1：5 万高精度航磁在新疆高寒深切割地区应用进展

The application progress of high accuracy aero-magnetic survey of 1：50000 scale in high and districts of Xinjiang

庄道泽[1]， 周坚鑫[2] ，兰险[1]

（1.新疆地质矿产勘查开发局，新疆 乌鲁木齐 830000，2.中国国土资源航空物探遥感中心，北京 100083）

摘要：新疆西天山、西昆仑-阿尔金等地区大多为高寒山区，地形切割强烈，比高大，限于航空磁测规范要求一直为 1：5 万航磁的禁区。在大量正演模拟的基础上，选择典型矿床开展了不同飞行高度的对比飞行，在当前磁测仪器、补偿技术、定位精度极大提高的基础上，选择西天山、昆仑-阿尔金等不同地貌景观、不同成矿地质背景和地球物理条件区进行测量，揭示的磁场特征清晰，背景干扰小，局部异常明显，为西部地区开展上述工作积累了经验，在当前技术经济条件下值得推广使用。

Abstract: most of the districts of west Tianshan mountains, Kunlun-Aerjin mountains are , there . According to limit of ,the flight altitude of air magnetic survey of 1:50000 scale is less than 250m above the ground. First we finished many geological direct problem to classical models, and did some practical survey in 3 classical iron deposits in different altitude. The 1：50000 air magnetic survey were executed in 3 different geological, geophysical and geography districts. The results show that there are clear magnetic field characteristics, lower background changes, and obvious local anomanys under the increase the magnetic survey equipment accuracy, information-correcting technology, and positioning accuracy. The application of aero-rmagnetic survey in of Xinjiang will move the more project in districts in west China.

1. 问题的提出

新疆处于古亚洲成矿域和特提斯成矿域，成矿条件极为优越，已发现了大量铁、铜、镍、铅锌、金等矿床，是我国重要的金属矿产接替基地。当前新疆地质找矿正转向交通条件较好的中低山区深部矿、难识别矿找矿和通行极为困难的西天山、昆仑-阿尔金等高寒山区综合找矿，地球物理技术将发挥更重要的作用。航空磁测因效率高、测网规则、投资省、信息量大在区域调查、成矿带勘查中发挥了重要作用，为区域地质构造研究、成矿预测提供了丰富资料，尤其在铁磁性类矿找矿中发挥了特别重要的作用，上世纪六十—七十年代在新疆通过异常查证先后发现了雅满苏铁矿、白山泉铁矿、磁海铁矿、瓦吉尔塔格铁矿等。

新疆西天山、西昆仑、阿尔金等地区海拔高度一般在 3500 米-6000 米，相对高差 1000 米以上。地质构造复杂，区域航磁异常明显，成矿条件优越，受到广大地质勘查机构、矿业公司、国土资源管理部门和政府的高度重视，因位于高寒山区，地形切割强烈，比高大，中大比例尺地质填图路线困难、化探有效控制能力降低，地面磁法难以有效开展，限制了矿化信息的采集，影响了 1：5 万综合矿产远景调查。限于航空磁测规范要求“飞行高度一般不大于线距的一半”一直为 1：5 万航磁的禁区。

新疆地矿局和中国国土资源航空物探遥感中心有关专家在大量典型矿床模型磁测正演模拟的基础上，选择典型矿床开展了不同飞行高度的对比飞行，在当前航空磁测仪器精度、补偿技术、定位精度极大提高的基础上，选择西天山阿吾拉勒、喀喇昆仑、西昆仑、阿尔金--祁曼塔格等不

同地貌景观、不同成矿地质背景和地球物理条件区进行 1：5 万航磁测量，异常信息丰富，区域异常得到有效分解，达到了预期目的，在多个项目实现了“当年飞行、当年查证、当年见矿”的找矿成果。

