# 激光破岩技术在地下煤气化应用的可行性分析

王创业\*, 韩军\*, 方惠军\*, 王建飞\*, 刘猛\*, 刘曰武+

\*(中石油煤层气有限责任公司,北京 100028) +(中国科学院力学研究所,北京 100190)

**摘要:**激光破岩技术是近年来国内外能源行业新兴的一项前沿技术,已经积累了大量的实验数据。本文介绍了激光破岩的基本原理和相关实验研究,通过总结国内外地下煤气化试验项目,分析提炼出制约地下煤气化快速发展的工艺技术难点,阐述了激光破岩独有的技术优势,论证了该项技术在地下煤气化应用的可行性和必要性,为提高地下煤气化的稳定性和连续性提供了新思路。

关键词: 激光破岩; 地下煤气化; 应用; 关键技术分析; 可行性

#### 引言

"十三五"期间,我国秉承"创新、协调、绿色、开放、共享"的发展理念,促进能源清洁化发展<sup>[1]</sup>,优质环保的天然气资源受到更高的重视。地下煤气化是将埋藏较深的煤炭在地下创造适当的工艺条件进行有控制的燃烧,产生氢气、一氧化碳和甲烷等可燃气体的化学采煤技术<sup>[2,3]</sup>。由于其开采安全性高、开发成本低、产量可观和得天独厚的环保优势,已经发展成为国内外煤资源综合开发利用的竞争热点。针对我国"富煤、贫油、少气"的资源禀赋[4,5],和其储量丰度、产气速度和效率均远高于目前开发的非常规气,地下煤气化对我国天然气工业发展极具战略性意义,有望开辟快速提高天然气产量的新途径。但是国内外一些试验项目的经验教训表明该项产业理论基本形成,规模应用关键工艺的稳定性和可靠性需要进一步提高,缺乏系列针对性和专业性工程作业技术进行支撑。由于煤岩煤质特性和地质条件限制,高粘结性煤炭燃烧产物和煤层顶板垮塌导致气流通道堵塞,亟需开发适应性技术来解决。

近年来,国内外学者将激光破岩技术应用于能源行业进行了探究,并获得了相关理论分析成果和实验参数研究结果,激光器的类型、工艺参数等都取得了巨大的突破。以问题为导向,聚焦技术瓶颈,地下煤气化开发与高能物理激光技术进行有机融合,利用高能光束使燃烧后高粘结性煤焦和塌陷岩石基质材料局部快速加热,由固态瞬间相变到热熔和汽化状态,或者由于内应力增大而破碎,然后由高速辅助气流将其携走和排除。高能激光具有长距离深穿透成孔潜力,可以建立多簇辐射状人工泄流孔道,为解决地下煤气化堵塞问题提供新的且行之有效的解决手段,为地下煤气化开发提供新思路。

#### 1 激光破岩机理

#### 1.1 基本原理

激光破碎煤岩的基本原理是利用高能光束使岩石基质材料局部快速加热,由固态瞬间相变到热熔和汽化状态,或者由于内应力增大而破碎,然后由高速辅助气流将其携走和排除<sup>[6-9]</sup>。

如图 1 所示,当激光照射到煤岩时,激光在煤岩上产生的热量急剧升高。当热量积聚到一定程度时,煤岩开始破碎。热量继续累积,煤岩将可能熔化甚至气化。热量达到不同状态时,煤岩将产生不同的物理化学变化。激光功率和照射时间影响到煤岩上热量的积累。激光功率越大,照射时间越长,激光破碎煤岩反应越剧烈,热影响区域越大[10-12]。

