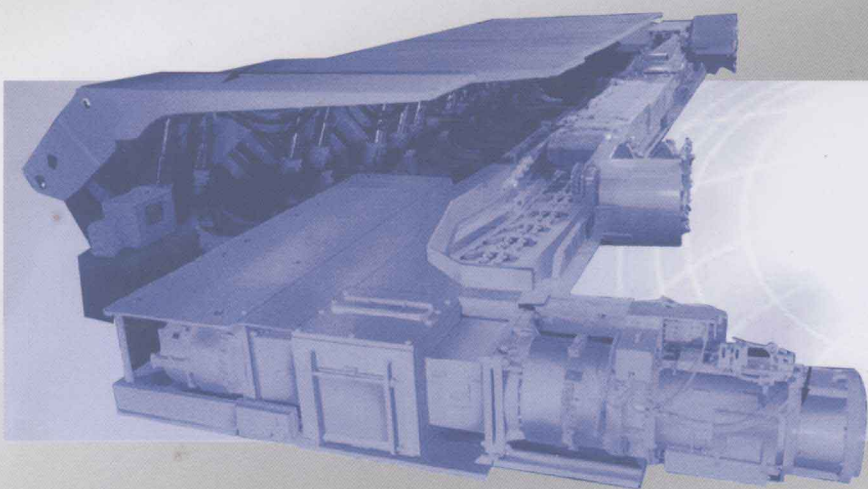


LONGWALL MINING

SECOND EDITION



(第二版)

长壁开采

〔美〕 Syd S. Peng 著
郭文兵 等 译
陈金生 校



科学出版社

长 壁 开 采

(第二版)

〔美〕Syd S. Peng 著
郭文兵 等 译
陈金生 校

科 学 出 版 社

北 京

图字: 01-2011-0911 号

内 容 简 介

本书全面、系统地阐述了过去 30 年美国长壁开采技术的发展和实践过程。本书主要内容包括美国长壁开采的工作面设计,巷道掘进,矿山压力与开采技术,长壁开采工作面设备,煤炭运输,通风、瓦斯、煤尘与噪声控制技术,工作面搬迁技术,系统控制与配电技术,地表沉陷问题等。

本书可作为高等院校采矿工程等专业本科、研究生的教学参考书,也可供从事采矿工程技术的科研人员及煤矿企业生产、设计的工程技术人员参考。

Longwall Mining

Copyright © 2006 by Syd S. Peng

Printed in the United States of America

1st Printing October 2006

All rights reserved. This book, or parts thereof, may not be reproduced in any form without permission of the author.

Library of Congress Card Number 2006907903

图书在版编目(CIP)数据

长壁开采/[美]Syd S. Peng 著;郭文兵等译. —北京:科学出版社, 2011
ISBN 978-7-03-030726-2

I. ①长… II. ①Peng… ②郭… III. ①长壁采煤法-研究-美国
IV. ①TD823.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 059204 号

责任编辑:童安齐/责任校对:王万红

责任印制:吕春珉/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 5 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2011 年 5 月第一次印刷 印张:28 1/4 插页:1

印数:1—2 000 字数:639 000

定价:80.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换<双青>)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62137026 (BA08)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

Longwall Mining

Second Edition

Syd S. Peng

*Department of Mining Engineering
College of Engineering and Mineral Resources
West Virginia University
USA*

译者的话

美国现代化的综合机械化长壁开采技术是 20 世纪 50 年代初从联邦德国引进的。20 世纪五六十年代，长壁开采技术在美国只有少数煤矿使用，并没有得到推广。随着长壁开采技术的进步与设备的改进，在 20 世纪 70 年代以后，美国的长壁开采技术创造了越来越多的生产和安全世界纪录，使用长壁开采技术的煤矿数目也稳步迅速的增长。1982 年美国长壁工作面的数目最多达到 118 个。目前，美国长壁开采工作面的数目在 50 个左右，煤炭产量约占美国井工开采的 55%，每年约 2 亿吨。

