

56.5083 0 2827

~~112038~~

# 国际交流地质学术论文集

4

物探、化探



地质出版社



# 国际交流地质学术论文集

(四)

物探、化探

地质出版社

**国际交流地质学术论文集**

**(四)**

**物探、化探**

\*

**国家地质总局书刊编辑室编辑**

**地质出版社出版**

**地质印刷厂印刷**

**新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售**

\*

**1978年8月北京第一版·1978年8月北京第一次印刷**

**统一书号：15038·新306定价0.55元**

## 出 版 说 明

建国以来，在毛主席革命路线指引下，我国地质事业和地质科学研究得到了很大的发展，积累了丰富的地质资料，获得了大量的研究成果。我国出版的地质科学著作、图件和论文，有些达到了国际先进水平，受到了国际地质学界的广泛注意。

随着国际形势的发展，我国地质学界对外活动逐年增加。1976年8月，国际地质科学联合会通过了一项取消蒋帮作为这一组织成员的资格、接纳中华人民共和国为该组织正式成员的决议。接着，中国地质学会代表团出席了国际地科联理事会会议和第二十五届国际地质大会。自此以后，我国对外地质学术活动日趋频繁。为了促进国内地质科学交流和便于国际交往，我社将最近几年撰写的有关论文汇编成册，正式出版。

汇编的论文按学科系统共分五个部分：（一）区域构造、地质力学；（二）地层、古生物；（三）矿物、岩石、矿床；（四）物探、化探；（五）水文地质、工程地质；分册出版。其中参加国际地质会议的论文，曾由有关组织审查定稿；物探、化探部分，由国家地质总局物探所代编，水文地质、工程地质部分由国家地质总局水文地质工程地质研究所代编。

## 目 录

中国的物探工作.....	《中国的物探工作》编写组 (1)
中国的化探工作.....	《中国的化探工作》编写组 (14)
高纵向分辨力的多频合成全息探测成象 .....	国家地质总局物探研究所全息组 (24)
磁铁矿床上地面磁异常解释推断中的几个问题.....	林野 (36)
长江中下游砂卡岩型铜矿床地球化学异常特征及其找矿意义 .....	李善芳 邵跃 谢学锦 李明喜 金仰芬 (45)
祁连山某超基性岩体矿化特征的统计分析 .....	中国地质科学院地质矿产所四室数学地质组 (58)
雷达技术在岩溶探测中的应用... .....	国家地质总局物探研究所微波研究组 国家地质总局水文地质工程地质研究所微波研究组 (65)
携带式放射性同位素X射线荧光仪在地质勘探和找矿中的应用 .....	继力 (成都地质学院) (71)
声波探测在岩体稳定性评价中的应用 .....	国家地质总局水文地质工程地质技术方法研究队 (79)

# 中国的物探工作

《中国的物探工作》编写组

在中国，地球物理学发展的历史可以追溯到很远的古代。早在公元前三世纪，我国就观察到了“磁石吸铁”的现象。公元一世纪初，发现了磁石的指极性。十二世纪初，指南针的使用已很普遍。公元132年，东汉张衡用摆的原理制成了世界上第一台地震仪。但是由于漫长岁月的封建统治和半封建、半殖民地统治，这门学科始终得不到发展。国民党反动派统治下的旧中国，只有少数地球物理探矿工作者在甘肃玉门油田、西南及中南的一些矿区进行过零星的物探工作，成效当然是微不足道的。

一九四九年十月一日，中华人民共和国宣告成立。在伟大领袖毛主席和中国共产党领导下，二十多年来我国物探工作迅速发展起来。物探职工数以万计，物探队伍遍及除了台湾省以外的全国各省、市、自治区。物探方法在地质、冶金、石油、煤炭、铁道、水电、建材等各个部门得到了广泛的应用。从平原到高山，从陆地到海洋，从空中到地下，都开展着物探工作。在著名的大庆、大港、胜利等油田的开发工作中，物探工作发挥了重要作用；近二十年来我国发现的油气构造，约有90%是根据部署在地质上有利于油气生成储集的远景地区的物探工作提供的资料发现的。据部分省、区统计，近年来有80%左右的磁性铁矿是由物探发现异常，通过对地质、物探资料的综合研究而找到的。在寻找铜、铅、锌、铬、镍、硫、磷、煤田、金刚石、放射性元素等矿产方面，也都不同程度地进行了物探工作，取得了一定的效果。

解放前，我们使用的物探方法很少。以金属矿物探为例，只有磁法、电阻率法、自然电场法三种，用的都是外国仪器。解放后，我们建成了地质仪器厂，成立了物探研究机构。在大专院校内以及野外物探队中也都广泛开展方法研究和仪器试制。在磁力仪方面我们先后生产了悬丝、刃口、饱和式、质子旋进及光泵磁力仪。在地震仪方面，也已经历了光点地震仪、模拟磁带

图1 珠峰考察队员使用“珠峰”型重力仪进行高山重力测量

地震仪而进入到数字磁带地震仪阶段。为了配合珠穆朗玛峰的科学考察工作，我国制造了“珠峰”型重力仪，曾用它在海拔7790米的高度进行了点测，取得了迄今为止地面上最高的重力场数据（图1）。我们还制成了各种电法仪器和地下物探仪器，并用国产仪器装备了海洋调查船和物探飞机。

在毛主席“独立自主、自力更生”的方针指引下，设计、制造、使用部门相结合，生产、科研、教学单位相结合，在方法研究和仪器研制方面不断取得新成就，特别是从我国具体地质、地球物理条件出发，发展了一些新仪器。例如，通常测量水平磁场分量的仪器只能测得水平分力的绝对值，不能测出它的方向，我们发展了一种定向水平磁力仪（图2），可以测定在一定方向上的水平分量值，它有助于在低纬度地区寻找磁性矿体。为了使激发极化法能进行大面积快速普查，我们发展了一种激电仪，在工作时，测量导线和供电导线是脱离的，不用别的同步装置，仅靠仪器接收到的一次场断电信号作为测量的启动信号。由于仪器轻便，读数方式简单，并且可以多组同时工作，所以大大提高了激电工作的效率，使激发极化法由一种详查的手段变为普查的工具。此外，为了适应在我国碳酸盐岩发育的山区兴建各种工程的需要，研制成功了专作岩溶探测的雷达和无线电波透视仪，并已取得初步成效。为了探索将弹性波和电磁波用于金属矿的探测，开始了全息术在探矿中应用的研究。

图2 国产定向水平磁力仪

为了适应我国内地建设的需要，航磁工作已向西部高山地区进军。

在物探资料的整理和解释方面，由于加强了方法理论研究和采用了电子计算技术，效果和效率都有显著的提高。图3、4就是一个克服多次波干扰，查明了复杂断裂构造的例子。



4 b

图 4 采用多次叠加法压制各种干扰，弄清了地下构造的实例  
a—处理前； b—处理后

图 5 采用三点法反鸣震解决海上鸣震干扰的实例

a—模拟水平叠加； b—数字三点法反鸣震

量来发展物探事业。由于旧社会留给我们的基础薄弱，在发展我国物探的道路上曾遇到不少困难，我们发扬了奋发图强、艰苦奋斗的精神一一克服了。以磁力仪的试制为例，我国第一台核旋磁力仪和第一台光泵磁力仪都是由长春地质学院校办工厂磁力仪试制小组分别