2.典型矿床对比试验

分别选择西天山查岗诺尔大型以上火山沉积型铁矿、祁漫塔格迪木那里克大型沉积变质型铁矿、蟠龙峰矽卡岩型铁铜多金属矿点开展了不同高度的对比飞行测量。结果显示，在小于800米飞行高度条件下，对于一定埋深大中型磁性矿产和磁性地质体航磁具有较好的反映能力。

2.1 查岗诺尔铁矿

查岗诺尔铁矿位于西天山西段、阿吾拉勒晚古生代裂谷带中，含矿岩石为下石炭统大哈拉军山组火山碎屑岩建造。矿区共有 11 个铁矿体，铁矿层底部常见铜矿化。FeI 主矿体长 2835 米，厚 41～120 米，控制最大斜深 320 米，全铁品位 30～35%，属火山沉积型矿床。

选择查岗诺尔铁矿进行了 400（可控最低飞行高度）、600、800、1000、1200、1500 米 6 个不同高度的试验，剖面方位接近矿体走向（图 1）。结果显示不同飞行高度异常区背景平稳，局部异常明显，具有南西正、北东负的特点，具体指标见表 1。 异常强度随航高逐渐降低，其中从地表

表 1　查岗诺尔铁矿不同高度试验曲线对比表

飞行高度(米)	强度（正、负）nT	零值点宽度(米)	半极值点宽度(米)
地面	≥10000		
400	950（-150）	3500	1150
600	810（-140）	3500	1250
800	550（-110）	3750	1500
1000	345（-50）	4000	1750
1200	270（-40）	4200	1800
1500	260	4800	1850

到 400 米高度衰减最快，从大于 10000nT 衰减至 950nT，而从 400 米到 800 米仅衰减 42%；从 400 米到 800 米零值点宽度从 3500 米增加至 3750 米、半极值点宽度从 1150 米增加至 1500 米。结合其它地区定量模拟结果，对于大型及以上铁矿，飞行高度 800-1000 米、顶面埋深 400 米条件下具有可分辨的磁异常。

2.2 迪木那里克铁矿

迪木那里克铁矿位于西昆仑地区、塔里木板块塔里木南缘活动带祁曼塔格复合沟弧带，主要出露地层为中—上奥陶统滩涧山群，为一套浅变质的碎屑岩、泥质岩及少量火山岩，是沉积变质型铁矿的含矿岩系。圈出 37 个矿体，Fe36、Fe37 为主要矿体。其中 Fe37 号矿体已控制长度 2200 米，宽度 6-100 米，累计视厚度 18.5-59 米，品位全铁含量 25.3-39.18%，主矿体控制斜深 90-450 米。