我国煤矿以地下井工开采为主，井工开采的煤炭产量占全国煤炭总产量的 95% 左右，而井工煤矿产量绝大部分是用长壁采煤法开采的，可以看出长壁开采在我国占有很重要的地位。综合机械化长壁开采技术是实现矿井安全高效集约化生产的唯一途径。近年来，我国长壁开采技术有了重大发展，大型煤矿装备有大采高综采设备与连续采煤设备，采煤工艺先进，实现了煤炭运输胶带化、辅助运输无轨胶轮化、井巷支护锚喷化、安全监测监控系统自动化等。工作面设备生产能力、可靠性以及自动化程度得到改善，采煤机、液压支架和输送机向强力、大功率方向发展，工作面单产和效率进一步提高，生产集约化程度得到大幅提升。但由于我国煤矿的生产规模、地质条件、开采技术、安全形势等差别很大，同时受地质条件、技术与设备等因素的限制，很多煤矿还是劳动密集型，开采效率偏低，长壁开采的技术及装备水平有待进一步提升。

本书作者是美国国家工程院院士、西弗吉尼亚大学教授 Syd S. Peng。本书内容涵盖了长壁开采技术在美国过去 30 年的发展和实践过程，全书分为十四章，主要包括美国长壁开采技术发展简介，长壁开采工作面设计，上覆岩层性质，工作面回采巷道掘进，工作面液压支架，采煤机、刨煤机、长壁开采煤炭运输系统，工作面通风、瓦斯、煤尘与噪声的控制技术，长壁工作面搬迁技术，长壁开采系统控制与配电技术，长壁开采引起的地表沉陷问题以及长壁开采应用中一些实际问题的分析等。翻译本书的目的旨在方便我国广大的煤矿工程技术人员了解和掌握美国的长壁开采技术和经验，促进我国长壁开采技术的革新及技术装备水平的快速提升。

本书在翻译过程中，力求尊重作者本意，同时兼顾意译以符合我国的语言习惯。翻译中遇到的一些问题也与 Syd S. Peng 教授进行了商量和沟通。

本书翻译人员为河南理工大学郭文兵教授、翟新献教授、魏锦平教授、宋常胜副教授等。本书第一章、第四章、第八章和第十四章由郭文兵翻译；第五章、第六章和第十二章由翟新献翻译；第九~第十一章、第十三章由魏锦平翻译；第二章、第三章和第七章由宋常胜翻译。全书翻译稿由陈金生博士进行了校核，郭文兵协助校核并进行全书统稿。此外，在本书的翻译过程中，得到了河南理工大学邹有峰教授、周英教授、勾攀峰教授的指导和帮助，胡志华等研究生帮助进行了书稿的整理和排版工作，在此向他们表示衷心的感谢。

由于译者受英语和专业水平所限，书中不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

译 者

2010年10月于焦作

第二版前言

我与姜汉信教授合著的《长壁开采》第一版于1984年出版。当时长壁开采对美国煤炭工业来说是一项新技术，因此全书的内容大多数是对当时美国和其他国家长壁开采实践经验的总结。自那时起，长壁开采已经发生了巨大变化。最值得注意的是，美国的煤炭工业使其从20世纪70年代长壁开采技术的输入国发展成为20世纪80年代末和90年代初长壁开采技术的输出国。

在过去的30年里，美国长壁开采的发展被认为是一种奇迹，特别是在煤炭市场极其萧条的情况下，长壁开采竟然能够得到突飞猛进的发展。

在20世纪70年代和80年代初期，美国政府用于采矿研究和开发的联邦基金(R&D)十分充裕，资助了各种开采条件下的几个长壁开采示范项目，如薄煤层、倾斜煤层、厚煤层的长壁开采和其他许多与生产和安全有关的项目。

继20世纪80年代中期，联邦基金紧张，尽管美国矿业局仍然存在，但美国政府用于采矿研究和开发的联邦基金实际上全部停止。由于传统的美国煤炭行业对于技术的开发依赖于美国矿业局，当联邦基金停止时，科技发展的重担就落在了设备制造商的肩上。

