

坚持不懈 持续攻关 川渝页岩气钻完井关键技术取得重大突破

——记中国石油川庆钻探工程有限公司页岩气钻完井技术研究团队

张德军 周长虹 连太伟

近年来,国家不断推进清洁能源发展计划,加快实施“蓝天保卫战”,同时我国天然气对外依存度超过40%,油气供需矛盾极为突出。川渝页岩气资源量位居全国之首,是国家页岩气示范区建设和中石油天然气主力增储上产区域。前期形成的第一代页岩气工程技术初步实现工业化开发,但随着2014年以来国际油价持续走低,2020年甚至跌破20美元/桶,使得国内外页岩油气开发作业者与服务商均陷入经营困局,导致了美国页岩气巨头切萨皮克等生产商破产,长水平段水平井钻完井成本面临巨大挑战,迫切需要技术升级换代。

为此,从“十三五”开始,中国石油川庆钻探工程有限公司页岩气钻完井技术研究团队,以国家重大专项为依托,坚持不懈,持续攻关,创建了新一代山地页岩气提速模板,在油基钻井液、长水平段导向钻井、水平井压裂、工厂化作业等关键技术方面取得重大突破,发展形成了新一代页岩气钻完井技术体系与标准,在长宁-威远、昭通国家级页岩气示范区规模应用,部分成果已推广应用至泸州等深层页岩气,实现了提速、增产、降本和安全、环保的目标,保障了页岩气的可持续开发,研究成果荣获中国石油天然气集团

有限公司科技进步一等奖。

项目主要完成人为韩烈祥、钱斌、李维、张德军、冉启华、张永强、吴春林、谭宾、李跃刚、谢意、连太伟、曾小军、周长虹、欧阳伟、李洪兴、李玉飞、万伟、吴朗。

川渝页岩气开发面临以下几大挑战:一是开发不断向山区拓展,纵向存在多个漏失层,目标地层微裂缝发育,钻井垮塌、井漏等复杂多,严重制约钻完井提速提效;二是山区平台容量低、工厂化作业程度低、效率低,水平井钻完井技术不满足高效开发需要,影响建产速度;三是钻井难度高、压裂规模大,旋转导向等高端装备依赖进口,普及率低、停等多、工艺不成熟,导致单井工程费用高,页岩气开发盈利能力差。

针对上述挑战,项目组以“降复杂、缩周期、控成本”为目标,从提速模板创建、强封堵油基钻井液、高端导向钻井、水平井高效固井等6方面开展攻关,实现了页岩气工程技术新的重大突破,建立了第二代山地页岩气钻完井关键技术体系与标准,安全环保与投资回报水平进一步提升,支撑了川渝页岩气规模效益开发。

创新了页岩气提速模板创建技术,不断引领提速提效。提出“地质、工程、管理”交互融合理念,充实混合流态雾化钻井防漏、遇水膨胀固化复合堵漏等先进实用技术,有效解决浅表层漏失难题;开

发了基于大数据深度分析和钻井知识库的钻井模板生成软件,形成的第三代提速模板支撑钻井提速50%;通过“一井一策”的精细化钻井设计,精益管理提高施工队伍整体水平,创造了10项钻井纪录,技术指标全面赶超国外公司。

创新了页岩气水平井高端导向钻井技术,实现技术服务转型升级。发明钻柱扭摆滑动钻井方法,开发了安全控制模块与智能导向软件,集成“近钻头伽玛成像+元素录井辅助”的地质工程一体化导向技术,机械钻速同比提高20%,优质储层钻遇率提高到97.4%,水平段最长3124米;自主研发了旋转导向系统,形成以振动控制、导向PDC为核心的旋转导向配套技术,“造斜段+水平段”同比提速25%,首次实现川渝页岩气“造斜段+水平段”一趟钻完成。

升级了强封堵油基钻井液技术,事故复杂与成本显著降低。利用“固液协同增强乳化稳定性”“三元复合封堵”机理,发明了梳型分子结构主乳化剂,油基钻井液技术全面升级,实现近“零滤失”,复杂时效从2.33%降至0.92%;研发了油膨胀胶结复合树脂等3种关键处理剂,形成油基钻井液堵漏技术,一次堵漏成功率达62.8%。

