

# 空气反循环取样钻探与岩心钻探的 地质找矿效果对比研究

陆生林<sup>1</sup>, 邓梦春<sup>2</sup>, 李正前<sup>2</sup>

(1. 中国地质调查局成都地质调查中心, 四川 成都 610081; 2. 中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川 成都 611734)

**摘要:**空气反循环取样钻进技术是国外目前比较成熟与先进的工艺,但国内运用相对较局限。本文结合近年来的研究,尤以2015年在云南省腾冲小龙河锡多金属矿区与岩心钻探进行了对比试验,主要对地层、矿(化)体是否丢失情况、施工效率等进行研究。研究表明,空气反循环取样钻探,在地质找矿中,具有施工效率高、生产成本低、找矿效果好的优点,同时也发现了该工艺在地质找矿中的局限性以及需要进一步研究的问题。

**关键词:**空气反循环;岩心钻探;地层岩性对比;矿体对比;施工效率

**中图分类号:**P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2017)11-0008-04

**Air Reverse Circulation Drilling and Core Sampling Drilling in Geological Prospecting Effects/LU Sheng-lin<sup>1</sup>, DENG Meng-chun<sup>2</sup>, LI Zheng-qian<sup>2</sup>** (1. Chengdu Center, China Geological Survey, Chengdu Sichuan 610081, China; 2. Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China)

**Abstract:** Air reverse circulation drilling technology is a mature and advanced process abroad, but is relatively limited in China. Based on the research in recent years, especially a contract test between air reverse circulation drilling and core drilling was carried out in Xiaolonghe tin polymetallic deposit of Yunan Tengchong in 2015, the formation, mineralization bodies loss and construction efficiency were studied. The research shows that air reverse circulation sampling drilling has the advantages of efficient construction, low cost and good in geological prospecting. Meanwhile, the limitations of this technology in geological prospecting and some problems that need further study are also found out.

**Key words:** air reverse circulation drilling; core drilling; stratigraphic lithologic correlation; ore body correlation; construction efficiency

## 0 引言

空气反循环取样钻探(RC钻探)起源于20世纪80年代中期,主要应用于固体矿产资源勘探,在澳大利亚、加拿大、美国等已得到认可,并且广泛地应用于地质找矿之中。国内虽然部分在使用该工艺,但是由于钻探规范的限制,仅部分企业及合资公司使用,且有萎缩趋势。2011年受中国地调调查局委托中国地质科学院探矿工艺研究所、中国地质调查局成都地质调查中心、吉林大学3家单位,开展地质找矿中的对比应用研究,制订新的钻探规程。本文仅对2015年度在云南腾冲锡多金属矿区试验进行对比分析研究。

## 1 矿区地理地质概况

试验矿区腾冲小龙河锡多金属矿位于云南省西

部,行政上属云南省保山市腾冲县滇滩镇管辖。矿区属热带季风气候,年平均气温14.8℃,冬无严寒,夏无酷暑,每年6—10月为雨季,降雨量1320mm,区内分布有中山、低山、火山锥、台阶地、河谷平坝5种地貌类型,森林密布,地形险峻,地形切割强烈。区内植被发育,水资源丰富,可满足生产生活用水。省、县级公路穿过工区,交通较为便利。矿区公路弯多、狭窄、陡峭,大型机械难以进出。

矿区位于冈底斯—拉萨—腾冲陆块中(见图1),隶属碧落雪山—腾冲(岩浆弧)Sn—W—Fe—Pb—Zn—Cu—Ag成矿亚带,区内包括2个矿带:(1) 榔榔江(喜马拉雅期岩浆弧)Be—Nb—Ta—Li—Rb—W—Sn—Au矿带;(2) 棋盘石—小龙河(燕山期岩浆弧)Sn—W—Fe—Pb—Zn—Cu—Ag矿带。

矿区大面积花岗岩出露,仅在矿区北部及东北角

收稿日期:2016-08-31; 修回日期:2017-09-30

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“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”(编号:12120113097700)