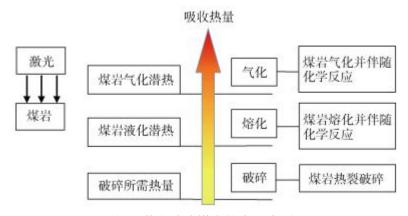


图 1 激光破碎煤岩状态示意图

Fig. 1 schematic diagram of state of coal and rock broken by laser

#### 1.2 实验研究成果

激光对材料的破坏有热效应破坏、热应力破坏和冲击波破坏三种形式。由于急剧升温对材料造成液化和气化等相变烧蚀作用即产生热效应破坏;由于固体内部温度梯度不同,产生不均匀热膨胀,内部材料受到相邻部分的制约,在固体材料的内部产生了热应力破坏;因短脉冲激光使材料烧灼带来的反冲击效应产生冲击破坏<sup>[13-15]</sup>。但是不同工艺参数和类型的激光作用在岩石上,对岩石的破坏形式也不同。

近些年,长江大学在激光破岩排屑机理与温度场特性尽心了探究并发现岩石局部温度急剧变化会改变温度变化部位的岩石性质;中国石化石油工程技术研究院在室内实验室开展了激光对岩石渗透率、弹性模量、泊松比的影响实验,并从激光功率、照射时间、离焦距三个方面进行研究(如图 2),探究激光射孔工艺参数对射孔孔眼尺寸的影响。

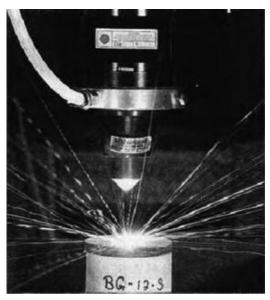


图 2 激光破岩实验装置图

Fig. 2 diagram of laser rock breaking experimental device

研究表明:在激光功率一定的情况下,射束直径越大,则激光强度越小,因而能量分布越分散,这样就不易使岩石因局部过热以致熔化;激光的平均功率与功率峰值、脉冲宽度及重复频率成正比,一般是通过调节激光的重复频率来控制其平均功率;激光波长影响激光在介质中的传递及激光在岩石表面的散射,波长越短,射束越不易发散;岩石经过激光照射后,渗透率可以大幅提高,实验数据提高到30%左右;影响孔径和孔深的主要因素是激光功率和照射时间,随着激光功率和照射时间的增加,成孔深度呈现先增加后稳定的趋势,成孔直径逐渐增大[16-18]。

#### 2 地下煤气化简介与关键技术瓶颈

#### 2.1 地下煤气化简介

#### 2.1.1 基本原理

地下煤气化是在地下创造适当的工艺条件,通过煤的热解以及煤与氧气、水蒸汽发生的一系列 化学反应,将煤炭进行有控制的燃烧,产生氢气、一氧化碳和甲烷等可燃气体的化学采煤技术。其 集建炉、气化和集输工艺为一体,把高分子固体煤转变为低分子结构的可燃气体,抛弃庞大而笨重 的地面采煤设备<sup>[19]</sup>,大幅度减小建井规模,具有安全性高、成本低、效率高、产量可观等优点。

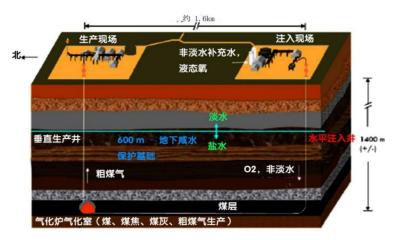


图 3 地下煤气化原理示意图

Fig. 3 schematic diagram of underground coal gasification principle

#### 2.1.2 气化工艺

地下煤气化工艺由气化炉完整性工艺、气化导控工艺和集输处理工艺三部分组成。

气化炉完整性工艺采用远距离精确穿针技术、高强度定温可燃套管、耐高温水泥浆体系、特制注入和生产井口等新技术和新装置,满足地下气化炉高温、腐蚀、煤层垮塌等恶劣工况,有效保障气化炉的完整性;气化导控工艺通过微地震、热电偶、压力传感等手段,监测气化炉演化形态及温度、压力分布,实时调控气化剂注入参数和燃烧点位置,维持气化炉稳定运行,确保注入井、连续管及燃烧器、生产井安全;集输处理工艺采用气化剂高效制备、余热综合利用、净化提纯、注采集输中控等方法,满足粗煤气产量、组分等宽范围动态变化特征,形成合格产品。

