

第八章 磁异常的地质解释与应用

§ 1 磁异常的地质解释

§ 2 磁测的应用

第八章 磁异常解释与应用

- 磁力勘探在所有物探方法中是发展最早、应用最广泛的一种方法。
- 区域或深部地质调查；
- 固体矿产的普、详查；
- 油气构造的普查；
- 煤田构造的普查；
- 某些地质问题研究；
- 工程地质、国防探查、地震预报、考古等方面也能发挥其作用。

应用磁力勘探解决问题的前题条件：

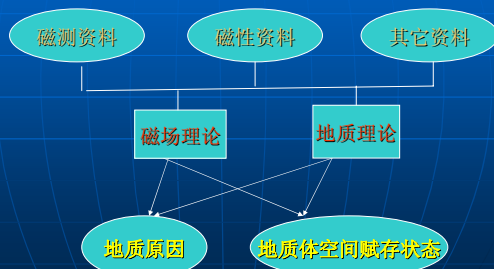
- （1）探测对象与围岩（或周围环境）有磁性差异，由这种差异引起的磁场变化，能为现代磁力仪测出来；
- （2）与探测对象无关的干扰因素产生的干扰磁场与探测对象产生的磁场相比，足够小或有明显的特征，可以被分辨出或消除。

§ 1 磁异常的地质解释方法与步骤

- 磁异常的地质解释，通常是指：
- 根据磁测资料、岩（矿）石（目标物）的磁性资料以及地质和其它物化探资料，运用磁性体磁场理论和地质理论解释推断引起磁异常的地质原因及其相应地质体（目标体）的空间赋存状态，平面展布特征，矿产和地质构造或其它目标体分布的全过程。

§ 1 磁异常的地质解释方法与步骤

- 磁异常的地质解释：



§ 1 磁异常的地质解释方法与步骤

- 一、解释六大原则：
- （一）以地质为依据
- （二）以岩石物性为基础
- （三）循序渐进，逐步深化
- （四）定性定量、正演与反演、平面与剖面解释相结合
- （五）综合解释
- （六）多次反馈，不断修正

§ 1 磁异常解释方法与步骤

■ （一）以地质为依据

- 要充分占有地质资料，建立可能的地质模型，指导磁异常正反演解释。
- 利用磁异常与地质资料不一致的地方，提出新见解，深化地质解释，并修正或提出新的地质结论。

§ 1 磁异常解释的方法与步骤

■ （二）以岩石物性为基础

- 岩石物性是联系地质与地球物理场的桥梁，把地质规律与岩石物性结合起来建立合理的物理—地质模型，作为磁异常解释的初始模型。
- 岩石物性是影响磁异常反问题多解性的重要因素。

§ 1 磁异常解释的方法与步骤

■ （三）循序渐进，逐步深化

由于不同比例尺、不同网度和精度的磁测工作其解决地质问题的重点和深度不一样，一般应遵循由粗到细、由区域到局部逐渐深入细致的原则，尽量借鉴地质、地球物理条件相似地区的解释经验与方法，指导待研究区的解释工作。

■ （四）定性定量、正演与反演、平面与剖面解释相结合

- （1）定性定量解释的结合可以使两者互为补充，逐渐深化；
- （2）正演和反演相结合可以不断修改补充原有解释模型，减少反演解释的多解性；
- （3）平面解释与剖面解释相结合，一方面利用典型剖面的精细解释、控制修正平面解释，另一方面也可利用平面解释的总体规律来指导剖面模型建立。

■ （五）综合解释

为了克服磁异常反问题的多解性以及磁法勘探应用的局限性，应尽可能进行综合地质、地球物理解释，这样才能正确确定异常的地质原因，增进地质效果。

■ （六）多次反馈，不断修正

由于地质现象的复杂性，对其认识很难一次完成。

- 1、在解释中应通过多次正反演、多次反馈不断修改模型，使解释结果最佳符合当前的地质、地球物理资料；
- 2、每当补充新的资料或发现新问题，则又应利用反馈的资料再解释，是一个不断反馈、解释、不断深化的过程。

§ 1 磁异常解释的方法与步骤

■ 二、磁异常解释的步骤：

- （一）磁测资料的预处理和预分析
- （二）磁异常的定性解释
- （三）磁异常的定量解释
- （四）地质结论和地质图示

■ （一）磁测资料的预处理和预分析

目的：资料完整、可靠和便于解释

→解释前应分析磁测精度的高低、测网的疏密，系统误差的有无和大小，正常场选择是否正确，图件拼接是否合理、资料是否齐全、是否有干扰影响存在等，若有问题，应改正或处理解决。
此外，还应该注意分析磁性地质体的磁性特征和磁性的均匀性、方向性和大小。