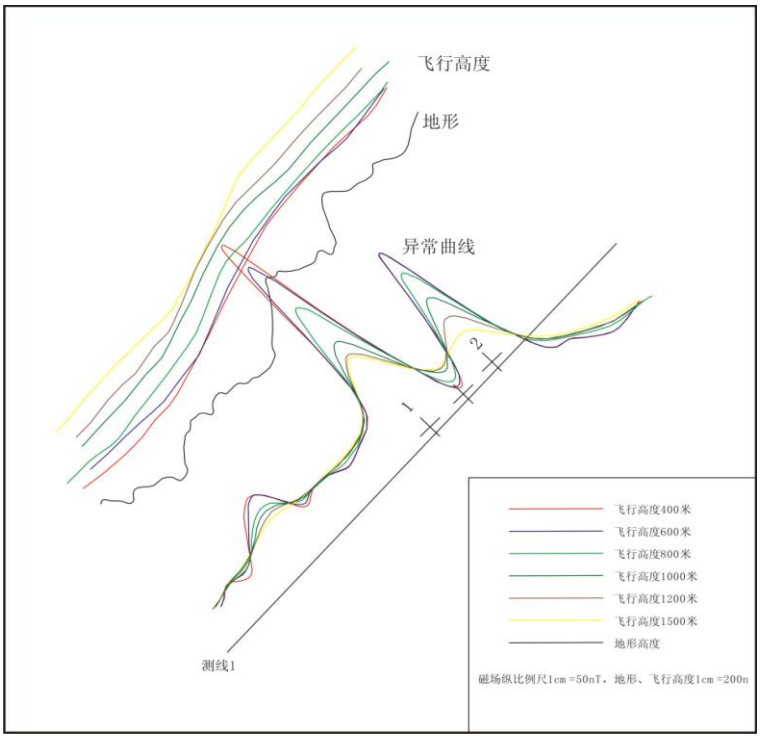


图 1 查岗诺尔铁矿不同飞行高度航磁对比曲线

地面磁异常发育，为北西-南东走向，长约 4000 米，宽约 100-500 米，最高强度 10000nT 以上。在该矿区垂直矿体走向进行了 500、700、900、1200 米四个不同高度的试验，局部异常清晰，背景稳定，为以正磁异常为主体的正负伴生异常。400 米飞行高度时强度为 210nT，逐渐降低为 170、120、100nT，异常宽度没有随飞行高度加大而明显增加。

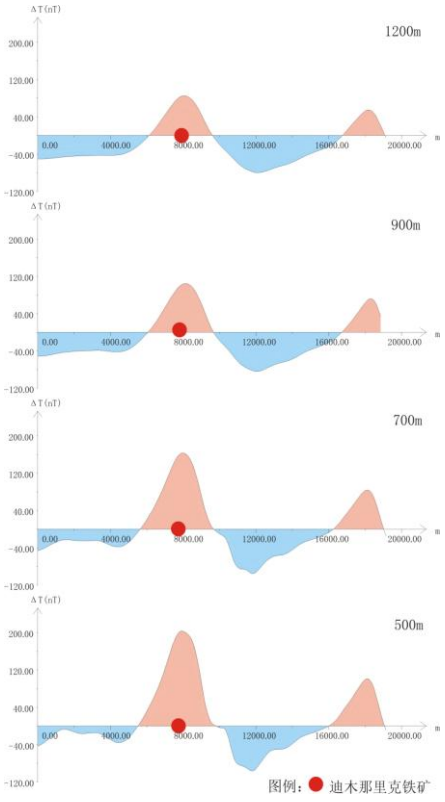


图 2 迪木那里克铁矿不同飞行高度航磁对比曲线

2.3 蟠龙峰铁多金属矿

蟠龙峰铁多金属矿床位于迪木那里克铁矿东南，赋矿地层为古元古界白沙河组，岩性为黑云母斜长片麻岩、黑云母斜长角闪片岩夹石英岩及大理岩，其原岩为泥砂质沉积碎屑岩+基性火山岩+碳酸盐岩建造。蟠龙峰铁矿含矿带共分为西段、中段、北段、东北段、伊阡巴达段等五个铁矿化带（段），其中西段铁矿化带（即试验区）近东西长460米，宽30-120米，主要分布在二长花岗岩与大理岩、片麻岩的外接触带中。规模属于矿点。

1：2.5万地面磁测在蟠龙峰铁矿区圈出零星局部异常共8个，局部磁异常反映为曲线尖锐、窄而变化大，连续性差，规模一般在100米以内，强度最高达10000nT以上，磁异常与铁矿及矽卡岩化有关。经400、650、800米三个不同高度的对比飞行，400米高度异常清晰，三个叠加异常特征明显，最高强度180nT；650、800米异常形态相似，属于叠加程度高的低缓异常，可以识别。该异常与含矿地质体及接触交代的矿化蚀变带有关。