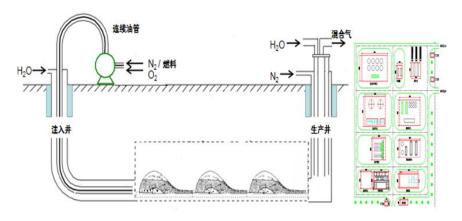


图 4 地下煤气化气化工艺示意图

Fig. 4 schematic diagram of underground coal gasification process

#### 2.2 面临的关键技术瓶颈

根据国内外地下煤气化现场试验的数据统计,将近 50%的项目由于地质选区、气化炉完整性和气化导控等方面存在各种工艺技术的不完善和不成熟导致试验中断。其中,由于高粘结性煤炭燃烧产物和煤层顶板坍塌导致的粗煤气产出通道堵塞而导致项目试验停滞的原因突显,如何建立与之相适应的井下作业技术,已成为制约地下煤气化产业发展的关键技术瓶颈。

表 1 国内外主要项目停滞原因分析

Table 1 Analysis of the reasons for the stagnation of main projects at home and abroad

国家	项目	分析	

法国 1980-1981	Bruay en Artois	因井间液压连通问题失败
比利时、德国 1979	图林	煤层贯通工艺、气化剂配比问题停止
法国 1979-1986	哲拉大	逆向燃烧和水力压裂贯通工艺失败
西班牙 1991-1999	Tremedal 试验	地质论证不完善,水涌入气化腔,导致燃烧失败
英国 2009	/	因产出气通道受阻失败
南非 2007-2011	Majuba 试验	煤层埋深 250-380m,可燃气转化率低
加拿大 2007-2012	Swanhills 试验	堵塞粗煤气产出通道,导致连续管燃烧事故
澳大利亚 2011-2013	Chinchilla 试验	因国家环保政策停止
中国 2007-2012	乌兰察布试验	顶板塌陷,导致连续管技术运行故障

#### 2.2.1 加拿大天鹅山项目

2009-2011 年加拿大天鹅山合成燃料公司在依靠加拿大阿尔伯塔省创新-能源与环境解决方案组织(AI- EES)资金支持下开展中深层地下煤气化项目试验。

该项目目标煤层埋深为 1400m,煤层厚度 7-8m,水平段长 1400m,在 114mm 套管内安装同心连续管注入管柱,连续管和套管环空注水,实现点火液体的间歇注入和气化剂的连续注入。由于深层煤层中地层压力较大,因此气化效率更高,合成气(热值更高)的生产更清洁、更有效。采用可控后退式 (CRIP) 技术揭示了高压 (10-12MPa) 环境下,甲烷产率约为浅层低压气化的 3 倍 (达到37%),日产粗煤气约 16×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup> ,是全球讫今为止作业深度最深项目。

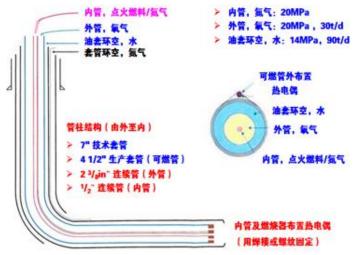


图 5 天鹅山生产井管柱组合

Fig. 5 pipe string combination of production wells in Swan Mountain

由于选址煤岩高粘结性,燃烧后的煤焦堵塞粗煤气产出通道,同时,缺乏针对性井下作业技术,导致粗煤气和注入氧气回流,最终连续油管逐渐被氧气腐蚀,发生注入井爆炸,进行导致了整个试验项目的停滞。

#### 2.2.2 内蒙古乌兰察布项目

2006年,新奥集团与中国矿业大学共同开展地下煤气化技术的研究与应用,并在内蒙古乌兰察

布选址,开展钻井式地下煤气化试验研究。该项目试验煤层埋深 280m,煤层厚度约 12m,水平段长度约 200m,采用可控后退式(CRIP)技术,空气/富氧空气为气化剂,在 1.5MPa 气化压力下实现连续生产,日产粗煤气约 15×10<sup>4</sup>m³,粗煤气热值 800~1200 千卡/立方米,用于燃气锅炉和燃气发电,发电装置平稳运行 300 多天,累计发电 46.9 万千瓦时。