从20世纪80年代中期到90年代中期，煤炭工业界每一种新的设备订单都要求产品的更新换代，设备制造商全力以赴满足客户的需求。因此，原有设备有了许多新的发展和改进，使该时期成为长壁技术发展的黄金时代。正是在这一时期，美国长壁开采的产量创造了第一个世界纪录，并成为现代长壁开采技术的前驱。

幸运的是，我执教的西弗吉尼亚大学正好位于阿巴拉契亚煤田腹地，美国近三分之二的长壁开采矿井位于该地区。除了传统的岩层控制研究如巷道稳定性、长壁工作面设计、地下岩石力学测试等，自20世纪70年代中期起，我开始研究长壁开采的液压支架设计和地表沉陷。

我们对阿巴拉契亚煤田的北部和中部进行了研究，监测液压支架支柱的压力，为液压支架的设计与选型提供数据。从这些数据中，我们发现在所有类型的液压支架中，具有主动水平应力的两柱液压支架是最好的。目前两柱液压支架是行业标准。在20世纪80年代的一段时期，我参与了美国三分之一以上的长壁工作面液压支架设计和选型。

我们的研究小组还开发了一个计算机软件程序 CISPM (综合地表沉陷预测模型), 可以对地表沉陷进行预测, 制订措施以减轻对地表建筑物的破坏。该程序被阿巴拉契亚煤田北部的煤炭公司所应用, 由于地面沉降和失水问题当地居民反对长壁开采, 煤炭公司已用该程序解决了许多沉陷问题并且使许多长壁开采得以实施。

后来我们拓宽了长壁开采技术的研究, 如开始研究呼吸性粉尘、滚筒切割机械及其自动化问题。

在过去 30 年里, 我在美国所有煤炭生产地和国外 15 个国家的 300 多个煤矿访问并做相关研究和咨询工作。因此, 通过我的观察分析, 我对煤炭开采的实际运营及管理有了深刻的了解。我亲自目睹了某些方面的技术, 并参与了长壁开采技术的整个发展过程。

在煤炭开采中, 即使使用同样的设备, 也有许多方法可以达到相同的生产和安全方面的目标。例如在美国, 不同的煤田和不同的煤矿 (即使在同一公司的同一地区) 由于地质条件、当地实践或作业人员喜好的差异, 在某些方面的做法可能不同, 在国际范围内更是如此。因此, 在所描述的典型方法或技术中未必都能包括在内。

基于在过去 30 年来我个人在世界各地的调研、研究和咨询服务, 我写出了第二版的《长壁开采》。

所 涉 主 题

本书内容涵盖我所谓的美国长壁开采技术过去 30 年里在美国的发展和实践过程。本书用十四个章节介绍长壁开采技术的各个阶段。每章专门讨论一个子系统的设备或工程技术。每章开头简要介绍子系统的设备或工程技术的历史发展趋势, 接下来详细描述目前美国实践应用的子系统和工程技术。

本书开始第一章首先概述了美国长壁开采技术, 主要描述美国长壁开采的特征、要求和局限性。展示从 1976 年以来每年的统计数据, 以显示各主要子系统的历史发展趋势。第二章讨论煤炭储量应用长壁开采的可行性初步评价, 该章确定和讨论在过去 30 年里, 影响长壁开采工作面产量的关键因素。在长壁开采岩层控制中, 有关长壁后退式工作面支承压力的显现和控制及其对顶板稳定性的影响是长壁开采成功的关键。岩石力学特征, 如冒落性、煤系地层结构影响支承压力的性质和长壁开采的可行性, 这些问题及实测数据在第三章进行了讨论。现代长壁开采要求巷道掘进速度快, 以满足工作面快速推进的需要。第四章介绍多巷道掘进的各种方法, 描述了快速掘进

系统的实例。第五章和第六章专门讲述两柱掩护式支架的所有部件,包括结构和液压元件及其功能,液压系统的设计、选型和掩护式支架的测试、支架的工作原理及分析。本书介绍两种割煤机械,即采煤机和刨煤机,尽管目前刨煤机使用不广泛。但我相信,随着好的煤炭资源的枯竭,刨煤机将在薄煤层长壁开采重获青睐。

