

探采结合技术在蒙古其古尔铀矿床 P0线以西的应用

郝以泽¹, 徐丽文², 赵涛¹

(1. 核工业二一六大队, 新疆 乌鲁木齐 830011;
2. 新疆中核天山铀业有限公司, 新疆 伊宁 835000)

摘要: 为了提高矿山企业的生产效率、降低生产成本, 选择蒙古其古尔铀矿床 P0 线以西地区作为试点, 进行探采结合工程的布设原则以及施工工艺应用研究。实践表明, 与传统施工流程相比, 探采结合工程既达到了地质勘探目的, 又满足了矿冶生产需要, 做到了时间效益、经济效益、环保效益的优化。

关键词: 探采结合; 铀矿开采; 地浸; 砂岩型; 蒙古其古尔

中图分类号: TD868 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-8063(2024)04-0020-05

DOI: 10.13426/j.cnki.yky.2023.03.05

为贯彻《铀矿高质量勘查开发的发展规划纲要(2020—2035)》, 尽快摸清铀资源状况, 中国铀业大力推进探采一体化技术^[1]。探采结合是指借助采矿工程开展生产勘探, 使探矿工程与采矿生产相结合^[2]。目前探采结合技术已在宝鸡二里河铅锌矿、阿勒泰蒙库铁矿、丹东四道沟金矿、邯郸西石门铁矿、冷水江锡矿山锑矿等矿山中得到实践, 并取得了良好的效果^[3-7]。

地浸采铀钻孔工程的探采结合, 是在地质勘查进行到一定程度后, 为进一步控制矿体规模进行加密勘探时, 通过合理的钻孔设计, 依托“开窗式”钻孔施工工艺^[8], 将部分加密勘探钻孔作为生产钻孔使用, 以期减少重复施工钻孔的费用, 达到节约钻孔资金, 提升采矿经济效益的目的^[9]。蒙古其古尔作为第一批应用探采结合施工方式的地浸砂岩型铀矿床, 为探采结合技术在砂岩型铀矿的应用进行了有益尝试。

1 矿床概况

蒙古其古尔铀矿床是中国首个特大型砂岩型铀矿^[10], 是中国绿色铀矿大基地, 隶属于新疆中核天山铀业有限公司, 2012—2016年在P0线以东P0—P55线相继投产两期工程, 逐步形成了千吨

级天然铀生产基地。在蒙古其古尔铀矿床 P0 线以西地区, 于 2021—2022 年在勘探阶段采用探采结合手段, 为矿床开发利用和矿山设计提供地质依据, 并实现了勘探钻孔和生产工艺钻孔的有机结合和综合利用。

2 矿床地质情况

蒙古其古尔铀矿床中新世代盖层由中一下侏罗统水西沟群、中侏罗统头屯河组、上白垩统东沟组、古近系—渐新统安集海河组、新近系上新统和第四系组成^[11], 其不整合覆盖于石炭系或二叠系中酸性火山岩、火山碎屑岩之上, 缺失三叠系和上侏罗统。中一下侏罗统水西沟群由下至上可分为 3 组, 其中三工河组与西山窑组为湿润气候下发育的 1 套灰色含煤碎屑沉积, 岩性以砂砾岩、含砾砂岩、砂岩为主, 夹有泥岩、粉砂岩、煤, 是铀矿体的主要赋存部位。

矿床总体位于伊犁盆地南缘斜坡带东段构造相对活动区内, 属于次级构造扎吉斯坦向斜南翼的组成部分^[12]。区内地层先后经受了 6 期构造运动, 发育于矿床南北两侧的 F₁、F₃ 阻水逆冲断裂组合, 对补-径-排水动力机制、层间氧化和铀矿化形成具有重要意义。

