

# 大口径瓦斯抽排井施工扩孔分级设计优选探讨

袁志坚<sup>1,2</sup>, 熊亮<sup>1,2</sup>

(1. 河南省能源钻井工程技术研究中心, 河南 郑州 450018; 2. 河南省煤田地质局, 河南 郑州 450018)

**摘要:**受现有钻探设备能力限制,大口径瓦斯抽排井工程通常采用“先导钻进+分级扩孔”施工方法。通过扩孔所需回转扭矩的计算分析,对常用大口径瓦斯抽排井扩孔分级的设计进行了探讨。

**关键词:**大口径瓦斯抽排井;扩孔分级;优选

**中图分类号:**P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2014)11-0017-03

**Discussion on Optimization of Reaming Grading Design of Large Diameter Gas Drainage Well Construction/YUAN Zhi-jian<sup>1,2</sup>, XIONG Liang<sup>1,2</sup>** (1. Henan Provincial Energy Drilling Engineering Technological Research Center, Zhengzhou Henan 450018, China; 2. Coalfield Geology Bureau of Henan Province, Zhengzhou Henan 450018, China)

**Abstract:** Being confined to the capacity of existing drilling equipments, usually “pilot drilling + hierarchical reaming” construction method is used for gas drainage well. By the analysis and calculation of the rotary torque required by reaming, the discussion is made on reaming grading design of the common used large diameter gas drainage well.

**Key words:** large diameter gas drainage well; reaming grading; optimization

## 0 引言

大口径瓦斯抽排井是采用钻井法技术从矿井地面向井下钻凿一井眼,然后下入钢管经固井形成一个地面至井下的钢管水泥环永久性通道,是煤矿瓦斯综合治理即“先抽后采”和“逢采必抽”系统工程的重要组成部分。利用该通道把井下预抽的瓦斯输送到地面,一是降低井下瓦斯浓度,提高煤矿安全生产程度,二是抽排出的瓦斯用于发电或民用,丰富我国能源结构,最大限度降低瓦斯空排环境污染。因此,研究大口径瓦斯抽排井施工技术有着重要的现实和社会意义。

根据煤矿瓦斯抽排的需要,大口径瓦斯抽排井工作套管直径一般在600~1000 mm之间,近几年有增大的趋势,最大已有1150 mm,井深绝大部分<1000 m。钻遇的地层多是沉积岩地层,地层岩性多样,条件复杂。大口径瓦斯抽排井的井型特点概括为“五大一严”,即:井眼直径大;套管直径大;套管重量大;下管风险大;固井难度大;井斜要求严。从上可以看出,钻、完井施工过程中的导向孔防斜保直、扩孔、下管、固井等不同工序均有技术难点需要研究解决。我局从2005年开展了大口径瓦斯抽排井施工技术工艺研究,完成了“大口径工程井导向孔防斜保直技术”、“大直径套管强度设计与校核”、“提吊+浮力下管技术”等多个课题研究,同时取得“套管对接扶正器”、“井口密封止逆固井装置”2项实用新型专

利,为高质量施工大口径瓦斯抽排井奠定了基础。

受国内钻探机具性能的限制,目前大口径瓦斯抽排井施工通常采用“先导钻进+分级扩孔”的施工方法。大口径瓦斯抽排井钻(完)井过程中,钻凿井眼工作量最大,特别是扩孔分级设计尤为关键,如扩孔级数设计过多,虽降低了扩孔所需扭矩,减少了钻机回转系统故障几率,但增加了一次从井口至孔底的钻井作业过程,大幅增加辅助时间,影响生产效率并增大孔内安全风险;扩孔级数设计过少,扩孔扭矩大,易超过设备载荷引发机械甚至孔内事故,同时增加钻头设计优化难度(阶梯分级、碎岩自由面,牙轮掌布置等)。因此,需要对大口径瓦斯抽排井扩孔分级设计进行优化研究。

## 1 大口径瓦斯抽排井设备优选

根据地质勘探、桩基工程、矿山竖井钻井需要,目前国内现有成系列的钻机有岩心钻机、水源钻机、石油钻机、桩基钻机和竖井钻机等。从大口径瓦斯抽排井井型特征及经济技术合理性不难看出,上述几种系列钻机均不完全适合大口径瓦斯抽排井施工。如岩心钻机扭矩和提升能力严重不足;桩基钻机扭矩较大能满足钻扩孔需要,但提升力较小不能满足下管的需要;竖井钻机和ZJ40以上(钻深能力>4000 m)的大型石油钻机的扭矩和提升力较大,能满足施工的需要,但运行成本高,不经济;大型水

