

山西省某高速公路下伏采空区治理工程总结

李 章¹, 王 平², 鲁东枝¹

(1. 山西省地质勘查局 217 地质队, 山西 大同 037008;

2. 山西省地质勘查局, 山西 太原 030001)

摘 要: 以山西省祁临高速公路煤矿采空区处治工程Ⅱ标段为例, 对煤矿采空区处治工程中的注浆施工顺序、单孔注浆量预测、注浆质量监控等施工环节进行了分析、研究、总结, 并提出一些建议, 供今后类似工程参考。

关键词: 煤矿采空区; 施工顺序; 注浆量质量

中图分类号: U418.5

文献标识码: B

文章编号: 1672-7428(2009)S1-0292-03

1 工程概况

1.1 地形、地貌及工程地质概况

祁临高速公路煤矿采空区处治工程位于灵石县翠峰镇南头村东, 里程桩号 KK83+740-K84+470, 属基岩中低山剥蚀区, 地形复杂, 沟梁纵横交错, 治理区内地势西高东低, 相对高差 50~80m, 地形险峻。上覆为厚 0~30m 第三系卵石层、粘土层及第四系亚粘土层、二叠系下石盒子组、石炭系山西组及太原组砂岩、泥岩及煤层。区内构造简单, 总体为一倾向南东的单斜构造, 地层倾向 8~12°, 仅在治理区南东部见一条走向北东、倾向北西的正断层, 断距 5~10m。

治理区主采煤层为太原组 4 号煤, 埋深 40~140m, 煤层平均厚 2.30m, 倾向南东, 倾角 10~12°, 采掘方式以巷道式、短臂式为主, 回采率 50% 左右, 由于开采方法落后, 井下巷道纵横交错, 无规律性, 大部分回采区顶板已塌落, 最大冒落高度达 10m 之多, 一般 4~6m, 未塌落处仍存在较大空洞, 最大达 2.9m, 空区内很少有积水, 水文地质条件简单。工程勘察结果表明, 下伏采空区对拟过的高速公路危害极大, 且又无法避让, 必须进行相应的处治。根据采空区的分布规律, 将其划分为一大二小。

1.2 工程设计及施工工艺

根据区内工程地质特征及高等级公路施工的具体要求, 施工图设计对本采空区采用巷道浆砌、全

充填注浆两种方法进行治理。设计治理长度 350m, 宽度 120m, 空洞体积 16646m³。井下巷道浆砌长度 1455m, 浆砌体积 7362m³, 要求用 M7.5 砂浆砌筑, 片石抗压强度大于 10mpa; 注浆孔 113 个, 帷幕孔 34 个, 总进尺 16029m。注浆孔在路基范围顺公路轴线呈梅花状布设三排孔, 孔距 20~35m, 排距 20m, 最外一排为帷幕孔。设计要求处治段为空洞底板至完整基岩面下 4~6m, 注浆材料选用水泥、粉煤灰浆液, 固相比 1:4 (水泥:粉煤灰), 水固比 1:1~1:2, 注浆方法采用一次性注浆法, 注浆结束后, 空洞及裂隙充填率达 75%, 浆液结石率达 80%。单孔注浆结束标准: 终孔泵量小于 70L/min, 孔口压力 1.0~1.5MPa, 稳压时间 10~15min。

总体施工顺序为: 首先, 对人及机械设备能进入的巷道进行片石浆砌, 然后施工路线两侧帷幕孔, 待帷幕孔形成后分二序次施工中间注浆孔。其中注浆施工流程为: 测量定点→钻探成孔→浇筑孔口管→连接注浆管路→制浆→注浆→封孔→清洗注浆设备。注浆方法为集中制浆, 孔口封闭全段一次性注浆, 注浆量大时采用间歇、加速凝剂、投砂等方式控制扩散半径, 注浆参数按设计要求确定。

1.3 施工情况简述

采空区处治工程治理首先开展井下 M7.5 砂浆片石砌筑工程, 然后开始地面钻探成孔施工和井下浆砌工程, 最后进行采空区注浆, 历时 6 个月完成

收稿日期: 2009-08-30

作者简介: 李章 (1963-), 男 (汉族), 山西大同人, 山西省地质勘查局 217 地质队水工环地质工程师、分院院长兼技术负责, 水工环专业, 山西省大同市工农路 79 号; 王平 (1961-), 男 (汉族), 山西太原人, 山西省地质勘查局外经贸开发处处长、教授级高工, 探矿工程专业, 13834617589。