收稿日期: 2023-03-07

第一作者简介: 郝以泽(1984—), 男, 河南信阳人, 学士, 高级工程师, 主要从事地浸砂岩型铀矿床探采研究工作。

3 探采结合工程应用

蒙古其古尔铀矿床 P0 线以西探采结合工程,基本工程间距为 $100\text{ m}\times(50\sim 25)\text{ m}$ 。结合生产钻孔布置参数(抽注孔间距 35 m ，“七点型”或“五点型”井型)布设勘探钻孔,通过适当平移勘探孔位置或调整生产孔井型、井距,确定探采结合钻孔施工位置及钻孔类型。通过生产勘探与采矿密切配合,充分利用已有工程进行探矿,并使新布置勘探工程最大限度被采矿利用,完成勘探钻孔及生产钻孔的施工,取得矿床开采最佳效益。钻孔施工包括开孔前的准备及一次钻进成井两部分,具体流程见图 1。

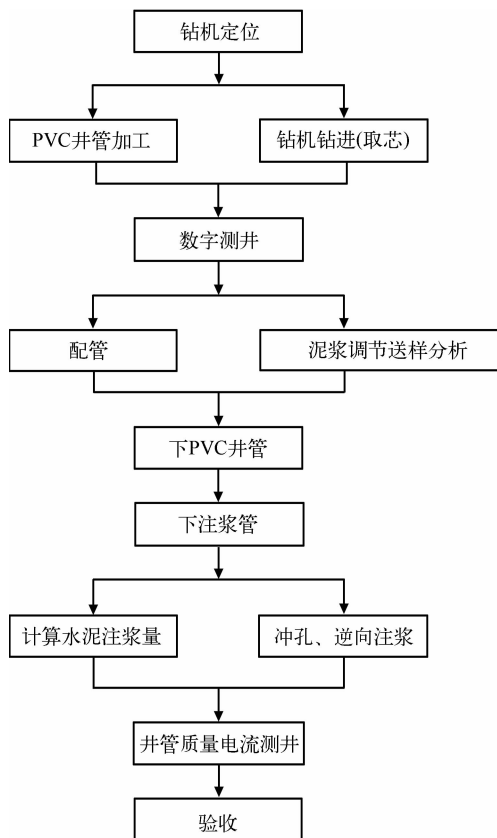


图 1 钻孔施工工艺流程示意图

Fig. 1 Schematic diagram of borehole construction process

3.1 探采结合钻孔布置原则

蒙古其古尔铀矿床 P0 线以西矿体规模较小,且分布零散,为便于零散矿体的开发利用和探采结合钻孔的合理布设,以“五点型”和“七点型”相

结合的形式布置钻孔井型,在局部矿体边界布置不完整井型。

3.1.1 “五点型”布置形式

综合考虑矿体渗透系数、经济、探采结合、井场服务年限等因素,对于面积较小的矿块,一般采用“五点型”井型。“五点型”井型由矩形排列的 4 个注孔与处于中心位置的 1 个抽孔组成,依据蒙古其古尔铀矿床可行性研究阶段的地浸条件试验和工业性试验,抽注孔采用 35 m 间距,相邻注孔采用 50 m 间距。因勘探线间距为 100 m ,勘探钻孔的孔距为 50 m ;以勘探钻孔作为注液孔,钻孔基本无须调整即可满足《铀矿地质勘查规范》(DZ/T 0199—2015)的要求(图 2)。

