

# 煤层气集中输送管网积液监测及处理技术

陈旭江（山西蓝焰煤层气集团有限责任公司，山西 晋城 048200）

**摘要：**北方某矿输气管网存在积水问题，通过观测发现主要积水区域为铺设管路低洼处。为有效控制管路积水对煤层气抽采影响，低管路低洼处安装水位仪，水位仪和两级阀门实现联动排水，实时监控管路低洼处水量，当水量过大即可自动排出。研究成果和研究方法对于其他地区煤层气抽放管路中积水问题处理就有一定指导意义和现实意义。

**关键词：**煤层气开采；管路积水；实时观测；智能排放

## 0 引言

煤层气进行开采和输送过程中，常通过管路进行加压输送。由于压力、温度以及煤层气开采过程中抽采工艺等因素的影响导致输送管网中产生积液，积液会滞留在低洼处，不及时处理将导致管路内壁腐蚀、管网断面降低，严重影响气体输送安全。

目前，关于输气管路积液问题研究较少，针对输气管路的研究仅停留在管路建设阶段，李捷、赵晓隆针对长输管道应力及内部附着物分布情况进行了模拟研究，对不同管道输送压力下管道中附着物产生的阻力分布情况进行了研究，研究结果对于管道附着物清理提供了理论依据<sup>[1]</sup>。漆琦对煤层气输送过程中安全监测监控系统进行了研究，提出防治管路内气体燃烧措施，研究内容取得良好效果<sup>[2]</sup>。金安泰对水气管路放空过程中流体动态运移演化规律进行了研究，提出输气管路放空过程中气体出口扩散理论，研究成果对于输气管网气体监测监控参数制定提供了理论基础<sup>[3]</sup>。其他专家学者分别针对输气管路相关问题展开了研究<sup>[4-8]</sup>。目前关于输气管路中积液问题监测和处理的研究比较少。西北地区某矿进行煤层气开采过程中，出现管路积液问题。为防治积液对管路造成影响，现针对该问题展开研究，提出监测监控措施和防治方法。

## 1 工程概况

北方地区某矿开采前探明大量煤层气资源，根据勘查报告知煤层气总量达 3.97 万亿  $\text{m}^3$ ，其中标高 1000m 以上储量为 1.9 万亿  $\text{m}^3$ 。目前开采的煤层气位于 3# 号煤层中，煤层平均厚度 5m，平均倾角  $8^\circ$ ，煤层顶板以砂质泥岩为主，平均厚度 12m，底板以泥岩为主，平均厚度 26m。根据现场取样测得煤层气平均含量为  $10\text{m}^3/\text{t}$ ，渗透率为  $3 \times 10^{-3} \mu\text{m}$ ，储层压力为 0.6MPa，综合评估为高产气井。煤层气抽采首先在地面施工抽采孔，抽采孔布置图如图 1 所示，分布点布

置有独立的抽采泵，独立抽采泵系统实物如图 2 所示。最后所有独立泵站的气体通过管路集中到中央泵站位置。单个钻井施工竖向主钻孔 1 个，主孔施工至含煤层气储气层位置，按照设计在储气层区域开分支。为提高抽采效率，储气层施工的抽采钻孔需要采取致裂增透措施，提高煤层气抽采效率。所有措施实施完成后采用“两堵一注”工艺对竖向主孔进行封孔，封孔长度不小于 10m。

