

采空区输气管道站场隐患治理

张学博（山西蓝焰煤层气集团有限责任公司，山西 晋城 048200）

摘要：输气管线穿越煤矿采空区，地表沉降严重影响管线的安全，为此，各运营单位都在积极探索和实践；在采空区隐患治理方面，积累了大量的经验，但目前主要是针对管线，而采空区管线存在的安全隐患问题，缺乏相关的管理经验。结合山西洪长线长子站采空区安全隐患治理实例，阐述了在采空区发生塌陷的情况下，如何处理好管线站场的安全问题。长子分输站存在着输气量较小、工作压力较低、在治理过程中暂无分输用户、许多功能未被充分利用的现实状况；运行单位经多个方案的比较和讨论，最后决定对长子站进行临时性的技术改造，采取越跨站的方法，将停运站点的工艺系统隔离开来；在采空区的基础上，拆卸站点内部的设施和设备可以在不受影响的情况下，随地面的下沉而发生。本文方案简单灵活，易于实施，整体工程造价低廉，对某些规模小、功能简单的管线站场安全隐患治理有一定的借鉴意义。

关键词：煤矿采空区；输气管道站场；隐患治理

煤矿开采塌方是影响管线安全的重要因素，严重时会造成管线的弯曲和变形，严重时会造成管线断裂。由于天然气介质具有易燃、易爆、有毒等特性，一旦发生管线的沉降破坏，将对周围居民的生产、生活和社会的安定造成极大的影响。当前，管线施工和施工单位十分重视采空区管线的安全运行，积极开展相关研究与探索，在采空区的输气管道隐患治理方面积累了丰富的经验，但目前的经验和方法大多侧重于管线的挖掘、释放应力、断管等。采空区天然气管道施工中存在的安全隐患问题较少，管理经验也较少。

1 煤矿采空区现状

随着社会和经济的快速发展，各种行业对矿产品的需求日益增加，但由于地质结构的特殊性，一些矿产资源的储量仍然很少；为实现矿产资源的开发与利用，必须改善采矿工艺，以达到最大限度地开发和利用矿产资源。目前在煤矿中应用最多的是中孔浅孔分段留矿法、空场采矿法和充填采矿法，这些都是中、深孔开采法。其中，在矿山后方的缓倾斜采区，采用空场采矿法，采用这种方法，可以在一定程度上形成一个采空区；留矿法也是空场采矿法的一种方式，它主要适用于围岩和矿层比较稳定的条件下，采用留矿法开采，矿体倾斜角度必须在 53 度以上，开采时，应先采房，后采柱。崩落法也是应用最广的一种开采技术，它主要是对矿体的底部进行切割，将矿体分成不同尺寸的空间，再对其进行挤压，以进行钻孔；在爆破后，采用挖土机将矿石从煤矿中运输出去，采用回程回采；充填采矿法是指在煤矿中进行大量的采掘，并用不同的材料填满采空区，使围岩、顶岩保持稳定；

为了降低地表压力对围岩的破坏，后期开采作业将在已成形的固体填料中进行。

2 煤矿采空区输气管道隐患防治技术

为了保证输气管道在采空区的正常使用，保证周围居民的生命和财产的安全，防止天然气停运给煤矿带来巨大的经济损失，必须对采空区输气管道进行有效的控制。通过多年的摸索和积累，逐步形成了一套实用的管理方法，并在实际应用中收到了良好的成效。

2.1 资料收集

煤矿采空区与输气管线的基础信息是管线运营区的重要信息，要及时、准确地掌握管线施工期间采空区的相关数据，并对采空区管线的运行情况进行重点监控。收集的数据主要有管线走向和与采空区的关系图，管线走向范围上下对比图，矿区开采参数；采空区工程地质、水文地质、覆岩岩性、顶板管理等采空区的数据；管道设计压力、设计温度、运行参数；管径、壁厚、钢级；管道的轴向力学参数，管道外防腐涂料和阴极保护信息，管道焊接接头参数；管道埋深，敷设条件，现场工程地质条件，气象数据等。

2.2 风险识别及分析评价

许多煤矿开采的发展并非在天然气管线的施工阶段，而是在天然气管线的运营中逐渐显现出来。所以，在天然气管线运营期，密切跟踪、深入了解煤矿采空区的发展和变化，并根据有关技术规范，分析预测煤矿采空区地表沉降对管线的安全影响。

根据施工过程中的完成数据，及时掌握管线沿线矿产资源的分布和开采进度，并建立相应的档案，重点监控采空区管线。强化日常巡视，及时发现和鉴别

采空区塌陷,并做好线路桩号、行政区划、地理位置等实地勘察记录;矿山、矿产资源类型、开采条件、地表裂缝基本情况;检查人员,检查时间等。并将半定量的评价指标与评价方法相结合。