作者简介:陆生林,男,汉族,1979年生,矿产普查与勘探专业,硕士,从事地质找矿工作,四川省成都市金牛区一环路北三段2号,598909601@qq.com。

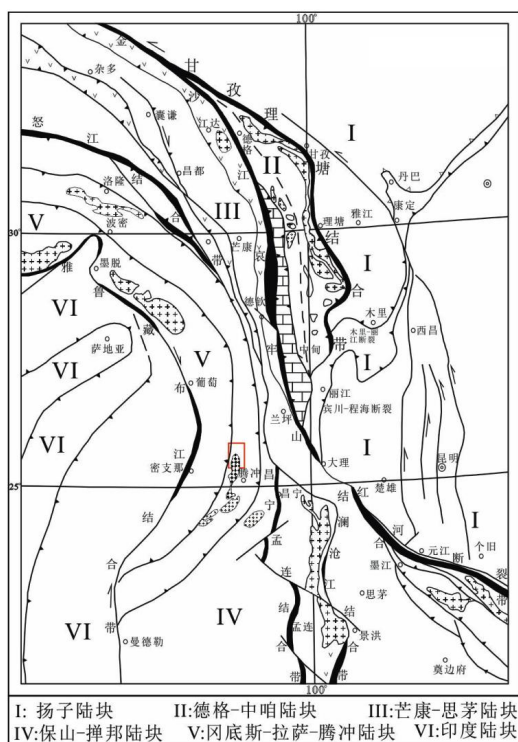


图 1 大地构造分区示意图

有少量沉积地层成残盖状覆于花岗岩体之上,为上石炭统空树河组。

区域性主干断裂为近 NS 向的棋盘石-腾冲断裂,对本区构造格局及花岗岩均有控制作用,矿区位于断裂西侧。断裂上盘及附近,次一级小断裂及节理裂隙较发育,为本区花岗岩侵入及矿体生成创造良好条件。矿区断裂由花岗岩中一组密集断裂带组成。

与小龙河锡矿成矿有关的燕山中晚期古永岩群小龙河岩序花岗岩,是一个多期次、多阶段侵入的复式岩体。

## 2 设备器具的选择

使用中国地质装备总公司研制的 RC-400 型反循环钻机,寿力 1070XHH/3.4 MPa 空压机,Ø108 和 89 mm 两种规格的双壁钻杆,SPMF345 和 SPMF355 两种规格的反循环潜孔锤,钻头有 3 种系列:Ø162、137、117 mm。

Ø162 mm 钻头用于开孔钻进,钻穿覆盖层进入基岩 2 m 后,下入 Ø153 mm × 7.2 mm 套管,然后换 Ø137 mm 钻头系列钻进,Ø117 mm 钻头系列作为备用。岩样收集和缩分,采用中国地质科学院探矿工艺研究所独立研发的一体化岩样缩分器进行缩分后收集缩分样进行化验,主样交小龙河锡多金属矿、腾

阳公司矿业使用。

## 3 试验情况

原腾阳矿业在试验区布置了 2 处岩心钻探 (ZK17101、ZK17102) 及 4 处探槽、平硐等工程。由于岩心钻探等工程对矿体揭露情况不理想,本次在岩心钻探处布置了 2 个 RC 钻探孔 (ZK2、ZK3),距离在 10 m 以内;同时根据坑道及地表工程情况布置了 2 个 RC 钻探孔 (ZK1、ZK4),揭露地下矿体情况。

### 3.1 地层岩性对比情况

反循环岩样呈粉末状,碎屑状,岩性区分难于岩心钻探。编录根据岩样颜色的不同,部分可识别的成分、蚀变、岩粉粗细进行编录,分层取样测试后矿体界线不跨层,不违背地质分层、取样的规定。2015 年度反循环钻孔编录:岩性大体与原岩心钻探编录一致,主要揭露岩性为黑云母花岗岩,只是部分物质成分所占比例不同,定名有所偏差,大体岩性一致。以第 3 个试验孔为例,相同钻进深度岩性描述对比情况:岩心钻探 ZK17101 孔在钻进深度 111.54 m 内,地质编录仅为一层,对比孔 RC 钻探 ZK3 孔钻进为 5 层,编录精度高于岩心钻探,对岩心钻探 135 个采取率统计后,其平均采取率达 85%;反循环钻进采用重量法计算采取率达 96%,岩样描述仔细;构造破碎层位置区别不大,RC 钻进可对蚀变层进行详细区分,但岩心钻探无法对蚀变层进行识别。

