

煤层气开发与 “三软”矿区瓦斯抽采

MEICENGQI KAIFA YU SANRUAN KUANGQU WASI CHOUCAI

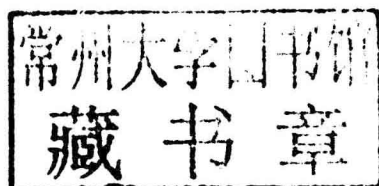
胡向志 王志荣 张振伦 著



黄河水利出版社

煤层气开发与“三软” 矿区瓦斯抽采

胡向志 王志荣 张振伦 著



黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书全面阐述了我国煤层气地质参数的测定方法及应用,着重介绍了煤层气气田的可行性评价、预测和勘探方法,深入探讨了河南省“三软”矿区低渗难抽煤层的含气性、瓦斯抽采可行性和关键技术。研究结果明确指出,在复杂地质条件下,只有采取正确的瓦斯抽采方法,才能实现“三软”矿区瓦斯的高效抽采和矿井的安全生产。

本书的煤层气气田勘探与矿井瓦斯抽采实例均来自生产第一线的科研实践,内容丰富且真实生动,可供矿山工程勘察、设计、施工、监理、安全、矿井地质工程技术人员参考,也可作为大专院校有关专业师生的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

煤层气开发与“三软”矿区瓦斯抽采/胡向志,王志荣,张振伦著. —郑州:黄河水利出版社,2011.5

ISBN 978-7-5509-0019-6

I. ①煤… II. ①胡… ②王… ③张… III. ①煤层-地下气化煤气-资源开发-研究 ②煤矿-瓦斯抽放-研究
IV. ①P618.110.8 ②TD712

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第066002号

策划组稿:马广州 电话:13849108008 E-mail:magz@yahoo.cn

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:11.25

字数:274千字

印数:1—1 000

版次:2011年5月第1版

印次:2011年5月第1次印刷

定价:29.00元

前言

在全球遏制气候变暖、提倡低碳生活以及我国深入开展学习实践科学发展观活动的新形势下,煤层气开发这个朝阳产业,随着我国“十二五”规划的制定,迎来了千载难逢的“阳光政策”。瓦斯这个昔日的煤矿“超级杀手”,正堂堂正正地汇入绿色能源管网,成为造福千家万户的名副其实的“福气”。

一种新能源的开发利用,往往预示着旧的能源结构的剧烈变革。从国家规划来看,“十一五”末,也就是2010年,国家计划把地面煤层气产量提升至50亿 m^3 ;到2015年,年产能力将突破100亿 m^3 ;到2020年,计划达到500亿 m^3 。近几年,在加大地面煤层气开发的同时,煤炭系统也加大了井下瓦斯的抽采力度,使每采百万吨煤死亡人数从5年前为世界平均水平的100倍降为几十倍。2007年我国煤矿安全事故死亡人数为3786人,其中瓦斯爆炸事故死亡人数为1084人,比前5年下降45%。近3年来,瓦斯矿难死亡人数每年减少100余人。这充分说明,从能源安全和环境保护这两个战略层面,国家已经开始推行让煤层气变害为宝的若干重要举措。

全书撰写分工如下:绪论和第一章由河南豫中工程勘察公司胡向志撰写,全面阐述了煤层气地质参数的测定方法及煤层气气田可行性的预测方法;第二章由河南豫中工程勘察公司张振伦撰写,详细总结了我国目前先进的煤层气钻井技术与工艺;第三章由郑州大学王志荣撰写,全面分析了矿井瓦斯地质条件评价体系及应用,着重介绍了矿井瓦斯地质参数的测试方法及应用,强调了各种评价指标的系统性与相互制约性;第四章由郑州大学王志荣及河南豫中工程勘察公司胡向志撰写,系统分析了“三软”煤层瓦斯赋存特征,探讨了具有“三软”矿区特色的瓦斯抽采技术。

在本书完成过程中,得到了中国矿业大学(北京)资源与安全学院、郑州大学水利与环境学院的老师和同学们的关心与帮助。感谢李小明、蔡迎春博士,肖丽霞、李树凯、杨占进、孙龙、蒋博和胡铁成等硕士,他们在本书完成过程中,特别是在图纸清绘和文字校对过程中,给予了充分的帮助和支持!

河南省煤炭工业管理局安全处李震寰教授级高级工程师、综合处董风仪高级工程师以及河南省煤炭科学研究院有限公司地质建井室李铁强工程师,对作者给予了关心、支持、指导和热情解答问题;郑州大学水利与环境学院万长吉教授对初稿提出了若干有益的修改意见;河南省煤矿安全监察局黄体信教授级高级工程师、严振声高级工程师以及河南省煤田地质局刁良勋教授级高级工程师、范云霞高级工程师对作者给予了热情指导和帮助;河南省煤矿系统各级领导和工程技术人员,现场热情接待以及慷慨提供大量资料,在此一并致谢!

作者

2010年12月

目 录

前 言	
绪 论	(1)
第一章 煤层气勘察的工作方法与内容	(8)
第一节 煤层气地质参数的基本概念及应用	(8)
第二节 煤层气气田可行性的预测方法及应用	(36)
第二章 煤层气气田钻井技术及工艺	(41)
第一节 煤层气钻井技术	(41)
第二节 煤层气地面抽采直井钻井工艺	(44)
第三节 煤层气地面抽采定向井钻井工艺	(58)
第四节 煤层气地面抽采其他钻井工艺	(66)
第三章 矿井瓦斯地质条件评价体系及应用	(78)
第一节 矿井瓦斯地质参数	(78)
第二节 矿井瓦斯地质参数的测试方法	(91)
第三节 矿井瓦斯等级鉴定与瓦斯地质分类	(118)
第四章 “三软”矿区瓦斯赋存及抽采技术	(125)
第一节 “三软”煤层的地质含义	(125)
第二节 复杂地质条件下矿井瓦斯抽采技术	(128)
第三节 滑动构造区“三软”煤层含气性分析	(151)
第四节 滑动构造区软煤瓦斯抽采技术	(159)
第五节 滑动构造区软顶瓦斯抽采技术	(163)
第六节 “三软”矿区瓦斯抽采的意义	(170)
参考文献	(172)

