

成果与方法

* 济南张马屯铁矿帷幕注浆堵水工程简介

孙 波

(济南钢城矿业有限公司, 山东 济南 250101)

摘要: 济南张马屯铁矿安全生产 30 年, 其根本保证是通过帷幕注浆建立起了一条长效稳定的地下“拦水大坝”。该技术不仅具有极高的安全效益和经济效益, 同时具有保护地下水资源的社会效益。该项技术适用范围广、工艺成熟、易于实施, 应该作为深井大水矿山地下水治理的主要技术方法予以推广应用。

关键词: 矿山治理; 安全; 大水; 帷幕; 张马屯铁矿; 济南

中图分类号: TD745⁺.26 **文献标识码:** A

山东济南张马屯铁矿是全国著名的大水矿山之一, 水文地质条件十分复杂, 预计 - 400 m 水平矿坑涌水量 $36 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 然而 30 年来却从未因水患影响矿山安全生产。该矿主要是采用以“帷幕注浆堵水为主、结合矿坑同水平完全疏干”的综合治理技术方法, 确保了矿山长期安全生产, 取得了良好的技术经济效果。

1 矿山水文地质概况

张马屯铁矿位于鲁西台背斜之泰山穹窿体的北缘, 属济南平阴单斜自流构造的径流排泄区。地层走向近 EW, 倾向 N, 倾角 $10^\circ \sim 20^\circ$ 。区内褶皱不发育, 主要发育 SN 向, NE 和 NW 向正断层。寒武、奥陶系灰岩在南部山区大部直接裸露, 面积达 $2\,000 \text{ km}^2$, 地表岩溶地貌发育, 地下溶蚀孔洞和裂隙发育。区内年降水量一般为 $600 \sim 700 \text{ mm}$, 集中于 7—9 月。由于地形南高北低, 地层自南而北倾斜, 加之近 SN 向断层发育, 大气降水在灰岩裸露区沿岩溶、裂隙下渗, 其渗入系数达 61%。大气降水垂直渗入地下后, 转为由南向北的水平运动, 遇到济南北部岩浆岩体的阻挡后以泉水的形式大量泄出, 形成著名的济南泉群, 不完全统计的总流量达 $38 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

张马屯铁矿床位于济南北部岩浆岩与奥陶系灰岩的接触带上, 主要含水层为奥陶纪灰岩和白云质灰岩(在接触带及附近多蚀变为大理岩)。由于岩溶裂隙发育, 富水性强, 导水性好, 钻孔的单位涌水量

最大达 $23.81 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$; 渗透系数一般 $20 \text{ m}^3/\text{d}$, 最大达 $38.17 \text{ m}^3/\text{d}^{[1]}$ 。大理岩强含水层作为矿体的直接顶底板, 构成矿床的直接充水因素。综上所述, 张马屯铁矿床含水极为丰富, 区域地下水对其补给非常充沛。大理岩强含水层作为矿体顶底板, 对采矿构成直接充水威胁。1978 年对矿坑涌水量进行了预测, 结果如表 1 所示。

表 1 坑道涌水量预测

开采水平(m)	- 240	- 280	- 320	- 360	- 400
坑道涌水量(m^3/d)	202781	233403	304523	337697	364407

2 帷幕注浆堵水

深井大水矿山的治水工作, 是矿山安全生产的天字号工程, 是矿山生存的首要因素, 是矿山经济效益的有力保障。地下水防治工作极其复杂困难, 任何单一的防治方法都难以达到确保矿山长期安全生产的目的。以“帷幕注浆堵水为主、以坑下排水为辅的综合治理”方法, 是确保矿山长期稳定安全生产的唯一选择, 也是根本途径。

2.1 帷幕注浆堵水工程

张马屯铁矿床的顶板或底板围岩为岩溶裂隙发育的大理岩。在大理岩的岩溶裂隙中蕴藏和涌流着大量的地下水。铁矿石被水包围, 一采矿就会触动地下水, 就会带来严重的水患。帷幕堵水是利用钻

收稿日期: 2005-01-24; 修订日期: 2005-05-11; 编辑: 王先起

作者简介: 孙波(1967-), 男, 山东齐河人, 工程师, 从事矿山水文治理与地质环境管理工作。

孔揭穿大理岩含水层的岩溶裂隙,然后对其高压注入水泥浆液,待水泥浆液扩散凝固之后就能把钻孔周围的岩溶裂隙封堵。这样孔孔相连就筑成了一条地下帷幕墙。这是一道拦水的大坝,将地下水拦截在幕外,以保障幕内采矿。

