

中国煤层气勘探开发工程技术进展与发展方向

接铭训 葛晓丹 彭朝阳 熊先钺 夏 飞

中石油煤层气有限责任公司

接铭训等.中国煤层气勘探开发工程技术进展与发展方向.天然气工业,2011,31(12):63-65.

摘 要 受美国、加拿大、澳大利亚等国家煤层气快速发展的影响,加之国家出台了一系列优惠扶持政策,我国的煤层气业务得到了一定的发展,但工程技术难题在很大程度上影响和制约着我国煤层气勘探开发的快速推进。为此,总结了近年来中石油煤层气有限责任公司、中联煤层气有限责任公司等相关企业在煤层气工程技术方面的攻关成果与技术进展,包括煤层气地质综合评价技术、煤层气钻完井技术、煤层气压裂改造技术、煤层气排水采气技术、煤层气地面工程技术等;进而明确提出了涉及上述5方面技术的下一步发展方向和研究目标。

关键词 中国 煤层气 地质综合评价 钻完井 压裂改造 排水采气 地面工程 技术进展 发展方向

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2011.12.010

我国的煤层气业务和企业近十几年来获得了一定的发展,但目前我国煤层气的发展仍然面临许多困难,除了相关政策法律、基础设施不完善之外,工程技术难题在很大程度上影响和制约着我国煤层气勘探开发的快速推进。经过中石油煤层气有限责任公司(以下简称中石油煤层气公司)、中联煤层气有限责任公司(以下简称中联煤公司)等企业近年来的共同不懈努力,已经在多个方面取得了一些进展^[1];当然还有不少需要加强技术攻关的发展方向和研究目标,值得我们清楚地认识。以下分述之。

1 煤层气工程技术进展

1.1 地质综合评价技术进展

经过多年的攻关研究与实践,中石油煤层气公司掌握了用低成本地震勘探技术确定煤层分布范围与空间形态、识别断裂、优化设计钻探井位等相关技术。二维地震技术已难以满足煤层气勘探开发的需要,2010年该公司在韩城和沁水地区首次将三维地震技术引入到煤层气勘探开发中,为开发方案设计提供了更可靠的依据。

地震和测井数据信息综合识别裂缝发育状况的技术,利用地震属性信息预测煤层裂缝发育特点和分布位置,利用测井资料进行裂缝识别,预测优势渗流通

道。形成了以地质综合评价研究沉积体系,预测煤层厚度、含气量,分析煤层气成藏模式的评价方法。

除了常规的煤储层评价内容外,通过评价煤的显微组分、挥发分、固定碳、灰分、水分、泊松比、杨氏模量等煤岩学参数,建立了以煤岩学参数与测井数据相结合来认识煤岩成分、煤型及结构,评价煤储层物理、物性特征,确定射孔、增产改造方案以及排采制度等预测、评价技术系列。

以煤岩学理论为指导,建立了煤层气勘探开发选区指标体系,初步形成了煤层气选区、选层和选井地质综合评价配套技术,实现了从横向、垂向、空间上对煤层气富集区进行评价、预测的目标,建立了煤层气富集高产评价指标体系。

1.2 钻完井技术进展

煤层气开发需要钻大量的井,丛式井的使用有利于协调地方关系、减少后期工艺费用、大量减少员工数量、有效降低生产成本。中石油煤层气公司韩城分公司目前钻了600多口丛式井,形成了以丛式井为主的煤层气开发模式。

多分支水平井的优势在于能最大限度地沟通裂缝通道、增大泄气面积和提高煤层导流能力、提高单井产量和采收率。截至2010年底,中国煤层气累计钻水平井100余口,有的水平井最高日产量曾达几万立方米。

作者简介:接铭训,1956年生,教授级高级工程师,博士,本刊第七届编委会委员;长期从事煤层气勘探开发生产管理及研究工作,曾任中联煤层气有限责任公司董事长,现任中石油煤层气有限责任公司总经理。地址:(100028)北京市朝阳区太阳宫南街丰和大厦。

澳大利亚同行结合其自身的地质特征创造发展了独特的 U 形井技术。2010 年中石油煤层气公司联合中国石油勘探开发研究院廊坊分院在保德钻了几口 U 形井,后期排采见效明显。

为减少对煤层的污染,“四低”(低固相、低黏度、低密度、低失水量)钻井液已广泛应用于煤层气开发作业中,目前我国煤层气井采用的钻井液主要有优质钻井液、无黏土钻井液、清水及空气泡沫钻井液。

