我国物探化探找矿思路与经验初析

刘士毅，孙文珂，孙焕振，吴海成，周坚鑫

来源：物探与化探，28（1），2004：1-9

《中国矿床发现史—物探化探卷》收录了933个案例。这些案例记载着物探化探工作者的辛苦和业绩，也蕴涵着丰富的经验和教训。本文初步总结了以寻找金属矿为主的与工作部署、异常定性解释和异常查证有关的经验教训。

一、50年来的主要找矿成果

50年来的找矿实践表明：对能源、黑色金属、有色金属、非金属矿产和地下水找矿，物探为主，效果优于化探；寻找贵金属方面，化探为主，效果优于物探；寻找稀有、稀土矿方面，物探、化探平分秋色。

二、工作部署的思路

1 区域展开，面中求点

“区域展开，面中求点”是物探化探工作取得找矿成果的主要模式。从50年代末到80年代初，通过查证磁异常、放射性异常和从80年代中期开始的查证区域化探异常找到了大量的铁矿、铀矿和金矿。据统计，中国80%的铁矿是通过查证航磁异常发现的；已勘查的铀矿中，94.4%是由地面放射性方法、航空伽马能谱测量首先发现的。自20世纪80年代以来，几乎所有新发现的金矿床都是查证区域化探异常发现的。

区域重力调查直接找矿成果不多，只在盐类矿床和个别铁矿床上有效。但区域重力调查可发现和圈定大量盆地、局部构造、岩体、断裂、古老地块，在间接找矿和矿产预测中起了重要作用。

寻找能源矿产，自50年代中期，地质部将物探工作部署在原来不产油也未见油的地区，像松辽盆地、华北平原等大型沉积区，开展了大面积的石油物探概查，并提出了可能的含油构造，从而在50年代末及60年代初陆续发现了大庆、胜利等大型油田，实现了我国找油的重大突破。以后在其它地区寻找油气田无不是物探先行，进行大面积概查，对全区构造有整体了解后，从中圈出可能含油的局部构造，据此布孔后发现了油田。据此总结出油气勘查的成功经验是“区域预查、选区评价”和“局部构造普、详查”工作模式。

2 就矿找矿，攻深找盲

1949 年以前到 50 年代初中期，物化探工作毫无例外地布置在已知矿区及其外围。找到了大量的盲矿和外围矿，为扩大已知矿区的规模做出了重要贡献：四川攀枝花、湖北大冶、内蒙古白云鄂博、山东莱芜、辽宁鞍本、河北冀东、邯邢等铁矿和湖南水口山铅锌矿、甘肃白银厂小铁山多金属矿等。

评价古采点(老硐)、群众报矿和区域地质调查或普查中发现的矿点，也属于就矿找矿。由矿点、矿化点经物化探工作或物探化探配合地质工作升格为矿床，甚至是大型矿床的。例如西藏玉龙铜钼矿，新疆阿舍勒铜多金属矿，辽宁红透山铜(锌)矿，甘肃金川、吉林红旗岭、新疆喀拉通克铜镍矿，湖南黄沙坪、陕西八方山、甘肃西成铅锌矿，广西芒场锡多金属矿，吉林二道林子砷铜矿，甘肃崖湾锑矿，湖北银洞沟银金矿，黑龙江五星铂钯矿，重庆兴隆锶矿，黑龙江双鸭山、新疆蒙库铁矿，辽宁砖庙沟硼矿，广东低陂坜萤石矿，西藏羊八井地热田等。

至今就矿找矿仍是一种基本的找矿方式。要注意时序问题，物化探工作必须先行，不能与地质工作齐头并进，以免信息滞后。在已知矿区深部和外围、已知矿点、矿化点附近找矿时，普查的面积不能过小。类似矿体的产出部位往往有相当大的间隔(n×1000～n×10000 m)，主矿体的产出部位往往远离已知矿化露头，这已在许多矿例中见到。

例 1 云南老王寨金矿床，在投入化探工作之前，仅在岩体外接触带找到 1 吨金矿。1985—1986 年布置 1：5000 土壤测量 3km ，经验证发现III号主矿体，达中型。1986～1987 年布置了 1：10000 土壤测量 30km ，发现大批异常，经验证又发现 1 个大型、2 个中型和 1 个小型矿床。

例 2 西藏马拉松多铜矿床，1975—1977 年 3 次上电法、磁法和化探工作，都因测区范围太小，效果不明显。1978 年在 4km2 范围内开展 1：10 000 电法、磁法和化探，发现 3 个异常，验证磁异常，取得突破性进展。

