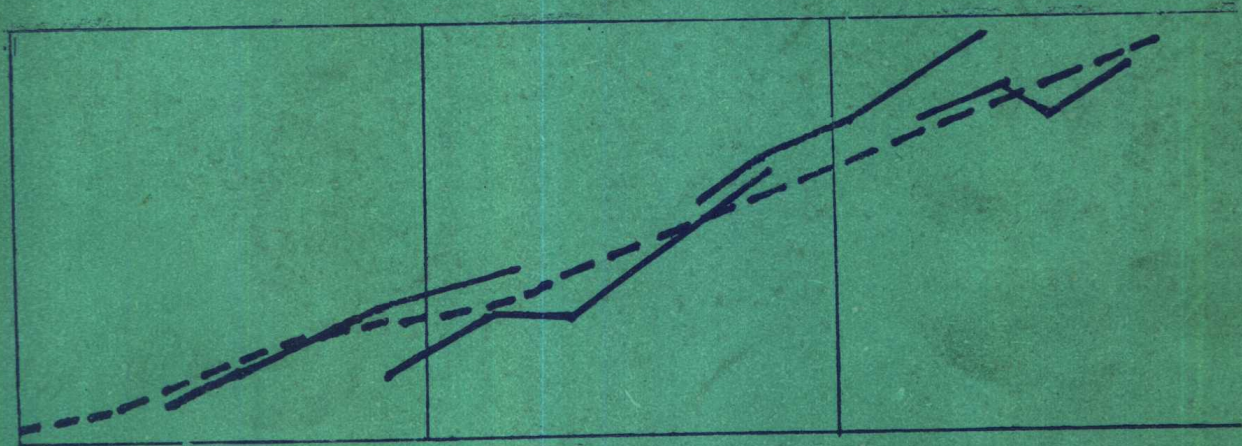


中国地球物理学会

岩石和矿物 物理性质论文集



地震出版社



中国地球物理学会

岩石和矿物物理性质论文集

地震出版社

内 容 提 要

这是一本专门研究岩石和矿物的物理性质、它们的测量方法和技术以及在地质勘探中的应用的论文集，内容包括：岩石和矿物磁性的测量方法，岩石、矿石磁性的影响因素和磁性特性在金属矿预测方面的应用；复电阻率、极化率、介电性质和高温高压下电阻率参数的测定方法，岩矿电性在区分矿与非矿方面的运用；弹性测量的方法技术，介质中弹性波的衰减及滤波特性；区域岩石物性研究及其在矿藏预测中的应用；物性数据处理方法和仪器研制等。可供从事岩石和矿物物理性质测量及研究工作的科技人员、地球物理工作者以及地球物理专业的大专院校教师和学员参考。

中国地球物理学会
岩石和矿物物理性质论文集
蒋宏耀 张赛珍 主编

*

地震出版社

北京复兴路63号
北京昌平百善印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
全国各地新华书店经售

*

787×1092 1/16 18.75印张 480千字
1988年7月第一版 1988年7月第一次印刷
印数 0001—1600
ISBN 7-5028-0117-0/P·76
(519) 定价: 4.35元

前 言

中国地球物理学会于1982年11月28日至12月3日在上海召开了第一次岩石物理性质学术讨论会，参加会议的有来自全国各有关单位的代表80名。会上宣读了学会理事长顾功叙关于岩石物理性质研究工作方向的书面发言，并进行了学术交流。这个论文集收集的就是这次学术讨论会上交流的论文。它本应早就呈现到读者面前，但是由于种种原因，一直延误到今天。之所以将这些论文整理出版，主要是出于以下几点考虑：

一、岩石和矿物的物理性质是地球物理学，特别是勘探地球物理学的重要支柱之一。它不但是勘探地球物理方法应用及其资料的地质解释的依据，是新方法研究的前提，而且它本身就在解决一系列地质问题，形成了一种可以与其他勘探地球物理方法并立的方法——物性勘探方法。这个名词虽然是首先在这次会上提出，目前已为更多的勘探地球物理工作者所接受，但从国内的实际来看，对岩石物理性质工作的重视还显不足，值得进一步加强，而最有力的促进办法，就是总结已经取得的成就。

二、从这次会上交流的内容来看，我国的岩石和矿物的物理性质研究，在物性测量方法与技术，某些岩石和矿物的物理性质，以及它们在许多领域里的应用等方面，都获得了不少很有意义的成果。这些成果到现在还有不同程度的参考价值。

三、这次会议是我国专门讨论岩石和矿物物理性质工作的第一次规模较大的全国性学术讨论会，这些论文作为这项工作发展历程中一个阶段工作的记录，具有一定的意义。

但是，由于延误的时间较长，给编辑工作带来不少的困难。如有的作者就联系不上，因而在文章内容、插图、参考文献、署名等方面都不可避免地存在一些难以弥补的缺陷。为了不再耽误论文集的出版，也只好保持现状了。在此，谨向作者和读者们表示深切的歉意。

