前副总统戈尔于1998年1月31日在加利福尼亚科学中心所做的“数字地球——认识21世纪我们这颗星球”的讲演中首次提出的。他讲的数字地球是指充分利用有关地球的所有信息（戈尔称为“关于我们行星的各种环境和文化现象信息”），以促进社会进步和经济发展。他认为现在人们一方面拥有大量的可以发挥积极作用的信息，一方面又让它闲置起来慢慢地过时而变得无用。解决这一矛盾的方

法,便是建立“数字地球”。数字地球指的是建立一个地球信息模型,该模型将地球上每一角落的信息都收集、整理、归纳,并且按照地球地理坐标建立完整的信息模型并且用网络连接起来,从而使地球上的每个人都可以快速、完整、形象地了解地球宏观和微观的各种情况,并充分发挥这些数据的作用。数字地球中包含高分辨率的地球卫星图像、数字化的地图以及经济、社会和人口统计的信息。利用它们,可以在教育、可持续发展战略、农业、土地使用规划以及政治或经济危机解决等领域,产生广泛的社会和经济效益。数字地球能够对人为的或自然的灾害做出快速反应,并使全球能够联合起来,面对长期的环境挑战。数字地球概念的提出是基于人类已经或将要拥有强有力的新技术,“将世界放在手掌中”的理想后面是一整套复杂的基础实施。这是一项庞大而复杂的系统工程,不是某几个国家和机构能够独立完成的,首先需要有一个统一的框架结构和协同工作环境,更需要使用许多已经成熟的和有待开发的新技术。这些技术包括计算机及网络通信技术、卫星遥感(RS)技术、全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)、虚拟现实(VR)技术、数据存储(如激光全息存储器、蛋白质存储器)、数据库等。“数字地球”的概念引起轰动之后有人引申出了“数字城市”、“数字矿山”等概念。

在数字矿山这个名词最风靡的那几年,有的矿山只是购置了地理信息系统就称实现了数字矿山,有的矿山购置了矿床建模及储量估算软件就称实现了数字矿山,甚至有的矿山只是建立了一套计算机网络或是管理信息系统也号称实现了数字矿山。

笔者认为,如上所有的各个方面都只是数字矿山的-一个部分,是迈向矿山完全高度信息化进程中的若干具体方面,如果把数字矿山看成是一头大象,那么如上的各个方面只是大象的各个部分。一个理想化的数字矿山或智慧矿山应该是矿山的各个科室都深入使用了计算机,例如地质部门将采集到的矿石信息直接添加到矿山三维信息模型中,测量部门直接将实测到的地理信息添加到矿山三维信息模型中,采矿技术人员直接根据地测人员建立的矿山三维模型设计采场、巷道,管理人员也直接根据矿山三维模型进行生产管理。不仅如此,井下的通信网络要非常发达,井下的所有设备都要实现自动控制加遥控。对照设计方案,在地面虚拟采矿工作室内部爆破人员操纵虚拟钻机进行凿岩爆破,通过井下网络控制地下设备进行凿岩爆破,爆破后在地面虚拟采矿工作室内部装运人员操纵虚拟装运机进行装运,通过井下网络控制地下设备进行装运,井下已不需要真实的人员。总之,作者认为数字矿山可理解为高度信息化的矿山。

1.1.2 必要性

首先它可以提高劳动生产率。根据发达国家示范采区的资料介绍,劳动生产率可以提高90%以上。另外,可以降低成本。随着时间的推移,高品位的、容易开采的矿石越来越少,剩下的就是低品位的矿石和深部的矿石,越来越难以开采。有了数字矿山以后,就可以在这方面提供有效的途径。还有一个好处就是可以真正实

现安全生产。因为深部开采温度很高,有的矿井是 30℃、40℃,甚至 50 多摄氏度,它们在地面都设有制冷站,就是给井下送冷气降温。一个南非 3000m 深的金矿矿井它的地面制冷站规模相当庞大,但进去以后,也是浑身淌汗。如果可以实行远程遥控采矿,就不需要在这种环境下工作了。应该说,数字矿山是矿业发展的一个目标,而不是一个具体的工程。

由于容易发现也容易开采的矿石越来越少,矿业的开采条件越来越恶劣。另外,对采矿安全环境的要求也越来越严格,人们的安全保护意识在不断提高,矿山的将来必定要向数字矿山方向发展。