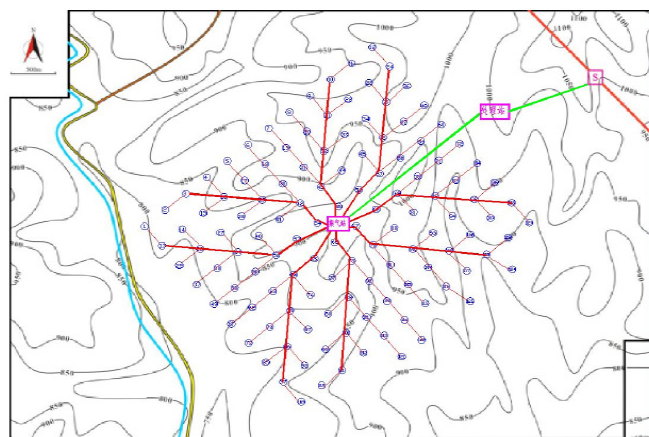


图 1 煤层气边采边抽措施



图 2 独立抽采泵系统实物

抽放管路直接连接抽放泵站，抽放泵站位于地面，管路通过竖向主孔沿着副斜井直达地面。现场观测抽采流量存在差异，对单个井口出口位置抽采部位抽采流量和中央泵站位置抽采流量进行为期 14 天对比观测，观测结果如图 3 所示。根据图 3 分析可知，中央泵站位置煤层气抽采流量严重衰减，且衰减量比较大。如果中央泵站位置流量比独立泵站位置流量高，多是由于管路封闭不严导致漏气行程的；中央泵站抽采流量低于独立泵站位置流量，则多是由于局部断面过小导致的，井下出现管路积水所致。为此必须对井下管路进行积水排查。

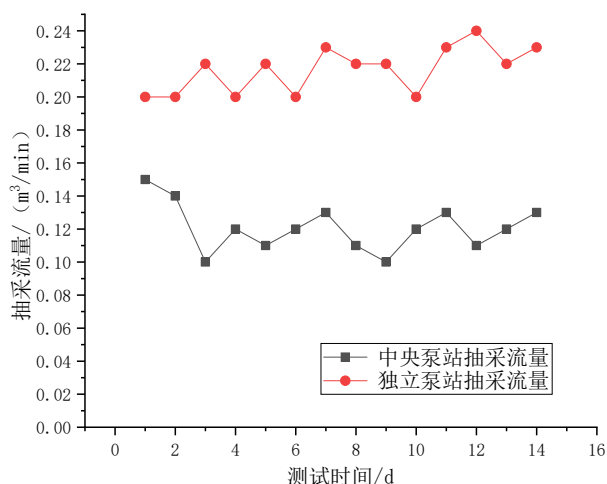


图 3 煤层气抽采流量对比图

## 2 积液情况分析

该矿煤层气抽采系统主要为高负压泵顺层预抽和低负压泵边采边抽，抽采位置点主要为 3# 煤层位置。煤层气进行抽采过程中，钻孔独立泵站位置安装了水气分离装置。水气分离装置如图 4 所示，钻孔从水气分离器进气孔进入，排气孔排出，当积水达到一定量后从底部智能排水阀门防水，防止钻孔中的水流入排水管路中。

所有瓦斯抽放管路均进行封孔，封孔长度 10m，采用“两堵一注”的封孔方式进行封孔，封孔段两端安装玛丽散，上向孔于封孔段尾部安装返浆管，端头安装注浆管；下向孔则于封孔段头部安装注浆管，端头安装返浆管。待玛丽散凝固后，从注浆管注入水泥浆液，当返浆管返出浆液后停止注浆。整体凝固后即封孔完毕，随后进行连抽。具体封孔方式如下：