中国地球物理学会

岩石和矿物物理性质论文集

目 录

对岩石物性工作的几点希望.....	顾功叙 (1)
物性勘探——岩石物性研究的新方向.....	蒋宏耀 (3)
金属矿床勘探中岩矿物性研究的一些问题.....	汪光照 刘德馨 (7)
地质体磁性特征标志、分类准则研究方法及其在预测金属矿床中的应用	李色篆 张益民 (17)
广东大宝山地区岩石物性的探讨.....	贺绍英 曹慧敏 余纪能 (30)
区域物性调查在中小比例尺找矿预测中的应用.....	王 钟 黄立山 (35)
关于区域矿石、岩石物性中几个问题的探讨.....	李福田 (43)
湖北大别山地区区域物性参数浅析.....	刘崇义 段建国 (51)
煤的体积密度、自然伽马强度的测量及其对解释煤的碳、灰含量的研究	周关华 (56)
利用钻孔岩芯测定岩(矿)石剩余磁化强度矢量的方法.....	黎超群 (63)
河北迁安铁矿区磁铁石英岩有效磁化强度的确定	刁盛昌 孟繁琪 姜凤翔 (71)
宁乡式铁矿磁性特征的初步研究.....	周茂仁 (82)
辽西羊山盆地中生代火山岩磁性特征.....	柴广义 (88)
试论建立地质-地球物理模型对提高电测深在个旧的地质效果的作用.....	曹显光 (92)
岩矿电性研究的若干问题.....	海戴媛 (99)
岩矿标本复电阻率四极法测试技术.....	杨辟元 夏万芳 孙爱秋 (120)
关于岩(矿)石的真(视)复电阻率谱测量中的一些问题.....	陈晦鸣 (130)
我国几个金属矿区岩(矿)石的低频电相位频率特性及其影响因素	张赛珍 李英贤 张树梅 张庚利 王式铭 郑佩琴 (145)
岩矿复电阻率谱的电学模型及其二级参数随时间的变化.....	杨辟元 林天亮 (161)
溶液对岩(矿)石极化率和分解电位的影响.....	温佩琳 (169)
谐波电流场中岩(矿)石的电性研究.....	张宪润 (177)
油田含水砂岩激发极化性质的实验研究.....	赵德水 李振方 (188)
高温高压下花岗岩与角闪岩的电导率测量.....	郭才华 宋瑞卿 崇秀兰 (195)
单轴压力下岩石电阻率的研究——电阻率的各向异性	陈大元 王丽华 陈 峰 贺国玉 戴经安 (204)

水和含水砂介电性质的初步研究.....	潘海丽	(213)
岩石压电效应的测定.....	王秀琨 王寅生	(228)
一种用压机测定岩石样品Q值的方法.....	谢小碧 陈 颢 严维玲	(232)
超声波在干燥、含水、含油砂岩中的传播衰减特性	马丽云 王志强 孙达江 汪鹏程	(236)
三轴实验中应变测量的一个问题.....	刘晓红 郝晋升 陈 颢	(241)
物性统计的数字化方法及其在 FI-59 PC-1500 计算器上的实现	王树青	(243)
半空间地球物理测井对岩石物性的试验研究.....	李兴坤 许兴培	(248)
用核磁共振方法确定岩样的孔隙度.....	肖立志 谢 红	(263)
矿物包裹体淬火试验研究.....	张芷先 柏治平	(269)
金刚石砧式超高压高温实验系统.....	郭金弟 胥怀济	(276)
磁性露头轻便取样钻.....	首钢地质勘探公司机修车间研究室	(280)
BXY-81型热变相仪.....	柏治平 张芷先 王子江	(282)
CHY-81型矿物包体淬火仪.....	柏治平 张芷先 王子江	(289)

对岩石物性工作的几点希望

(在中国地球物理学会地球物理勘探专业委员会物性讨论会上的书面发言)

顾 功 叙

很长时期以来，没有思考过物性测定的问题，这方面过去与现在确是存在着工作方向问题，也就是说为了什么目的要测定岩石矿物的物性。现在，就个人的印象简单说几句，想说两点：第一，什么工作不应该做；第二，什么工作应该或可以做。

一、不应该做的物性工作

为了测物性而测物性的工作不能再做，过去由于我们有些科技工作在选题和开始以前不认真思考想取得什么样的效益，也不考虑经济和成本，盲目上马，最后只好一场空而下马，也无人追问。地球物理勘探中的物性测定工作也并不例外，建立起实验室，测定岩石矿物标本的磁性、电阻率、密度等等，取得了一大批数据，就算成果，至于解决了什么问题则较少讲求。名义上为了对野外物探数据进行地质解释，但是能解释到什么程度则又不求甚解。物探数据绝大部分是多解性的，地下情况至为复杂多变，有了这许多物性数据，有时很难减少多解性，因此，物性研究工作实际作用一直不大显著。原因很简单，就在于目的不够清楚。这样，就只能把取得大量数据作为成果，以手段当成目的，得不到实效也是必然的结果。

物性工作必须服务于某些具体地质找矿实际课题，有了课题再针对它们来设计和开展物性测定，不能本末倒置，先有物性数据再去凑课题。要把物性工作搞活，在于对具体问题作具体物性测定，这样复杂的事物，用生搬硬套的办法来对付是一定要以失败告终的。