1.1.3 历史及现状

国内有的矿山购置了一两套软件,顶多只能称为数字矿山的初级阶段。国内有些大型矿山正在尝试整合多种专业软件系统,初步进入了数字矿山的中级阶段,但是尝试将各种软件系统和各独立的监测控制系统甚至生产设备控制进行整合的研究,在国内几乎没有发现。

国际上,发达采矿国家的矿山信息化改造已迈出坚实的步伐,有的已制定了长远发展规划。加拿大从 20 世纪 90 年代初开始研究遥控采矿技术,目标是实现整个采矿过程的遥控操作,现已研制出样机系统,并在 INCO 公司的几个地下镍矿试用,实现从地面对地下矿山进行控制。加拿大已制定出一项拟在 2050 年实现的规划:将加拿大北部边远地区的一个矿山实现为无人矿井,从萨得伯里通过卫星操纵矿山的所有设备实现机械自动破碎和自动切割采矿。芬兰采矿工业也于 1992 年宣布了自己的智能采矿技术方案,涉及采矿实时过程控制、资源实时管理、矿山信息网建设、新机械应用和自动控制等 28 个专题。瑞典也制定了向矿山自动化进军的“Grountechnik 2000”战略计划。

1.1.4 矿山信息化的实施步骤

如前所述,可以把数字矿山及智慧矿山看成是矿山信息化过程中的不同阶段,或者称不同层次。国内多数矿山只是少数科室购置了一两套专业软件,例如不少矿山购置了南方 CASS 或 MapGIS,尚处于矿山信息化的初级阶段。

国内少数矿山可以说正在迈入矿山信息化的中级阶段,矿山的各种信息都已经数字化,矿山的各个部门都积极使用计算机进行日常工作。需要数字化的信息很多,例如地面的各种地形地貌,地下矿床的形状,岩体的各种物理、力学参数,巷道的布置都集成在一起。另外,设备运转状态的信息系统也包括在数字化信息系统里面。此外,还包括环境变化与安全监测这样的系统,这些方面的数据采集、处理、传输、储存、显示系统集成起来以后,在这个基础上再加上动态反映,更广泛地集成,通过多媒体、模拟、仿真、虚拟等技术能够把它反映出来,就是一个真实矿山。通过这样一个系统,可以看到整个真实矿山。牵涉到的矿山部门则不仅是采矿科室,还有地质、测量、安全等许多部门,这个过程中也不再是各个部门购买一

两套专业软件独立地完成，不仅信息的采集、传输、存储、处理的手段要先进，而且要通盘考虑，不能各自为战。

要达到矿山信息化的高级层次不是一朝一夕的事，国外有些矿山已经开始这样的试验。这个层次就是在前面的矿山信息采集、传输、处理系统的基础上，再配合先进的远程控制及自动化设备（如凿岩机器人、装运机器人），就可以实现地下无人的数字矿山。在地面虚拟采矿作业室里，采矿人员通过遥控来操作井下的设备，这些井下设备（或称机器人）接受地面人员的遥控命令，在没有控制命令时切换到自动作业状态，也就是说应该远程遥控的时候，可以在控制中心操作，其他时间它切换到自动运行状态。

国内有的矿山开采者经常有一种暴发户式的想法，不考虑现有设备和人员的情况，梦想通过一次投资达到一次到位实现全面的数字矿山，这是不现实的。

1.2 矿山生产调度

1.2.1 概念

矿山生产调度就是组织执行矿山生产进度计划的工作。矿山生产调度以矿山生产进度计划为依据，矿山生产进度计划要通过矿山生产调度来实现。

矿山生产调度工作一般包括以下内容。

① 检查、督促和协助有关部门及时做好各项矿山生产作业准备工作。

② 根据矿山生产需要合理调配劳动力，督促材料、工具、动力等供应情况和运输工作。

③ 检查各矿山生产环节的出产进度，及时发现矿山生产进度计划执行过程中的问题，并积极采取措施加以解决。

④ 对轮班、昼夜、周、旬或月计划完成情况的统计资料和其他矿山生产信息（如由于各种原因造成的工时损失记录；机器损坏造成的损失记录；矿山生产能力的变动记录等）进行分析研究。