形成了页岩气水平井高效压裂技术,降本增效明显。构建了多裂缝动态扩展预测模型、多簇暂堵转向裂缝延伸压裂设计与实



页岩气工厂化钻井作业现场

时调整方法;形成了密切割高强度压裂技术,单井测试产量有效提升;建立了“石英砂替代陶粒”新型混合压裂改造技术,单井支撑剂费用降低30%。

完善了页岩气水平井固井技术,固井质量持续提升。研发了高效冲洗型抗污染隔离液体系,研制了基于层析成像原理的固井顶替模拟装置与“Ω”碰压胶塞,创新了多因素耦合的顶替效率计算方法,开发了顶替效率分析软件,水平井段平均固井声幅优质率由52.7%提高到83.2%,固井质量大幅提升。

升级了山地页岩气工厂化作业模式,施工效率大幅提升。发展了山地工厂化平台设计,研制了页岩气五级分离投产装备,优

化了工厂化钻井、压裂模式,形成了页岩气井快速投产技术,完善了山地工厂化作业技术体系,作业效率进一步提高。

如今,川渝页岩气钻完井关键技术成果不断完善和产业化应用,在长宁-威远、昭通国家级示范区等全面推广应用近千井次,在“勺”型井、上倾井等复杂工艺井逐年增多、水平段长增加7%情况下,钻井周期缩短12.9%、平均建井周期缩短17.8%,钻探的泸203井获得137.9万方/天的高产,强力支撑了页岩气快速规模上产,高效建成了川南页岩气生产基地,促进了页岩气产业快速发展。近2年技术成果服务收入20.77亿元,实现利润1.13亿元,节约费用10.84亿元,取得了显著经济及社会效益。

引领地下工程建设,再创地下铁军辉煌

——水电六局乌东德水电站右岸地下厂房施工纪实

卢熙舜 习同新

6月16日上午10时30分,随着最后一台机组安全试运行72小时,乌东德水电站顺利实现了全部12台机组按期投产发电的目标,向党的百年华诞献上了一份水电人的厚礼!

2019年8月31日,这是一个令人激动的日子。由水电六局承建的乌东德水电站右岸地下厂房土建项目全部移交给机电安装标段,标志着乌东德水电站工程建设重大节点目标顺利实现。

右岸主厂房位于峡谷岸坡内,共安装6台单机容量为850兆瓦的混流式水轮发电机组。主厂房开挖尺寸和高度居世界之最。乌东德右岸主厂房于2013年8月15日正式开工,主要采用钻爆法开挖施工,自上而下分层开挖,共分十一大层、十六小层,累计完成石方洞挖89万立方米。由于在开挖期间遇到了小夹角陡倾岩层、碳质薄膜区、褶皱核部等八类不良地质的影响,主厂房混凝土施工启动晚了两个半月的时间。

不忘初心砥砺前行,用工匠精神铸造丰碑

在地质复杂、高边墙、大跨度、大断面的条件下,针对地下厂房开挖支护、混凝土施工等技术难题,施工局精密安排,合理布局,在开挖期间按照“先洞后墙、

薄层开挖、随层支护”的原则组织进行施工,极大地保证地下厂房的安全稳定。针对水轮机层以下大体积、高级配、高强度混凝土入仓等特点,施工局采取国内最先进的全回转臂架式梭式布料机,极大地提高了现场生产效率。主厂房机组结构钢筋布置复杂、金结埋件种类繁多,施工要求极为苛刻。