2.1.1 帷幕注浆堵水工程概况

张马屯铁矿帷幕注浆堵水工程始于1975年,历时21年,分3期施工,1996年全部结束。总计建造帷幕线长1.93 km,帷幕平均深度460 m,帷幕体的厚度10 m,施工各类钻孔合计278个,完成钻探进尺 12.8×10^4 m,注入水泥 6.8×10^4 t,整个帷幕注浆堵水工程耗资8837万元。目前,首采地段已相继完成了-240 m, -300 m, -360 m 3个水平的生产疏干。经疏干实际验证,小帷幕注浆堵水效果为85%以上,大帷幕注浆堵水效果为80%以上。目前矿坑正常排水量为 5×10^4 m³/d,预计最大排水量达 5.6×10^4 m³/d。

矿床的帷幕注浆堵水工程按其施工时间和类型可划分为以下3个阶段:小帷幕注浆堵水试验;铺底注浆堵水与补幕;大帷幕注浆堵水工程。

(1) 小帷幕注浆堵水试验

小帷幕注浆堵水试验工程始于1975年12月,工程位于矿床第7至第+5勘探线之间,帷幕线长480 m,帷幕深度-430 m,注浆钻孔间距为15 m,帷幕类型为悬挂式不接地帷幕,堵水效果为53%,于1979年9月竣工。该区为矿山首采地段。

(2) 铺底注浆堵水工程和补幕注浆

为解决小帷幕不接地问题,进一步提高首采地段的注浆堵水效果,矿山于1982年3月至1984年11月,又在小帷幕试验区内施工了铺底注浆工程,并利用铺底钻孔对小帷幕体进行了辅助性的补幕注浆。铺底面积 2.4×10^4 m²,深度-400 m至-430 m水平,厚度30 m,孔间距仍为15 m。工程竣工后,矿坑疏干排水量由 2.4×10^4 m³/d降至5000 m³/d。矿床首采地段的注浆堵水效果达到了85%以上。

(3) 大帷幕注浆堵水工程

为扩大矿山生产能力,实现矿山全面开采,1993年3月矿山大帷幕注浆堵水工程开工,1996年12月结束,历时2年零10个月。大帷幕线长1440 m,施工各类钻孔241个,进尺96142.9 m,注浆孔间距为10 m,注浆1061段,注入水泥47375.7 t,堵水效果为80%以上。大帷幕与小帷幕连接,形成了矿床的帷幕

全封闭圈,深部与闪长岩体相接,为接地式帷幕。

(4) 帷幕的类型特征

矿床的整体帷幕类型为全封闭接地式帷幕,但其阶段类型有“悬挂式帷幕”、“铺底式平面幕”和“接地式全封闭帷幕”3个类型。在帷幕注浆条件上又可分为“静水条件下注浆”和“动水条件下注浆”。在地层条件上有宽大裂隙溶洞(0.7 m)和断层带的注浆,也有弱含水层微裂隙(0.3 mm)的注浆。在技术应用角度上划分为“试验”、“完善提高”和“成熟应用,大面积推广”3个阶段。实践证明,帷幕注浆堵水技术方法适应范围广,只要将堵水材料有效地注入到含水层中,就一定能起到相应的堵水效果。

2.1.2 帷幕线址的设计与选线勘探

帷幕线址是否合理是关系堵水效果高低和能否顺利施工的关键。张马屯铁矿在经过“小帷幕注浆堵水试验”后,认识到要合理地设计帷幕线址,必须首先进行选线勘探。并在铺底注浆和大帷幕注浆堵水工程前首先实施了帷幕选线勘探。该矿在帷幕线址设计中,主要遵循的原则是:帷幕线的设计位置首先要确保在矿山开采活动中不被破坏;帷幕体在垂向和水平方向上便于与隔水体相连接,形成完整的封闭圈;选择含水层厚度薄、产状稳定的部位通过;尽可能避开地表建筑物;综合平衡帷幕线的长度、钻探工程量、注浆工程量及边缘矿体,经济上合理。

实践证明,矿床大范围帷幕注浆堵水,必须在帷幕方案设计前查明矿体的水文地质条件,在施工设计前进行专门的选线勘探,最低网度不低于50 m × 50 m。详细查明注浆含水层的埋藏分布条件及其水文地质特征(厚度,产状,岩溶裂隙率,渗透系数,联通特征,隔水体位置和性能)。在查清条件的基础上,参照上述原则,因地制宜地设计确定帷幕线的线址。只有通过选线勘探,才能保证注浆帷幕体的高效堵水和施工顺利。

2.1.3 补幕注浆与动水条件下注浆问题

为解决小帷幕“不接地”问题,矿山在帷幕线内侧15~25 m处,-400~-430 m水平实施“铺底注浆堵水人工造底工程”,同时利用部分铺底注浆钻孔的上段对上部大理岩含水层再次进行辅助性的补幕注浆。在补幕注浆的时段内,-240 m水平正对该含水层,进行疏干,疏干水量 2.4×10^4 m³/d。铺底和补幕注浆是在动水条件下进行的。注浆过程中未发现浆液漏失现象。伴随着注浆的进行,坑下疏干水量也随之

