

非金屬矿类

专 題 情 报 資 料

第 6315 号

(矿 001 号)

地球物理勘探方法在非金屬矿 勘探中的应用

· 内 部 資 料 ·

建 筑 工 程 部 技 术 情 报 局

1 9 6 3 年 5 月

目 录

利用地球物理方法勘探压电光学原料的矿床	(1)
关于在普查和勘探云母伟晶岩脉时提高地球物理工作效率的问题	(4)
加拿大石棉矿上磁探法的应用	(6)
在普查角闪云母橄辉岩管状脉时应用地球物理勘探方法的经验	(13)
应用感应法在平面图上圈定角闪云母橄辉岩管状脉的经验	(17)
电力勘测法在粘土和高岭土矿床勘探中的应用	(18)
利用自然电场作用进行粘土矿床的地球物理勘探	(23)
在勘探石灰岩矿床时应用地球物理方法的经验	(26)

利用地球物理方法勘探压电光学 原料的矿床

B. C. 考基克

关于地球物理方法解决的任务

目前, 地球物理勘探方法使用于所有的地质研究阶段。只要正确地选择方法, 具有良好的技术装备和熟练的工作人员, 那末, 地球物理的采用会降低地质工作的费用, 并使它的工作方向更合理, 更有目的性。在许多情况下, 地球物理方法能更确切地指出地层深处埋藏着这种或那种有用矿物。

在工程勘测工作中和许多有用矿物勘探中成功地被应用的那些地球物理方法, 基本上也适用于解决压电光学原料普查与勘探中产生的问题。

地球物理方法在对露头较少的地区作地质图时帮助很大, 它能顺利地解决火山岩分布地段的圈定任务, 划分接触地带, 识别岩墙和矿脉的生成, 确定地质构造的弱化带。

对于压电石英矿床来说, 了解矿脉地带和单根石英脉, 并对它们的形态、产状要素, 以及分布广度与深度加以研究, 是特别需要的。为了解决这些任务, 可借用一下多年来在勘探脉状金矿床时采用的、并获得巨大成效的地球物理勘探法的经验。

地球物理方法在勘探金和其他有用矿物的砂矿时, 早就起着很大的作用。底岩的划分、泥炭厚度的测定和内部地形的圈定, 在绝大多数情况下是采用电测法进行的。

现在, 全苏压电光学矿物原料研究所正在研究在南乌拉尔的具体地质、水文地质和地貌的条件在普查石英脉中使用这些方法的可能性。

但是, 这与研究含晶岩洞的情况有所不同。虽然压电光学原料勘探人员面临这一任务, 但是还无处提出。为了解决它, 可以利用苏联科学院地球物理研究所和电站部的水文地质设计院制定的地震法。

使用地震法的理论先决条件

地震法的实质是研究声波和超声波在岩石中的分布状况。

使用地震法的可能性, 由所研究的岩石的声学性能决定。音波的传布, 取决于介质的弹性、密实性和均质性。

固体中弹性波传播的速度由下列公式决定:

$$1) \text{ 纵波 } C = \sqrt{\frac{E(1-\sigma)}{\rho(1+\sigma)(1-2\sigma)}}$$

$$2) \text{ 横波 } C = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

式中: E ——杨氏模量;

ρ ——密度;

σ ——巴松系数;

G ——剪切模量;

C ——弹性波传播速度。

弹性波传播的深度, 取决于波长和扩散与反射弹性波的非均质体大小的比例关系。如果波长与颗粒和非均质体的大小是可约的, 或者小于它们, 那末弹性波会很快地扩散和消失。

波长 λ 由下列公式计算:

$$\lambda = \frac{C}{f}$$

式中: f ——弹性波的频率。

岩石中弹性波的传播速度与波长列于下表。

从所述的理论先决条件和数据证明, 使用弹性波判明结晶岩中的裂隙和岩洞, 不论是空的或是填有碎屑材料的裂隙和岩洞, 都是可能的。

进行地震法研究时的频率, 可由某种非均质体的尺寸来决定。例如, 在判明最先几米结晶岩中的岩洞

时，可采用5千赫兹的频率。

根据已有资料，脉冲能量较小的超声波在结晶岩中能保持相当大的振幅，它的传播深度能达几十米。这样的深度对解决普查含晶岩洞时出现的问题，已完全足够了。

弹性波的传播速度

介质名称	C (厘米/秒 $\times 10^{-4}$)	λ (厘米)	
		$f = 5$ 千赫兹	$f = 20$ 千赫兹
空气	3.3	6.6	1.8
水	14.3	28.6	7.1
土壤	2—8	4—16	1—4
砂质护堤与黄土	9—16	18—32	4.5—8
粘土	18—24	36.48	9—12
煤	9—20	18.40	4.5—10
砂	3—10	6—20	1.5—5
石灰岩	32—55	64—110	16—27.5
硅质生成物	32—55	64—110	16—27.5
结晶岩	45—63	90—126	22.5—31.5
石英	57.5	115	29

应用地震法的方式

在地震法的研究中可利用经过充分研究并在实践中试用过的各种探伤法，其时采用兆周测量的频率。同时，也可以利用在航海中广泛用来测定海水深度、探测潜水艇等的水文学经验。

可以运用的研究方式有如下两个方案：

第一方案。在声波源（发生器）和接受器安置在所研究的岩体的相对两部分内。此时，应该记录发生器中发出声波的脉冲产生时间、声波首次进入岩石的瞬时和它的振幅。声波由发生器到接受器通过的时间，表示弹性波的传播速度，而振幅是表示介质扩散和吸收弹性波的情况。当介质是非均质时（裂隙、岩洞等），在发生器和接受器之间就会出现弹性波被全部或部分扩散和吸收的现象。由此，就可以利用所谓“阴影法”来圈定非均质体的范围。

运用这一方法的方式有两种：

- 1) 发生器和接受器沿着相互平行的、并分布在所研究的岩体相对两部分的断面移动（图1a）；
- 2) 发生器固定不动，接受器沿着与所研究的岩体相对的一定断面移动（图1b）。

第二方案。这一方案称为反射波法或“迴音法”。发生器和接受器合在一起并记录声波的脉冲由发生器到达反射物（具有各种声学性能的岩石的边缘）的时

间和返回的时间。根据这一时间和声波传播的速度，可确定反射物的分布情况。原则上，迴音法是适用于晶洞的普查工作的，甚至它比起阴影法来有很多优点。但是，在使用这一方法时，必须得到方向严格规定的很狭的声波束（图2）。这在技术上是比较困难的。

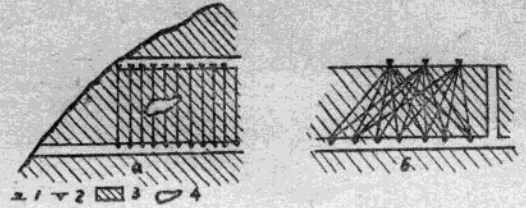


图 1

1—发生器；2—接受器；3—围岩；4—岩洞
设备

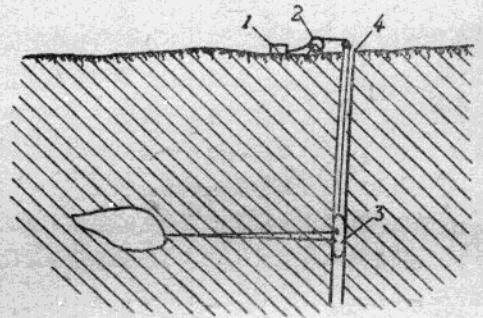


图 2

1—地震仪；2—绞车；3—装有发生器和接受器
的设备；4—钻井

设 备

进行地震法使用的实验工作，可以利用简单地震仪来进行。近年来，许多单位设计了这种仪器的方案。

简单地震仪的原理图如图3所示。

地震仪的工作原理如下。强大的脉冲发生器相隔同等的时间向发送器的压电晶体发射电脉冲。这脉冲就将晶体内消失很快的波进行激励。它们的频率由脉冲的持续时间与晶体的振荡频率决定。这些波由发生器通过所研究的岩石，然后由压电接受器接收，再放大并发送至光电管。于是在这管的幕上就出现图形（波形图），图4是它的照片。位于图形左端的顶峰是给予的脉冲。根据波形图的右部分，就可以判断接受器所接受的声波的幅度和频率。给予的脉冲和接受器所接受的声波之间的距离，可根据刻度盘以微秒来计量。刻度盘是一个根据频率严格标定正弦波的记

