



薄煤层开采 理论与技术



■ 主 编 闫卫国



煤炭工业出版社

薄煤层开采理论与技术

主编 闫卫国

煤炭工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

薄煤层开采理论与技术 / 闫卫国主编. --北京: 煤炭工业出版社, 2013

ISBN 978 - 7 - 5020 - 4305 - 6

I. ①薄… II. ①闫… III. ①薄煤层采煤法—研究
IV. ①TD823. 25

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 213497 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
北京房山宏伟印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*

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

本书在综合分析国内外薄煤层开采技术与发展趋势的基础上，对我国薄煤层开采理论与技术进行了系统阐述，主要内容包括薄煤层开采矿山压力显现与围岩控制、薄煤层开采方法、薄煤层综合机械化开采技术、薄煤层综采设备选型与配套、薄煤层工作面安全保障技术等。

本书可作为采矿工程等专业学生教学参考书，也可供采矿技术人员参考。

编 委 会

主 编 闫卫国

副主编 林井祥

编 写 (按姓氏笔画为序)

代少军 闫卫国 林井祥 张继忠

武英刚 侯德宝 黄献平

主 审 康 健

前 言

近年来，随着综采、综放技术在厚及中厚煤层中成功应用，厚及中厚煤层被大量开采，我国不少矿井的中厚煤层已近枯竭。而我国的薄煤层（煤层厚度小于1.3 m）资源丰富且分布广泛，约占总可采储量的20%。在煤炭资源日益紧缺的今天，研究薄煤层开采理论与技术，对于煤炭资源保护和利用、延长矿井开采寿命和实现我国能源工业的可持续发展，具有重要意义。

在薄煤层开采过程中，由于受到开采空间的制约，开采设备的安装以及操作维护的难度相对增大；煤矿工人的工作范围非常有限，使瓦斯排放变得更加困难，很容易造成安全事故；与中、厚煤层相比，薄煤层吨煤开采成本相对较高。但薄煤层开采也有其独特的优势：工作面的顶板位移较小且容易控制、对邻近煤层影响较小、不易造成大面积的地面塌陷。

本书在综合分析国内外薄煤层开采技术与发展趋势的基础上，对我国薄煤层开采理论与技术进行了系统阐述。相信本书的出版会对我国薄煤层开采技术的教学、科研、应用，起到积极的促进作用。

在编写本书过程中，黑龙江科技大学康健副教授给予了热情指导，中煤科工集团段红民对书稿提出了许多宝贵意见，在此一并表示衷心感谢。同时，本书吸收汇集了相关书籍的精华，在此向各位作者表示诚挚感谢。

由于编写人员的知识水平有限，书中难免有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2013年6月

目 次

| | |
|---------------------------|------------|
| 绪论 | 1 |
| 1 概述 | 4 |
| 1.1 薄煤层概念及分布 | 4 |
| 1.2 薄煤层开采的特点及必要性 | 10 |
| 1.3 薄煤层开采技术及发展趋势 | 11 |
| 2 薄煤层开采矿山压力显现与围岩控制 | 27 |
| 2.1 薄煤层开采矿山压力显现特点 | 28 |
| 2.2 薄煤层开采围岩控制技术 | 58 |
| 3 薄煤层开采方法 | 97 |
| 3.1 概述 | 97 |
| 3.2 薄煤层壁式体系采煤法 | 99 |
| 3.3 薄煤层柱式体系采煤法 | 136 |
| 3.4 薄煤层开采方法选择原则 | 144 |
| 4 薄煤层综合机械化开采技术 | 151 |
| 4.1 薄煤层刨煤机综采技术 | 151 |
| 4.2 薄煤层滚筒采煤机综采技术 | 165 |
| 4.3 薄煤层螺旋钻采煤机综采技术 | 170 |
| 4.4 薄煤层巷道综合机械化掘进技术 | 182 |
| 5 薄煤层综采设备选型与配套 | 190 |
| 5.1 薄煤层滚筒采煤机综采设备及工艺特点 | 190 |
| 5.2 薄煤层滚筒采煤机综采设备配套原则 | 194 |
| 5.3 薄煤层滚筒采煤机综采设备选型及配套 | 196 |
| 5.4 薄煤层综采工作面总体配套实例 | 203 |
| 6 薄煤层工作面安全保障技术 | 215 |
| 6.1 一般规定 | 215 |