了全部采空区处治工程。完成工作量: 浆砌体积 7084m^3 , 注浆孔 147 个, 总进尺 13176m , 注浆量 18782m^3 。

2 施工过程中有关问题分析总结

2.1 注浆施工顺序的确定

按设计要求, 采空区处治工程首先应进行井下浆砌, 待浆砌完成后方可进行钻探, 注浆施工, 以免影响煤矿安全生产。施工过程中考虑到浆砌工作量大, 周期长, 为确保工期, 经过对采空区地质特征, 采空区分布规律等的分析研究, 在征得指挥部及驻地监理的同意下, 决定在浆砌施工的同时开展地面、井下工程的交叉施工, 首先在远离浆砌区的路基西侧, 开始放样布孔及帷幕孔的施工, 浆砌结束后, 开始注浆。

根据设计要求, 注浆首先从西侧帷幕孔开始, 由于治理区内煤层底板整体向南东倾斜, 西侧煤标较高, 注浆时部分浆液向治理区扩散, 单孔注浆量大, 且对治理区内后续注浆孔的注浆形成了影响。如 2~085 孔灌注时吞浆量较大, 经过几天的灌注, 注浆量达 200m^3 左右, 虽采用了提高浆液浓度、加速凝剂、间歇等措施, 施工仍达不到注浆结束标准, 已严重影响了施工进度。据此, 项目部在改进注浆施工工艺的同时, 结合治理区地质特征, 决定暂缓对西侧帷幕孔的注浆, 改从治理区南东侧的煤标最低的 2-补 49~2-补 46 等帷幕孔开始注浆, 在治理区南东最低凹处形成了帷幕, 然后呈扇形由南东向西北逐渐推进, 整体呈与地层倾向相反的方向施工。此种施工方式既不违反设计总原则, 又可防止浆液流失, 同时也保证了注浆质量。通过调整注浆顺序, 西侧 2~085 等帷幕孔经过一次性正常注浆, 即达到了结束标准, 且注浆效果良好。

总的来讲, 施工过程中要认真分析地层、采空区分布特征, 并根据实际情况, 合理安排灌注施工顺序, 使浆液在低凹处首先形成帷幕, 保证后期灌注浆液不流失, 且能较均匀分布于各注浆孔内, 注浆充填达最佳效果, 这样既加快了施工进度, 又保证了注浆质量。

2.2 单孔注浆量预测

单孔注浆量是采空区处治工程中的一个重要参数, 它反映了浆液分布特征及采空区空洞的充填程度。预测单孔注浆量对施工中设备, 材料、人员等的安排调配非常重要, 但注浆为隐蔽施工工程, 影响因素很多, 故单孔注浆量的预测成了处治工程中

的难点、重点之一。

本处治工程施工中单孔注浆量预测主要考虑因素有: ①处治层性质, 包括空洞大小、冒落高度及冒落物密实度; ②地质特征, 包括地层倾向、倾角大小、裂隙发育程度、空洞间连通情况等; ③耗水量, 包括钻探过程中耗水量, 压水试验情况; ④周围注浆孔情况及其它综合因素。

处治层性质是影响注浆量最主要的因素之一, 处治层为空洞或有掉钻时, 其单孔注浆量一般均较大, 预计单孔注浆量是设计单孔注浆量 106.16m^3 的 2~3 倍, 即 $200\sim300\text{m}^3$ 左右, 本区共有 22 个注浆孔存在掉钻现象, 掉钻高度 $0.2\sim2.9\text{m}$, 总注浆量为 5288.722m^3 , 平均单孔注浆量为 240.40m^3 ; 其次空洞间的连通与否也直接影响钻孔的吞浆量, 空洞间连通好时, 孔口一般存在负压, 负压越大, 钻孔吞浆量越大, 反之则小。如 2-补 10 孔与周围孔连通性好且掉钻高度大, 注浆量高达 498.73m^3 , 而 2~001 孔与周围孔连通差且掉钻高度小, 注浆量仅为 119.78m^3 ; 当处治层为冒落密实层时, 其单孔注浆量预计比设计增加 50% 左右, 一般为 $100\sim200\text{m}^3$, 本区冒落孔 55 个, 注浆量 8006.474m^3 , 平均单孔注浆量 145.57m^3 ; 处治层为煤柱时, 单孔注浆量一般小于 100m^3 , 本区煤柱孔 70 个, 总注浆量 5486.78m^3 , 平均 78.38m^3 。

地质特征对单孔注浆量影响也较大。如 2~087 孔掉钻 2.90m , 单孔注浆量预测应为 200m^3 左右, 但考虑其孔口存在负压, 表明空洞间连通好且空洞沿倾向分布, 倾角达 10 左右, 其扩散半径将较大而难以控制, 故其单孔注浆量预测增为 300m^3 左右, 在施工中采取各种措施, 注浆量达 245.57m^3 时, 注浆速度、孔口压力等均未发生任何变化, 此时调整了施工顺序, 对其沿倾向煤标较低的注浆孔同时进行灌注, 以控制 2~087 孔浆液的扩散半径, 结果 2~087 孔灌注至 284.25m^3 达到了注浆结束标准, 十分有效。同时, 侧方的 2~085 孔也存在类似现象, 同样采用该方法顺利地结束了灌注。又如 2~002、2~051 两孔, 在钻探施工过程中发现两孔地下相通, 且均存在掉钻现象, 故推测其两单孔注浆量均较大, 考虑采掘巷道大小及分布特点, 应为 $300\sim400\text{m}^3$, 实际施工时两孔同时注浆, 结果也几乎同时结束。2~002 孔注浆量为 421.025m^3 , 2~051 孔注浆量为 409.405m^3 。