1.2.2 必要性

矿山生产调度的必要性是由工业企业矿山生产活动的性质决定的。调度工作是现代企业管理中的一项重要工作内容，它是上下管理层联系各项工作的桥梁，是连接集团公司安全生产各个环节的枢纽，是完成各项经济技术指标的参谋部，在企业安全生产过程中具有组织、协调、平衡、指挥、监督和日常各类信息的收集、反馈、处理等多项职能。在矿山企业生产中，监控调度中心是整个生产过程的监督指挥中心，按照调度权限科学合理决策的管理中心。它不仅要通过周密的安排部署来组织日常生产，还需要根据生产过程中出现的各种情况做出迅速的反应，及时采取

相应的措施,以解决问题,并且预测一定时期内各种生产要素的变化,为高层管理人员制定对策提供准确翔实的信息。

企业信息化程度是企业现代化的一个重要标志,它关系到一个企业能否在激烈的竞争中脱颖而出。随着企业改革开放和现代化建设的不断深入,生产安全和生产过程控制层与管理层之间的信息应是丰富的、全面对称的,否则将会制约企业生产水平和管理水平的提高。因此,矿山企业需要不断建设和完善信息通信网、工业电视监控网和安全生产数据监控网,用先进的信息技术,提高调度工作的质量和响应能力,使井上与井下形成一个全面覆盖的数字化信息网络,将矿井的各类数据、图像、资料及时传到监控调度中心,为调度指挥系统的高效运转提供必要的数据和信息支持。

因此,先进的矿山生产调度系统对于及时了解、掌握矿山生产进度,研究分析影响矿山生产的各种因素,根据不同情况采取相应对策,使差距缩小或恢复正常是非常重要的。它大大减少了设备故障率,提高了设备有效运行时间;辅助应急救援,减少人员伤亡和经济损失。因此,该系统的建设及使用将具有显著的社会效益和经济效益

1.2.3 历史沿革

西方发达国家的采矿软件公司在20世纪80年代后期已经着手研发地下矿山的生产调度优化系统。其中比较有影响的有以下几种。

1991年中期,美国模块采矿系统公司开发的地下矿铲运机位置监控和调度系统在德比尔斯的芬斯克(De Beers Finsch)矿投入运行。该系统利用机载计算机控制台通过泄漏电缆无线网络进行通信,使地面工作站控制台值班人员可以与井下几百米深处的铲运机司机取得联系,下达调度指令,通过安装在卸载点、装载巷道和主运输巷道边缘的红外线(IR)信标,工作站调度人员即可了解铲运机所处位置及运行状态。试验表明,该方案有效地改进了无线电的覆盖面。

1992年,加拿大EI-Equip公司的Multicom(多通道泄漏电缆)系统和分布式天线系统(DAS)由诺兰达技术中心(NTC)和中部加拿大钾盐有限公司(CCP)合作开发,主要用于解决放矿时的地下车辆管理。伊戈尔因特铀矿在此系统的基础上又开发了一套以传感器为基础的铲运机指挥系统,用于远距离操作及半自动化作业。

1993年,加拿大的电子设备(EI-Equip)公司和南非的模拟系统(Analog Systems)公司合作,开发研制了VMAC井下巷道车辆调度系统,采用VMAC调度系统,矿山的生产效率至少提高10%。

1994年,加拿大钾盐公司开发的Autonet系统,是当时开发的最为庞大的地下矿自动化系统之一,该系统综合利用了计算机软件技术、无线电通信技术、定位跟踪技术对地下矿的生产作业进行监测和控制。1995年,萨斯喀彻温地区的钾盐公司也开发了类似的全矿范围覆盖的自动化系统(Fortney)。

近年来,无线传感器网络所体现出来的低成本、高安全性、覆盖面广等优势得到了国外学者的关注。国外矿山领域的研究学者也在积极探索使用无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)并结合超宽带(Ultra-Wideband, UWB)无线定位技术进行井下自动化调度系统的研究和应用。

国内在地下矿调度方面的研究起步较晚,但近年来也有一些国内学者和矿山企业在地下矿生产调度问题上做了一定的工作,其中比较有影响的有以下几个。

2001年,山西省大同矿务局何群工程师提出的基于地测信息的矿井生产调度信息系统,以矿山地理信息数据生成的矿图为载体,结合井下安装的各种类型传感器数据动态更新电子矿图,从而达到辅助生产调度的目的。

