

人-机-环境系统 可靠性研究

在高效综采系统分析中的应用

徐志胜 著

中国矿业大学出版社

责任编辑 陈玉和
封面设计 肖新生

ISBN 7-81040-374-5



9 787810 403740 >

ISBN 7 - 81040 - 374 - 5

TD • 36

定价:20.00 元

人一机—环境系统可靠性研究

在高效综采系统分析中的应用

徐志胜 著

中国矿业大学出版社

(江苏·徐州 221008)

(苏)新登字第 010 号

人—机—环境系统可靠性研究

在高效综采系统分析中的应用

徐志胜 著

责任编辑 陈玉和

中国矿业大学出版社出版发行

新华书店经销 中国矿业大学印刷厂印刷

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 5.0 字数 130 千字

1995 年 2 月第一版 1995 年 2 月第一次印刷

印数 1—1000 册

ISBN 7 - 81040 - 374 - 5

TD · 36

定价:20.00 元

作者简介

徐志胜, 1962年生, 山东省安丘市人。1983年毕业于山东矿业学院, 1988年在山东矿业学院获工学硕士学位。1994年在中国矿业大学获工学博士学位, 主要从事矿业系统工程、可靠性工程、人一机一环境与安全工程研究, 现在西南交通大学从事博士后研究工作。

内 容 简 介

本书在对综采工作面系统大量调查研究的基础上,首次提出从人、机、环境三方面进行综采工作面系统可靠性分析,创立了综采工作面人一机一环境系统可靠性分析理论体系。主要包括:建立人、地质条件、作业环境系统的故障模式,故障因素指标,模糊综合评价方法,可靠度计算方法,人的模糊工作状态评价方法;建立设备系统的故障模式,可靠性指标体系,维修模型、维修周期及可靠性计算方法;建立综采工作面系统的可靠性、风险性、危害度的分析方法和确立风险决策模型;还开发实现了能为煤矿决策者提供决策支持的综采工作面人一机一环境系统可靠性分析决策支持系统(F3MSR-DSS)。

本书可供人机与环境工程、可靠性工程、系统工程、采矿工程的研究生用书及科技人员的参考用书。

序

发展综合机械化采煤是我国煤炭开采技术发展的重要方向,也是我国煤矿跟踪世界先进水平的重要方面,提高综采工作面生产的可靠性对于发挥综采系统的效能有决定性的意义,对采矿学科的发展也有重要理论价值。

从理论与实际相结合上来研究综采系统的可靠性是采矿学科发展的前沿问题之一,也是采矿学科与可靠性工程、人机工程交叉、融合的边缘领域。本书首次从人、机、环境三个相互联系的方面进行综合机械化采煤系统可靠性分析,建立了综采工作面系统可靠性分析的理论体系和方法,阐明了人为失误的类型、故障机理、评价方法、人子系统的可靠度和改正度及模糊工作状态的计算方法,分析并提出了地质条件、作业环境的评价因素指标、其隶属度函数、因素权重和综合评价方法及环境子系统的可靠性计算方法,建立了设备子系统的故障模式与可靠性指标体系、维修模型及其可靠性计算方法,综合分析了综采工作面生产系统的可靠性、风险性、危害度及风险决策模型。

本书以作者本人完成的科研工作成果为基础,理论分析严密,技术方法正确,理论联系实际,内容结构合理。更可贵的是提出了新的思路和体系,探索了新的研究途径,愿本书能为综采系统可靠性的研究和应用开辟更广阔的未来。



1995年4月

前 言

随着综采设备朝着大功率、高可靠性、高使用寿命方向发展,设备系统的故障率逐步降低,通过提高设备系统的可靠性来增加整体系统的可靠性效果甚微且代价昂贵;反之,人、环境系统的故障率相对较高,改善人、环境系统的可靠性状况,是提高系统可靠性最有效、最迅速、最经济的途径。

以往的综采工作面系统可靠性研究,是分析以设备为主的工艺系统的故障率、故障时间、可靠性指标。没有研究人、机、环境的系统结构、故障机理、能力匹配及可靠性指标。其最大的缺陷是不能恰当地描述人、环境因素对综采设备运行的影响,有些设备的故障是由人为失误或环境恶劣造成的,不是由设备本身可靠性差所致,故对系统的评价结果不能准确地判断故障原因,更不能真实地反映设备的可靠性及整体系统的有效度。

