空气反循环取样钻探岩心采取率的计算方法探讨

邓梦春[1], 陆生林[2], 黄晟辉[1]
(1. 中国地质科学院探矿工艺研究所,四川 成都 611734; 2. 中国地质调查局成都地质调查中心,四川 成都 610081)

摘　要:介绍了 RC 钻探岩矿心采取率计算的国内现状,对质量采取率和体积采取率的计算方法进行了探讨,并对比了它们的优缺点。建议采用体积采取率作为 RC 钻孔的质量考核指标。

关键词:空气反循环;取样钻探;岩矿心采取率;质量采取率;体积采取率
中图分类号:P634.5^{+}6　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1672 - 7428(2013)09 - 0006 - 03

Discussion of Calculation Method for Core Recovery Percent of Air Reverse Circulation Sampling Drilling/*DENG Meng-chun*[1], *LU Sheng-lin*[2], *HUANG Sheng-hui*[1] (1. Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China; 2. Chengdu Center, China Geological Survey, Chengdu Sichuan 610081, China)

Abstract: The paper introduces the situation of the calculation of core recovery percent by RC drilling in China. The calculation methods for weight recovery percent and volume recovery percent are discussed and the comparison is made on their advantages and disadvantages. The volume percent is suggested to be as the quality assessment index.

Key words: air reverse circulation; sampling drilling; core recovery percent; weight recovery percent; volume recovery percent

0　引言

在取心钻探中,岩矿心采取率是评定钻孔质量最重要的一项技术指标,其分值比重为 45%(采取率满分为 45 分)。它的计算较为简单,只需丈量每回次取上岩心的长度即可。而在空气反循环取样钻探中,由于取上的是岩样,它是经过全面破碎了的样品,以粉状为主,颗粒状为次,可能还有少量的岩饼,其采取率的计算较为复杂,有必要开展专门的研究,得出科学的合理的计算方法,并形成空气反循环取样钻探钻孔质量的考核体系和技术指标。

1　国内现状

在国内,空气反循环取样钻探的专家们大都这样表述:采用空气反循环取样钻探钻进,无论地层条件如何,样品采取率总能达到或接近 100%;有的表述为采取率高达 95% 以上。这 2 种说法有一个共同点,即空气反循环取样钻探的岩矿心采取率远远超过岩心钻探规程和地质勘探规范的要求。但据我们调查,上述说法存在着 3 个问题:(1)没有实际计算过,有的是靠推断,有的只是称一下个别回次的岩样质量并估算孔底岩石的密度而得出;(2)实际上,RC 钻探的岩样采取率受到诸多因素的影响,如钻杆与孔壁环状间隙之正循环通道排渣的影响,反循环通道堵塞的影响,旋流取样器上部排气带走岩粉的影响,处理孔内事故的影响,还有含水岩样被吸附在钻杆内壁及收集过程随水流失的影响,等等,在这些因素影响下,岩矿心采取率并不是 100%,也达不到 95% 以上;(3)不能为地质人员所接受,从而影响到空气反循环取样钻探技术的推广应用。

2　相关概念

在地质岩心钻探规程中,对岩心的界定是广义的,包括圆柱状的、块状的、颗粒状的、粉状的等形态。因此,在空气反循环取样钻探中,仍然宜使用岩矿心采取率这一术语。

空气反循环取样钻探,岩矿心采取率通常达 100%,这是指代表性而言,不是单纯的量的概念。代表性包含 2 个方面的内容:一是岩样包含每个钻孔深度的,二是量上能满足地质化学分析的需要。比如,Ø91 mm 岩心钻进的取心直径是 Ø68 mm,假定回次进尺为 1 m,取上岩心长度为 1 m,这时采取率为 100%;如果我们人为地将 Ø68 mm 岩心劈成两半,只取一半,但长度还是 1 m,我们仍然说采取率为 100%,这其实已经缩分成 1/2 了。

收稿日期:2013 - 08 - 14; **修回日期**:2013 - 09 - 12
基金项目:中国地质调查局地质调查工作项目"空气反循环钻进技术在西部地区成矿带找矿中的应用示范"(12120113097700)
作者简介:邓梦春(1964 -),男(汉族),广西全州人,中国地质科学院探矿工艺研究所高级工程师,探矿工程专业,从事空气反循环取样钻探技术的研究和推广工作,四川省成都市郫县成都现代工业港(北区)港华路 139 号,dengmengchun@sina.com。