例 3 陕西煎茶岭镍矿床，于 1958 年开展了 1:5000 磁法和自电工作 5.86 km，验证磁异常，2 孔均见镍矿。1959 年又扩展 1：5000 磁法和自电工作 5.46 km，再设计一验证孔，也见镍矿体。但 3 孔所见镍矿体皆薄，即中止工作。1967 年找铁矿时，验证磁异常，见规模较大镍矿体。1971-1973 重新开展 1：5000 磁法、自电、激发激化和岩石测量 19.6km,才展现了环绕花岗岩体接触带呈环状分布的磁、电、Ni 异常全貌，经全面验证，发现 13 个工业矿体，达大型。

3 物探、化探工作应贯穿找矿各阶段

物化探技术在矿产的预查阶段对发现矿床作用极大；在普查阶段对发现盲矿、判断矿体产状、延深和连接情况可起重要作用：普查之后，在矿床勘探阶段充分运用物探化探技术，还会有新发现，即使不能扩大储量，也可节约勘探费用、缩短勘探周期。

广东大宝山铁、多金属矿床：从 1950 年起，该矿就引起了地质人员的重视，但意见分歧。至 1956 年岩石测量发现长达 1 500 米长的近南北向铜、铅、锌强

异常带，才停止了找矿前景争论，于 1957 年上钻验证发现盛矿体。1960 年验证磁异常又发现了西部矿带。

陕西三岔铜硐山铅锌矿床：1959 年据群众报矿发现。1960－1963 年进行普查勘探，提交铅加锌储量 20.5 万吨。1975－1978 年开展化探工作，发现化探异常范围远大于已知矿体范围，据化探异常提供的信息再次勘探，提交铅加锌储量 112 万吨，扩大 5 倍多。1991 年进行坑道充电测量，经验证其异常，矿体又向西延伸 300－700m。可见，若及早投入化探与充电法。可缩短勘探周期 20 多年。

安徽淮南煤矿潘集一谢桥矿区刘庄井田：1979 年采用以地震勘探为主、钻探验证的方法进行勘探，与以钻探为主的老方案对比，节约钻探工作量 12 万多米，节约地勘费 1000 多万元，缩短勘探周期 7 年。

4 直接找矿与间接找矿并举

应用效果最好的油气、煤炭和地下水勘查以间接找矿为主，除调查了解成矿环境外，主要是圈出可能的含油气、煤炭、地下水的层位及局部构造。在找油气方面已采用化探、激电、磁法等非地震方法，试图判别地震圈出的局部构造的含油性，以便实现“直接”找油。在煤炭勘查中，已采用高分辨率地震技术有效地追索煤层及煤层中的小断层。在找水方面，也使用核磁共振、激电等方法判定电阻率法圈出的可能含水地段是否有水和水量大小。在寻找沉积盐类矿床方面，重力、电法、放射性、地震和水化学等方法的综合运用，不仅能圈定沉积盆地、了解构造，还能“直接”圈定盐类矿田或矿层范围。

在寻找金属、非金属矿方面，初期以直接找矿为主。自 60 年代开始，为寻找某些物性差异小的矿及深部矿，已重视间接找矿。如个旧锡矿老矿山在 1954～1956 年投入自电、电测深、磁法、重力和土壤测量进行直接找矿，效果欠佳：从 1959 年开始重视间接找矿；1962～1965 年，采用大极距电测深查明岩体隐伏接触带，结合岩石测量和地质标志，找到了埋深达千米的高松大型接触带型锡多金属矿床，取得成功。又如，在山东等地找金工作中，曾用电法、高精度磁测有效地追索覆盖层下的含矿破碎带；在长江中下游和湖南等地寻找有色金属矿产时，用重力、磁法成功地圈定了与成矿、控矿有关的岩体，以间接方式，在找矿方面发挥了重要作用。

5 方法选择要遵循优化组合的原则

由于物化探异常的地质起因往往是多解的，在复杂的情况下需多种物化探方法相互配合。根据物性条件、控矿地质条件、地形和交通条件以及每种方法本身的特点，本着既不多余又不缺少的原则。优选物探化探方法组合，也是找矿成败或影响找矿周期的重要因素。

直接找矿工作从单方法异常多解的困惑到强调多方法综合利用，走过一段曲折的路：1）50 年代用磁法找磁铁矿十分有效，曾认为有一定强度的磁异常就是磁铁矿引起的，但在多处打钻验证却未见矿。后经研究物性才确认是各类火山岩引起，特别是大兴安岭的酸性火山岩(流纹岩)，其剩磁很强，其它地方的火山