| | | |
|------------|--|-----|
| 6.2 | 顶板控制安全技术措施 | 219 |
| 6.3 | 爆破施工安全技术措施 | 224 |
| 6.4 | 通防及安全监测安全技术措施 | 229 |
| 6.5 | 运输管理 | 230 |
| 6.6 | 机电管理 | 236 |
| 6.7 | 采煤机防滑与操作 | 244 |
| 6.8 | 遇断层、顶板破碎等特殊地质构造不能铲煤而 人工出煤时的安全技术措施 | 246 |
| 6.9 | 工作面更换中部槽的安全技术措施 | 246 |
| 6.10 | 工作面更换刮板链的安全技术措施 | 247 |
| 6.11 | 工作面更换溜头大架、二节的安全技术措施 | 247 |
| 6.12 | 端头支护及使用 II 型钢梁支护技术措施 | 248 |
| 6.13 | 工作面三巷使用铰接顶梁专项技术措施 | 249 |
| 参考文献 | | 251 |

绪 论

煤炭是工业的粮食，我国一次能源消费结构中煤炭占 75% 以上。其中电力能源的 70%、化工原料的 60% 和民用能源的 80% 均来自煤炭。可见，煤炭工业发展的快慢，将直接关系到国计民生。煤炭不仅是我国的基本燃料，而且是重要的工业原料，从煤中可以提取 200 多种产品，这些产品都是我国社会主义经济建设和人民生活所必需的。因此，为实现我国的工业、农业、国防和科学技术现代化，必须加速煤炭工业现代化的发展步伐。

由于我国正处于经济快速发展时期，能源的需求量必将出现持续增长势头，在今后相当长的时期内，煤炭作为我国最主要能源的地位不会改变。2010 年全国煤炭产量已达 32×10^8 t，预测 2015 年将达到 40×10^8 t。

我国煤炭资源总量丰富，但人均剩余探明可采资源储量少，目前已经探明的煤炭资源储量为世界第二。根据第三次全国煤田预测资料，除台湾外，我国垂深 2000 m 以内的煤炭资源总量为 5.569749×10^{12} t。

我国煤炭资源的地理分布不平衡，除上海市外，全国其他省、市、自治区和直辖市都有不同数量的煤炭资源。从煤炭资源的分布区域看，煤炭储量主要分布在华北和西北地区。其中华北地区最多，占全国煤炭储量的 49.25%；西北地区占 30.39%；西南地区占 8.64%；华东地区占 5.7%；中南地区占 3.05%；东北地区占 2.97%。按省、市、自治区和直辖市计算，山西、内蒙古、陕西、新疆、贵州和宁夏 6 省区最多，约占全国煤炭储量的 81.6%。因此，我国煤炭资源整体呈西多东少，北丰南贫。

煤炭资源的分布与消费区分布不协调。华东地区煤炭资源储量的 87% 集中在安徽、山东，而工业主要集中在以上海为中心

的长江三角洲地区；中南地区煤炭资源的 72% 集中在河南，而工业主要集中在武汉和珠江三角洲地区；西南地区煤炭资源的 67% 集中在贵州，而工业主要集中在四川；东北地区煤炭资源的 52% 集中在黑龙江，而工业主要集中在辽宁。

我国煤炭资源虽然丰富，但人均占有量低，人均仅为 234.4 t，而世界人均煤炭资源占有量为 312.7 t。我国煤田的勘探程度较低，经济可采储量较少。在目前经勘探证实的储量中，精查储量仅占 30%，而且大部分已经开发利用，煤炭后备储量紧张。

目前我国煤炭开采条件仅居世界中下等水平。我国有近 50% 的煤炭资源埋藏在地下 1000 m 以下，在当前相当长的一段时间里，煤炭储量可以提供经济开采的并不多。同时由于受到各种地质条件等的限制，我国大部分煤矿存在机械化程度低、工作面效率低、经济效益差的问题。虽然我国对煤炭开采技术及采煤技术设备等做了很多改进，但还没有从根本上解决煤炭开采成本高、单产低和经济效益差等问题，开采效率一直处在一种比较低的水平。煤矿开采已经严重影响到国民经济的协调发展，如何实现煤矿的高效开采是目前需要解决的问题。而在我国地下采煤占有主要地位，对煤矿地下采煤技术的研究变得非常重要。

