

国家自然科学基金煤炭联合基金重点项目

(大断面巷道快速掘进与支护基础, 51134025) 资助

煤矿巷道支护 智能设计系统与工程应用

杨仁树 马鑫民 著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

国家自然科学基金煤炭联合基金重点项目

(大断面巷道快速掘进与支护基础, 51134025) 资助

煤矿巷道支护 智能设计系统与工程应用

杨仁树 马鑫民 著

北 京

冶金工业出版社

2015

内 容 提 要

本书基于煤矿巷道支护技术发展背景,系统介绍了现代煤矿巷道支护理论、方法和专家系统及其在煤矿中的应用情况;重点讲述了巷道支护方案决策系统,包括巷道围岩智能分类子系统、FLAC^{3D}数值模拟优化子系统、工程类比子系统及绘图子系统;特别分析了系统实现的关键技术,并对知识库和推理机的实现技术进行了详细的说明。

本书可供从事煤矿巷道掘进支护设计、施工和管理工作的技术人员使用,也可供高等院校和科研机构从事相关专业的师生和研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿巷道支护智能设计系统与工程应用/杨仁树,
马鑫民著. —北京:冶金工业出版社, 2015. 12

ISBN 978-7-5024-7124-8

I. ①煤… II. ①杨… ②马… III. ①煤矿—
巷道支护—智能设计 IV. ①TD353

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 295585 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjchs@cnmp.com.cn

责任编辑 张耀辉 赵亚敏 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 禹蕊 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-7124-8

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;北京印刷一厂印刷

2015 年 12 月第 1 版, 2015 年 12 月第 1 次印刷

169mm×239mm; 13 印张; 251 千字; 195 页

79.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

煤矿地下开采遵循“采掘并举，掘进先行”的原则，而巷道支护是影响巷道掘进速度与效果的关键因素之一。在我国煤矿井巷中，煤巷占巷道总长度的60%以上，由于其地质条件复杂，巷道顶板与煤层的物理力学性质相差较大，在其服务期内还要受到回采工作面的采动影响，这些不利因素给煤巷支护设计与施工带来了诸多技术难题。支护设计不合理会导致巷道维护困难，从而影响工作面的运输、通风并威胁井下的安全生产，同时也会造成支护材料的浪费，增加矿井生产成本。

传统的煤矿巷道支护设计主要依靠设计者个人的经验水平，而设计者对支护理论的把握和数值分析的水平往往具有一定局限性，这就使得多数情况下还是靠粗略计算和分析判断来确定支护设计参数，致使设计方案科学依据不足。

近年来，随着计算机信息技术及人工智能技术在各个领域的应用普及，煤炭科技工作者把专家系统引入巷道支护设计中，开展了大量的理论研究和实践工作，取得了一定的成果，也在一定程度上提高了巷道支护设计效率和效果，丰富了设计理论，提高了我国煤矿巷道支护技术和煤炭工业信息化水平。但是，由于传统的推理机设计及知识获取存在“瓶颈”，使得开发的支护设计系统难以满足复杂的巷道地质条件对支护技术的较高要求。

针对上述问题，中国矿业大学（北京）联合煤炭企业开展了煤矿巷道支护方案智能决策项目研究工作。实施了巷道支护工程现场试验，进行了室内模拟实验和数学力学分析，汇集了一批长期从事巷道支护设计与施工专家的丰富理论和实践经验性知识，结合最新发展的人工

智能技术开发了适合我国主要矿区地质和生产条件的“煤矿巷道支护智能设计系统”。该系统集成了围岩稳定性智能分类、神经网络预测、数值模拟优化分析、矿图自动绘制及支护报告生成五大功能模块。系统基于模糊数学计算、神经网络预测、FLAC^{3D}模拟及CAD二次开发等技术手段,实现了巷道围岩智能分类、支护参数预测、支护方案优化等功能;采用理论研究、现场调研、专家访谈、问卷调查等方式建立了内容丰富的巷道支护专家级知识库;利用计算机开发技术设计了科学合理的系统推理机。

煤矿巷道支护智能设计系统的研发旨在利用最新发展的支护技术及人工智能技术,建立以信息化和智能化为特色的煤矿巷道支护设计方法。系统的开发和实施,实现了巷道支护方案优化、工作效率提高、生产成本降低等目标,取得了良好的技术、经济与社会效益。