在五十年代末和六十年代中期试制成功的。当时这个小组只有四、五名刚从物探系毕业的年青教师和一些学生，他们没有设备就修旧利废，材料缺乏就自己动手解决。如试制光泵磁力仪所需要的氦气提纯设备、近红外启偏器等，都是通过教师与工人相结合的方式自己解决的。由于发扬了这种精神，这些仪器短期内就试制成功。近年来，在研制超导磁力仪方面也取得了重要进展。

物探工作的整个过程是利用地球物理现象对地质情况进行调查研究的一个认识过程。学习和应用辩证唯物主义的认识论来指导工作，是我国物探工作得到发展和取得成绩的重要原因。

一九七二年某省物探队航测分队在1:50,000航空磁测中发现了 $M_{85}$ 异常(图6)，其强度、形态、地空对比等方面均具有较明显的矿异常特征，结合所处区域地质环境分析，认为异常为矿所引起。经地面检查， $\Delta Z$ 最高值为3200伽玛，推断矿体埋深210米。立即施钻验证，在孔深184米处见厚层磁铁矿体。随后进一步使用地面磁法、重力、电法、井中三分量磁测，对矿体的形态、产状、规模进行研究，以指导勘探工程的合理部署。图7为应用电算对矿区磁测资料进行积分插值法三度体不同深度的平面延拓、三分量磁测井结果及实际见矿情况。

该矿区从航磁发现异常到钻探见矿，前后不到四个月，说明勇于实践是迅速取得和扩大成果的关键。

勇于实践决不是盲目实践。我们从许多矿例中认识到，在工作中必须不断克服思想上的片面性，不为表面现象所迷惑，不受原有结论的束缚，注意透过现象看本质，而且往往要经过反复认识的过程，才能得到一个正确的认识。例如，我们在长江中下游发现一个航磁异常，编号 $M_{19}$ 。经过地面检查后，圈出了A、B、C三个局部异常。1962年对A异常布置了一批钻孔进行了验证和勘探工作，获得铁矿储量仅几百万吨。当时认为矿体小，含硫高，地下水大，工业价值不大。一九七〇年，又重新研究了 this 弃置多年的异常，注意到除了局部强度较大的异常外，在它的四周还有一个较宽广低缓的异常，过去认为是闪长斑岩的反映，但是经测定，闪长斑岩的磁性较弱，不可能引起这个低缓异常。过去的验证孔都只穿过上接触带，终止在闪长斑岩内，钻孔太浅，只有100多米，下接触带仍有成矿的可能。因而地质和物探人员一致认为，该低缓异常可能是埋藏较深、规模更大的磁铁矿的反映。布置了验证

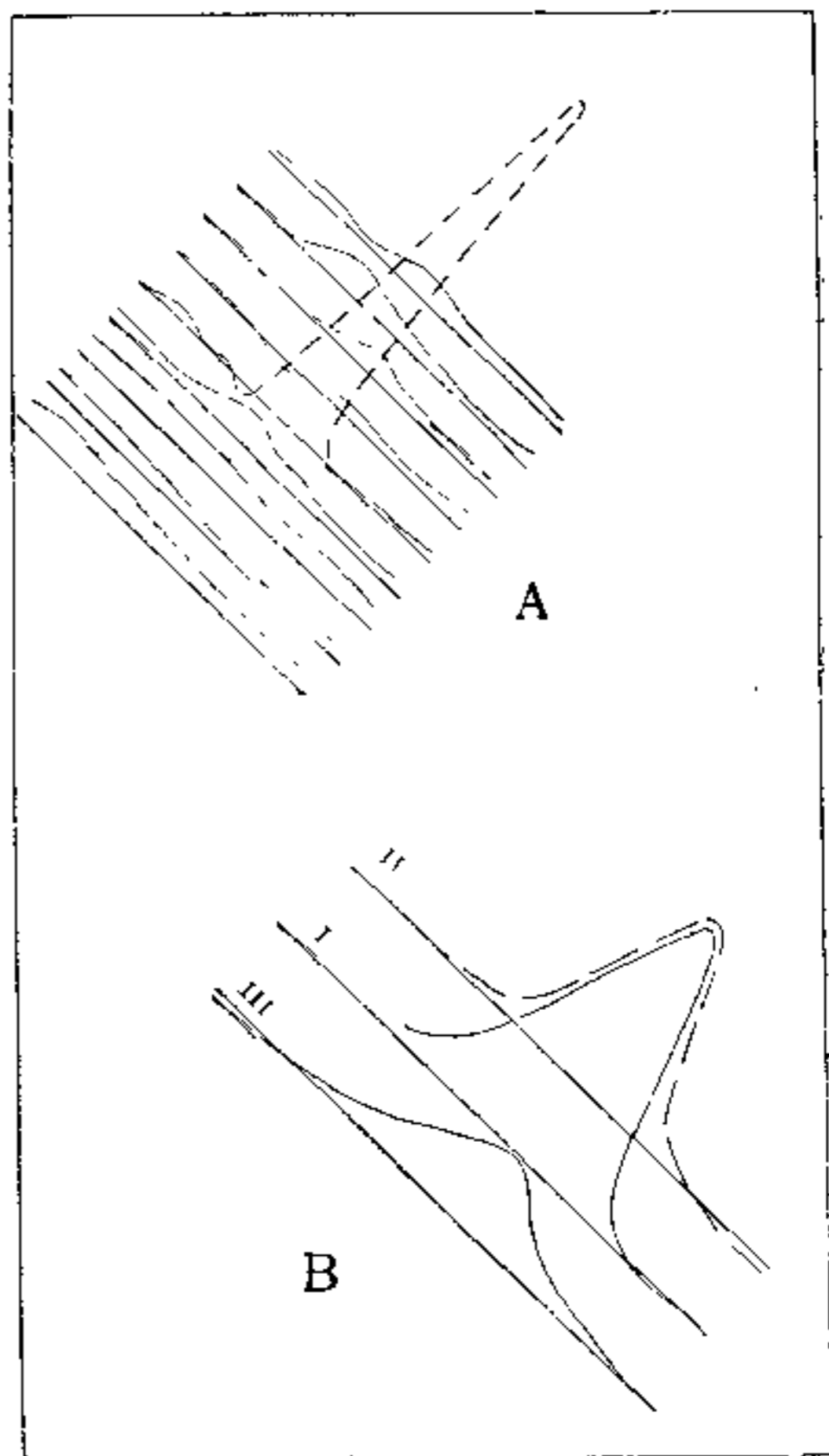


图6  $M_{85}$ 航磁异常及地面检查结果  
A.  $\Delta T$ 航磁异常(1厘米=400 $\gamma$ ); B. 地磁 $\Delta Z$ 异常(1厘米=1000 $\gamma$ )

