

# Improve the extraction rate of rock (ore) core from drilling in the southern Ordos Basin

Bin Li

No.203 ResearchInstitute of NuclearIndustry, Xianyang, Shaanxi, 712000, China

## Abstract

The Ordos Basin is a significant energy resource area in China, rich in coal, natural gas, and uranium. However, the region often faces challenges such as highly fractured rock formations, poor wellbore stability, and complex hydrogeological conditions, leading to frequent issues like easy damage to core samples, low core recovery rates, and poor sample representativeness. These problems directly impact the quality of exploration data and the accuracy of interpretation conclusions. To address these issues, this paper uses the southern part of the Ordos Basin as a case study. It systematically analyzes various drilling factors during the drilling process in the region, collects on-site measurement data from typical drilling holes, and summarizes strategies to improve the success rate of core sampling per cycle, providing valuable insights for reference.

## Keywords

Ordos Basin; drilling return rock (mineral) core; extraction; status quo; countermeasures

# 提高鄂尔多斯盆地南部钻孔回次岩（矿）心提取达标率

李斌

核工业二〇三研究所，中国·陕西 咸阳 712000

## 摘要

鄂尔多斯盆地是中国重要的能源资源富集区，含有煤、石油、天然气以及铀矿等多种矿种。然而在钻探施工过程中，常发生孔壁不稳定、孔内漏水或涌水、软硬互层、蚀变发育的构造带等地层特征，以至于频繁发生岩（矿）心破碎、取心率低和样品代表差等问题，直接影响了勘查资料的质量和解释结论的准确性。为此，下文将以鄂尔多斯盆地南部为实例，在系统分析该区钻进过程中钻进诸多因素的基础上，搜集近两年施工钻孔数据结合现场实验数据，总结出了提高该盆地钻孔回次取心达标率的对策，以供参考。

## 关键词

鄂尔多斯盆地；钻孔回次岩（矿）心；提取；现状；对策

## 1 引言

随着《鄂尔多斯盆地旬邑—盐池地区铀矿资源调查评价》项目的持续开展，钻探在控制铀矿体形态、落实资源储量、提交矿产地成果方面的作用愈发明显，而钻探质量的好坏直接关系到铀矿勘查工作成果的可靠性和科学性，岩（矿）心完整性又是衡量钻探质量的重要指标之一，更是开展地质分析、圈定矿体和计算资源储量的前提条件<sup>[1]</sup>。所以，探讨如何在复杂地层、复杂工况下，做到最大程度上提高岩（矿）心提取的完整度，有着重大的现实意义及应用前景。

## 2 鄂尔多斯盆地南部钻孔回次岩（矿）心提取现状

### 2.1 不同层段回次岩（矿）心提取不达标率情况

钻孔结构设计时依据采取率的不同将钻孔分为设计段与非设计段，通过对2021年施工的17个钻孔2070个回次进行检查，其中回次岩（矿）心提取不达标有864个回次。按照设计段和非设计段进行统计发现，非设计段回次岩（矿）心提取不达标的有755个回次，占不达标回次的87.38%；对于设计段中的提取不达标回次只有109个，占不达标回次的12.62%。因此，钻孔非设计段提取不达标为影响钻孔岩心采取率的主要问题。

### 2.2 非设计段不同岩性回次岩（矿）心提取不达标情况

工区揭露岩性按照粒级分为泥岩、砂岩、砾岩，考虑到不同岩（性）对岩（矿）心提取的影响，按岩性对非设计段岩（矿）心提取不达标的755个回次进行调查，发现砂岩

【作者简介】李斌（1985-），男，中国陕西咸阳人，本科，工程师，从事铀矿地质钻探等研究。

提取不达标有 601 个回次，占非设计段岩（矿）心提取不达标的 79.6%；砾岩提取不达标有 77 个回次，占非设计段岩（矿）心提取不达标的 10.20%；泥岩提取不达标有 45 个回次，占非设计段岩（矿）心提取不达标的 5.96%；多岩性互层提取不达标有 32 个回次，占非设计段岩（矿）心提取不达标的 4.24%。因此，非设计段砂岩提取不达标是影响采取率的主要问题。