录。因此，根据波形图就可以判断通过岩石的弹性波的速度、震幅和频率。

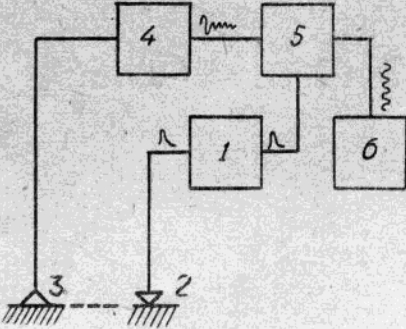


图 3

1—脉冲发生器；2—声波发生器；3—声波接受器；4—放大器；5—光电管；6—记时符号发生器

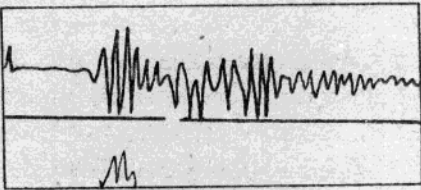


图 4 地震波的波形图

从现有的许多地震仪中，最适合于压电石英矿床上工作用的是ОП-55型地震仪。这种地震仪是在苏联科学院地球物理研究所内由Ю.В.利星欽科领导设计的。

这一仪器装在两个箱内。它们的尺寸是190×160×270毫米和450×350×600毫米。整个设备的重量是80公斤左右。由交流电（110，127，220伏特）网通过电压的稳压器供电。

发生器和接受器是用尺寸为40×40×40毫米的酒精酸鉀鈉晶体设计的。它安装在专门的探针内，可在直径为50毫米或50毫米以上的坑道中进行工作。

由于当前电子学的发展，更有可能设计并在生产中推广技术上更完美的、功效比ОП-55型更大的新设备。但是，ОП-55型地震仪在进行实验工作时还起着

一定的作用。由于压电发送器为磁致伸缩发送器所代替，部分电子管为晶体两极管和三极管所代替，光电管为更简单的计量装置所代替，这一切情况就更可能提高设备的功效，减小它的重量和尺寸，提高它的可靠性。

地震学的实际意义

地震法的应用，可以根本上改变现有的勘探压电光学原料原生矿床的方式。目前依靠矿山坑道进行勘探工作是不经济的，并且无法满足现代技术和工业的发展要求。

运用地震学的情况下，有可能使钻井和其他坑道之间的岩石“发出音响”，从而可以对这种或那种岩体的远景情况作出更正确和可靠的评价。无疑，地震法的运用将会使储量计算得更精确。此外，在开拓工作中地震法可以避免由于爆破使晶洞破坏而引起的损失。

结 论

地球物理方法可应用于压电光学原料的普查和勘探工作中，并且具有很大的经济效益。普查晶洞最宝贵的地球物理方法是地震法。

因此，完全可以肯定，在实际工作中对地震法的研究，以便在压电光学原料矿床上运用。这是当前很重要的问题之一。

参 考 文 献

- (1) 凱林 Б. Ультразвук, ИЛ, 1950;
- (2) 利星欽科 Ю.В.等, Импульсный ультразвук в сейсмоскоп, Изв.АН, СССР, сер. геофиз., № 1, 1953;
- (3) 愛維松 Ф. Новые данные о распространении упругих волн в горных породах, Сб. "Вопросы сейсмической разведки", ИЛ, 1953.

(沈曾荣译自苏联“Труды ВНИИП”, 1957年第1册, 101~106页)

关于在普查和勘探云母伟晶岩脉时提高 地球物理工作效率的問題

С. Я. 利奥根基

在卡累利阿苏维埃社会主义自治共和国和穆尔曼斯克省，伟晶岩脉的普查与勘探非常困难，因为这里的基岩被冰川沉积物和沼泽复盖，出露很差，矿脉规模不大，并且没有明显的分布规律。

地球物理方法的采用是以伟晶岩和围岩的不同物理性质为基础的，这些方法在某种程度上有助于伟晶岩脉的普查和勘探，所以地球物理在地质勘探工作中占重要的地位。

在普查和勘探云母伟晶岩脉时，各种电力勘探方法——对称剖面和中間梯度测量是最有效的。而采用磁法勘探、伽玛法及射气测量，都不能获得良好的结果，因为伟晶岩和围岩的相应物理性质差别不显著。

电力探测结果的可靠性取决于伟晶岩和围岩电阻率比值的大小，它一般在3~5之間，很少达到10。在某些情况下，电阻率之間没有差别。

伟晶岩脉引起的异常可能很显著或不显著。异常的显著程度取决于围岩的特点和組成矿脉的伟晶岩的结构。在角閃岩、輝长苏长岩及各种片麻岩中的粗粒与中粒伟晶岩脉上，发现了很强的异常，因为在这种情况下，视电阻率的比率达到了最高值。貫入片麻岩中的矿脉具有不明显的异常。由細粒伟晶岩构成的伟晶岩脉，往往不会引起异常。但是，在对方法进行评价时，这一点没有多大意义，因为細粒伟晶岩所含的云母很少。

由于地质体的不均匀性和地形起伏所引起的大量假异常，使电法勘探的应用复杂化了。它們与伟晶岩脉引起的异常很难区别，有时根本无法区别。所以电异常的性质，只能根据检查性山地工程的数据来判断。但是，在第四紀沉积广泛发育的条件下，考虑到山地工程的困难程度与高昂的价值，在未按远景程度将异常初步分类之前，不应当用詳細的山地工作检查全部异常。

在评价异常时，应该去現場仔細观察异常地段，并在通常由坚硬岩石构成的较高处，进行少量掘土工作。在大多数情况下，经过現場观察，可以辨别出由各种地貌和地形因素所引起的异常。

在斜坡上和洼地中的掩盖地区，检查异常方法的选择，取决于用电探测法所测定的浮土厚度。在浮土不厚（不超过2米）的情况下，最好是利用山地工作来检查异常，而不必先进行詳测。在浮土厚度超过2米时，应当先沿走向在异常上用电剖面法进行詳测，然后在根据詳测资料所肯定的异常上，利用山地工作进行深部检查。

评价异常时，应注意下列标志：

1. 在平行于基綫的中間剖面上，未追踪到的异常，是没有实际价值的，因为在大多数情况下，这种异常是由电性不均一的岩石或地形所引起的；
2. 沿走向表现得稳定的异常，即使它是微弱或不明显的，都是很有价值的。

对比某些剖面上异常最大值的位置，可以发现异常軸，以及估計其沿走向的长度。

利用各种不同电极距的电测剖面检查时，必須考虑实验室內模型試驗和野外試驗工作的資料。这些資料表明，对被浮土复盖的伟晶岩脉所引起的异常来说，在利用逐渐扩大电极距 AB （ MN 不变）的电剖面法时，异常最大值的绝对值，通常是不断增加的（图1）。

通常检查工作只由地质人員进行，并且这种工作进行得很晚，直到秋天或冬天，甚至有时要拖延到以后几年。这样要补充花費資金，用长期标記固定异常，而遺失一部分标記都是不可避免的。

图2上表示出，在 MN 不变时对不同 AB 来说，傾斜度大的不良导体模型上的最大似電阻值与它在水中沉沒深度的关系曲綫（横座标为模型的沉沒深度

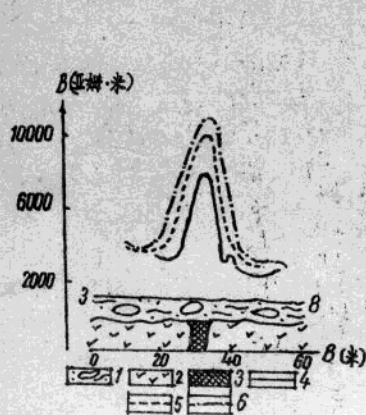
h , 纵座标为異常效应*)。

图 1 在偉晶岩脉上, 視电阻率
曲綫的特征

1—浮土；2—片麻岩；3—偉
晶岩；視電阻率曲綫：4— AB
 $=60$ 米；5— $AB=140$ 米；6—
 $AB=300$ 米

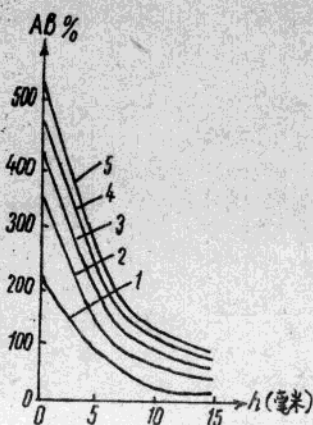


图 2 在 $MN=20$ 毫米时, 异常效应 A 在导电不好的模型上的随没值的关系曲线。关系曲线的电极距

1— $AB=80$ 毫米； 2— $AB=160$ 毫米； 3— $AB=240$ 毫米；
4— $AB=320$ 毫米； 5— $AB=400$ 毫米

从图上可以看出,从0~5米的一段距离内,视电阻率值变化最大(梯度最大),因此,异常效应显示得最为明显。在上述地区第四纪沉积的厚度,在这一段里一般都有变化,因此在划分最可靠的异常时,应当特别注意上述标志。

