

大溶隙岩溶地层的有效钻孔堵漏方法

王发民^{1,2}, 石永泉³, 韩永昌³

(1. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 2. 宁夏有色金属地质勘查院, 宁夏 银川 750200; 3. 成都理工大学地质灾害防治与环境保护重点实验室, 四川 成都 610059)

摘要:复杂地层钻探问题一直是地质勘探、工程勘察及工程施工钻进中的主要技术难题。分析了复杂地层钻探护壁堵漏的方法;结合宁夏六盘山区东北麓芒硝矿钻探工程,对于大溶隙岩溶地层钻探,提出采用水泥-水玻璃-布袋护壁堵漏方法。阐述了漏失通道的性质和位置的分析方法、护壁堵漏方案和原理、正确确定注浆压力及最大注浆量的方法。

关键词:大溶隙岩溶地层;水泥-水玻璃浆液;布袋;堵漏方法

中图分类号:P634.8 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)03-0015-03

The Effective Leaking Stoppage for Great Crack in Karst Stratum/WANG Fa-min^{1,2}, SHI Yong-quan³, HAN Yong-chang³ (1. China University of Geosciences, Beijing 1000083, China; 2. Ningxia Non-ferrous Metal Geology Investigation Institute, Yinchuan Ningxia 750200, China; 3. Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan 610059, China)

Abstract: Drilling in complicated stratum is always the most difficult technical problem in the mineral resources exploration as well as the project reconnaissance and construction. This article analyzes the method of hole wall protection and leaking stoppage for drilling in complicated stratum; and with the case of drilling project of glauber salt mine in the foot of Liupanshan Mountain in Ningxia, proposes to use cement-sodium silicate-cloth sack in great crack in Karst Stratum. The nature of the dropout channel and the analysis method of leaking position, the principle of hole wall protection and leaking stoppage, and the correct method to determine grouting pressure and maximum grouting amount are elaborated. This method has been proved extremely effective with good economic efficiency.

Key words: great crack in Karst stratum; the cement-sodium silicate; cloth sack; the method for leaking stoppage

复杂地层钻探问题一直是地质勘探、工程勘察及工程施工钻进中的主要技术难题。所谓复杂地层,是指钻进、护壁堵漏、取心、控制孔斜等方面困难的地层。在护壁堵漏方面,对于厚度小于 20~50 m 的覆盖层钻探,一般采用泥浆护壁快速钻穿,然后下入套管隔离覆盖层护壁堵漏;对于比较厚的覆盖层采用多层套管的钻孔结构,逐级钻进并下入套管,最终靠多层套管隔离保护孔壁,存在的问题是钻孔结构复杂,套管数量多,成本也会提高。国内外有采用跟管取心钻进技术的,虽有优越性,但也存在钻具使用寿命和适用范围有限的不足。对于漏失轻微、坍塌掉块严重的地层,可采用优质泥浆与多功能无固相冲洗液护壁堵漏,或者采用水泥护壁堵漏,采用水泥护壁是行之有效的方法^[1]。但对于钻孔较深,大溶隙岩溶地层,甚至存在有地下暗河时,仅使用水泥

护壁堵漏就有些困难,笔者提出采用水泥-水玻璃-布袋护壁堵漏方法,在宁夏六盘山区东北麓芒硝矿钻探中应用效果显著。

1 矿区地质条件

宁夏六盘山区东北麓芒硝矿勘探项目位于宁夏固原市原州区寺口子,岩土层依次为:①紫红色含砾中粗粒砂岩,厚度 60 m;②杂色泥岩、钙质泥岩及泥灰岩夹多层岩盐,厚度 218 m;③灰绿色薄层泥岩、页岩及中~厚层泥灰岩,夹数层芒硝或钙芒硝,厚度 70 m;④上部为中薄层石膏及石膏泥岩,下部可能含有数层芒硝或钙芒硝,厚度 55 m;⑤灰~深灰色泥岩,厚度 30 m;⑥灰~深灰色泥岩、钙质泥岩、砂质灰岩、灰岩,厚 45 m。

收稿日期:2007-01-19

作者简介:王发民(1965-),男(汉族),陕西合阳人,宁夏有色金属地质勘查院高级工程师,中国地质大学(北京)在读博士,地质工程专业,从事岩土工程设计与施工工作,宁夏银川市贺兰县居安街,wd040516@163.com;石永泉(1963-),男(满族),辽宁北镇人,成都理工大学教授,勘查技术与工程专业,从事岩土钻掘机具工艺教学和科研工作,四川省成都市二仙桥东三路一号;韩永昌(1984-),男(汉族),河南人,成都理工大学硕士研究生在读,地质工程专业,研究方向为勘查技术。

2 钻孔漏失现象

本钻探项目设计钻孔 5 个, 先期施工完成的 ZK1、ZK2 号孔, 钻孔设计深度分别为 800 m 和 700 m, 终孔直径 ≤ 75 mm。由于地层含有破碎带和含盐层, 溶洞裂隙发育, 地质情况复杂, 施工时均多次发生泥浆漏失问题。泥浆漏失严重, 严重影响施工进度和施工质量, 工期不断延长, 成本逐渐增加。