2004年,山东黄金集团有限公司焦家金矿通过利用 ADAM4000 系列数据采集设备,通过对磨浮、料粒、风压、电压、电功率、提升、水泵、溜井、氰化、粗粒等数据进行采集,并利用终端计算机显示设备动态显示整个生产过程的全动态,从而达到辅助生产调度的目的。

鉴于地下矿山生产调度系统不能很好地反映和处理调度信息的空间特征,特别是在空间信息的可视化和决策支持上存在着严重不足,2005年,中国矿业大学的付琳燕、王妹、华刚等研究人员采用 MapX 与 OraclesPatial 技术开发的煤矿生产调度信息管理系统,实现了对图纸的管理、实时数据的采集与动态显示、空间数据和属性数据的一体化管理、生产信息的显示以及矿井救灾决策支持系统,为调度管理人员指挥安全生产提供了完备的生产调度信息和高效的分析手段,一定程度上推进了地下矿生产调度技术的发展。

此外,卢鹏、王成钢、王晓东等研究人员提出的利用 Internet 信息手段开发的基于 GIS 和协同办公为平台的矿山综合调度系统,打破了信息割裂的现状,采用统一的模式对各类数据信息进行快速发布,更好地展现了矿井的各种运行状态,对生产过程进行分析、预测,大大提高了管理控制的高效性和实时性。

1.2.4 典型系统介绍

(1) Dispath 系统

Dispath 系统是美国模块公司采用模块化设计,灵活地构建单站或多站的通信网络和指挥系统,并选择合适的地图格式、多级权限管理,根据需求为调度员分配可调度的终端资源和调度区域,通过分屏调度,实现矿山生产的终端上下线跟踪、远程监听、GPS 定位、实时跟踪、执勤人员的活动路线轨迹回放、越界报警、数据分析与报表输出、调度员互通等功能的生产调度系统。

(2) 首钢水厂铁矿计算机调度系统

首钢水厂铁矿计算机调度系统是林河矿务局与煤科总院西安分院、中国矿业大学共同开发的用于矿山生产调度的一个独特的系统。该系统利用 GPS 芯片自动采集卫星定位数据,接收分析并向中心站发送信息,通过触摸显示屏输入、显示各种信息,实现对矿山工作人员和工作机械的实时监控、检测和定位,并完成矿山生产

道路规划、车流规划、实时调度等工作。

(3) 徕卡矿山调度系统

徕卡矿山调度系统是徕卡公司开发的一个利用视频监控系统，采用一站式服务，通过可靠的数据收集、分析，能够在调度室实时调度车辆、人员和机械，对矿山生产进行监测和控制以及管理反馈的一种先进的生产调度系统。

(4) GIS 生产调度指挥系统

GIS 生产调度指挥系统是中电智通公司开发的一个将 GIS 和多媒体通信技术融入到调度系统中，通过实施 GIS 生产调度，实现语音、视频、GIS 的联动处理，并将位置信息服务应用于前端人员（手持终端）、车辆（车载台）进行综合多媒体调度的系统。

1.2.5 矿山生产调度系统的选择

各种矿山生产调度系统的出现给矿山带来了很大的方便，各矿山企业可以根据自己的实际情况选择适合本矿山的矿山生产调度软件。现对几种比较常见的软件系统进行综合分析比较，如表 1.1 所示。

表 1.1 矿山生产调度系统比较

调度系统名称	Dispatch 矿山 管理系统	首钢矿山生产 调度管理系统	徕卡矿山 调度系统	GIS 生产调度 指挥系统
软件价格	300 万美元		2000 万元人民币	
大型企业使用	3	2	1	
车辆实时调度功能	具有	具有	具有	具有
调度室视频控制调度功能	一般	无	较好	较强
实时监测监控功能	具有	具有	具有	具有
生产计划的编制功能	无	具有	具有	无
道路规划功能	无	具有	具有	无
可视化矿山工作监控功能	具有	具有	具有	具有
井下、地面人员和机械的定位功能	具有	具有	具有	具有
工作人员工作路线回放功能	具有	无	无	无
生产数据收集、分析、汇总与报表输出功能	具有	较强	较弱	较弱
越界警报功能	具有	具有	具有	具有
采矿机械工作参数确定功能	无	具有	无	无
安装条件	复杂	复杂	复杂	简单
稳定性	稳定	稳定	稳定	稳定
操作的难易程度	容易	容易	容易	容易