岩也有类似情况。2）50 年代中期用自电法追索浅部硫化矿床，效果也好。但在大范围开展工作后，也遇到许多如地形、破碎带、黄铁矿化、石墨化等因素引起的非矿异常，使自电法的效果大受影响。3）50 年代前期用电阻率法(包括等电位线法)找金属矿，也由于引起低阻异常的因素很多，验证异常时曾多次落空(如在白银厂外围、中条山外围曾对异常验证，均以见到碳质岩层而失败)。4）50 年代曾对单元素化探土壤异常进行检查，因深部情况了解不够，钻探验证结果不甚理想。一是因为主矿体不一定在化探异常最强部位之下，且产状不清：再者，一些化探异常仅为浅部矿化或剥蚀后的矿尾晕引起，因而也发生过找有色金属矿效果不佳的时期。5）自 50 年代末起，开始重视对某一方法普查发现的异常用另一参数的方法进行检查。有时还用综合方法进行普查以便综合找矿和综合解释异常。采用这种方式，找矿效果大大提高，特别是化探与物探相结合，或是化探异常用物探方法检查，或是物探异常用化探方法检查，均使物探、化探异常的验证取得高命中率。例如，在新疆磁海铁矿，钻探验证其磁异常之前，由于投入了重力和电法，综合异常具有重高、磁高，电阻率低的特点，推断异常由矿体引起的把握性大，钻探才上得快。6）在找矿史中，也有许多投入综合方法过多，有些方法重复，作用不大的例子。

三、解释异常的经验

物探化探资料的推断解释，存在 2 种多解性：一是异常起因地质定性解释的多解性；二是定量反演异常源几何参数的多解性。前一种情况常导致区分矿与非矿异常的失误。例如，与全国知名的云南大红山铁矿和江苏梅山铁矿对应的航磁异常，在查证之前仅依据磁异常特点和与地质图简单对比，最初均推断由火山岩引起。后一种多解性可导致因产状判断错误、推断深度不准等使第一、二个验证孔找不到矿体或找不到主矿体。正是由于客观存在的这 2 种多解性，造成了物探化探资料推断解释的复杂性。

减少多解性的办法，从目前看主要有 3 条途径：其一是通过观测数据在数量上空间分布上的增多，减少定量解释的多解性；其二是通过稀疏工程控制和增加性质不同的观测参数，即投入综合方法减少定性与定量解释的多解性；其三是深入研究异常和提高解释者的水平。

从众多异常中筛选出矿致异常进行工程验证，就是物探化探找矿中在取得合格资料后的关键。异常筛选是目前物探化探找矿工作中技术难度最大、最能显示物探化探工作者水平的重要方面，因为异常地质起因解释需考虑众多的复杂因素。在给异常定性时，判断异常的地质起因要注意以下问题：

1 从已知到未知和注意发现新类型、新矿种并重

“从已知到未知”是物探化探异常解释的基本准则之一。“已知”首先是指工区内或邻近地区已知地质起因的异常，通过追索、类比已知异常，推断未知异常的地质起因，可靠性较大；同时也是指非工区内、非邻区的已知成矿地质条件和已知矿异常特点，据此筛选出位于与已知矿成矿地质条件相同或相似地段的异常和异常特点相近的异常进行验证，成功的把握也较大。

“从已知到未知”不能绝对化。同一地区同一矿种可能有几种矿床类型：控矿构造可能有多组方向；同一类矿床可能产在并不完全相同的地质环境中；更重要的是在工作区内可能存在不同于已知矿床的新矿种、新类型。既要从已知到未知，寻找与已知矿床类似的矿床；又要有创新的思想，同样注意那些与已知矿异常特点不同、所处地质环境或矿化特点不同的那些异常。

江苏栖霞山铅锌银矿床原为小型锰矿，验证自电和化探异常，却发现了大型铅锌银矿床；陕西八卦庙金矿先发现了褐铁矿化石英脉含金，从 1981～1987 年，用了 7 年时间找石英脉型金矿，但品位普遍低，此后在化探金异常中心布槽验证，发现宽达 100 余 m 的含金蚀变千枚岩，从此发现新类型矿化，矿床规模达特大型；贵州老万场金矿，1983 年土壤测量就圈出了金的高含量异常区；囿于找原生金矿，1985 年再次查证该金异常，也未将土壤中的高含量视为矿，而中止工作；到 1992 年进行资料二次开发时，才重视这一土壤测量异常，并发现了新类型—红土型金矿；1957～1958 年，据地面磁测异常发现了陕西大西沟铁矿，储量不足 1000 万吨，1966 年发现航磁异常后，经地面磁法详查，1969 年布 5 孔验证，都只见薄层磁铁矿，此后由于地质人员辨认出了肉眼难以识别的菱铁矿，才得以突破。实际上该矿床以菱铁矿为主，次为菱铁— 磁铁矿及少量磁铁矿体。这一认识的提高，使储量增至 3 亿吨。