二、应该做些什么物性工作

物性测定本来有二个目的：一是为物探数据的地质解释，二是为发展物探新方法。

前者具有多解性，地下条件很复杂，仅凭数值演算，则假定太多，常常不符地下实际情况；电子计算机，尽管可以灵活改变各种假定，但它不能完全代人作出推断的结论，因而需要根据具体情况掌握更多的、必要的先验资料，例如物性资料。而如目的不明确，则物性数据再测得精密可靠，也将是徒劳的。只有具备了一定条件，目的清楚，确定需要一些岩石矿物物性数值时，这样的物性测定才能起到地质找矿的实际作用，这样地质、钻探、物探（包括物性）资料有机结合，才有可能说明一些问题，否则是很难设想物性测定可能解决什么问题的。大家知道，实验室中的岩石、矿物标本的物性又往往同地下埋藏着的不同，不注意这点也会造成很大失误的。

此外，这种推断解释要想做到精确定量，目前还是不太可能的，只能以有一点把握的定性推断解释为主。

那末究竟什么样的物性研究工作现在可以适当开展一些呢？成熟的，不费多少脑筋，不

化苦功夫就可以做到的，那是不会有的。这就要求按严格认真、老老实实的科学途径来试探，看准了问题，要作长期打算，然后一步一个脚印，使真能逐步解决一点问题。

已如前述，物性工作有二种目的：为推断物探异常和试探发展新的物探方法原理提供一方面的依据。后者所谓试探主要就是试图利用新的岩石矿物的特殊物性来提出新的物探方法原理。但这也决不是很简单易行的，就要求去做反复的科学实验和研究，最后还允许失败，不能急于求成，这是最根本的科学态度。

上面提到应扩大一些物性测定的项目，其含义就想利用新的岩石矿物的物性来探测地下，但是这种设想的实现，也离不了实验研究，长期探讨。有一种想法是增添一些新的岩石矿物物性的测定，例如，除电法勘探中电阻率、介电常数、激发极化率之外，探讨电流频率变化时可能出现一些新的参量，而这种参量对某些岩石矿物来说又是独特的，或是地下只有极少数几种岩石矿物所具有的，这样在地面探测时，如发现有些参量所引起的特殊异常显示，就有可能想到是它们的存在，犹如磁异常对应强磁性矿物那样，这种探测现在有人称谓“选择性”较高的物探方法，即这种异常只有少数几种矿物岩石能引起，这样干扰就少了，可更直接一些找到它们。激发极化法的出现，不就是这样的吗？当然后来也遇到了不少激发极化的干扰因素，不过比电阻率、密度（重力）等等要直接得多，有选择性使多解性的问题一定程度上得到了减少。

显然这样的想法，仍只是一种愿望和意图，还只停留在纸面上，要靠反复的科学研究，逐步达到目的，但仍然是以定性为主的，很难精确定量，最后，也还不一定会成功。

另外一种想法是测定岩石矿物标本不应只在实验室中小块岩石矿物标本上进行，还要到露头上、坑道或钻井中测定物性。原因很简单，标本常常不能代表实地岩体矿体，要探测地下取得实效，就必须尽量与地下打交道，避开混入一些人们可以排除的干扰因素，就像把室内的岩石矿物标本当成是实地的来看待。

总之，必须开创地球物理勘探中物性工作新局面，但要创新就得不怕困难，脚踏实地进行认真的科学攻关研究，那种上不着天下不着地的工作，还是不做的好。

物性工作问题，有些同志比我想得深，国内外情况也比我了解得多，就说这一些，仅供与会同志参考。

物性勘探—岩石物性研究的新方向

蒋 宏 耀

(中国科学院地球物理研究所)

岩石物性涉及许多学科领域，在地球物理学中，岩石物性是指那些与形成地球物理场有关的物性。

本文在明确上述定义之后，扼要地说明了以往地球物理学研究岩石物性的目的，以及岩石物性微观研究和宏观研究的内容和取得的成果，特别是岩石物性在空间和时间上的变化本身，已经在地学中得到较普遍的应用。因此，本文提出：岩石物性的这些应用，事实上已经开辟了一个更加重要的新的研究领域，它已不是像过去那样为地球物理探测方法提供应用基础，而本身已成了一种独立的解决地学问题的方法，可以与其他地球物理方法并列而称之为物性勘探法。今后物性研究的主要力量应放在物性勘探上，并为此而提出了四点具体建议。

岩石物性涉及的范围很广，包括地质、采矿、地球物理及工程等诸多领域。不同的领域所涉及的物性也有所不同，因而物性这个名词在不同学科之间交流时容易出现涵义上的某些混乱，所以，当我们谈到某个领域内的岩石物性时，首先就有个“正名”的问题。我们地球物理这个领域所说的岩石物性，就是指那些与形成地球物理场（如弹性波场、电场、磁场、重力场、地热场等）有关的岩石物性，如弹性波传播的速度与衰减、电阻率、极化率、磁化率、密度、导热率等等。到目前为止，地球物理学中研究岩石物性，主要有两个目的：一是为了对观测到的地球物理场进行合乎地球内部结构客观实际的解释，对勘探地球物理来说，即由物理模型去建立地质模型；二是为了探讨新的物性参数，并根据这些参数去研究能解决地球内部探测、资源勘探及工程等问题的新的地球物理探测方法。

