

山东科技大学学术著作出版基金资助

厚煤层开采煤炭资源回收率 合理性评价与应用

李堂军 孙承爱 刘金辉 著

Houmeiceng Kaicai Meitan Ziyuan Huishouli
Helixing Pingjia yu Yingyong

山东大学出版社

山东科技大学学术著作出版基金资助

厚煤层开采煤炭资源回收率 合理性评价与应用

李堂军 孙承爱 刘金辉 著

山东大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

厚煤层开采煤炭资源回收率合理性评价与应用/李堂军, 孙承爱, 刘金辉著. — 济南: 山东大学出版社, 2015. 12
ISBN 978-7-5607-5439-0

I. ①厚… II. ①李… ②孙… ③刘… III. ①厚煤层—
煤矿开采—资源回收—研究 IV. ①TD823. 25

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 306636 号

责任编辑:姜 山

封面设计:张 荔

出版发行: 山东大学出版社

社 址 山东省济南市山大南路 20 号

邮 编 250100

电 话 市场部(0531)88364466

经 销: 山东省新华书店

印 刷: 济南铁路印刷厂

规 格: 850 毫米×1168 毫米 1/32

6.375 印张 156 千字

版 次: 2015 年 12 月第 1 版

印 次: 2015 年 12 月第 1 次印刷

定 价: 21.00 元

版权所有,盗印必究

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社营销部负责调换

前 言

自世界环境发展大会之后,走可持续发展之路在世界范围内的 100 多个国家达成了共识,各国都制定了相应的可持续发展计划,我国政府也制定了《中国 21 世纪议程》,庄严承诺走可持续发展之路,是我国经济、社会发展的必然选择与唯一道路。可持续发展是指“既满足当代人的需要,又不损害后代人满足其需求的发展”。可持续发展战略是在这一概念的前提下,进行了其内涵的研究,指出了可持续发展的几个关键原则,即公平性原则、可持续性原则、共同性原则和需求性原则,形成了较为完整的理论体系。可持续发展战略的提出,在原则上与理论上是较为完备的,也是容易理解的,但在实践过程中却遇到许多急需解决的问题。如公平性原则强调当代人的公平与代际公平,对于自然资源来说,由于其分布的不均匀性,如何做到世界范围内的当代人的公平?更是极难实现代际公平。因此,在大的原则下,各国实现可持续发展的途径各不相同。

我国是以煤为主要能源的国家,煤炭占一次能源的比例一直在 60% 以上,这一结构在未来一段时间内很难改变。煤炭由于其生产、运输、加工、利用的特殊性,对环境的破坏与污染是巨大的,是我国实现可持续发展的关键环节之一。我国学者、专家对煤炭矿区实现可持续发展战略进行了较为系统的研究,提出了一些发展模式,对我国煤矿区实现可持续发展战略起了指导作用,丰富与

完善了可持续理论体系。研究认为,在煤矿区或煤炭企业实现可持续发展,必然在发展经济的前提下,逐渐改善环境,形成煤炭生产、经济发展与环境协调发展的模式。即发展是第一位,环境保护是第二位,逐渐过渡到发展与环境协调发展的新模式。在煤炭的生产过程中提出了清洁生产与开采技术,在煤炭的加工利用过程中提出了无浪费、无污染的清洁利用模式,极大地改善了环境,提高了能源利用效率,节约了宝贵的煤炭资源。但在如何满足当代人的公平性与代际间的公平性上未能有较深入的研究。

在我国现有煤炭储量和产量中,厚煤层(厚度 $>3.5\text{m}$)的产量和储量均占45%左右,而且厚煤层是我国实现高产高效开采的主力煤层,具有资源储量优势。由于其煤层厚度大,对其开采可以有多种方法进行选择。主要的采煤技术有:厚煤层分层开采技术、一次采全高开采技术和放顶煤开采技术。分层开采技术和放顶煤开采技术是较为成熟的技术,一次采全高开采技术由于大采高液压支架的发明与利用得到了较快的发展。这些开采技术对我国能源的需求与经济发展做出了巨大贡献,但由于其技术的限制,对煤炭资源回收率的影响是不同的。尤其是近几年来,放顶煤技术的推广与应用虽然解决了社会对煤炭资源的需求问题,但对煤炭资源的浪费也是惊人的。