本书基于作者多年来的巷道支护技术相关科研成果,结合本领域国内外最新发展动态与研究成果,全面、系统地论述了煤矿巷道支护智能设计系统涵盖的人工智能技术、支护设计方法、技术原理及知识库和推理机的建立过程等。同时,用较大篇幅介绍了煤矿巷道支护智能设计系统工程应用效果良好的实例。本书既有系统的理论研究成果,又结合了工程应用技术,期望本书的出版能为我国矿山信息化技术的应用和发展起到积极的推动作用。

随着巷道支护理论和信息化技术的不断进步,煤矿巷道支护智能设计系统还会不断升级,本书的内容也会不断地充实和完善,在这里真诚希望领域内专家和同行提出宝贵意见,以使煤矿巷道支护智能设计系统知识库内容更加丰富,推理技术更加先进,设计方案更加科学合理,从而更好地为煤矿生产建设服务。

本书所涉及的科研项目都是与煤炭企业合作完成的。在项目开发和实施过程中,山东能源新汶矿业集团、山东能源淄博矿业集团、山西焦煤霍州煤电集团、山西焦煤汾西矿业集团、晋城煤业集团、冀中能源峰峰矿业集团、冀中能源张家口矿业集团、冀中能源邯郸矿业集

团等单位的相关领导和技术人员给予了大力的帮助和支持，在此表示感谢。

王茂源、林天舒、陈凯、马石岩、肖南、万为民、张军、温俊三等参与了项目研究及书稿的资料收集和文字整理工作，在此一并致谢。

感谢国家自然科学基金煤炭联合基金重点项目（大断面巷道快速掘进与支护基础，51134025）给予的资助。

由于时间及作者水平所限，书中不妥之处，敬请广大专家和读者批评指正。

杨仁树

2015年9月

目 录

1 绪论	1
1.1 我国煤炭资源生产和利用现状	1
1.1.1 我国煤炭资源生产现状	1
1.1.2 我国煤炭资源消费和利用	2
1.2 发展煤矿巷道支护技术的必要性	3
1.3 专家系统的发展历程	4
1.4 专家系统在煤矿施工技术中的发展背景	6
1.5 专家系统在煤矿施工技术中的研究和应用	6
1.6 煤矿专家系统技术研究及应用展望	10
2 专家系统及煤矿巷道支护智能设计系统概述	13
2.1 专家系统简介及思想	13
2.1.1 专家系统简介	13
2.1.2 专家系统思想	13
2.2 专家系统的特征	14
2.3 专家系统的组成及分类	14
2.3.1 专家系统的组成	14
2.3.2 专家系统基本分类	17
2.4 专家系统知识获取	21
2.4.1 知识获取的任务	21
2.4.2 知识获取的方式	22
2.5 专家系统知识表示	22
2.6 专家系统的建造	24
2.6.1 专家系统的设计	24
2.6.2 专家系统的开发	24
2.7 煤矿巷道支护智能设计系统概述	26
2.7.1 煤矿巷道支护智能设计系统简介	26
2.7.2 煤矿巷道支护智能设计系统实现的主要目标	26

2.7.3 煤矿巷道支护智能设计系统设计思想	27
2.8 煤矿巷道支护智能设计系统分析	28
2.8.1 研究任务与目标分析	28
2.8.2 需求和可行性分析	28
2.9 煤矿巷道支护设计的基本原则和依据	29
2.9.1 煤矿巷道支护设计的基本原则	29
2.9.2 煤矿巷道支护设计方案决策的依据	30
2.10 煤矿巷道支护智能设计系统主要特点	31
3 煤矿巷道支护设计方法	34
3.1 煤矿巷道支护理论分析法	34
3.1.1 悬吊理论分析	34
3.1.2 组合梁理论分析	35
3.1.3 组合拱理论分析	35
3.1.4 最大水平应力理论	35
3.1.5 围岩松动圈支护理论	35
3.1.6 联合支护理论	36
3.1.7 锚杆支护的扩容-稳定理论	36
3.2 煤矿巷道支护数值模拟分析法	37
3.2.1 数值模拟分析计算方法	37
3.2.2 数值模拟分析计算步骤	38
3.2.3 动态信息设计法	38
3.3 工程类比分析方法	38
3.4 巷道支护计算机辅助设计	39
3.4.1 计算机辅助绘图	39
3.4.2 计算机智能设计	40
4 煤矿巷道围岩稳定性智能分类	41
4.1 巷道围岩稳定性分类国内外研究现状	41
4.1.1 单指标分类方法	41
4.1.2 多指标分类方法	42
4.1.3 多因素综合单一指标分类方法	44
4.1.4 现代数学及人工智能分类方法	45
4.2 巷道围岩稳定性分类指标的选定	47
4.2.1 围岩稳定性分类指标体系的选择	47