空气反循环取样钻探通常为全面钻进,以 Ø133 mm 孔径为例,每米全部取样质量达 40 kg 以上,而地质上只需 5 kg 即可,我们通常按 1/8 进行缩分。也就是说,RC 的质量采取率只要达到 12.5%(1/8)即可,但收集到的岩样必须确保其代表性。目前 RC 在干地层中的质量采取率达到 80% 以上,在含水层中约为 50%。

3　采取率的计算方法

空气反循环取样钻探,岩矿心采取率的计算通常有 2 种方法:质量采取率和体积采取率。

3.1　质量采取率的计算

我们依托地质调查项目"地质勘探空气反循环钻进技术找矿效果示范应用研究"进行了长达 2 年的 RC 钻探质量采取率的计算研究。

计算方法和过程:

全样收集—晒干或烘干—称重(W)—找出较大块状—测定岩块的密度(γ)。

取样段的质量采取率 = W/(取样段钻孔体积 V × γ) × 100%

某地层的质量采取率 = 某地层的 $\sum W$/(钻孔面积 × 某地层段的钻孔长度 × γ) × 100%

全孔的质量采取率 = 全孔的 $\sum W$/$\sum$(各地层段的钻孔体积 × γ) × 100%

计算结果见表 1、图 1、图 2。

表 1　云南北衙金矿 56ZK7 - 2 孔(1 号)分层质量采取率的计算结果

层数	岩性	层厚度 L /m	岩块密度 γ /(g·cm^{-3})	孔径 /mm	钻孔面积 S /cm^2	理论质量 $W = L\gamma S$ /kg	岩样晒干称重 G /kg	质量采取率 G/W /%
1	灰岩	4.43	2.64	154	186	217.7	101.9	47
2	褐铁矿	4.55	1.46	133	139	92.2	95.6	104
3	灰岩	7	2.62			254.7	155.4	61
4	褐铁矿	6	1.46			121.6	184.7	152
5	灰岩	22.69	2.62			825.5	747.2	91
	灰岩	15.35	2.62	114	102	410.3	270.0	66
6	褐铁矿	4.49	1.46			66.9	85.9	128
7	褐铁矿	22.51	1.46			335.3	470.1	140
8	灰岩	5	2.62			133.6	135.7	102
9	褐铁矿	49	1.46			729.8	850.1	116
10	褐铁矿	8	1.46			119.2	202.7	170
全孔平均						3306.9	3299.3	100

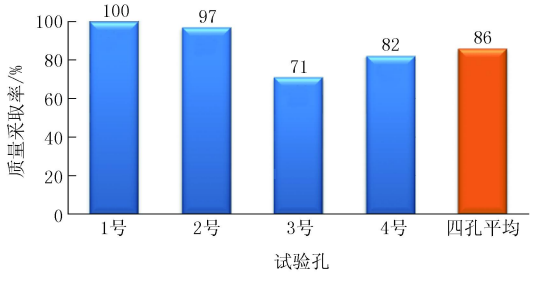

图 1　2011 年云南北衙金矿 4 个试验孔的质量采取率

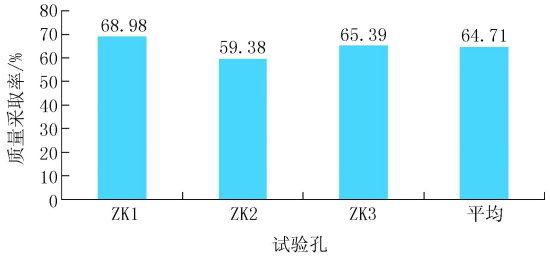

图 2　2012 年四川拉拉铜矿 3 个试验孔的质量采取率

数据分析和结论:

(1)由于要晒干后称重及测定小体重的密度,一个钻孔的质量采取率要在钻孔施工结束数个月后才能计算出来。钻孔施工过程中,不能及时断定采取率是否达标,如果发现采取率不达标,只能重新施工。

(2)计算出的质量采取率数据变动范围太大,经分析,主要原因是小体重的密度并不能代表所钻岩石的真实密度。如 2011 年云南北衙金矿分地层采取率,有 7 个地层孔段的采取率≥140%,最高的达 170%,而低的孔段的采取率只有 47%。

(3)钻进试验是由探矿工艺所和吉林大学共同实施的,以此技术力量,质量采取率仍然不能令人满意。说明 RC 钻进的岩矿心采取率的计算方法研究是非常有必要的。

(4)空气反循环取样钻探,无论地层条件如何,样品采取率总能达到或接近 100% 的这一说法,从量上来说是错误的,从代表性上来说,也有值得商榷的地方。

3.2　体积采取率的计算

由于孔底岩石经全面破碎后形成岩样,其体积发生了膨胀,因此体积采取率必定出现超过 100% 的现象。在《砂矿(金属矿产)地质勘查规范》(DZ/T 0208 - 2002)中,对采取率的要求是 80% ~ 130%。笔者认为,可以借鉴一下,空气反循环取样钻探在收集全样时,必须体积采取率≥80%。