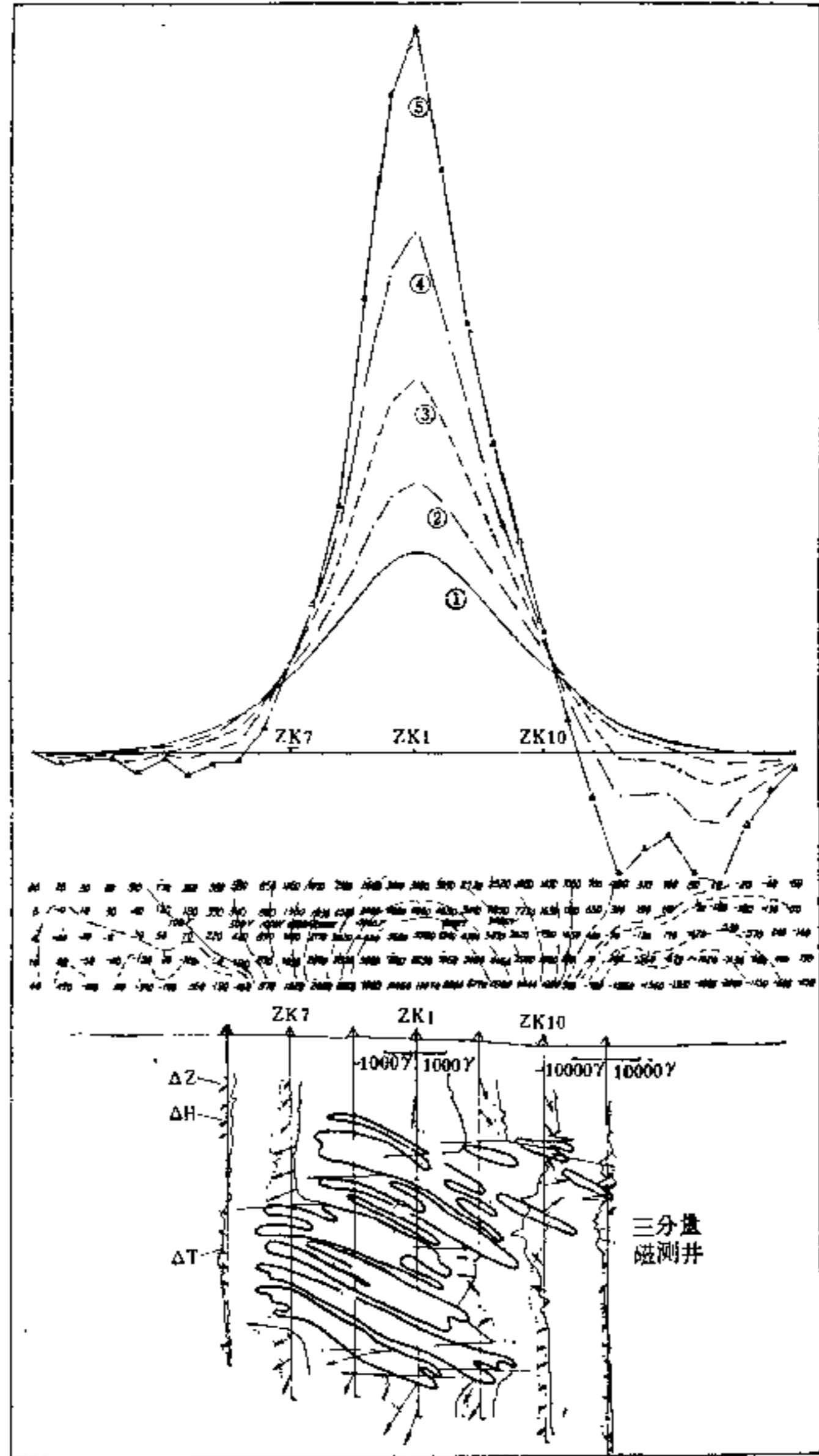


图 7  $M_{85}$  航磁异常  $\Delta Z$  延拓、三分量磁测井、地质综合剖面图  
 $\Delta Z$  延拓曲线：1—实测；2—下延40米；3—下延80米；4—下延120米；5—下延160米

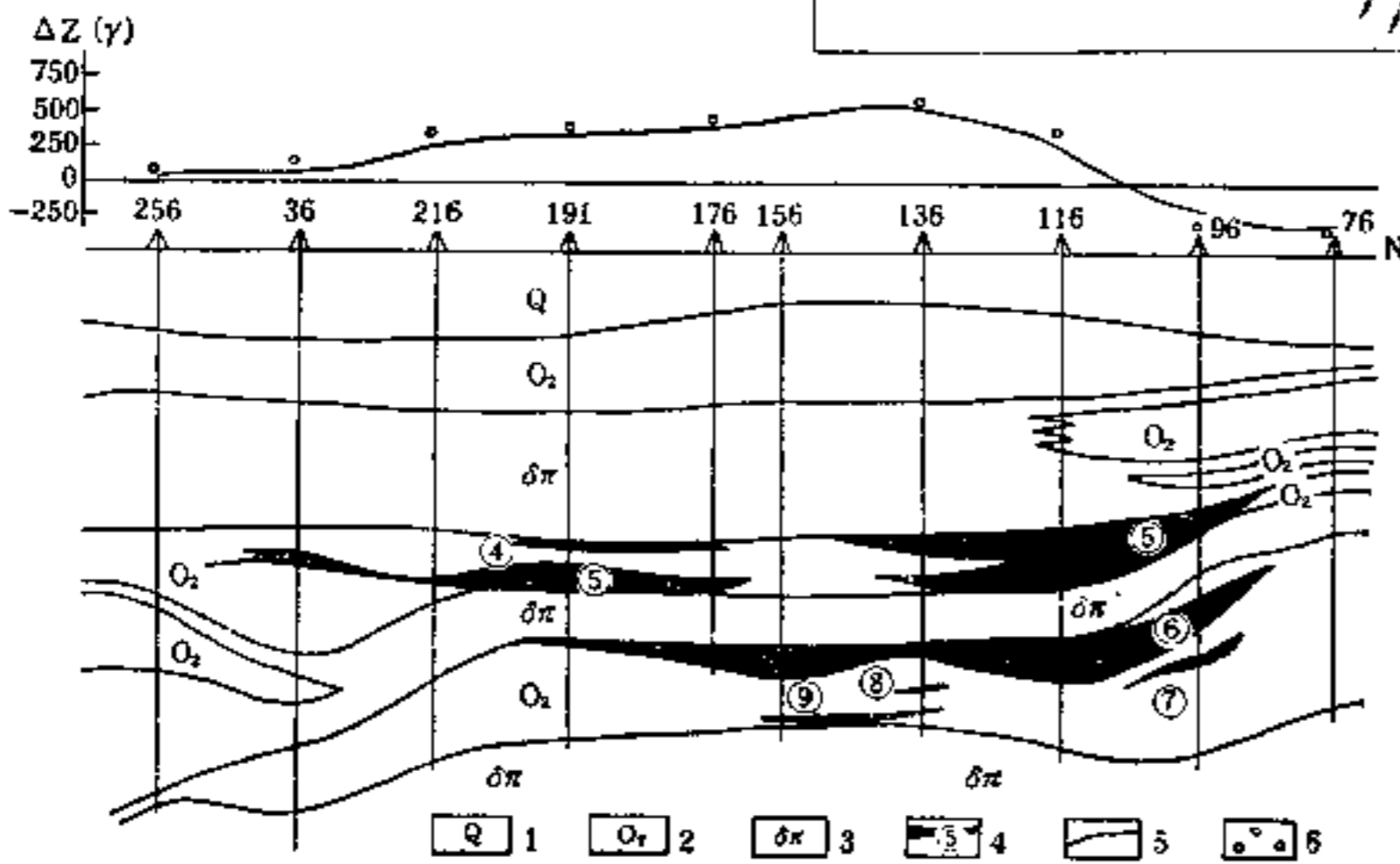


图 8 长江中下游  $M_{15}$  航磁异常，A 局部异常磁法地质综合剖面图  
 1—第四系覆盖；2—奥陶系灰岩；3—闪长斑岩；4—矿体及其编号；5—磁异常  $\Delta Z$  曲线；6—已知矿体二度体正演理论曲线