■ （一）磁测资料的预处理和预分析

异常分区、分带、确定解释单元、网格化。
多数情况下，磁测资料的转换和处理，如延拓、化极、求导等。

■ （二）磁异常的定性解释

包含两方面：

- （1）一是初步解释引起磁异常的地质原因；
- （2）二是根据实测磁异常的特点，结合地质特征，运用磁性体与磁场的对应规律，大体判定磁性体的形状、产状及其分布。

（1）将磁异常进行分类

一般是根据异常的特点（如极值、梯度、正负伴生关系、走向、形态、分布范围等）和异常分布区的地质情况，并结合物探工作的地质任务进行异常分类。

（2）由“已知”到“未知”

是一种类比方法：

先从已知地质情况着手，根据岩（矿）石磁性参数，对比磁异常与地质构造或矿体等的关系：

找出异常与矿体，岩体或构造的对应规律，确定引起异常的地质原因，并以此确定对应规律

指导条件相同的未知区异常的解釋。

（3）深入研究区内的岩、矿石磁性

采集不同数量的定向标本，进行磁参数测定→

- 1、了解感磁和剩磁的大小和方向
- 2、并用正演公式，粗略估算异常分布范围内各类岩矿石所引起的异常强度
- 3、然后与实测异常对比，以判断实测异常是地表还是地下深部岩、矿体所引起。

■ （4）对异常进行详细分析

目的→是为了结合磁性和地质情况确定引起异常的地质原因。

（1）磁性体形状初步判断

- A、根据磁异常的平面和剖面特征
- B、利用磁异常的空间变化特征

（2）磁性体倾向的初步判断

- A、根据Za异常特征判断倾向
- B、根据Ta异常特征判断倾向

■ （三）磁异常的定量解释

- 1、定量解释通常是在定性解释基础上进行，但其结果常可补充初步解释的结果。
- 2、定性和定量解释两者是相辅相成的，并无严格的分界。
- 3、定量解释的目的在于：根据磁性地质体的几何参数和磁性参数的可能数值，结合地质规律，进一步判断场源的性质。

■ （四）地质结论和地质图示

- 地质结论是磁异常地质解释的成果，是由定性、定量解释与地质规律结合所得出的地质推论。
- 地质图示是磁测工作地质成果的集中表现。因此，磁测成果应尽可能以推断成果图的形式反映出来，如推断地质剖面图、推断地质略图、推断矿产预测略图等。

二、磁法勘探在地学中的应用

- 在区域地质与深部地球物理调查中的应用
- 在石油天然气与固体矿产勘查中的应用
- 在考古、地热田寻找等的应用

区域地质调查中的应用

- 国内、外大面积航空磁测的经验表明，大面积航空磁测对大地构造研究特别是对划分构造单元和控制内生矿床生成的深大断裂的分辨和圈定有特殊作用。
- 1957年提出的郯城—庐江大断裂带，已经被地质界普遍接受，经过深化研究已成为我国东部地质构造和矿床生成控制的重要因素。

■ 1:100万的区域地质调查

- 小比例尺的区调在地质研究程度较低的地区进行。
- 小比例尺航空磁测，可以解决→
 - 1、研究大地构造，进行大地构造分区；
 - 2、研究与地壳运动密切相关的巨大断裂；
 - 3、获取区域地质矿产的初步资料。

■ 1:20万的区域地质调查

- 在中比例尺区域地质调查中，航磁工作的任务应以地质填图，研究构造和划分成矿带为重点：
 - 1、根据磁异常圈定不同岩体；
 - 2、确定接触带、断裂带、破碎带；
 - 3、编制基岩地质图和基底构造岩相等。
- 4、根据控矿因素与异常的关系，划分成矿远景区。

■ 1:5万的区域地质调查

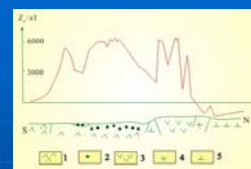
- 大比例尺的区域地质调查，一般只在有区域成矿远景的地区进行，主要是深入研究区域成矿规律，预测各类矿床的分布（见油气与固体矿产勘查中的应用）。
- 相应的磁测工作除了配合地质进行地质填图外，还有明显的直接或间接找矿性质，要求对每个异常进行较详细的研究。