第一，采用 BW250 注浆泵将配比好的水泥浆进行注浆（水灰质量比为普通水泥：水：膨胀剂=1：

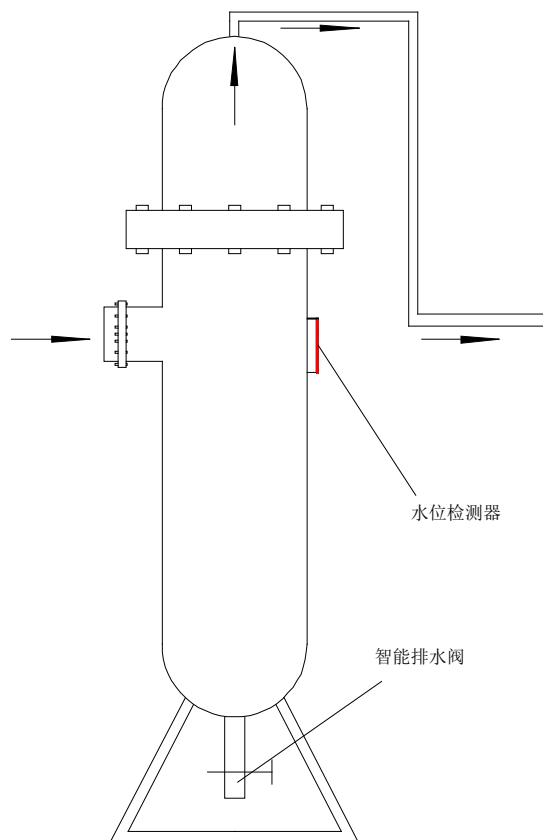


图 4 水气分离装置

0.8 : 0.2)。通过胶管注入水泥浆液，待返浆管出浆后，关闭 4 分返浆管处闸阀。并间歇性地继续注浆，待注浆终压达到 5MPa 后方可停止注浆。

第二，注浆结束后，对注浆泵进行卸压时，必须先关闭注浆管口的闸阀，然后打开卸压阀，人员严禁站在卸压口正前方。

第三，最后对注浆管路和注浆泵进行清洗，管内无残余浆液，直至流出清水为止。如遇到停电，及时将注浆泵腔体打开用清水冲洗干净；注浆管路直接连接至清水管上冲洗。

连抽排气管路沿着地面铺设，由于地形原因中央泵站位置高，独立泵站位置比较低，且地面管路铺设以地形为基准，必然存在低洼处，如果管路有水，预测积水区域位于管路低洼处借口。目前整个抽采系统未安装任何排水装置，仅通过法兰进行连接，为验证管路最低位置存在积水，将地面抽放泵暂停，拆解尾部法兰连接器，拆解后发现管路中存在大量积水，且已经溢满整个管路最低点，泵站进行抽采过程中便会出现液体沿着排气方向局部倒流的线性，因此检查工通过积水区时常听到“咕嘟”的水声。

根据 3# 煤层区域内水文地质报告分析，区域直

接充水含水层为延安组砂岩裂隙地下水与直罗组砂岩裂隙地下水；薄煤层区矿井直接充水含水层为延安组砂岩裂隙地下水，均补给条件差，富水性微弱。水文地质勘探类型为Ⅱ类Ⅱ型，即以裂隙充水为主的水文地质条件中等型。施工的抽采孔必然会导致含水层区域的水流入储气层抽采区域。且为了提高抽采效率，进行抽采前采取了水力压裂增透技术导致储气层中含水量增加。

综合分析，煤层气抽采系统主要积水区域位于管路低洼处，水源为煤层进行连抽时从钻孔中排出的水，虽然抽放泵和煤层抽放管之间安装了水气分离装置，由于含水层水系影响，钻孔出水量比较大，水气分离装置储罐中水量过大时，依旧会出现大量水外溢的现象，大量水流入管路中。因此，对管路中的积水问题治理必须做到实时监测，监测重点位置为管道铺设低洼处。

### 3 监测监控及报警

目前抽放管路安装了一套瓦斯抽采监控系统，整个系统主要由地面中心站、抽采泵站监控分站、各种抽采传感器及抽采管理软件组成。可以直接接入矿井安全监控系统高速工业以太环网，连续监测瓦斯抽采管路内的气体温度、负压、正压、浓度（ $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}$ ）等参数；连续监测瓦斯抽采泵站内泄漏瓦斯浓度、抽采泵轴温、电机轴温及其定子温度。针对抽放管路积水问题无监测监控系统。