孔ZK191，结果穿透了闪长斑岩，在孔深217米以下见富矿层，从而发现了第二、第三矿带（图8），使该地成为一个有价值的矿床。正演计算与实测曲线吻合较好，证实了第二、三矿带是引起低缓异常的主要因素。

坚持实践第一，不断在实践中修正错误和提高认识的重要性，还可以从一个硼矿物化探找矿的例子中看到。硼矿体呈透镜状或似层状，产在太古界深变质岩层所夹的大理石中。有两种类型：一种是以硼镁石为主含磁铁矿的矿体；另一种是硼镁石-硼镁铁矿共同组成的矿体。全区第四系分布广泛，一般厚1~5米，因此为寻找隐伏矿体，作了磁法和硼的次生晕测量。结果在工区北部发现了一个条带状连续分布的磁异常带，强度1000伽玛左右。在工区的中部和南部分别出现一个东西向的硼晕异常带和磁-硼晕综合异常带（图9）。

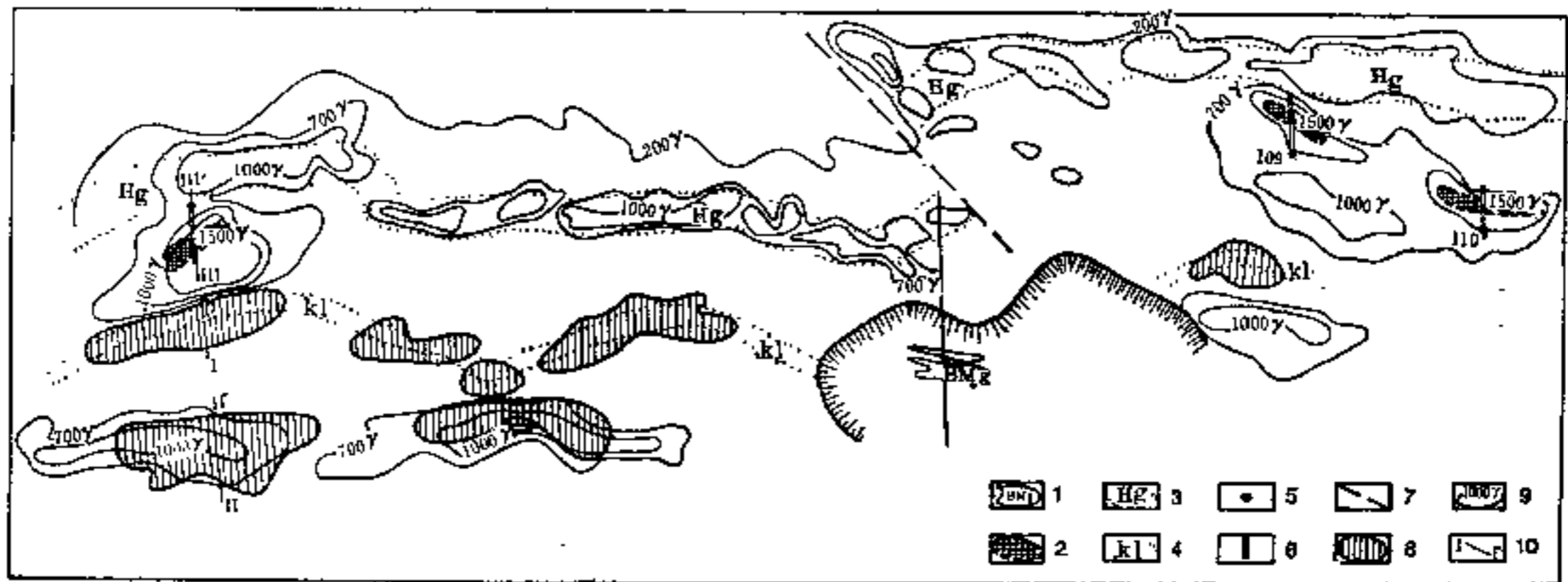


图9 一个硼矿区磁法、硼晕异常平面图

1—开采硼矿体；2—物探发现的矿体；3—推测斜长角闪岩层；4—推测电气石粒岩层；5—见矿钻孔；6—见矿探槽；7—推测断层；8—硼晕异常，200ppm；9—磁异常；10—物化探剖面

既然需要寻找的硼镁石矿没有磁性，那末应该是没有磁异常只有硼晕，因此最初认为最有希望的应该是中部硼晕异常带，所以首先对硼晕异常带进行了验证，但是多处检查验证结果，只见到了富含硼矿物的电气石粒岩层，而没有见到矿体。检查单独的硼晕失败以后，根据硼镁石矿含有磁铁矿的特点，希望能从南部的磁-硼晕异常找到矿体。但是检查结果，又只见到具有磁性蛇纹石化大理岩，还是没有找到矿体。

根据这些验证资料，结合分析研究矿区地质矿床特点，发现已知含矿层位北部（上盘）出露一层厚度不大的斜长角闪岩，在含矿层位南部（下盘）是厚度较小的电气石粒岩层。斜长角闪岩能引起1000伽玛左右的异常，正好与工区北部东西向分布的磁异常吻合，在含矿层下盘电气石粒岩层上出现硼晕。根据地质、物化探资料的对比，可以认为北部磁异常带和中部硼晕异常带之间为含矿层，是寻找硼矿的有利地段。在这有利地段内，发现几个4500伽玛左右的局部磁异常（图9中的102，109，110号），应该是矿体的反映。根据这样的认识，在102号异常上布置了验证工程，在离地表三米多见到了以硼镁石为主的含磁铁矿的硼矿体。

为了查明硼矿体上方没有出现硼晕的原因，沿槽壁在第四纪沉积物中分层取样，发现紧靠矿体的残积层中硼量陡然下降到100ppm，而在腐植层及坡积层中硼的背景含量反到普遍上升到300ppm。原来硼矿床的硼碳酸盐类次生矿物易溶于水，所以硼镁石矿体上没

有出现明显的磁晕。地表磁晕是由电气石粒岩层形成的，而磁-磁晕综合异常带上的磁晕，则是由电气石粒岩层形成的磁晕向坡下位移造成的。勘探实践纠正了磁矿体上“想当然”会出现磁晕的设想，得出了含矿层内单一的磁异常才是矿异常的正确结论。以后在109、110号磁异常上进行验证，也都见到了矿体。