岩心钻探中,部分饰变破碎岩层,采取率较低,岩石破碎,钻进中,大部分成为了颗粒及粉末,在泥浆作用下极易污染,因此该段会失去原蚀变带的物理特征,编录人员无法直观区分其是否蚀变。而反循环工艺的破碎蚀变岩层无污染,地质人员根据其粉末颜色就能简便的识别蚀变与否,因此其矿化蚀变岩层编录详细程度高于岩心钻探。

### 3.2 矿体对比情况

RC 钻探 ZK2 钻孔:钻进深度 156.49 m,见有 2 层矿体。第一层 5.49 ~ 6.49 m,矿体厚 1 m,平均品位 0.024%;第二层 118.49 ~ 120.49 m,矿体厚 2 m,平均品位 0.077%。

RC 钻探 ZK3 钻孔:钻进深度 111.54 m,见有 3 层矿体。第一层 1.54 ~ 5.54 m,矿体厚 4 m,平均品位 0.059%;第二层 10.54 ~ 12.54 m,矿体厚 2 m,平均品位 0.02%,由于该矿体品位较低,厚度仅 2 m,因此只作为 1 号矿体的副矿体及 1-2 矿体,工业利用;第三层

65.54~67.54 m,矿体厚2 m,平均品位0.072%。

附近原有2个岩心钻孔。ZK17101,孔深在111.54 m内;ZK17102,孔深160.42 m内,均未见矿。

采用反循环钻进后,矿体情况见表1,深部存在2条矿体。且2号矿体与TC17101发现矿体为同一条,仅是在深部矿体发生变化,矿体变薄,品位降低。因其为风化壳型Sn矿,其变化范围较大,但是反循环钻进,证明了深部矿体的存在,而岩心钻探丢失了矿体,影响了深部找矿。

表1 RC钻探ZK2、ZK3孔矿体

孔号	样号	采样位置/m	样长/m	Sn 占比/%	Sn 平均品位/%	矿体厚度/m	矿体
ZK2	H1	5.49~6.49	1	0.024	0.024	1	1
	H59	118.49~119.49	1	0.078	0.077	2	2
	H60	119.49~120.49	1	0.076			
ZK3	H1	1.54~3.54	2	0.101	0.059	4	1
	H2	3.54~5.54	2	0.017			
	H6	10.54~12.54	2	0.020	0.020	2	1-2
	H35	65.54~67.54	2	0.072	0.072	2	2

RC钻探ZK4钻孔,钻进深度272.64 m,孔位位于南北向构造带部位,其附近发育大量EW向云英岩脉。该区域矿体主要成NNW向,受云英岩脉控制,但是后期工作中发现该成矿位于近NS向与EW向构造交叉部位所形成的蚀变岩筒。因此选择该位置,验证蚀变岩筒是否存在。

RC钻探ZK4孔见有厚度 $\geq 4$  m的矿体5条:第一条17.75~21.75 m,矿体厚4 m,平均品位0.086%;第二条52.75~56.75 m,矿体厚4 m,平均品位0.127%;第三条80.75~91.75 m,矿体厚11 m,平均品位0.025%;第四条95.75~129.75 m,矿体厚34 m,平均品位0.037%;第五条144.75~162.75 m,矿体厚18 m,平均品位0.035%。具体如表2所示。

RC钻探ZK4孔无岩心钻孔对比,仅在其附近有部分坑道及地表探槽,在同等高程处,坑道未见矿。RC钻探ZK4孔见矿6层,填补了矿山深部资源的空白,说明了空气反循环取样钻探在地质情况不明的矿区,仍然能高效地发现矿体。从地质成矿理论上说,多条高品位矿体的发现,探明了深部矿体的存在,验证了该处存在蚀变岩筒的可能性,为矿山以后找矿提出了新的方向。

