

冶金地质系统航空物探工作三十年

线纪安

(冶金地球物理勘查院, 保定 071051)

[摘要]从冶金地质系统航空物探工作队伍的目的,工作队伍的变化,所完成工作量的分析,飞行器材及导航定位系统使用状况,各种航空物探方法实施情况等几个方面,论述了冶金地质系统航空物探工作 30 年来技术发展过程,取得的成就及前景。

[关键词]航空物探 飞行测量 航磁 航电 导航定位

[中图分类号]P631.3 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2001)03-00036-05

技术 · 方法

在 20 世纪中叶,随着我国经济建设的不断发展,国家对金属矿产资源的需求也不断地加大。到了 60 年代中期,已有的冶金地质普查找矿手段已不能满足这一需求。为此,当时的冶金部地质司决定组建冶金地质系统的航空物探队,隶属于冶金部地球物理探矿公司(1990 年后更名为冶金部地球物理勘查院)。经过努力筹备,在当时的地质部航空物探大队的大力帮助下,于 1967 年正式成立了物探公司航空物探队(1972 年更名为航空物探大队)。并于当年在内蒙古太仆寺旗地区完成了二万六千多有效测线千米的航空磁测任务(比例尺为 1:5 万)。从此冶金地质系统有了一种低成本、速度快、施之有效地地质普查找矿的物探手段。

1 概述

根据冶金地质普查找矿工作的特点,其航空物探工作的主要任务是:在已知金属矿区(带)及其外围开展大比例尺(以 1:2.5 万为主)航空物探测量,

为的是扩大已知矿区(带)的找矿远景;寻找新的矿区;并为解决有关地质填图及其它地质问题提供航空物探资料。

自 1967 年建队以来,到 1997 年底。冶金航空物探工作已在全国近 70 个地区工作过,测区跨越了全国 27 个省、市、自治区(宁夏、贵州、西藏、重庆、台湾等地没有测区)。提交了 65 份正式生产报告和 30 多份试验、科研报告。其中有 6 个项目获得省部级科技进步二、三等奖,近 10 个项目获得物勘院找矿成果奖。30 年来,所获得的航空物探资料控制覆盖面积达 738 262 km²。其中,工作比例尺为 1:2.5 万的覆盖面积为 376 477 km²,占总覆盖面积的 51%。前后用各种型号飞机的总飞行小时 18315.7 个。完成有效测线千米 197.77 万 km²,见表一;总施工投资(按施工当年的投入计算)3500 多万元,平均有效测线每千米费用为 16 元(不包括设备的投入和折旧费);获得编号异常 9000 多个,其中已知矿(矿带)的反映近 700 个,地面检查了 934 个异常,在提交的结果报告中指出了值得进一步工作的异常(异常带) 1402 个。

表 1 1967~1997 年冶金航空物探完成工作量表

工作比例尺	控制面积(km ²)	占总数	有效测线千米(km)	占总数	所用飞行小时(h)	占总数
1:2.5 万	376 477	51 %	1 505 805	76.1 %	14 313.1	78.2 %
1:5 万	177 508	24 %	355 018	18 %	3378.9	18.5 %
1:10 万	38 400	5.2 %	38 400	1.9 %	250.1	1.4 %
1:20 万	145 877	19.8 %	78 522	4.0 %	373.6	1.9 %
总计	738262		1977745		18315.7	

冶金系统航空物探队伍的规模是随着不同时期的需要进行了不断地调整。1967 年建队时只有 14 人,每年只有使用一架飞机进行生产的能力。1976

年以后队伍扩至百人以上,每年可同时使用 4 架飞机进行生产测量,最高时人数达 183 人,每年可使用 5 架飞机进行生产测量。1981 年以后队伍减少到百

[收稿日期]2000-05-24;[修定日期]2000-10-01;[责任编辑]曲丽莉。

人左右,保持每年可同时使用两架飞机进行生产测量的力量。1993 年以后队伍又缩至 60 人左右,保持每年可用 1.5 架飞机进行生产测量的能力。2000 年该队伍的名称撤消,设备和部分人员转并到冶金物勘院地质勘查研究分院。