目前,套管射孔完井仍然是国内外煤层气井的主体完井方法。裸眼洞穴完井技术在美国圣胡安盆地低阶煤层气开发中获得了突破,但这项技术在国内还处于试验阶段。

1.3 压裂改造技术进展

自 2009 年以来,中石油煤层气公司借鉴美国非常规天然气开发理念,加大了对压裂关键技术攻关及现场试验的力度,储层改造技术取得了长足的进步。在直井压裂方面,封隔器滑套分层压裂技术在国内已比较成熟,在苏里格气田和塔里木盆地将其广泛用于 4 层以内的直井压裂。但上述技术施工排量较低,不能满足煤层气压裂大排量施工的要求。连续油管喷砂射孔环空加砂压裂技术是从国外引进的技术,采用水力喷砂射孔、环空加砂压裂,可实现大排量施工,并且不受压裂层数的限制。目前该技术在我国煤层气开发中应用还不成功,正在进行技术适应性改造。此外还包括国外引进的 TAP 套管滑套完井分层压裂技术,目前也正处于现场试验阶段。

在水平井分段压裂技术方面,目前,国内的双封单卡分段压裂工艺和不动管柱滑套分段压裂工艺已经比较成熟,但施工排量较低,不能满足煤层气压裂的要求。裸眼封隔器分段改造技术和多级快速可钻式桥塞分段压裂技术均属于国外引进技术,前者在长庆、塔里木等油田应用效果较好,但该工艺要求井壁稳定性好,基本不适合于煤储层;后者在美国被大量应用于页岩气开发中。目前中石油煤层气公司临汾分公司已成功完成国内第一口煤层气水平井多级可钻式桥塞分段压裂施工,后期排采结果表明其改造效果良好。

1.4 排水采气技术进展

美国是世界上最早开发煤层气的国家,1980 年形成并完善了“解吸—扩散—渗流”理论和“排水—降压—采气”生产流程^[2]。1988 年通过理论和实践得到“井间干扰”理论与方法,形成井网排采,大幅提高了单井产能。此后,美国进入了实用技术应用和平稳发展阶段。国外煤层气生产主要划分为 3 个阶段:产水阶段、产水量下降而产气量上升阶段、产气量下降阶段。

在排采设备方面,抽油机、螺杆泵、电潜泵在美国的应用最为普遍。在黑勇士盆地和圣胡安盆地等没有电力或电力费用较高的地方,气举得到了广泛应用。澳大利亚采用天然气发动机驱动井口动力装置进行排水降压,实现了煤层气的连续生产。

在排采理念方面,中石油煤层气公司总结出了“缓慢、稳定、连续、长期”的排采基本原则,制订了初期产水、稳定产水、气水同产、稳定产气的“四段”以及套压、井底流压的“两压”排采工作制度^[3]。除了常规的排采设备外,中石油煤层气公司改进和研制了一系列适合煤层气井生产的新型排采设备,并已投入试用。例如倾斜式长环形齿条抽油机、电潜螺杆泵和液力驱动同心双管携排砂排采设备等,有效地防止了砂和煤粉等固体卡泵现象,减轻了修井对储层造成的伤害,提高了排采连续性。

1.5 地面工程技术进展

中联煤公司在沁水盆地总结出了“低压集气、单井简易流量、多井单管串接、二次增压、集中处理”的地面集输工艺技术。中石油煤层气公司近年来从单井串接推广到井场串接,建设百万立方米集气站,取消固定式备用压缩机,站间备用,末端成环,减少建站数量,节约了投资。

小型站场橇装化、模块化、标准化,既降低了成本,又减少了现场施工量,缩短了建设周期。美国煤层气开发广泛采用往复式压缩机和燃气发动机,所有的设备几乎全是模块化的橇装设备。中石油煤层气公司韩城煤层气项目的建设工期为 10 个月,而吉县和保德先导试验项目的建设工期已缩短为 6 个月以内。

2 煤层气工程技术发展方向

2.1 地质综合评价技术发展方向

国内煤层气地质综合评价研究,逐步地从区域构造研究到煤岩结构研究。煤岩煤型越来越成为煤层气开发关注的重点,煤岩结构直接影响到后期煤层气的压裂和排采。最近几年各公司在这方面进行了大量的研究,为今后工程的设计与施工提供了很好的依据。中石油煤层气公司在制订压裂方案、排采制度时考虑了煤岩结构的影响,以确定下一步的部署方案。

测井资料解释对于煤层气的勘探开发越来越重要。今后将加强测井解释成果在煤层裂缝的识别、排采制度和压裂方案的优化设计等方面的应用,以达到能直接预测气井的产气模式和开发能力的目标。

三维地震也是下一步发展的方向之一。中石油煤层气公司韩城分公司 2010 年启动第 2 个 $5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 产能建设任务,用三维地震解释结果校正井位,目前来

看效益远远大于投资。

2.2 钻完井技术发展方向

根据中国的实际情况,丛式井仍然是今后的主导技术。一个井台上丛式井井数增加,造斜段曲率减小,井场更紧凑。特别是在丛式井排采问题解决之后,生产管理的成本大大降低,并且加快了施工进度。