2 要善于分析成矿地质条件的复杂性

在定性解释异常时，不重视异常部位成矿地质环境的分析是不对的，但必须高度重视成矿地质条件分析的复杂性。

(1)地表成矿环境不利，地下有利。内蒙古白音诺尔铅锌矿床属矽卡岩型，依据激发极化异常在矿区西南的火山岩之下找到了矽卡岩型矿体；在山东西尚庄铁矿的找矿中，根据位于闪长岩出露区的磁异常，在闪长岩的下接触带找到主矿体；1972 年验证由黑龙江双鸭山铁矿引起的磁异常时，探槽中只见到变质岩，地表又散布大量玄武岩转石，就推断异常由玄武岩引起，因而中止工作。1993 年再次深入研究该异常时，才认识到地表所见玄武岩不能引起实测异常，因而再次验证，孔中见到厚达百米的矿体，成为大型矿床。

(2)当异常区存在石墨化、黄铁矿化等干扰源时，不要就认定是不利的。例如，吉林山门银矿床，1979～1981 年。采用 1：10 000 激发极化、磁法和少量土壤测量发现了长达 5 000 m，宽 1 000～1500 m，Ms 为 6%～30%的规模巨大，强度很高的激电异常。认为一级异常由石墨化、黄铁矿化大理岩引起，次级异常由硫化物矿体引起。1982 年认为有找金前景，进行槽探揭露，由于未分析 Ag 而无突破。1984 年重新分析 Ag，结果发现石墨化、黄铁矿化大理岩就是含银多金属层，银矿规模达大型(银储量为 1 752 t)。

(3)地表只见矿化，地下有盲主矿体。辽宁八家子铅锌矿床，1954～1961 年发现并查证 1：5 000 土壤测量异常，只发现不连续矿化，认为不具工业意义。1984～1987 年又投人 1：10 000 激发极化，磁法和土壤测量，验证激电、化探综合异常，在 60～110 m 深处发现 6 个盲矿体，达中型；江西曾家垅锡矿，地表只见铜铅锌矿化，地下见锡矿体。

(4)地表露头矿体小，深部有隐伏大矿体。广西钦甲锡铜矿床，1958 年检查航磁异常发现小矿体露头，因规模小，而停止工作。1961 年验证强磁异常，控制了浅部 9 个矿体。1966～1972 年验证低缓磁异常见主矿体，使矿床达中型；云南三山铜银多金属矿，1980 年区调发现铅锌矿点 10 处，因规模小而停止工作。1993 年查证该区面积达 3．5 km2 的区域化探异常，经验证综合物化探异常找到盲矿，银、锶达大型，铜、铅为中型。

(5)地表所见矿床类型无工业价值，深部的另一类型有价值。

例陕西泗人沟铅锌矿床，1959～1964 年区调时查证土壤测量异常发现，但认为属石英脉型，无进一步工作价值。1981～1983 年 1：5 万水系重新发现该异常。1984 年投人 1：10 000 岩石测量，1985 年进行钻探验证，在深部发现了充填型脉状矿体，达中型。

(6)地表所见矿种无工业价值，地下却有另外有价值的矿种：例如，河北矾山磷铁矿床，1959、1961、1969、1970 年 4 次找铁，施工 6 孔，均因铁矿品位低而下马。1973 年再次验证磁异常，见 80 m 厚的磷矿层，因可综合利用，所以成为大型工业矿床

(7)已知矿种矿床规模小，地下有另一矿种规模大。江西城门山铜矿床和武山铜矿床，地表均为小型铁矿和铁帽，地下为大型铜矿；安徽鸡冠石银(金)矿床，1965 年验证激发极化异常只见富硫含铅的磁铁矿、褐铁矿。1971 年再次验证时，发现岩芯含 Au、银较高，1983 年重新分析钻孔副样，发现了一个大银矿。

总之，要依据异常查证结果，分析和计算地表所见地质体或矿化体能否引起实测异常，若结论是否定的，就要考虑深部的可能变化。当然，即使异常确由地表矿化引起，也可根据成矿系列的规律性，推断深部的可能变化。

3 从重视强异常到也注意弱异常

筛选物探异常时，人们往往首先注目强异常；筛选化探异常时，人们往往首先注目“高大全”异常(指强度高、范围大、元素组合多的异常)，这是对的。依据强异常、高大全异常，找到了许多矿床。但是也经常发生在强异常、高大全异常区找不到矿，在弱异常和小异常区却找到了矿，有时还找到了大矿。