一种物探方法只反映地下地质情况的一个侧面。为了更完善地了解地下地质情况，我们一般都是尽可能地采用多种物探方法，并同时做到地质、物探、化验密切配合，互补长短。

我们曾在青藏高原用自然电场法普查，发现了好几处异常（图10）。在 $P_1$ 异常上有矿体露头，布置在 $P_1$ 和 $P_2$ 两个自电异常上的三个平巷中也都打到矿体，但当时地质和物探人员都认为它们是孤立的小矿体，分别称为一号和二号矿体。

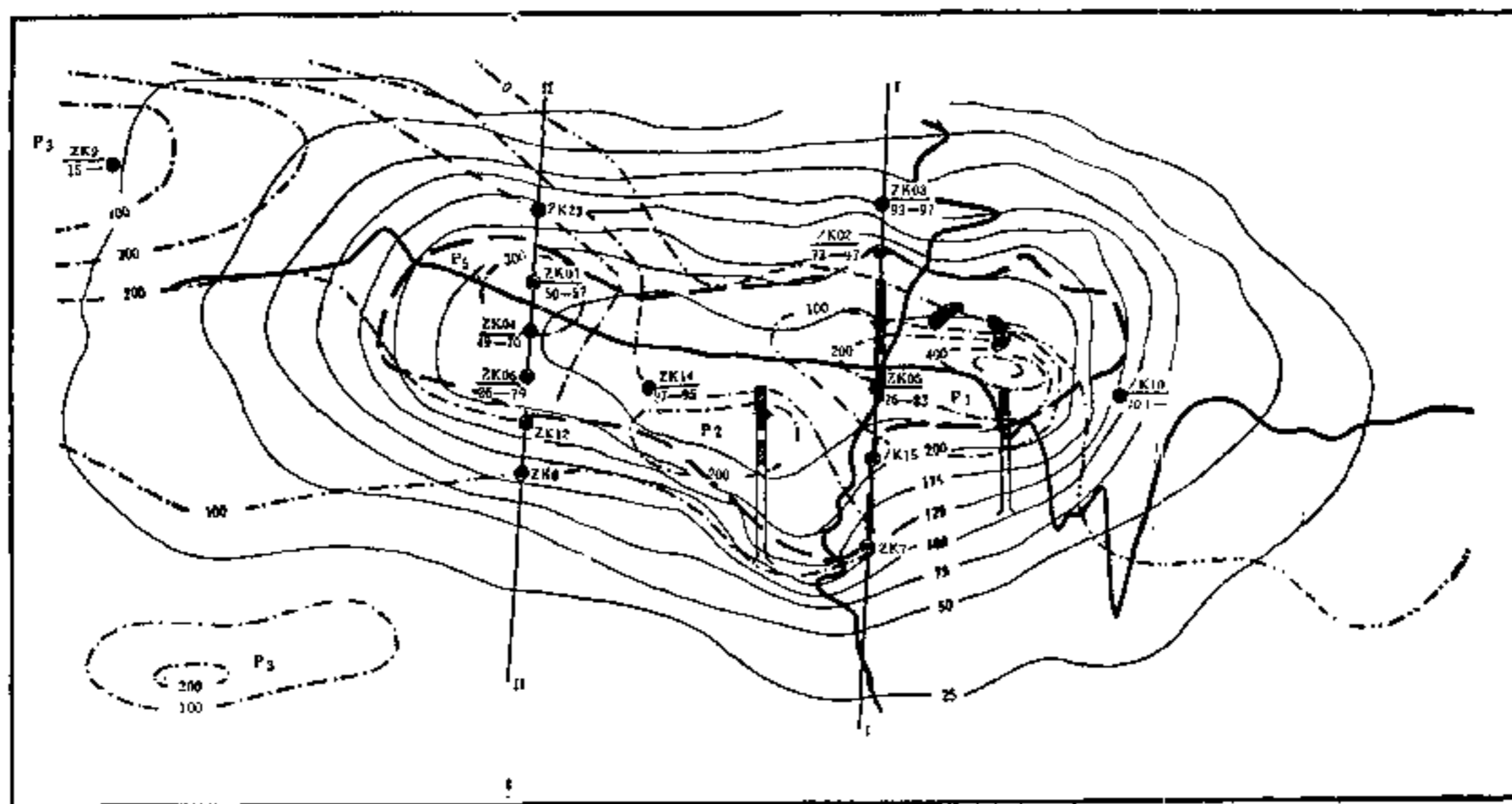


图 10 青藏高原某矿区自电、充电法工作结果

1—充电法等电位线；2—自电等毫伏线；3—充电法梯度曲线；4—已知矿体露头；5—坑探揭露的矿体；6—钻孔；7—充电点；8—勘探线；9—物探推断矿体边界

以后在这个矿区第二次进行工作。为了搞清一号矿体和二号矿体之间的关系，采用了充电法。在三个平巷中的 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 处分别布署了充电点，进行了大面积电位与梯度测量。三个充电点得到的异常几乎完全是一致的。这说明矿体是相连的，而且导电性很好，矿体规模要比原来认识的大得多。根据充电法推断结果布置的 I、II 钻探剖面 and ZK14 孔都打到了矿体，孤立的自电异常分布在矿体埋深晕浅的地段。

在这个地区还存在着炭质页岩，对电法找矿形成干扰。但是可以用电磁法和重力法加以区分。图11是在 I 号勘探剖面上的电磁法和重力剩余异常。矿体的综合参数很大，垂直振幅异常随频率的增高增加得很缓慢，处于饱和状态。虚分量自75周开始，异常值就由负变正，这和炭质岩石的反映是不一样的。