1、划分不同岩性区和圈定岩体

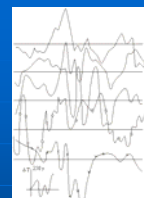
- 磁异常的位置和轮廓可大致反映地质体的位置和轮廓。
- 磁异常的轴向，一般能反映地质体的走向。
- 在地质体出露和埋深较小的情况下，其磁性不均匀常会使异常产生起伏变化。
- 磁异常的强度和分布范围会随埋深而变化。

■ 各种岩类磁异常的一般特征

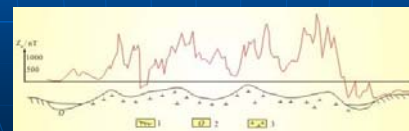
- 基性和超基性侵入岩，一般含有较多的铁磁性矿物。
- 玄武岩体上的磁异常值变化很大，呈锯齿状剧烈跳跃。
- 闪长岩常有中等强度的磁性。
- 花岗岩类一般磁性较弱。
- 沉积岩多数只有微弱的磁性，故磁场平静单调。
- 沉积岩形成的变质岩一般磁性微弱，磁场平静，由火山岩形成的变质岩异常与中酸性岩体异常相近。



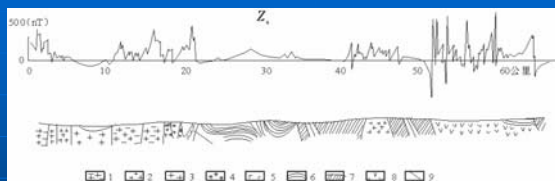
基性超基性岩



玄武岩

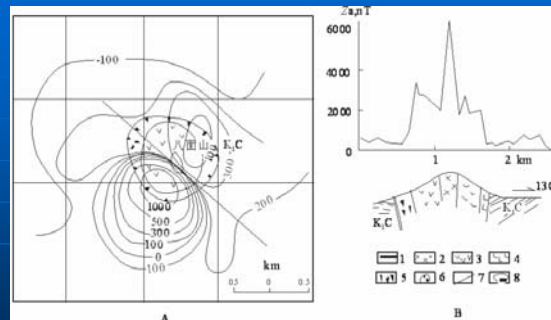


闪长岩

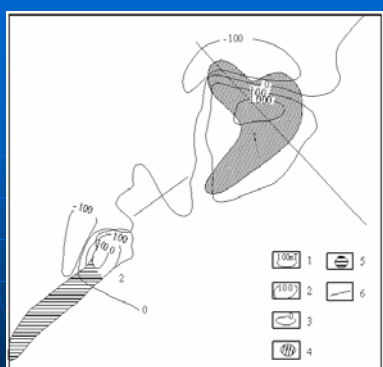


通过几种岩体和岩层的Za剖面异常曲线

- 1.—辉长岩；2.—黑云母细粒花岗岩；3.—花岗岩；4.—玢岩；
- 5.—玄武岩墙；6.—砂岩；7.—灰岩页岩层；8.—超基性岩；
- 9.—破碎带



一个火山口的磁异常图



2个金伯利岩筒上Za异常平面图

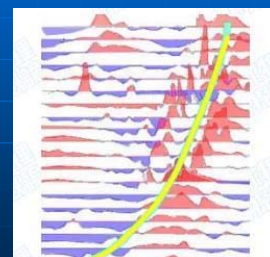
2、推断断裂、破碎带及褶皱

- 用磁法能圈定断裂带、破碎带，是因为断裂的产生或改变了岩石的磁性，或改变了地层的产状，或沿断裂带伴有后期或同期岩浆活动，或沿断裂两侧具有不同的构造特点。

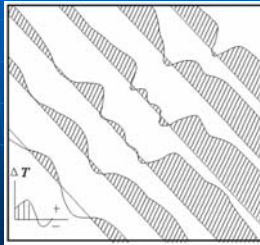


- 沿断裂有磁性岩脉（岩体）充填，这时沿断裂方向会有高值带状异常分布。
- 根据磁异常判断断裂时一要标出异常轴，二要有理由肯定异常与岩浆活动有关。
- 深大断裂是一种特殊的断裂类型。这种断裂常是两个不同大地构造单的分界线；断裂切割地球的硅铝层，甚至更深；断裂活动和岩浆活动具有多轮回性，它多半是现代地震的活动带。在深大断裂带内，近乎平行的断裂线成组出现，磁异常也是如此。