磁法找磁铁矿、激电找多金属矿、化探找贵金属矿都经历了从重视强异常到注意弱异常的类似历史。影响物探异常强度的有物性差异、异常源大小、埋深、产状等多种因素；影响化探异常强度和范围的有异常源大小、埋深、剥蚀情况、覆盖情况、表生地球化学环境、地形特点等多种因素，因而仅据异常强度和范围筛选异常是不足取的。在这方面，根据物探低缓异常和“剩余异常”(指由实测异常减去已控制矿体引起的异常之后的部分)找到的大矿前面已有举例。根据弱或小的化探异常找到的大矿有辽宁排山楼金矿(金最高异常值 4.5ppb，异常面积 22 km2)、四川嘎拉金矿(金最高异常值为 9.5ppb，异常面积 20.2km ，在当地该异常值不算高)、贵州烂泥沟金矿(金异常处于高背景区和低背景区分界线附近低背景一侧，因而不明显)、甘肃大水金矿(金异常最高值 3.0 ppb，连续也不好)

和湖南青京寨金矿等。1959 年，验证物化探异常发现了吉林红旗岭一号岩体中的中型铜镍矿床(镍金属量 5.38 万吨)。1964 年在该区进行大会战时，逐个验证了所有高值磁异常，无重要发现。会战即将结束前，最后选择了一个弱小异常(为 300～500 nT，只在 1：10000 图上 2 条线有异常，土壤测量 Ni 仅有一个点异常 20ppm)。进行了大比例尺详查后，Ni、Cu、Co 异常明显增高，同时具有磁高、电阻率低、极化率高和负自电异常综合异常特点，经槽探揭露发现了 7 号岩体中的大型矿床(镍金属量 20.44 万吨)。

4 重视物性和综合方法资料与定量反演在异常定性中的作用

在找矿初期，曾主要将异常与的地质体进行对比，研究其间的相关关系来进行定性解释。有时也去实地了解地表地质现象，并椐此判断引起异常的原因。这种做法会产生许多失误。例如江苏梅山铁矿、云南大红山铁矿引起的航磁异常曾因地表出露火山岩而误判为非矿引起。随着对各类物探异常的深入研究和经验的积累，物探工作者才深深认识到需要实测露头标本或钻孔岩芯的物性，并将根据实测物性资料估算可引起的异常值与实测异常值对比。有时还需通过定量反演磁性体的几何参数帮助异常定性。这种做法先从磁法开始，现在重力、电法等也都重视靠实测物性资料来判定异常性质。当有了钻孔，特别是专门验证异常的钻孔后，更是必测物性(测岩芯或进行测井)。同时对相邻地区已有物性资料的分析、研究也更为深入。但近年工作中，有忽视实测物性，仅靠邻区已有物性或经验就做出判断的现象。

5 要充分估计到异常地球物理解释中的复杂性。

简单、单一形体、简单条件(地形平坦、垂直磁化等)下的物化探定量、半定量(判断形状、位置、产状、延深大小等)反演，其准确度是比较高的。当矿体形态复杂、多个矿体靠近或矿体附近(垂直方向和水平方向)有干扰地质体形成的叠加异常、地形复杂和磁法遇到斜磁化等情况时，定量、半定量反演的难度大增，其结果的准确性也大为降低，甚至会出现错误。

例 1 云南大红山铁矿区的磁异常是一叠加异常，验证初期对叠加异常的影响未予足够重视。推断矿体埋深约 100 m，结果钻孔打到 450 m 仅见 0．53 m 的薄矿层。深入研究后，将异常分解为 3 级，进行反演，推断主矿体埋深达 540 m 左右，结果在 590m 见到厚达 181．5 m 的主矿体；广东天堂多金属矿，1961 年验证物化探异常时，因产状判断错误未见矿化；河北相二庄铁矿，在验证其异常时，在异常中心布 3 个钻孔均未见矿，后证实是由于忽视斜磁化影响，推断矿体平面位置有误所致。当矿体形态复杂，但因埋深大导致异常形态较简单时，推断失误的可能性更大。验证安徽安庆铜矿时，第一个孔布在异常中心，推断矿体埋深 200 m 左右，钻至 354 m 仍在大理岩中。再依据第一个钻井中三分量磁测矢量交汇点布第二孔，至 577 m，也全为大理岩。此后地质人员在原位向地面岩体露头方向布斜孔，于 382 443 m 见 60 m 厚的含铜磁铁矿。但其后许多孔又不见矿。1965 年深入研究异常后，发现矿体在地面的投影呈“镰刀状”，按此推断，才打到主矿体；查证化探异常时，也可因“异常位移”一时找不到主矿体，例如四川大陆乡稀土矿发现过程中就遇到这种情况。