探测云母的地球物理工作的效果,在很大程度上取决于用山地工程检查异常的质量。用山地工作检查异常有时质量不高,因此有些在地球物理测量时所揭露的伟晶岩脉被漏掉了。

必須改進用山地工作檢查異常的方法。可以用槽探來代替淺井，其長度不得小於測量電極之間距離的一半。挖槽時，應考慮到根據地質資料所推測的或根據地球物理觀測結果所確定的偉晶岩脈的傾向（除傾斜很陡的岩脈外，還見到緩傾斜的岩脈）。

应当让物探人员直接参加检查工作。这样可以提高检查工作的质量，还将有助于确定异常的具体原因。系统地整理这些资料，可以查明一定的地质构造和地球物理场之间的规律；并用以改进解释地球物理测量的方法。

利用較稀的測網進行測量，可以大大提高地球物理工作的效率。因而不必加大1:2500（測網為 25×2.5 米）的地球物理普查工作的比例，因為根據勘探和開采工作資料看來，所開采的云母偉晶岩脈的平均長度約為75米，只是在很少的情況下才減少到20~50米，

或者增大到200~500米。

因此，对于 1:50000 和更大比例的地质测量工作所查明的有伟晶岩脉产出的地区来说，地球物理测量剖面线的间距，可以是 50 米。对地质研究程度较差的地区，可以扩大到 100 米。在用地球物理工作发现了具有工业价值的矿床时，详测剖面线的间距应缩小到 50 或 25 米。

MN 电极的电极距，也就是說沿測綫的觀測實距，是可以改变的。多年的野外工作經驗和室內研究的結果表明，普查时的 MN ，也就是說沿測綫的觀測点距 (l)，应为 10 米。在 MN (也就是 l) 等于 10 米时，大多数的伟晶岩脉都能圈定出来，地表电性不均匀的影响較小。只是在查明厚度不大的岩脉 (小于 2 米) 时， MN 应減小到 5 米，也就是說沿測綫的觀測点距应減小到 5 米。然而，这时由于复盖层不均匀的电

性引起異常增多，而使工作条件更加复杂了。

必須廣泛地應用電法勘探，不僅用以解決普查問題，而且還用以完成沿走向追索岩脈，確定岩脈的厚度、偏角和傾角，查明相鄰岩脈之間的关系等地质任务。在解決这些任务时，剖面的排列到其裝置大小的选择，取決于許多地质因素。如果岩脈与围岩的接触綫表現得很明显，而浮土又是干燥或含水很少，其厚度又不超过 $2 \sim 3$ 米时，电剖面应按 $AM = 30 \sim 50$ 米， $MN = 2$ 米的 $AMNB \rightarrow$ 排列进行。在不太好的地质条件下（浮土厚而潮湿），电測剖面应按 $AB = 500$ 米和 $MN = 3 \sim 5$ 米的中間梯度測量法进行。

在普查和勘探伟晶岩脉时，地球物理工作的效果不仅取决于合理的普查勘探方法和工作方法，而且还取决于该区的远景。进行这种工作的地区，最好是经过大比例（1:50000或更大比例）的地质测量工作查明有具体普查标志的地段，而不是根据一般地质情况来评价的地段。遗憾的是，这种要求常常得不到满足，因此在许多地段里，地球物理工作的效果是不好的。

異常效應值按下列公式計算

$$A = \frac{P_k - P_0}{P_0} \times 100$$

式中: P_k ——模型上测出的电阻率;

P_0 ——模型周圍的介質的电阻率。

虽然磁法勘探、垂直电测深等能保证获得良好的效果，可是到目前为止，地球物理方法还很少应用于地质填图工作中。1957年，列宁格勒非金属矿地质公司在馬林瓦拉卡矿区（卡累利阿苏维埃社会主义自治共和国）进行的试验研究表明，利用电测深可以圈定控制着伟晶岩的裂缝带。

要提高填图工作的效果，必须在进行地球物理工作时，研究岩石的物理性质。可是，不应该过分着重于测量露头的电阻率，因为完成这些工作是很困难的（接地电阻很大），测量结果非常近似，而且一般偏高很多。

现在在卡累利阿和科拉半岛的大多数云母矿区内，正在进行钻探工作，这样就可根据钻孔测井的资料研究岩石的物理性质（图3）。

应当对在卡累利阿苏维埃社会主义自治共和国和穆尔曼斯克省多年来所作的各种比例的航定磁测图加以分析，并与地质图进行对比。这样便有可能对仅仅根据地质资料编制的地区含云母预测图，作出重大的校正。

尽管在卡累利阿苏维埃社会主义自治共和国和穆尔曼斯克省完成了大量的地球物理工作，可是，许多与普查和勘探云母伟晶岩脉有关的方法问题和其他问题，仍然未得到解决。这些问题包括计算各种地貌因素在电阻法中的影响、确定伟晶岩脉的产状要素与尖灭深度、划分岩脉中富含云母或其他元素的块段。

要解决这些问题，除了野外方法试验工作外，还必须积极加强理论研究和实验研究。科学研究所，首

先是全苏勘探技术方法研究所，在地球物理工作中，应当对生产单位提供有效的帮助。

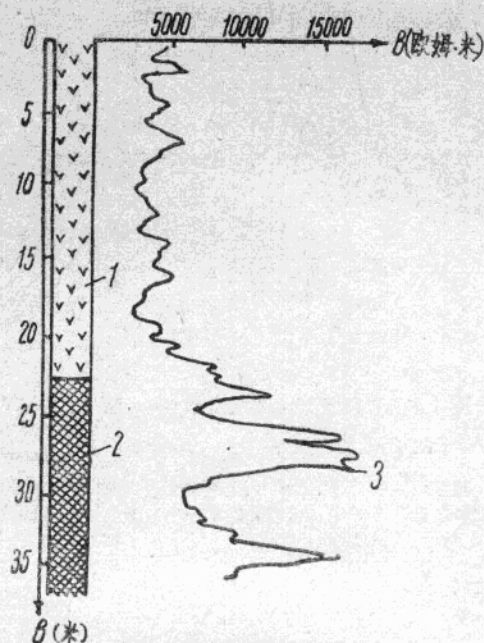


图3 钻孔测井曲线图

1—片麻岩；2—偉晶岩；3—测井曲线

（译自苏联“Разведка и охрана недр” 1960. №8）

加拿大石棉矿上磁探法的应用

加拿大塞脱福特矿及黑湖地区自从发现石棉矿以后，至1949年初才广泛使用磁探法。此后，安大略，奎北克和美国东部等广大地区的石棉矿才采用航空磁探或地面磁探法。

1930—1932年，密勒和柯克两人对塞脱福特区石棉矿曾进行过少量磁探工作。当时，密勒指出，塞脱福特石棉矿伴生着巨大的磁力异常，利用这种磁力异常能在潘宁顿区岩脉中区别出含石棉橄榄岩区和邻近的不含石棉橄榄岩区。但是，他在废石区也发现过

巨大的磁力异常，因此，他作出结论说，要直接找出石棉矿，利用地磁仪是没有多大效果的。尽管这样，由于工业上的需要，加拿大仍然对磁探法进行了进一步的试验。

磁探法的预备试验

对钻取岩心的试验

最先，曾用5吋长的金钢石钻机取得的岩心试样测量地磁仪的变位情况，以检查当地普通岩石的相对

磁力。試驗結果表明，含石棉的橄欖岩與不含石棉的橄欖岩能被區別開來。用磁力法還能使當地橄欖岩與在西北方邊緣的沉積物明顯地被區別開來。不過，從試樣中還不易查出侵入橄欖岩的花崗岩體。