绪 论

煤层气又称瓦斯,是煤化过程中的烃类产物,以甲烷为主要成分,一般占成烃总量的80%左右,其次为乙烷,占成烃总量的20%左右。甲烷是大气中主要的温室气体之一,对红外线的吸收能力极强,其温室效应是二氧化碳的20多倍。煤层瓦斯具有资源和灾害双重性,一方面煤层气作为非常规天然气,是一种发展潜力巨大的洁净能源,另一方面,世界上煤层瓦斯无论是在突出次数,还是在突出强度上都是非常严重的,因而被公认为当前煤矿五大地质灾害之首。

地球是目前已知唯一具有生命的星球,研究地球气候变暖的原因,预测其可能的变化趋势,探索其对生态系统的影响,就成为当今联合国和各国加强研究的最核心科学问题之一。毋庸置疑,当前的地球生态系统正面临大气二氧化碳浓度快速增加、温室效应日趋明显、海平面上升、异常气候渐趋频繁、生物多样性剧减等问题,这些问题已严重威胁到人类生存和自然资源的可持续发展。近年来,国际社会应对气候变化的共同意愿越来越强烈,未来低碳经济也必将成为社会发展的一个重要方向。从本质上说,所谓低碳经济,就是以低能耗低污染为基础的新型经济,其最显著的特征即寻找可再生能源与新能源,如煤的清洁高效利用、油气资源和煤层气的勘探开发。

一、煤层气开发的基本概念及其研究意义

(一) 煤层气开发的基本概念

广义上讲,煤层气(coalbed gas)是指储存于煤层及其围岩中的天然气,是由气体化合物与气体元素组成的混合物。广义煤层气的组成一般以甲烷(包括少量重烃)为主,只在少数情况下以二氧化碳为主(如甘肃窑街矿区),氦、氩等稀有气体含量甚微。狭义上讲(从能源开发利用和煤矿瓦斯的角),煤层气(又称煤层甲烷,coalbed methane)是一种储存于煤层及其邻近岩层之中的以自生自储式为主的非常规天然气。煤层气的成分以甲烷(CH_4)(包括重烃)为主,其次为二氧化碳(CO_2)、氮气(N_2)等。

煤层气资源是指以地下煤层为储集层且具有经济意义的煤层气富集体。其数量表述分为资源量和储量。煤层气资源勘查是指在充分分析地质资料的基础上,利用地震、遥感、钻井以及生产试验等手段,调查地下煤层气资源赋存条件和赋存数量的评价研究与工程实施过程。其可分为两个阶段:选区和勘探。

煤层气选区主要是指根据煤田(或其他矿产资源)勘查(或预测)和类比、野外地质调查、小煤矿揭露以及煤矿生产所获得的煤资源和气资源资料综合研究,以确定煤层气勘查目标为目的的资源评价阶段。根据选区评价的结果可以估算煤层气推测资源量。煤层气勘探则通过参数井或物探工程获得区内关于含煤性和含气性的认识,通过单井或小型井网开发试验获得开发技术条件下的煤层气井产能情况和井网优化参数。根据勘探结果可以计算煤层气储量。

煤层气开发指在勘探区按照一定的开发方案部署了一定井距的开发井网后进行的煤层

气资源的正式开采活动。煤层气通常适合进行滚动勘探开发。

煤层气开发应坚持以经济效益为中心的原则,先探明资源,落实煤层气用户,再进行开发利用,按照煤层气生产的科学程序进行工作部署,最大限度地合理利用煤层气。煤层气开发应采用先进有效的工艺技术,增加煤层气产量和稳产期限,争取高采收率和最佳的技术经济效益。煤层气开发应采用先进高效的施工技术,全面完成采气、输气、供气、净化和利用的工程建设。煤层气开发应当加强对煤层气的研究及监测,及时、准确地掌握煤层气动态,按开采阶段进行控制和调整,做好气井的产量接替,做到长期、稳定、均衡供气。

(二)煤层气开发的研究意义

煤层气是与煤伴生、共生的气体资源,其主要成分为甲烷,含量一般在 90% ~ 99%。煤层气属于易燃易爆有害气体,直接威胁着煤矿的生产安全;一旦抽放排入大气后即造成温室效应。大量研究成果表明,甲烷的温室效应是 CO_2 的 20 多倍,对臭氧层的破坏能力是 CO_2 的 7 倍。但它同时又是热值高、无污染的高效、洁净燃料气资源,每吨褐煤能生成 $38 \sim 50 \text{ m}^3$ 煤层气,无烟煤可生成 $346 \sim 422 \text{ m}^3$ 煤层气。按热值计算, 1 m^3 煤层气的热值相当于 1.13 L 汽油和 1.22 kg 标准煤。若用 1 亿 m^3 煤层气代替煤作燃料,不仅可以大大减少大气中甲烷的含量,而且可以节省 30 万 t 煤,少排放 0.36 万 t CO_2 和 0.5 万 t 煤烟尘。

煤层气勘探开发有以下三重意义:①煤层气是一种新型洁净能源,其开发利用可在一定程度上弥补常规油气资源的不足。在我国,无论是工业用气还是民用气都有广阔市场。丰富的煤层气资源量与广阔的市场是煤层气开发的前提。②减轻矿井灾害程度和降低矿井生产成本。长期以来,煤矿瓦斯一直是影响煤矿安全生产的主要灾害,瓦斯突出和瓦斯爆炸不仅造成重大人员伤亡事故,同时也给煤矿企业带来巨大经济损失。煤层气地面开发抽出赋存在煤层中的部分瓦斯后,可有效降低煤矿瓦斯灾害程度,减少矿井安全防治工程投入,降低矿井成本。③减少温室气体排放,保护大气环境。甲烷是大气中主要的温室气体之一,对红外线的吸收能力极强,其温室效应是二氧化碳的 20 多倍。