若能依据先验知识充分估计矿体形态的复杂性；深入研究异常，识别并消除叠加异常的影响；在地形起伏大的地区消除地形影响或采用合适的反演方法；在斜磁化地区进行化极处理或采用合适的反演方法；增加约束条件等，就能提高复杂情况下的反演精度。

四、查证异常的经验

室内评价、排序、筛选异常是必要的，但可靠性一般不高。要想尽快在众多异常中筛选出矿致异常，目前最有效的方法是大量现场查证异常。最好是100%查证。因为经常发生室内排序靠前的异常找不到矿，而排序靠后的异常却找到了矿，甚至是大矿。

异常查证的实践证明，有时一次查证就找到了矿，但多数情况下往往经过多次查证，甚至几上几下才找到了矿。我们寻找的矿床，可能出露于地表，更可能隐伏于地下；出露于地表的，少数主体已显露，而更多的是只露端倪，有的肉眼可能识别。有的肉眼难以辨认；矿床所对应的异常，有强有弱。有大有小：我们拥有的资料，有详有略，有全，也可能不全；找矿工作者的技术水平有高低之分，工作经验有丰富与贫乏之别，因此一次查证见矿与多次查证见矿大多属正常现象，当然也有因工作失误而导致几上几下的。不管属于哪种情况，只要工作者坚持查证到底，直到查明了异常源的主体和其主要矿化属性，查证的效果就是好的。在未查明异常源的主体和主要矿化特点前就中断工作，必然拖延找矿的周期。我们许多矿床的发现时间长达几十年，主要就是缺乏查证、验证异常坚持到底的精神。

1 查证异常的模式应是Ⅲ、Ⅱ、Ⅰ，分步进行，Ⅲ级查证是关键

异常查证分为 3 个阶段：踏勘检查(Ⅲ级)、详细检查(Ⅱ级)和工程验证(Ⅰ级)。情况简单(例如地表矿、出露好等等)的话，一次Ⅲ级查证就发现了矿，甚至找到了主矿体。多数情况下，一次Ⅲ级查证没有查明异常起因或仅见了规模不大的矿化露头，或仅拣到了矿化转石，难以作出肯定或否定的结论。这时需根据对找矿前景的判断和异常区大小、覆盖情况、寻找矿种肉眼可辨认程度等因素，作出放弃或再次Ⅲ级检查或进入Ⅱ级检查阶段的决定。简单情况下，一次Ⅲ级检查一Ⅰ级。复杂一点的是多次Ⅲ级检查一Ⅰ级，复杂程度高的地区一次或多次Ⅲ级一Ⅱ级一Ⅰ级，非常复杂的情况是一次或多次Ⅲ级一Ⅱ级一多次Ⅰ级。

例如：湖南癞子山银铅锌矿床是Ⅲ一Ⅰ模式。贵州烂泥沟金矿床是 3Ⅲ一Ⅰ模式。湖南万古金矿是 4Ⅲ一Ⅰ模式。四川马达柯金矿床是 5Ⅲ一Ⅰ模式。辽宁排山楼金矿床是 2111 一Ⅱ一Ⅰ模式。新疆康古尔、马头滩金矿床是 3Ⅲ一Ⅱ一Ⅰ模式。新疆萨瓦亚尔顿金矿是 3Ⅲ一 2Ⅱ一Ⅰ模式。原则上在查证异常时不要越级，从Ⅲ级一Ⅰ级模式只是特例。

2 验证异常首批孔不见矿的原因要做具体分析

矿体形态复杂(安徽安庆铜矿床)；推断埋深误差过大(新疆天湖铁矿床)；推断矿体产状错误(广东天堂多金属矿床)；水系或土壤异常位移(四川大陆乡稀

土矿床)；受斜磁化影响，矿体不在异常中心下方(河北相二庄铁矿床)；刚好打在矿体尖灭处(广东长坑金矿一富湾银矿床)。

利用综合异常时，对主异常选择不当。例如，安徽东兴盐矿，1970 年据重力圈定的盆地中心布 3 孔，均未见矿，后借鉴江西省的经验，依据电测深曲线类型布孔，于 395.36 和 593.76 m 见盐矿层。犯这种错误的原因是地质人员不重视物化探成果，移动验证工程位置所致。又如，山东张家金矿床,1989 年验证 1：10000 土壤测量异常，2 个验证孔均布在异常之外。均未见矿。1990—1991 年新布钻孔都移到金异常范围内，就见矿并发现主矿体。