在粗煤气热值、有效组分、气化效率、甲烷含量以及气化稳定性等方面取得突破,揭示了浅层可燃气以氢气为主,占比约 35%,热值随气化剂含氧量增大而增高,为工业化应用奠定了基础<sup>[20]</sup>。

表 2 乌兰察布气体组分含量

Table 2 content of gas components in Wulanchabu

组分	H <sub>2</sub> %	СН. %	CO %	CO <sub>2</sub> %	C2+ %
干气	15	37	5	41	2

由于煤层埋深较浅,上覆岩层支撑性不够,导致该项目运行过程中煤岩顶板坍塌,堵塞了粗煤 气产出通道,致使连续油管遇卡,连续管可控回退工艺失效,由于缺乏相应的井下复杂处理技术, 最终迫使该试验项目停止。

#### 3 应用前景

激光破岩技术在室内实验室取得了突破性进展,而且光纤激光器的发展使激光的远距离传输得以实现<sup>[21-24]</sup>。由于激光破岩技术是将电能转化为热能破碎、熔融岩石,电力资源便利且价格低廉,容易获取、可操作性强。高能激光照射可以大大提高煤焦及顶板岩石的渗透性,具有长距离深穿透成孔潜力,可以建立多簇辐射状人工泄流孔道,解决地下煤气化过程中通道堵塞问题。如果将来应用成熟,高能激光破岩技术可以为地下煤气化开发提供新思路。因此激光破岩技术在地下煤气化开发过程中有着广泛的应用前景。

## 4 关键技术分析

激光破岩技术应用在地下煤气化以解决粗煤气产出通道堵塞问题具有较高的可行性,但是仍有诸多关键技术需要进行研究攻克。

#### 4.1 激光光源优选

激光在井下环境进行深穿孔作业,要求激光光源具有足够高的平均功率,在不考虑其他因素的情况下,功率越高对穿孔工作越有帮助;激光用于井下同时要求激光光源具有较高的光束质量,以支持千米量级的井下传输。因此,激光光源是决定激光深穿孔效率的关键因素。如何综合考虑激光光源的特性,针对特定的煤炭燃烧产物和塌陷的顶板岩石选择恰当的光源达到较好的破岩效果是需要重点攻关的技术难题之一。激光器主要有气体激光器、固体激光器和光纤激光器等[25]。其中光纤激光器是采用柔软细长的掺杂光纤作为工作介质的一种激光器,具有转换效率高,可靠性高,机动性好,与传能光纤的兼容性好,适合远距离传输等特点,是石油工程井下应用较理想的激光器。

需要综合考虑激光发射类型(连续波或脉冲波)、波长、峰值、平均功率、强度、重复率和脉冲宽度等因素优选激光光源<sup>[26]</sup>,分析不同光源形成的激光岩石相互作用模式以及传递到煤岩的能量。

#### 4.2 岩石及煤焦对激光作用的影响

激光作用效率与被作用物质本身的性质有直接关系,因此为了提高激光在煤焦和顶板岩石中的破岩效率,亟需评价被作用物质性质对破岩作用的影响,这有助于后期在现场应用中选择合适的激光深穿孔方式及工作参数等[27],前人对于砂岩与激光的相互作用机理研究较多,而关于激光对煤焦的破岩分析实验尚为空白,因此缺乏相关的理论和实验基础。

需要研究煤焦及顶板岩石的矿物成分、胶结强度、比能、热导率等参数对破岩作用的影响;分析煤焦及顶板岩石杨氏模量和泊松比等岩石力学参数对破岩作用的影响;评价煤焦及顶板岩石割理的发育情况、渗透率、孔隙度等参数对破岩作用的影响,探究激光与煤焦及顶板岩石相互作用过程中内部的温度与应力特征。