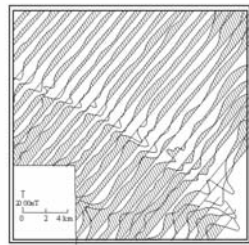
- 郯城-庐江深大断裂磁场图，该断裂长约800km，其磁异常以正异常形式出现。



- 磁性岩石断裂无岩浆活动伴随，当其断裂破裂现象显著时，因磁性变化会出现低值或负的异常带，称为“干断裂”异常。

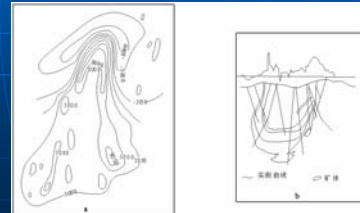


“干断裂”上的航磁异常图



断裂上的磁异常图

- 在某些油气盆地，在沉积地层中常存在的磁性标志层，岩石受力发生弯曲，磁性层也随之褶皱，而形成背斜和向斜。
- 一般背斜轴部上方会出现高值正异常，而在向斜两翼上方为升高的正异常，在向斜轴部为相对低的平缓异常。
- 当背斜轴部被剥蚀掉时，其异常类似于两个相隔一定距离，倾斜方向不同的板状体异常迭加。



3、成矿区的圈定与划分

- 成矿区的圈定与划分，是一项地质、地球物理资料相结合而进行的一种综合性研究工作。
- 利用磁资料时，主要应考虑两方面的条件，一是成矿和控矿条件；二是矿与围岩的磁性差异。



含油气远景区的圈定和划分

- 根据磁测资料评价含油气远景时，首先要考虑磁性界面深度图，即基底深度图所反映的构造形态（基岩的相对隆起与凹陷）；
- 同时也要研究生油条件、储油条件、构造条件等，其中主要是构造条件。

- 一般来说，只要有比较宽阔的深凹陷存在，就有形成油气藏的可能性；
- 只要在深凹陷内存在着相对隆起，一般应划分为成油气有利。
- 以构造条件为主导的远景评价方法，曾在各个工业油气藏盆地中利用过，一般都是很成功的。如在松辽盆地划分出的大庆长垣，以及在渤海地区、江汉地区都得到了肯定的效果。

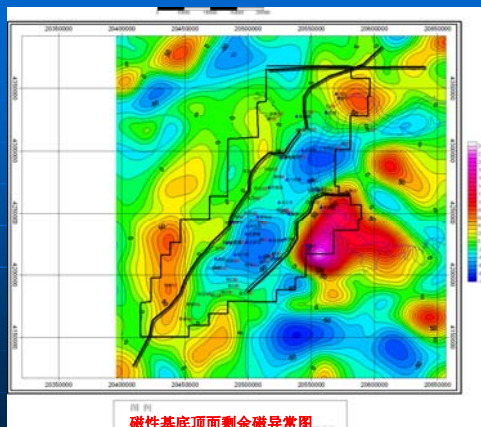
金属矿远景区的圈定

- 在评价金属矿成矿远景区时，要研究岩浆控制条件，构造控制条件、地层和岩性控制条件等。
- 断裂带是岩浆活动的通道，在断裂交叉处往往控制着成矿远景区。
- 在评价内生矿床时，岩浆和构造条件是主要的。而在评价海相沉积矿床时，地层及构造则是主要的，锰矿、铀矿、铜矿、铝土矿等沉积型矿床都受地层控制。

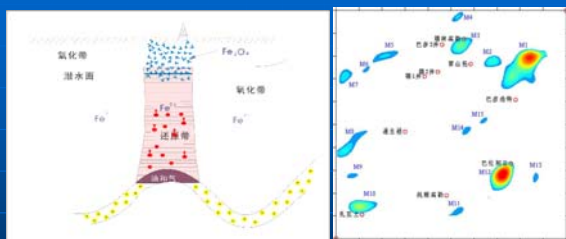
- 根据磁测资料可以圈定侵入体，研究侵入体的形状、产状、岩相和蚀变带等；
- 可以确定断裂和褶皱构造、划分不同岩性区。
- 利用磁测资料对控矿因素的分析结果，再结合地质资料和区内的矿点、矿化点、矿化带、矿床等各种找矿标志（包括各种物化探异常在内）进行综合研究，圈定出成矿远景区。

4、在石油天然气勘探中的应用

- 大多数沉积岩几乎都是无磁性的，而下伏火成岩和基岩通常是有磁性的。
- 根据磁测资料确定了基岩的深度，也就确定了沉积物的厚度。
- 如确定了基岩的起伏，因基底面起伏能在上覆沉积岩中产生有利于油气聚集的构造起伏，因而能为油气勘查提供有用资料。