在计算体积采取率时,可以用铁皮做成圆柱状的测量容器,其内径等于钻头外径。然后将岩样倒入测量容器中,量其高度,再除以取样段长度即可得到长度采取率。由于测量容器内孔与钻孔面积相同,此时,体积采取率 = 长度采取率。

岩样的收集建议用透明塑料袋来装,塑料袋的直径要略大于旋流取样器的出口直径。此时,塑料袋的直径就不一定与钻孔直径相同。如果将塑料袋中的岩样倒入测量容器中再测量,工作量太大,成本太高,完全没有必要。

一个钻孔可能有多级孔径,但建议采用相同直径的岩样袋。在计算体积采取率前,只需先计算不同孔径采取率的换算系数就可。其计算方法:

$$\text{体积采取率} = (\text{岩样体积}/\text{钻孔体积}) \times 100\%$$

$$= \frac{\text{岩样袋面积} \times \text{岩样长}}{\text{钻孔面积} \times \text{取样段长度}} \times 100\%$$

$$= \frac{\text{岩样袋面积}}{\text{钻孔面积}} \times \frac{\text{岩样长}}{\text{取样段长度}} \times 100\%$$

$$= \text{换算系数 } K \times \frac{\text{岩样长}}{\text{取样段长度}} \times 100\%$$

换算系数 K = 岩样袋面积/钻孔面积 = $(d/D)^2$ (式中 d 为岩样袋直径,D 为钻孔直径)。

为了计算方便,还需引用“换算后岩样长”的概念,其含义是指用钻孔直径相同的岩样袋来装岩样的长度。

换算后岩样长 = K × 岩样长

采取率 = (换算后岩样长/取样段长度) × 100%

下面通过一个实例来说明其计算方法和过程。

我们在新疆某砂金矿进行了试验。

岩样袋直径 d = 138 mm,钻孔直径有 3 种:152、133、114 mm,3 种钻孔直径都用相同的岩样袋来装。

根据公式,换算系数 K = 岩样袋面积/钻孔面积 = $(d/D)^2$,计算得不同孔径采取率的换算系数见表 2。

换算后岩样长 = K × 岩样长

体积采取率 = (换算后岩样长/进尺) × 100%

体积采取率的计算结果见表3。从表3可以看出,体积采取率最低值为87.34%,最高值为153.83%,既符合《砂矿(金属矿产)地质勘查规范》(DZ/T 0208 - 2002)对采取率的要求,也与实际情况相吻合。

表 2 不同孔径采取率的换算系数

岩样袋直径 d/mm	钻孔直径 D/mm	换算系数 K
138	152	0.824
138	133	1.077
138	114	1.465

表 3 体积采取率的的计算结果

纯钻进时间/min	钻进进尺/m	岩样长/m	换算后岩样长/m	体积采取率/%	孔径/m
2	0.82	0.98	0.81	98.48	152
2	1	1.06	0.87	87.34	
2	1	1.13	0.93	93.11	
3	1	1.11	0.91	91.46	
3	1	1.11	0.91	91.46	
3	1	1.06	0.87	87.34	
5	0.98	1.08	1.16	118.69	133
4	1	1.11	1.20	119.55	
5	1	1.05	1.13	113.09	
4	1	1.06	1.14	114.16	
8	1	1.01	1.09	108.78	
9	1	0.85	0.92	91.55	
6	1	1.04	1.12	112.01	
17	1	0.95	1.02	102.32	
3	1	0.99	1.07	106.62	
4	1	0.99	1.07	106.62	
2	1	0.90	1.32	131.85	114
1	1	0.87	1.27	127.46	
2	1	1.05	1.54	153.83	
1	1	0.91	1.33	133.32	
2	1	0.83	1.22	121.60	
1	1	0.88	1.29	128.92	
1	1	0.85	1.25	124.53	
1	1	0.82	1.20	120.13	

注:地层情况为砂卵石。

4 结论和建议

(1)空气反循环取样钻探,当进行全样收集时,建议采用体积采取率作为 RC 钻孔的质量考核指标,并要求体积采取率≥80%。与质量采取率相比,体积采取率具有计算方便、快捷、及时、较准确地反映岩矿心采取的真实情况等优点。