#### 4.3 井下适应性研究

激光破岩的室内实验已取得了一些研究成果,但在现场应用方面还很不成熟,这与复杂的井下条件有很大关系。因此,地下煤气化激光穿孔技术成功与否的关键前提在于开展激光穿孔的井下适应性研究<sup>[28]</sup>,其难点在于确定不同复杂井下条件下激光穿孔的适应性问题。高能激光在井下应用过程中,需要从地面传输至几千米以下,需要考虑能量损耗和工程实施等方面问题。需要分析高能激光在水平井复杂环境的适应能力,评价不同井下生产状况中激光穿孔能力和横向疏通效果,分析影响激光作用效率的工程因素,评价不同井下工况下激光能量的传输能力。

## 5 结论与建议

- (1) 高粘结性煤岩燃烧产物和煤层顶板坍塌导致的粗煤气产出通道堵塞,是制约地下煤气化发展的关键技术瓶颈之一。
- (2)激光破岩技术在实验室研究方面已取得突破性进展,但缺乏现场实施经验,需要在激光光源优选、岩石及煤焦对激光作用的影响和井下适应性研究等方面进行研究,最终形成适用性强的井下作业技术,以解决地下煤气化粗煤气产出通道堵塞问题。
- (3)激光破岩技术是近年来国内外能源行业新兴的一项前沿技术,在地下煤气化具有较高的可行性,应用前景广泛,可以加快地下煤气化产业化发展速度。

#### 参考文献

- 1 杨明军, 王玉丹, 文国军, 刘浩杰, 吴玲玲. 激光辐照煤岩的热效应数值模拟分析. 煤田地质与勘探, 1001—1986(2018)06-0217—06. (Yang Mingjun, Wang Yudan, Wen Guojun, Liu Haojie, Wu Lingling. Numerical simulation analysis of thermal effect of coal and rock irradiated by laser. Coalfield geology and exploration, 1001 (2018) 06 / 0217 / 06 (in Chiniese))
- 2 杨兰和,梁杰,余力,等.徐州马庄煤矿煤炭地下气化试验研究[J].煤炭学报,2000,25(1):86-90.(Yang Lan and, Liang Jie, Liao, and so on. Study on underground gasification of coal in Mazhuang coal mine in Xuzhou[J]. Journal of Coal,2000,25 (1):86-90(in Chiniese))
- 3 赵克孝,上官科峰,卢 熹. 低碳经济背景下的煤炭地下气化技术. 专论与综述, 1006—6772(2011)06 0001—03. (Zhao Kexiao, Shangguan Kefeng, Lu Xi. Underground Coal Gasification Technology under the background of low carbon economy. Monograph and Summary, 1006 ≤ 6772 (2011) 06-0001-03 (in Chiniese))
- 4 孔令峰,朱兴珊,展恩强,等。深层煤炭地下气化技术与中国天然气自给能力分析[J]. 国际石油经济,2018,26 (6): 85-94 (Kong Lingfeng, Zhu Xingshan, Zhang Enqiang, et al. Analysis of Deep Coal Underground Gasification Technology and Self-sufficiency of Natural Gas in China[J]. International Petroleum Economy, 2018, 26(6):8594. (in Chiniese)
- 5 刘淑琴,张军,梁杰,余力. 煤炭地下气化综合利用前景[B]. 煤炭科学技术, 0253-2336 (2003) 07-0050-04 (Liu Shuqin, Zhang Jun, Liang Jie, Qiangqiu. Prospect of Comprehensive Utilization of Coal Underground Gasification [B]. Coal Science and Technology, 02532336 (2003) 07 / 0050 / 04 (in Chiniese))
- 6 施斌全,薛启龙,唐文全,等. 激光钻井技术研究展望[J】. 国外油田工程,2010,26(9): 42—44. (SHIBinquan, XUE Qilong, TANG Wenquan, et al. Prospect oflaserdrilling technology[J]. Foreign Oilfield Engineering, 2010, 26(91: 42—44 (in Chiniese))
- 7 HARVIE w Star Walls: Space-age laser weapons show potentialasdrilling tools in new US research program[J]. Oilweek, 1998. 49(311: 43—45.
- 8 徐依吉,周长李,钱红彬。等. 激光破岩方法研究及在石油钻井中的应用展翊 J】. 石油钻探技术,2010, 38(4): 129-134. (XU Yiji, ZHOU Changli, QIAN Hongbin, et al. The study of laser rock breaking method and its application in well drilling[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2010, 38(4): 129-134 (in Chiniese))
- 9 杨玲芝,文国军,王玉丹,等. 激光钻进技术在煤层气定向钻井中的应用探讨[J]. 煤炭科学技术, 2016, 44(il): 127—131. (YANG Lingzhi. WEN