但是，岩石的物理性质，不但取决于岩石的内部因素（如岩石的物质组成及结构等），而且也取决于它所处的外部条件（如温度、压力、地磁场等）。

因此，岩石物性的研究包括两个方面：一是微观方面的研究，即采集岩石的标本，在实验室内，测定它们的各种物性参数，并借助各种物理的、化学的方法，研究这些物性与岩石的物质组成和内部结构的关系；二是宏观方面的研究，即在野外或实验室内研究岩石物性在空间上和时间上的分布、变化规律。

现在，这两个方面的研究都已取得相当丰硕的成果。

在微观研究方面，我们现在不但了解到岩石物性与岩石内部所含的矿物、孔隙液(或气)的成份和含量、以及这些矿物和孔隙的尺度大小及分布状态等密切相关，而且也了解到岩石物性与构成岩石或矿物的矿物晶体、分子和原子的结构密切相关。我们知道，元素的物性是由元素的原子结构决定的，如密度和弹性取决于原子核和电子层的结构；磁性、电性和热性取决于电子层的结构及电子的运动状态，而放射性则取决于原子核的结构。因之，元素的某些物性就有与元素在周期表中的顺序相应的周期性的变化。

在宏观研究方面，我们已经广泛地观测到：

一、岩石物性在空间上的变化

1、岩石物性随着岩石所处构造部位的不同而不同，如构造破碎带中的岩石与围岩相比，我们常常可以看到密度、磁性和弹性波传播速度值的降低；而当破碎带含水时，还可见到电阻率值的下降。此外，地台和地槽，含油气构造的中心部分及边沿部分，物性也不一样。

2、矿体或岩体与围岩以及二者之间的接触带中，物性也往往不同。就是在同一岩(矿)体内，中心和边沿的物性也常有差异。

3、岩石所处的深度不同，物性也常常不同，如疏松沉积随着埋深的增大，也就是压力增加，密度及波速值增大；铁磁性岩石，随着深度的增加，温度升高，到一定温度(居里点)时，失去铁磁性。

二、岩石物性在时间上的变化

1、岩石的磁性在时间上的变化。岩石的剩余磁性是岩石的一种物性，它记录了岩石形成时地球磁场的信息，从现在对世界各地不同地质时期岩石的剩余磁性的研究可以看到两个现象：

(1) 磁极的方向每隔一段时期(10^6-10^8 a)要变化180度，这个变化在全世界各地同一时期的岩石中都可以对比。

(2) 由同一地点不同时期的岩石所测定的古磁极位置往往不同，由此得出某些地块在不同的地质时期漂移(大陆漂移)的结论。

2、岩石的密度在时间上的变化。假如在漫长的地质时代中，岩层的埋深大致相同，则时代较老的岩层一般要比时代较新而岩性相同的岩层有较大的密度值，这主要与岩层受重力及压力作用时间的长短有关。

3、一般地说，变质岩时代越老，变质越深，其密度、磁化强度、弹性波传播速度值越大；沉积岩时代越老，固结得越好，密度及弹性波传播速度值也增大。

4、磁铁矿的最大矫顽力在时间上的变化。不同年龄的磁铁矿中，最大矫顽力随年龄的增加而减小(见表1)。

岩石物性在空间上的变化引起地球物理场的变化，已经成为地球物理探测方法的基础，得到了极为广泛的应用，这里就不多说了。这里要特别指出的是上述岩石物性在空间和时间上的变化本身也已在地质学得到了较普遍的应用，如：

1、划分地层和确定地层的时代

岩石剩余磁性所反映的地磁极方向倒转现象，为在全球范围内进行地层对比提供了除古生物方法之外的又一种方法，它在一定程度上补充了地层对比中古生物依据的不足，国际地层委员会已经将古地磁数据作为确定地层层型的必需数据之一，

表1 不同年龄磁铁矿的最大矫顽力

地质年代	绝对年龄 (百万年)	最大矫顽力 (奥斯特)
前寒武纪	>600	6—14
志留纪	366	19
志留纪	316	24—30
D ₂	/	36
D	/	16
C ₁	/	60—90
P—T	/	159

表1数据取自А. Н. Храмов 等, 1961。

2、研究板块构造和资源形成的构造及古地理条件

众所周知, 板块构造与地下资源及地震灾害的形成及分布关系密切。而板块学说就是由于观测到了洋底岩石的磁化方向对称于大洋中脊呈正、负相间的条带状分布而产生的。由岩石剩磁可以确定该岩石形成时所处的地理位置, 从而为研究板块的划分、漂移和岩矿形成时的构造及地理条件提供了资料。如根据古地磁资料, 印度板块在侏罗纪时与非洲大陆脱离向北漂移, 到白垩纪或第三纪初, 与欧亚板块碰撞; 而世界上许多大型沉积变质铁矿又都分布在板块的边缘。E. Irving 还统计了31个古生代油田的古纬度, 发现它们分布在 0° — 30° 的范围内, 主要是分布在 0° — 10° 的范围内, 而其现代纬度则为 30° — 80° 。