2.3 管道安全监测及预警

煤矿开采引起的地表变形是一个渐进的过程,为了准确把握采空区地面沉降的变化趋势和管线的受力状况,在煤矿中设置地表位移和管线应变监测设备,以满足工程实际需要。对监测资料进行了定量、精确的分析,并对管线的实际应力、应变进行了计算与分析,为管线的早期预警及采取相应的对策提供了依据。

2.3.1 对地面及管线的位移进行监控

采空区地面和管线的位移监测,一般采用沿管线布置地面位移监测或在管线上设置监测标志。通过对典型点、段进行地表变形监测,及时了解其发展趋势和对管线的破坏情况。地面位移监测门限是在现场实际条件下设置的,通常在监测曲线出现显著跃升或监测曲线急剧改变时,结合现场的实际状况,对其进行预警。

2.3.2 对管线进行应力监控和预警

煤矿采空区管线的应变监控主要是对管线自身进行的,它比位移监测更直观地反映出管线的实际变形和受力状况,在管线易产生位移和变形的地区采用了这种方法。通过对地面位移监测资料的分析,分析了管线变化的变化趋势和对管线的影响,选择了具有典型变形的典型点、段(弯头和变形较大的),并对管线的应力和应变进行了实时监测,并对管线的应力进行预测。

2.3.3 监测和预测天气

对采空区管线区域的气象状况进行监测和预测,以便及时采取相应的应急处理措施,避免二次事故的发生。

3 防治措施

3.1 开挖释放应力

为了降低管道的变形速率和振幅,需要将管道周边的土壤剥离,以减轻由于沉降引起的压力。在采空区,通过对地面沉降裂缝、管线变形等的监测资料,结合管线铺设情况和管线属性信息,对开挖管沟的位置与长度进行了计算。在管沟开挖之前,应安装管线应变监控设备,对管线在开挖过程中的应力、应变进行检测、记录,并对其进行分析、判定,并适时地调整施工方法和施工方向。管道采用人工分段开挖,在

开挖过程中,对易燃气体的泄漏进行探测,并在现场设立警戒线,严禁无关人员进出。

3.2 抬管

所谓抬管,就是通过人为施加与管线整体变形的反向作用力,强行干涉管线的标高,以减小或消除管线的变形应力。通过对管线变形的观察,结合管线的变形和变形监测资料,对其应力分布进行了分析,以确定开挖裸露管的应力释放效应。在管道沉降超过容许值时,采用反向干预法(抬管),以减少管线的位移和变形,使管线的应力维持在规范的允许范围之内。在起重作业之前,必须进行相应的模型计算与方案设计,并对每个提升点的抬高幅度进行精确的计算,从而对施工现场进行定量、准确的引导。

3.3 断管释放应力

若采空区沉降地面的变形运动比较复杂,且受多种因素制约,开挖、露管释放应力的难度较大,或应力释放效果不佳,可采取断裂法解除应力。为了保证应力的有效释放,必须依据采空区管线的应力计算和分析来确定断裂的位置。断管将会造成天然气管线的中断,从而对下游的天然气管网造成一定的影响,需要提前做好相关的沟通和准备。在实际断管时,要加强安全管理,严格按有关规程及施工单位制订的施工计划,以保证工程的安全。

3.4 改线处理

改线处理是指对管线进行再设计、调整,使管线不受采空区的影响,从而有效地防止了采空区沉降对管线的安全造成的危害。但这种施工工艺涉及范围广,施工周期长,造价高。管道改造的设计和施工应按GB50251-2015《输气管道工程设计规范》、GB50369-2014《油气长输管道工程施工及验收规范》等有关规范的规定,由具备相应资质的专业人员进行设计施工。

4 隐患治理建议

4.1 输气管道运行管理期采空区治理

①对施工阶段的竣工数据进行仔细的研究和分析,掌握管线的矿产分布情况,制定开采计划,建立档案,加强监督。对于在生产作业中所发现的采空区,要积极与采矿区所有者进行交流,制订事故处理方案,并进行相应的预防措施;②根据管线施工过程中所设置的地表位移和管线应变监控设备,对采动/采空区的地面沉降变形、管线应力发展状况进行实时监测,并对其进行分析、评价,并采取相应的对策。在施工过程中,如果没有设置管线监控和预警设备,则在采