第七章介绍采煤机系统,包括主要组成和其功能,牵引系统的类型、方法和生产切割方法、自动化及滚筒切割装置。第八章在阐述了刨煤机系统和采煤机系统两者所适用的煤层条件后,描述全自动化的刨煤机系统,包括层位、进刀方式及支护控制。第九章介绍煤的运输系统,包括刮板输送机、转载机、皮带输送机、煤仓和箕斗提升,详细解释了刮板输送机和转载机的元件和功能。第十章提出几个重要问题并结合实例说明如何处理这些问题,包括顶板冒落、坚硬工作面、软弱底板、坚硬难冒落岩层、断层、油气井等。

第十一章介绍通风系统的要求和实践,其中包括瓦斯和煤尘控制。美国长壁工作面对甲烷和粉尘控制是非常有效的,因为在实践中很多高瓦斯煤层都能被环保、高效地开采。

工作面搬迁涉及重型和大型设备的移动和运输。第十二章描述工作面搬迁的目标、步骤、方法及其所需的设备。第十三章简要介绍矿井的配电系统和控制系统,包括在系统自动化中需考虑的逻辑和因素。最后,在第十四章用一个实例介绍地表沉陷和疏水,说明在长壁开采中的地表沉陷是可预测和“控制”的,包括下沉特征、预测和减轻沉陷的措施和地表疏水。

此外,本书还增加了新的内容,包括采区开拓、通风系统、控制系统和供电系统。

致 谢

在我写这本书期间,我很感激从事该行业的许多朋友,他们打电话或是花几个小时与我讨论当前的煤矿实践和设备特点,或慷慨地为我提供宝贵的资料,这才使得本书在这方面更新、更全面,他们是:

Joy 技术公司的 Mike Adamczyk 和 John Blich 提供了其公司的产品资料和出版权限。Foundation Coal 公司的 George Allekotte 花费大量时间与我讨论第十三章关于系统控制和配电的内容。他还建议要包含系统控制方面的问题。Huesker 公司的 Tom Bailey 提供了综采工作面支架回收处顶板控制网格布置的照片。“长壁开采”第一版的合著者之一,也是中国引进全自动化刨煤机系统的先驱姜汉信,还有 DBT 公司的 Uli Paschedag 和 Harry

Martin 审查了第八章“煤炭开采——刨煤机开采”，并对初稿进行了大量的修改。Swanson Industries 的 Frank Dulin 和 Tom Hutchinson 带着我去参观了液压泵、单轨铁路和液压支架的维修。Frank 还为这本书提供了液压支柱、阀和单轨铁路的图纸。美国 DBT 公司提供了相关皮带输送机助推器的信息，KH 控制公司的 Roger Huczko 为第十三章 13.2.4 节“长壁工作面照明系统”提供了相关材料。Andalex 资源公司的 John Lewis 为本书相关双巷掘进等内容提供了相关资料。Fuchs Lubricants 公司的 Roger Russell 审查了我的草稿并为第五章 5.3.6 节“液压”供液系统液体及其提供了相关资料。Consol 公司的 Eric Shereda 和 Kelly Gilmer 为本书相关采区运输巷道的切割顺序等内容提供了相关资料。美国 DBT 公司的 Bill Tate、Al Hefferin 和 Don Helfrich，除几个小时专门开会讨论与本书相关的问题以外，还让我有机会获得他们公司的图纸和照片，其中有许多是专门为这本书制作准备的。Kennametal 公司的 Dan Statler 和 Don Keller 提供了关于滚筒切割方面的材料。Foundation 煤炭公司的 Jack Trackemas 与我探讨了多项内容。