笔者在多年研究成果和对综采工作面系统大量调研的基础上,首次提出从人、机、环境三方面进行综采工作面系统可靠性分析,创立了综采工作面人一机一环境可靠性研究的理论体系,为进一步开展这方面的研究工作奠定了理论基础。

在现场调研过程中,曾得到兖州矿务局金泰矿长,时成忠、陈学伟总工,陆中国工程师;邢台矿务局东庞矿陈立武、赵庆彪总工;潞安矿务局张长根总工、贾双春区长;晋城矿务局盖维珍总工的大

力帮助和支持。

我的导师张先尘教授在百忙中审阅了全书,并为本书写了序言,在此致以崇高的敬意。

韩可琦教授、王玉浚教授、曹琦教授、刘东明教授给予了热情帮助;中国矿业大学出版社陈玉和为本书的出版付出了辛勤的劳动,在此致以深切的谢意。

由于作者水平所限,书中不足之处敬请读者指正。

著 者

1994 年 10 月

目 录

序	张先尘
前 言	(1)
1 绪 论	(1)
1.1 综采工作面人—机—环境系统可靠性 研究发展现状	(1)
1.1.1 国内外长壁综采工作面发展现状	(1)
1.1.2 综采工作面人—机—环境系统可靠性 研究发展及现状	(2)
1.2 研究目标、内容及方法	(5)
1.2.1 研究目标及内容	(5)
1.2.2 研究的方法	(5)
1.2.3 主要研究工作	(7)
2 人为失误	(8)
2.1 概述	(8)
2.2 人为失误	(9)
2.2.1 人为失误的定义	(9)
2.2.2 人为失误的类型	(9)
2.3 人为失误因素的递阶结构	(10)
2.3.1 递阶结构的定义及表达	(10)
2.3.2 人为失误因素的递阶结构	(11)
2.4 人为失误的评价方法	(13)
2.4.1 人为失误参数的统计分析	(13)
2.4.2 系统可靠度计算	(15)

2.4.3	人为失误的改正度	(16)
2.4.4	人子系统的有效度	(17)
2.5	人子系统的模糊工作状态	(18)
2.5.1	概述	(18)
2.5.2	模糊语言结构及算子确定	(19)
2.5.3	系统模糊工作状态的隶属函数	(20)
2.5.4	系统模糊工作状态的确定	(25)
3	综采工作面环境	(26)
3.1	地质环境因素的构成	(26)
3.2	地质环境因素的指标体系	(26)
3.2.1	地质构造的复杂程度	(26)
3.2.2	煤层赋存状况	(29)
3.2.3	围岩状况	(32)
3.2.4	煤层自然特性	(34)
3.3	地质环境因素隶属度函数的建立	(35)
3.4	地质环境因素的权重确定	(43)
3.4.1	地质环境因素结构权重	(43)
3.4.2	地质环境因素的综合权重	(45)
3.5	地质环境系统评价及可靠性	(49)
3.5.1	地质环境系统综合评价	(49)
3.5.2	地质环境系统可靠性评价	(50)
3.6	作业环境影响因素的指标体系及隶属度函数	(52)
3.6.1	概述	(52)
3.6.2	综采工作面微气候	(53)
3.6.3	工作面光照度	(59)
3.6.4	工作面噪声	(62)
3.6.5	工作面有害气体与煤尘	(67)
3.7	作业环境系统综合评价及可靠性	(70)

3.7.1	作业环境系统的综合评价·····	(70)
3.7.2	作业环境系统可靠性评价·····	(72)
4	设备系统·····	(74)
4.1	设备系统的可靠性数据·····	(74)
4.1.1	综采设备系统单元的递阶结构·····	(74)
4.1.2	综采设备可靠性数据内容·····	(74)
4.1.3	可靠性数据结构及参数估计·····	(76)
4.2	设备系统的可靠性计算·····	(78)
4.2.1	单元的可靠性计算·····	(78)
4.2.2	设备系统的可靠性计算·····	(80)
4.3	设备系统维修模型及维修周期的确定·····	(84)
4.3.1	更新密度与更新函数·····	(84)
4.3.2	设备系统定期计划预防维修周期的确定·····	(86)
4.3.3	设备大、中修周期的确定·····	(87)
5	综采工作面人一机—环境系统可靠性与风险性研究·····	(89)
5.1	综采工作面人一机—环境系统可靠性计算方法·····	(89)
5.1.1	可靠性数据有效域·····	(89)
5.1.2	可靠性计算·····	(90)
5.2	系统可靠性分配·····	(91)
5.2.1	有经济约束的可靠度分配·····	(92)
5.2.2	系统有效度分配·····	(92)
5.3	综采工作面人一机—环境系统风险性评价·····	(93)
5.3.1	可靠性、安全性和风险性·····	(93)
5.3.2	系统的风险性评价·····	(94)
5.3.3	系统故障模式的危害度评价·····	(100)
5.4	综采工作面人一机—环境系统的风险决策·····	(104)
5.4.1	系统风险决策结构的组成·····	(104)
5.4.2	最优方程的确立及最优策略的存在性证明·····	(106)