- 近几年有人提出在油田上空发现存在高频磁异常，认为这种异常反映近地表的磁铁矿。
- 磁铁矿是由氢氧化铁、氧化物或赤铁矿的还原形成。
- 这种磁铁矿的形成被认为是石油渗出的直接结果，因而利用这种异常可以判定油气藏的存在。
- 有人提出油气藏上方碳氢化合物形成还原柱，氧化还原电位产生的自然电流产生磁异常，利用这些现象进而找油的设想。

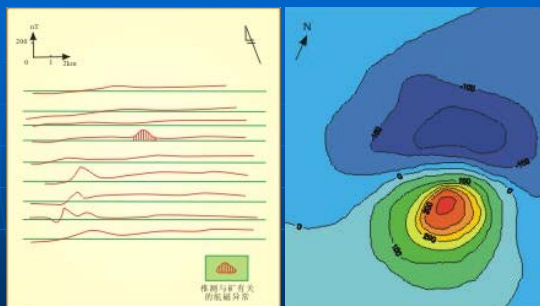


5、在固体矿产勘查中的应用

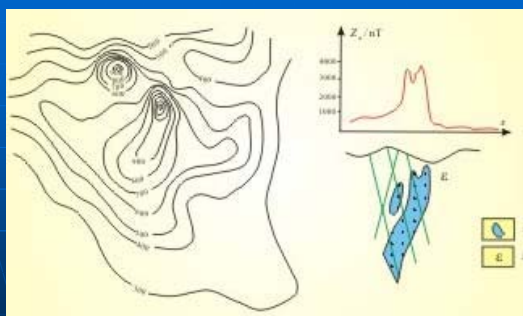
- 寻找各类铁矿床
 - 产在变质岩中的铁矿
 - 产在中酸性侵入体与碳酸盐岩的接触带中的铁矿
 - 产在火山岩中的铁矿
 - 产在基性岩中的铁矿

- 寻找其它金属矿与非金属矿
 - 铜矿和铜镍矿
 - 多金属矿与锡矿
 - 铬铁矿
 - 基性与超基性岩中的石棉矿
 - 铝土矿、硼矿
 - 金、铂、金刚石、钨等砂矿

- 河北某地1：10万航磁图，图中有一个以30nT为接触带异常背景的孤立异常。
- 由于异常位于某铁矿外围，有必要查明异常的地质原因。
- 磁异常分布区出露有中奥陶统马家沟灰岩，此灰岩在该区为成矿围岩，在航磁图上异常处于30nT背景边部，说明异常位于接触带上，处于成矿有利地段。之后布置了1：5000比例尺的地面磁测圈定低缓异常。
- 经钻探验证证实了异常由磁性铁矿所引起，矿体为多层密集排列，而并非球形矿体。



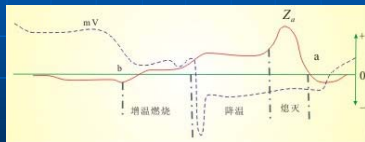
- 甘肃某铜镍矿产于二辉橄榄岩—辉石橄榄岩的超基性岩中，矿石中含有大量磁黄铁矿，磁化率比超基性岩大4倍左右。
- 经1：10万航磁发现异常，经地磁检查后发现在矿区外围两个1000nT左右的异常。
- 根据异常的错动，推测有平推断层。
- 经钻探后在异常50-100m处见到了岩体和矿体，现已成为我国大型的铜镍矿产地之一。



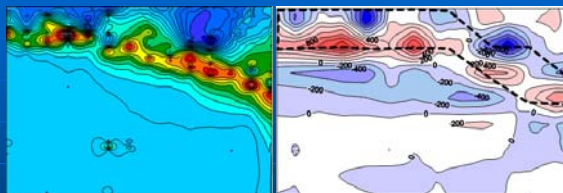
6、在煤田火烧区上的应用

- 在许多煤盆地中，在燃烧过的煤层上方有强磁异常。这是由于煤层中的氧化铁和氢氧化铁受高温作用变成磁铁矿的缘故。
- 根据煤层燃烧后的热剩磁特点，我国物探人员在西北三省的十七个勘探区二十二个测区用磁法和自然电场法探测煤田火区，取得了较好效果。