收稿日期:2014-04-08; 修回日期:2014-08-01

作者简介:袁志坚(1965-),男(汉族),山西怀仁人,河南省煤田地质局勘查技术处副处长、高级工程师,探矿工程专业,从事煤田、石油、煤层气钻探工作,河南省郑州市郑东新区正光北街19号,yzj371@163.com。

源钻机和小型石油钻机的提升和扭矩适中,能最大限度兼顾钻(扩)井和下管的需要,如下管提升力或扩孔扭矩不足时,可利用浮力法和优化扩孔分级设计进行解决。经过认真分析国内现有成熟配套的钻井设备,认为GZ-2600、RPS-3000型水源钻机和ZJ30型石油钻机经济技术合理性较好。GZ-2600、RPS-3000、ZJ30型钻机主要技术参数见表1。

表1 常见大口径施工钻机主要技术参数

| 钻机型号     | 转盘扭矩 / (kN·m) | 最大钩载 / kN | 转盘转速 / (r·min <sup>-1</sup> ) | 钻进深度 / m (Ø127 mm 钻杆) |
|----------|---------------|-----------|-------------------------------|-----------------------|
| GZ-2600  | 30            | 1150      | 43, 63, 93, 159               | 1800                  |
| RPS-3000 | 40            | 1000      | 33, 58, 75, 131               | 2000                  |
| ZJ30     | 23            | 1700      | 29, 44, 96, 143               | 2500                  |

## 2 大口径瓦斯抽排井钻扩孔分级设计

### 2.1 大口径瓦斯抽排井井眼尺寸确定

目前国内尚无大口径瓦斯抽排井井身结构设计相关的规范,大口径瓦斯抽排井工作套管直径一般根据矿山企业需求设计,生产实践中常用的工作套管直径有630、720、830、1050 mm等几种,通过对API石油钻井套管与井眼尺寸匹配关系的研究(见表2),结合大口径瓦斯抽排井施工方法,如井身质量,套管连接方法等综合因素,笔者认为井眼直径与套管直径之比在1.20~1.35之间较为合适,多个项目实践证明是安全、科学、合理的。按照上述比例关系下入Ø630、720、830、1150 mm工作套管对应的井眼直径设计应分别为790、910、1010、1500 mm。

表2 API常用套管与井眼尺寸配合关系

| 井眼直径/mm | 套管直径/mm     | 井眼直径与套管直径比 | 井眼直径/mm | 套管直径/mm | 井眼直径与套管直径比 |
|---------|-------------|------------|---------|---------|------------|
| 215.9   | 139.7/177.8 | 1.54/1.21  | 444.5   | 339.7   | 1.31       |
| 311.1   | 244.5       | 1.27       | 508.0   | 406.5   | 1.25       |
| 364.6   | 273.0       | 1.33       | 660.4   | 508.0   | 1.30       |
| 431.8   | 349.2       | 1.24       |         |         |            |

### 2.2 分级扩孔破岩所需扭矩计算

分级扩孔可采用等面积法和等径差法。破岩扭矩计算比较复杂,影响扭矩的因素众多,目前尚没有十分准确的计算公式,我们选用了经验公式:

$$M_p = KPR$$

超前钻孔:  $R = 2R_1/3$

扩孔钻孔:  $R = 2(R_1^3 - R_2^3) / [3(R_1^2 + R_2^2)]$

式中:  $M_p$ ——破岩扭矩, kN·m;  $K$ ——碎岩刀具旋转阻力系数,为实验统计数值,一般取0.1~0.3(小直径或用旧刀具的钻头取较大值,反之取小值);  $P$ ——钻压, kN;  $R$ ——钻孔换算半径, m;  $R_1$ ——钻

头破岩带外半径, m;  $R_2$ ——钻头破岩带内半径, m。

由于钻具旋转需要克服泥浆的阻力、钻头导向装置在旋转时摩擦井壁所消耗的扭矩以及旋转时的机械阻力和各种扭矩损失等,因此,所需扭矩应比计算的破岩扭矩值有所增大,即:

$$M = K_0 M_p$$

式中:  $M$ ——所需扭矩, kN·m;  $M_p$ ——破岩扭矩, kN·m;  $K_0$ ——系数,一般取  $K_0 = 1.2 \sim 1.3$ 。