現場試驗

在石棉礦區用金剛石鉆機在每隔200呎間距地點進行豎向鉆孔，又在200呎間距綫上每隔50呎地點進行了磁力探測。

圖1表示黑湖石棉礦和鎢礦區的磁力狀態。在這個礦區內曾經對一個形狀不規則的低級石棉礦進行了鉆探工作。這個石棉礦位在黑湖村東1.5英里，它接近利特山周圍的不規則花崗岩侵入體的西邊。勘探區的復蓋岩層都是較淺的。

檢查結果表明，含石棉的橄欖岩伴生着磁力異常。雖然根據磁力異常所包括的範圍與鉆探的範圍不完全一致，但是根據磁力指示來進行鉆探是能夠找到石棉岩的，採取這樣的鉆探，其成本費用也比較便宜。由於塊狀花崗岩在磁力強度較低並且均勻一致的區域內將被明顯地發現出來，因此，不必對它進行鉆孔。

在黑湖村西南3英里處有維米利基石棉礦，曾對該礦的H區礦體進行了試驗。在岩面的H區礦體的頂尖部，其直徑約為500呎，其復蓋岩層厚約60呎。礦體在不含石棉的橄欖岩岩冠（Capping）之下由頂尖部作較緩的傾斜，因而使該礦脊部帶有穹形形狀。

在圖2中可以看出，除了由於鉆孔中的磁鐵礦泥漿造成的少數較小的不規則地形以外，這裡的磁力異常與礦體的已知輪廓是互相一致的。

上述現場試驗證明了試樣試驗作出的有關磁力關係的結果，磁探法還可探出隱匿的石棉礦石，它還能探出橄欖岩中含有塊狀花崗岩的地區。

磁探地區和方法

採用上述磁探法試驗已經找出了塞脫福特礦及黑湖地區的最有希望的石棉礦。磁探地點主要是沿着橄欖岩的西北地帶，並伸展到貝爾米那山脊的東北邊到塞脫福特礦城，長約10英里（見圖3）。以後，又探測了潘寧頓岩脈的西南部，距離約為7英里。

用豎向標準可變電感器在間距為300呎的垂直綫上50—100呎範圍內進行磁探觀察，並編制了地磁分布圖，其比例為200呎:1吋，圖中記載了關於地質、鉆孔或採掘方面的數據和說明。

本文後面敘述的資料是選擇了在这次磁探工作中所經歷的最能表明其特點的兩個礦區，即約翰遜公司

的黑湖礦和潘寧頓岩脈的西南部。

黑湖礦區

黑湖礦區是在黑湖村東可勒雷恩市，包括3個地區，它的東部接近英屬加拿大區（見圖5）。該礦位在橄欖岩侵入體的西北邊範圍內。它的西北角有一小面積的考爾特瓦爾（Caldwell）系火山岩和沉積物。該礦沒有大塊花崗岩侵入體露頭，但在東角附近有利特山塊狀花崗岩，在靠近南邊的英屬加拿大區也有一些小塊花崗岩侵入體。該礦的主要礦體是在西南角，在這個範圍內進行了細致的鉆探和剝離工作。

在謀菲山的南部和西南部山坡上有很多露頭，而它的北部和東北部山坡上則有表土復蓋層。

由於黑湖礦是一個大型和重要的石棉礦，並且對它的主要構成岩類以及它的磁性特點都已進行了探測，因此，它是一個正確評價磁探法優點的範例。

關於地磁異常地帶的說明

圖4是黑湖石棉礦的地磁輪廓圖，圖中有表示磁力強度的6個地帶，它們表示地下可能有含石棉橄欖岩。有4個磁力強度較低的小區，地下估計有花崗岩。在31地區的東北部地下有考爾特瓦爾系火山岩和沉積物，這裡有較低而均勻的磁場。

第1磁力異常地帶：它位在該礦的西南角，它與主要礦體的已知輪廓幾乎完全相符。它與第29地區南部區域不同，後者經過詳細探測知道大部分是廢石，只有極少數顯露橄欖岩上具有較高的磁力強度，而且它們也沒有象主要礦體所具有的那種連續性磁力異常。磁探結果還表明含石棉橄欖岩與磁力異常是伴生物。

第2磁力異常地帶：它位於第1地帶東北約400呎。在這裡，在進行磁探以前，只鉆一個豎孔。當鉆深到100呎時，沒有發現石棉；當鉆深到288呎時，只發現廢石。但是，當沿着磁力異常的東北走向獲取255呎深度的岩心後，用磁法探測，發現其石棉含量為3.3%。當在東北方又鉆到307呎深度時，又發現石棉含量為1.5%，因而又增添了一小塊採區。

第3磁力異常地帶：它距第2地帶東部不遠。在鉆探中也發現了同樣的不規則現象。在這個地帶的邊境上，有兩個鉆孔發現了優質石棉礦；在磁力異常範圍內的兩個鉆孔中，發現了0.5%含量的石棉礦。

第4磁力異常地帶：它位於第3地帶東部350呎地方，成窄條形狀，長約900呎，磁力強度很高。在探測時發現在它西南端有3.5%含量的石棉礦，而距

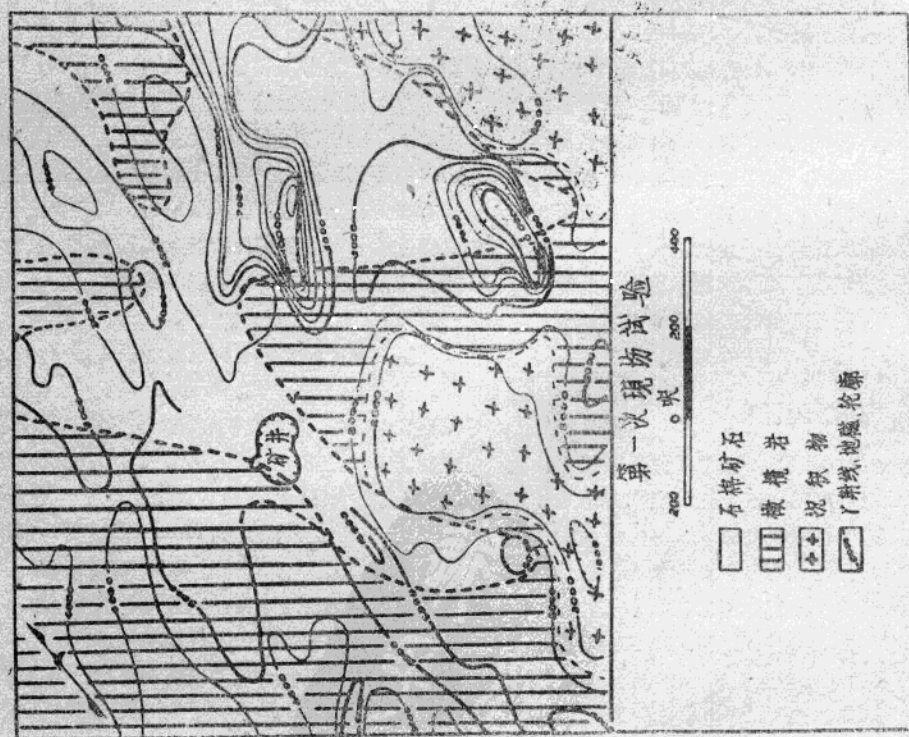
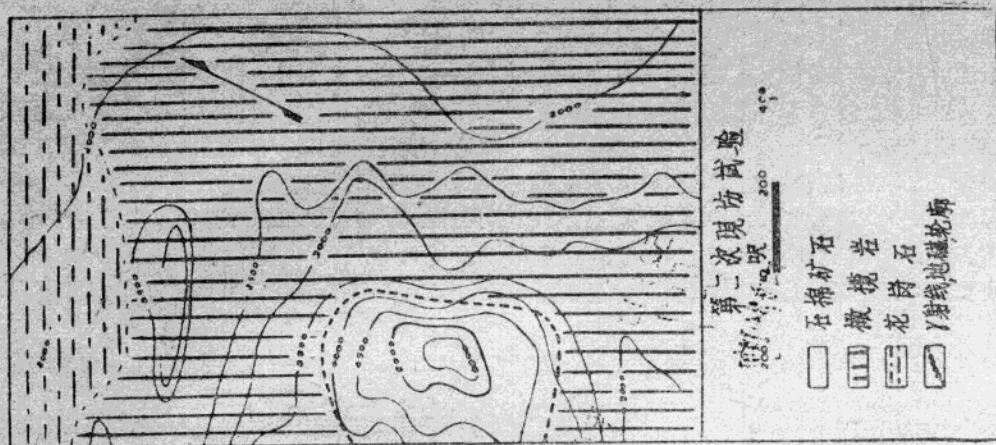