### 2.3 非设计段不同固结程度砂岩回次岩（矿）心提取不达标情况

根据《地浸砂岩型铀矿钻探工程地质物探原始编录规范》（EJ/T 1159-2002），砂岩根据其固结程度可分为致密、较疏松与疏松，考虑到不同固结程度对岩（矿）心提取的影响，按固结程度对非设计段砂岩岩（矿）心提取不达标的 601 个回次进行调查，发现非设计段疏松砂岩提取不达标有 481 个回次，占非设计段砂岩岩（矿）心提取不达标的 80.03%；较疏松砂岩提取不达标有 62 个回次，占非设计段砂岩岩（矿）心提取不达标的 10.32%；致密砂岩提取不达标有 45 个回次，占非设计段砂岩岩（矿）心提取不达标的 7.49%；多固结程度互层提取不达标有 13 个，占非设计段砂岩岩（矿）心提取不达标的 2.16%；因此，非设计段疏松砂岩提取不达标是工作区岩（矿）心提取达标率低的主要症结。

## 3 钻孔回次岩（矿）心提取现状的主要原因

### 3.1 泥浆粘度大

泥浆作为钻探血液，是钻进循环的重要介质，泥浆粘度参数更是对于岩（矿）心的提取质量有着很大的影响 [2]，按照钻探施工规范要求，泥浆粘度一般控制在 19-26s，检查以往施工钻探泥浆粘度均控制在 24-26s。因此在 2022 年施工中的 ZKY1-8 钻孔进行试验，当钻遇非设计段疏松砂岩层时，保持钻进参数、钻具、取心方式等一致的情况下，通过向泥浆中加入增粘剂（CMC）或降粘剂（腐殖酸钾）调整泥浆粘度，对不同粘度参数下施工非设计段疏松砂岩采取率进行检查，经过统计分析，当泥浆粘度在 22-23s 时，岩（矿）心提取不达标率为最低。

通过查阅相关文献认为，过高的泥浆粘度会在井壁形成较厚的滤液滤饼，在这种情况下由于泥皮粘附作用，容易引起疏松岩层孔壁脱稳，使得岩心在未完全送入岩心管之前就已经开始发生松散和崩解。同时泥浆的高粘阻性将显著增大岩心在岩心管内的轴向运移摩擦力，造成岩心在岩心管内轴向出现粘附、卡滞甚至碎裂的现象，严重影响单回次岩心的整体成段率。

### 3.2 回次进尺过长

钻孔施工中对回次进尺长度的控制是保证岩（矿）心提取率的重要方式，目前钻遇疏松砂岩层时，回次进尺均控制在 2~4m 范围，但该区施工多数情况超出了在较疏松或较

松散岩层中取得良好结构完整的岩心所需的最佳进尺值。过长的进尺会延长岩心在筒内的滞留时间，在岩心柱自重及钻头轴压的作用下使最先取出段岩心柱结构遭到损坏，产生压裂、剪切或扭动破坏。尤其当岩层致密差异较大时，在软硬交错互层岩层的岩性交接面处容易出现物理力学性能突变情况，尺较长可造成两者之间的岩心相互错动或分离，使岩心柱的整体强度进一步下降。

为此在 2022 年施工 ZKY1-7 钻孔进行测试，当钻遇非设计段疏松砂岩层时，保持泥浆参数、钻具、取心方式一致，通过调整回次进尺长度，对不同回次进尺长度下岩（矿）心提取不达标率进行统计，通过统计当回次进尺控制在 ≤ 2.2m 时，岩（矿）心提取不达标占比最低。

表 1 回次进尺长度与回次岩（矿）心提取不达标情况测试结果统计表

序号	孔号	回次进尺长度 (m)	施工回次 (个)	非设计段疏松砂岩 (矿) 心提取不达标回次 (个)	不达标率 (%)
1	ZKY1-7	1.0	10	4	40.00
2		1.6	10	4	40.00
3		2.2	10	4	40.00
4		2.8	10	5	50.00
5		3.4	10	7	70.00
6		4.0	10	8	80.00
7		4.6	10	10	100.00
合计 / 平均值			70	42	60.00