3、物性填图

物性填图是地质填图的一项重要补充手段。物性填图不但可以研究构造, 而且更重要的是划分不同的岩带特别是变质岩及岩浆岩的岩相带。为了某一定目的而作出的某个岩层的物性平面图, 如为弄清含油气岩层的含油气性, 作出孔隙度及密度平面图, 再与其他资料配合, 就可为油气勘探指出有利地区。

4、探测隐伏的矿体、岩体及断裂构造

利用矿体、岩体及断裂构造等与围岩在吸收声波和电磁波方面的差别, 用声波或电磁波透视法找这些岩矿体及构造已被证明是有效的。

5、工程方面的应用, 如由纵、横波传播速度求地基的动力学特性等。有的国家(如日本)甚至把纵波速度作为评价岩石地基的主要指标。

6、物性在测井中的应用更为广泛, 这里就不详说了。

7、物性研究在地球内部物理和天体研究中也起着十分重要的作用, 如高温高压下的岩石、深源岩石及陨石的物性研究, 就为了解地球内部及天体物质的状态提供了宝贵的资料。

从上述几个方面可以看到, 与其他地球物理探测方法不同, 我们这里所观测的已经不是由岩石物性所形成的地球物理场, 而是物性本身; 物性在这里所起的作用, 已不单纯是为其他地球物理方法提供应用基础, 而本身成了一种独立的解决地学问题的方法。因此, 物性测量研究已经大大超过了本文开始时指出的两个主要目的范畴, 而开辟了一个新的可能是更加重要的方向。我认为, 现在已经到了这样一个时期, 应当将岩石物性测量研究从过去从属于其他地球物理方法的地位提到与这些地球物理方法并列的地位上来。它已经是一种能与这些方法并驾齐驱的探测方法, 我们可以给这种方法一个独立的名称——物性勘探法。这决不是什么标新立异, 而只是承认现实。明确了这一点, 就有可能使物性测量研究从过去的种

种局限中解放出来，更加充分和主动地发挥它的重要作用。这也是当前经济发展对它提出的要求。

因此，未来岩石物性的测量研究工作，除继续深入地进行微观研究外，主要的力量应放在物性勘探方法、技术的研究并逐步扩大它的应用上。为此，有必要：

一、研究和改进有效的反映岩石处于自然状态的物性测量方法。它包括：

- 1、在野外现场测量物性的方法；
- 2、在实验室内模拟现场条件测量物性的方法。

这些方法既要保证足够的物性测量精度，又要有较高的工作效率。

二、研制轻便的适于野外使用的测量各种物性参数的仪器。

三、在全国各地考虑地区和部门的分布，建立一些有现代化装备的物性实验室。各个实验室应有自己的特点，即每个实验室有一、二种物性作为其研究的重点，其他物性则只作常规测定。

四、可能更为重要的是组织专业的物性勘探队伍。

综上所述，可以得到以下几点认识：

1、过去，岩石物性研究主要是作为地球物理探测方法的应用基础，它在微观和宏观研究方面都已取得了许多成就。

2、目前，岩石物性研究已大大超过地球物理探测方法应用基础的范畴，而成了一种独立的解决地学问题的方法，可以名之曰物性勘探法。

3、今后，岩石物性除继续深入进行微观方面的研究外，重点应放在物性勘探上。为此，必须研究有效的物性测量方法和仪器，建立现代化的实验室，特别是需要组织专业的物性勘探队伍，才能保证岩石物性工作不断满足经济建设和科学研究对它提出的越来越高的要求。

金属矿床勘探中岩矿物性研究的一些问题

汪光照 刘德馨

(中国有色金属总公司矿产地质研究所)

一、前言

矿床与围岩间的物性差异,奠定了各种物探方法的基础,也包含着丰富的地质信息。但是,多年来由于某些理论及技术方面的困难,由于研究工作中的某些片面性,一定程度上阻碍了金属矿地球物理学的发展。

应当指出,金属矿床的成因及空间分布规律是一个相当复杂的地质问题。但是,矿床的形成终归伴随着一系列的物理(温度压力)作用,物质的分异必然导致一定的物性分布模式。因此,通过岩矿物性及有关物理场(现代场与成矿时的原始物理场)的深入研究,配合地质-地球化学探查,有效地解决实际地质找矿问题,是勘探地球物理工作者义不容辞的任务。

二、对当前岩矿物性研究中一些问题的看法

目前,我国岩矿物性研究仅局限于配合物探工作设计及成果解释。究其原因,除测试设备、技术等因素外,物性研究受物探方法制约——基础与应用相颠倒的倾向不能不引起人们注意。一些问题也值得商榷。

