

烏拉尔黃鉄矿型矿床的 充电法电法勘探

苏联П·Ф·罗季昂諾夫著

顧 燕 庭 譯

94

N

中国工业出版社

本书論述了充电法的理論和实驗基础，介紹了野外工作方法，綜合了在烏拉尔黃鉄矿矿床上应用充电法的經驗。

本书可作为普查和勘探烏拉尔黃鉄矿型矿床的地球物理工作人員和地质人員的参考用书。

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ
ВЫП. 1 ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОФИЗИКИ 1959
П. Ф. РОДИОНОВ
Электроразведка
колчеданных несторождений
Урала
Методом Заряда
СВЕРДЛОВСК

* * *

烏拉尔黃鉄矿型矿床的充电法电法勘探

顧 燕 庭 譯

*

地质部地质书刊編輯部編輯（北京西四華市大街地質部院內）

中国工业出版社出版（北京後絳閣路內10号）

（北京市书刊出版事业許可證出字第110号）

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $5^{11/16}$ ·字数146,000

1962年9月北京第一版·1962年9月北京第一次印刷

印数0001—1600·定价（10-6）0.91元

*

統一书号：15165·1399（地质-143）

烏拉尔黃鉄矿型矿床的 充电法电法勘探

苏联 П. Ф. 罗季昂諾夫著

顧 燕 庭 譯

中国工业出版社

目 次

前言	3
緒言	5
第一章 烏拉尔黃鉄矿型矿床地質-地电特点簡述	7
§ 1. 烏拉尔黃鉄矿型矿床的地质概况	7
§ 2. 围岩和矿石的电阻率	12
第二章 充电法的理論和实验基础	21
§ 1. 充电球体的电場	23
§ 2. 充电綫导体的电場	27
§ 3. 充电橢球体的电場	34
§ 4. 复杂电場 (按实验室研究)	54
§ 5. 在非均匀介质条件下实验室实验的若干結果	70
§ 6. 在围岩介质中充电物体电場研究的若干結果	73
§ 7. 电場的比較特性	79
§ 8. 岩石的各向异性对点源場的影响	88
第三章 野外和室内工作方法	93
§ 1. 野外勘查方法	93
§ 2. 野外工作仪器簡述	96
§ 3. 野外和室内工作的組織和进行	107
第四章 充电法应用經驗綜述	127
§ 1. 在变质片岩中充电时的电場	127
§ 2. 烏拉尔不同黃鉄矿型矿床的电場	131
§ 3. 研究野外測量資料的簡短总结	171
結束語	178
参考文献	181

前 言

从1925年起就开始应用地球物理方法来勘探烏拉尔黄鉄矿型矿床。这种方法在綜合普查勘探工作中很快便占据主要地位。1929年以来，烏拉尔东坡綠岩帶的所有地质远景地区都是先用地球物理方法进行勘查（主要是电法勘探），然后再在用地球物理方法查明的异常范围内开始普查勘探工作。地球物理勘探方法的巨大实际意义为如下的事实所証明：在1925到1955年这一个时期內，在用鑽探检查地球物理异常时，已經揭露了这些年間所勘查的黄鉄矿型矿床总数的80%以上。

最近20年来，在烏拉尔应用了充电法^①（充电体法）。这个方法目前在烏拉尔黄鉄矿型矿床的初步勘探和詳細勘探方面是一个最为有效的地球物理方法。

但是，充电法的应用还頗不广泛，还远沒有完全发挥它的潛在可能性，而且野外測量也并不是始終收到地质效果。其基本原因之一是：关于野外工作方法的一些問題在文献中闡述得不够，特别是，缺乏充电法勘探的专门指南。对于指南之所以感到特别需要还在于：在現有的电法勘探教科書中只介紹了充电法的一般特点，絲毫也沒有討論到許多专门問題。

由于上述情况，編写一册关于在各种地质条件下运用充电法的指南和規範，已是金属矿地球物理勘探方面刻不容緩的任务之一。在这个計劃之下，着手写出了这本书，作为从事烏拉尔黄鉄矿型矿床的普查和勘探的地球物理勘探人員和地质人員的专门指南。

