

利用激光钻井

陈海燕

(江汉石油学院理学院 湖北荆州 434023)

20世纪60年代,具有方向性强、亮度大、单色性好及相干性好等特点的激光一经出现就引起人们广泛关注,现已广泛应用于军事、医药、人民生活及生产技术等各个方面。冷战结束后,美国国会委托国防部“星球大战”防御部把激光技术用于石油工业,如应用激光技术在卫星上测定油气田开发过程中地面的沉降,用于对采收程度的监控,为制定开发计划提供原始资料;分析不同类型的原油;利用高功率激光切割机械、钻孔、钻探油/气井及射孔等。其中激光钻井技术最具有吸引力,美国能源部预言:“激光钻井技术上的突破,能产生像上个世纪初旋转钻机取代顿钻机那样的根本性转变。激光技术将使气井钻井技术实现历史性的变革,而不是对现有技术作逐步改进。”利用激光这一聚能极强的动力光源作为新的钻井手段,将是21世纪的发展趋势。

一、激光钻井的物理原理

激光钻井,从本质上讲,就是利用强激光与岩石的相互作用。激光钻井是个复杂的高温、高压的物理与化学过程,大功率激光器发出的激光经过透镜

会聚到一个要钻入地层的圆形区域上,这个圆形区域只是要钻井眼直径的很小一部分,岩石表面对激光具有反射、散射与吸收等作用,强大的热冲击可以使要钻入的岩石材料被击成碎片,岩石由于吸收激光能量所形成的高温可使岩石熔融、岩石反射、散射的激光能量使得岩石的环境温度升高导致熔融的岩石蒸发而形成岩石气体,这样岩石气体可在高压的作用下压出地面,这一过程中存在复杂的质量、能量与动量的传递,此外,由于不同岩石的物理性质不同,且在高温、高压下岩石的物性参数也会发生变化,激光钻井过程存在复杂的化学变化。

为了增强热的冲击作用,易于使要钻的材料成为细粒而压出井口,还可以向要钻的部位喷射可膨胀的高强度液体射流,液体射流所用液体的特性要易于使要钻材料融化与粉碎,有助于井壁的光滑,例如,如果要钻的材料是纯净的干硅砂,射流应含有钠或钙的化合物以便于岩石融化、优化井壁特性。

二、激光钻井中所研究的问题及关键技术

尽管激光钻井技术的提出已有近40年的历史,

用 ^{131}I 在甲状腺的浓聚,我国学者曾在50年代治疗甲状腺癌广泛转移,延长病人生命达30年之久。用介入方式把 ^{90}Y 送到肿瘤部位,对肝癌、盆腔及咽部肿瘤起到了很好的治疗作用。用标记的各种单克隆抗体、受体,不仅对部分血液系统肿瘤有明显的治疗效果,还有希望防止和治疗早期转移癌,提高治疗效果和延长存活时间。

三、我国分子影像技术的应用情况

我国部分医院在临床上运用代表新兴学科分子影像技术,使肿瘤、冠心病、脑部疾病等疑难重症的诊断水平发生飞跃。我国3年前开始引进分子影像技术。全国近20家大医院运用这项新技术,对肺、脑、肝、乳腺、胰腺等器官恶性肿瘤的早期诊断、鉴别诊断、寻找转移病灶,以及疗效观察等发挥了特殊作用;对冠心病、癫痫病、老年痴呆病等疑难疾病的诊断和配合手术、药物治疗观察起到了重要作用。

新的医学影像的观察要超出目前的解剖学、病理

学概念,要深入到组织的分子、原子中去。其关键是借助神奇的探针——即分子探针(Molecular Probe)。分子探针不是我们通常所说的针头,它只是一些特殊的分子,这些分子可以像药剂一样吃下去,然后通过血液流动到达需要检查的部位。如果分子探针来探测脑内的肿瘤,导致癌症的肿瘤会分泌出破坏性的酶,这些作为探针的分子就和这些破坏性酶结合。把病人送入特制的分子影像扫描仪后,用荧光器一照,那些被分子探针标记的破坏性酶在计算机屏幕上显现为红色、黄色和绿色的斑点,病变部位就现了原形。

目前,世界上已有500多个分子影像技术中心,一些发达国家在临床上较为普遍采用了这一先进技术。有关专家认为,分子影像技术在我国有着广泛的应用前景,随着这项技术的普遍采用,将有力地推动我国医疗诊断技术整体水平的飞跃发展。

但却一直没能实用化,激光钻井技术仍然是一个探索性的研究课题,所研究的问题有:

(1) 深入研究激光钻井的原理。钻井是一个复杂的物理与化学过程,传统的旋转钻机钻井是通过冲击与切割作用将岩石剥离并通过钻井液将钻屑带出井眼。那么,激光钻井时,究竟如何将岩石一层一层剥离,又如何将岩石带出井眼?