1. 物性单元的划分

标本选取、测试数据统计整理等方法,虽有规范可循^(1,2)但物性参数分布,是否属随机函数,尚众说不一。对于物性参数统计中不符合正态分布或者出现多峰值⁽⁴⁾的实际情况,亦存在多种解释。

众所周知,概率统计中符合正态分布的根本前提是若干子样应当隶属于同一母体。一种地质岩性不一定属于同一物性单元。因为地质上岩性划分的依据仅仅是主要造岩矿物的含量及分布形式,对某一物性参数而言,主要造岩矿物不一定是决定因素,例如影响花岗岩磁性的是暗色矿物(铁磁性矿物)含量而非长石与石英。而且,同一岩性在不同地质环境(如近矿及构造带)还会引起不同程度的变异。

针对这种情况,目前所用的按地质划分进行物性分组,列表说明物性变化范围而与标本地质位置不对号的方法,很有必要予以改进。

1) H. B. 多尔特曼等,徐世浙等译,岩石和矿石物理性质测定方法指南,1966。

2. 岩矿物性的不均匀性

不均匀性包括两层含义：同一岩（矿）石处于不同地质环境，物性参数不同；同一岩（矿）的各向异性，物性不均匀分布，在似乎紊乱的形式中内涵着特定的规律和地质信息。不考虑这种情况而以“均匀”分布概念予以简化，只能丧失有用信息而无益于真正解决问题。

仅以矿体-围岩间的物性分布为例，实际上就至少存在三种简化模式〔图1〕。

(1) 突变型：围岩与矿体间的物性差异远大于近矿围岩或矿体本身的物性变异，如块状黄铁矿床的电阻率分布，磁铁矿床的磁性分布等等。

(2) 带（环）状过渡型：矿体以若干晕圈形式与围岩交互，物性分布相应地表现为若干（环）带，带内物性变异与带间物性差异并存，如斑岩型铜矿床的极化率分布。

(3) 渐变型：围岩与矿体间的物性差异以逐渐变异的形式表现，如某些含矿岩脉及部分浸染状硫化矿体。

看来，不研究特定矿床物性分布的具体模式，简单地认为矿体-围岩间的物性都是突变型的，势必降低物性研究的意义，束缚物探方法的进一步发展。

3. 矿物-矿石-矿体-矿床-矿田的物性

矿物、矿石、矿体、矿床、矿田，是一些相互关连而又相互区别的概念，后者依次是前者的集合体。这种集合，不是简单混合，而是特定地质条件下的特定组合。因此，物性研究的范围、方式，应根据地质条件及地质任务慎重选择。

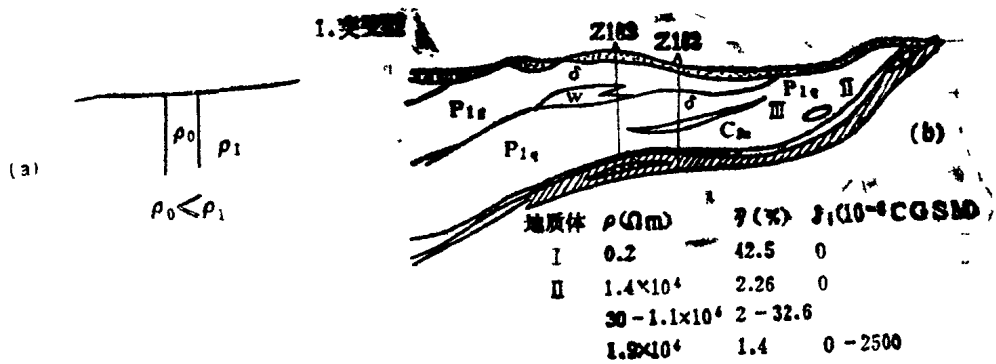
人们往往用表格的形式列出矿物、岩石的物性数据。此类表格中，参数（尤其是电参数）值变化范围很大，力图包罗各种地质类型中的岩矿物性。然而，对于具体的物探工作究竟有多大指导意义却很难评定。因为，物探工作研究的是特定类型的矿体、矿床、矿田，由矿物的特性如何推知矿石物性，矿石特性又如何决定（影响）矿体物性……，目前的物性测试与统计，都是无法回答的。与物探方法配合的物性研究，应该是建立宏观矿体（床）物性的立体模式，既有物理量又有空间分布特征，以便使物探工作由“已知到未知”的探测有坚实的物质前提。