目前,我国煤层气产业化进程正在加速进行,我国局部煤层气资源的开发已经进入远距离运输和大规模利用的阶段。但若想形成开发利用比较完整的生产体系,还需加速煤层气的开发和利用,提高规模化、产业化水平。

煤层气开发技术一直是制约煤层气产业发展的重要因素。我国煤层气田普遍存在的“低渗、低压、低饱和、高地质变动程度”的“三低一高”等技术难题尚未很好地解决,目前煤层气地面井的产能十分低下,效率很低,是我国煤层气产业发展面临的主要难题。

目前,在煤层气开发中依然面临着其他问题:煤层气资源估算尚存在重大基础问题没有解决,资源探明程度需要进一步提高;煤层气开采中的环境问题;我国主要煤层气富集区煤阶偏高,渗透率很低,构造条件复杂,煤层气成藏保存条件较差,缺乏适合我国地质条件的成熟的煤层气地质理论;我国煤层气开发投资较大,输送费用高,价格偏低,使得煤层气开发投资回收期较长,经营风险较大。

我国煤层气开发研究工作应深入开展基础性研究,开创独具我国特色的煤层气地质理论和开发技术系列,并由此带动我国各地区煤层气产业的发展。其重点方向是开展煤储层非均质性研究,以及煤层气富集成藏机制、分布规律和高效勘探开发技术机理研究。地面羽状水平井开采煤层气技术应是今后的推广发展方向。

综上所述,煤层气的开采(先采气后采煤)利用,不仅可以从根本上防止瓦斯事故、保障

煤矿安全,又可充分利用资源,而且可以使煤炭建井费用至少降低 1/4,极大地提高煤矿经济效益。同时,开采并利用煤层气,可以有效地缓解某些由于煤炭经济衰退而带来的城市发展难题,并减轻大气污染。

二、煤层气开发与研究现状

(一)世界煤层气开发概况

世界煤层气蕴藏量丰富,目前埋深小于 2 000 m 的煤层气资源总量约为 240 万亿 m^3 ,其储量约占世界天然气总储量的 30% 以上。世界上已经发现的 26 个最大的天然气田(大于 2 830 亿 m^3)中,就有 16 个是煤层气田,居世界前五位的特大气田均为煤层气田。

全球已有 29 个国家开展了煤层气研究、勘探和开发活动,从事煤层气开发的各国公司有 20 多个。早在二三十年前,法国、德国等欧洲国家煤炭企业就已开始抽取煤层气,但由于投入较大,一直没有得到很好的发展。20 世纪 90 年代以来,英国、德国、澳大利亚、波兰、印度等国都已经制定了相应的鼓励政策,积极推动本国煤层气的发展。如 2000 年 4 月生效的《可再生能源法》对德国的煤层气开发是个里程碑,它不仅使煤层气发电在经济上具有可行性,而且鼓励企业在相关设备上开展中长期投资。德国几家能源巨头企业随后联手在煤钢工业基地鲁尔区所在的北威州专门组建了两个煤层气开发公司,分别负责废弃煤矿煤层气的获取和利用以及运营中的煤矿的煤层气利用。

美国是目前世界上唯一实现大规模煤层气开发且商业化最成功的国家。20 世纪 80 年代以来,为了发展煤层气产业,美国先后投入 60 多亿美元,进行了大规模的科研和试验,取得了总体勘探开发技术的突破。1984 年,美国国会通过了煤层气享受税款补贴政策,在这项政策和大量科技成果的积极推动下,美国煤层气产业快速发展,从 1983 年到 1995 年的 12 年间,煤层气年产量从 1.7 亿 m^3 猛增至 250 亿 m^3 ,2005 年煤层气产量达到 500 亿 m^3 。预计 2020 年至 2030 年前后,燃气在世界能源结构中的比重将赶上和超过煤炭和石油。

(二)我国煤层气开发现状

我国煤层气资源潜力巨大,埋深 2 000 m 以浅的煤层气远景资源总量达 36.8 万亿 m^3 ,与常规天然气资源基本相当,约占世界煤层气总资源量的 15%。全国已探明含气面积 777.78 km^2 ,储量 1 343 万亿 m^3 ,可采资源总量约 10 万亿 m^3 。我国煤层气远景资源量比美国多 15.6 万亿 m^3 ,而资源探明率很低,仅为 0.36%,美国为 6.4%。“十一五”期间,我国煤层气年产能 15 亿 m^3 ,而实际产量仅为 7.5 亿 m^3 ,仅是美国的 1.4%,可见中国煤层气产业发展潜能巨大。

我国煤层气井下抽放开始于 20 世纪 50 年代,主要是基于煤矿安全的井下瓦斯抽采,年抽采量约 0.6 亿 m^3 ;最近几年,我国煤矿瓦斯抽采非常活跃,2008 年,全国煤炭资源量为 5.57 万亿 t,保有储量 1.03 万亿 t,1.6 万个煤矿采煤 27.4 亿 t,煤层气抽采 58 亿 m^3 ,利用率由前几年的 19.7% 提高到 31%。2008 年煤矿安全事故死亡人数为 3 210 人(瓦斯爆炸事故死亡人数为 778 人),百万吨煤死亡人数 1.2 人,由前几年是国外的 100 倍下降为 68 倍,主要是地面开发产量大幅度上升、井下抽放向抽采利用发展。地面开发煤层气产量 2005 年为 0.3 亿 m^3 ,2006 年为 1.3 亿 m^3 ,2007 年为 3.2 亿 m^3 ,2008 年突破 5 亿 m^3 。同时由以往井下抽放向井下抽采发展,每年抽采量约以 10 亿 m^3 的速度增长,如 2005 年为 23 亿 m^3 ,2006 年为 32 亿 m^3 ,2007 年为 43 亿 m^3 ,2008 年为 58 亿 m^3 。