图 1

图 2

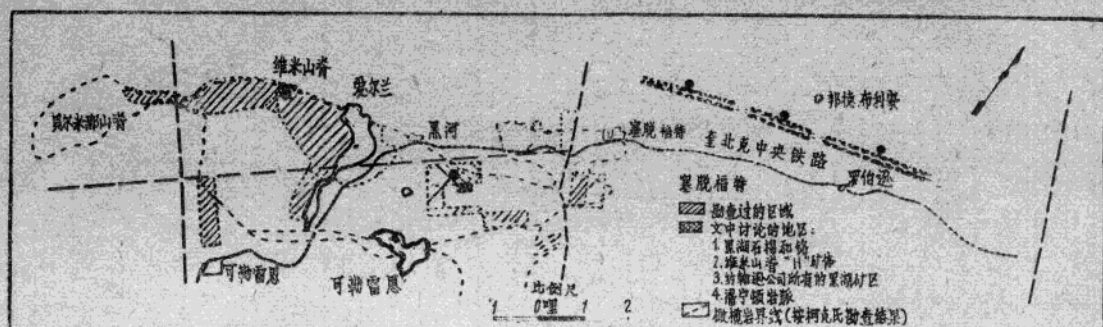


图 3 从维尔米那山脊至塞脱福特矿西北部微侵岩地带图

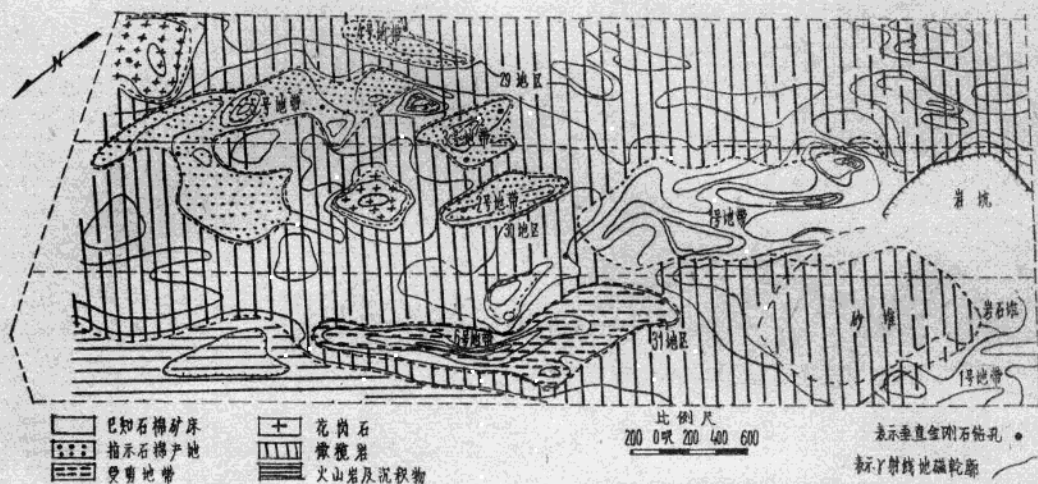


图 4 圣北克可勒雷恩市(约翰逊公司的产业)的地磁轮廓图

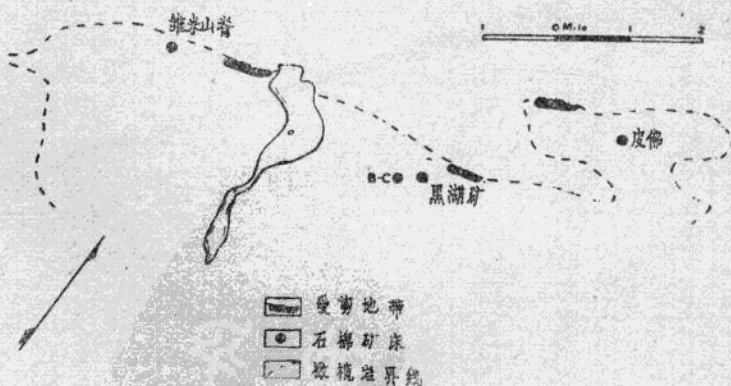


图 5 从维尔米那山脊至利弗矿的微侵岩与考尔特瓦尔系岩石的西北方接触带

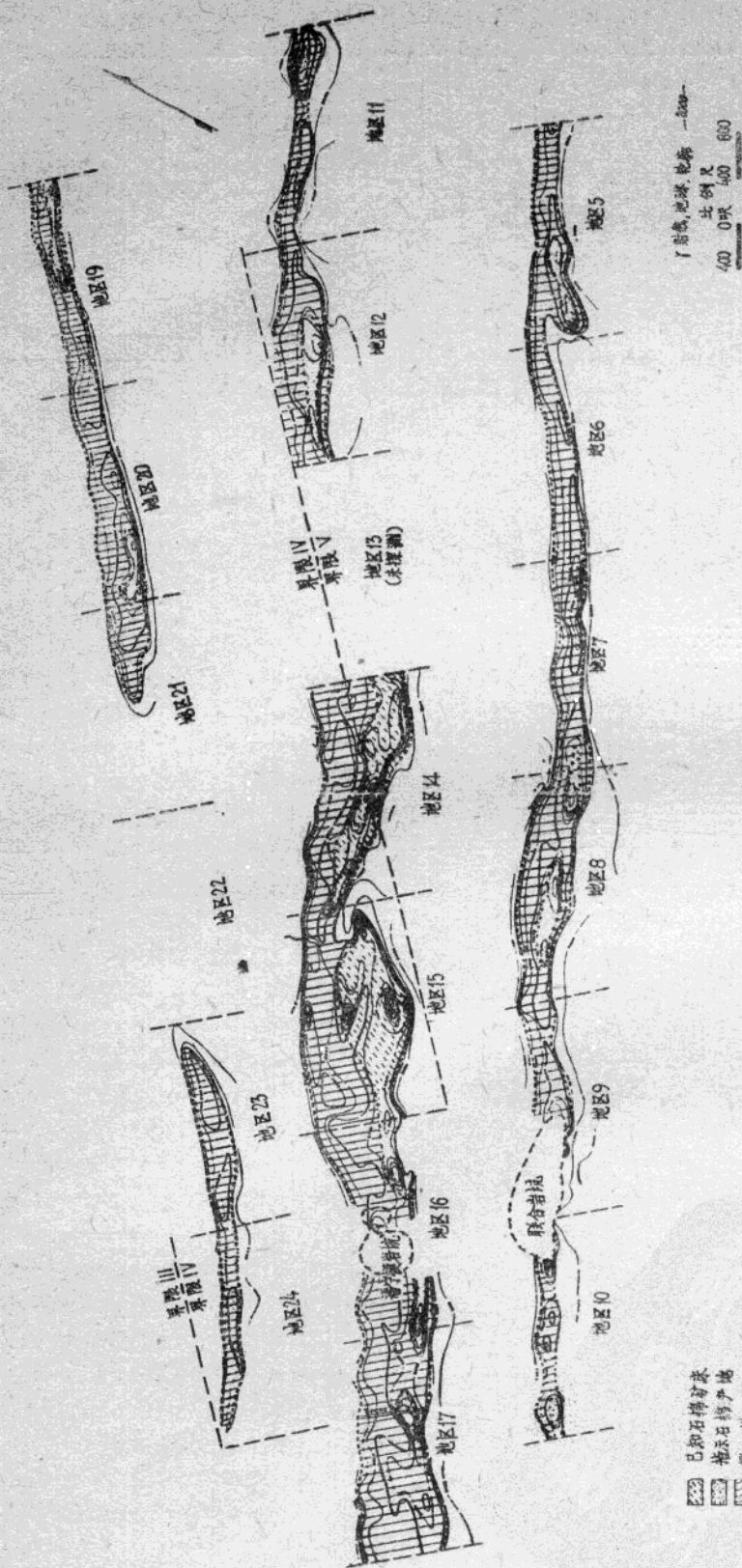


图 6 奎北克塞福福特城海宁磁岩的地磁异常图

东北方500呎处的第2个钻孔的岩心,却只有含量0.5%石棉矿。迄今为止,在本地带还没有作更进一步的磁探工作,但根据第2地带的经验,这里可能还有石棉矿资源。

第5 磁力异常地带:它位在黑湖矿东北部,地形不规则,在本地带内有几个磁力异常地带集合在一起。在进行磁探以前,本地带内已经挖掘了3个相隔很远的钻孔。在东北端的两个钻孔中发现了含量1.5%的石棉矿。在接近西南端的第三孔中,只发现含量0.5%。依据地磁指示,又挖掘了8个孔,这8个孔中都发现了石棉,但它的含量都在0.5%以下。

