

山西煤层气资源 评价及开发利用



张 亮 / 主编

山西出版集团
山西经济出版社

山西煤层气资源 评价及开发利用

张 亮 / 主编

山西煤层气行业协会
山西汾渭能源开发咨询有限公司 合著

山西出版集团
山西经济出版社

图书在版编目(CIP)数据

山西煤层气资源评价及开发利用 / 张亮主编; 山西煤层气行业协会, 山西汾渭能源开发
咨询有限公司合著. 太原: 山西经济出版社, 2007.7

ISBN 978-7-80636-934-0

I. 山… II. ①张…②山…③山… III. ①煤层-地下气化煤气-天然气资源-评价-山西省
②煤层-地下气化煤气-资源开发-山西省 IV. P618.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 107851 号

山西煤层气资源评价及开发利用

主 编: 张 亮

责任编辑: 刘晓宇

装帧设计: 折薪企划

出 版 者: 山西出版集团·山西经济出版社

地 址: 太原市建设南路 21 号

邮 编: 030012

电 话: 0351-4922220(发行中心)

0351-4922085(综合办)

E-mail: fxzy@sxskeb.com

web@sxskeb.com

jingjshb@sxskeb.com

网 址: www.sxskeb.com

经 销 者: 新华书店

承 印 者: 山西出版集团·山西新华印业有限公司新华印刷分公司

开 本: 890mm×1240mm 1/16

印 张: 24.25

字 数: 630 千字

印 数: 1—1600 册

版 次: 2007 年 8 月第 1 版

印 次: 2007 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN978-7-80636-934-0

定 价: 480.00 元

序

山西省煤炭资源储量非常丰富,累计探明储量约 2500 亿吨,是中国煤炭储量最大的省份之一。煤层气是与煤层共生共存、以甲烷为主要成分的非常规天然气,是一种新型清洁能源。作为优质能源和化工原料,开发和利用煤层气这一新兴能源将对缓解能源供需矛盾、减少煤矿瓦斯灾害、减排温室气体、改善大气环境、培育新的经济增长点和促进山西经济社会协调和可持续发展具有十分重要的意义。

勘察表明,山西煤层气资源总量占全国的 1/3,具有分布集中、甲烷浓度高、发热量高、埋藏较浅和可采性好的特征。目前,沁水、河东等煤田已登记煤层气区块面积达两万多平方公里,具备大规模开发的资源优势,是我国具有相当开发前景的煤层气开发利用基地。

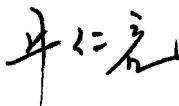
山西省委、省政府十分重视煤层气的开发和利用。“十一五”期间,山西将以科学发展观为指导,以构建和谐社会为目标,紧紧抓住国家实施中部崛起的战略机遇,充分发挥资源优势,依靠科技进步和体制创新,全力推进煤层气产业发展,使之成为山西的新兴支柱产业。到 2010 年,将初步形成勘探、开发、利用相配套,民用燃气、工业燃气、煤层气发电、煤层气化工相结合,产业布局合理、经济效益、社会效益、环境效益突出的产业格局。

在山西省煤层气行业协会成立之时,张亮同志主编了《山西煤层气资源评价及开发利用》一书,该书以翔实的数据和科学的研究方法,对山西煤层气开发利用的现状和前景进行了研究,是一本有志投身于山西煤层气

序

开发利用的企业家和工程技术人员的参考书和工具书。

真诚欢迎国内外的企业来我省投资，共同开发利用煤层气这一宝贵资源，实现互利共赢，同创美好的未来。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '牛仁' (N. Ren), written in a cursive style.

2007年9月3日

目 录

第一部分 山西煤层气地质研究及资源评价

第一章 煤层气概论	3
1 煤层气概念	3
1.1 煤层气定义	3
1.2 煤层气分类	3
1.3 煤层气藏的定义与成因	3
1.4 煤层气的赋存状态	4
1.5 煤层气的特性	4
1.6 煤层气是常规天然气的补充和接替能源	4
1.7 煤层气的主要用途	6
2 全球煤层气资源简介	6
3 中国煤层气资源	7
3.1 中国煤层气资源总量	7
3.2 中国煤层气资源分布特征	10
3.3 中国煤层气资源赋存条件	11
第二章 山西区域构造与煤层气聚气单元	12
1 山西区域地质构造特征	12
1.1 山西地域所处大地构造位置	12
1.2 山西板内构造单元区划	14
2 山西煤层气聚气单元	18
2.1 山西煤层气聚气单元区划	18
2.2 山西煤层气含气区划分	20
3 山西聚气盆地构造特征	22
3.1 河东聚气盆地	22
3.2 大同聚气盆地	25