多分支水平井和丛式水平井技术也是主要的发展方向,但钻完井过程中泥浆污染和井壁稳定一直是很难解决的一对矛盾,因此下一步需要发展水平井套管和筛管完井技术。水平井套管射孔完井压裂改造技术在美国非常规气藏开发中占据重要的地位,也是我国煤层气开发重点关注的技术。而分支井筛管完井技术避免了井壁坍塌,保持了主井眼畅通,并且确保了良好的经济性。

美国在低阶煤层气开采中广泛应用洞穴完井。中联煤公司曾做过一些试验,但这项技术最大的问题在于高压高负荷作业,目前国内满足施工条件的区块很少,今后可以进行小范围的试验。

U形井应该是中国煤层气开发中不可缺少的高效开发技术。U形井的优点是投资小、产气量高,并有利于后期压裂改造,是今后重点发展的技术。

此外,煤层气欠平衡空气钻井、径向水平井与洞穴完井技术结合、新型低伤害钻井液体系也都是值得关注的技术研发方向和试验对象。

2.3 压裂改造技术发展方向

沁水盆地15[#]煤层和3[#]煤层动力系统差别较大,适合采用单层压裂单层排采。但韩城3[#]、5[#]、11[#]煤层在动力系统上比较均衡,适合合层开采,因此直井分层压裂技术将是这个区块的主导技术。

美国在非常规气藏改造中大量采用体积压裂工艺,形成大面积泄压采气。我们需要把握体积压裂等储层改造技术发展方向,创新理念,直井纵向剖面动用更多的层,水平井分更多的段,形成煤层整体改造技术。

氮气泡沫压裂,包括二氧化碳泡沫压裂是下一步重点发展的方向。氮气泡沫体积压裂技术包括压裂规模优化、超低摩阻压裂液、超低表面/界面张力活性剂、大排量液氮车、压后排液制度优化。加拿大采用氮气泡沫压裂技术实现了干煤层煤层气的开发突破。中联煤公司2005年在沁水盆地实施了2口水平井氮气泡沫压裂,平均单井日产气量一直保持在4 000~5 000 m³。

丛式水平井整体分段压裂技术也是今后主要的发展方向之一,研究重点包括整体压裂优化技术、分段工具国产化研究、同步压裂技术研究、裂缝方向和规模的实时监测技术。

2.4 排水采气技术发展方向

煤层气排采工作制度的制订和排采设备的选择主要依据以往的经验,尚未形成一套完善成熟、针对不同地质特征的排采技术体系。下一步需要形成适应各区块地质条件 and 生产特征的定量排采技术,以优势渗流带理论、排采动态规律为指导,逐步从单井排采控制过渡到井组、区块排采控制,从而更好地实现面积降压和规模排采。

针对目前煤层气排采设备方面出现的管杆偏磨、断脱、卡泵、泵脱落、泵效低等问题,有针对性地改进或优化排采设备,保证排采连续稳定;加强自动化定量排采举升设备的研究。到目前为止,国内煤层气排采设备基本上沿用的是油田产品,今后在设备创新方面要投入更多的精力。目前倾斜式长环形齿条抽油机正在中石油煤层气公司进行井组试验,气举法也处于初步试验阶段。

2.5 地面工程技术发展方向

针对煤层气开发初期投资大、低压低产、回收周期长的特点,需要在煤层气管材、设备选型、工艺流程和数据采集等方面进行研究,优化整个集输系统,尽量降低投资。需要大力推广站场设备橇装化、模块化和标准化,发展“井口计量、井间串接、低压集气、非金属管集输、集中增压”配套技术,根据煤层气特点简化集输工艺,优化集输参数,降低煤层气开发建设投资,坚持煤层气田低成本开发战略。

3 结束语

我国煤层气资源丰富,发展潜力大,前景十分乐观。实践表明,技术进步对煤层气产业发展起着巨大的推动作用。我国煤层气勘探开发处于起步阶段,需要进一步加强对国外成熟技术的消化和吸收,以及对新型工艺技术的研发和创新。在国家政策的鼓励扶持下,加大研发力度,推进勘探开发工程技术的进步,这将大大促进煤层气产业的形成和快速发展,对缓解我国能源短缺的局面将发挥越来越重要的作用。

参 考 文 献

- [1] 接铭训.鄂尔多斯盆地东缘煤层气勘探开发前景[J].天然气工业,2010,30(6):1-6.
- [2] 徐凤银,李曙光,王德桂.煤层气勘探开发的理论与技术发展方向[J].中国石油勘探,2008,5(1):1-6.
- [3] 刘贻军,李曙光.我国煤层气勘探开发工艺技术展望[C]//2010年全国煤层气学术研讨会论文集.北京:中国煤炭学会煤层气专业委员会,中国石油学会石油地质专业委员会,2010.

(收稿日期 2011-09-27 编辑 居维清)