第6 磁力异常地带:它是一个强度很高的连续性磁力异常地带,靠近橄榄岩和考尔特瓦尔系岩石的接触带。第6地带的大部分长度是与接触带相平行的。在这6个地带中,以本地带的石棉矿最有希望,这里在未勘探区可能有新的大矿。过去,在西南端,已经掘了一个孔。当掘到203呎深度时,发现石棉含量为1%,估计在东北方还有更多更好的石棉矿。

但是,据以后探测结果表明,情况是完全不同的。据发现,磁力异常是由下列矿物产生的:1.具有高度剪力和含硬蛇纹石的角砾蛇纹石;2.纵纤维蛇纹石;3.滑石;4.细横纤维石棉细脉。

奎北克含石棉橄榄岩的广大磁铁矿面积能用磁探法与废石区别开来。

图6表明潘宁顿岩脉西南一半地区的磁探结果,它证明这个岩脉可用磁探法完全可靠地被探测出来,而且其接触带也能被正确地探测出来。不过,由于在接触带内连接着一个位在主要岩脉第14地区南方的支脉和支脉北边有对磁力不起作用的块状皂石,因此,接触带内有些地方与磁力异常有些小误差,不过,这些小误差对探测工作没有产生大的影响。

磁探结果还表明,这个岩脉是由第4地区的西边无间断地延伸到第21地区的中部,即塞脱福特城,到这里就突然终止,延伸距离为6英里。在岩脉西南3,200呎距离内没有发现地磁指示,这种情况被认为这里没有岩脉。以后,在第23地区又发现岩脉磁力异常,它向西南方延伸到3,700呎处,这里似乎又消失了磁力异常。

综上所述,已有几个地方证明含石棉岩脉具有很高的磁力强度。位在第9,10地区的联合岩坑(已废)的两端也发现很高的磁力强度,显然,这些地方过去曾经是连续磁力异常的终点。在第17地区内,在一条通过岩脉的沟渠中的优质石棉矿附近,也发现非常高的磁力强度。在第15地区内,有一处矿体曾用挖

掘探坑作出部分轮廓,在这里也发现很高的磁力强度。

根据上述已经证明高磁力强度和岩脉内含石棉岩石的相应关系的具体例子,又发现在几个没有探测过地带,利用磁探法也同样可以探出石棉矿,不过,这些矿多半是小型的,所以从经济意义上考虑,目前对它们还不大感到兴趣,因此,目前只开掘大矿。在第14地区内,有一个大石棉矿,它在沿着岩脉的南边接触带里,在宽100~300呎的地带内,具有很高的地磁力强度。经过间距很短的钻孔结果表明,磁探结果与本地带的石棉产地及其范围是互相一致的。

结 语

塞脱福特的经验证明,磁探法在一定限度内和充分利用地质知识来判断磁探数据的情况下,是一种良好的勘探方法。

磁力异常的产地如下:1.主要侵入岩和潘宁顿岩脉的含石棉橄榄岩;2.接近橄榄岩接触地带的具有剪力和角砾岩的地带;3.在主要侵入岩的西南端,有一大片由细粒组成的黑色蛇纹岩,过去可能是纯橄榄岩,这里有許多细横纤维细脉层;4.沿着橄榄岩南边,接近辉石岩的地方,废橄榄岩和富辉石岩橄榄岩一般都具有特高的磁力强度和漂砾。由于这些岩石常显露在外面。所以用检查露头的方法即可找到,可不必再用磁探方法。

在奎北克北部和安大略的寒武纪前蛇纹岩区内,目前正在积极勘探石棉矿。看来,在这两个地区内,磁力异常和石棉的伴生现象并没有出现象塞脱福特区那样的经常情况。因此,在沒有取得充分的地质资料以前,最好暂时不用磁探法。

花岗岩侵入体

根据钻孔资料证明,用磁探法探出的花岗岩侵入体地区大致是正确的。在第29地区东北角的花岗岩区,有一个钻孔,在钻取203呎深度的岩心时,曾横切了118呎长的花岗岩。当在第3和第5磁力异常地带之间的花岗岩区内钻竖孔到165呎深度时才发现花岗岩。这说明这种侵入体的表面面积比较小并且带有倾斜接触带。虽然对剩下两个地区都没有进行直接的考察,但是,当在第6磁力异常地带附近的块状花岗岩南方300呎处进行钻孔后,仍然发现花岗岩,这可能由于磁探结果所指出的侵入体还有岩舌向南方延伸的缘故。

磁探结果的讨论

由于约翰逊公司掌握了塞脱福特和黑湖石棉矿区

的大部分重要地质特点和地磁特点，所以下述討論对整个該地区的勘探工作是有价值的。

討論結果认为，該地区采用磁探法是有成效的。由于经过詳細磁探結果証明商业性石棉矿一定具有很高的磁力異常，因此，大家认为，在未探区的任何靠近地面的石棉矿也可用磁探法直接探出的說法，也是有根据的。

在只进行过一部分钻探工作的地区內，如果过去勘探結果不够明确时，也可用磁探法作进一步探測。

用磁探法选择永久性建筑物、鉄路路綫或其它地面前构筑物的适当位置，其費用比較便宜。

磁探法的缺点是它不能測出矿物的优劣等級；另外，除含石棉岩石外，其它矿物也产生磁力異常，例如塞脫福特和黑湖区的主要侵入岩的富矿地带是含有很多磁鉄矿的受剪地带。

受剪地带

塞脫福特和黑湖矿区有 3 个主要磁力異常地带的产生条件是与黑湖区的第 6 地区地下的地质条件相同的。它們除了所含成分相同以外，还具有某些共同特点：1. 它們都接近带有考尔特瓦尔系岩石的橄欖岩的西北方接触带，它們伸延的方向是与接触带并行的；2. 它們都在一个重要石棉矿床范围內（見图 5）。一个距維米山脊的 H 矿体东北方只有半英里，另一个离皮弗矿体 $\frac{3}{4}$ 英里；3. 它們都靠近約翰遜公司和英屬加拿大的矿区。在接触带內沒有经过磁探的广大区域內，也可能出現其它的相同地带。在这些地带接近主要石棉矿的断层中所含矿物都是硬蛇紋石，纵纖維蛇紋石、滑石、横石棉纖維細脉和大量磁鉄矿。因此，这种意見是合理的：认为这些地带可能是在后下泥盆紀折皺运动中使橄欖岩接触带产生的差示运动所造成的大断层地带或受剪地带。

目前，对这些受剪地带和石棉矿的相互关系还不知道。有一种情况是，在受剪地带下面经过深掘已經发现了优质石棉矿，这說明石棉矿能产生在逆冲断层。由于对其它两个地带还没有进行深探，因而沒有取得地质資料，所以，关于受剪地带与石棉矿的关系必須认为是同时存在的。

另外，有人对受剪地带作了如下的推測：由于本地区的大石棉矿都位在西北方橄欖岩的一个狭窄地带內，因而认为石棉溶液是从外面流入橄欖岩的，认为石棉溶液产地是在目前橄欖岩界限的西北方。但是，目前产生在橄欖岩界限內的大断层地带或受剪地带能提供流入石棉溶液的途径，有了它們才使主要石棉矿