5.4.3	系统风险策略的求解	(109)
6	综采工作面人一机一环境系统可靠性分析实例	(110)
6.1	高架综采工作面人一机一环境系统 可靠性分析	(110)
6.2	放顶煤综采工作面人一机一环境系统 可靠性分析	(113)
6.3	大功率综采工作面人一机一环境系统可靠性 分析	(116)
6.4	普通综采工作面人一机一环境系统 可靠性分析	(119)
6.5	综采工作面系统可靠性评价实例评述	(122)
6.5.1	评述	(122)
6.5.2	四种长壁综采工艺方式存在的问题及发展前景	(123)
7	F3MSR—DSS 的决策支持方法及原型系统的 开发实现	(126)
7.1	决策目标和决策问题	(126)
7.1.1	决策目标体系	(126)
7.1.2	决策问题	(127)
7.2	决策过程与决策支持	(132)
7.2.1	决策过程	(132)
7.2.2	决策支持	(132)
7.3	F3MSR—DSS 原型系统的开发实现	(134)
7.3.1	系统概况	(134)
7.3.2	主控系统的开发实现	(136)
7.3.3	库及库管理系统的开发实现	(138)
7.3.4	实例	(139)
8	结论	(141)
	参考文献	(143)

1 绪 论

1.1 综采工作面人—机—环境系统可靠性研究发展现状

1.1.1 国内外长壁综采工作面发展现状

80年代以来,各主要采煤国家都在积极开发和应用新型高效、大功率、高可靠性、高使用寿命的综采设备,推广应用长壁综采回采工艺,取得了良好的效果。综采工作面单产水平不断提高,高产、高效工作面相继涌现,促进世界煤炭工业迈上了一个新台阶。美国1983年有118个长壁工作面,平均单产 $420\text{kt/a}^{[4]}$;1988年有92个长壁综采工作面,平均单产 1.0Mt/a ;1990年有95个长壁综采工作面,分布于73个矿,综采面平均面长207m,共产煤1.2亿t,面单产为 1.2Mt/a ,全员效率 22.6t/工 ,美国首创班产19kt、月产430kt的世界纪录^[5,6]。梅格斯矿1991年6月26日一天产煤(精)33kt,平均日产23kt,在一个班的规定时间内开机率为90%~95%,割煤速度为 $7.5\sim 10.5\text{m/min}$,平均移架速度为 $5\sim 7\text{架/min}$ 。工作面平均日推进速度为16m,最高达 $30\text{m}^{[6]}$ 。像美国的Mettiky矿、Baily矿、Kotonwood矿,平均日产均超过10kt,综采机械化程度高达99.3%^[7]。

我国目前的情况为:1987年至1991年期间,综采程度的增长率为57.9%,而综采面的单产和工效的提高幅度仅为27.5%和23.2%^[8],说明我国的综采发展比较正常,而人员素质、管理水平及设备水平却远远相对落后,明显表现在综采开机率上,美国为52%(按24小时计),德国38.8%,澳大利亚37.3%^[3,5],而我国综采面各项事故率的调查分析表明,开机率仅有17%左右^[13],并且

近几年一直徘徊不前,亟待对综采系统可靠性评价指标、影响因素、系统结构、运行机理、环节匹配与系统参数优化的研究。充分发挥人一机一环境系统功能,改善生产环节、提高工人素质、增加有效开机率^[9,10,11]。综采工作面的开机率每提高1%,全国综采年产量就增加10Mt,相当于增加一个大型矿务局的产量,经济效益、社会效益十分可观。

虽然我国综采工作面平均单产、工效、开机率水平较低,但还有20%左右的综采队达到或接近世界先进水平。

国有重点煤矿1990年有38个综采队、1991年有46个综采队、1992年有48个综采队。1993年有46个综采队年产超过百万吨,十几年的时间里有306队次年产超过百万吨。邢台矿务局东庞煤矿高架综采一队最高日产煤12.5kt,最高月产191.6kt^[12,13];晋城矿务局古书院煤矿使用国外引进的大功率综采设备的综采一队,最高日产12.715kt,最高月产245.9kt^[14];潞安矿务局的王庄煤矿采用综采放顶煤生产工艺,6111工作面最高日产15.186kt,最高月产310.898kt,综采一队1993年生产原煤2.53Mt,创全国最高纪录^[15,16]。