世界各国对薄煤层的划分标准不一样，如美国将煤厚小于 1.7 m 的煤层称为薄煤层，我国则是将煤厚小于 1.3 m 的煤层划分为薄煤层。据此，我国煤炭资源可以按照煤层厚度进行储量划分，其中薄煤层占 17.26%，中厚煤层占 37.94%，厚煤层占 44.80%。

在煤炭资源日益紧缺的今天，研究薄煤层开采的高产高效技术，对于煤炭资源保护和利用、延长矿井开采寿命和实现我国能源工业的可持续发展具有重要意义。目前，部分矿区加大了对薄煤层的开采力度，但是薄煤层开采效益较差已经严重制约这些矿区的发展。由于薄煤层工作面空间狭小，设备的能力、安装和检修等均受到很大限制，薄煤层一直是煤矿开采的薄弱环节，并且薄煤层采煤劳动强度大、生产能力低。从某种意义上讲，薄煤层

开采已经严重影响到整个煤炭工业的协调发展。由于我国的煤炭资源有限，如何实现薄煤层高产高效开采，合理利用地下资源和实现薄煤层高效开采，是目前迫切需要解决的问题。

1 概 述

1.1 薄煤层概念及分布

1.1.1 薄煤层概念

世界各国对薄煤层的划分标准不一样（表 1-1）。例如，美国将煤厚小于 1.7 m 的煤层称为薄煤层；比利时规定煤厚在 0.6 m 以下的煤层为薄煤层；保加利亚规定煤厚在 1.3 m 以下的煤层为薄煤层，是比利时的 2 倍以上；我国则是把煤厚小于 1.3 m 的煤层划分为薄煤层，0.8 m 以下的煤层称为极薄煤层。

1.1.2 薄煤层分布

纵观我国国有煤矿，在 86 个矿务局（煤业集团）的 586 个煤矿中，有 80 个矿务局（煤业集团）455 个煤矿存在薄或者超薄煤层；地方小型矿井，存在超薄煤层的比例更大，绝大多数矿井均伴有超薄煤层资源。我国超薄煤层资源主要集中在东南沿海地区的广西、广东、福建、江苏等地；中南部的四川省东部和重庆市等地。中原一带的山东等省，采用新的采煤工艺，尝试对 0.7 m 以下的超薄煤层进行试采，取得了一定的效果，但开采范围和产量规模不大。煤层厚度、煤层倾角与储量分布统计见表 1-2，煤层厚度、煤层硬度与煤层分布统计见表 1-3。

表 1-2 煤层厚度、煤层倾角与储量分布统计（占有率）

| 煤层厚度/m | 煤层倾角/（°） | | | | | |
|-----------|----------|---------|---------|---------|---------|-------|
| | < 18 | 18 ~ 25 | 25 ~ 35 | 35 ~ 45 | 45 ~ 55 | > 55 |
| < 0.8 | 8.02% | 1.55% | 2.17% | 1.04% | 0.46% | 0.52% |
| 0.8 ~ 1.3 | 61.13% | 12.27% | 6.34% | 3.86% | 1.47% | 1.17% |

表 1-1 世界主要产煤国家薄煤层埋藏情况一览表

| 地质参数 | 苏联 | 美国 | 西班牙 | 英国 | 捷克斯洛伐克 | 波兰 | 哥伦比亚 | 法国 | 比利时 | 德国 | 中国 | 保加利亚 | 罗马尼亚 |
|--------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---|--|--------|--|---|--|---|--|--------------------------|
| 薄煤层定义 | $<1.2\text{ m}$ | $<1.7\text{ m}$ | | $<0.91\text{ m}$ | $<1.0\text{ m}$ | | | $<1.0\text{ m}$ | $<0.6\text{ m}$ | $<0.7\text{ m}$ | $<1.3\text{ m}$ | $<1.3\text{ m}$ | |
| 煤层倾角 | 缓倾斜至急倾斜 | 近水平 | $0^\circ \sim 90^\circ$ | $0^\circ \sim 45^\circ$ | $0^\circ \sim 16^\circ$, 51%; $16^\circ \sim 36^\circ$, 34%; $>36^\circ$, 15% | $0^\circ \sim 10^\circ$, 39%; $10^\circ \sim 45^\circ$, 54%; $>45^\circ$, 7% | 水平至急倾斜 | $0^\circ \sim 20^\circ$, 47%; $20^\circ \sim 45^\circ$, 46%; $>45^\circ$, 7% | $0^\circ \sim 45^\circ$, 大部分 $0^\circ \sim 30^\circ$ | $0^\circ \sim 63\%$; $10^\circ \sim 20^\circ$, 9.5%; $>20^\circ$, 27.5% | 近水平, 69.7%; $10^\circ \sim 25^\circ$, 22.4%; $>25^\circ$, 7.9% | $10^\circ \sim 90^\circ$, 大部分 $<45^\circ$ | $50^\circ \sim 70^\circ$ |
| 煤层埋藏深度/ m | 300~1100 | 计算 储量 深度 304.8 | 500 | 1100 | 400~600, 某些1000 | 0~800 | | | 275~1160 | 最大 1200 | 大部分 <200 | 150~300 | |

