

中国华电集团创新成果构筑“正压屏障” 实现井下设备从被动维修到主动防控

吕唯 李云南 丁少慧

在煤矿井下开采中,采煤机作为核心生产装备,其电控系统的稳定运行直接关系到作业安全与生产效率。然而,井下高湿度、高粉尘、温差剧烈的特殊环境,使得电控腔受潮、进水成为诱发电气故障的“头号杀手”。行业数据显示,井下70%以上的电气设备故障由受潮或进水引起,不仅导致频繁停机、维修成本激增,更可能引发漏电、短路等重大安全隐患。

为应对这一行业共性难题,中国华电集团旗下榆横煤电小纪汗煤矿综采一队(以下简称“综采一队”)自主研发了“一种采煤机防爆腔正压防潮压力检测装置”,并在11221工作面完成工业性试验。该装置显著提升了设备防护能力,使采煤机防爆腔受潮故障率下降91.7%,检测效率提升95.8%,成功破解了煤矿井下采煤机电控腔防潮难题,为煤炭行业高湿环境下电气设备防护提供了创新实践方案。

“传统的定期开盖检查、更换密封件等防潮手段,就像‘事后诸葛亮’,不仅耗时费



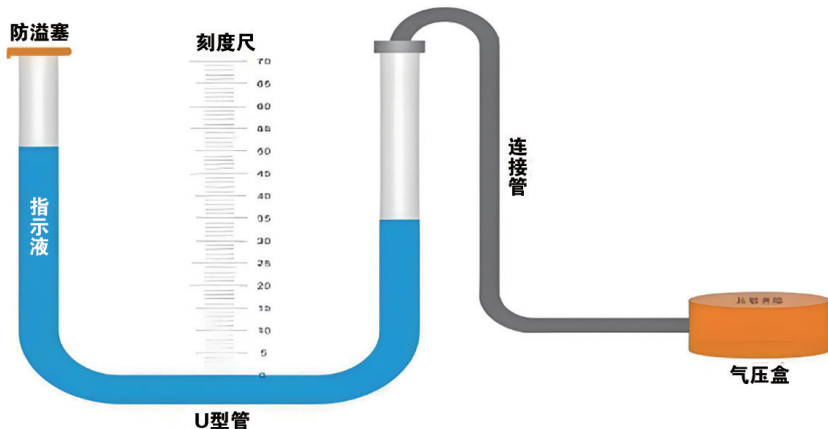
压力检测装置实物图

力,防护效果还不稳定。”综采一队技术负责人介绍,针对该痛点,团队历时半年深入研究井下电气设备受潮机理,创新提出“正压防护+压力可视+密封优化”三位一体技术路径,成功研发出这款防潮压力检测装置。

该装置的核心优势在于实现了从“被动维修”向“主动防护”的转变。其通过在采煤机防爆腔内放置干冰,利用其受热汽化的物理特性使腔内形成高于外部环境的“正压屏障”,从源头阻挡潮湿空气与粉尘侵入;定制化防爆气压计将压力数据实时呈现在设备观察窗

上,无需开盖即可直观判断气密性状态;配套的“凡士林密封+接口排查”方案,更使防爆腔气密性稳定维持30天以上,大幅降低维护频率。

在久益7LS6C型采煤机上的试点应用中,该装置展现出优异性能:单台设备安装仅需2小时,无需改造原有结构;应用前设备月均受潮故障1.2次,应用后降至0.1次,设备平均无故障运行时间延长30%;传统检测需停机2小时,如今通过观察窗5分钟即可完成,单套装置成本仅500元,年均维护成本控制在2000元以内,经济与安全效益双重凸显。



U型管

电控箱压力检测装置原理图

据了解,该装置已形成完整技术体系,多项创新点获得行业认可:系统揭示了高湿粉尘环境下设备受潮机理;采用固态气体预置增压方法实现密闭空间精准控压;利用干冰汽化降温效应强化除潮效果;自制简易压力检测装置兼顾精度与实用性。整体技术填补了行业同类应用的多项空白。

展望未来,榆横煤电小纪汗煤矿已牵头制定该装置的推广方案,计划于2025年11月至12月完成技术参数优化与手册编制,2026年起在集团内高湿风险区域全面推广,至2027

年建立“推广—反馈—优化”长效机制。

“我们希望通过标准化推广,让这项技术惠及更多矿井,推动行业电气设备防潮技术从‘被动应对’向‘主动防控’升级。”榆横煤电小纪汗煤矿相关负责人表示。

业内专家评价指出,该装置以“低成本、易适配、高效率”的鲜明特点,为高湿环境电气设备防护提供了可复制、可推广的实践经验。其推广应用将有效降低煤矿生产安全风险,提升设备运行稳定性,对推动煤炭行业绿色安全高效发展具有重要示范意义。