在这本书中，根据理論和實驗室研究对充电法进行了探討，同样也研究了烏拉尔黄鉄矿型矿床的地电构造的特点；此外，还闡明了充电法在烏拉尔綠岩帶不同地质条件下的分辨能力。

^① 根据A.Г.塔尔霍夫教授的意見，“充电体法”一詞改为“充电法”。

不言而喻，只有在研究烏拉尔黃鉄矿型矿床的地质条件和围岩的地电特点的基础上才有可能来探討野外勘查的方法；然后才可以正确地用它来解决实际问题。有鑑于此，在指南的第一章中簡明地描述了黃鉄矿型矿床的地质情况，介紹了矿石和围岩某些电性的簡明特征。

在第二章中，根据理論和实驗室工作的数据討論了其形状与烏拉尔黃鉄矿型矿床矿体最为接近的导体的电場。

第三章描述了在烏拉尔地质条件下运用充电法的野外工作方法和技術。

第四章論述了对产在不同地质条件下的烏拉尔黃鉄矿型矿床运用充电法的經驗。

在結論中列举了有可能依靠充电法勘探来解决的几个主要的实际问题。

在編写本指南和在进行实驗室和野外研究时，作者曾經接受了Ю.П.布拉舍維奇教授、С.Н.伊凡諾夫教授、И.С.格里范德副博士（苏联科学院烏拉尔分院矿山地质研究所）以及И.К.奥甫琴尼科夫副教授（斯維尔得洛夫斯克矿业学院）的建議。已經故世的И.И.沙霍夫工程师（烏拉尔地球物理托辣斯）給予了作者很大的帮助。

A.С.謝苗諾夫教授（列宁格勒大学）和И.А.齐明、已故世的С.А.彼得罗巴甫洛夫斯基、Т.В.捷岱紹娃（烏拉尔地球物理托辣斯）校閱了手稿，并提出了宝貴意見。

作者謹向他們深致謝意。

緒 言

充电法在普查和勘探那些导电性較高于围岩的矿床方面是最为有效的电法勘探方法之一。充电法的根据是研究导体或围岩介质中的点源場，这个点源是供电电路的电极之一。供电电路的另一个电极（接地）置于相当远的地方，以便充电时在所研究地区的范围内可以忽略其电场。这个电极在下面我們將称为远离电极，而把这个电极与供电装置間的連綫称为远离綫。

充电法多用以勘探硫化矿床，有时对勘探无烟煤和石墨矿床也很有效。充电法用来确定地下水的方向和流速的例子，是人所共知的。

用充电法进行勘查时，所研究的地质体必須在深处揭露。可是，这个方法有时也可以用来查明地表的矿化露头。在这一方面，往往是在初步勘探和詳細勘探阶段使用，有时甚至在矿床的开采阶段使用。

在野外工作中，目前充电法能够解决如下几个基本問題：

1. 确定矿体的空間位置、規模和产状。
2. 研究整个矿带的构造，也就是确定組成矿带的单个矿体的相互关系。

3. 普查新矿床，其中包括已知矿床附近的深藏矿体。

4. 对矿化点作远景評价。

首先提出充电法的是K. 什柳姆别尔热教授（1932）。

在烏拉尔，充电法的首次野外工作是在1933年由在Л. А. 道勃罗沃尔斯基领导下的莫斯科石油科学研究所的一个大队进行的。同年，本書作者在許多烏拉尔矿床上繼續进行了野外研究，参加此次工作的有B. M. 麦尔納和B. Г. 科明。1933年，成功的工作結果为更加广泛地推广充电法創造了条件。

随后，充电法就开始运用在卡累利阿和科拉半島的硫化矿床上，以及在外高加索的銅矿床和阿尔泰的多金属矿床上。

在苏联发展充电法的事业中有巨大意义的是 A. C. 謝苗諾夫的著作 (1947甲, 1947乙, 1948, 1953)。方法的个别理論問題在 И. К. 奧甫琴尼科夫 (1937)、И. С. 格里范德 (1950甲、1950乙)、Н. В. 利普斯卡婭 (1949) 的文章中进行了討論。在烏拉尔条件下的工作方法和技术在 П. Ф. 罗季昂諾夫的一系列文章中都有叙述 (1937, 1938, 1940, 1949)。

毫无疑問, 在苏联, 在研究和应用充电法方面做了不少工作, 但是还有很多工作必須繼續去做。研究非均匀介质中的电場, 首先是用以寻找鑽孔之間深部矿体, 是一个最为重要的課題, 在今后的理論和实验工作中迫切需要解决。