3.1.2 “七点型”布置形式

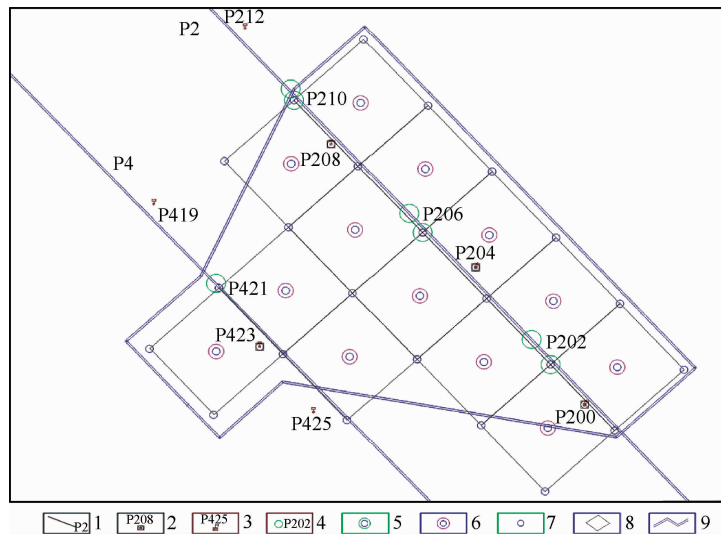
对于面积较大的矿块,一般采用“七点型”井型(图 3)。“七点型”井型,抽注孔间距为 35 m ,与勘探钻孔 50 m 基本工程间距的布置在契合度上存在偏差,需要将勘探钻孔孔位进行微调,来满足《铀矿地质勘查规范》(DZ/T 0199—2015)的要求。在后续生产中,可根据实际情况将“七点型”井型灵活转化为“五点型”井型。

3.2 探采结合钻孔施工工艺

3.2.1 钻孔结构

钻孔井管采用 UPVC 超强度采铀套管,在潜水泵下放处安装 $\phi 160\text{ mm}\times 15\text{ mm}$ 的加厚管,其余位置安装 $\phi 152\text{ mm}\times 12.8\text{ mm}$ 井管,管箍为 $\phi 166\text{ mm}\times 18\text{ mm}$ UPVC 管,丝扣处采用生料带密封,同时涂抹 704 胶,井管安装至过滤器上端 1 m 处。为了方便注浆,在井管末端预留“马蹄口”形状的注浆口。

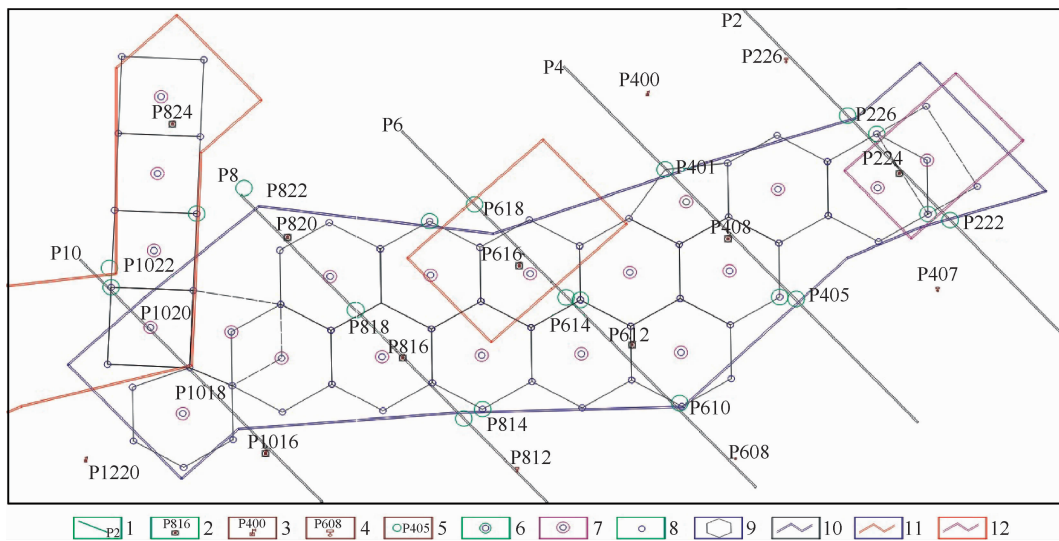
内置过滤器管柱由导向悬挂密封装置、引管、固定装置、过滤管、投砾装置、沉砂管组成。主体部分过滤管为 316L 不锈钢夹网过滤器(图 4),包含内、中、外三层结构,内层为 $\phi 90\text{ mm}\times 5\text{ mm}$ 的 316L 不锈钢花管,花管上均匀分布 $\phi 12\text{ mm}$ 的圆孔,孔间距 18.26 mm ,每周 12 个孔,相邻两排的 3 个孔呈等边三角形分布,孔隙率为 23.54% ;中层为 40 目的 316L 不锈钢过滤网,网孔规格 $0.38\text{ mm}\times 0.38\text{ mm}$,孔隙率为 27.9% ;外层为 $\phi 96\text{ mm}\times 1.5\text{ mm}$ 的 316L 不锈钢割缝管,缝规格 $1.5\text{ mm}\times 10\text{ mm}$,缝间距 3 mm ,每周均布 67 条缝,孔隙率为 30% 。