ZK3 孔设计为直孔, 孔深为 650 m。在盐类地层中钻进, 终孔直径 ≤ 75 mm。ZK3 孔钻进至 231.47 m 时, 突然严重漏浆, 随后采用粘土条加锯末进行堵漏处理, 经处理效果不佳; 又往粘土条中加入碎石和海带进行堵漏, 经过 4 天的处理, 恢复正常钻进, 钻进 3 天到 263 m 时, 钻孔突然又严重漏浆。采用以前方法继续堵漏, 经过 9 天处理始终不见效果。后用石膏粉加水泥加粘土条等方法分别进行堵漏, 处理 4 天钻孔仍然漏浆。在使用以上方法不见效果后, 决定采用水泥加石膏粉配制水泥浆, 对 232 m 以上 10 m 孔段进行水泥堵漏。凝固 48 h 后, 钻孔取心, 没有取上水泥心样, 只是拿上来少量的麻、塑料袋等杂物, 不见其它的堵漏材料。此后又采用粘土条加碎石加海带加水泥等堵漏材料进行了 9 天的堵漏处理, 没有取得任何效果。

3 漏失原因的分析及漏层性质的确定

(1) 漏失通道属大裂缝型。

①该孔位于河谷中, 该地区因构造运动断裂发育, 地层以泥灰岩为主, 层间夹有薄层石膏及芒硝、钙芒硝。且在河谷的上游, 当地有关部门为了解决老百姓的人畜饮水问题, 曾在距该孔 500 m 处筑坝拦水, 但水坝筑成后, 原计划的储水量与实际储水量出入很大, 只是原计划的一半, 这说明有裂隙将储水部分漏失。

②钻穿该孔段时没有掉钻现象, 但岩心采取率仅为 30%, 岩心破碎。

(2) 漏失严重段在 231.5 ~ 232.6 m 之间, 约 1 m, 且地下水是流动的。

①在进行第二次堵漏时, 当用粘土填孔到 232.6 m 时, 一直填不起来, 这期间不但用了粘土棒、石子, 而且用了帐篷条、水泥, 材料用量总和超过 10 m^3 , 特别是帐篷条下去后无踪无影; 用水泥和石膏堵, 送到 226 m 时, 因水泥凝固投不下去, 开泵来浆, 但扫孔到 231.47 m 时, 又出现漏浆, 且在 231.47 m 以下没有水泥凝固的残留物。

②在 231.47 m 以下没有水泥凝固的残留物, 这

说明地下水是活动的, 而后注水灰比为 0.5 的水泥浆仍未在该段取上水泥心, 也说明了这一点。而且在扫透到漏失段前, 泥浆是稠的, 但当扫透漏失段, 停一段时间后, 泥浆会逐渐变稀。

③在没有扫透漏失段前, 地下水位在距孔口 30 m 处, 当扫透漏失段后, 地下水位则稳定在距孔口 50 m 左右。

(3) 由地表岩石露头的产状及漏失段的岩心可判断出漏失断裂自西北向东南倾斜 29° 左右。

4 水泥 - 水玻璃 - 布袋护壁堵漏方法

由于 ZK3 孔漏失严重段在 231.5 ~ 232.6 m 之间, 采用套管护壁堵漏方法, 会导致施工成本上升, 此孔段钻孔直径为 91 mm, 若采用套管护壁堵漏方法, 下面为复杂地层, 很难保证终孔直径 ≤ 75 mm 的要求。采用一般的水泥加惰材料护壁堵漏方法也无效。因此, 确定采用水泥 - 水玻璃 - 布袋护壁堵漏方法。

4.1 护壁堵漏方案

依据钻孔漏失段的情况, 确定堵漏袋选用细帆布, 长度为 2.3 m, 直径为 0.4 m。并在帆布袋上扎了若干个小眼, 以便灌注水泥时排出钻杆内的空气。由于常规单向阀加工复杂、成本大, 加工时间长, 又会在后续打捞时容易造成孔内事故, 因而采用花管、图钉和胶皮缠绕结构代替之, 堵漏袋装置见图 1。在使用普通水泥时, 其凝结时间长, 为了缩短凝结时间, 同时也减少水泥的损耗量, 必须加入速凝剂。水泥速凝剂品种繁多, 水玻璃是一种常用的、较好的速凝剂。

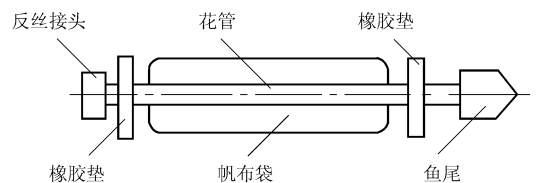


图 1 堵漏袋装置

在水泥中加入 2% ~ 3% 的水玻璃, 凝结时间可缩短 30% ~ 40%。由于较高波美度的水玻璃加入水泥浆后稠化会加快, 易造成泵送堵塞事故, 因此, 下入袋式堵漏装置前, 应预先将水玻璃按照计算好的质量放入花管内, 从而在压水泥浆时使其能及时压出并和水泥浆充分混合, 保证水泥浆能快速凝固。为保证注浆完成后, 反掉堵漏装置时其有足够的阻力, 在堵漏装置的底部设计有“鱼尾”。