4.2.2 围岩稳定性分类指标的确定及取值方法	47
4.3 巷道围岩稳定性分类指标权值的确定方法	50
4.4 模糊聚类分析方法概述	53
4.4.1 模糊聚类分析法的数学原理	53
4.4.2 模糊聚类分析法的实现过程	54
4.5 煤矿巷道围岩稳定性智能分类计算模型	57
4.6 巷道围岩稳定性预测	64
4.6.1 模糊综合评判模型	65
4.6.2 巷道稳定性类别预测	65
4.7 巷道围岩稳定性分类系统操作方法	66
4.7.1 聚类中心的实现	66
4.7.2 巷道围岩稳定性判定	71
5 基于工程类比煤矿巷道支护参数神经网络预测	74
5.1 神经网络基本概念及原理	74
5.1.1 神经元模型及其组成	74
5.1.2 神经元的传递方式	74
5.1.3 神经网络的基本结构	76
5.2 BP 神经网络	77
5.3 BP 神经网络的改进	77
5.4 神经网络在煤矿巷道支护设计中的研究现状	79
5.5 基于工程类比煤矿巷道支护智能预测思路的提出	80
5.5.1 煤矿巷道支护设计传统工程类比法	80
5.5.2 基于工程类比煤矿巷道支护人工智能的应用	81
5.6 基于工程类比煤矿巷道支护影响因素	82
5.6.1 工程类比法煤矿巷道支护设计智能预测实践基础	82
5.6.2 工程类比法煤矿巷道支护设计主要影响因素的确定	82
5.7 煤矿巷道支护神经网络预测系统结构设计	82
5.7.1 系统人机接口	83
5.7.2 预测系统知识库	87
5.8 基于工程类比煤矿巷道支护神经网络预测系统建立	87
5.8.1 神经网络预测参数确定及模型建立	88
5.8.2 基于 LM (Levenberg - Marquardt) 算法的改进	91
5.8.3 煤矿巷道支护参数预测	94
5.9 基于神经网络预测系统操作流程	96

5.9.1 样本训练	96
5.9.2 支护参数预测	98
5.10 支护设计神经网络预测系统部分功能代码	101
6 基于 FLAC^{3D}煤矿巷道支护设计智能优化	103
6.1 FLAC ^{3D} 概述及其在煤矿中的应用	103
6.1.1 FLAC ^{3D} 简介	103
6.1.2 FLAC ^{3D} 在煤矿巷道设计中的应用现状	104
6.2 基于 FLAC ^{3D} 煤矿巷道支护优化系统总体设计	105
6.2.1 系统需求分析	105
6.2.2 系统结构设计	105
6.2.3 系统功能设计	108
6.3 数值模拟方案优化的实现	112
6.3.1 基于知识库和人工修正的参数获取	112
6.3.2 FLAC ^{3D} 子系统自动建模和脚本建立	113
6.3.3 模拟结果的分析与优化	117
7 煤矿巷道支护矿图辅助绘制系统	119
7.1 矿图智能绘制系统概述	119
7.2 绘图子系统总体设计	119
7.2.1 人机交互界面设计	119
7.2.2 绘图系统结构设计	120
7.2.3 绘图系统功能模块	121
7.2.4 工程图形要素确定	124
7.2.5 绘图系统操作流程	127
7.2.6 绘图系统适用条件	128
7.3 绘图系统的实现	128
7.3.1 AutoCAD 二次开发技术	128
7.3.2 函数建立和实现功能	128
7.3.3 系统设计算法	129
7.4 绘图系统知识库	132
7.5 绘图系统工程应用	132
7.5.1 -850 二采回风上山	132
7.5.2 1202E 回风巷(车场)	132