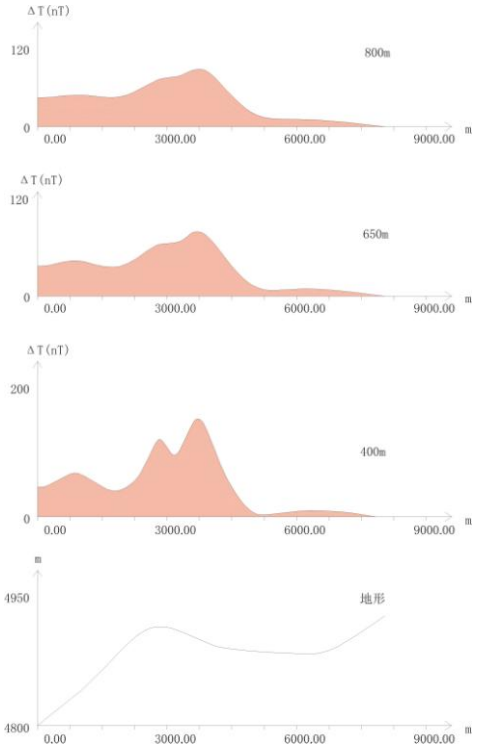


图3 盘龙峰铁矿不同飞行高度航磁对比曲线

3.主要技术措施与结果

3.1 主要技术措施

新疆高山区航磁工作由中国国土资源航空物探遥感中心承担，采用奖状Ⅱ飞机大致随地形起伏的方式飞行，配备 HC-2000 光泵磁力仪、SC1 软补偿及收录仪一体机、GG24 双星座 GPS 导航仪、BG3.0 高度计等观测系统。针对地形地貌特点和成矿有利部位对飞行方案（尤其是飞行方向）进行优化，线距 500 米，采样率 10 次/秒，磁测总精度优于±3.0nT，定位精度优于 10 米。经过四个测区 1：5 万航磁，背景磁场干净，区域磁场特征明显，局部异常分解较好，已知铁矿及中基

性—超基性火山岩局部异常清晰，对 1∶100 万航磁异常进行了细致分解，各测区地貌条件与飞行高度、异常分解能力见表 2。

表 2　四个航磁勘查区异常分解结果表

飞行地区/飞行时间	最高海拔（米）	最低海拔（米）	平均飞行高度（米）	≤800 米所占比例(%)	1∶100 万异常数	1∶5 万异常数	备注
阿吾拉勒/07	5242	1100	642	77%	7	456+11	
祁漫塔格/07	5684	2300	560	86%	3	127	
塔什库尔干/08	7649	2000	756	74%	11	373	特别切割强地区
迪木那里克/08	6295	1300	639	75%	4	343	

3.2 典型实例

3.2.1 查岗诺尔铁矿

在查岗诺尔铁矿上局部异常明显，为高磁背景中的尖峰异常，走向近东西向，剖面曲线对称，异常长度 1.6km，宽度 1.3km、强度 1215nT。其中高磁背景场与中基性火山岩有关，局部异常与已知铁矿对应良好（图 4）。