2 飞行器及导航定位

由于冶金航空物探工作是以大比例尺测量为主。从表 1 可看出,30 年来总用飞行小时的 78.2% 是用来进行 1:2.5 万比例尺(即线距 250 m)航空物探测量的,这在国内几家航空物探队伍中是占首位

的。所以采用的飞行器必须速度慢、低空性能好,在国内相当长的时间内可选飞行器只有固定翼的运 - 五飞机和直 - 五直升机。同时,因工作任务、测区地形、机场分布、测量仪器、测量方式的不同,也选用过 Bo - 105、Bell - 212、米 - 八等直升机和固定翼的运 - 12、伊尔 - 14 飞机。使用过的飞行器具体情况见表 2。从表 2 可以看出,用直升机(直 - 五、Bo - 105、Bell - 212、米 - 八)的飞行测量小时为 3220.8 个,占总用飞行小时的 17.7%,这在国内航空物探工作中也是少有的。

表 2 飞行器的使用情况表

机型	比例尺	飞行小时(h)	测线千米(km)	控制面积(km ²)
直 - 五	1:2.5 万	784.2(4.3%)	64 879(3.3%)	16 221(2.2%)
	1:5 万	1041.8(5.7%)	96 595(4.9%)	48 298(6.5%)
Bo - 105	1:2.5 万	376.9(2.1%)	32 366.5(1.6%)	8091.6(1.1%)
	1:5 万	8.4(0.1%)	642(0.1%)	321(0.1%)
Bell - 212	1:2.5 万	463.7(2.5%)	31 283.6(1.6%)	7 820.8(1.1%)
米 - 八	1:2.5 万	545.8(3.0%)	37 907(1.9%)	9 499(1.3%)
运 - 五	1:2.5 万	12 142.5(66.3%)	1 339 368.8(67.7%)	334 844.5(45.4%)
	1:5 万	2 278.2(12.4%)	248 871 (12.6%)	124 434(16.8%)
伊尔 - 14	1:5 万	50.5(0.3%)	8910 (0.4%)	4455(0.6%)
	1:10 万	250.1(1.3%)	38 400 (1.9%)	38 400(5.2%)
运 - 12	1:20 万	373.6(2.0%)	78 522 (4.0%)	145 877(19.8%)

注:栏目中括号内的数均为前数占该项总数的百分比。

众所周知,准确地导航、定位是航空物探工作的基础。1978 年以前,冶金航空物探工作和国内其他航空物探队伍一样,是用 1:5 万彩色地形图目视领航,没有工具定位,其效果是不能令人满意的。为了弥补这一不足和消除异常的错位,我们将线距 250 m、比例尺 1:2.5 万的测量成果数据绘成比例尺 1:5 万的成果图件。1978 年以后,采用了 HULCMER105 型 35 mm 照相机空中摄影进行水平定位,1987 年起又全部使用空中录像定位,这就大大提高了水平定位质量,其定位精度可达 50 m 左右。但能判读出的像幅少,故定位点稀(通常 2 km 左右一个定位点),且测线分布不均匀,在沙漠、戈壁、沼泽地区的上空,地面上还必须用人工测量布标导航。1991 年引进了 GPS 导航、定位仪(其型号为 TANS - II),经生产实验,其定位精度一般为 50 m。但定位数据每一秒多就有一个,按飞机每秒 70 m 的速度算,即 100 m 就有一个定位数值。由于有了工具导航,测线分布非常均匀,并无论在什么地区上空均可应用,可以说 GPS 在航空物探上的应用是提高航空物探测量精度上的一次飞跃。在垂直方向上的定位(即高度测量),

1978 年以前,均采用无线电测高仪确定相对高度(飞机与地面之间的距离),1978 年以后用雷达高度仪确定相对高度,其精度在 1 m 左右。绝对高度的测量一直采用气压高度计,有了 GPS 以后也参考其高度数据,但这两种方法测量出的数值误差均较大,不能满足在快速条件下,要高精度地确定绝对高度的航空物探需求。