煤炭资源是不可再生的、宝贵的一次能源,由于我国开采技术、管理水平、开采设备、煤炭赋存条件等影响,我国煤炭回收率普遍不高,与世界发达国家相比仍有较大的差距。目前对煤炭回收率的研究主要从技术与管理两个层面进行,从技术上提出了各种提高煤炭回收率的途径;从管理上提出了规范煤炭生产、加工与利用过程每一个环节的标准。但在回收率的标准上,未进行较深入的研究,目前普遍采用的标准是2006年1月1日开始执行的《煤炭工业矿井设计规范》中规定的矿井采区采出率:厚煤层不应小于75%,中厚煤层不应小于80%,薄煤层不应小于85%。水力采煤

的采区采出率,厚煤层、中厚煤层、薄煤层分别不应小于 70%, 75% 和 80%。这些规定只是与煤层的厚度有关,而煤炭回收率是由多方面因素共同决定的,如开采技术、地质条件、管理水平。同一企业开采不同地质条件下的煤层其回收率是不同的;同样的地质条件、同样的技术设备,不同的区队开采,其回收率也是不同的。因而煤炭回收率是受多方面因素影响的,随着不同条件的变化而变化,它应根据不同的条件具有不同的值,即合理值。对于煤炭资源回收率的合理性与合理值的研究,目前仍只是分散在不同的文献中,且只是从某一角度进行的,未形成较系统的理论体系。本书作者从煤炭资源回收率合理性的内涵进行研究,以目前开采较大的厚煤层为主要研究对象,分析了厚煤层开采的主要技术,存在的主要问题,特殊地质条件下特别是不规则厚煤层开采的煤炭回收率提高方法,影响煤炭回收率的主要因素,在此基础上建立了煤炭回收率合理性的指标体系、评价标准和评价方法,以期为提高我国煤炭回收率提供一个可参考的方法。本书主要包括以下内容:

结论主要介绍了项目研究的背景,阐述了厚煤层分层开采、放顶煤开采、厚煤层一次采全高、特殊条件下的厚煤层开采技术的基本情况与发展概况,对煤炭回收率、煤炭资源可持续发展与利用理论、资源评价理论与方法、煤炭回收率途径等问题研究的概况进行了分析,重点研究了煤炭回收率的内涵,界定了目前常用的计算公式及其存在的主要问题。针对煤炭生产的特点,介绍了研究此类问题所需求的基本理论,如可持续发展理论、系统评价理论与方法、模糊综合评价方法等,为后续问题的研究提供理论基础。

第一章主要介绍了我国煤炭资源赋存的基本特征以及煤炭资源现状,分析了目前煤炭开采过程中的主要问题。较详细地分析了我国厚煤层开采的主要方法及其存在的主要问题。主要从技术的角度对煤炭回收率的影响因素进行了分析,并提出了相应的解决途径与方法。针对目前广泛采用的综采技术,分析了回采工作

面回采过程主要的煤炭损失计算方法及其煤炭损失的主要环节,根据所存在的主要问题提出了具体的解决途径。

第二章针对目前我国厚煤层开采过程中煤炭损失重点是由开采不规则厚煤层造成的(目前研究的也较少),首先分析了综采放顶煤工作面开采技术应用的现状,指出放顶煤开采普遍存在回收率比其他采煤方法回收率低的情况,造成这一现象的原因有许多,分析了顶煤的冒放性对煤炭回收率的影响;其次,详细分析了放顶煤开采技术存在的主要问题,针对不规则煤层,对其回采工艺进行了研究,提出了一种开采不规则煤炭的新工艺,并在枣庄矿业集团付村煤业有限公司进行了应用,取得了较好的经济效益。

第三章针对两巷丢煤是厚煤层开采过程中煤炭损失的重要部分,分析如何在保证安全的条件下实现两巷煤的回收。本章首先对巷道支护理论进行了分析,针对付村煤业有限公司的生产实际情况,以3E 401 材巷为研究对象,对其沿断层托顶煤进行了支护强度的数值分析,根据分析结果与设计规范对该巷道进行了支护设计,取得了较好的支护效果,保证了该巷道的煤炭正常回收,提高了煤炭回收率。