1—勘探线及编号；2—工业铀矿孔；3—铀矿化孔；4—设计探采结合孔；5—平移后的探采结合孔；
6—生产抽液孔；7—生产注液孔；8—生产井型；9—三工河组下段矿块。

图 2 “五点型”井型钻孔布置图

Fig. 2 Structure diagram of “5-spot well pattern” borehole



1—勘探线及编号；2—工业铀矿孔；3—铀矿化孔；4—无铀矿孔；5—设计探采结合孔；6—平移后的探采结合孔；7—生产抽液孔；
8—生产注液孔；9—生产井型；10—三工河组下段矿块；11—西山窑组下段矿块；12—西山窑组上段矿块。

图 3 “七点型”井型钻孔布置图

Fig. 3 Structure diagram of “7-spot well pattern” borehole

3.2.2 开窗式切割工艺钻孔工艺流程

开窗式切割工艺钻孔施工工艺包括一次成井和二次成井。其中，一次成井主要由钻进、测井、井管安装、注浆工序组成；二次成井由切割、内置过滤器安装(含投砾)、洗井工序组成(图 5~图 6)。两次成井流程依次进行，但相互独立。探采结合钻孔仅进行一次成井工艺施工，二次成井施

工与采区其他生产钻孔统一完成。

填砾式钻孔施工工艺的过滤器安装必须与井管安装同步进行；开窗式切割工艺的过滤器安装可在井管安装与注浆工序完成的一次成井后单独进行^[13]。开窗式切割工艺的两成井流程的相对独立性，为探采结合的有效实施创造了先决条件，使得过滤器位置设计可在采区开拓期间统一进行。