3 各种航空物探方法的实施

航空物探方法从 20 世纪 40 年代到今天已开展了航磁、航放、航电、航空重力等单独方法测量和由它们之中几个方法组合成综合方法测量。但无论国外、国内航空磁测都是最先应用的,也是最有效的、应用最多的方法。冶金航空物探工作的 30 年,单一航磁测量和以航磁测量为主的飞行测量小时占总飞行小时的 96.4%,控制面积占总的 98.4%。所以航磁所用的航空磁力仪的精度和磁补偿精度如何?对一个航空物探队伍来说是至关重要的。冶金航空物探所用的航空磁力仪在 20 世纪 60~70 年代基本上与国内各家航空物探队伍是同步的。即从 1967 年

至 1979 年用饱和式 402 型、403 型航空磁力仪,402 型为前苏联用电子管制造的,它不仅笨重,而且灵敏度低,其灵敏度为 5 nT~10 nT;403 型为国产晶体管磁通门式,其灵敏度为 2 nT。1971 年核子旋进式 302 型航空磁力仪开始应用,其灵敏度为 1 nT。到了 1987 年为了找寻金矿的需要,缩小与国内先进航空物探队伍在装备上的差距和探索解决我国复杂山区航空磁测问题,我们从加拿大的 Scintrex 公司和 Dataplotting 公司引进了一套到目前为止国内唯一的能测量磁总场垂直梯度的航空物探综合测量系统及其数据处理软件系统。它包括 0.1 nT 级铯光泵磁力仪、256 道 r 能谱仪、SE-99 甚低频电磁仪和 CDI-7 数据收录系统及录像定位系统。该系统将两个相距 3 m 硬固定的铯光泵磁力仪探头和甚低频探头软吊在直升机下方 45 m 处,可同时测量地磁总场、磁总场垂直梯度、256 道 r 能谱和甚低频的水平分量、垂直虚实分量。其梯度测量的灵敏度为 0.03 nT/m。1990 年又购置了 CB-4 型三光系氦光泵航空磁力仪,其灵敏度为 0.05 nT。1995 年为了找寻石油、天然气将 CB-4 型磁力仪的灵敏度提高到 0.01 nT。因为这些仪器的探头大多安装在固定翼飞机的大翼尖部和尾锥部分,所以必须对飞机的磁干扰进行补偿,在测量的精度要求不高时,通常只用贴钼合金片的方式进行补偿,其补偿精度水平方向可达 2 nT~5 nT、垂直方向为 5 nT~10 nT。在测量精度要求高时,必须进一步减小飞行器的磁场对磁探头的干扰水平,90 年代以前,我们采用将磁力仪探头软吊在运-五、直-五、Bell-212 等飞行器下面 30 m~50 m 处,这时探头附近的磁干扰水平在各方向上均为 3 nT 左右。90 年代以后,均采用了多项电子磁补偿仪,可将补偿精度提高到小于 1 nT。

为了用航空物探找寻多金属矿床,冶金系统从 1974 年就开始研制时间域脉冲式航空电磁仪。在 1977~1978 年和 1983~1985 年我们先后用 DKM-1 型和 M-1 型脉冲式航电仪进行了多次试验飞行和生产飞行测量。前后共用 663.2 个飞行测量小时(占总飞行小时的 3.6%)进行了比例尺为 1:2.5 万和 1:5 万的测量,取得 35 966 km 的航电资料(占总千米数的 1.8%),控制面积为 11 598 km²(占总控制面积的 1.6%)。在铜陵、白银及招掖地区都取得了一定的地质效果,但由于当时的电子元器件不完全过关,仪器不规则的零飘较大,再加上接收线圈要下吊在飞机下近百米,飞行难度非常大,所以 1985 年以后就没有再进行过这种飞行测量。值得提出的