最后，我的研究生 Tomas Du、Hakan Gurgunli、Reddy Kallu、Jun Lu 和 Anil Ray 协助我制作照片、检查部分文本和数据，核对其正确性，特别是 Jun Lu 负责对整本书的数据进行核对。Andre Zingano 博士核对了整本书的最终版本。Ted Klemetti 为本书第五章图 5.3.13 准备了数据。我以前的研究生和本科生、NIOSH-PRL 的 Tom Barczak 博士对第五章和第六章相关液压支架等内容进行了严谨的检查并提出了许多建议。Steve Bessinger 博士讨论了掩护式支架的设计及其在松软底板上的实践情况，Dr. Luo 为本书设计了封面，并审查了第十四章“地表沉陷”。Khaled Morsy 博士专门为本书介绍的有关多工作面长壁开采的支承压力（第三章第 3.2.1 节）和原位水平应力（第十章第 10.11 节）等内容进行计算机模拟，并指导了本书印刷前期准备的整个过程。R. J. Matetic 审查了第十一章 11.5 节“噪声控制”。美国能源部的 Ryan Murray 提供了第十三章图 13.2.6 和有关采区巷道开拓系统的信息，Ben Worley 准备了第四章的图 4.9.2。

目 录

第一章 美国长壁开采概述	1
1.1 引言	3
1.2 高产、高效长壁工作面的要求和限制条件	4
1.3 长壁工作面布置	5
1.4 开采技术	8
1.5 美国长壁工作面的特点及发展趋势	11
1.6 高产工作面的管理及人力因素	19
参考文献	19
第二章 长壁工作面布置设计考虑的因素	21
2.1 引言	23
2.2 长壁工作面布置考虑的一般因素	23
2.2.1 煤炭储量	23
2.2.2 长壁工作面尺寸	23
2.2.3 地质条件	23
2.2.4 原岩（水平）应力	25
2.2.5 多煤层开采	26
2.2.6 河流、溪流或线性地貌	26
2.2.7 石油或天然气井	27
2.2.8 地表沉陷	27
2.3 长壁工作面模拟	28
2.4 岩层控制考虑因素	31
参考文献	32
第三章 岩层的力学性质	35
3.1 引言	37
3.2 上覆岩层的运动	37
3.2.1 直接顶	39
3.2.2 老顶	44
3.2.3 长壁工作面上覆岩层运动的时序	45
3.2.4 岩层层序的影响	49
3.2.5 时间和长壁工作面推进率的影响	51
3.3 支承压力、采空区冒落和巷道变形	51
3.3.1 计算机模型	51

3.3.2 现场测试	53
参考文献	62
第四章 工作面巷道掘进	65
4.1 引言	67
4.2 巷道掘进系统的布置及比较	68
4.2.1 双巷系统	68
4.2.2 三巷系统	69
4.2.3 四巷系统	69
4.3 巷道掘进方法及设备	69
4.3.1 变位掘进法	69
4.3.2 原位掘进法	70
4.4 巷道掘进中煤柱系统类型的调查	72
4.5 巷道间煤柱与隔离煤柱的设计	75
4.5.1 回采巷道和回风系统的巷道间煤柱	75
4.5.2 隔离煤柱	77
4.6 顶板支护	77
4.6.1 工作面运输巷	77
4.6.2 工作面回风巷	78
4.7 影响掘进速度的因素	81
4.7.1 巷道数目	81
4.7.2 煤柱尺寸	81
4.8 工作面巷道日掘进长度的确定	81
4.9 巷道掘进系统示例	84
4.10 长壁工作面煤炭采出率的计算	88
参考文献	91
第五章 液压支架概述	93
5.1 液压支架简介	95
5.1.1 框架式	95
5.1.2 支撑式支架	96
5.1.3 支撑掩护式支架	96
5.1.4 掩护式支架	96
5.2 两柱掩护式支架	98
5.2.1 为什么使用两柱掩护式支架	98
5.2.2 现代化两柱掩护式支架一般特征	100
5.3 掩护式支架构件	102
5.3.1 承载部件	103
5.3.2 液压缸	104