8 煤矿巷道支护智能设计系统知识库与推理机建立	134
8.1 系统知识库的建立	134
8.1.1 系统知识库功能	134
8.1.2 系统知识库设计	134
8.1.3 系统知识库知识来源	135
8.1.4 系统知识的分析和获取	135
8.1.5 系统知识的表示	138
8.1.6 系统知识的存储	139
8.1.7 系统知识库的管理	141
8.2 煤矿巷道支护智能设计系统推理机设计	142
8.2.1 系统推理机设计的要求	142
8.2.2 系统推理机控制策略的实现	143
8.2.3 系统推理方式	144
8.2.4 系统推理机制	145
8.2.5 煤矿巷道支护智能设计系统推理机的建立	148
9 煤矿巷道支护智能设计系统工程应用	149
9.1 霍州煤电三交河煤矿 2-6011 巷	149
9.1.1 2-6011 巷地质及支护概况	149
9.1.2 系统工程应用	151
9.2 霍州煤电辛置矿 10-4151 巷	158
9.2.1 10-4151 巷地质及支护概况	158
9.2.2 系统工程应用	159
9.3 霍州煤电李雅庄矿 6031 巷	165
9.3.1 6031 巷地质及支护概况	165
9.3.2 系统工程应用	168
9.4 邯鄲矿业云驾岭矿 12808 工作面运巷	173
9.4.1 12808 工作面运巷地质及支护概况	173
9.4.2 系统工程应用	175
9.5 汾西矿业新柳矿 231121 运巷	181
9.5.1 231121 运巷地质及支护概况	181
9.5.2 系统工程应用	182
9.6 系统智能设计结果对比分析	187
参考文献	188

1 绪 论

1.1 我国煤炭资源生产和利用现状

1.1.1 我国煤炭资源生产现状

我国能源资源总量比较丰富，能源蕴藏量位居世界前列。“富煤、贫油、少气”的能源结构特点决定了煤炭在我国一次能源中的重要地位。据国土资源部重大项目《全国煤炭资源潜力评价》研究成果显示，我国煤炭资源总量为 5.9 万亿吨，其中，探获煤炭资源储量 2.02 万亿吨，预测资源储量 3.88 万亿吨。

图 1-1 为我国历年一次能源生产构成变化图（图中 Mtoe 为百万吨油当量），由统计数据可知，能源生产总量呈增长趋势，原煤生产占一次能源生产总量的 70% 以上，煤炭为我国一次能源生产十分重要的来源。

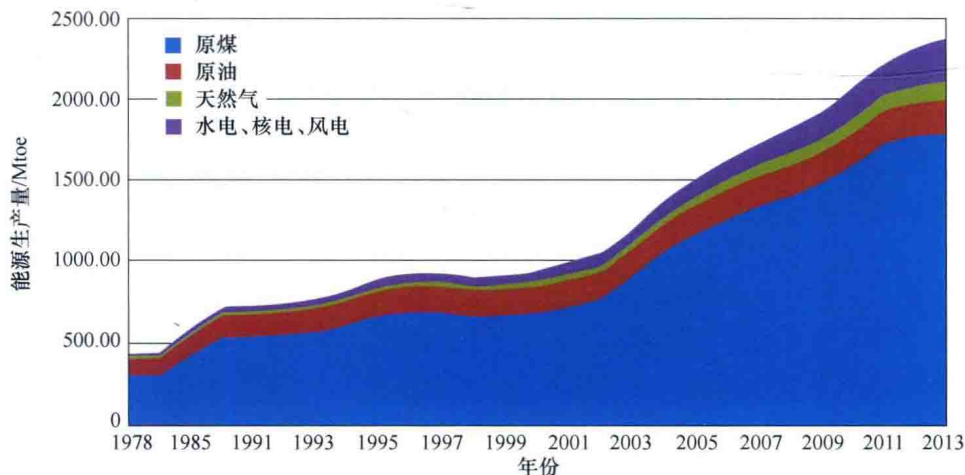


图 1-1 我国历年一次能源生产构成变化图

（数据来源：国家统计年鉴）

图 1-2 为我国历年能源生产结构图，图中显示，煤炭资源作为重要的基础性能源，在国家经济发展中始终扮演着重要的角色，尽管水电、核电、风电等新兴能源生产比重呈现一定的上升趋势，但是原煤的生产比重保持稳定，依然占据 70% 以上的较高水平。