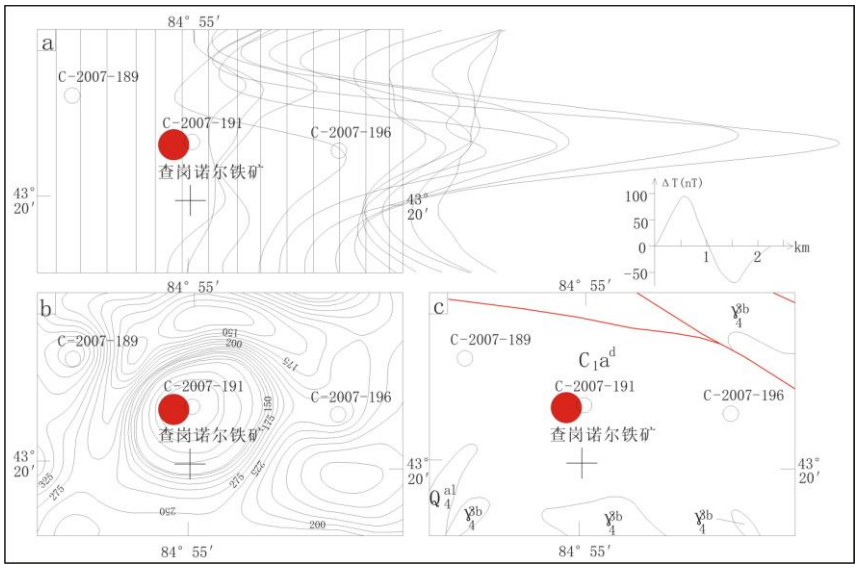


图 5 查岗诺尔铁矿航磁异常综合图

a 剖面平面图，b 等值线平面图，c 地质矿产图

3.2.2 赞坎铁矿

位于塔什库尔干地块，出露古元古界布伦阔勒群（Pt_1B）中深变质岩系，也是铁矿的赋矿岩系。区内圈定三个铁矿化层、18 个矿体，其中 M1 矿体长度 3600 m，控制斜深 200～400 m，单工程内矿体厚度 4.28 米，平均品位 TFe29.5%。属火山沉积变质型铁矿。

在航磁 ΔT 剖面平面图上，该处反映为两个尖峰状强磁异常；在航磁 ΔT 等值线平面图上，反映为两个长轴为北西西走向的椭圆形异常，北侧有明显的负值伴生（见图 4-1）。其中新 C-2008-1258 号异常极大值点位于海拔 4250m 的山谷中，飞行高度 900 米，异常强度为 615nT；新 C-2008-1259 号异常极大值点位于海拔 4980m 的山顶，飞行高度低于 400 米，异常强度达 1444nT。在赞坎铁矿上异常明显，同时该结果显示在已控制的铁矿东部尚有良好的找矿前景，经 2008 年查证发现了新的矿体。