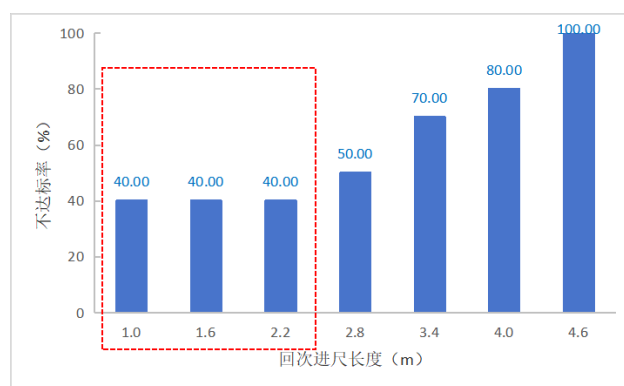


图 1 回次进尺长度与非设计段疏松砂岩回次岩（矿）心提取不达标关系图

### 3.3 单管卡簧取心钻具不适用

目前鄂尔多斯盆地南部钻探取心多采用单管卡簧取心，单管取心方式难以隔断钻具内外的压力波动，遇到松软、高含水或者固结较差的岩层时，极易导致钻孔冲洗液渗入岩心之间，对岩心造成扰动，出现溶解或者变软的问题。另外卡簧式的抓岩机制依靠卡簧本身的弹性夹持力来抓持住岩心，难以根据需求调节抓持力大小，可能出现抓持力过小或过大两种情况。当钻遇岩性突变或岩心强度低时，岩心会由

于抓持力过小而造成掉落或不能随取心管取出孔外的情况。另一方面，单管内没有独立的内管用来封闭岩心，因此无法在管内维持某种有利于岩心的良好受力状态，加上钻进过程中很容易出现钻具反扭、回拖的现象，这样会导致岩心沿管径轴向运动或管内管壁摩擦从而造成岩心断裂或磨蚀。

为此，在2022年施工的ZKZ4-4钻孔进行单管卡簧取心钻具、单管干烧取心钻具、单动双管取心钻具三种取心工具的现场试验。当钻遇非设计段疏松砂岩层时，保持泥浆参数、钻进参数一致，更换不同取心钻具，对岩（矿）心提取不达标的回次进行统计，通过统计，当使用单动双管取心钻具时，岩（矿）心提取不达标率为最低。

## 4 提高鄂尔多斯盆地南部钻孔回次岩（矿）心提取达标率的对策

### 4.1 动态控制泥浆粘度

首先，项目组在施工期内开展系统性泥浆性能调试实验，对不同初始粘度样本进行调节试验，设定目标粘度范围为22~23 s，作为适用于该区域疏松砂岩地层的优化参数窗口。其次，实验中分别向泥浆中添加适量羧甲基纤维素钠（CMC）以增强流变特性，或添加腐殖酸钾进行稀释处理，构建适用于现场施工的粘度调节建议表，详见表3。并依据试验结果明确不同初始粘度下所需调节剂投加量及搅拌时长等工艺参数。

表2 不同取心钻具与回次岩（矿）心提取达标率测试结果统计表

序号	孔号	取心钻具	施工回次（个）	非设计段疏松砂岩（矿）心提取不达标回次（个）	不达标率（%）
1	ZKZ4-4	单管卡簧取心钻具	10	5	50
2		单管干烧取心钻具	10	4	40
3		单动双管取心钻具	10	2	20
合计/平均值			30	11	36.67