目 录

3.3 宁武聚气盆地	25
3.4 沁水聚气盆地	26
第三章 山西石炭二叠系含煤(气)地层沉积特征	34
1 石炭二叠系含煤(气)地层特征	34
1.1 岩石地层特征	34
1.2 含煤(气)岩系沉积特征	41
2 石炭二叠系煤层与煤质	46
2.1 石炭二叠系煤层厚度及其变化	46
2.2 石炭二叠系煤质特征	50
2.3 煤的形成环境与聚煤规律	67
第四章 山西煤层气的生成与演化	71
1 煤层气生成的物质基础	71
1.1 有机质丰度	71
1.2 煤层有机质组成	74
1.3 煤的有机成熟度	76
2 煤的生烃演化历程	78
2.1 烃类生成的理论基础	78
2.2 山西煤的生烃演化特征	82
第五章 山西煤储层及围岩物性特征与煤层气可采性关系	85
1 煤层含气性特征	85
1.1 煤层含气量特征	85
1.2 煤层含气量的影响因素	88
2 山西煤储层的裂隙孔隙特征与煤层气可采性	95
2.1 煤储层的裂隙系统	95
2.2 煤储层的孔隙系统与煤层气可采性	97
3 山西煤储层的渗透性特征与煤层气可采性	99
3.1 山西煤储层的渗透性特征	99
3.2 山西煤储层渗透性与煤层气可采性关系	101
4 山西煤储层的吸附-解吸特征	101
4.1 煤储层的吸附特征与煤层气可采性	101
4.2 煤储层的解吸特征	105
5 山西煤储层的压力特征	106
5.1 煤储层压力	106
5.2 山西煤储层压力特征	106
5.3 煤层瓦斯压力	107
第六章 山西煤层气控气地质因素	109
1 构造控气特征	109
1.1 构造作用对煤储层物性的控制	110

1.2 构造类型的控气特征	116
2 沉积作用的控气特征	122
2.1 煤储层聚集的古环境控制	122
2.2 煤储层围岩的古环境控制	125
2.3 成岩-后生作用对煤储层围岩的影响	126
2.4 成岩-后生作用受气候环境和时间因素的影响	127
3 水文地质控气特征	129
3.1 山西地下水类型	129
3.2 煤层气与围岩地下水的关系	129
3.3 水文地质条件与煤层气开发	134
3.4 聚气盆地水文地质控气特征	135
4 山西煤层气成藏条件与成藏类型	146
4.1 成藏条件分析	146
4.2 成藏类型	148
第七章 山西煤层气资源量与资源评价	151
1 山西煤层气资源量	151
1.1 计算方法	151
1.2 资源量计算的主要参数	152
1.3 山西煤层气资源	153
1.4 山西可采的煤层气资源量	159
2 山西煤层气资源评价	161
2.1 评价单元的划分	161
2.2 评价的依据与参数	163
2.3 评价的准则	163
2.4 评价指标分级及权重	163
2.5 评价步骤	164
2.6 评价结果	164
2.7 山西煤层气评价单元开发前景评述	170
3 山西煤层气资源总结	171
3.1 山西煤层气资源总结	171
3.2 山西煤层气资源的分布特征	172
3.3 山西煤层气开发前景最有利和有利单元的分布特征	172

第二部分 山西煤层气开发利用

第一章 国外煤层气开发利用概况	177
1 国外煤层气开发现状	177

1.1 北美地区煤层气的发展	177
1.2 澳大利亚煤层气的发展	178
1.3 欧洲国家煤层气的发展	179
1.4 独联体煤层气的发展	179
1.5 印度煤层气的发展	180
2 国外煤层气产业发展启示	180
2.1 美国是世界上煤层气商业化开发最成功的国家	180
2.2 其他国家的有益经验	181
第二章 中国煤层气开发利用简介	183
1 中国煤层气开发利用动因	183
1.1 开发利用煤层气可以改善煤矿安全生产条件,提高经济效益	183
1.2 开发利用煤层气可以在一定程度上改善我国的能源结构,增加洁净的气体能源	184
1.3 开发利用煤层气可以有效减排温室气体,改善大气环境	184
1.4 开发利用煤层气也将拉动相关产业的发展	185
1.5 煤层气(煤矿瓦斯)开发利用获得相关政策的支持	185
2 中国煤层气开发利用现状	186
2.1 中国煤矿瓦斯井下抽采现状	187
2.2 中国煤层气地面开采现状	189
2.3 中国煤层气利用现状	190
2.4 中国部分省市煤层气开发利用情况	191
3 中国煤层气开发政策	195
3.1 中国煤层气资源及开发管理现状	195
3.2 中国煤层气开发利用的基本原则	196
3.3 对外合作开发	196
3.4 煤层气产品分成合同	199
3.5 中国煤层气产业发展规划	200
3.6 煤层气产业最新政策	202
第三章 山西煤层气开发现状	207
1 山西煤层气资源开发优势	207
1.1 山西煤层气资源优势	207
1.2 沁水盆地和河东盆地煤层气资源优势	208
1.3 中国天然气管网条件有利于山西大规模开发煤层气	209
1.4 山西煤层气发展规划	210
2 山西井下煤层气(瓦斯)抽采情况	211
2.1 山西煤矿矿井瓦斯特征及高瓦斯矿井的分布	211
2.2 近年来山西煤矿瓦斯事故情况	214
2.3 山西煤矿瓦斯抽采情况	215
2.4 井下瓦斯抽放主要方法	222