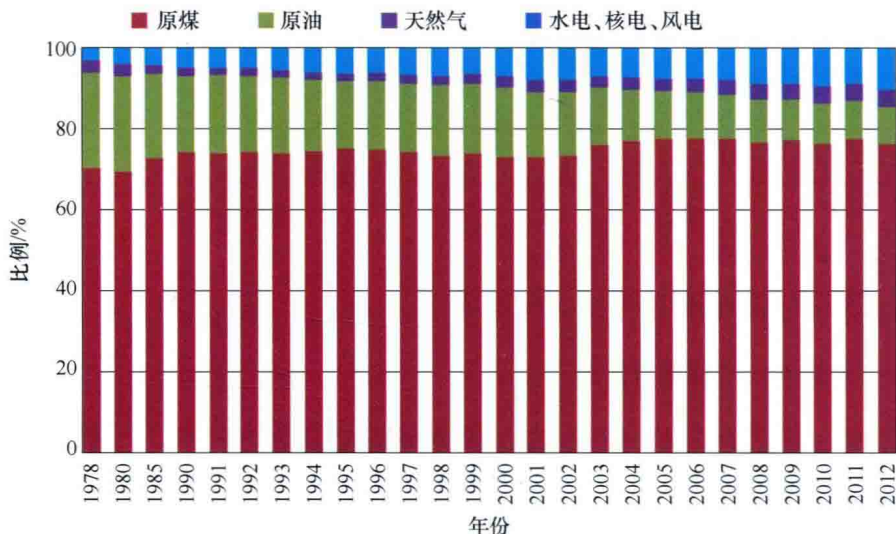


图 1-2 我国历年能源生产结构图

(数据来源：国家统计年鉴)

1.1.2 我国煤炭资源消费和利用

由图 1-3 和图 1-4 所示的我国能源消费情况可以看出，随着国民经济的快速发展，能源的供需形势呈稳步上升态势。近年来，随着国家对全球气候变化重视程度的增强以及国家治理雾霾信心的坚定，天然气、水电、核电、风电等清洁能源消费比重将逐年上升。但是，与一次能源生产相似，煤炭消费占我国一次能源消费总量的 70% 左右，一次能源消费仍然以煤炭资源为主。2013 年，我国一次能源消费总量为 37.5 亿吨标准煤，煤炭在一次能源消费结构中的占比为 66%。

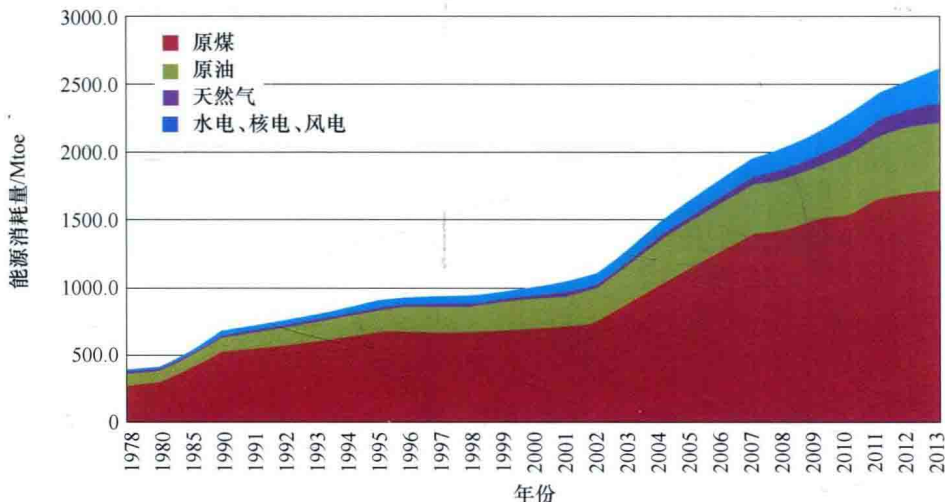


图 1-3 我国历年一次能源消费变化图

(数据来源：国家统计年鉴)