5.3.3 控制和操作构件·····	107
5.3.4 附属装置·····	109
5.3.5 电液控制·····	112
5.3.6 液压液体及其供液系统·····	112
5.4 电子液压控制系统 ·····	121
5.4.1 掩护式支架控制系统·····	121
5.4.2 支架控制系统布置·····	125
5.4.3 支架运行模式·····	127
5.4.4 工作面可视化·····	131
5.5 掩护式支架性能 ·····	131
5.5.1 支架工作阻力与初撑力关系·····	131
5.5.2 支架支撑循环·····	133
5.5.3 支柱压力的应用·····	136
5.5.4 支架性能评价方法·····	139
参考文献 ·····	143
第六章 液压支架的设计与选型 ·····	145
6.1 引言 ·····	147
6.2 支架设计原理 ·····	147
6.3 液压支架构件总体尺寸初步确定 ·····	149
6.3.1 采高·····	149
6.3.2 前方无支柱区·····	149
6.3.3 通风要求·····	149
6.3.4 其他因素·····	150
6.4 支架外部荷载确定 ·····	150
6.4.1 顶板荷载合力作用位置·····	150
6.4.2 顶板荷载确定·····	152
6.5 支架顶梁和底板荷载 ·····	157
6.5.1 顶梁合力·····	157
6.5.2 底座底板压力·····	160
6.5.3 实验室试验确定支架顶梁和底板压力分布·····	163
6.5.4 必要的主动水平作用力·····	164
6.6 支架底板承载能力确定 ·····	165
6.6.1 承载能力的定义和理论·····	165
6.6.2 底板承载能力测定·····	168
6.6.3 承载能力影响因素·····	168
6.7 偏心荷载作用下支架抗扭强度 ·····	169
6.8 液压支架静态分析 ·····	170

6.9 大尺寸支架模型和电液控元件试验	170
6.9.1 掩护式支架结构	170
6.9.2 电子和液压元件	172
参考文献	174
第七章 煤炭开采——采煤机开采	177
7.1 引言	179
7.2 采煤机长壁工作面设备布置	180
7.3 双滚筒采煤机	183
7.3.1 模型和主要部件	183
7.3.2 采煤机的开采高度	187
7.4 采煤机的截割滚筒和性能	187
7.4.1 截割滚筒	187
7.4.2 截齿的类型	191
7.4.3 影响采煤机性能的因素	192
7.4.4 评价采煤机性能的参数	195
7.4.5 控制采煤机性能的运行参数	197
7.5 采煤机的安装功率	199
7.5.1 采煤机的功率要求	199
7.5.2 采煤机功率能力确定的实例	199
7.6 采煤机的牵引	203
7.6.1 牵引的类型	203
7.6.2 牵引速度的选择和控制	205
7.7 采煤机的截割方法	206
7.7.1 双向割煤方法	207
7.7.2 单向截割方法	208
7.7.3 双向割煤的产量计算	213
7.7.4 采煤机割煤能力和刮板输送机运输能力的计算	217
7.8 采煤机的煤炭装载	219
7.8.1 计算滚筒的装煤能力	219
7.8.2 装煤效率的影响因素	220
7.8.3 其他装载设备	222
7.9 采煤机的自动化	222
7.9.1 煤/岩界面探测器	222
7.9.2 自动化采煤机系统	223
参考文献	226
第八章 煤炭开采——刨煤机开采	229
8.1 引言	231

8.2 长壁开采刨煤或割煤	232
8.2.1 煤层厚度和特征	232
8.2.2 用现场测定法确定煤体的可刨性	232
8.3 刨煤机工作面设备配置	235
8.4 刨煤机类型	238
8.4.1 基座式刨煤机	238
8.4.2 滑行式刨煤机	238
8.5 刨煤机的基本要素	241
8.5.1 刨煤机理	241
8.5.2 刨刀结构	242
8.5.3 刨速	243
8.5.4 牵引力	245
8.5.5 驱动功率	246
8.6 刨煤机的操作	247
8.6.1 刨煤机的行程控制	247
8.6.2 刨深的控制——递增控制法	248
8.6.3 刨煤机的水平控制	249
8.6.4 刨煤的高度控制	251
8.6.5 刨煤机组的锚固	251
8.6.6 刨落煤的尺寸	251
8.7 刨煤机的适用条件	252
8.7.1 煤层硬度及可切性	252
8.7.2 底板条件	253
8.7.3 煤层结构	254
8.7.4 断层	254
8.7.5 顶板条件	255
8.7.6 采高	256
8.7.7 煤层倾角	256
8.8 小结	257
参考文献	257
第九章 煤炭运输系统	259
9.1 引言	261
9.2 煤炭运输系统的布置	261
9.3 可弯曲刮板输送机的主要部件	263
9.3.1 交叉结构-机头驱动	263
9.3.2 机尾部	267
9.3.3 溜槽	268