3 注意寻找肉眼难识别的矿种

化验项目不全，漏掉了肉眼不易识别的矿种。

云南乐马厂银矿，1980 年前勘查铅锌矿，因规模小而停止工作，1984 年 1：5 万土壤测量发现了强 Ag 异常，1985 年查证银异常，仅古采矿渣就求出银储量 110 吨，经后续工作，银储量达 2011 吨；湖北银洞沟银金矿，1971 年根据群众报矿发现铅锌矿化石英脉。1973 年布置 1：2000 岩石测量 1 km2 ，发现银、Pb、Zn、Cu 组合异常，1974—1975 年施工 17 孔验证，仅 4 个孔见铅、锌、银矿体，且规模小。埋藏深。1974—1983 年，开展 1：1 万岩石测量 56 km 和孔中原生晕测量，激发极化 3.14km 。发现地表银矿化规模大，转而找银，1985 年提交银储量 1449 吨(银矿体出露地表，位于浅部)。；湖北金井咀金矿，1973 年验证 1：2000 磁和激电异常，布 18 孔，仅见小岩体、接触带上的蚀变及少量铜矿化，因而停止工作。1985 年采岩芯原生晕样品．由于分析了 Au，发现了 Au 的高含量，转而找金。1993 年提交金储量 12 吨。

4 对有希望的异常要敢于坚持验证到底

在世界著名的赫姆洛金矿的发现过程中，戴维贝尔在前 27 孔均不理想的情况下，还坚持继续钻探，终于在第 28 孔中见到主矿体。中国也有类似例子。但在很多情况下，当遇到验证孔第一孔不见矿，又解释不了异常起因时，往往因魄力不够而下马。例如安徽向阳铁矿、山东西尚庄铁矿、广东天堂多金属矿等都是在第一孔不见矿又都未作进一步研究而草率下马。于几年，乃至十几年以后又验证见矿的。还有的第一个孔(第一批孔)虽见矿了，在未深入进行验证后的再解释工作的情况下，只因品位低、矿体小而停止工作，这都是不恰当的。我国也有许多坚持验证、终至成功的矿例。

北京沙厂铁矿床：1958 年就依据 1：5 000 磁法资料，推断矿体具向斜构造。此后历时 16 年，经 3 次验证，于 1974 年证实了物探推断结果，储量净增 1 亿吨；湖北许家坡金银矿等矿床：是第 13 验证孔见矿的；山东王旺庄铁矿是第 8 孔才见主矿体的；新疆阿舍勒铜矿、安徽龙桥铁矿和湖南康家湾铅锌银矿都是第 7 验证孔才见到矿体或主矿体的；还有一批矿床，是第 2、第 3、第 4 孔，钻遇矿体或主矿体的;广东长坑金矿及富湾银矿床,在查证化探异常发现地表金矿体后，因产状不清，布一交叉孔控制深部矿化情况，结果 2 孔均未见矿。在这种情况下可以推断矿体延深不大，就此终止工作。但他们坚持验证，第 3 孔见矿。后经证

实：第一个斜孔与矿体倾斜一致，自然不可能见矿；另一斜孔刚好打在矿体局部尖灭处，使得该见矿的孔未见矿；云南大红山铁铜矿床：1966 年验证磁异常之前，推断矿体埋深 100 m 左右，矿层厚度 40 m 左右。实际于 99 m 深处见矿，但见 5 层 0．5～3 m 薄矿层后，一直钻到 450 m 未见其它矿体。他们经计算发现，尚有 3000 nT 剩余异常；重新深入研究异常后，推断深部隐伏矿体埋深 540m 左右，坚持继续钻进。结果于 590m 深处见矿，矿体总厚 181.5m，一个大型铁矿被发现了。

湖南七宝山铜多金属矿床：1958 年验证地磁异常于 150 m 深处见厚 41 m 的含铜磁铁矿体。接着按 400m X400m 勘探网布孔，位于磁异常之外的 4 个孔均未见矿，因而中止工作。他们分析了不见矿的原因是由于按地质传统做法造成的，于 1996 年重新按异常布孔，见矿良好，发现了一个大型多金属矿床。