改革开放以后,我国的煤层气开发利用才进入实质性阶段。截至 2005 年底,全国施工各类煤层气井 615 口;而 2005 年,全国共施工煤层气井 328 口,超过历史累计施工井数总和,全国煤矿瓦斯(煤层气)抽采量 23 亿 m^3 ,瓦斯抽放量已有较大幅度的增长,国有重点煤矿高瓦斯矿井初步建立了以钻孔和巷道抽采为主的瓦斯抽采系统(地面抽采系统 308 套、井下移动抽采系统 272 套)。如山西沁南煤层气开发利用高技术产业化示范工程——潘河煤层气项目,已完成钻井 100 口,年产能达到 7 000 万 m^3 。黑龙江鸡西矿区大部分矿井属于高瓦斯矿井,2005 年瓦斯抽采量约 6 300 万 m^3 ;在城子河矿筹建了黑龙江省第一座煤矿瓦斯发电厂,投资 609 万元,安装 3 台 500 kW 的发电机组,总装机容量 1 500 kW,全年可利用瓦斯 330 万 m^3 ,年发电量可达 1 000 万 kWh,实现产值 400 万元,利润 280 万元。

2006 年,中国将煤层气开发列入了“十一五”能源发展规划,并制定了具体的实施措施,煤层气产业化发展迎来了利好的发展契机。2007 年以来,政府又相继出台了打破专营权、税收优惠、财政补贴等多项扶持政策,鼓励煤层气的开发利用,我国煤层气产业发展迅速,产业化雏形渐显,2007 年煤层气产量即达 3.2 亿 m^3 ,比 2006 年增加 1 倍多。全国瓦斯抽采 47.35 亿 m^3 ,利用 14.46 亿 m^3 。其中井下煤矿瓦斯抽采量 44 亿 m^3 ,完成规划目标的 127%,形成地面煤层气产能 10 亿 m^3 ,是 2006 年的 2 倍。

截至 2008 年底,我国煤层气产量突破 5 亿 m^3 ,共钻探各类煤层气井约 3 400 口,形成地面煤层气产能约 20 亿 m^3 。2008 年中国煤矿瓦斯抽采量达到 58 亿 m^3 ,淮南、阳泉、水城、松藻、宁煤等 10 个重点煤矿企业瓦斯抽采量均超过 1 亿 m^3 。

近年来,在新一轮大规模投资推动下,新能源产业借势崛起,中国煤层气产业迎来发展机遇。2009 年国内 19 个产煤省市累计煤矿瓦斯抽采 64.5 亿 m^3 ,利用 19.3 亿 m^3 ,超额完成了全年煤矿瓦斯抽采利用目标。全年地面煤层气产量 10.1 亿 m^3 ,利用量 5.8 亿 m^3 ,同比分别增长 102% 和 57%。

我国以煤炭为主要能源,不仅造成严重的环境污染,而且制约我国经济的高速发展。开发利用煤层气资源,不仅可以弥补煤炭供应缺口,而且可以改善能源质量。我国丰富的煤层气资源可作为后备战略资源,国家已将煤层气开发利用列入“十一五”能源发展规划,并为煤层气勘探开发利用提供财政支持和鼓励政策。国家《煤层气(煤矿瓦斯)开发利用“十一五”规划》提出,到 2010 年实现四个目标:全国煤层气(煤矿瓦斯)产量达 100 亿 m^3 ,其中地面抽采煤层气 50 亿 m^3 ,井下抽采瓦斯 50 亿 m^3 ;利用 80 亿 m^3 ,其中地面抽采煤层气利用 50 亿 m^3 ,井下抽采瓦斯利用 30 亿 m^3 ;新增煤层气探明地质储量 3 000 亿 m^3 ;逐步建立煤层气和煤矿瓦斯开发利用产业体系。

(三) 我国煤层气开发展望

我国的煤层气资源量与我国的天然气总量相近,折标量为 680 亿 t 原煤或 340 亿 t 原油,是最现实、最重要的新型能源。煤层气的开发利用还具有一举多得的功效:提高瓦斯事故防范水平,具有安全效应;有效减排温室气体,产生良好的环保效应;作为一种高效、洁净能源,产生巨大的经济效益。

通过近 20 年来的勘探和研究工作,对我国煤层气资源状况、赋存规律、地质控制因素都有了较高认识,地面煤层气钻探、测试、排采等技术取得了长足进步,已经初步形成了符合我国地质特点的煤层气地质理论和较成熟的勘探开发技术,具备了勘探开发煤层气资源的基本条件。已经为我国煤层气产业的形成和发展壮大搭建了较好的平台。2009 年中国煤层

气产业化发展势头良好,目前全国煤层气钻井达到 5 000 多口,煤层气探明储量达到 1 700 亿 m^3 ,年产量达 7 亿 m^3 ,产能达 25 亿 m^3 ,已进入快速发展轨道。

目前,煤层气已被列入中国新能源发展范畴,而正在制订中的《新能源产业振兴发展规划》草案,也提出将圈出 15 个抽采利用煤层气的矿区、5 条煤层气长输管道路线,有关职能部门还将在财税政策上给予煤层气生产企业更多扶持,我国将进一步扩大对外合作开采……种种迹象都表明,中国煤层气将迎来大规模市场化开发。在国际发展煤层气新型能源的趋势引导下,近年来外国公司到我国寻求煤层气勘探开发机会的越来越多,他们带来了资金、技术、先进的管理经验,我国中石油、中石化等一些大企业纷纷准备了数十亿元资金,设立了非常规油气勘探开发专门机构,加快了介入煤层气勘探开发的步伐。

作为一种优质高效清洁能源,凭借良好的安全效益、环保效益和经济效益,煤层气的大规模开发利用前景诱人。煤层气可用于发电燃料、工业燃料和居民生活燃料;还可液化成汽车燃料,也可广泛用于生产合成氨、甲醛、甲醇、炭黑等方面,成为一种热值高的洁净能源和重要原料,开发利用的市场前景十分广阔。政府采取相关激励扶持政策,强力推进煤层气抽采利用。到 2015 年,国内将建成 36 个煤层气抽采利用亿方级矿区,充分利用煤层气资源,有效保护大气环境。