是,在 1987 年引进了 SE-99 型甚低频电磁仪后,我们针对该方法研制了一套资料整理、数据处理和成果解释的方法,在地质填图方面取得了非常令人满意的效果,这项成果在国内、外处于领先地位,因此获得冶金部科技进步三等奖。

因工作目的的限制,冶金航空物探工作从来没有单独进行过航空放射性 r 能谱测量。1977 年以前,在用前苏联制造的 402 型航空磁力仪时,因它本身带有一个小圆晶体的 r 总道测量仪,我们只记录其数据,基本上没有进行过数据整理。1987 年引进航空物探综合站后,才开始进行航空放射性 r 能谱测量,但是因为只配备了一箱晶体,所获得的资料只能在地质填图和找寻钾盐及大型放射性矿床方面应用。

航空物探综合测量只有掌握了微处理机和计算机技术才能真正的开展,在我国是在 1980 年前后才开始的。1967 年我们用了 56 万元购置一台晶体管式 121 型计算机,由于各方面不能配套,在航空物探方面基本上没有发挥作用。1986 年我们引进了 VAX-750 超小型计算机及相应的外围设备,后又购置了 VAX-4200 工作站,我们这才进入航空物探综合测量的新阶段。

冶金航空物探工作 30 年来,根据冶金地质普查找矿工作的主要任务和不同时期国家对矿产资源的需求差异及地质市场需要,每个时期具体工作的任务和测区部署有所不同。在 1980 年以前,主要是找寻磁铁矿床,所以测区主要选择在我国北方的前震旦系老变质岩地区和南方的中酸性岩浆岩分布地区,直接找寻沉积变质铁矿、夕卡岩型铁矿、火山岩型铁矿。1980 年以后,除继续找寻铁矿外,工作的重点转移到对多金属矿床和贵金属矿床的间接普查找矿方面。进入 90 年代后,根据地质市场的需求而开展工作,所以曾连续 3 年在西北地区为石油、天然气总公司进行油、气航空物探测量。

航空物探数据的记录方式是关系到能否快速出成果和成图、解释自动化问题。1987 年以前,我们只能采用纸卷模拟记录的方式,即将飞机上装载的各种传感器所采集数据转换成模拟电压用记录笔划在纸带上。在室内,将纸带上的曲线用人工取数绘制成图。由于航空物探所采集的数据量是非常大的,所以这种记录方式给后面的工作带来的是费时、费力、费工,并制约着计算机的应用。1987 年以后,我们引进了加拿大生产的 CDI-7 型航空物探数据磁带收录系统和国产 TSK-1 型数据磁带收录系统,它

们可将传感器所采集的数据直接记录到磁带上(1991年后改为磁盘记录),将这些磁带(磁盘)送入计算机进行数据处理、成图和推断解释。

目前有49个地区1689266有效测线千米(占总数的85.4%)的航空物探数据还存放在纸带上,没有能进入计算机的数据库中,其中有的纸带已霉变,这部分资料按当时投入累计为1800万元(不包括设备的购置及折旧费用)。

4 取得的地质成果

通过30多年的实践已经证实,冶金航空物探工作所提供的以1:2.5万比例尺为主的近74万 km^2 面积的航空物探资料,不仅在冶金地质普查找矿中发挥了重要作用,而且为国家其他地质部门提供了重要资料。主要表现为:

1)全面地对我国鞍本、辽西、冀东、张宣、邯邢、白云鄂博、五台、吕梁、晋中南、宁芜、鲁南、鄂东、陕南、海南等主要铁矿区(带),铜陵、白银、平桂、水口山、香花岭、小秦岭、米仓山、公婆泉、石板泉、上饶等多金属矿区(带),及招掖、牟乳、青龙—遵化、崇礼—赤城、承德等金矿区(带)上进行了大比例尺的航空物探测量,为我国冶金、有色、地矿等地质系统的有关单位进一步评价、研究这些矿区的找矿前景、扩大矿区储量和进一步部署找矿勘探工程提供了大比例尺航空物探资料。