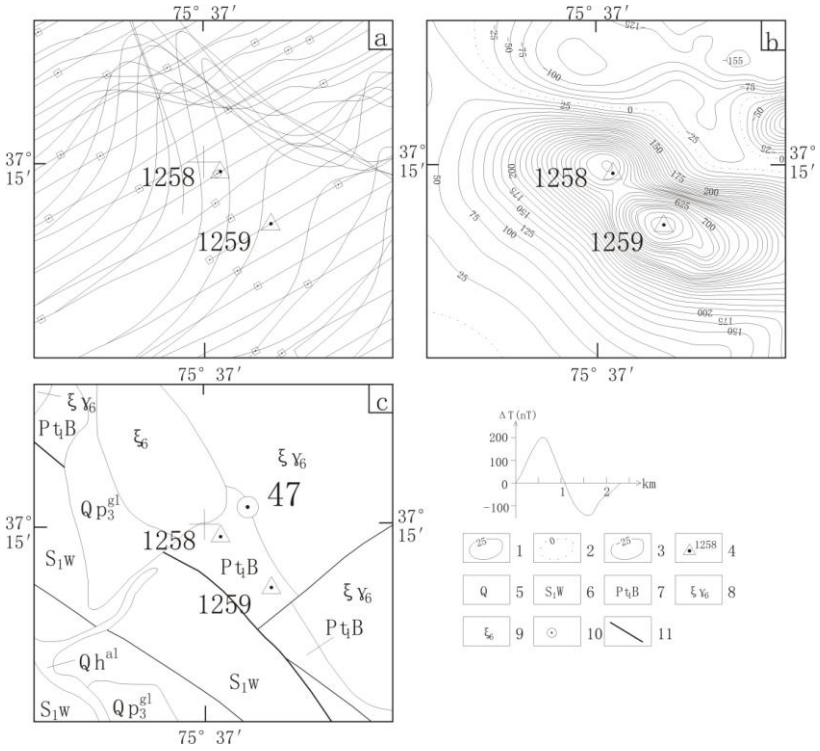


图 4-1 赞坎磁铁矿综合平面图

a 剖面平面图，b 等值线平面图，c 地质矿产图

4.结论与建议

1、1∶5 万航磁在中高山区较大飞行高度条件下采用现有方法技术有效，性价比高，成本上航磁是同比例尺地面磁法的 40-65%，且航磁受地形干扰小、测点密度高（航磁点距相当于 10-15 米，地面磁测一般在 100 米或以上），资料完整、系统。建议将平均飞行高度小于 800 米、总飞行高度小于 800 米的测线段高于 75%的中高山区 1∶5 万航磁作为国家基础地质填图的组成部分，统一部署，分期实施。当前首先从高磁场区、变化磁场区及重要成矿带（如新疆西天山地区、昆仑-阿尔金地区）开始，逐步推广。

2、为了保证取得独特的地质效果，

需要对飞行区进行前期成矿预测和靶区

优选。对重要找矿靶区采用特殊的飞行方案以达到降低飞行高度的目的。为此在经费预算中需要增加特别飞行费用。

3、鉴于在较高飞行高度条件下所获得的磁场资料异常强度变低、范围加大，异常识别难度加大。进一步建立在不同地质环境下异常识别准则，开发中高山区专用数据处理软件，尤其突出向下延拓、弱异常提取等软件，并注意单线异常的识别和提取、处理技术。

4、鉴于高山区飞行中以高原、高山及山腰地区为重点，对山谷、部分低山区兼顾不够（一般低于 20%）。上述地区飞行高度过高（指飞行高度 1000 米以上地区），应补充开展地面磁法。

5、磁测连续测量信息量大、投资增加不多、现有可实现连续定位与测量的地面设备（如 G858），建议在勘查技术规范中倡导地面磁法连续测量，淡化不同比例尺中点距观念，增大磁法信息量，提高磁法应用效果。

致谢：新疆高寒山区 1∶5 航磁测量得到了新疆维吾尔自治区人民政府主席助理田建荣、新疆地矿局总工程师董连慧的支持，亲自指导并确定选择勘查区、委派小分队及时查证。国土资源部高级咨询专家孙文珂、中国国土资源航空物探遥感中心主任王平、总工程师熊盛青在技术上给予了具体的帮助，郑广如、周道卿、宋燕兵等项目组成员付出了极大的艰辛。推动了新疆高寒山区 1∶5 航磁测量持续进行并取得良好的成果，为西部地区开拓航磁测量领域进行了示范。在此一并致谢。

项目资助：新疆 1∶5 万区域地质矿产调查项目办公室、新疆国土资源厅 “新疆西天山地区新源县塔勒德—和静县乌拉斯台一带航磁勘查”、“新疆若羌县祁漫塔格一带 1:5 万航磁勘查”、“新疆且末县迪木那里克-若羌县巴什拉克一带 1:5 万航磁勘查”等。

第一作者简介：庄道泽（1962-），男，四川省新都县人，博士，教授级高级工程师，主要从事勘查技术方法研究与成矿预测。

通讯地址：新疆乌鲁木齐市克拉玛依西路 2 号 新疆地质矿产勘查开发局 邮政编码 830000 电话 0991-4856336 13199865229 e-mail xjdkjzdz@yahoo.com.cn

参考文献：

[1] 张良臣、刘德权、王有标，等.中国新疆优势金属矿产成矿规律[M].北京：地质出版社，2006 年 2 月.

[2] 陈毓川、刘德权、唐延龄，等.中国天山矿产及成矿体系[M].北京：地质出版社，2008 年 12 月.

[3] 熊盛青、周伏洪、姚正煦，等.青藏高原中西部航磁调查[M].北京：地质出版社，2001 年 12 月.

[4] 孙文珂、孙焕振、刘士毅，等.中国矿床发现史（物探化探卷）[M].北京：地质出版社，2002 年 7 月.

[5] 中华人民共和国地质矿产行业标准 航空磁测规范（DZ/T0142-1994）