Guojun, WANG Yudan, et al. Application discussion on laser boreholedrilling technology to directional drilling for coal bed methane [J]. Coal Science and Technology, 2016. 44(111: 127-131 (in Chiniese))

10 贺鹏飞,钱江佐. 激光作用下复合材料损伤的数值模拟【J】. 同济大学学报(自然科学版), 2012, 40(7): 1046-1050. (HE Pengfei, QIAN Jiangzuo. Numerical simulation for damageofcomposite materials due to laser strike[J]. Journal of TongiiUniversity(Natural Science), 2012, 40(7): 1046-1050 (in Chiniese))

11 杨玲芝. 文国军, 王玉丹, 等. 激光破碎煤岩作用过程理论分析与实验研究【J】. 煤田地质与勘探, 2016。44(5): 168-172. (YANG Lingzhi, WEN Guojun, WANG Yudan. et ai. Theoreticalanalysis and experimental research Oil breaking process of laserdrilling in coal and rock[J]. Coal Geology&Exploration. 2016, 44(5): 168—172 (in Chiniese))

12 李密, 王岩楼, 王亚丽, 等. 激光破岩的理论分析与数值模拟切. 中国激光, 2008, 35(8): 1245—1249. (LI Mi, WANG Yanlou, WANG Yali. et al. Theoretical analysis and numerical simulation of laser to rock[J]. Chinese Journal of Lasers. 2008, 35(8): 1 245-1 249 (in Chiniese) ) 13 UNDERWOOD L D, NORTON R J, MCKAY R P, et al. Laser bottom hole assembly: US86217901[P]. 2010-10-01[2014-01-14].

14 RAHMAN A, RAHIM A, NABAEI M, et al. Experimentalinvestigation of specific energy of rocks by low power laserdrilling[C]//Society of Petroleum Engineers – Nigeria Annual International Conference and Exhibition 2010, 2010: 336 – 340.

15 MAHDI B,MOHSEN G,SIYAMAK M. Application of air pompin the laser drilling due to solve mud circulation problem in oilwells drilling industry[C]//29th International Congress on Applications of Lasers and Electro – Optics,ICALEO 2010 – Congressproceedings,2010:1480 – 1485 16 易先中,高德利,明燕,等. 激光破岩的物理模型与传热学特性研究[J]. 天然气工业,2005,25(8): 62 – 65. (YI Xianzhong,GAO Deli,MING Yan,et al. Study on thephysical model and heat transfer characteristics of laser to rockbreaking[J]. Natural Gas Industry,2005,25(8): 62 – 65(in Chiniese))

17 柯珂. 激光破岩温度应力数学模型的建立与实验研究[J]. 科学技术与工程, 2012, (29): 7532—7537, 7542. (Ke. Establishment and Experimental study of temperature stress Mathematical Model of Laser Rock Breaking [J]. Science, Technology and Engineering, 2012, (29): 7532-7537, 7542. (in Chiniese))

18 苏芮, 刘刚. 激光破岩机理及其影响因素分析[J]. 西部探矿工程, 2013, (9): 1-6 (Su Ri, Liu Gang. Analysis of laser rock breaking mechanism and its influencing factors [J]. Western Prospecting Project, 2013, (9): 1-6 (in Chiniese))