第四章针对工作面两端头丢煤这一煤炭损失的重要环节,研究了工作面两端头放煤的新工艺,该工艺包括端头支架放煤方法、端头放煤工艺两部分,并进行应用研究,提高了煤炭回收率,取得了较好的经济效益。

第五章在以前研究的基础上,从地质因素、开采方法、生产机械化水平、组织管理方法等方面对影响煤炭资源回收率的因素进行了较详细的分析。地质因素方面,对煤层厚度、地质构造进行了分析;开采方法方面,对露天开采与井工开采、壁式采煤方法与柱式采煤方法进行了分析;生产机械化水平方面,对炮采工作面、一般机械化工作面、综合机械化工作面、放顶煤综合机械化工作面进行了分析;组织管理方法方面,重点分析了矿井设计管理方法、采

区生产管理方法、生产考核方法等内容,为以后内容的研究奠定了基础。

第六章首先对煤炭资源回收率合理性的内涵进行了界定,在设定煤炭资源合理性评价指标筛选的原则的基础上,从地质条件、生产技术水平与管理水平 3 个维度建立评价煤炭资源回收率合理性的指标体系,该体系包括 14 个评价指标。进而在统计调查的基础上,根据我国目前煤炭生产的实际情况,对各评价指标的标准进行了设定,以层次分析与模糊数学为基础,建立了模糊综合评价模型,利用该模型对付村煤业有限公司煤炭回收率的合理性进行了评价分析,找出其存在的主要问题,并提出了相应的解决途径。

第七章根据煤炭回收率合理性是一个复杂的系统工程,涉及技术、管理、生产工艺、地质条件等多个方面,且具有随机性与不确定性,因此为保障煤炭回收率的合理性,我们提出了以计算机网络为基础的提高煤炭资源回收率的可视化保障体系,该体系包括管理、技术及协调 3 个维度,涉及标准、制度、组织、监控、网络、可视化系统、开采技术、特殊开采、安全技术等方面,并进行了较详细的设计与规范。

本书在写作过程中参考了大量文献,有的在书后参考文献中列出,有的未在参考文献中列出,在此一并感谢,你们的成果将使我们的研究更加有效。尽管如此,由于我们的学识、能力与水平有限,在某些问题上仅仅作了一些有益的探讨,因此书中难免存在错误,敬请同仁们及专家不吝指教。

著者

2015 年 8 月于青岛

目 录

绪 论	(1)
0.1 研究背景	(1)
0.2 国内外研究动态	(4)
0.3 煤炭回收率的内涵	(11)
0.4 煤炭生产的特点	(14)
0.5 研究的相关理论基础	(20)
第一章 厚煤层煤炭资源回收率提高途径分析	(30)
1.1 我国煤炭资源基本特征	(30)
1.2 我国煤炭资源开采现状	(34)
1.3 我国厚煤层开采的主要方法	(38)
1.4 煤炭回收率影响因素分析	(45)
1.5 综采工作面回收率提高途径	(55)
第二章 不规则综采放顶煤工作面开采技术	(64)
2.1 综采放顶煤工作面开采技术应用现状	(64)
2.2 顶煤冒放性的评估	(66)
2.3 综采放顶煤工作面开采技术存在的主要问题分析	(80)
2.4 不规则综采放顶煤工作面的开采技术研究	(81)