表 1-1 (续)

| 地质参数 | 苏联 | 美国 | 西班牙 | 英国 | 捷克斯洛伐克 | 波兰 | 哥伦比亚 | 法国 | 比利时 | 德国 | 中国 | 保加利亚 | 罗马尼亚 |
|----------|--|-------------------------------|----------|------------|--------|------------------|---------|----|-------------------|---------------------------|----|------|------|
| 煤的强度 | 变化的 | 变化的 | | 硬 | 硬 | | | | 变化的 | 软,但萨 尔地区的 硬 | | | |
| 煤层 顶板 | 6.4%为 砂岩, 8.0%为 石灰岩, 其余为 页岩 | 一般均 坚固, 常有 板岩 | 坚硬 变化 | 页岩 | | 砂岩, 裂隙和 砾岩 | 变化 的 | | 全部是 砂岩、 页岩 | 页岩, 在薄煤层 为砂岩、 页岩 | | 硬砂岩 | |
| 煤层 底板 | 大部分为 泥页岩 | 中等 坚硬 | 坚固 变化 | 大部分 为黏土 | | 砂岩, 裂隙和 砾岩 | | | 页岩及 砂岩, 性质好 | 页岩、 砂岩 | | | |
| 水 | 大部分 干,但有 湿的 | 当开采 上部排 水底层 时相 当干 | 变化的 | 大部 分干 | | | | | 未遭 破坏 | 大部 分干 | | | 干 |

表 1-1 (续)

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|----|--------|-----------|--------|---------------------------|--------|--------|---------|--------|-----|-------|-------|-------|--------|
| 地质参数 | 断层 | 苏联 | 美国 | 西班牙 | 英国 | 捷克斯洛伐克 | 波兰 | 哥伦比亚 | 法国 | 比利时 | 德国 | 中国 | 保加利亚 | 罗马尼亚 |
| | | 一般未遭破坏 | 一般未遭破坏 | 遭到严重破坏 | 除 Wales 及 Scotland 基本没有破坏 | 破坏严重 | | 遭破坏 | | 变化的 | 基本未破坏 | 遭破坏 | 严重破坏 | 严重破坏 |
| 层理 | | 大部分明确 | 不明确 | | 大部分明确 | | 大部分明确 | 变化的 | 大部分明确 | | 大部分明确 | | | 不明确 |
| 自然发火危险 | | 程度不一 | 程度不一 | | 薄煤层中危险性小 | | | 危险性小 | | | 程度不一 | | 危险性小 | |
| 瓦斯 | | 渗透性不一 | 渗透性低 | 渗透性低 | 大部分含瓦斯 | 全含瓦斯 | 大部分含瓦斯 | 大部分不含瓦斯 | 大部分含瓦斯 | | 渗透性低 | 部分含瓦斯 | 部分含瓦斯 | 大部分含瓦斯 |
| 煤质 | | 炼焦煤 | 大部分为低硫炼焦煤 | | 大部分为低硫炼焦煤 | 高质量炼焦煤 | | | | 无烟煤 | 炼焦煤 | | 无烟煤 | 炼焦煤 |