以质为擎破译致密气藏密码,以智领航开启勘探开发新篇

中国石油西南油气田公司勘探开发研究院首获国际QC金奖

李楠 关旭 于鹏 郭蕊莹

在近日举行的第50届国际质量管理小组会议(ICQCC)上,中国石油西南油气田公司勘探开发研究院(以下简称“勘探开发研究院”)“陆战队”QC小组课题《一种河道致密气I、II类井的预测方法研制》荣获国际金奖。此为勘探开发研究院斩获的首个国际QC最高级别奖项,这既是对企业质量管理与科研创新深度融合的权威认证,更彰显了中国石油在非常规天然气勘探开发领域“以质取胜、以智赋能”的引领实力。

在“碳达峰、碳中和”目标引领下,保障国家能源安全亟需夯实天然气作为最现实过渡能源的战略地位,致密气作为非常规油气增储上产的核心战场,其勘探开发质量直接关系清洁能源替代进程与能源自主可控。“陆战队”QC小组始终将“以质为擎、科技为核、效益为要”作为根本遵循,构建全要素质量管控体系,实现“过程可溯、决策可判、成效可期”的精益管理。正是这种将质量意识熔铸于科技研发的坚守,使团队一路厚积——从省部级到国家级荣誉,从行业认可到斩获国际金奖,最终以“薄发”之势在四川盆地致密气甜点预测领域实现重要突破,为中国石油非常规油气高效勘探开发

提供了坚实质量支撑,有力助推了天然气在双碳进程中主体能源作用的发挥与能源安全屏障的构建。

协同攻关:破解核心瓶颈,构建全链条技术体系

近年来,针对四川盆地致密气藏“低孔、低渗、强非均质”的核心难题,研究院聚焦陆相层系立体成藏、致密储层精细描述及单井产量(EUR)提升三大方向,构建“成藏机理研究—储层精细表征—甜点评价—井位部署—开发评价”全链条攻关体系。创新提出“双源多期充注、断砂复合输导、环源规模聚集、河道差异富集”成藏理论,集成“砂—储—缝—藏”精细表征与“河道砂组—富气区—有利储渗体”分级评价技术,建立强非均质性致密河道建产区优选方法及I、II类井科学部署模式,突破窄河道常压—超低压气藏动态预测与优化开发瓶颈。

技术攻坚:创新预测体系,实现精准勘探开发

依托扎实的科研积淀,团队在PDCA(计划、实施、检查、处理)循环框架下,运用TRIZ(萃智理论)系统剖析技术矛盾,通过头脑风暴与40余次方案迭代,形成“多尺度融合、多参数约束、多阶段验证”的预测技术体系。

在多尺度融合环节,实现从

“微观孔隙—宏观砂体—河道成藏体系—开发效果”的四级耦合刻画,创新构建地震—地质—开发动态数据融合平台,精准刻画不同尺度富气单元配置关系及开发技术政策适配性。

在多参数约束环节,建立“源—储—运—聚—保”成藏要素核心参数评价体系,运用机器学习算法,有效规避多解性风险,实现预测结果的定量约束。

在多阶段验证阶段,创立“概念模型—数值模拟—实验检验—动态修正”四位一体闭环验证机制。从方案设计阶段的正演模拟,到实施阶段部署先导试验并验证;投产后持续追踪,通过30余轮迭代将预测误差率压缩至5%以内。

QC实践:支撑气田开发,助力产能高效突破

该成果有效支撑TF气田JQ、JY区块等重点建产区的产能建设,形成“周滚动优化、月复盘分析、季迭代升级”的快速响应机制。

在核心指标方面,通过精准预测方法的应用,河道致密气I+II类井部署成功率从实施前的73%跃升至87%,水平井测试产量平均由5万方/天提升至40余万方/天,实现了井位成功率和产量的跨越式增长。

在规模化应用方面,快速落实三个千亿方级储量区,探明资



源潜力超10万亿方,新增探明储量超2000亿立方米,支撑部署井位超百口,年产气量突破50亿方大关,有力支撑川渝地区致密气井高效部署与规模效益开发,切实保障川渝地区800万户居民年度用气需求,实现历史性突破。

价值延伸:沉淀创新成果,强化行业竞争优势

基于科研成果与实践的积淀,勘探开发研究院正将致密气领域的技术优势转化为行业影响力与综合竞争力。

在知识产权方面,团队已形成“论文—专利—软件—技术秘密”知识产权集群,获授权国家发明专利9件,发表SCI(科学引文索引)、EI(工程索引)、CSCD(中国科学引文数据库)及中文核心期刊论文48篇,登记软件著作权1项,认定技术秘密1项。

在行业认可方面,团队成果通过四川省石油学会权威鉴定,整体技术达国际先进水平,陆相浅水三角洲窄河道致密砂岩气富集理论达到国际领先水平。

未来展望:深耕质量建设,助推气田稳步前行

目前,勘探开发研究院已构建“理论创新—QC攻关—现场验证—知识产权输出—技术迭代”的卓越质量管理模式。

此次荣膺国际金奖,不仅是对研究院“精益求精、追求卓越”质量文化的高度褒奖,更是中国石油在非常规油气领域实现科技自立自强的生动注脚。展望未来,致密气团队将继续以质量管理夯实创新根基,以技术突破回应现场需求,为国家能源安全和行业高质量发展提供更扎实的支撑。