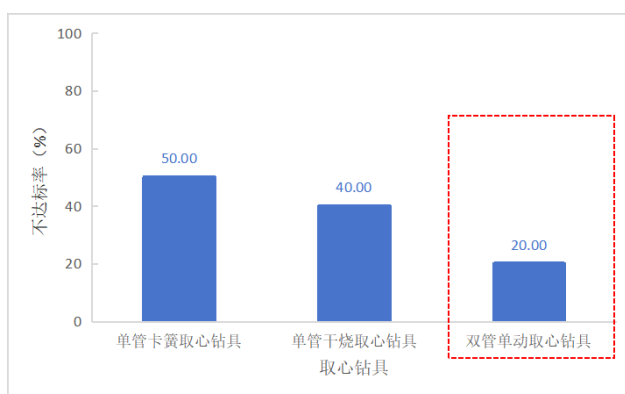


图2 取心方式与非设计段疏松砂岩回次岩（矿）心提取不达标关系图

表3 泥浆粘度调整建议表

序号	泥浆粘度	添加剂	加量（%）	预水化时间（min）	搅拌转速（r/min）	搅拌时间（min）
1	19	增粘剂（CMC）	14	150	1000	30
2	20		12	120	800	25
3	21		9	90	800	20
4	24	降粘剂（腐殖酸钾）	2	60	800	5
5	25		3	60	800	5
6	26		4	60	800	5
7	27		5	60	800	5
8	28		6	60	800	5
9	29		7	60	800	5
10	30		9	90	1000	10
11	31		11	90	1000	10
12	32		13	90	1000	10
13	33		15	120	1000	15
14	34		18	120	1000	15
15	35		21	120	1000	15

依据泥浆粘度建议表,可快速准确将泥浆粘度调整到22~23s的目标值上,既避免了因粘度过大造成的井壁压裂、卡钻的问题,又解决了因粘度过低而导致岩心浮力偏低,携砂性能降低,有利于提高疏松砂岩岩(矿)心采取率。

#### 4.2 控制钻进回次进尺长度

实际钻进时,如果回次进尺较长,会导致岩(矿)心柱质量较差,甚至会出现碎心、脱落的现象。因此,在该区施工钻遇疏松砂岩层时,要严格控制回次进尺长度子在2.2m以内。在鄂尔多斯盆地南部ZKZ9-3钻进过程中,采用“机上余尺”来限制回次进尺长度。该方式不需要借助其他辅助工具,主要通过测量钻机机上余尺来控制回次进尺长度,具有十分明显的直观性和操作简易性,大大降低了由于回次进尺超长引起的岩心柱破损问题的发生概率。

#### 4.3 单动双管取心钻具的更新与应用优化

针对现有单管卡簧取心钻具存在的问题,进行单动双管取心钻具的选用及更换,以达到提高钻孔回次岩(矿)心的提取质量的目的<sup>[1]</sup>。首先,对国内主要钻具生产厂商进行调研,包括内管、外管的直径大小、钻头的种类、型号、卡簧座距钻头距离、价格等各个方面内容。经过分析比对各方面的技术参数及性价比,最终选出性价比最高、质量最优的JP113型号单动双管钻具作为该项目的钻具供应商。其次,严格按照采购流程,严把供应商,保证钻具质量达到设计要

求和技术指标,并进行采购后的全面的质量检查,验收结果表明钻具全部符合规范标准。通过采用这种钻具装置,能有效提高钻孔回次岩(矿)心提取达标率,这对加快施工进度,保障施工质量具有重要意。

## 5 结语

总而言之,鄂尔多斯盆地南部地层发育状况较为复杂,施工工艺参数和钻具配套优化是有效提高岩心获取质量的技术手段之一,该方法通过泥浆粘度调整、回次进尺长度控制以及单动双管钻具的应用,解决了鄂尔多斯盆地南部疏松砂岩层段回次岩(矿)心提取达标率低的症结,从而大幅提高钻孔岩(矿)心采取率,在一定程度上保证了勘查资料的质量和解释结论的准确性。后期应继续根据各地质单元自身的特点来开展参数优化和工艺迭代研究,逐渐摸索出一套适用于自身特点且稳定可靠、高效的钻探岩心获取方式,并将其总结为一套方法论来提供指导作用。

## 参考文献

- [1] 董武臣.提高岩矿心采取率的措施[J].水力采煤与管道运输, 2009(3):2.
- [2] 康永水,耿志,刘滨,等.煤矿深部巷道软弱围岩密集钻孔卸压技术与应用[J].岩石力学与工程学报, 2024, 43:3187-3194.
- [3] 郭卫准.基于钻孔窥视技术的煤层顶板“三带”分布规律研究[J].能源技术与管理, 2023, 48(2):46-47.