一九五六年在长江中下游航磁发现一个幅值不大、梯度较缓、面积达10平方公里的异

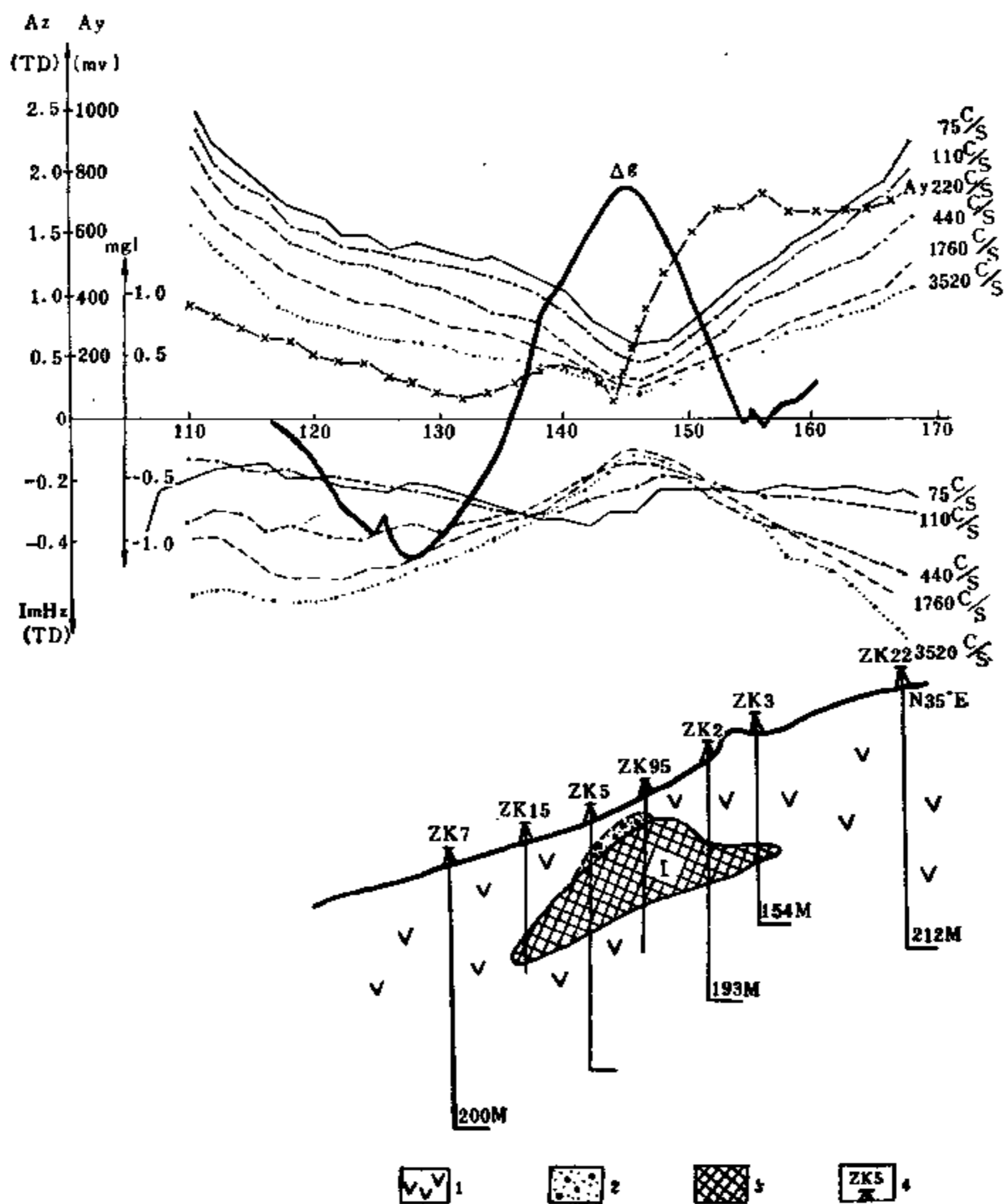


图 11 青藏高原某矿区重力、电磁法综合剖面图

1—超基性岩；2—千枚板岩；3—致密含铜黄铁矿；4—钻孔及其编号

常(图12)。当时认为大面积的异常往往是由火成岩引起的，该异常恰好位于火山岩分布地区，加以附近两个相似的异常下面打到的的确是岩体，因此当时这一异常未建议作钻探验证。

一九六六年在大庆人“两论”起家开发大油田的精神鼓舞下，重新对这一异常进行了研究。综合分析该区的地质和物理性资料后发现：异常区所处地质条件对成矿有利，火山岩的磁性较弱，不足以引起这样强的异常，从而加深了对异常性质的认识。为了区分磁异常，作了重力和电测深工作。发现了大而强的重力异常，在推断矿体埋藏深度上出现低阻反应(图13、14)。

综合物探方法结合地区地质资料肯定了异常系由矿所引起，提交地质验证。第一个验证钻孔就在468米下见到厚层磁铁矿。陆续布置的一些钻孔，很快地控制了二个巨大矿体。

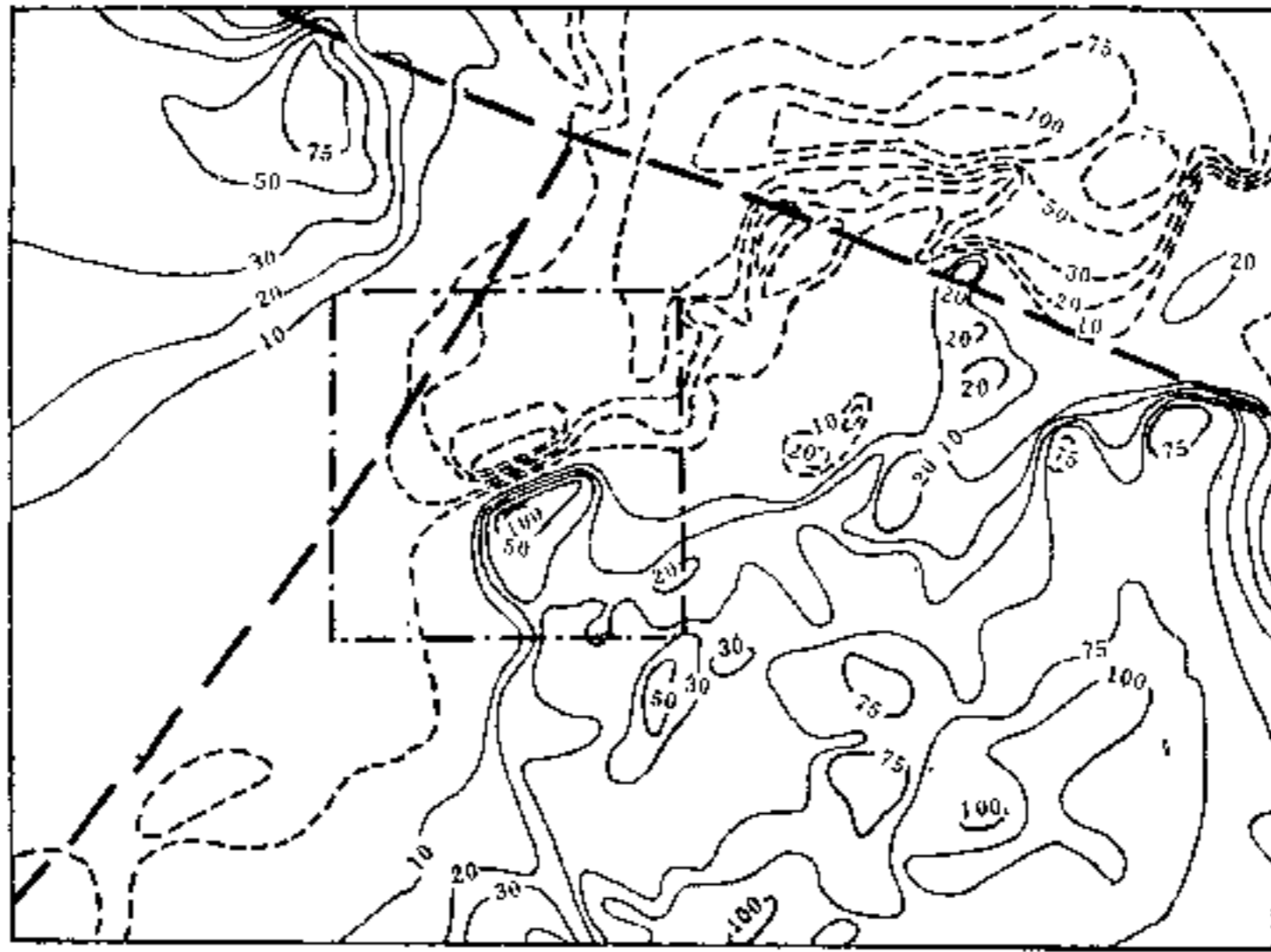


图 12 长江中下游某航磁异常  $\Delta T$  平面图

1— $\Delta T$  负异常等值线 ( $-100\gamma$ ); 2— $\Delta T$  正异常等值线 ( $+100\gamma$ ); 3—断层; 4—文中讨论的异常范围