- 宁夏汝箕沟火区的磁异常与自然电位曲线，自电出现台阶形曲线，反映了燃烧与降温熄灭两个大阶段，磁异常反映典型的从熄灭带到燃烧带异常减弱的特征。

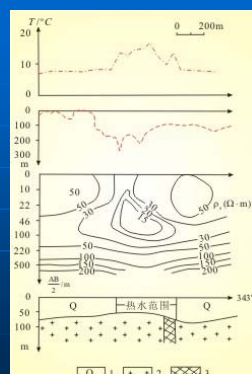


- 西北某煤田的磁测资料，煤层燃烧后，煤层顶底板岩石中所含铁质矿物（多数是赤铁矿、黄铁矿等）大部分转变成磁性矿物 Fe_3O_4 ，岩石在地磁场作用下从高温至居里点降到常温，形成烧变岩强磁性体，仪器探测反映为很强的磁异常，因而可通过磁异常平面等值线图确定出烧变岩的走向及边界范围，
- 该工区烧变岩已见出露，可通过剖面图确定出烧变岩倾向及底界面深度，找到烧变岩以下尚未烧掉的煤层。
- 虚线表示通过反演推测出的烧变岩的范围。该范围是通过通过对逐个剖面进行边缘性检测所得出的结果。



7、在地热调查中的应用

- 利用磁测可以勾画出地热区的拗陷和基底构造，寻找控制地下热水资源的构造，如断层和火成岩等。
- 火成岩在正常情况下有一定磁性，在热水活动范围内因热蚀变作用而使磁性降低，这有利于利用磁测圈定热蚀变带。
- 故不同地质成因的地热，调查可得到不同磁异常特征。

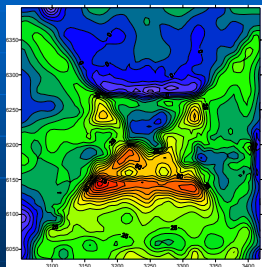


8、在考古和环境磁学中的应用

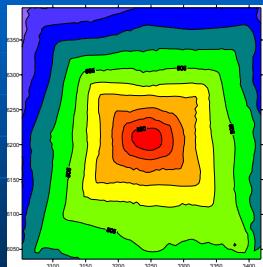
- 随着高精度磁测工作的展开，磁力勘探已成为探查古遗存空间分布的主要地球物理方法之一。
- 由于古地磁学的发展，使磁性地层学成为确定古遗存、古人类化石时代的重要手段。
- 随着第四纪沉积物磁性特征深入研究，又为环境磁学提供了新途径。



考古—封土堆磁异常反演

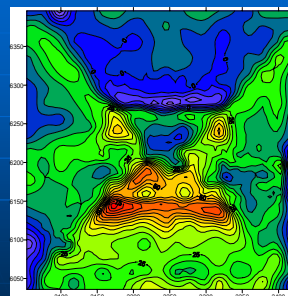


实测磁异常数据



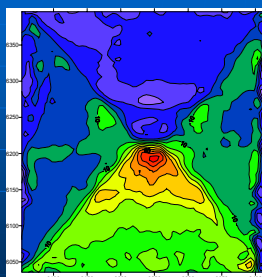
地形数据

考古—封土堆磁异常反演

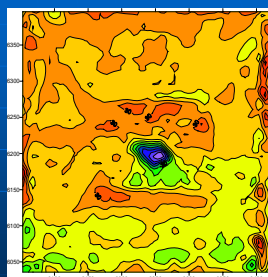


- 网格大小:
73行×74列;
- x坐标范围:
3053(m)-3418(m);
- y坐标:
6036(m)-6396(m).
- 地形数据高差:
482.85(m)-533.11(m)。
- 该地区磁倾角:
51.4°; 磁偏角: -2.3°。

考古—封土堆磁异常反演

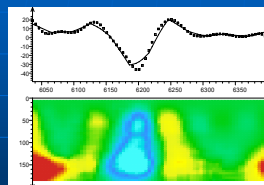


平顶锥体模型磁异常

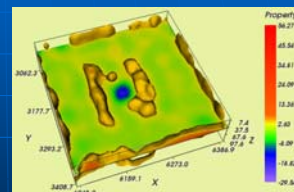


剩余=实测—模型

考古—封土堆磁异常反演

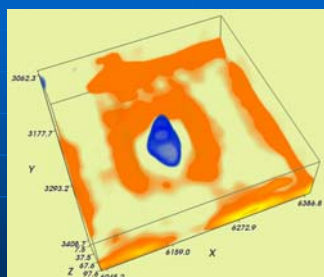


中间一条南北垂直截面



40m深水平切片

考古—封土堆磁异常反演



场源分布透视图