(2)当需要在钻进过程中进行同步缩分时,由于大部分岩样已经弃掉,通常收集到的是一个主样和一个副样,这时计算体积采取率就没有任何意义。如何保证收集到的主、副样的代表性则是一个需要重视的问题。从国外的经验看,通常应该地质人员一直在钻探施工现场。

(下转到第 13 页)

物胶,保证岩心采取率。钻进过程中岩层一直存在破碎、掉块和漏水现象,漏水时在冲洗液中加入锯末等惰性材料或用随钻堵漏剂堵漏,掉块严重或漏水严重用水泥加入速凝剂封孔处理,钻进到 550 m 时,岩层基本完整,下入 Ø89 mm 套管,套管上下固定牢固,按正常要求稳固套管,下入测斜仪测量顶角、方位角,倾角 67°,方位角 115.3°,较好地控制了钻孔角度。

套管固定牢稳后,改用 Ø71 mm 绳索取心钻杆、Ø77 mm 锥形金刚石钻头,加上导正管换径钻进,进尺 2 m 左右后换用正常钻具钻进,改用浓度 100%、粒度 46 ~ 80 目、HRC10 ~ 15 金刚石钻头钻进直至终孔。使用效果较好,钻头平均寿命达 130 m,最长寿命达 280 m。

3　钻探效果

历经 128 天顺利终孔,纯钻进时间 105 天,终孔深度 1558.70 m,台月效率 362.49 m,全孔记录回次 687 次,岩石总厚度 1552.99 m,岩心总长度 1514.17 m,岩心采取率 98%,矿心总厚度 5.71 m,矿心总长度 5.40 m,矿心采取率 95%。终孔顶角 25.2°,方位角 120.6°。

4　结语

中深斜孔施工难度大、钻具磨损快,要求钻机设备安装稳定、钻具质量高。通过摸索实践,总结出在本工程中深斜孔施工的若干要点:

(1)要注意钻机定位准确,钻机锚固牢靠。

(2)必须选择相对强度高、耐磨性强、质量稳定的钻具、钻杆。施工中深斜孔,出现孔内事故不易处理,要经常性对设备和钻具进行检查,把防止孔内事故的发生放在首位,发现隐患及时处理。

(3)上下钻要稳,深孔、斜孔施工中内管总成下行速度慢,有时会出现中途滞留,必要时应连接上主动钻杆,开动水泵通过水压提高下行速度,观察水压表压力变化来判断内管总成是否到位。

(4)由于地层不稳定等因素,钻孔弯曲度容易出现超差,在钻探施工中要严格按照规程和设计要求测定钻孔弯曲度,出现超差征兆及时采取措施,如破碎地层、松软地层、软硬互层一定控制好钻速、钻压,穿过这类地层后及时测定钻孔弯曲度,做到心中有数。

参考文献:

[1]　宋端正.甘肃西和大桥金矿区复杂地层钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(3):34 - 36.
[2]　李振学,孙建刚,汤玉才.小秦岭深部探矿项目某标段钻探施工方法探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(7):14 - 16,20.
[3]　孙宗席.甘肃文县阳山矿区复杂地层用冲洗液研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(12):32 - 35.
[4]　DZ/T 0227 - 2010,地质岩心钻探规程[S].
[5]　胡郁乐,张绍和.钻探事故预防与处理知识问答[M].湖南长沙:中南大学出版社,2010.

(上接第 8 页)

(3)空气反循环取样钻探的专家们应该放弃这样的表述:采用空气反循环取样钻探钻进,无论地层条件如何,样品采取率总能达到或接近 100%。

(4)影响空气反循环取样钻探的岩心采取率的因素众多,进行提高 RC 钻探岩心采取率的研究是有必要的和有意义的。提高潜孔锤和钻头的反循环效果,不但有利于提高岩心采取率,也能减少抱钻卡钻事故的发生。研制简单实用的含水岩样收集方法和工具,才能提高含水地层的岩心采取率,满足地质找矿的需要。进行 RC 钻进工艺的研究,通过减少反循环通道堵塞的机会和孔内事故的发生,才能使采取率满足地质勘查规范的要求。

参考文献:

[1]　DZ/T 0227 - 2010,地质岩心钻探规程[S].
[2]　张晓西.中心取样钻进技术成果与开发前景[J].探矿工程,1999,(S1).
[3]　张晓西.中心取样钻进技术(一)[J].探矿工程,2000,(1).
[4]　张晓西.中心取样钻进技术(二)[J].探矿工程,2000,(2).
[5]　耿瑞伦.多工艺空气钻探[M].北京:地质出版社,1995.