2)我们对每一个测区的资料都进行了研究并作了地面物探、地质工作,在此基础上编写成果报告。在成果中,我们均指出了找矿远景区段,提供了可进一步工作的找矿有望异常。

3)更新了岩层分布界线,补充了新的构造形迹,圈定了隐伏岩体,为间接找矿或进一步找寻隐伏岩体以及进行地质填图提供了信息。

4)大比例尺航空物探测量在一定程度上可以取代相应比例尺的地面物探测量。由于航空物探测量面积要比地面物探测量的面积大的多,且离地面有一定的高度(压制了地面浅部干扰体的干扰),从而扩大、清晰了对整个成矿区(带)的地质情况的了解,这给下一步的找矿工作节约了时间和成本。

5)为数字化地球提供了相应的物探数据。

30年的实践还证明了,冶金航空物探工作在地质找矿方面和经济效益方面都已取得了相当明显的效果。下面仅举几例说明(由于进入90年代以后,资料收集非常困难,下面的材料仅限于90年代以前的):

1)在冀东地区我们前后进行了5年的飞行测量,共用了980.9个飞行小时,1:2.5万比例尺资料的控制面积达22929 km^2 这些航空物探资料已成为该地区寻找沉积变质铁矿和金矿的重要依据。仅找寻铁矿而言,其他单位利用这些资料和我们推断解释的成果,经后续工作,使该地区的铁矿储量显著增长。如宫店子—二马矿带向斜构造的证实,从而使这个铁矿带的储量翻番。脑峪门(杏山)异常已探明铁矿储量5000万t,棒槌山、磨盘山、彭店子、油榨、杏山等异常,经钻探证实,储量相当可观。这些资料也给地方和个体开采铁矿提供了地点,如崔家堡子、小王庄等铁矿(其储量可达2000万t以上)。据不完全统计,在利用了这些资料后,冀东地区铁矿储量就由原来的30.4亿t,增长到1984年的66.6亿t,铁矿储量翻一番。

在张宣地区,我们在航磁测量中发现和确定近北庄异常为沉积变质铁矿引起,后经当时的华北冶金地质勘探公司工作,找到了近1亿t铁矿,给当时的宣钢解决了急需的矿石资源。

在邯邢地区,我们通过大比例尺航磁测量发现了崇义异常,其异常所反映的磁源体比当时已知的矿体要大的多,我们指出深部有大的盲矿体。后经工作在其深部找到了一个中型铁矿体。

2)在江苏南通地区,该地区第四系覆盖很厚,1978年以前,地质上认为该地区第四系覆盖下面是大面积火山岩分布,所以一直是找寻铁矿、多金属矿的空白区。1978年我们在该地区作了1:5万航空磁测,发现了22处异常,经研究指出了这些异常中的大多数(如王浩、唐洪、陈桥等)是由侵入岩或与侵入岩有关的磁铁矿引起,并圈出了找寻铁矿、多金属矿的远景区。根据这一成果,当时的江苏冶勘805队及时对王浩异常进行了钻探验证,找到品位较富的夕卡岩型磁铁矿和伴生的锌、钼等多金属矿。后经进一步勘探,仅王浩异常处就查明了铁矿储量2500万t,锌、钼矿也有一定的储量。这个发现使原来的长江中下游成矿带再向东延长了200km,为在苏北厚覆盖区找寻铁矿、多金属矿打开了新局面。

在长江中下游的汤裕地区,安徽地矿局322地质队利用我们的航空物探资料确认该地区为宁芜地区的第四个岩浆库,从而找到了一个铁矿田,已探明储量1亿t以上。

3)在找寻黄金方面也取得了丰硕的成果。如,在山东招掖地区、牟乳地区、安徽的五河—凤阳地区、河北的青龙—遵化等地区,我们利用航空物探资

料进行详细的构造地质填图,确定金矿所富存的断裂、破碎带,再结合当地地质情况,指出找寻金矿的有望地段。用这样的方法在上述地区都取得了令人满意的地质成果。

4) 依据航空物探资料圈定岩体,寻找与岩浆活动有关的矿床。如,在内蒙古珠穆沁旗地区我们圈出了 57 个基性、超基性岩体。在甘肃北山地区也圈出了多个基性、超基性岩体。在湖南铜山岭矿区、广西平桂地区大桂山钨矿区的外围、长江中下游地区都圈出了与找矿有关的岩体。为这些地区进一步寻找镍、铬矿和多金属矿提供了有望地段。