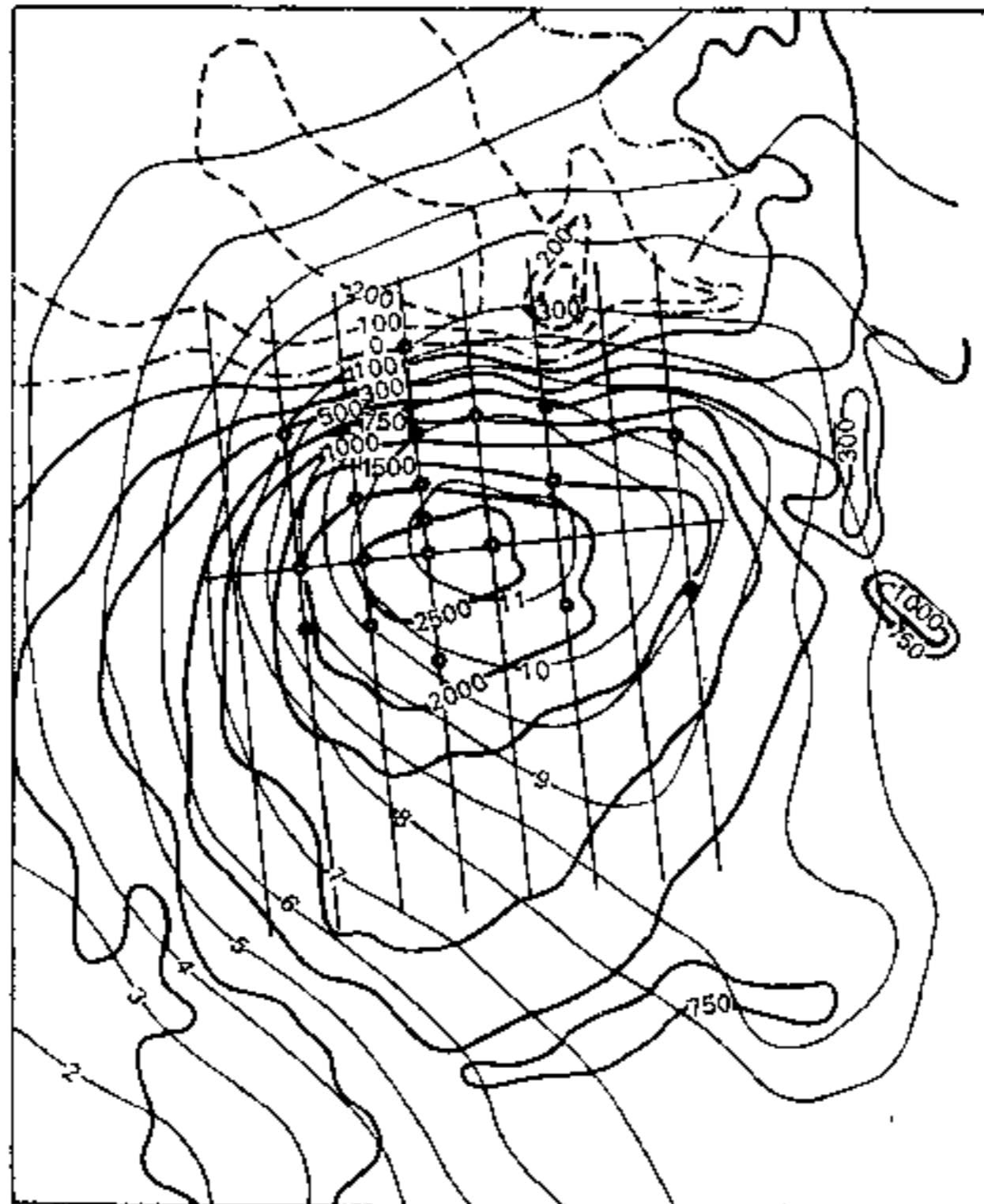


图 13 长江中下游某航磁异常磁法、重力异常平面图

1—磁异常  $\Delta Z$  等值线 ( $\gamma$ ); 2—重力异常等值线 ( $mgal$ ); 3—勘探线及钻孔

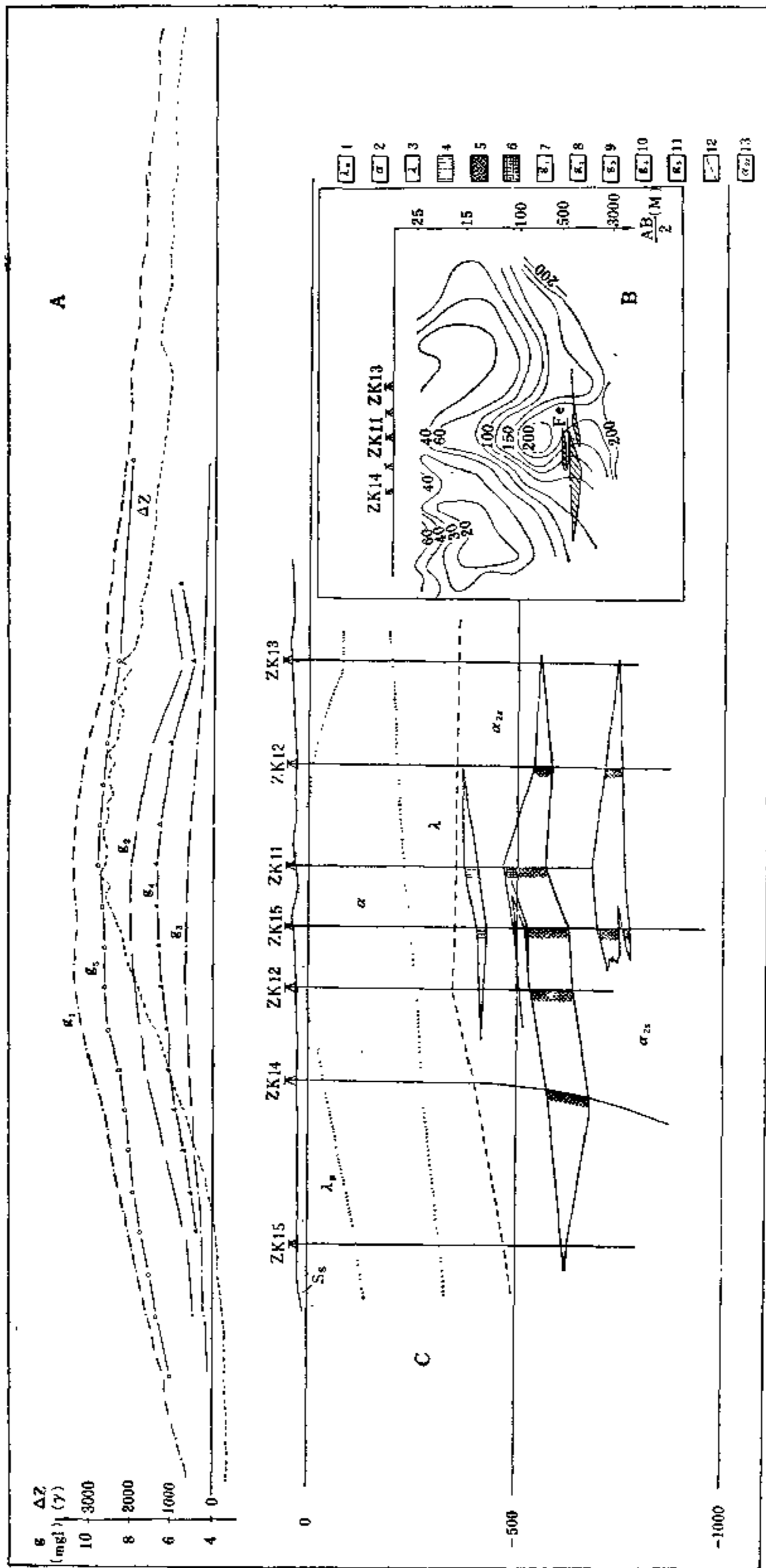


图 14 长江中下游某航磁异常磁法、重力、电测深地质断面图

A— $g$ 、 $\Delta Z$ 剖面，B—等 $\rho_a$ （欧姆·米）断面图，C—地质断面  
 1—凝灰质粉砂岩，2—安山岩，3—凝灰岩，4—硬石膏，5—磁铁矿，6—黄铁矿，7—观测值，8—剩余  
 异常，9—正演矿体异常，10— $g_2 - g_3$ ，11— $g_1 - g_3$ ，12—次生石英岩界面，13—蚀变安山岩

在验证控制的基础上，对已知矿体进行了正演计算。从实测数据中减去正演计算结果，得到剩余磁异常。剩余磁异常说明打到的矿体不足以引起全部异常，可能还有隐伏矿体存在，据此布置的 ZK93、ZK173 号孔又发现了新的矿体。

重力等值线在异常的东南方向上向外凸出，经过区域校正，有一个明显的局部异常存在，表示在这个部位可能有弱磁性铁矿。验证结果又发现了以赤铁矿为主的厚层矿体。