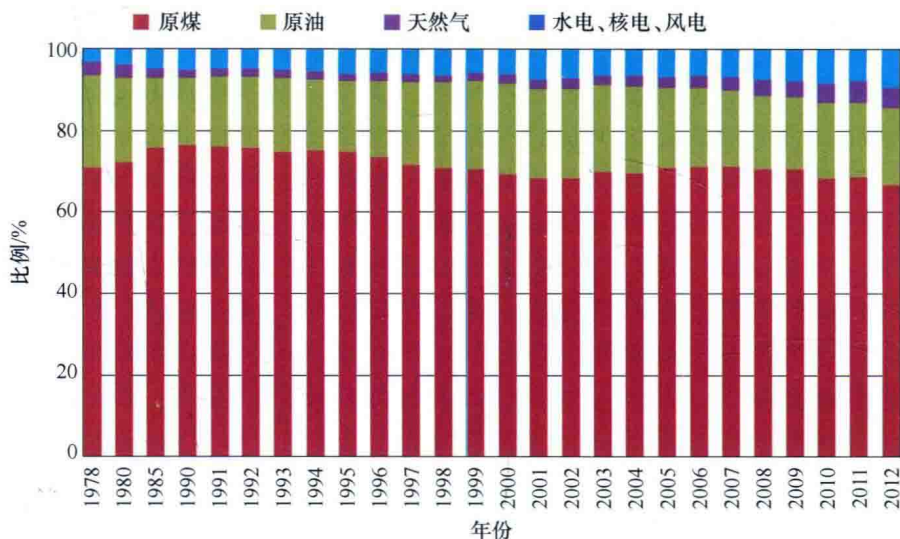


图 1-4 我国历年能源消费结构

(数据来源：国家统计局年鉴)

根据《能源发展战略行动计划（2014~2020年）》，到2020年，我国一次能源消费总量将控制在48亿吨标准煤左右，煤炭消费仍然占能源消费比重的60%以上。近些年，虽然我国能源的生产和消费结构在发生变化，但在未来很长一段时期内，煤炭作为我国的主体能源仍具有无法替代的地位。

1.2 发展煤矿巷道支护技术的必要性

我国煤矿生产以井工开采为主，井工开采应遵循“采掘并举，掘进先行”的方针。掘进与回采是煤矿生产的两个核心环节，科学合理的巷道支护是煤矿实现安全高效生产的重要保障。

煤矿巷道支护的根本目的在于保持巷道在服务期限内的安全、稳定，支护方案设计的合理性直接关系到矿山的安全生产和经济效益。在我国煤矿井巷中，煤巷占矿井巷道总长度的60%以上，虽然其服务期较短，但由于煤巷围岩多数为层状，节理、裂隙发育程度较高，在其服务期内要受到回采工作面采动的影响，围岩变形量大，且巷道顶板与煤层的物理、力学性质相差较大，因此给巷道支护的设计与施工带来了诸多技术难题。在实际施工中，若支护不成功，将造成巷道断面位移大，两帮收缩变形，导致巷道返修率高，造成了材料的浪费和工期的延误，使得煤炭企业成本加大，造成采掘接续紧张甚至是亏损，并严重影响工作面的运输、通风，威胁井下的安全生产。显而易见，无论在生产效率、生产成本还是在生产安全方面，巷道支护都是煤矿施工中不可忽视的重要生产环节。

我国煤炭科技工作者在巷道支护理论研究方面做了大量工作，在传统理论的

基础上提出了多种新的支护方法,并在生产实践中发挥着积极的指导作用。但是,随着开采深度的增加,工作面机械化程度的提高,要求巷道断面积加大,从而使得矿压显现更加剧烈,煤巷支护的技术难题在煤矿生产中越来越突出。同时,煤巷地质条件复杂多变也使得采用单独的一种或两种支护方法不能完全满足巷道安全稳定的需要。在巷道支护方案中,科学合理的支护形式与参数的选择是进行井下施工生产的最主要的理论参考依据。传统的支护设计方法是根据相关规定和习惯反复计算后确定,其科学性和合理性得不到有效保障。如何依靠科技的进步,利用飞速发展的计算机信息技术综合以上所有方法之优点,加强煤巷支护技术的研究和改革,积极改善我国煤矿巷道支护现状,提高我国煤矿现代化水平,真正实现安全、高效生产,将是我国煤炭工业技术发展的一项重要使命。