床产生在侵入岩的西北方。因此，石棉溶液得流入橄欖岩西北方，但它的产地不一定在目前界限的西北方。

潘宁頓岩脉

曾用磁探法对潘宁頓岩脉从第 5 至 24 地区长约 7 英里区域內进行了詳細的探測。

在潘宁頓岩脉的全部范围內、从东北方到西南方距离 14 英里，走向宽度从小于 10 呎至大于 500 呎，有些走向間断的地方根本没有橄欖岩。潘宁頓岩脉和彼納特 (Benner) 片岩的接触带的南向傾斜度为 45~85 度。

在潘宁頓岩脉內，有几处石棉矿已經开采，其中有很多纵纖維和大量磁鉄矿。这些矿与一些主要石棉矿比較起来，不但其規模小，而且质量也較次。由此可見，虽然值得开采的石棉矿只是在潘宁頓岩脉的宽广区域，但是，甚至象測定这个岩脉的接触带这样简单的工作也应该采用磁探法。

本文作者认为在探測寒武紀前地区时，在了解地质结构的基础上采用磁探法也是一个非常重要的方法。作者是根据 1949 年他初期探測培坦孟罗石棉矿（現已进行生产）的經驗而提出这种主张的。当时，先着重探測有利于生长石棉的地质构造（特别是断层）的輪廓。当把断层式样进行分析以后，就可显露出可能出現良好断口的地区，或显露出其伸张情况产生有利的地理环境的地区。1949 年，本文作者采用这种方法成功地找出了在培坦孟罗矿床冰碛复盖的西部伸延部分的石棉矿。

参 考 文 献

- (1) Miller, A. H., Investigations of Gravitational and Magnetometric Methods of Geophysical Prospecting; Dom. Obs. pub., Vol. XI, №6, 1940.
- (2) Cooke, H. C., Thetford, Disraeli and Eastern Half of Warwick Map-Areas, Quebec; Geol. Surv. Can., Mem. 211, 1937.
- (3) Hendry, N. W., Chrysotile Asbestos in Munro and Beatty Townships, Ontario; C. I. M. Bull., Vol. 44, №465, Jan., 1951, pp. 29-36; Trans., Vol. LIV, 1951, pp. 28-35.

（蔣景行譯自加拿大“Transactions of the Canadian Institute of Mining & Metallurgy & the Mining Society of Nova Scotia”, Vol. LIV, 1951, 388-395 頁）

在普查角礫云母橄欖岩管狀脈時應用 地球物理勘探方法的經驗

П. Н. 明舍考夫

1954年地球物理总局西部地球物理公司考察队首先进行了用地球物理方法发现角砾云母橄欖岩的試驗工作。工作的結果并不好，因为所研究的地段几乎全部是由暗色岩石所組成。在那里仅仅得到了为編制上述地区地质图用的地球物理資料。

1955年在波波娃的领导下繼續进行了地球物理的試驗工作。与此同时，阿馬金考察队的地质人員发现了“札尔尼查”和“米尔”两个含金刚石的角砾云母橄欖岩管狀脈，那里也是在进行地球物理的試驗工作。上述角砾云母橄欖岩管狀脈是用磁力測量法在形成高磁場的情况下明确圈定的。1955年夏季地球物理工作者根据在已知的角砾云母橄欖岩矿脉上得到的良好結果，用磁力測量发现了13个新的角砾云母橄欖岩管狀脈。

1954—1955年的工作为普查角砾云母橄欖岩管狀脈时广泛采用地球物理法奠定了基础。但应指出，在雅庫齐亚原始森林和沼泽地区要进行地面上的磁力測量工作是非常艰巨、費时和昂貴的。磁力測量需要在大面积上以1:5,000—1:10,000的比例尺寸进行。因此，1956年在麦尼什科夫的领导下在雅庫齐亚广泛采用时，地球物理法普查角砾云母橄欖岩管狀脈，除了使用地面上的磁力測量外，还在AH-2型飞机上用ACTM-25仪器进行了比例尺寸为1:25,000的航空磁力測量，以及在ЛН-2型飞机上用АЭМ-49仪器进行了比例尺寸为1:200,000的航空磁力測量。

应用地球物理法普查角砾云母橄欖岩管狀脈的依据是有关該区岩石物理性能的資料（見表）。

1954年工作之初还不了解角砾云母橄欖岩的物理性能，1955年才研究了从“札尔尼查”和“米尔”等管狀脈中取来的第一批角砾云母橄欖岩試样。目前还在研究許多已知管狀脈的岩石的物理性能。

研究从雅庫齐亚钻勘石油的钻井中取来的試样証

明，随着钻井的加深，碳酸盐岩石的密度增加到2.75克/立方厘米。根据从探井和不深的钻井取出的試样得到附表中所列的直接围在管狀脈的石灰岩和白云石的密度。随着深度的增加，角砾云母橄欖岩的密度也有增加。

附表

取样地点	岩石名称	試样数量	平均密度 (克/立方厘米)	$\times 10^6$ CGSM (平均)
达尔頓地区	角礫云母橄欖岩	173	2.3—2.4	2800
	石灰岩	} 55	2.4—2.5	0
	白云石			
米尔管狀脈	角礫云母橄欖岩	188	2.35	300
	石灰岩	} 32	2.5—2.7	0
	白云石			
阿拉姆德熱赫河流域	粗玄岩、輝長粗玄岩	256	2.95	3000
阿姆加河	凝灰岩	27	1.80	800
	輝長岩和輝綠岩	—	2.8—3.0	3500
阿姆加河	前寒武紀結晶暗色頁岩	—	2.65—2.95	300—600
阿納巴尔地塊	結晶暗色岩石	—	2.9—3.2	—
雅庫茨克(钻井)				
拿馬納河	花崗片麻岩	—	2.78	60
	前寒武紀花崗岩	—	2.5—2.65	0

从表中所列举的資料可以得出下列結論：

1. 角砾云母橄欖岩与围岩（石灰岩和白云石）在磁性方面有很大的区别，因此，用磁力勘探法来确定它，应该是很容易的；

2. 西伯利亚陆台所有地区的暗色岩具有很大的磁

性，因而也应该很容易用磁力勘探法对它识别的；

3. 凝灰岩具有很大的磁力敏感性，在它非水平状埋藏的地方应产生磁力异常；

4. 在密度方面，角砾云母橄榄岩与碳酸盐围岩的区别很小——0.1~0.2克/立方厘米；

5. 暗色岩的密度比石灰岩和白云石大——0.2~0.5克/立方厘米；

6. 结晶基底岩具有不同的物理性能，因此这些岩石可根据磁力勘探和重力勘探的资料很好地加以区

分；

7. 单用磁力勘探不可能使角砾云母橄榄岩管状脉与辉绿岩分开，因此，首先应采用高度敏感的磁力仪或重力测定仪。

在工作之初试用航空磁力测量是以试验性质在已知的角砾云母橄榄岩管状脉上空进行的。为了测量垂直梯度值，查明在安全飞行高度下确定角砾云母橄榄岩管状脉的可能，在“乌达契纳亚”，“札尔尼查”、“奥新尼亚”、“莫洛捷什纳亚”、“斋维齐姆卡”、“列宁格拉茨卡亚”、“米尔”等管状脉的上空作了几次高度为100, 200, 400, 600米的飞行。

图1列有“札尔尼查”、“乌达契纳亚”、“米尔”和“奥新尼亚”管状脉的磁力异常曲线。

试验工作说明，已知的角砾云母橄榄岩管状脉十分清楚地反映在航空磁力测量的磁力图上。管状脉不大的图形尺寸形成良好的有限等轴状异常(见图1)，它们是在空中以1~2个，间或以较多数量的航空测量剖面图加以确定的。暗色岩的岩脉也形成狭的异常，它们被航空测量探查了许多公里，有时达几百公里(图2)，并在很多剖面图上被确定；因此，很容易与角砾云母橄榄岩管状脉的异常区别。

磁力图上的暗色岩是由梯度很大的强烈易变磁场确定的。因此，假若角砾云母橄榄岩是处于暗色岩之间，则它们就不能根据一种磁力异常加以区分(见图2)。在600米高度的所有管状脉的上空异常很弱或几乎是不容易看到。垂直梯度相当大，在100米高度的不同管状脉上空，其变化范围为120~1000 γ ，而在200米高度为180~1500 γ 。100米高度的磁场强度比地面上的减少50~80%，而在200米高度则减少83~91%（根据管状脉磁性大小而定）。因此，知道了在任何高度的异常值，则就有可能预言在地面上的异常值。大多数管状脉在400米的高度就很容易确定。根据 A·