厚煤层开采煤炭资源回收率合理性评价与应用

2.5 不规则综采放顶煤工作面开采技术应用	(88)
第三章 放顶煤开采沿断层托顶煤巷道支护技术	(96)
3.1 矿井巷道支护理论研究现状	(96)
3.2 巷道锚杆支护技术研究现状	(100)
3.3 3 _上 401 材巷地质概况	(107)
3.4 3 _上 401 材巷沿断层托顶煤支护强度数值分析	(110)
3.5 3 _上 401 材巷沿断层托顶煤支护技术应用	(120)
第四章 综放工作面两端头放煤及放煤新工艺	(123)
4.1 综放工作面两端头放煤技术的现状	(123)
4.2 综放工作面两端头放煤技术	(123)
第五章 影响煤炭资源回收率的因素分析	(127)
5.1 地质因素分析	(127)
5.2 开采方法	(129)
5.3 生产机械化水平	(132)
5.4 组织管理方法	(135)
第六章 煤炭资源回收率合理性评价	(139)
6.1 煤炭资源回收率合理性	(139)
6.2 煤炭资源回收率合理性评价指标体系	(140)
6.3 煤炭资源回收率合理性评价标准	(142)
6.4 煤炭资源回收率综合评价模型	(151)
6.5 付村煤业公司煤炭资源回收率合理性评价	(155)
6.6 付村煤业公司提高煤炭资源回收率策略	(158)

第七章 厚煤层提高工作面回采率的保障体系	(170)
7.1 厚煤层提高工作面回采率的保障体系结构	(170)
7.2 可视化技术的起源与发展	(171)
7.3 提高煤炭资源回收率的管理体系	(172)
7.4 提高资源采出率的技术体系	(176)
7.5 基于网络技术的可视化协调体系	(184)
参考文献	(188)

绪 论

0.1 研究背景

煤炭资源是经济建设、社会发展、文明进步的重要物质基础。节约矿产资源是建设节约型社会的重要任务之一,而在矿业开发中搞好资源节约,是节约资源最重要的环节。《煤炭工业发展“十一五”规划》中提出了煤炭工业发展的主要任务就是构建资源节约型和环境友好型矿区,即“优化煤炭布局,调控煤炭总量,建设大型煤炭基地,培育大型煤炭企业集团,整合改造中小型煤矿,淘汰资源回收率低、安全隐患大的小煤矿,加快煤炭科技创新,提高煤矿安全生产水平,建设资源节约型和环境友好型矿区”。

建设资源节约型与环境友好型矿区是建立资源节约型国民经济体系和资源节约型社会很重要的组成部分。党的十七大报告在阐述加强能源资源节约和生态环境保护问题时强调指出要建设科学合理的能源资源利用体系,其核心要求是:“按照减量化、再利用、资源综合利用为重点,通过加快产业结构调整,推进技术进步,加强法制建设,完善政策措施,强化节约意识,建立长效机制,形成节约型的经济增长方式和消费方式,促进经济社会的可持续发展”。

建设资源节约型矿区对于煤炭矿区来说就是要节约煤炭资源。煤炭是我国重要的基础性能源和原料,在国民经济建设中具有重要的基础性地位,而且在可预见的未来几十年内,煤炭将是我

国的主要能源和重要的战略物资,具有不可替代性,煤炭工业在国民经济中的基础地位,将是长期的和稳固的。在最近完成的《中国可持续能源发展战略》研究报告中,20多位中科院和工程院院士一致认为,到2020年,煤炭在一次性能源生产和消费中将占60%左右的比例;到2050年,煤炭年占比例不会低于50%。改革开放以来,煤炭工业取得了长足发展,煤炭产量持续增长,生产技术水平逐步提高,煤矿安全生产条件逐年改善,对国民经济和社会发展发挥了重要的作用。但煤炭工业发展过程中还存在严重的资源浪费问题,对煤炭资源的大量浪费严重阻碍了资源节约型矿区的建设,必须要系统地加以解决。节约煤炭资源是缓解资源紧缺、解决煤炭资源需求与经济快速增长之间矛盾的重要途径。

2005年4月1日,国务院批准了在全国范围内进行煤炭回采率专项检查的报告。随即,国土资源部、国家发展和改革委员会联合下发了《关于开展全国煤炭资源回采率专项检查工作的通知》,组成了由国土资源部副部长汪民、国家发展和改革委员会副主任张国宝为组长的全国煤炭资源回采率专项检查工作领导小组,并在国土资源部设立了专项检查领导小组办公室。调查结果表明:2004年全国各类煤矿的平均采区回采率只有64%,大型煤矿平均采区回采率为69%,其中厚煤层平均回采率为65%,中厚煤层为75%,薄煤层为77%。2002~2004年的中型煤矿平均采区回采率为65%,其中厚煤层平均回采率为63%,中厚煤层为70%,薄煤层为78%。小型煤矿平均采区回采率为58%,其中厚煤层平均回采率为53%,中厚煤层为61%,薄煤层为71%。小煤矿平均采区回采率为55%,其中厚煤层平均回采率为47%,中厚煤层为56%,薄煤层为63%。2002~2004年的平均采区回采率为51%。