根据目前观测情况，煤层气抽放管路主要积水区域位于管路铺设低洼处，为了有效的防治管路积水问题，管路积水实现实时监控，同时对积水点进行定时排水。常用积水实施监控措施为水位仪，将电子水位仪安装于低洼处，电子水位仪和地面监测监控系统连接。同时安装自动排水阀门。管路低洼处管路设计如图5所示。低洼处安装水位检测仪，水位监测仪和1#阀门、2#阀门实现联动，初始状态2#阀门关闭，1#阀门打开。当水位仪观测水量过大后，1#阀门关闭，2#阀门打开，排出1#阀门和2#阀门之间的积水，后关闭2#阀门，开启1#阀门。以上排水措施均采用自动化实现，自动化排水措施直接和地面主控制室连接，实现远程控制和手动控制双控结构，采用以上双控排水措施后，井口流量显著提高。抽采量随之增大。

### 4 结语

北方某矿进行煤层气抽采过程中出现井口抽采流量较大现象，且井下管路铺设低洼地区出现咕嘟声，

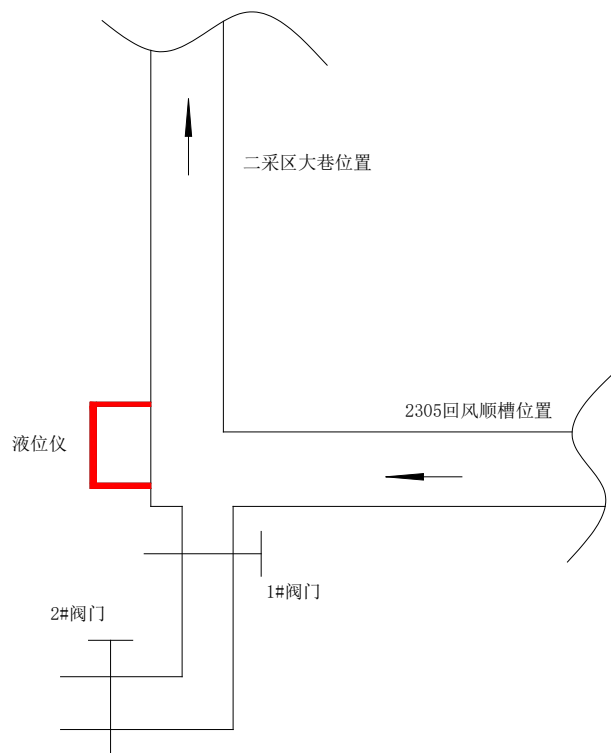


图5 排水装置

通过拆解低洼段连接处发现管路铺设低洼处积水严重。针对该问题，研制管路积水区监测监控设施，并实现积水智能化排放，取得良好效果。

### 参考文献：

- [1] 李捷, 赵晓隆. 长输气管道应力及内部附着物分布情况仿真计算[J]. 机械研究与应用, 2023, 36(02): 64-66.
- [2] 漆琦. 煤矿低浓度瓦斯输送及直燃系统功能安全研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2022.
- [3] 金安泰. 输气管道放空过程动态仿真与放空时间预测软件开发[D]. 北京: 中国石油大学(北京), 2022.
- [4] 胡东. 输气管道声致振动研究与软件开发[D]. 北京: 中国石油大学(北京), 2022.
- [5] 蒋刘义. 输气站场管道流体诱发振动机理研究[D]. 北京: 中国石油大学(北京), 2021.
- [6] 李丹. 输气管道智能诊断技术研究[D]. 西安: 西安石油大学, 2021.
- [7] 唐瑞志. 苏南区块输气能力及管网节点压力分析与研究[D]. 西安: 西安石油大学, 2021.
- [8] 付锦. 输气管道内水合物颗粒极限沉淀速度理论与实验研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2019.

### 作者简介：

陈旭江(1987.12-), 男, 汉族, 山西晋城人, 大学本科, 工程师, 研究方向: 煤层气排采。