9.3.4 挡煤板和铲煤板·····	271
9.3.5 刮板链·····	271
9.4 可弯曲刮板输送机的选择 ·····	275
9.4.1 双边链·····	275
9.4.2 刮板输送机输送能力的决定因素·····	275
9.4.3 功率需求的测定·····	276
9.4.4 链条预张力的确定和维护 ·····	279
9.5 煤炭传输系统 ·····	283
9.5.1 煤炭自刮板输送机转入桥式转载机·····	283
9.5.2 桥式转载机·····	284
9.5.3 胶带输送机·····	285
9.5.4 箕斗提升系统·····	285
9.5.5 井下储煤仓·····	287
9.6 刮板输送机的运行与维护 ·····	289
9.6.1 刮板输送机的运行·····	289
9.6.2 刮板输送机的维护 ·····	290
9.6.3 调链和换链·····	290
参考文献 ·····	291
第十章 长壁采煤法在实际应用中的一些问题 ·····	293
10.1 液压支架基本性能要求 ·····	295
10.2 破碎顶板的控制 ·····	296
10.2.1 顶板冒落空穴的控制 ·····	296
10.2.2 聚氨基甲酸酯注浆法 ·····	297
10.2.3 长壁工作面的垮落 ·····	298
10.3 双柱支架与四柱支架和垛式支架 ·····	298
10.4 准确测定液压支柱压力的方法 ·····	301
10.5 预掘工作面设备回收巷 ·····	302
10.5.1 简述 ·····	302
10.5.2 工作面设备回收巷支护方法 ·····	303
10.5.3 支护设计考虑因素 ·····	304
10.6 坚硬顶板条件下的长壁开采 ·····	305
10.7 割煤过断层 ·····	307
10.8 油气井保护煤柱设计 ·····	310
10.9 长壁工作面的快速推进和缓慢推进 ·····	311
10.9.1 两种对立观点 ·····	311
10.9.2 加快或减小工作面推移速度 ·····	312
10.9.3 相向推进长壁工作面间的煤柱稳定性 ·····	314

10.10 底煤、硬工作面、松软底板和刮板输送机爬行等问题及解决办法	314
10.10.1 底煤	314
10.10.2 坚硬工作面	315
10.10.3 松软底板	316
10.10.4 刮板输送机的滑动	318
10.11 高水平应力下 T 型交叉点巷道稳定性	318
10.11.1 简述	318
10.11.2 二次主应力方向的改变	319
10.11.3 二次主应力大小的变化	319
10.11.4 区段运输巷稳定性分析	322
10.11.5 总结	325
参考文献	325
第十一章 通风、瓦斯、煤尘与噪声的控制	327
11.1 引言	329
11.1.1 发展方向	329
11.1.2 通风、瓦斯及煤尘控制方案	329
11.2 通风	330
11.2.1 采空区与边界通风系统	330
11.2.2 无边界回风巷时的通风系统	332
11.2.3 通风测定和要求	334
11.3 瓦斯控制	335
11.3.1 简述	335
11.3.2 瓦斯的形成	335
11.3.3 控制瓦斯涌出的因素	336
11.3.4 瓦斯抽放	337
11.4 煤尘防治	347
11.4.1 煤尘的定义、危害和来源	347
11.4.2 煤尘防治方法	348
11.4.3 美国长壁工作面煤尘防治实践	354
11.4.4 风速和煤尘分布的测量和模拟	355
11.5 噪声控制	358
11.5.1 定义和背景	358
11.5.2 噪声控制	359
11.5.3 噪声来源和长壁工作面上的噪声控制	359
参考文献	360
第十二章 长壁工作面搬迁	363
12.1 引言	365