4. 综合物性研究

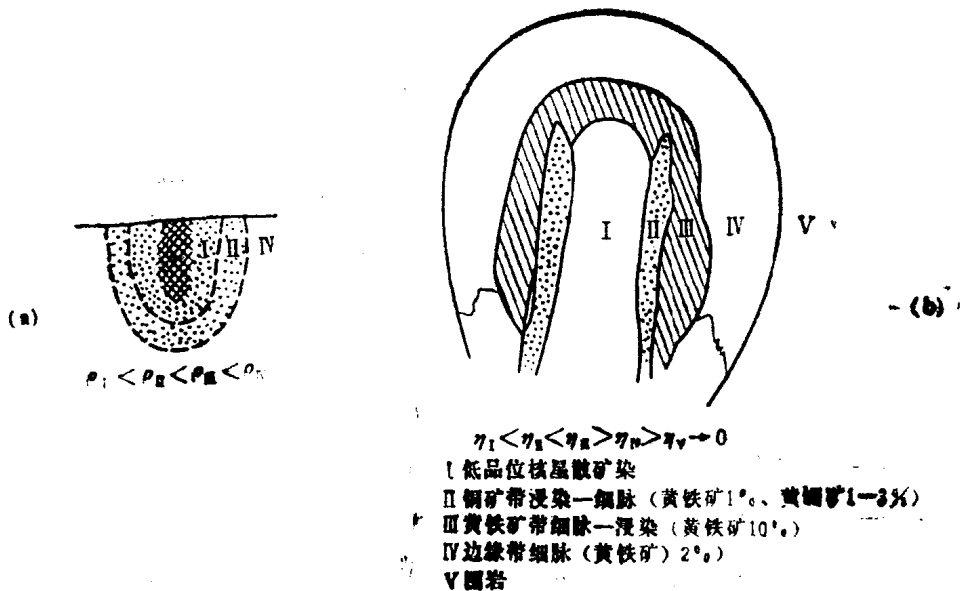
某一物性参数，仅仅反映矿床分布的一个侧面（有时可能是本质的），但随着地质找矿的日益深入，单一物探方法的功效已经锐减，用综合物探方法直接或间接地解决地质问题已是大势所趋。

图2 给出了目前地质上已经应用了的几种岩矿物性及其内在联系。地质作用中最主要的因素——温度、压力，则是各种物性间内在联系的实质性纽带。

研究综合物性的目的，一方面在于寻找新参数，开拓物探的新领域。如利用压电效应（压电法）寻找石英脉及伟晶岩脉，利用非线性效应评价硫化矿床，利用热电、热磁效应直接解决地质问题等等。另一方面是为综合物探提供物理基础，因为采用多种参数及其在特定地质条件下的相关性，可能在位场分析中对场源函数提供某些限制性条件，以提高资料推断解释的准确性。地质体的物性变化范围往往相互重叠，用一种参数（如电阻率）很难区分某



2. 带状过渡型



3. 渐变型

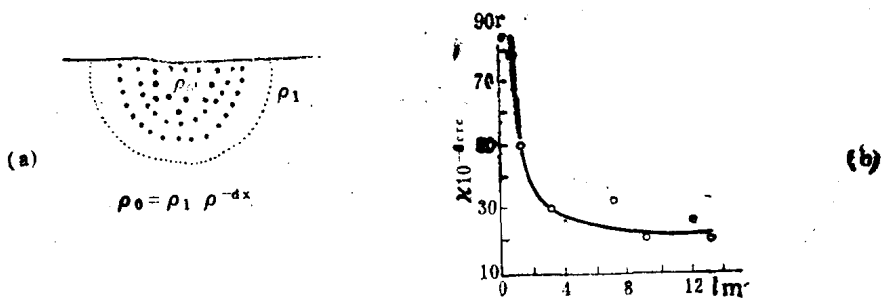


图1 矿床物性分布的三种模式

1. 突变型: (a) 简化模式; (b) 示例安徽新桥矿的物性分布。(据1)改编)。
2. 带状过渡型: (a) 简化模式; (b) 示例斑岩铜矿床的矿化及极化。(据2)改编)。
3. 渐变型: (a) 简化模式; x 为到矿体中心距离, a 为系数; (b) 示例伟晶岩脉磁化率与到矿体中心距离的关系[4]

1) 孔德凤, 安徽省铜陵县新桥铜矿物探应用效果, 安徽冶金地质803队, 1981。

2) 中国地质科学院情报所, 国外斑岩铜矿, 1975。

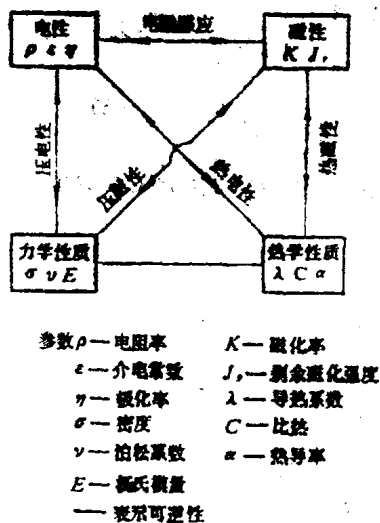


图2 金属矿勘探中应用的基本物理性质及参数

研究的范围很广，从单矿物到矿田、从重、磁、力、电到声学、光学，研究内容不能局限于与物探方法配合，研究方式不能简单划一。与物探方法有关的岩矿物性研究，不能停留于泛泛的数值统计，要强调空间分布规律（以便与场的分析相协调），即建立各类矿床（田）的岩矿物性分布模式。

建立矿床（田）的物性模式，一方面可以加强物性研究与地质-地球化学的联系，使得纷纭庞杂的物性数据条理化，更加赋有地质含义。另一方面，可以简便地表达物性差异与物性变异（对金属矿探测说来，前者反映区域性特征，后者应映局部场）并存的客观事实。在目前的物性测试中，物性变异通常被当成“频散性”，“离差”等等统计项来加以讨论。