耗水量 单孔注浆量预测还应考虑钻进过程中耗水量情况, 尤其接近采空区时的耗水量。当钻至

采空区耗水量突然增加甚至出现无压吸水现象时,则可初步判断其空洞体积较大,相应吞浆量也较大,如2~093孔在钻进过程中钻孔耗水量较小,当接近冒落带时,耗水量猛增,且出现无压吸水,虽无掉钻现象,但冒落高度大,预测其注浆量将在 200m^3 左右,实际注浆量 177.39m^3 ,基本与预测吻合。再如2~094孔钻进中耗水量较小,注浆前压水试验表明耗水量也不大,故预测其注浆量在 10m^3 左右,实际仅注入 3.02m^3 。

周围注浆孔情况 在单孔注浆预测时也应该考虑。如2~023孔,虽为冒落且耗水量也较大,但由于受到先期灌注的煤标较高的2~082孔浆液扩散充填的影响,预测其注浆量将不会很大,最终注浆量为 100.1m^3 。

总之,单孔注浆量的预测应从多方面综合考虑,尽可能地为施工生产提供准确可靠的依据,以便统筹安排生产,降低施工成本,加快施工进度,保证施工质量。

2.3 注浆质量监控

按施工前后顺序,注浆质量监控划分为注浆前质量控制、注浆过程质量监控两部分。

(1) 注浆首期的质量监控

包括对测量仪器、施工机械设备、试验器材的检查、校验;进厂材料的检测;注浆试验参数的确定以及施工人员的学习与培训等。

施工机械,测量仪器、试验器材等设备需有生产厂家出厂合格证,使用前还需到业主及监理工程师指定的相关质量检验部门校验,校验合格并报请监理工程师认可,方能进入工地投入使用。

注浆材料,主要包括水、水泥、粉煤灰、速凝剂、砂等,要经过监理工程师认可的具有乙级以上工程检测资质的实验部门检测合格后方可进场,施工中按一定频率不间断地进行自检、抽检、外检,防止不合格原料流入工地。注浆中使用的浆液配合比按设计要求配制,其试验参数(如比重、粘度、结石率、初、终凝时间等)经监理工程师指定的检测部门复测认可后可作为标准参数使用。

施工中主要负责人报监理部认可,主要技术人员、考核合格后报监理工程师认可后持证上岗。

(2) 注浆过程的质量监控

注浆开始前要做好压水试验,然后根据监理工程师认可的浆液配比进行灌注,与此同时要做好浆液各种试验检测:如比重、粘度要每小时检测一次,浆液浓度改变时检测一次;每日检测浆液结石率4次(最好是不同浓度的浆液);每天做3~4组试块以检测浆液凝固后的抗压强度;每5日做一次初、终凝时间的检测试验。每次测试均须在监理人员监督下进行,并做好记录。注浆即将结束时,孔口管附近设专人看守,以确定孔口压力及稳定时间等是否达到设计要求,同时密切注视孔口管周围裂隙或岩层或邻孔有无冒浆现象等,注浆结束后,注浆量及质量需监理工程师现场认可签字后生效。

注浆过程中,每批进场水泥(约50吨)需有出厂合格证、化验检验证明,每进场200吨水泥需外送检测一次;所有进场的粉煤灰、水都要接受监理工程师的不定期抽检,严禁不合格原料进入工地。

本次注浆经过注浆前和注浆过程的严格监控,处治工程各项检测结果均符合设计要求,浆液总体结石率为83.31%,浆液试块平均抗压强度大于 1.9MPa ,工程质量优良。

3 小结

注浆施工顺序的安排应在充分了解治理区地质构造特征,采空区分布规律的基础上确定,防止盲目照搬设计,先期的帷幕孔灌注应从煤标最低的帷幕孔开始,使之最大限度地起到帷幕作用。

单孔注浆量的预测应综合分析处治层性质、空洞体积、裂隙发育程度及钻进过程中的耗水量,尽可能为工程施工提供准确的参考数据。

注浆质量监控应根据工程质量标准,结合施工顺序,合理安排监控对象,使整个工程施工形成一套较为完善的质量监控体系,为总体治理工程创优打下良好的基础。