依靠科技进步,利用现代化信息技术和人工智能技术,基于现场测试、实验室实验、数值模拟、计算机开发等手段,研发煤巷支护智能设计系统,可以优化煤巷支护参数和施工工艺,达到支护方案科学、合理、可行,实现安全高效的煤巷支护。

1.3 专家系统的发展历程

20 世纪 50 年代,人工智能的研究者们受控制论的影响,尝试用硬件模拟人脑思维,曾在视觉方面取得了一定的研究成果,但是几经挫折。60 年代受信息论的影响,人们又试图用软件模拟人脑思维,虽然在下棋程序等方面取得了成功,但仍然没有开发出实用程序。1965 年,斯坦福大学 Feigenbaum 研究了以往人工智能的成功经验和失败教训,发现人类专家之所以成为专家,其主要原因在于他们拥有大量的专门知识,特别是那些通过长期实践摸索出的鲜为人知的经验知识,这是认识上的一大飞跃。正是在这种背景下,世界上第一个将一般问题求解策略与专家的专门知识和经验结合起来解决现实问题的人工智能系统——探索化合物结构的专家系统 DENDRAL 问世了。DENDRAL 的问世标志着人工智能研究开始向实际应用阶段过渡,同时也标志着人工智能一个新的研究领域——专家系统的诞生。

(1) 第一阶段,第一代专家系统高度专业化,求解专门问题的能力强。

20 世纪 70 年代专家系统趋于成熟,其理念也慢慢广泛地被人们接受。70 年代中期出现了一批较为成功的专家系统,在医疗领域尤为突出。较有代表性的专家系统有 MYCIN、CASNET、INTERNIST、AM、HEARSAY、PROSPECTOR 等。

MYCIN 是在 1974 年由美国斯坦福大学 E. H. Shortliffe 成功研制的一个医疗诊断专家系统,它能诊断是否患有血液病,并且给出建议性诊断结果和处方。MYCIN 系统首次使用了 ES (expert system) 中的核心部分——知识库 (knowledge base) 的概念,并在系统中使用了似然推理技术来模拟人类的启发式问题求解

方法。

CASNET 系统由 Rutgers 大学的 S. M. Wiss 和 C. A. Kulikowki 等人研制, 用于诊断和治疗青光眼疾病。该系统解决问题的能力达到了很高的水平, 是最早设想把一个 ES 用于多个不同领域的系统。1974 年 Pittsburgh 大学的 H. E. Pople 等人研制了用于诊断内科疾病的专家系统 INTERNIST。

1976 年斯坦福大学 (Stanford University) 的 D. B. Lanet 研制开发了用于机器模拟人类归纳推理、抽象概念的 AM 系统。卡内基梅隆大学 (Carnegie Mellon University) 的 L. D. Ermanden 等人设计开发出了能够听懂连续谈话的 HEARSAY 系统。

1976 年 Stanford 国际研究所 (SRI) 的 R. O. Duda 等人研发了用于矿藏勘测的专家系统 PROSPECTOR。它是第一个地质方面的专家系统。1982 年美国一家地质勘探公司利用该系统发现了华盛顿州的一处估计开采价值达一亿美元以上的钼矿, 而此前该公司的地质专家并没有在这一区域发现该矿藏。

(2) 第二阶段, 第二代专家系统属单学科专业型、应用型系统。

专家系统的出现和在某些领域的发展成熟, 使得其应用领域不断扩大。20 世纪 70 年代中期以前专家系统高度专业化, 求解专门问题的能力, 多属于解释型和故障诊断型, 其处理的问题基本上是可分解的问题。第二代专家系统属单学科专业型、应用型系统, 如 70 年代后期出现的设计型、规划型、教育型、预测型等其他类型的专家系统。