矿开始前和开采初期就设置预警监控设备；③对采空区进行必要的计算分析，对采空沉降区的地面位移、变形进行定量的预测，并对采空区地面变形条件下管线的应力状况进行校核。内容包括：数据收集、计算方法的确立、校核准则；计算和分析程序包括采空区地面位移、管道在最大沉降条件下的应力状况预测；④根据地表位移、管线应变监测资料和相应的应力计算，及时制定出在采空区发展活跃时期的应急救援方案，一般采取的方法是开挖露管，以减轻采空区累积沉降量；如果单纯的开挖、露管措施不足以缓解管线的应力，则可视具体情况而定，适当提升管线的应力。采空区在发展和活动期间，地表沉降变化不规律，在此阶段宜采取临时应急措施，在采空区沉降稳定后进行永久治理；⑤在最大沉降条件下，应考虑管线在最大沉降条件下的受力状况，一般可采取挖槽、释放应力、局部换管、断管释放应力、换管、换管、换管、采空区支护等方案，在工程实践中也可以结合多种方案进行；具体的选择要结合不同的采空区和管线的实际情况进行比较。采取永久性治理措施，以确保采空区管线应力状况达到有关标准，确保管线安全、平稳地进行。

4.2 安全措施

4.2.1 加强输气管道安全生产运行防腐技术

输送气体的钢制管线大多位于复杂的土壤环境中，所输送的介质具有一定的腐蚀性，从而使钢管内外壁受到腐蚀；管道一旦发生腐蚀和穿孔，将导致气体泄漏，影响交通，并对环境产生污染；还会引发火灾，造成危险。如果不进行防腐处理，每年的锈蚀量为10%，那么钢材的运输就会达到数十吨。因此，如何预防天然气管线的腐蚀破坏一直是管线建设中的一个关键问题，可以采取阴极保护技术。阴极保护是利用阴极电流对金属进行阴极极化的方法。系统的检测主要是根据管道阴极保护的密封性数据，对其进行精确的分析判断。

4.2.2 提高输气管道设计质量

一条管线是否能够长时间的安全使用，尤其是在发生意外时，对其产生的影响和影响最小时，其设计工作就显得尤为重要。在满足规范要求的前提下，车站应尽量便于操作和维护。输气站场选址应严格按照消防设计规范的规定，与周边建筑、城市、村庄进行规划；道路和其他地方，要尽量避开地势较低的地方。站场设备和设施的选择要可靠，要有合理的后备力量。

按照相关规定进行必要的消防安全设施的设计。

4.2.3 确保输气管道安全生产运行的工艺技术不断完善

保证输气管线开工前要有充足的气源，并建立一个反向输流程；保证操作管线在处理其他意外事件时或使用间歇输送技术，以保证停运时间不超过允许停运时间；确保输气量不小于允许的最低输入量，并且不能降低运输温度，或采用适当的热处理、加降凝剂的测试技术，或采用加热和输送过程的交替方式；保证定期清理。

4.2.4 加强对输气管道水工保护设施、穿跨越段的维护管理

最小化人为因素及自然灾害对输气管线的损害。公司在管线等多个地质灾害地区，加大了对其的监测和治理力度；加强管线交叉工程的现场管理，加强管线防护；加强线路巡视，对管线周边建设水渠等有威胁的情况进行严密监视，对管线施工中存在的隐患进行严密监视；加强管线完整性管理，加强管线安全风险辨识，加强高后果区监测，建立健全企业与企业之间的管线防护机制，增强企业的应急救援能力。

5 结论

针对采空区站场隐患治理存在较大的困难，建议在施工过程中，应进行充分的调研、论证，扎实开展站场选址、土地审批等工作，以保证站场选址尽量避免矿山采空区的存在，从根本上解决采空区的安全问题。管线作业中，管线经营单位与矿业公司在施工过程中所遇到的采空区问题，要积极配合；通过对隐患治理方案的技术经济比较，找出安全、可靠、经济合理的治理方案。

参考文献：

- [1] 霍雷敏. 基于聚氨酯泡沫的煤矿采空区贯通面封堵材料试验研究 [J]. 现代矿业, 2022, 38(11): 203-206.
- [2] 王志勇, 张晓华, 智秉瑞. 煤矿采空区地面沉降下埋地含腐蚀缺陷天然气管道安全评价 [J]. 山西化工, 2022, 42(06): 85-86+91.
- [3] 蔡瑞卿. 基于概率积分法的铁路穿越煤矿采空区沉降影响分析 [J]. 铁道勘察, 2022, 48(04): 47-51.
- [4] 郑贤斌. 考虑管土耦合的采空沉降作用下天然气管道应力状态研究 [J]. 管道技术与设备, 2022(04): 1-6.
- [5] 李水平. 铁路穿越盐岩采空区地面沉降预测及工程处理措施研究 [J]. 铁道建筑技术, 2022(09): 169-173.