2.5 山西瓦斯抽采技术和发展预测	223
3 山西煤层气地面开发状况	223
3.1 山西省煤层气地面勘探前期情况及开发现状	223
3.2 山西煤层气已登记区块情况	226
3.3 煤层气地面勘探开发技术	228
3.4 现有煤层气生产区块状况	232
3.5 煤层气地面抽采技术发展动态	233
3.6 煤层气地面开发与矿井生产布局	234
第四章 山西煤层气开发发展趋势	235
1 井下煤层气开发预测	235
2 地面煤层气开发预测	236
3 山西煤层气开发预测	238
4 对山西煤层气开发的几点建议	239
第五章 山西省煤层气利用与选择	241
1 山西省煤层气利用情况	241
1.1 井下瓦斯(CMM)利用	241
1.2 地面抽放煤层气(CBM)利用	260
2 煤层气利用途径选择	264
2.1 煤层气利用途径的选择	264
2.2 煤层气各种利用途径价格、成本和利润比较	266
2.3 各种利用途径评价	268
2.4 各利用市场发展预测	268
3 在建和规划中的煤层气利用项目	270
3.1 井下瓦斯利用规划项目	270
3.2 地面抽放煤层气利用规划项目	274
3.3 煤层气利用预测	276
第六章 煤层气运输及管网建设	288
1 煤层气运输模式选择	288
1.1 管道运输	288
1.2 槽车运输	290
1.3 输送模式战略选择	291
2 山西省管网建设情况	292
3 煤层气管网输送存在的问题	294
4 山西省输气管网规划	294
4.1 规划原则	294
4.2 规划实施方案	294
5 山西省煤层气管网评价	296
第七章 山西省及周边地区煤层气市场	297

目 录

1 山西省及周边地区能源消费结构	297
1.1 山西省能源结构及组成	297
1.2 山西省周边地区能源消费结构	300
2 山西省及周边地区环境现状及对清洁能源的需求分析	305
2.1 山西省环境现状	305
2.2 山西省周边地区环境状况	307
2.3 山西省及周边地区未来能源消费趋势	310
3 煤层气与其他能源竞争力分析	311
3.1 煤层气与其他能源成本竞争力分析	311
3.2 煤层气与其他能源市场竞争力分析	313
4 山西省及周边地区煤层气市场	318
4.1 国际市场煤层气供需情况	318
4.2 中国天然气市场供需情况	318
4.3 山西省及周边地区煤层气需求	320
4.4 山西省及周边地区煤层气供求形势分析	332
4.5 山西煤层气近期目标市场分析	335
5 中国天然气和煤层气价格及预测	340
5.1 中国天然气和煤层气定价机制简介	340
5.2 中国目前天然气和煤层气定价特征	341
5.3 中国目前的煤层气价格及2020年价格预测	341
6 煤层气市场评价	345
第八章 清洁发展机制推动山西煤层气产业发展	346
1 清洁发展机制(CDM)	346
1.1 清洁发展机制(CDM)简介	346
1.2 CDM项目涉及的领域	348
1.3 煤层气CDM项目	348
2 山西煤层气CDM项目	349
2.1 山西已有和正在申请的煤层气CDM项目	349
2.2 山西煤层气CDM市场潜力	350
2.3 CDM对山西煤层气产业发展的意义	352
3 CDM项目执行办法	352
3.1 国际CDM执行办法	352
3.2 中国CDM管理机构和执行办法	353
3.3 山西企业如何参加CDM合作	354
第九章 山西煤层气开发利用评价	355
1 煤层气开发利用对山西社会经济发展的重要性	355
1.1 山西省有丰富的煤层气资源	355
1.2 煤层气开发有利于改善煤矿安全条件,减少和杜绝瓦斯事故	355