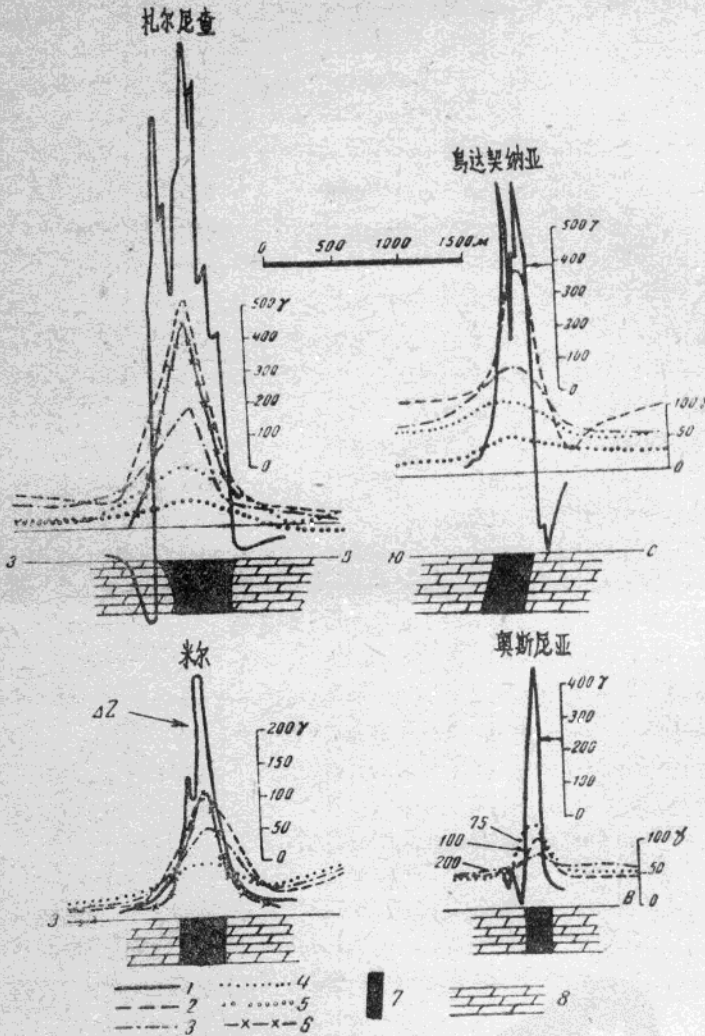


图1 角砾云母橄榄岩管状脉上的磁力异常

1—地面测量曲线 ΔZ ；2—高度为100米的航空磁力测量曲线 ΔT ；3—高度为200米的航空磁力测量曲线 ΔT ；4—高度为400米的航空磁力测量曲线 ΔT ；5—高度为600米的航空磁力测量曲线 ΔT ；6—高度为100米的计算曲线 ΔT ；7—角砾云母橄榄岩管状脉；8—多半是下古生代的碳酸盐岩石

A·洛加切夫的标准曲线，将空中测量之前为等轴状矿体计算出的理论曲线和“札尔尼查”与“米尔”管状脉上空观察到的曲线 ΔT 加以比较，可以发现它们非常吻合（见图1）。

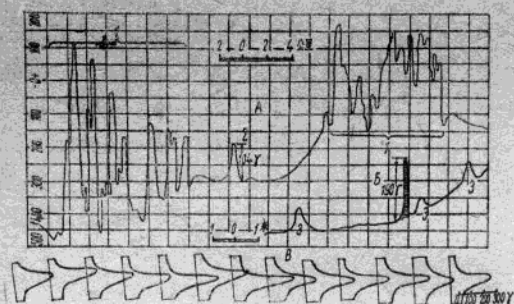


图2 在暗色岩A和管状脉B上空的异常及用AЭM-49仪器记录的暗色岩岩脉B上空的异常的磁力图（飞行高度为200米）

1—暗色岩区；2—管状脉异常；3—岩脉；“米尔”管状脉（带有横线部分）

在100米高度，异常的宽度比在地面上测出的异常宽度大两倍。由此可以得出结论：对一地区应用航空磁力测量比用地面测量的效果好两倍，即比例为1:25000的空中测量约可等于比例为1:10000的地面测量。

在地面上和在角砾云母橄榄岩上空测量的狭的等轴状磁力异常称为“管型”异常。

用M-2型地磁仪在地面上进行磁力测量证明，在角砾云母橄榄岩管状脉上空的异常磁场 ΔZ 的特征是相对值极不相同（50~3000 γ ），而且变动很大，在某些管状脉的上空变动范围由几百伽达到+1000~2500 γ 。

磁场值的变动首先取决于角砾云母橄榄岩矿体中磁铁矿的浸染程度。例如，在“札尔尼查”管状脉上空的磁场最大强度与磁铁矿的最大富集是一致的，并在某些地段达到1700 γ 和1700 γ 以上，在这些地方有重几公斤的磁铁块。在几个管状脉附近观察到的不良磁场有时与它们的倾斜度有关（“乌达契纳亚”管状脉），在某些情况下看来是与反磁化强度有关。这一假定目前正在用实验室内研究角砾云母橄榄岩试样的例子加以验证。

异常的形状很不相同：由近似圆形（“札尔尼查”管状脉）至椭圆形（“米尔”管状脉），甚至延伸很长的带形（“科尔列克乔夫纳亚”和“德鲁日巴”管状脉）。在大多数情况下异常的外围轮廓与平面图中角砾云母橄榄岩矿体的轮廓并不相符，但是管状脉

的轮廓接近异常的轮廓。在个别情况下上述轮廓彼此之间是完全符合的，例如“札尔尼查”和“科尔列克乔夫纳亚”管状脉就是如此。

为了更精确地测定管状脉的轮廓，建议今后采用H-地磁仪，为了测量磁场的水平分量，则用高度敏感的重力仪、重力测度仪或梯度仪。利用这些仪器所获得的资料就可以说明磁力异常的实质。

根据异常的尺寸来看，它在平面图上的尺寸变动范围很宽：从65×55米至2000×1500米。以下比较详细地说明某些管状脉上空的异常。

“乌达契纳亚”管状脉是用重砂取样法发现的。管状脉上面的异常为正磁场和负磁场（图3）。超过200 γ 的负磁场从北围绕正磁场。正异常的总轮廓被其数值低的狭窄带分为两个与暗色角砾云母橄榄岩相应的等轴状正异常；在它们之间低磁场和负磁场与浅色的角砾云母橄榄岩相应。在角砾云母橄榄岩下的钻井中发现有石灰岩；这样可以假定：“乌达契纳亚”管状脉是由狭窄的石灰岩带相隔的两个矿体。负磁场 ΔZ 表明管状脉的倾斜度是向西南方向，这点也被钻进的资料所证实。管状脉上部的磁场强度是在-20~+800 γ 之间。

在“乌达契纳亚”管状脉上空100米高度的 ΔT 值为250 γ ；在这样的高度时观察的结果也和在地面上观察的一样， ΔT 曲线具有不对称的结构，这说明管状脉向较平缓的支脉方面倾斜。与东西方向内以100和200米的高度飞行时，分布在异常中央的 ΔT 最小值可在曲线 ΔT 上明显地反映出来。

“航空磁力”10号管状脉（德鲁日巴）是在75米的上空用航空磁力测量发现的，并在地面上用磁力测量加以圈定。这个管状脉也是用航空测量确定的。通过异常的探井可见到角砾云母橄榄岩岩石。 ΔT 在管状脉上部的最大强度达1000 γ 。异常的侧翼南面被面积和强度不大的负磁场所围绕。

“札尔尼查”管状脉产生正异常，形状象圆形；管状脉上部的正磁场是不规则的，变动的范围很大——从0至1700 γ 和1700 γ 以上， ΔT 值的高段和低段与管状脉矿体内磁铁矿的不规则分布有关。正磁场的南、北和西即被较宽的 ΔT 负值带所围绕。

“唯一的航空地球物理”管状脉（“科尔列克乔夫纳亚”）是在采用航空磁力测量后根据间隔为250米的7个剖面图发现的；在75米的高度 ΔT 强度约为600 γ ；管状脉的形状呈8字状，其最宽部分为600米，最窄部分为200米。

通过管状脉狭窄部分的探井在4~6米的深处遇