5 重视验证后的再解释和井中物化探工作

既然地下有矿而第一孔(或第一批孔)不见矿的原因如此之多，那么若一(或几)钻下去不见矿，也不见可引起异常的地质体就停止工作是没有道理的。在这种情况下，应投入井中物探化探工作，寻找井旁、井底盲矿。在无法投入井中物探化探工作时，也应依据验证孔取得的地质、物性资料作为控制条件，由物探、化探人员和地质人员共同进行验证后的再解释工作。并依据再解释结果提出继续验证或停止验证的建议。地质与物探、化探人员结合不够，共同的、反复的研究不够，这也是有些矿区几上几下，拖长见矿周期的重要、常见原因之一。

我国的井中磁测曾发挥过重要作用。验证山东济南铁矿磁异常时，位于磁异常中心的 ZK1 孔钻至 470 m 只见岩体，未见矿。井中三分量磁测工作在孔深 220 m 处发现规则的井旁异常，推断 ZK1 北侧有盲矿体存在。在 ZK1 北东 70m 处布 2 孔验证，于 224 m 深处见 23．77 m 铁矿体；在河北西郝庄铁矿，井中三分量磁测工作在 50 个钻孔中共发现井底异常 2 处、井旁异常 9 处，经验证这 11 处异常均由铁矿体引起。

五、科学技术进步促进了找矿效果的提高

1 方法技术方面最突出的例子

地震技术：继 70 年代数字地震技术在光点地震技术难以奏效的任丘油田(古潜山构造)和川东气田(地腹构造)获得突破后，近年来三维地震技术又在复杂断块区取得突破，使胜利、冀东、塔里木、辽河、大港等油田的钻探成功率大大提高，新发现了大量断块油田；在煤田勘探中，三维地震已经能有效识别断距为 5 m 左右的小断层。

第二代航空磁测：将测量精度提高了一个数量级以上，从而可以在盆地和弱磁性的金属矿区发现以往难以发现的弱异常。地--井方式 TEM 等方法已证实是寻找深埋矿的有效技术。

区域化探：从 60 年代始，中国在 1：20 万地质填图时就同步进行金属量测量。实际上开始了区域化探，但其效果不佳。自 80 年代开始的第二轮 1：20 万区域化探，只是采用水系沉积物测量，分析元素由十几个增加到 39 个，分析灵敏度和精密度大幅度提高了，找矿效果显著提高，主要得益于野外工作方法的进步，仪器设备和室内分析技术的进步。区域化探的找矿效果以金银最为突出，这得益于分析 Au 的灵敏度由几 X100ppb 提高到(0．1～0．03)ppb；Ag 的灵敏度由 1ppm 提高到 0．02ppm，因而由间接找金进步到直接找金。

激发极化法的研制成功，成为寻找浸染型金属硫化物矿产提供了有效、快速的工具。电子计算机技术的飞速发展，带动了物化探仪器的升级换代，使资料整理、处理、图件绘制自动化和进行复杂定量反演成为可能。

2 异常解释推断认识水平的提高，对找矿效果的提高也是巨大的

自 1964 年在河北邯邢地区验证低缓磁异常找到大型铁矿床以后，开始重视低缓磁异常找矿，取得了一系列突破。除已举过的例子外，还有河北司家营铁矿区据低缓异常发现了大贾庄大型铁矿床；通过验证磁异常，辽宁弓长岭铁矿储量由 1 亿吨增加到 5 亿吨；根据“剩余异常”在已知矿体的下部找到盲矿体，使储量大增，其中成倍增长的有福建马坑铁矿床、阳山铁矿床；安徽何家小岭硫饮矿床、何家大岭铁矿床、徐楼铁矿床、三浦铁矿床；山东顾家台铁矿床；北京沙厂铁矿床；利用模型找矿的成功例证—— 贵州乱岩塘汞矿：自 50 年代起开展了岩石测量，找矿一直未果。70 年代末，在毗邻的大硐喇汞矿田建立了汞矿地球化学模型后，从筛选异常到钻探验证不断运用这一模型，发现了该矿床；对矿床类型认识上的提高，取得找矿突破的例证—西藏玉龙铜钼矿：1966 年，据群众报矿发现玉龙铁铜矿点；1967 年通过磁法和地质工作，确定为矽卡岩型铜铁矿，估算了铁矿储量 2770 万吨。1971 年开展激发极化法工作，发现斑岩中异常偏高，但受找矽卡岩矿床的认识束缚，未予验证。1972 年有了可能存在斑岩矿床的新认识后，才通过验证斑岩中的异常，取得突破，找到了一个特大型铜矿床。

技术进步促进了物化探仪器精度的提高和轻便化、自动化，促进了新方法、新技术地不断涌现。从而提高了物化探的勘查能力(勘查深度、垂向与横向分辨力、无法开展工作的地区减少、反演精度的提高与反演结果的可视化等)和找矿效果。