#### 2.2.1 一次扩孔成井所需扭矩计算

假设孔径1500 mm,采用一次扩孔成孔,  $R_1$ 取0.75 m,  $R_2$ 取0.1555 m,换算半径  $R = 0.475$  m,运用等效直径法将扩孔钻头换算成全面钻头当量直径,则组合牙轮钻头钻进所需钻压  $P = (1500^2 - 311^2)^{0.5} \times 0.3$  kN/mm = 440 kN(牙轮钻头推荐钻压0.3~1.0 kN/mm,此处取小值0.3 kN/mm),则  $M_p = KPR = 0.3 \times 440 \times 0.475 = 62.7$  kN·m。若考虑各种扭矩损失(含钻具扭矩),  $M = K_0 M_p$ ,  $K_0$ 取1.2,则所需扭矩  $M = 1.2 \times 62.7 = 75.3$  kN·m。

同理,分别计算出井眼直径1100、910、790 mm扩孔所需扭矩,作孔径-扭矩关系曲线,如图1所示。

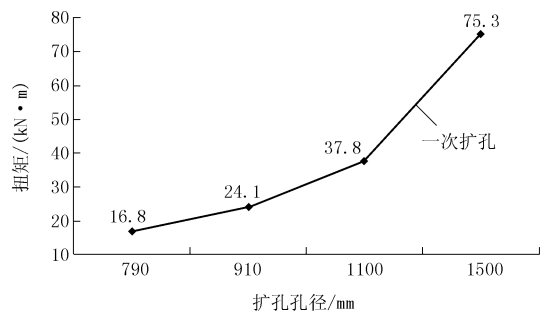


图1 一次扩孔(先导孔 Ø311.1 mm)孔径与扭矩关系

#### 2.2.2 二次扩孔成井所需扭矩计算

##### 2.2.2.1 等面积法分级计算

采用等面积法计算二级扩孔直径选取和扭矩,作孔径-扭矩关系曲线见图2。

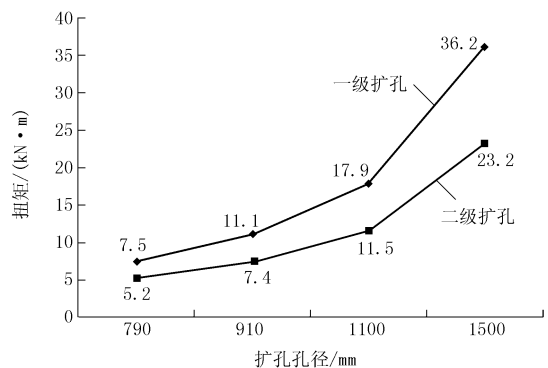


图2 二级扩孔(先导孔 Ø311.1 mm)孔径与扭矩关系(等面积法)

### 2.2.2.2 等径差法分级计算

采用等径差法计算二级扩孔直径选取和扭矩,作孔径-扭矩关系曲线见图 3。

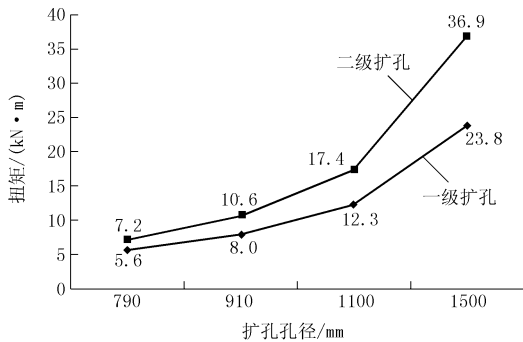


图 3 二级扩孔(先导孔  $\varnothing 311.1$  mm)孔径与扭矩关系(等径差法)

### 2.2.3 三次扩孔成井扭矩计算

#### 2.2.3.1 等面积法分级计算

采用等面积法计算三级扩孔直径选取和扭矩,作孔径-扭矩关系曲线见图 4。

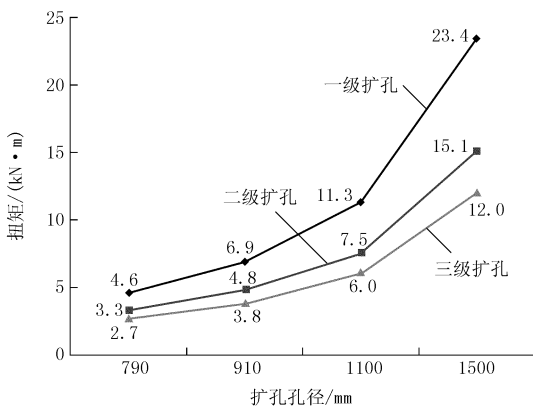


图 4 三级扩孔(先导孔  $\varnothing 311.1$  mm)孔径与扭矩关系(等面积法)