19 徐建培,司千字,张兆响,等. 煤炭地下气化技术经济评价体系研究[J], 煤炭经济研究,1999(9): 57—59. (Xu Jianpei, Shi Qianzi, Zhang Zhaoxiang, et al. Study on Technical and Economic Evaluation system of Coal Underground Gasification [J], Coal Economic Research, 1999 (9): 57-59. (in Chiniese))

20 陈峰,潘霞,庞旭林. 新奥无井式煤炭地下气化试验进展及产业规划[J]. 煤炭科学技术, 2013,41 (5): 19-22. (Chen Feng, Pan Xia, Pang Xulin. Progress and Industrial Planning of Underground Gasification Test of Xinao Shaojing Coal [J]. Coal Science and Technology, 2013, 41 (5): 19 (22). (in Chiniese))

21N.Bjomdalen, H. A. Belhaj, K. R. Agha, et at. Numerical Investigation of Laser DriUindR 1. SPE 84844, 2003.

22 Z. Xu, C. B. Reed, G. Konercki, et al. Speci 右 c energy forpulsed laser rock drillindJ】. Journal of Laser Application, Laser Institute of Anlerica, 2003, 15(1): 26—29.

23Shahvir P00niwal8. Lasefs: 111e Next Bif[R] . SPE 104223, 2006.

24 Brian C. G"an, Sih Batarseh, Richard A. Parker. LaserMay 0r AlteHlative to Conventional Wellbore Pe 小 rationTechniques[J]. GasTIPs, Fall 2003: 25.

25 徐金泽,任慧磊,张自力,等. 钻井工艺的飞跃—从传统钻井到激光钻井[J]. 科技创新导报,2009,6(18): 78. (XU Jinze, REN Huilei, ZHANG Zili, et al. The leap of drillingtechnology from traditional drilling to laser drilling[J]. Scienceand Technology Innovation Herald,2009,6(18): 78. (in Chiniese)

26 马卫国,杨增辉,易先中,等. 国内外激光钻井破岩技术研究与发展[J]. 石油矿场机械, 2008,37(11):11-17. (Ma Weiguo, Yang Zenghui, Yi Xianzhong, et al. Research and development of laser drilling rock breaking technology at home and abroad [J]. Petroleum Mine Machinery, 2008, 37 (11): 11-17 (in Chiniese).)

27 谢慧,周燕,董怀荣,等. 激光辅助破岩试验研究[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报),2013,35(4):152-154,157. (Xie Hui, Zhou Yan, Dong Huairong, et al. Laser-assisted rock breaking test [J] .Journal of Petroleum and Natural Gas (Journal of Jianghan Institute of Petroleum), 2013, 35 (4):152-154, 157. (in Chiniese))

28 唐世斌, 唐春安, 朱万成, 等. 热应力作用下的岩石破裂过程分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2006,25 (10): 2071-2078. (Tang Shibin, Tang Chunan, Zhu Wancheng, et al. Analysis of rock fracture process under thermal stress [J]. Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2006, 25 (10): 2071 - 2078. (in Chiniese))

# Feasibility Analysis of Laser Rock Breaking Technology in Underground Coal Gasification

Wang Chuangye\*, Han Jun \*, Fang Huijun \*, Wang Jianfei \*, Liu Meng \*, Liu Yuewu<sup>+</sup>

\* (PetroChina Coalbed methane Co., Ltd., Beijing 100028)

<sup>+</sup> (Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190)

**Abstract:** laser rock breaking technology is a new frontier technology in energy industry at home and abroad in recent years, and a large number of experimental data have been accumulated. This paper introduces the basic principle and related experimental research of laser rock breaking, analyzes and abstracts the technological difficulties restricting the rapid development of underground coal gasification by summing up the test items of underground coal gasification at home and abroad, expounds the unique technical advantages of laser rock breaking, demonstrates the feasibility and necessity of the application of this technology in underground coal gasification, and provides a new idea for improving the stability and continuity of underground coal gasification.

**Key words:** laser rock breaking; underground coal gasification; application; key technical analysis; feasibility