减少。小帷幕区堵水效果由补幕前的 53 % 提高到 85 % 以上。可见动水条件下注浆堵水在技术上是可行的,在幕体内侧补幕注浆效果好,作用大。

2.1.4 幕体的强度和防水性能的稳定性

帷幕建成后,幕体能否经得起幕内外巨大水头压力的长期作用和采矿活动的影响,其强度和堵水效果是否能长期稳定可靠,幕体在长期受高压、高速地下水流动冲刷下防渗性能是否会逐渐降低,这都是很值得关心但短时间内无法验证的问题。而张马屯铁矿 26 年的生产实践证明,其结论是肯定的。该矿小帷幕体于 1979 年建成,经历了 25 年的疏干采矿活动,-240 m 水平,-300 m 水平,-360 m 水平的疏干水量分别稳定在 $5\ 300\ \text{m}^3/\text{d}$, $5\ 400\ \text{m}^3/\text{d}$, $5\ 600\ \text{m}^3/\text{d}$;幕内外水头差分别保持在 170 ~ 250 m, 300 ~ 326 m, 360 ~ 380 m, 区域地下水的动态变化对幕内水量、水位影响甚微。由上述数据可以看出,该矿小帷幕注浆体,在幕外 2.6 ~ 3.8 MPa 压力作用下和高压高速水流运动冲刷下,幕体的强度和防渗性能是稳定可靠的^[2]。

2.1.5 帷幕注浆堵水是深井大水矿山安全生产的根本保证

帷幕具有长效稳定的阻水作用,可以达到一劳永逸的堵水效果,从根本上解除大水对矿山的威胁。张马屯铁矿 30 年来治理地下水实践证明,帷幕注浆堵水与疏干相结合的方法不仅有力地保证了矿山安全生产,同时具有:

(1) 适用范围广,工艺技术成熟、易操作

张马屯铁矿与其他国内矿山治理地下水经验表明,帷幕注浆堵水技术适用范围比较广泛,在技术上可行、易操作。不管多么复杂的水文地质条件,只要

将堵水材料有效的注入到含水层中去,就一定能起到相应的堵水效果。

(2) 在经济上较为合理

以张马屯铁矿帷幕注浆后的经营实践为例,帷幕圈围了 $2\ 200 \times 10^4\ \text{t}$ 地质储量,按 60 % 的回采率计算可采出铁矿石 $1\ 320 \times 10^4\ \text{t}$ 。帷幕注浆堵水工程总投资 8838 万元,吨矿承担建设帷幕费用 6.70 元;帷幕堵水效果 80 %,剩余矿坑排水费用为吨矿 43.80 元。帷幕与排水两项费用合计为吨矿 50.5 元,而采用单一的疏干排水吨矿费用为 277.4 元,二者相较,治水费用相差 226.9 元。按矿山年产 $50 \times 10^4\ \text{t}$ 吨原矿计算,帷幕注浆堵水与单一疏干排水相比,26 年节约费用 29.5 亿元,经济效益十分显著。

(3) 帷幕注浆堵水可有效地保护地下水资源

张马屯铁矿地处济南市东郊工业区中心,济南市水源地中心,如果大量排水,水源地将遭到毁灭性的破坏。帷幕注浆堵水有效地保护了地下水资源。帷幕建成后,矿坑最大疏干排水量仅 $56 \times 10^4\ \text{m}^3/\text{d}$ 。矿床周围原有水源地不仅没有受到影响,而且在矿区周围 $1\ \text{km}^2$ 范围内又新增建水源地 3 处。目前矿区周边大型工业水源地 5 个,日供水能力 $15 \times 10^4\ \text{m}^3/\text{d}$,农业用水 $3 \times 10^4\ \text{m}^3/\text{d}$ 。帷幕注浆堵水可以有效地保护地下水资源。

参考文献:

- [1] 王兆远,孙波.张马屯铁矿构造突水封堵治理实践[J].采矿技术,2003,3(2):82-83.
- [2] 王兆远,孙波.帷幕内灰岩双含水层赋存条件及疏干治理[J].山东冶金,2004,26(1):9-10.

Introduction to Curtain Grouting and Exclusion of Water Engineer of Zhangmatun Iron Deposit in Jinan City

SUN Bo

(Gangcheng Mineralogy Corporation, Shandong Jinan 250101, China)

Abstract: Through curtain grouting, an effective and stable "flood control dam" is built which guarantee safty production of Zhangmatun iron deposit for 30 years. This technology not only has high safty and economic efficacy, but also has social efficacy of protection underground water resource. This technology has the characteristics of wide application scope, mature technology and easy using, which should be applied widely in underground water prevention in deep - well mines.

Key words: Mine management; safty; flood; curtain; Zhangmatun iron deposit; Jinan city