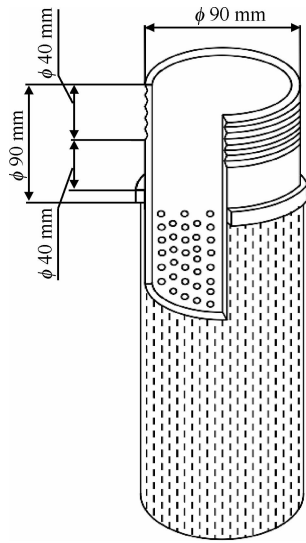


图 4 内置过滤器结构示意图

Fig. 4 Structure diagram of built-in filter

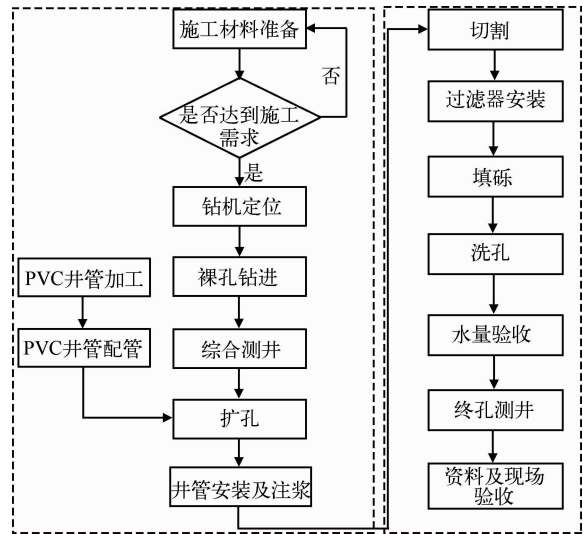


图 5 开窗式切割工艺钻孔施工流程图

Fig. 5 Process diagram of window-type cutting borehole

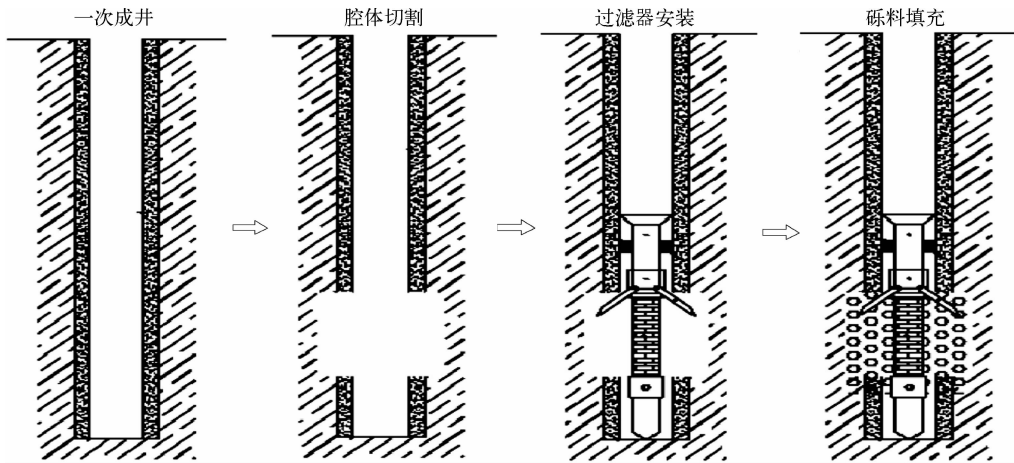


图 6 开窗式切割工艺(二次成井)钻孔施工流程图

Fig. 6 Process diagram of window-type cutting borehole(secondary well completion technology)

4 探采结合钻孔施工效益

2021—2022 年新疆中核天山铀业有限公司在蒙其古尔铀矿床 P0 线以西,北东向长 3.5 km、北西向宽 2.5 km、面积 7.3 km² 的范围内,共施工了勘探孔及生产孔 107 个,累计钻探工作量近 3.9 万 m。其中被预测为工业矿孔的概率很大或能构筑周边抽注单元,可以实现综合利用的探采结合钻孔有 79 个,工作量近 2.9 万 m,单价 880 元/m。经计算,若单独施工勘探孔的话,总施工钻孔数可减少至 83 个,节约工作量约 0.9 万 m,单价 714 元/m;但后续将勘探孔作为

生产孔,需对其中约 55 个勘探孔进行一次成井工艺施工,工作量近 2.0 万 m,单价 560 元/m。

4.1 时间效益

利用探采结合方式将原有施工 2 个钻孔(共约 12 d)的工时缩短为施工 1 个钻孔(约 7 d)的工时,总体工时由单独施工勘探钻孔的 828 d 减少至施工探采结合钻孔的 721 d,累计减少工时 13%,生产效率得到显著提高。

4.2 经济效益

探采结合钻孔同时具备了勘探与开采的属性,与单独施工勘探孔及生产孔相比,每米工程单价降低约 400 元,本项目累计节约资金超 700 万

元,经济效益显著。同时,探采结合项目缩短了生产时间,减少了钻孔数量,降低了人、机、物等安全风险隐患,降低了安全风险投入。

4.3 环保效益

项目施工区域多分布于草场,对环境具有一定的短时破坏效应。采用探采结合方式施工,钻孔数量减少、施工区域变小,相应降低了对草场的破坏效应。道路、泥浆坑等区域由原有 310 m² (勘探孔+生产孔)降至 200 m²,占地面积减少 35%,具有较好的环保效益。