但是,我国煤层气开发也面临着巨大的挑战。具体表现为:①政策性问题。由于受我国能源政策的导向,目前煤层气探明程度不到 1%,与加快煤层气产业化发展的要求差距很大。②技术性问题。如煤层气气田高含气性、高渗透性和高产能区的有效预测、寻找以及控气地质因素的探索,也包括总体开发思路、获取有效参数的途径和研究评价的方法。③科学研究问题。如煤层气渗透性的机理研究及准确评价,特别是极低渗、高应力、无水或少水煤层以及厚煤层非均质性的评价问题。④工艺性问题。如新的或地质条件更复杂的地区煤层气井的完井及激化,包括工艺、技术、设备及激化机理等研究。

三、煤层气开发工作顺序及其方法

(一)煤层气开发工作顺序

煤层气开发工作宏观上一般分为资源评价、开发试验和规模开发三个阶段,具体工作可分为可行区评价、试验井施工、开采井施工以及管网布置四个步骤。

1. 可行区评价

可行区评价是指以煤层气地质理论为基础,运用地质分析的方法,在选区评价原则的指导下,完成煤层气地质研究的任务,整体评价有利区带的煤层气勘探开发潜力。其主要任务是确定勘探方向和有商业性开采价值的勘查目标。

2. 试验井施工

试验井是指对煤层气的可采性进行试验和研究,即在已证实有工业性的含油气构造、断块或圈闭上,在地震精查的基础上,以查明油气藏类型,探明油气层分布、厚度及物性变化,评价油气田规模、产能及经济价值,探明储量为目的而施工的钻井。通过对煤层气试验井的钻井、测井、试井、测试、固井、射孔、压裂、排采等,获取可靠的目标煤层煤层气评价参数和较为可信的产能参数,对煤层气层、煤层气藏的产能进行预测,提供控制储量(可能储量),提出评价钻探方案及地震精查地区。

3. 开采井施工

生产井是指为完成煤层气大规模开发而施工,即为形成石油和天然气生产能力而钻的开发井网井。科学开发井是在气藏情况已基本探明的地区,为充分有效利用已探明的储量,提高油气田的开发水平和经济效益而采用的配套的先进技术。

图1为煤层气开采井系统图。

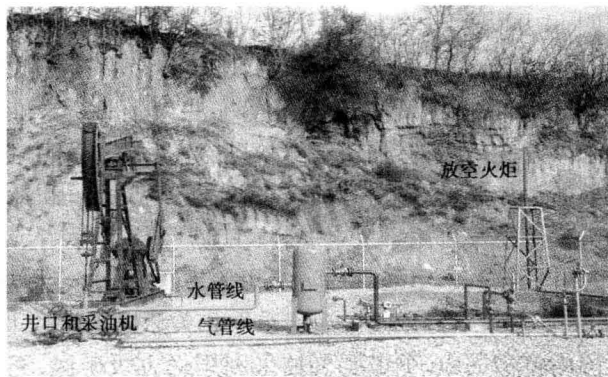


图1 煤层气开采井系统图

4. 管网布置

管网布置取决于地质条件和开发规模,如进行早期的开发试验,可以采用三点法或五点法;若是进行大规模开发,可以采用方形网格法。网格类型确定后,再确定网格密度。管网布置方式有三点法、五点方形网格法、七点法和九点法等。最常见的是方形网格法(五点法)。

气田集输系统由井口至处理厂之间的气田内部集气管网、井场、集气站等组成,该系统通过集气管网将井口天然气收集起来,经过预处理后送给其后的气体处理厂,最后成为合格的产品气,外输至下游用户。

(二)煤层气开发工作方法

1. 地面垂直井开发

地面垂直井开发通常是在煤矿区外的区段进行的煤层气开发或未来10~15年才采煤的盘区用地面垂直井预抽。由于地面垂直井开发是采用先进的完井、压裂等技术处理的开发方式,能够形成工业化开采的规模 and 经济效益,因此它是煤层气开发的主要方式。

2. 井下抽放

井下抽放是指在井下利用机械设备和专用管道造成的负压,将煤层中的瓦斯抽采出来,输送到地面或其他安全地点。通过瓦斯抽采,可以降低矿井瓦斯涌出量和回采空间的瓦斯浓度,减少瓦斯隐患和各种瓦斯事故。井下抽放是一种很好的开发方式,尤其是对那些不易进行地面垂直井开发的矿区。

3. 采空区地面垂直井采气

采空区地面垂直井采气是通过采煤前施工地面垂直井,对非采气层和含水层进行套管固井及在采气层段采用筛管完井或裸眼完井技术,充分利用采煤后造成冒落带、裂缝带所构成的采空区实现造缝、降低液面和卸压过程,以达到任何水力压裂都无法达到的效果,使煤层气以工业性气流畅产出,从而获得采气收益和保证煤矿安全。

4. 组合开发方式

根据煤层气气田的地质特征和开采特征,需采用以下不同的组合开发方式:①原始条件煤层气地面开发;②地面开发(预先抽放)+采区井抽放(GOB)+井下抽放;③采区井抽放+井下抽放;④井下抽放(本煤层抽放、邻近层抽放、围岩抽放、井下采区抽放和采空区抽放等);⑤废弃矿井抽放。