1.3 山西省环境污染严重,煤层气开发利用刻不容缓	355
1.4 开发利用煤层气,形成煤层气产业,将拉动山西省国民经济的发展	356
2 山西地方煤层气产业政策	356
2.1 山西省煤层气产业相关机构	356
2.2 山西省煤层气(天然气)产业“十一五”规划	358
2.3 山西省鼓励外商投资政策	359
3 煤层气产业风险及对策	361
3.1 煤层气行业风险分析	361
3.2 山西煤层气市场风险	363
3.3 规避风险的措施	363
4 煤层气开发利用中的环境影响及环境保护措施	364
4.1 煤层气开发对煤矿安全生产的影响	364
4.2 煤层气开发对山西环境的影响	365
5 山西煤层气产业存在的主要问题	366
6 山西煤层气产业发展途径探索	368
6.1 山西省煤层气实行有序开发	368
6.2 整合山西煤层气资源优势,创新开发体制	368
6.3 加快煤层气管网建设的步伐,推动煤层气的开发	369
6.4 重点扶持煤层气利用项目	369
6.5 积极培育煤层气CDM项目	369
6.6 充分发挥行业主管部门和协会的指导及协调作用	369
6.7 加强煤层气地面开发区生态环境综合治理,走可持续发展道路	370
参考文献	371
后 记	375

第一部分

山西煤层气地质研究及资源评价

第一章 煤层气概论

1 煤层气概念

1.1 煤层气定义

煤层气是赋存在煤层中以甲烷(CH_4)为主要成分、以吸附在煤基质颗粒表面为主、部分游离于煤孔隙中或溶解于煤层水中的烃类气体,是煤层本身自生自储式非常规天然气。

1.2 煤层气分类

煤层气按照其来源一般分为原始煤层煤层气、煤矿区煤层气、采动区煤层气和矿井通风瓦斯 4 种(本书未特别指定时提及的煤层气,系指原始状态的煤层气概念)。

表 1—1 煤层气分类

名称	来源	特征
原始煤层煤层气	原始煤层,地面开发	甲烷浓度>95%,生产期长
煤矿区煤层气	生产矿井,采空区	甲烷浓度>90%,生产期短
采动区煤层气	生产矿井	甲烷浓度 20%~80%
矿井通风瓦斯	生产矿井	甲烷浓度 1%左右,藏量巨大

1.3 煤层气藏的定义与成因

煤层气藏是在压力封闭作用下,吸附煤层气达到相当数量的煤岩体或煤层,是煤层气聚集和煤层气勘探开发的基本地质单元。煤层气藏的成藏要素主要包括煤层条件、压力封闭和保存条件。煤层条件是煤层气藏形成的物质基础,压力封闭是煤层气藏的必要条件,保存条件是煤层气藏从形成到现今能够存在的前提。

煤层气与煤是同体共生、共存的伴生矿藏,仅是赋存状态不同。含煤盆地不一定是煤层气盆地,现今保存的含煤盆地不一定都赋存有可供开采的煤层气,只有能够形成煤层气藏的含煤盆地才能称其为煤层气盆地,才含有煤层气。煤层需要具有较高的含气量、较好的渗滤性能和完善的封盖条件,才能形成煤层气藏。

煤层含气量及煤层气可采性是决定煤层气能否成藏的重要条件。控制煤层气含量的主要地质因

素有:煤变质程度、埋藏深度、煤层顶、底板岩性,以及断裂构造情况等,其中煤变质程度起着根本性作用。煤在形成过程中由于温度及压力增加,在产生变质作用的同时也释放出可燃性气体。煤岩变质分为3种类型:一是深层变质;二是岩浆热变质;三是构造应力变质。只有变质适度的煤岩层才能形成煤层气藏。从泥炭到褐煤,每吨煤产生 68m^3 煤层气;从泥炭到肥煤,每吨煤产生 130m^3 煤层气;从泥炭到无烟煤,每吨煤产生 400m^3 煤层气。控制煤层气可采性的主要地质因素有:煤层渗透率、相对渗透率、煤等温吸附特征、地层压力及煤的含气饱和程度,其中煤层渗透率是最主要的影响因素。

90%的煤层气资源储藏在早中侏罗纪、石炭纪和二叠纪的煤层中。其中,中侏罗纪煤层厚度大,并分布稳定,煤质、煤阶和渗透率最适合于煤层气的生成、储存和开发,地质条件较为有利。