(2) 定量分析钻穿不同种类的岩石需要多少激光能量和证实激光钻入受重力作用液体的能力,这种液体是用来控制钻井中的压力的。

(3) 探讨激光与周围介质的相互作用及对采收率的影响。在钻井过程中会遇到油、气、水以及各种不同类型的岩石与物质,研究激光与上述物质的相互作用对油、气开采的影响。

(4) 激光钻井的经济性,激光钻井的成本与效益分析。

(5) 激光钻井用激光器。

激光器是激光钻井技术中要解决的关键技术之一。钻井用激光器的功率要达兆瓦量级,据目前的研究,用于天然气钻进的高能激光器有:

(1) 氟化物, HF 与氟化重氢 (DF) 激光器,工作波长 $2.6 \sim 4.2 \mu\text{m}$ 之间。美国陆军中的红外化学激光器就是这种激光器,它首先被用来进行油藏的岩层试验。

(2) 化学氧碘激光器,工作波长 $1.315 \mu\text{m}$,其准确性高,射程远,它可以消除在气井钻井中许多有关的井控侧钻与定向钻井等问题。

(3) CO_2 激光器,工作波长 $10.6 \mu\text{m}$,可工作于连续波或重复脉冲方式,平均功率为 1MW ,脉冲工作方式下时,脉冲周期为 $1 \sim 30 \mu\text{s}$ 。

(4) CO 激光器,工作波长 $5 \mu\text{m}$ 至 $6 \mu\text{m}$,可工作于连续波或重复脉冲方式,平均功率为 200kW ,脉冲工作方式下时,脉冲周期为 $1 \sim 1000 \mu\text{s}$ 。

(5) 自由电子激光器,由于它能调节激光辐射波长,故能使激光的反射、散射、吸收、黑体辐射及等离子屏蔽最优化。

(6) 钕/钇,铝/石榴石激光器,工作波长 $1.06 \mu\text{m}$,用于工业的能量较小,只有 4kW 。

(7) 氟化氮激光器,是一种原子激光器,工作波长 $0.248 \mu\text{m}$,最大功率为 10kW ,脉冲工作方式下时,脉冲周期为 $0.1 \mu\text{s}$ 。

三、激光钻井的研究状况

近几年来,有许多关于激光钻井技术研究进展的报道。1998 ~ 1999 年度,美国 GRI (Gas Research Institute) 提出了一项两年计划,投资 60 万美元,联合

美国空军、陆军和科罗拉多矿业学院、麻省理工学院、雷克伍德公司和菲利浦石油公司一起探索把美国在 20 世纪 80 年代和 90 年代用于星球大战的激光技术用于石油工业的气井钻井、完井的可行性、效益以及对环境的影响,提高美国工业的竞争能力。

美国伊利诺伊州 DES PLAINES 消息:经过两年的研究,军用激光器应用于石油天然气开采已取得了成功。两次具有历史性意义的实验是:

第一次试验所用激光器是波长为 $3.8 \mu\text{m}$ 的中红外高功率化学激光器,输出功率 $600 \sim 1200\text{kW}$,光斑直径为 152.4mm 激光束直接照射在 $304.8\text{mm} \times 304.8\text{mm}$ 的沙岩面上,经 4.5s 的照射,激光束穿透沙岩样 63.5mm ,排除 2.5kg 沙岩,相当于以 50.8m/h 的机械旋转钻井速度。

第二次试验对水平井的钻井和射孔作业进行了模拟。用透镜将激光束聚集在一个直径为 50.8mm ,厚度为 76.2mm 的沙岩岩样上,两次 2s 的激光照射后贯穿岩样 152.4mm ,相当于 135m/h 的机械旋转钻井速度。用高能激光射孔,射孔深度可达 61m 。试验前后所进行的渗透率的测量表明:井眼周围和井内的渗透率均没有减少。

上述两次试验表明:高能激光钻井技术十分有效。紧随其后,美国石油工业学院的研究人员联合了美国能源部,大学及工业部门,就激光钻井应用于石油开采业的商业可行性进行了评估。结论是:激光钻井技术钻井速度快、效益高、环保(因激光钻井不需要传统机械旋转钻井中常常使用的、对周围环境有害的钻井液)。激光钻井可代替传统的旋转钻井法,从而使石油钻井发生重大的技术突破。

激光钻井是一项很有发展前景的技术。虽然目前对激光钻井技术的研究开发还仅停留在实验室室内试验阶段,还没有现场试验的报道,而且仅对激光技术在钻探天然气井方面的应用进行了探讨,但它为钻井工业提出了一种全新的理念。