#### 2.2.3.2 等径差法分级计算

采用等径差法计算三级扩孔直径选取和扭矩,作孔径-扭矩关系曲线见图 5。

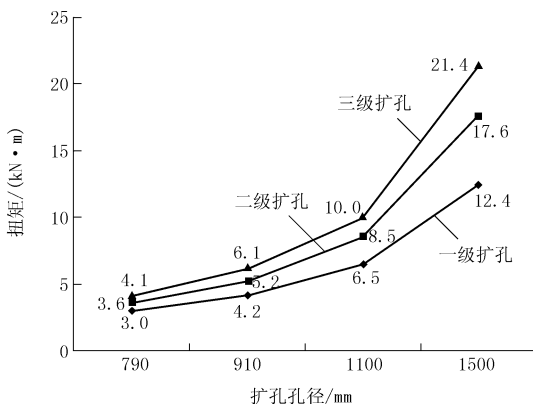


图 5 三级扩孔(先导孔  $\varnothing 311.1$  mm)孔径与扭矩关系(等径差法)

### 3 认识和结论

(1)施工大口径瓦斯抽排井,扩孔时所需破岩扭矩较大( $\geq 40$  kN·m),如果选择一次成井所需扭矩更大,下套管作业需要钻机提供较大的提升力,钻塔承载能力也较大。满足上述对旋转扭矩和提升能力的需求,采用分级扩孔施工至少需要选用石油 ZJ40 型(配 ZP-495 转盘,扭矩 36 kN·m)以上的钻机,但从经济技术合理性角度分析,这种选择不合理的。现有的工程、水井(地热井)、浅层石油钻机又不能完全满足大口径瓦斯抽排井施工需要,尤其是破岩扭矩和提升能力是短板,因此,有必要研制大提升能力(大钩提升、井架承载 225 t)、大扭矩(80 kN·m)、低转速的大直径工程井施工专用钻机。

(2)根据大口径瓦斯抽排井施工特点,目前应首先考虑钻机的扭矩是否能满足施工需要,当钻机扭矩满足施工所需后可利用“提吊+浮力塞法”解决下套管提升力不足问题。GZ-2600 型钻机适用于  $\varnothing 910$  mm 钻孔一次成井,或者经二级扩孔完全能满足  $\varnothing 1100$  mm,经三级扩孔完全能满足  $\varnothing 1500$  mm 的大口径工程井施工;RPS-3000 型钻机适用于  $\varnothing 910$  mm 钻孔一次成井,或者经一级扩孔完全能满足  $\varnothing 1100$  mm,经二级扩孔能满足  $\varnothing 1500$  mm 的大口径工程井施工;ZJ30 石油钻机配 ZP-205 转盘,所提供的扭矩较前 2 种型号钻机小,仅适用于  $\varnothing 890$  mm 钻孔一次成井,或者经二级扩孔能满足  $\varnothing 1100$  mm,经三级扩孔满足  $\varnothing 1500$  mm 的大口径工程井施工。

(3)通过对大口径瓦斯抽排井常用井眼扩孔分级和扭矩关系的分析研究,采用等面积法分级一级扩孔扭矩最大,采用等径差法分级三级扩孔扭矩最大,2 种分级方法计算的最大扭矩相差较小,对设备性能影响不大。由于等面积法分级扩孔每一级扩孔的钻压近似相等,建议采用等面积扩孔法进行分级。

(4)大口径瓦斯抽排井井眼直径 1100~1500 mm 扩孔分级设计三级为宜;井眼直径 910~1100 mm 扩孔分级设计二级为宜;井眼直径 790 mm 以下设计一级较合理。

### 参考文献:

- [1] 张永成. 钻井施工手册[M]. 北京:煤炭工业出版社,2010.
- [2] 李云峰,等. 煤矿大口径瓦斯抽排井施工技术研究[R]. 河南郑州:河南豫中地质勘察工程公司,2013.
- [3] 翁家杰. 井巷特殊施工[M]. 北京:煤炭工业出版社,1991.
- [4] 袁志坚. 提吊加浮力塞下管法在大口径瓦斯抽排孔的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(1):27-29.
- [5] 袁志坚. 大口径特殊工程钻孔套管事故原因及对策[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(10):46-48.