图2为煤层气开发组合方式示意图。

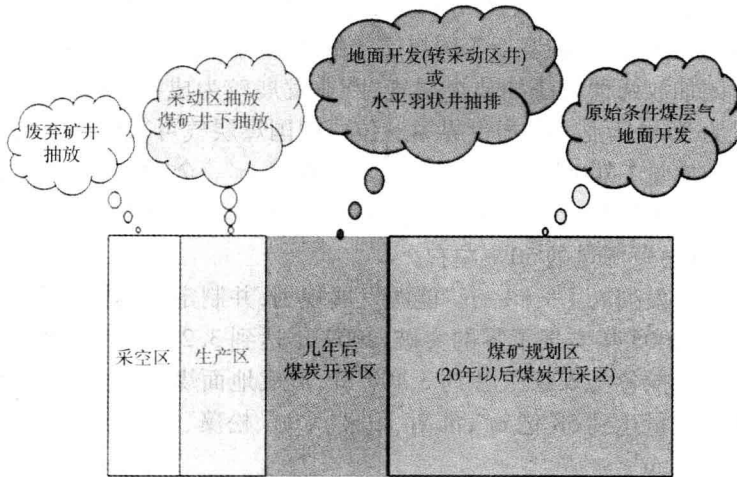


图2 煤层气开发组合方式示意图

第一章 煤层气勘查的工作方法与内容

煤层气是以煤层为源岩的自生自储式的非常规天然气。全球埋深小于 2 000 m 的煤层气资源约为 240 万亿 m^3 , 是常规天然气探明储量的两倍多。世界主要产煤国都十分重视开发煤层气。美国、英国、德国、俄罗斯等国煤层气的开发利用起步较早, 主要采用煤炭开采前抽放和采空区封闭抽放两种方法抽放煤层气, 产业发展较为成熟。中国埋深浅于 2 000 m 的煤层气资源量为 36.8 万亿 m^3 , 居世界第三位。中国煤层气可采资源量约 10 万亿 m^3 , 累计探明煤层气地质储量 1 700 亿 m^3 , 可采储量约 470 亿 m^3 。全国 95% 的煤层气资源分布在晋陕内蒙古、新疆、冀豫皖和云贵川渝等四个含气区, 其中晋陕内蒙古含气区煤层气资源量最大, 占全国煤层气总资源量的 50% 左右。

中国将煤层气开发列入了“十一五”能源发展规划, 并制定了具体的实施措施。地面煤层气开发从无到有, 2005 年实现了零的突破, 2007 年达到 3.2 亿 m^3 , 2008 年突破 5 亿 m^3 。截至 2008 年底, 共钻探各类煤层气井约 3 400 口, 形成地面煤层气产能约 20 亿 m^3 。2008 年中国煤矿瓦斯抽采量达到 58 亿 m^3 , 淮南、阳泉、水城、松藻、宁煤等 10 个重点煤矿企业瓦斯抽采量均超过 1 亿 m^3 。

在新一轮大规模投资推动下, 新能源产业借势崛起, 中国煤层气产业迎来发展机遇。2009 年国内 19 个产煤省市累计煤矿瓦斯抽采 64.5 亿 m^3 , 利用 19.3 亿 m^3 , 超额完成了全年煤矿瓦斯抽采利用目标。2009 年地面煤层气产量 10.1 亿 m^3 , 利用量 5.8 亿 m^3 , 同比分别增长 102% 和 57%。

作为一种优质高效清洁能源, 凭借良好的安全效益、环保效益和经济效益, 煤层气的大规模开发利用前景诱人。据《2010—2015 年中国煤层气产业投资分析及前景预测报告》分析: 我国煤层气可用于发电燃料、工业燃料和居民生活燃料, 还可液化成汽车燃料, 也可广泛用于生产合成氨、甲醛、甲醇、炭黑等方面, 成为一种热值高的洁净能源和重要原料, 开发利用的市场前景十分广阔。政府采取相关激励扶持政策, 强力推进煤层气抽采利用。到 2015 年, 国内将建成 36 个煤层气抽采利用亿方级矿区, 充分利用煤层气资源, 有效保护大气环境。

第一节 煤层气地质参数的基本概念及应用

一、煤层气地质参数的基本概念

煤层气田煤层气(瓦斯)地质参数主要包括资源量、资源保存条件和储层特征三个方面的内容。

(一) 资源量

1. 煤层厚度

煤层顶至底的最小距离为煤层的真厚度; 钻井地质录井中见煤深度与止煤深度之差为

煤层的视厚度,视厚度也可由测井曲线解释求得,视厚度与煤层倾角的余弦之积亦即真厚度。

$$H = h \cos \alpha \quad (1-1)$$

式中 H ——煤层真厚度;

h ——煤层视厚度;

α ——煤层倾角。

2. 含气量

单位质量煤炭中煤层气的含有量为含气量,一般用 cm^3/g 和 m^3/t 来表示。

当前煤层气系统采用《煤层气含量测定方法》(GB/T 19559—2004)解吸法测定煤层气含量;煤炭系统多采用中国煤炭工业协会颁发的《地勘时期煤层瓦斯含量测定方法》(GB/T 23249—2009)测定。

3. 面积

该面积指各项用于估算煤层气资源量的指标都达到相关规范、规程要求区块的范围大小,一般用 m^2 或 km^2 来表示。

当前,一般在煤层气资源/储量计算图上,用计算机求算面积程序求得。

4. 资源量

煤层气资源量是指以一定的地质和工程为依据估算的赋存于煤中,当前可以开采或未来可以开采的,具有现实的或潜在经济意义的煤层气数量。

当前,煤层气资源量估算采用中华人民共和国国土资源部颁发的《煤层气资源/储量规范》(DZ/T 0216—2002)标准进行。其中对它的分类和估算方法都有详细论述。估算方法较多,在区块评价和勘查阶段多用体积法求得。

5. 资源丰度

单位面积含有煤层气资源量的多少为资源丰度,一般用亿 m^3/km^2 来表示。

一般用区块的总资源量与含气面积之比求得。

(二) 资源保存条件

1. 埋藏深度

煤层中部至地表的垂直距离为储层的埋藏深度,一般以 m 表示。当前,埋藏深度主要由钻井地质录井或地球物理测井直接求得。

2. 直接盖层岩性及厚度

直接盖层岩性及厚度是指储层直接顶、底板的岩石构成及厚度大小。其一般由钻井取芯观察或地球物理测井解释取得,如顶、底板为密闭性好的泥岩、砂质泥岩构成,且厚度较大,有利于煤层气的保存。

3. 构造条件

构造条件是指泥炭、煤层被埋藏以后,经历的构造运动所造成的地质现象。构造条件当前主要靠地表观察、地球物理勘查和钻井验证来查明。其主要的表现形式有:地层倾角的大小,断层与褶曲的发育程度,煤体结构的破坏程度,等等。