我国从1988年开始进行综采放顶煤试验取得成功后,在我国的主要采煤区推广综采放顶煤技术,目前该技术已得到了广泛应用,取得了较大成绩,为我国经济发展做出了巨大贡献,但回收率

较低一直是该项技术进一步发展的瓶颈。综采放顶煤煤炭损失主要包括开采设计损失、放煤工艺造成的损失和工作面设备本身引起的损失。开采设计损失主要包括采区各种煤柱损失、开采参数对煤炭的损失、初采损失、末采损失、端头损失、放采比不当造成的煤损。放煤工艺引起的煤炭损失主要包括放煤步距煤损、放煤方式煤损。工作面设备引起的煤炭损失主要体现在放煤液压支架对顶煤回收率的较大影响、后刮板输送机的运输能力和结构顶煤回收的影响、综放工作面的装机容量太小或比例不合理对煤碳回收率的影响。其中开采设计损失所占比例较大,占总损失的 60% 以上,特别是在特殊地质条件下,如断层、褶曲等,在设计时往往采用较安全的设计数据,并未针对具体情况进行详细的分析与研究,进而制定较科学的设计方案。

煤炭是一种不可再生资源,是国家的宝贵财富。在我国煤炭消费结构中,煤炭所占比例始终保持在 60% 以上。因而合理开采和利用煤炭资源是我国煤炭工业的一项重要技术政策。煤炭资源回收率计算主要有矿井回收率和采区回收率,矿井回收率由于计算涉及未开采区域,目前主要采用采区回采率,而这一指标无法准确地衡量对煤炭资源的回收情况,而对煤炭资源回收率的计算未有统一的计算公式,从而导致无法正确地评价企业对煤炭资源的回收情况。煤炭资源的回收率是受地质条件、开采技术水平以及煤炭企业的管理水平等多方面影响的,即同一企业由于煤炭所处的地质条件不同,其回收率是不同的。因此,正确地评价一个企业的煤炭资源回收率的合理性水平,必须考虑多种因素,得到一个综合评价的结果。只有建立一个合理性的评价模型及方法,才能在不同企业中进行煤炭资源回收情况的比较,才能发现问题,从而提高企业的资源回收率。

0.2 国内外研究动态

我国缓倾斜厚煤层分布广泛,储量丰富。目前开采这些煤层的方法主要有分层开采、一次采全高开采和放顶煤开采三种方法。目前这三种开采方法在大型矿山一般都采用综合机械化采煤工艺。

1.2.1 厚煤层分层开采技术

在我国厚煤层开采初期,多采用分层开采,而分层开采的综合机械化采煤工艺虽较高档普采有较大优点,煤炭采出率较高,但经多年实践也暴露出一些缺点。如工作面安撤次数多,煤巷掘进率高,准备工作量大,生产接续紧张;采空区封闭频繁,通风管理困难,自然发火隐患大;铺联网工作强度大、占用时间长;吨煤成本高,网下采煤顶板难以控制,易出现运输事故;采区巷道重复受压,增大了维护工作量;底分层煤厚变化大,割底多影响煤质、损坏设备等生产技术问题。由于以上技术问题,采煤工作面的单产水平一直不高,平均月单产只有 6.2 万 t 左右。

0.2.2 厚煤层综采放顶煤技术

综合机械化放顶煤开采技术最早出现在国外。1957 年,苏联研制出了 KTV 型掩护式放顶煤液压支架,并在库兹巴斯煤田的托姆乌辛斯克使用;1963 年,法国研制成功了“香蕉”支撑掩护式放顶煤液压支架,1964 年在布朗齐矿区使用并获得成功;20 世纪 80 年代初,匈牙利研制成功单输送机前开天窗式放顶煤液压支架。此后,波兰、南斯拉夫、印度等国都使用过综采放顶煤技术,20 世纪 80 年代初,国外综采放顶煤已初具规模,放顶煤支架已有 10