4.2 注浆液的设计

由于注浆时要求注浆液既要有一定的可灌性,又要保证结石体有足够高的结石率,且要快速凝固^[3]。注浆液选用水泥-水玻璃浆液,水泥浆的水灰比为0.5,水玻璃浓度选用40 Be',其加量为水泥质量的5%。通过计算,水泥用量为800 kg,计算水泥浆的用量时考虑到帆布袋必须充满,并乘以1.2的系数以保证注浆时有足够多的水泥浆量。同时要严格控制顶替的泥浆量,计算时应考虑到地面管路的总容量和注浆时钻杆的容量。既不能过多也不能过少,过多时容易造成帆布袋的破裂,过少时又不能使帆布袋内完全充满泥浆,两者均不能形成足够大的结石体,起不到堵漏的效果。

4.3 注浆工艺设计

4.3.1 注浆压力的确定

4.3.1.1 利用钻具在漏失前后质量的变化计算静水头到孔口的距离

$$\Delta G = G_2 - G_1 = 0.01(1 - K_f) G_m h_1$$

$$K_f = (\gamma_g - \gamma_y) / \gamma_g$$

$$h_1 = 100 \gamma_g \Delta G / (\gamma_y G_m)$$

式中: ΔG ——井漏前后钻具悬重的变化,kN; G_1 ——井漏前钻具悬重,kN; G_2 ——井漏后钻具悬重,kN; K_f ——钻具在冲洗液中的浮力系数; G_m ——钻具在空气中每米的质量,kg/m; h_1 ——静液面到孔口的距离,m; γ_g ——钻具钢材的密度,g/cm³; γ_y ——冲洗液的密度,g/cm³,此孔冲洗液的密度为1.10 g/cm³。

实际称重为: $\Delta G = 0.44$ kN

$$h_1 = 100 \times 0.44 \times 7.85 / (1.1 \times 6.04) = 52 \text{ m}$$

4.3.1.2 利用液面深度计算漏层压力 P (MPa)

$$P = 0.01 \gamma_y (h_2 - h_1)$$

式中: h_2 ——漏层的孔深,m。

$$P = 0.01 \times 1.10(232 - 52) = 1.98 \text{ MPa}$$

4.3.1.3 地面注浆试验

在现场地面上,对帆布袋堵漏装置进行灌浆压力试验。现场压力试验显示:在泵压0.4 MPa时,胶皮被水泥浆压开,进入帆布袋;在泵压1.1 MPa时,帆布袋破裂。

根据漏层压力,注浆压力选择在2~3 MPa之间,即当灌浆压力超过3 MPa时,无论灌浆量多少,都要停止灌浆,否则帆布袋会破裂。

4.3.2 技术措施

(1)下入袋式堵漏装置前,应预先将水玻璃按照计算好的质量放入花管内,从而在压水泥浆时使其能及时压出并和水泥浆充分混合,保证水泥浆能快速凝固。

(2)下入堵漏装置前,应把漏层底部的部分用黄泥填实,以保证堵漏装置下入时,既能使“鱼尾”插入其内,又保证在反掉钻具时有足够大的阻力。

(3)注浆时,一定要控制好注浆压力,不能使其超过3 MPa。

(4)反出钻具时,时间要控制恰当,在确定反掉时,才能提出注浆钻具,否则容易造成帆布袋破裂和堵漏装置错位。

5 护壁堵漏效果

水泥心样及注浆花管工具顺利取上来后,见到帆布袋中部一侧有两处为水泥撑大了,一处长有250 mm,一处长630 mm,这两处就是漏浆的部位,基本与分析判定相吻合。堵漏处理非常成功,从263 m处开始钻进,直至终孔,没再发生漏浆现象。

使用帆布袋堵漏费用很低,操作也简单易行,安全可靠,工期缩短,经济效益好。而在使用帆布袋堵漏处理前用了近40天时间处理钻孔,耗费了大量的人力、物力、财力,工期拖延,损失严重,合计费用为50252元。

在该区其它钻孔中,采用水泥-水玻璃-布袋护壁堵漏方法也是非常成功的。

6 结语

对于大裂隙或溶洞造成的恶性漏失,采用水泥-水玻璃-布袋护壁堵漏是较为有效的方法,特别是对于有地下水活动的漏失通道,效果更加明显。采用水泥-水玻璃-布袋护壁堵漏方法应注意正确掌握漏失通道的性质和位置;确定合适的注浆压力及最大注浆量。

参考文献:

- [1] 鄢捷宁. 钻井液工艺学[M]. 北京:石油大学出版社,2001.
- [2] 李波,焦天彪,王长柱,等. 漏水钻孔的封堵技术[J]. 山东煤炭科技,2003,(2).
- [3] 彭振斌. 注浆工程设计计算和施工[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1997.