5 结论

蒙古古尔铀矿床 P0 线以西的探采结合工程既达到地质探勘目的,又满足矿冶生产需要。依托“五点型”“七点型”井型布设及“开窗式”钻孔施工工艺,做到了时间效益、经济效益、环保效益的优化。合理应用探采结合技术,能使探矿与采矿紧密结合,提高钻孔施工效益。

参考文献:

- [1] 王成. 关于高质量开展“摸清家底”实施好铀矿勘查规划的思考[J]. 铀矿地质, 2022, 38(4): 571-581.
- [2] 石诚. 研究铜矿开采中探采结合技术的运用[J]. 世界有色金属, 2019(18): 72+74.
- [3] 赵林海, 周润民, 王超, 等. 二里河铅锌矿探采结合工程实践[J]. 现代矿业, 2020, 36(4): 77-79.
- [4] 曹强. 浅谈探采结合在蒙库铁矿开采中的应用[J]. 新疆钢铁, 2016(1): 52-54.
- [5] 鲍玉学. 四道沟金矿探采结合生产实践[J]. 有色矿冶, 2012, 28(2): 15-17.
- [6] 王旭, 张宁. 探采结合技术在西石门铁矿的运用[C]//中国冶金矿山企业协会矿山技术委员会, 冶金矿产资源高效开发利用产业技术创新战略联盟, 金属矿山安全与健康国家重点实验室, 等. 中国矿业科技文汇——2015. [出版者不详], 2015: 562-563+578.
- [7] 翟文斌. 探采结合在锡矿山锑矿开采中的实践[J]. 湖南有色金属, 2015, 31(2): 5-7+10.
- [8] 王旨儒. 地浸工艺钻孔孔内切割技术研究[C]//中国核学会. 中国核科学技术进展报告(第四卷)——中国核学会 2015 年学术年会论文集: 第 1 册: 铀矿冶分卷. 北京: 中国原子能出版社, 2015: 387-398.
- [9] 丁印权, 段柏山, 周根茂, 等. 探采结合技术在新疆砂岩型铀矿中的应用[J]. 铀矿冶, 2024, 43(2): 31-38.
- [10] 中国核工业集团. 我国首个千吨级天然铀生产基地诞生[J]. 矿产勘查, 2016, 7(6): 879.
- [11] 陈奋雄, 聂逢君, 张成勇, 等. 新疆伊犁盆地蒙古古尔地区下侏罗统三工河组沉积相及其铀矿化的关系[J]. 古地理学报, 2016, 18(5): 833-842.
- [12] 张占峰, 蒋宏, 王毛毛. 蒙古古尔铀矿床成矿驱动因素及其在伊犁盆地找矿实践中的意义[J]. 矿床地质, 2010, 29(S1): 165-166.
- [13] 王晓斌, 崔裕禄, 王旨儒, 等. 不同结构地浸钻孔在新疆铀矿山的应用及运行效果评价[J]. 铀矿冶, 2024, 43(3): 9-16.

Application on Combination of Exploration With Mining in West of Mengqiguer Uranium P0 Prospecting Line

HAO Yize¹, XU Liwen², ZHAO Tao¹

(1. No. 216 Group of Nuclear Industry, CNNC, Urumqi 830011, China;
2. Xinjiang Tianshan Uranium Co., Ltd., CNNC, Yining 835000, China)

Abstract: In order to improve the production efficiency of mining enterprises and reduce production costs, choose west of Mengqiguer uranium P0 prospecting line as the pilot to study the layout principle and construction technology application of exploration and mining combined engineering. The practice shows that compared with the traditional construction process, the combination of exploration with mining not only achieves the purpose of geological exploration, but also meets the needs of mining and metallurgy production, and achieves the optimization of time benefit, economic benefit and environmental benefit.

Key words: combination of exploration with mining; uranium mining; in-situ leaching; sandstone type; Mengqiguer