地质作用的复杂性，决定了岩矿物性研究的综合性。因此，只有开展多种参数测试，从各个侧面探索，认识岩矿物性及物理场与各类金属矿床的时间、空间对应关系，岩矿物性研究才能不断深入，充分发挥它应有的作用。

三、岩矿物性研究直接解决地质问题的若干可能性

从一定程度上说，岩矿物性的分布规律，是多种地质作用的标志。利用这些标志，有可能直接解决多种地质问题。鉴于物性研究应用于岩石学，地层学、矿物学的一般情况，如古地磁方法解决地层年代、构造，利用密度值划分沉积岩岩相，利用电阻率数据研究岩石的结构因子，利用金属量样品的磁化率进行地质填图等等，已有不少文献报导^{[1][2]}，这里仅讨论几个较新的动向。

1. 物性分类与岩石成矿专属性问题

某一岩体、某个特性地层是否含矿，或者更明确一点，某一含矿岩体或某一矿源层，究竟哪些部位可能成矿？这在地质找矿中是很普遍的问题。物性研究解决这一问题的途径，在

1) 地质部地球物理探矿研究所，岩矿物性论文集，1981。

于对地质岩性做进一步分类。前已提及，地质岩性的划分依据是主要造岩矿物的含量，从找矿角度说，主要造岩矿物不一定总有指示意义，有指示意义的也可能是含量并不高的次要矿物。因此，从已知矿点研究出发，利用有关物性测试资料，对岩性进一步分区，显然有助于成矿专属性的确定。

花岗岩类是形成内生金属矿床的主要物质来源。要不要提花岗岩的“成矿专属性”，地质学家们尚有争异〔10〕。但是对苏联一些地区的花岗岩磁性分类与成矿相关性的实际研究表明〔3〕，85%的锡矿床与锡矿化与弱磁性花岗岩有关，仅有15%产于强磁性花岗岩中（此时形成的为一种独特类型——锡石-硫化物矿床）。80%的钨矿与弱磁性花岗岩有关。并且由花岗岩的磁性还可能部分地推出其成矿温度与压力。

岩矿物性分类，还可以利用多参数及其内在联系（对特定地质条件而言）。苏联学者研究了一系列云母矿床〔1〕的岩矿物性以后，发现 η 、 ε 、 κ 、 σ 间都有特定的相关特性。如卡利宁的云母矿床有 $\varepsilon = -6.6e^{-0.36\eta} + 11.7$ 。而可拉半岛的云母矿床则是 $\varepsilon = -13e^{-0.36\eta} + 15.5$ 。可拉半岛等地的兰晶石-柘榴石-黑云母片麻岩有：

$$\kappa = 2.7\eta + 0.96,$$

$$\kappa = 80\sigma - 200.$$

我国物探工作者〔12〕利用剩磁与感磁比值（ $Q = J_r/J_s$ ）区分磁性矿体与磁性岩体，利用重力，磁法综合评价磁性矿床，实质上采用了参数相关性。

这无疑启示人们，利用综合参数及其相关特性，对岩石进行系统的物性分类，为成矿预测做出必要的概率统计，是完全可能的。

2. 高温高压作用后的岩矿物性变异及成矿环境推测

为了解决深部地质-地球物理问题，人们对高温、高压作用下的岩矿物性变异，已经做了大量工作，高温高压对 ρ 、 ε 、 λ 、 κ 、 σ 等参数的影响，均有文献可查〔2〕〔3〕〔8,9〕。然而与金属矿床勘探关系更为密切的，却是岩矿经过高温高压作用后的物性变异，这种变异可用来推测成矿环境。几年来，这方面的研究已为苏联学者所重视。

实验表明，某些岩石经过高温重熔（1000—1200°C）后再返回到起始温度（200°C），电阻率可以变化1—2个量级，或者降低〔2〕或者升高〔6〕反复加温-冷却，变化更甚（图3）。表现出某种“热滞性”。这或许是某些近矿围岩中存在高阻或低阻壳层的一种可能原因。

在高温高压作用下， ε 的变异较小，200°C—400°C ε 值基本不变，仅在400°C—800°C相对于初始值变化3%—66%。

可以设想，系统地研究经过高温高压作用后的物性变异，通过室内试验与野外实地验证，有可能推测矿床围岩蚀变的原始温度。

根据岩矿标本中铁氧化物及其居里点，也可以推测岩石形成条件〔7,20〕。例如火成岩中钛铁矿-赤铁矿系列或磁铁矿-钛尖晶石系列，据研究为极快速冷却的岩相，其中钛的含量与一定温度有关，并受居里点控制，在一定程度上居里点就可作为地质温度计。此外，剩余磁性的均匀性，也被用于确定凝灰岩的形成温度。此外，利用 Q （ $Q = J_r/J_s$ ）数据，有可能

1) Parasnis, D. S. Physical property guide for rocks and minerals.

2) 地质部地球物理探矿研究所，岩矿物性译文集，1981。