4. 水文地质条件

水文地质条件是指地下水的存在类型、封闭条件、含水岩组的富水性及对煤层气的成藏、富集及排水降压的影响程度。良好的水文地质条件有利于煤层气的成藏、富集和排水降

压,反之相反。水文地质条件可通过收集区域或区块的水文地质资料、在煤层气勘查中进行的水文地质条件调查、钻井水文观测、排采过程中相关资料总结等手段获得。

5. 地温

地温是指煤储层温度的高低及其对煤层气成藏、富集的影响程度。地温过高不利于煤层气的富集,如河南平顶山煤田当储层埋深 $>900\text{ m}$ 时,储层温度高于 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$,煤层气含量不是随储层温度的升高而增加的,而是随着储层温度的升高而降低的。

(三) 储层特征

1. 煤体结构

各种煤岩成分的形态、大小及相互数量变化的统称,谓之煤体结构。这里主要指煤体原生结构的保存或破坏程度。可以划分:

(1) 原生结构煤——煤的原生结构、构造等未发生破坏与变形。

(2) 构造煤——在构造应力作用下煤的原生结构、构造等已发生了破坏与变形。构造煤又可进一步划分:①碎裂煤,即煤的原生结构基存在,但发生破裂,并有一定错动和位移,多为不规则棱角状角砾,粒级一般 $>2\text{ mm}$,煤岩成分可以识别;②碎粒煤,即受较强构造动力影响,煤已破碎成粒状,大部分颗粒已磨去棱角,粒级为 $1\sim 2\text{ mm}$,构造镜面发育,煤岩成分基本可以识别;③糜棱煤,即受较强构造动力影响,煤已破碎成细粒状,并重新压紧,肉眼可见流动构造,构造揉皱镜面发育,主要粒级 $<1\text{ mm}$,煤岩成分不易识别。

煤层原生结构保存完好程度对煤层气的开发利用有重大影响。原生结构煤最为有利。构造煤透气性明显降低,且难改造。

2. 镜质组含量

镜质组指煤层中光亮、均一,常具内生裂隙、割理的煤岩组分。其在煤层中常呈厚几毫米至几厘米的透镜状或条带状。无论是肉眼或是镜下镜质组都易识别,并可估算其含量。

镜质组在煤化过程中产气(甲烷)量高,孔隙度相对也高,割理发育。一般认为,其含量 $>70\%$ 对煤层气的开发利用是有利的。

3. 煤的灰分含量

煤的灰分含量指在实验室条件下,煤完全燃烧后,剩余矿物残渣的百分比。在工业分析中测定煤的灰分含量,执行《煤的工业分析方法》(GB/T 212—2004)。煤的灰分含量高,煤化过程中产气量就低,煤的割理一般要差,孔隙度一般要低,这就降低了煤的渗透性和储气性,对煤层气的成藏和开发都是不利的。一般认为,煤的灰分低于 20% ,对煤气的成藏和开发才是有利的。

4. 煤化作用阶段

煤化作用的实质是泥炭被埋藏以后,在不断增加的温度和压力作用下大量富氢(H)和氧(O)的挥发组分被脱除产生大量的甲烷(CH_4)使碳得到富集的过程。一般以镜质组反射率(R)将其分为低($R < 0.65\%$)、中($0.65\% < R < 1.9\%$)、高($1.9\% < R < 4\%$)三个阶段,这三个阶段通常又分别叫做低变质阶段、中变质阶段和高变质阶段(见图 1-1)。中变质阶段是煤层甲烷的产气高峰。

我国煤炭分类是工业分类,主要依据挥发分含量(V_{daf})、黏结性指数(G)、胶质层厚度(Y)、奥亚膨胀度(b)和透光率(P_m)等指标进行,如表 1-1 所示。主要煤类大致可与图 1-1 相比较。