表 1-3 煤层厚度、煤层硬度与煤层分布统计

| 煤层硬度 | 0.8 ~ 1.3 m 煤层 | | | | <0.8 m 煤层 | | | |
|---------|----------------|-------|-------------------|-------|-----------|-------|-------------------|------|
| | 层 数 | | 可采储量 | | 层 数 | | 可采储量 | |
| | 层 | % | 10 ⁴ t | % | 层 | % | 10 ⁴ t | % |
| 松软、软、较硬 | 111 | 20.90 | 128997 | 14.73 | 43 | 8.10 | 26312 | 3.0 |
| 中硬、较硬 | 232 | 43.69 | 256462 | 29.27 | 79 | 14.88 | 30628 | 3.50 |
| 硬、坚硬 | 55 | 10.36 | 431354 | 49.24 | 11 | 2.07 | 2268 | 0.26 |

我国薄煤层主要分布在河南、山西、河北、山东、四川、贵州、吉林、辽宁、安徽、内蒙古等省区，其中西南省区薄煤层储量所占比重较大。我国部分省区薄煤层储量统计见表 1-4。

表 1-4 我国部分省区薄煤层储量统计

| 地 区 | 储量/10 ⁸ t | 储量所占比重/% |
|------|----------------------|----------|
| 河北 | 3.27 | 16.8 |
| 山西 | 13.81 | 17.6 |
| 内蒙古 | 1.9 | 15.0 |
| 辽宁 | 1.98 | 12.9 |
| 吉林 | 0.65 | 18.3 |
| 江苏徐州 | 1.78 | 34.0 |
| 山东 | 5.84 | 43.9 |
| 江苏大屯 | 1.15 | 31.6 |
| 湖南 | 0.41 | 28.9 |
| 贵州 | 4.64 | 37.2 |
| 河南 | 5.24 | 12.3 |
| 四川 | 14.8 | 51.8 |

以下对我国各大矿区薄煤层开采情况进行介绍。

大同煤矿集团公司现主要开采侏罗系煤层，在剩余的 10 × 10⁸ t 可采储量中，薄煤层储量约占 20%，而薄煤层产量仅占总

产量的2%左右,造成部分储量蹬空或弃采。

铁法矿区煤炭储量为 22.59×10^8 t,占辽宁省煤炭总储量的1/3以上;1.5 m厚以下的薄及较厚煤层储量为 6.2×10^8 t,占矿区总储量的27%,其中小青矿井薄煤层比例已高达73.57%。从铁法矿区开采程序来看,现各矿主要开采条件较好的4、7煤层(属于中厚煤层),而4、7煤层的储量逐年减少,下部的8、9煤层以及下组煤(煤层厚度均在1.5 m以下)急需开采。

西山煤电股份公司马关矿是国有重点煤矿,储量丰富,主要可采和局部可采煤层较多,其中02煤层为薄煤层,煤质好,属于优质肥煤,现02煤层开采区域的煤层厚度一般为1.0~1.3 m。

枣庄矿业集团随着开采量的增加,厚煤层及小厚煤层储量日趋减少,厚0.8~1.6 m的煤层工业储量为 2.64593×10^8 t,可采储量为 1.9818×10^8 t,薄煤层产量已经占总产量的1/3左右。

新汶矿区截至2003年底工业储量为 6.5×10^8 t(老区),可采储量为 3.8×10^8 t,其中薄煤层工业储量为 2.7×10^8 t,可采储量为 1.6×10^8 t,分别占工业储量和可采储量的41.5%和42%,薄煤层共分6层,分别是6、7(局部可采)、9(局部可采)、13、15、16煤层。

淄矿集团岭子矿属于主采薄煤层的矿井,薄厚煤层储量比为1:0.8,有3层煤属于薄煤层。

平顶山矿区煤炭资源丰富,但煤层构造较为复杂,在平煤集团1.5 m左右的较薄煤层储量约占 8×10^8 t,分布在集团公司的4对矿井中。

阳泉集团是我国最大的无烟煤生产基地,位于沁水煤田东北部,矿区横跨山西省东部平定、昔阳、寿阳等6县,总面积1408 km²,现有6个矿、11对生产矿井,开采二叠系下统山西组和石炭系上统太原组煤层,共含煤16层,主采3、12、15煤层,其中现生产区的一矿、二矿、三矿、四矿井田范围内普遍赋存12煤层。该煤层分布广泛,煤层平均厚约1.3 m,是阳泉矿区唯一可采的薄煤层,为阳泉集团的主采煤层。