随着专家系统类型的多样化, ES 的研究也不断深入发展。在不断完善已有系统的基础上, 各领域学者在理论和方法上也进行了深入的研究和探讨。人们在开发专家系统的过程中发现了专家系统的核心和“瓶颈”问题是专家级知识的获取, 并慢慢发现专家系统的核心问题和中心任务是知识的获取。从 ES 获取知识和解决问题的能力看, 现有的 ES 基本是建立在经验知识之上的。系统本身不能从领域的基本原理来理解这些知识。这样知识的获取就尤为重要, 成为开发 ES 的“瓶颈”问题。

(3) 第三阶段, 第三代专家系统属多学科综合型系统。

Feigenbaum 教授曾指出: 20 世纪 80 年代是专家系统的黄金时代。正像他所预言的那样, 进入 80 年代专家系统有了突飞猛进的发展。人们对 AI (artificial intelligence) 基本技术理解和研究更为深入, 应用更为成熟。80 年代的专家系统的理论和方法不断丰富, 知识表示、推理机和系统结构成为专家系统研究的三个核心问题。专家系统的开发已经渗透到数学、医学、气象、土木、农业、交通、经济、军事等诸多领域。

在总结前三代专家系统的设计方法和实现技术的基础上, 人们已开始采用大型多专家协作系统、多种知识表示、综合知识库、自组织解题机制、多学科协同

解题与并行推理、专家系统工具与环境、人工神经网络知识获取及学习机制等最新人工智能技术来实现具有多知识库、多主体的第四代专家系统。

1.4 专家系统在煤矿施工技术中的发展背景

专家系统的实质是以知识库为核心进行推理的计算机程序。其成功应用的意义不仅在于它减轻了人类专家的重复性脑力劳动,推广和保存专家经验知识,其潜在的巨大经济效益也使人们开始意识到它的广阔前景。它的迅速发展为科技进步和人类生产力的发展做出了很大的贡献。

专家系统在采矿业的应用已经越来越受到重视,世界各国为了取得采矿工业的竞争优势,提高生产效率、降低成本和改善环境,都在大力引进其他工业部门已采用的高新技术,不断地更新采矿工艺与设备,卓有成效地使采矿工业朝智能化方向发展。国外采矿业智能技术的研究和应用正从战略决策的高度对我国采矿科学和技术提出严峻的挑战。为迎接这一挑战,我国人工智能专家冯夏庭教授提出了21世纪我国采矿科学和技术向智能化发展的新方向。人工智能的出现和发展是科学进步的产物,也与以下经济及社会等因素有关。

(1) 生产力发展的需要。随着科技的飞速发展,世界对能源的需求与日俱增,要求煤矿高效、安全开采以满足社会经济发展的需求。这就使得我们要充分利用专家系统技术提高煤矿生产的智能化和信息化水平,利用其收集分析复杂的信息,对煤矿开采设计进行快速、准确的决策,实现高质、高效生产。

(2) 建立节约型社会的需要。目前,我们提倡建立环保、节约型和谐社会,煤矿开采生产在为我们提供能源之外也在大量消耗着其他资源,生产技术的落后会导致开采率的下降和材料的浪费,利用专家系统提出合理开采方案,可以降低开采成本,节约自然资源。

(3) 提高生产效率的需要。煤矿生产方案的提出要合理、快速,能够及时准确地为井下生产提供技术支持,提高生产效率,创造更大的经济效益,而这些目标的完成要靠专家系统来实现。

1.5 专家系统在煤矿施工技术中的研究和应用

随着专家系统的发展,广大科技工作者就其在煤矿生产中的应用开展了大量的研究工作。目前,专家系统在煤矿中的应用主要集中在方案决策、参数优化设计、生产系统评价、生产信息管理、故障预测及诊断、灾害预测与防治等方面。

(1) 专家系统的发展实现了方案决策及优化设计。

专家系统在方案决策及优化设计方面的应用是理论结合实际最为突出的典型。煤矿各种施工方案的决策和具体的设计都是煤矿生产过程中极为重要的环节。专家系统的发展打破了矿山传统的设计理念和方法,方案决策和参数优化设