由于煤矿的工人素质、地质条件、综机装备、外部条件的差异,生产水平参差不齐,这也说明我国综采正处于发展过程中,通过学先进、找差距、培训工人队伍、改善作业环境、提高设备维修水平、减少系统故障率,我国长壁综采一定能迈入世界先进行列。

1.1.2 综采工作面人一机一环境系统可靠性研究发展及现状

目前,综采工作面系统可靠性研究,主要以工艺系统为主,人、环境系统的可靠性研究基本上是一个空白。

国外长壁综采工艺,80年代初才被广泛应用,所以这方面的研究较少^[50]。露天煤矿连续开采工艺系统可靠性的研究相对较多^[51,52,53]。

国内的研究起步于 80 年代中期,文献〔54〕主要是把可靠性的基本概念及有关计算方法引入煤炭行业,作为研究煤矿生产可靠性的入门书也是有一定的参考价值的。但是,该书未能就我国目前综采系统可靠性低的原因及综采系统可靠性机理做深入的研究。在俞书伟、魏方图、唐祖章及其他研究人员所陆续发表的研究文章中〔55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71〕,他们把综采生产系统看作是一个可修复系统,从功能方面看,是多单元的串(或串、并)联系统,以调查综采工作面:采煤机、刮板输送机、支架、转载机、工作面运输巷、上(下)山胶带输送机、煤仓、电气设备的故障率及故障时间来笼统地分析系统的可靠性问题,但都没有从人一机一环境的角度,研究人、机、环境的系统结构、故障机理、能力匹配、可靠性指标。其最大的缺陷是不能恰当地描述人、环境的因素对综采设备运行的影响,有些设备的故障是由人为失误或环境恶劣造成的,不是设备本身的可靠性差。以此对系统可靠性的评价结果,不能准确判定故障原因,更不能真实地反映设备系统的可靠度及整体系统的可靠度。

因此,作者首次提出综采工作面是一个由人、机、环境组成的逻辑串联系统。随着综采设备朝着大功率、高可靠性、高使用寿命的方向发展,设备系统的故障率逐步降低,通过提高设备系统的可靠度来增加整体系统的可靠度效果甚微且代价昂贵;反之,人、环境系统的故障率相对较高,改善人、环境子系统的可靠性状况,是提高系统可靠性最有效、最迅速、最经济的途径。

通过对普通综采、高架综采、放顶煤综采、引进大功率设备综采四类典型矿井系统故障原因、故障时间等内容的写实、调查,初步研究结果表明:人、环境因素对系统可靠性影响很大,表 1-1 为:人、机、环境系统的故障时间占总故障时间的比率,更清楚地说明了这一点。

表 1-1

工艺方式	人为失误率(%)	环境故障率(%)	设备故障率(%)
普通综采	11.1	44.3	44.6
高架综采	9.26~12.3	50.1~48.1	39.6~40.7
放顶煤综采	11.8	10.3	77.9
大功率综采*	7.3	32.4	36.2

* 外部环境影响占 24.1%

古书院矿综采面百万吨队 1985~1988 年机电设备的故障率, 见表 1-2 所列。

表 1-2

综 采 队	一 队				二 队	
年 份	1985	1986	1987	1988	1987	1988
年产量(Mt)	1.1101	1.3111	1.2394	1.8016	1.0001	1.0571
故 障 率	0.32	0.45	0.32	0.31	0.5	0.38

高架综采的情况也基本相同, 环境、管理事故占总事故时间的 50% 以上^[12,13,74,75]。

德国 Montan 咨询公司对潞安矿务局 5 个综采工作面的写实调查中^[76]: 人的因素是第一位的。人为失误停机占总停机时间的 25%, 主要由于: 交接班耽误时间, 工作面工人缺乏合作, 处理事故慢, 设备维修不能及时完工, 设备部件管理水平差。

综上所述: 综采工作面系统可靠性研究, 首先从人、机、环境系统分析入手, 建立一套全新的系统可靠性理论体系, 准确地、真实地评价系统的可靠性、风险性, 分析系统的薄弱环节, 找出提高系统可靠性的技术途径, 充分发挥系统潜在的生产能力, 达到高产高效的目的。