5) 在地质市场上争得了份额,取得了一定的经济效益。1991 年我们为有色总公司在甘肃北山地区,1995~1997 年为石油、天然气总公司在新疆喀什、吐拉—库木库里和青海南祁连山地区,用了 564.2 个飞行测量小时,进行了航空物探测量,控制面积达 151 378 km² (其中有 5501 km² 比例尺为 1:2.5 万,其余的比例尺为 1:20 万),其成果获得了甲方的好评。

自冶金航空物探工作开展以来,其他单位利用其成果资料后,在冀东、长江中下游、张宣、邯邢、鞍本、五台、吕梁、安林等地区,据不完全统计,找到 6 个大型铁矿、30 个中型铁矿、近百个小型铁矿及多金

属矿床,此外还有 20 多处矿区扩大了储量,以上总共获得铁矿储量大约为 45 亿 t。

回顾已走过的路程和取得的成果虽能欢欣鼓舞,但那毕竟是过去。在当今市场经济的环境中,面临着市场需求的多样化和竞争激烈化,以及找矿难度不断增大的情况下,发展冶金地质系统航空物探工作还有多方面困难,其原因为:目前地质市场还发育不良,受部门及个人影响较大,况且市场开发力度不够,很难得到市场份额。重视、培养、保留人才没有相应的政策和方法,造成人才外流。种种原因使近年来设备没有更新。

总之,这些问题如不很快解决,在商品经济的今天将没有冶金航空物探的立席之地。我作为一个长期服务于冶金航空物探工作者和这个队伍的最后一任总工程师由于多种原因带着深深的遗憾离开了这个队伍,但我还是衷心地祝愿冶金航空物探工作再现辉煌。

[参考文献]

- [1] 欧宗豪,线纪安. 航磁在冶金地质普查找矿工作中的作用和效果[J]. 地质与勘探,1985,2.
- [2] 线纪安. 冶金航空物探工作的概况及其展望[A]. 开创通用航空发展新局面. 航空工业出版社,1989.
- [3] 线纪安,王德广,杨金科. 航空甚低频电磁法几个问题的探讨及应用[J]. 物探与化探,1992,3.

REVIEW OF THE AERIAL GEOPHYSICAL EXPLORATION OF THE METALLURGY INDUSTRY

XIAN Ji - an

Abstract :Based on the analysis on purpose of the airborne geophysical survey, change of the geophysical exploration departments, the finished work, use of flight equipment and navigation position system, and implement of various airborne geophysical methods, the development, achievements of geophysical exploration of metallurgy industry mad during the past 30 years and its prospects are detailed.

Key words :airborne geophysical exploration, flight survey, aero magnetic prospecting, aerelectronic prospecting, navigation and position



[作者简介]

线纪安(1942年-),男,1965年毕业于北京地质学院物探系,长期从事航空物探工作,1990~1999年任冶金物勘院航空物探大队总工程师,教授级高工,政府特殊津贴获得者,现任河北地质学会理事。

通讯地址:河北保定市 冶金地球物理勘查院 邮政编码:071051

首届全国环境矿物学学术研讨会召开

本刊讯:为了交流环境矿物学的研究成果,扩大环境矿物学的应用领域,探讨环境矿物学的发展方向,首届全国环境矿物学学术研讨会于2001年5月8日~5月9日在北京大学举行,会议就矿物标识环境变化信息载体,矿物影响人类健康与生态环境,环境矿物材料开发应用,固体废弃物处理与开发应用,绿色建筑材料开发,土壤改良中的矿物学问题,环境矿物学相关的信息技术与系统等方面进行了交流。