根据4个实验孔与岩心钻探成果数据对比分析,2015年度反循环工艺取样,矿体情况优于岩心钻探(岩心钻探在该处未见矿)矿体厚度及品位

表2 RC钻探ZK4孔矿体

ZK4孔样号	采样位置/m	样长/m	Sn 占比/%	Sn 平均品位/%	矿体厚度/m	矿体
ZK4-H4	11.75~13.75	2	0.020	0.020	2	1-1
ZK4-H8	17.75~19.75	2	0.015	0.086	4	1
ZK4-H9	19.75~21.75	2	0.157			
ZK4-H25	52.75~54.75	2	0.228	0.239	4	2
ZK4-H26	54.75~56.75	2	0.025			
ZK4-H36	74.75~76.75	2	0.021	0.021	2	3-1
ZK4-H39	80.75~82.75	2	0.037	0.0251	11	3
ZK4-H40	82.75~84.75	2	0.038			
ZK4-H41	84.75~86.75	2	0.014			
ZK4-H42	86.75~88.75	2	0.023			
ZK4-H43	88.75~90.75	2	0.017			
ZK4-H44	90.75~91.75	1	0.022			
ZK4-H47	95.75~97.75	2	0.022			
ZK4-H48	97.75~99.75	2	0.017			
ZK4-H49	99.75~101.75	2	0.037			
ZK4-H5	101.75~103.75	2	0.026			
ZK4-H51	103.75~105.75	2	0.042	0.0373	34	4
ZK4-H52	105.75~107.75	2	0.018			
ZK4-H53	107.75~109.75	2	0.035			
ZK4-H54	109.75~111.75	2	0.030			
ZK4-H55	111.75~113.75	2	0.058			
ZK4-H56	113.75~115.75	2	0.058			
ZK4-H57	115.75~117.75	2	0.068			
ZK4-H58	117.75~119.75	2	0.060			
ZK4-H59	119.75~121.75	2	0.022			
ZK4-H60	121.75~123.75	2	0.042			
ZK4-H61	123.75~125.75	2	0.036	0.035	14	5
ZK4-H62	125.75~127.75	2	0.039			
ZK4-H62	125.75~127.75	2	0.039			
ZK4-H63	127.75~129.75	2	0.024			
ZK4-H72	144.75~146.75	2	0.026			
ZK4-H73	146.75~148.75	2	0.031			
ZK4-H74	148.75~150.75	2	0.046			
ZK4-H75	150.75~152.75	2	0.027			
ZK4-H78	156.75~158.75	2	0.024			
ZK4-H79	158.75~160.75	2	0.042			
ZK4-H80	160.75~162.75	2	0.050	0.029	2	5-1
ZK4-H85	170.75~172.75	2	0.029			
ZK4-H107	214.94~216.94	2	1.340			
ZK4-H110	220.94~222.94	2	0.044	0.044	2	6-1

见图2,新发现矿体见图3。因此仅从矿(化)体品位、厚度这些直观数据来看,岩心钻探在钻进中丢失地层的同时,部分矿质研磨、破碎后极易随钻井液流失,很容易降低矿体品位,导致了资源量锐减。反循环工艺的高采取率,矿质的低损失率,能真实地反应矿体情况,增加了矿山储量,延长了矿山寿命。虽然该矿区矿体受构造控制,但是从近距离对比,地质情况不会有大的变化。