我国物探工作所以能得到发展和取得成就，还在于我们始终贯彻群众路线。不是靠少数人冷冷清清地搞，而是发动大家来搞。几乎所有综合地质队都组成了物探队或组，同时还在广大农村培训一些物探找水员。我们以河北省黑龙港流域的水文物探作为例子，来说明我们是如何实现专业物探队伍与群众性物探工作相结合的。

黑龙港处于华北平原的北部，地表水缺乏，历来是十年九旱。地下水由于受到古河道和现代河流不同流向的影响，使得砂层岩性不同，流向交错。水质情况也很复杂，咸淡水相间存在，界面不清。过去打井时，往往打成咸水井或是水量不足。如邱县一九六四—一九六六年打井 1200 眼，能用的仅 400 眼。邱县白留寨大队打井 20 多眼，眼眼是苦水。

为了更好地指导打井，专业物探队来到这里。他们通过实地工作，对各种不同地电剖面的电测深曲线进行了分类研究，根据电测井和电测深结果研究了电性。成功地查明了当地地下咸淡水界面深度及其分布规律，圈定了浅层淡水区（古河道带），在井中确定了砂层的深度与厚度，计算地下水矿化度，指导下管成井，工作取得了成绩。然后，他们发

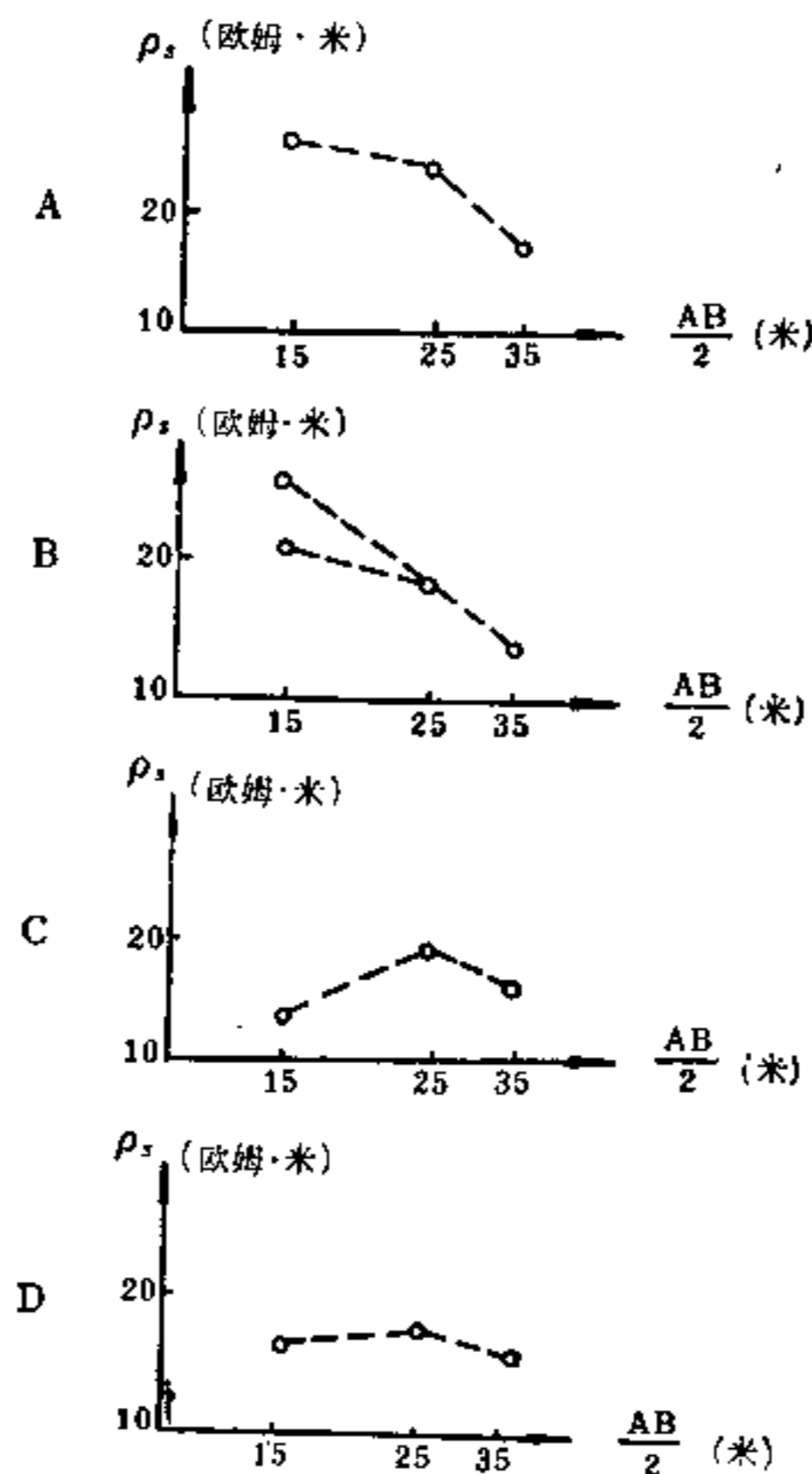


图 15 反映不同地电剖面的电测深曲线