1.4 煤层气的赋存状态

煤层气赋存状态有3种:吸着态、游离态和溶解态。吸着态又包括吸附态、吸收态和凝聚态3种方式,其中以吸附态为主(约占90%)。

1.5 煤层气的特性

①煤层气俗称瓦斯气,是不可再生的资源,是一种新型的清洁能源和优质化工原料,但在煤矿开采中也是一种会造成严重后果的有害气体。自人类开发利用煤炭资源以来,煤矿瓦斯就被视为对煤矿安全构成重大威胁的可怕气体,经常造成瓦斯爆炸事故。因此,过去通常被集中排放到大气中。

②煤层气以甲烷为主,甲烷是国际公认的6种主要温室气体之一,甲烷的温室效应约为 CO_2 的21倍。全世界煤层气资源量约260万亿 m^3 ,目前每年因采煤直接向大气排放的煤层气达315亿~540亿 m^3 ,这些逸散在空气中的煤层气,破坏了臭氧层,加剧了温室效应。我国是世界煤炭生产和消费大国,煤矿煤层气排放量约占世界总排放量的1/3。

③煤层气比空气轻,其密度是空气的0.55倍,稍有泄漏就会向上扩散,只要保持室内空气流通,即可避免爆炸和火灾。而煤气、液化石油气密度是空气的1.5~2.0倍,泄漏后会向下沉积,所以危险性要比煤层气大得多。煤层气爆炸范围为5%~15%,水煤气爆炸范围为6.2%~74.4%。因此,煤层气相对于水煤气不易爆炸。煤层气不含CO,在使用过程中不会像水煤气那样容易发生中毒现象。

1.6 煤层气是常规天然气的补充和接替能源

我国常规天然气储量不足,而煤层气是除常规天然气以外,资源量最大、最为现实的清洁能源,是我国常规天然气最重要的补充,是常规天然气最现实的战略接替能源。

1.6.1 煤层气与天然气相同点

①气体成分大体相同。煤层气主要由95%以上的甲烷组成,另外5%的气体一般是由 CO_2 或 N_2 组成;而天然气成分也主要是甲烷,其余的成分变化较大(表1—2)。

表 1-2 煤层气与常规天然气组分对比表

组分	常规天然气	煤层气
甲烷(%)	93.2~97.5	96.67~97.33
乙烷(%)	1.1~1.3	0
丙烷(%)	0.32~0.43	0
异丁烷(%)	—	0
正丁烷(%)	0.021~0.073	0
异戊烷(%)	0.018~0.029	0
正戊烷(%)	0.009~0.0184	0
二氧化碳(%)	0.012~0.019	0.24~0.29
氮(%)	0.25~0.4460	3.09~2.38

②用途相同。煤层气发热量每 m^3 达 31.4~34.4MJ(7536~8200kJ),热值与常规天然气相当,完全可以与常规天然气混输、混用,可作为与常规天然气同等用途的优质燃料和化工原料。

1.6.2 煤层气与天然气不同点

①煤层气基本不含碳二以上的重烃,产出时不含无机杂质,天然气一般含有含碳二以上的重烃,产出时含无机杂质。

②在地下存在方式不同。煤层气主要是以大分子团的吸附状态存在于煤层中,而天然气主要是以游离气体状态存在于砂岩或灰岩中。

③生产方式、产量曲线不同。煤层气是通过排水降低地层压力,使煤层气在煤层中解吸-扩散-流动采出地面,而天然气主要是靠自身的正压产出;煤层气初期产量低,但生产周期长,可达 20~30 年,天然气初期产量高,生产周期一般在 8 年左右。

④煤层气又称煤矿瓦斯,是煤矿生产安全的主要威胁,同时煤层气的资源量又直接与采煤相关,采煤之前如不先采气,随着采煤过程煤层气就排放到大气中。据有关统计,我国每年随煤炭开采而减少煤层气资源量 190 亿 m^3 以上,而天然气资源量受其他采矿活动影响较小,可以有计划地控制。

1.6.3 煤层气储层与常规气藏的区别

煤层气是非常规天然气,煤层气藏与常规油气藏最明显的区别在于,煤层气主要是以吸附状态储存在煤岩层中,煤岩层既是生气源岩,又是煤层气储集层。煤层气勘探与常规天然气有很大的不同,常规天然气研究从生、储、盖、圈、运、保等 6 大方面进行详细的分析,煤层气成藏一般缺乏明显的运移,无源岩到圈闭的运移过程,虽然在某些构造较为复杂的部位存在极短距离的横向运移,一般情况下较少。这也使得煤层气的勘探相对容易(表 1-3)。