### 3.3 施工效率

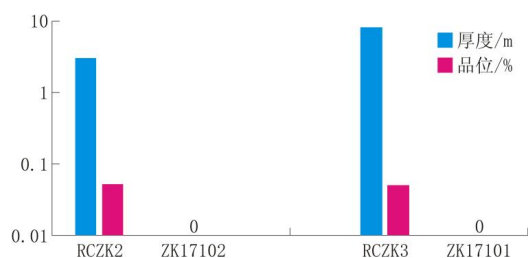


图2 反循环取样钻探与岩心钻探矿体情况对比示意

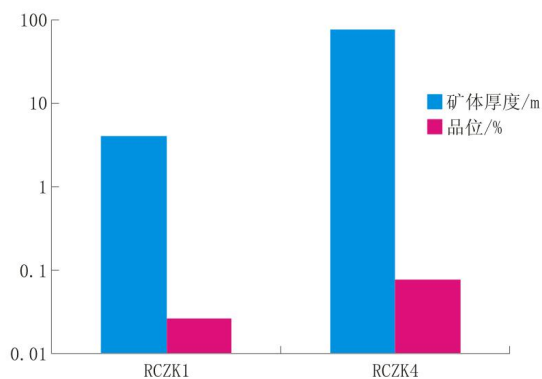


图3 RC钻探新发现矿体情况示意

钻进深度的不同,有很多因素制约着钻进速度,不仅仅是工艺等原因,只有同等钻进深度的岩心钻探与RC钻探,才有对比意义。因此本文采用RC钻探的ZK4钻孔,钻进深度为272.45 m,纯钻时间为1626 min,最高钻进速度为1 m/min,平均钻进速度为0.17 m/min。

对岩心钻探ZK17101孔,孔深270 m以内的数据进行分析:最高钻进速度0.1 m/min,平均钻进速度0.033 m/min。

从以上数据分析及历年研究,证明300 m以内浅孔,RC钻进速度远高于岩心钻进。可为矿山节约大量时间,缩短生产周期。

#### 4 存在的不足及建议

(1)空气反循环取样钻进,当孔深在300 m以浅时,钻进效率有较大的优势,但是当孔深>300 m以后,钻进出现诸多问题。曾经对300 m以深的孔进行试探性研究时,出现抱管、水压过大无法钻进等现象。因此需要继续开展空气反循环取样钻探深孔钻进技术的研究,包括设备器具和钻进工艺的研究。通过研究,使空气反循环取样钻探能在地下水丰富的情况下,保持高取心率、高钻进效率、低钻进成本的同时能钻进至600 m左右的孔深,以适合国内找矿的需求。

(2)含水层或富水层钻进,钻进速度慢,岩样收集困难,需要进一步解决。

(3)岩样含水后,容易在管道内挂壁,易导致堵塞,处理需要大量时间。

#### 5 结论

该项目试验研究证明,RC钻探技术施工效率高、采取率高、成本低,是其他钻探方法无法相比的。虽然无法代替岩心样的物理形态,但是其高效的钻进能力,矿体情况明显高于岩心钻探,已经得到了矿山的认可,而且在某些情况下完全可以满足地质找矿的目的。根据试验情况,结合地质找矿的需求,笔者认为该方法的适用范围如下:

(1)主要以获取矿物成分和矿体品位为目的的钻孔及快速评价;

(2)物化探异常验证及矿体边沿追索;

(3)已掌握基本地质构造资料的老矿区补充或加密勘探;

(4)在地层较稳定的工区,与少量取心钻孔配合进行勘探工作;

(5)三稀矿种勘探(风化壳型、砂矿床);

(6)干旱缺水或地下水位较低地区。

#### 参考文献:

- [1] 李承,王德龙,王占丑,等.空气反循环连续取样钻进技术在紫金山金铜矿区的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(6):45-47,51.
- [2] 冯常英,刘殿有,皮微微,等.空气反循环连续取样在含金砾岩钻探中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(2):48-52.
- [3] 石立明.空气反循环钻进工艺在地勘浅层取样中的应用探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(11):5-9.
- [4] 邓梦春,陆生林,黄晨辉.空气反循环取样钻探岩心采取率的计算方法探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(9):6-8,13.
- [5] 邓梦春,黄晨辉,殷琨,等.空气反循环取样钻探的岩样收集和缩分技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(7):73-76,80.
- [6] 李锋.空气反循环连续取样钻探技术在新疆乌什磷钒矿区的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(5):23-25.
- [7] 黄晨辉,陆生林,殷琨,等.地质勘探空气反循环钻进技术找矿效果示范应用研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(3):1-6.
- [8] 翟立新,杨建利,王雷浩.潜孔锤反循环钻进工艺在拉拉铜矿的试验应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(1):66-69.
- [9] 张永勤.反循环钻探技术的推广应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(9):46-47.
- [10] 李建忠,赵作新,陆生林,等.云南腾冲县小龙河锡稀土多金属矿田同岩浆构造地质特征[J].矿物学报,2015,(S1):406-407.