多种,平均月产水平为2万~4万t,工效达15~30t/工。但是由于其工作面采出率仅70%~80%,因此国外综采放顶煤技术主要用于褐煤和劣质煤层中。由于其效果不够理想,加上国际能源结构变化等原因,20世纪80年代后国外综采放顶煤技术开始萎缩,20世纪90年代只有极少数矿井使用。

我国综采放顶煤技术的发展始于20世纪80年代。1984年6月,由原煤炭部立项,在沈阳矿务局蒲河矿用我国自行研制的FY400P14P28综采放顶煤支架开始试验。自20世纪80年代初,我国的矿区纷纷从国外引进和自行研制放顶煤支架,充分利用放顶煤高产高效、低成本的优势,大力开展试验研究。由于采出率低的缘故,1988年以前其主要在褐煤和软煤中试验,20世纪90年代初,阳泉、潞安等矿区开始在中硬煤中试采,获得成功,但采出率问题始终困扰着放顶煤技术的发展;20世纪90年代中期,晋城、大同等矿区在硬煤中试验放顶煤,在采取各种专门措施的引导下,通过“九五”攻关,坚硬煤层的放顶煤也获得成功,且产量和效率均赶超世界先进水平;1992年,潞安漳村矿综采放顶煤工作面年产突破200万t;1993年,潞安王庄矿年产突破250万t;1994年,我国已有28个局矿62个综采放顶煤工作面,年产原煤4000万t左右;1995年,兖州兴隆庄矿又将单产水平提高到315万t;1997年,兖州东滩矿单产水平突破410万t;1998年,该矿又创世界纪录,将单产水平提高到501万t;1999年,兖州东滩矿再创单产600多万t的世界新纪录。从1992年以来,每年产量最高的采煤队均是放顶煤综采队,因此综采放顶煤在我国得到了长足发展,而且成为具有中国特色的一种厚煤层新型采煤方法。产量上去了,成本降下来了,但采出率还一直是困扰放顶煤发展的一个障碍,于是在提高产量的同时,围绕提高采出率的理论与技术研究也在不断发展和完善。工作面采出率由20世纪80年代后期的75%左右到90年代中期的80%左右,90年代末对我国42个局矿进行统计,总平

均工作面采出率为 84.14%。其中软煤工作面采出率平均为 86.41%，中硬煤工作面采出率平均为 83.46%，硬煤工作面采出率平均为 79.61%，较薄厚煤层轻放支架的工作面采出率达 87.06%。

0.2.3 厚煤层一次采全高开采技术

厚煤层一次采全高开采技术(简称“大采高技术”)在我国部分煤矿也进行了相应的试验研究。如邢台矿务局东庞煤矿采用国产高架及有关配套设备对 4.5~5m 厚煤层一次采全高,取得了较好的技术、经济效果,但此法对地质条件和开采技术要求较严,如煤层厚度在 5m 以下,巷道超前支架的稳定性高,大采高支架的设计及适应性良好等因此使用范围受到了一定限制。

0.2.4 特殊条件下的开采技术

在复杂地质条件下进行放顶开采技术的研究主要集中在顶板稳定性对开采工艺的影响、大采高巷道支护技术、大采高液压支架的研制与应用、回采工艺的设计与应用。在顶板稳定性研究中,主要根据顶板的岩石力学性质研究在不同采场下其承载与破坏规律,进而提出有效的支护技术,并为此提出了相关的支护设计理论及技术。在提高采区回采率方面,较有效的方法有沿空留巷技术、沿空送巷技术、小煤柱开采技术等,可有效地提高采区回采率。在复杂地质条件下,如水下、建筑物下开采也取得了较大进展,主要表现在提高开采上限、合理煤柱的设计、矿山压力的特殊变化规律等,为提高采区回采率提供了可借鉴的途径。

0.2.5 煤炭回收率的研究

在煤炭回收率的研究过程中,根据煤炭生产的特点,一般将煤炭回收率的内涵界定为两部分,一是采区回采率,主要定义为“采