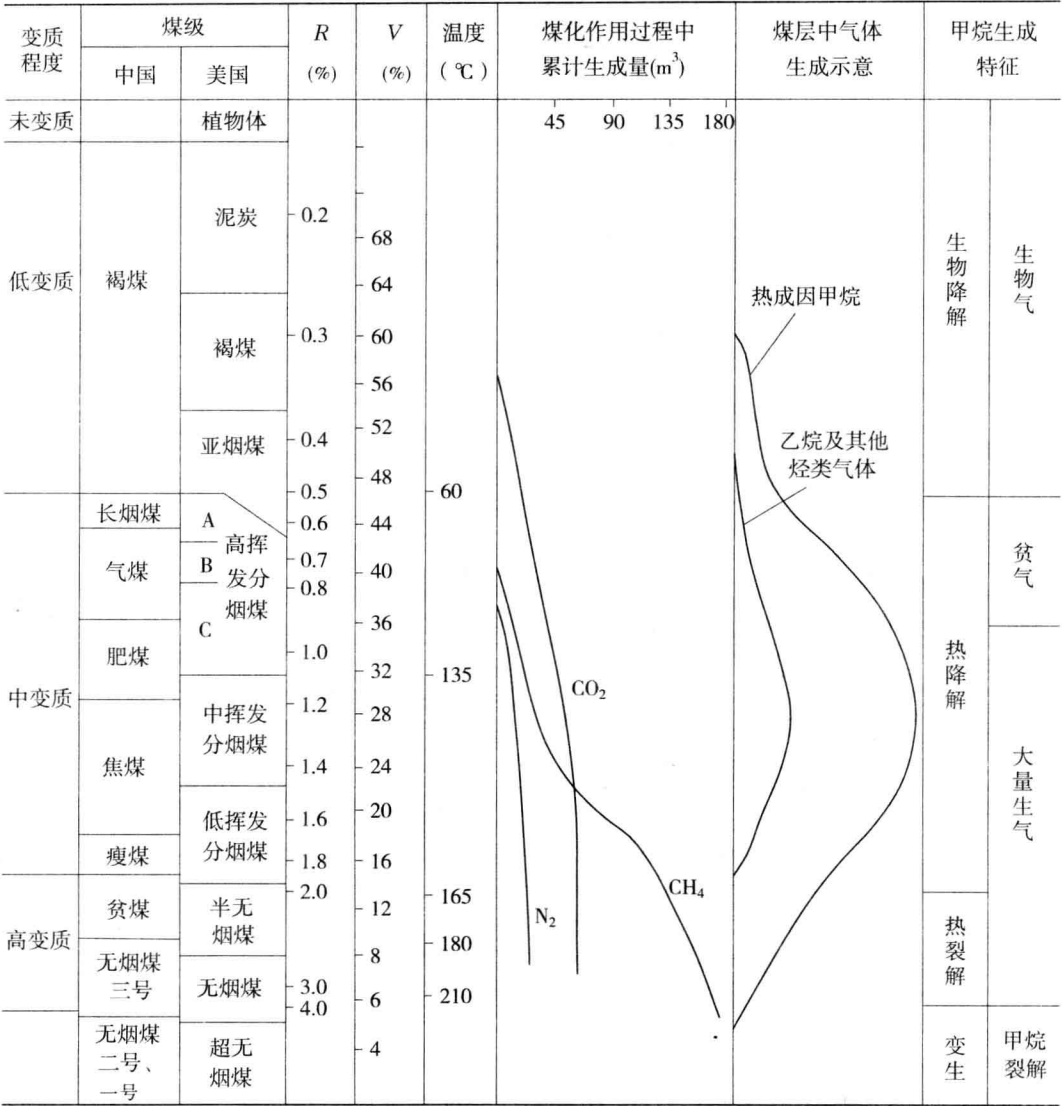


图 1-1 煤化作用阶段与瓦斯生成关系图

表 1-1 中国煤炭分类简表

类别	代号	编码	分类指标					
			$V_{daf}(\%)$	G	$Y(\text{mm})$	$b(\%)$	$P_M(\%)^b$	$Q_{gr,maf}^c$ (MJ/kg)
无烟煤	WY	01,02,03	≤ 10.0					
贫煤	PM	11	$> 10.0 \sim 20.0$	≤ 5				
贫瘦煤	PS	12	$> 10.0 \sim 20.0$	$> 5 \sim 20$				
瘦煤	SM	13,14	$> 10.0 \sim 20.0$	$> 20 \sim 65$				

续表 1-1

类别	代号	编码	分类指标					
			$V_{daf}(\%)$	G	$Y(\text{mm})$	$b(\%)$	$P_M(\%)^b$	$Q_{gr,maf}^c$ (MJ/kg)
焦煤	JM	24	$>20.0 \sim 28.0$	$>50 \sim 65$				
		15,25	$>10.0 \sim 28.0$	$>65^a$	≤ 25.0	≤ 150		
肥煤	FM	16,26,36	$>10.0 \sim 37.0$	$(>85)^a$	>25.0			
1/3 焦煤	1/3JM	35	$>28.0 \sim 37.0$	$>65^a$	≤ 25.0	≤ 220		
气肥煤	QF	46	>37.0	$(>85)^a$	>25.0	>220		
气煤	QM	34	$>28.0 \sim 37.0$	$>50 \sim 65$	≤ 25.0	≤ 220		
		43,44,45	>37.0	>35				
1/2 中黏煤	1/2ZN	23,33	$>20.0 \sim 37.0$	$>30 \sim 50$				
弱黏煤	RN	22,32	$>20.0 \sim 37.0$	$>5 \sim 30$				
不黏煤	BN	21,31	$>20.0 \sim 37.0$	≤ 5				
长焰煤	CY	41,42	>37.0	≤ 35			>50	
褐煤	HM	51	>37.0				≤ 30	≤ 24
		52	>37.0				$>30 \sim 50$	

注:a. 在 $G>85$ 的情况下,用 Y 值或 b 值来区分肥煤、气肥煤与其他煤炭,当 $Y>25.0\text{ mm}$ 时,根据 V_{daf} 的大小可划分为肥煤或气肥煤;当 $Y\leq 25.0\text{ mm}$ 时,则根据 V_{daf} 的大小可划分为焦煤、1/3 焦煤或气煤。
如按 b 值划分类别,当 $V_{daf}\leq 28.0\%$ 时, $b>150\%$ 的为肥煤;当 $V_{daf}>28.0\%$ 时, $b>220\%$ 的为肥煤或气肥煤。
如按 b 值和 Y 值划分的类别有矛盾,以 Y 值划分的类别为准。
b. 对 $V_{daf}>37.0\%$, $G\leq 5$ 的煤,再以透光率 P_M 来区分其为长焰煤或褐煤。
c. 对 $V_{daf}>37.0\%$, $P_M>30\% \sim 50\%$ 的煤,再测 $Q_{gr,maf}$,如其值大于 24 MJ/kg ,应划分为长焰煤,否则为褐煤。

5. 割理与裂隙

在煤化作用过程中,成煤物质结构、构造的变化使煤基质的收缩面产生的裂隙,分为端割理和面割理,即我们通常所说的内生裂隙(见图 1-2)。

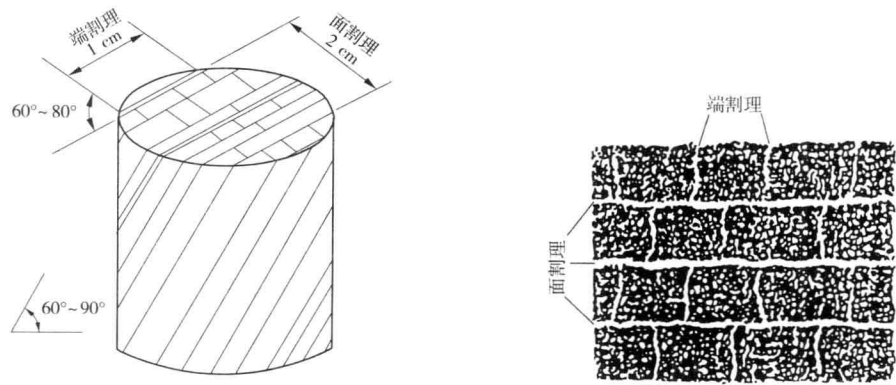


图 1-2 煤体的内生裂隙