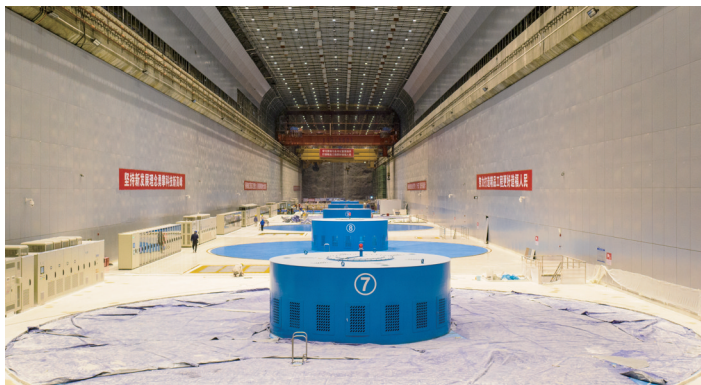
在金属结构安装中,国内首次大规模采用800兆帕级高强度钢,焊接技术难度较大。施工局直面现场实际问题,精心组织、挂图作战,质量管理人员全过程进行记录旁站,并严格控制焊接层间打磨。通过过程精细化管理,严格的质量控制,焊缝焊接一次验收合格率达98.44%,并形成了一套完整的高强钢焊接工法。在厂房蜗壳砼混凝土施工中,为确保蜗壳抬动控制在设计范围内,蜗壳混凝土分为8个薄层浇筑,在浇筑蜗壳阴角腰线以下部位时,施工局成立以施工局领导牵头的监测工作小组,施工局局长聂文俊经常通宵达旦地在蜗壳内部值班,与监测人员共同坚守在施工一线,后半夜检测人员疲惫困乏,领导便承担起了监测工作,整整五六个小时,全神贯注观察蜗壳抬动、位移监测情况。在以施工局领导亲自督战的工作小组监测管控下,最终蜗壳累计抬动值仅

为0.11毫米,远小于设计值的0.25毫米,取得了良好的效果。

可再生发电工程质量监督站项目站发给施工局的贺信中说,作为乌东德工程的参与者之一,见证了水电六局在乌东德工程建设过程中的成长。希望六局再接再厉,积极响应电建集团“争创国家优质工程,打造中国水电国家名片升级版”的工程建设目标,将乌东德水电站建设成“创新型‘十三五’示范工程”,铸就水电六局地下铁军新的丰碑!

牢记使命优质履约,以创新思维追求卓越

2018年春节是一个不平凡的春节。为确保2019年6月份最后一台机组的顺利封顶,春节期间厂房所有管理人员和施工班组放弃与家人的团聚,不放假、不回家,坚持在生产一线。为确保6月份最后一台机组顺利封顶的目标,每天下午六点由聂文俊组织的现场日碰头会,现场各级管理人员包括协作队伍的队长、班长均须参加,对现场的技术、安全、质量及施工资源所遇到的问题进行及时解决,并对第二天的生产任务做出详细安排部署,明确责任人,对完成任务较好的带班或工人在碰头会上直接给予现金奖励,对完成不好的进行处罚,充分调动了一线工人的积极性,生产任务有奖有罚,事不隔夜。



乌东德水电站右岸地下厂房全景

主厂房11#机为最后一台向机电标交面的机组,在现场碰头会中聂文俊明确要求6月10日最后一仓备仓完成,混凝土开仓浇筑。厂房风罩墙和发电层板梁柱用12天的时间备仓,可以说是前所未有的速度,同样也是前所未有的挑战。

厂房开挖期间遇到了八种不良地质问题,混凝土启动滞后2.5个月。施工局通过周密的部署,合理的安排,凭借着精诚团结、沉着应战、敢于亮剑、从不言败的铁军精神,2019年6月10日取得了六台机组率先封顶的优异成绩。西北监理总监胡启斌在主厂房机组封顶仪式上感慨地说道:“我见证了水电六局将世界最高的地下厂房开挖到底,见证了将进水塔第一个浇筑到顶,见证了由他们

施工的导流洞过流后表现出的过硬的品质。”

经过各参建者的长期坚持,克服各种困难,右岸地下厂房建设实现了质量安全零事故的“双零目标”,为在大型工程施工现场如何做好质量、安全管理积累了宝贵经验。

从2013年8月15日右岸主厂房开始开挖爆破,5年9个月24天,施工局在大党建的引领下,通过金沙江劳动竞赛活动形成了一种“比、学、赶、帮、超”的氛围,大家相互追赶,相互挖掘自身的潜力。厂房风罩墙和发电层板梁柱一层施工时间由常规的30天,调整到10#机的16天、11#机12天的企业新纪录。完美实现了六局人进军乌东德的初心,“引领地下工程建设,再创地下铁军辉煌”。