第一章 烏拉尔黃鉄矿型矿床

地质-地电特点簡述

§ 1. 烏拉尔黃鉄矿型矿床的地质概况

已知的烏拉尔黃鉄矿型矿床分布在烏拉尔山脉东坡的志留紀和泥盆紀的火山岩帶之間。火山地层夾有正常沉积岩，它由互相交替的酸性、中性和基性噴出岩及其凝灰岩、凝灰角砾岩、以及凝灰砾岩、层凝灰岩和凝灰砂岩組成。我們順便指出，根据近年来的研究，在矿帶上大半是火山碎屑岩、块集凝灰岩和結晶凝灰岩。在烏拉尔的許多地区，残斑变岩和綠色片岩广泛分布。

在正常沉积岩中最为发育的有千枚片岩和硅炭质片岩、石灰岩和縞碧玉。

侵入岩为不大的斜长花崗岩、花崗斑岩、閃长玢岩、閃长岩和輝长岩的岩体。

在脉岩中，閃长玢岩、輝綠岩、輝长輝綠岩、輝长玢岩、鈉长斑岩、花崗斑岩、正长斑岩最为常見。

在构造方面，綠岩帶是一个复杂的复向斜，它的特点是褶皱变动和断裂变动相結合。基本的、决定性的构造是一些长度不等的巨型褶皱，重迭在上面的是較高級的小褶皱。地质构造的主要褶皱变形是如下的一些断裂破坏，根据某些地质学家的意見，这些断裂破坏发育于大型褶皱兩翼的整合的平行逆掩断层，而在大褶皱消失的地方，則发育于不規則的单斜层中。在北烏拉尔和南烏拉尔，复向斜的特点是：构造多少是規則的，褶皱兩翼的傾角是平緩的。在中烏拉尔，从克拉斯諾烏拉尔斯克城的緯度开始到米阿斯城，因有較小的褶皱錯动而使褶皱复杂化。褶皱的形状复杂（倒轉褶皱、等斜褶皱和扇状褶皱）。

烏拉爾綠岩帶的全部或者將近全部火山岩，特別是整套含礦岩石均處於綠岩復生階段，次生礦物發育，如：鈉長石、綠帘石、石英、綠泥石、葡萄石、方解石，其次有綠纖石和閃石。綠岩帶岩石的變質強度隨着烏拉爾山脈的延長而規律地變化，這點取決於綠岩帶的生成條件和構造作用的強度。

北烏拉爾的噴出岩很新鮮，很少看到強烈蝕變的情況。岩石的變質作用只有在熱液活動的地段表現得較為明顯。

中烏拉爾的綠岩經受了深變質作用。鈉長斑岩、石英鈉長斑岩變成殘斑變岩、綠泥岩-絹雲片岩和石英-絹雲片岩是礦帶的特點。由基性岩形成了斑狀變質岩，在進一步變質的條件下，這種岩石轉變成爲綠片岩、石英-綠泥石片岩和石英-絹雲片岩。在中烏拉爾南部（從彼爾沃烏拉爾斯克到米阿斯），在構造表現最爲強烈的地區，綠岩帶岩石的變質作用最厲害。岩石的變質作用在南烏拉爾消失。在烏恰林區域，變質作用比起卡拉巴什區來已經表現得相當弱。在更南的地區，比如在巴依馬克地區，岩石就比較新鮮，劈理發育微弱，有些地方根本不存在，岩石的片理化只發生在直接與礦體接觸的地方。但在該地區的某些地段上，片理化岩石和變質片岩仍還廣泛發育。

烏拉爾黃鐵礦型礦床的圍岩幾乎總是石英化和絹雲母化的。這種過程在中烏拉爾表現得特別明顯。在這裡，石英-絹雲片岩形成了南北伸展的帶，寬10—20到300米，長1公里，往往也有更大的。片岩與片理化較弱的岩石相互交替。在南烏拉爾黃鐵礦型礦床附近，圍岩也富含絹雲母和石英，並且它們常常保持塊狀結構。在此情況下，絹雲母具有肉眼難以鑑別的細粒構造，岩石似乎很少蝕變。

烏拉爾的大多數黃鐵礦型礦床產於酸性岩和基性岩或中性岩之間，或是在它們的變質派生岩石之間的近接觸帶。南烏拉爾的某些礦床直接產於這些岩石的接觸帶上，其他一些礦床（例如，西巴依礦床）卻分布在酸性成分的岩石中間，靠近它們與基性岩的接觸帶。上面所述的規律也反映了中烏拉爾礦床的特點。然而，

由于强大的动力变质和热液变质作用，围岩在这里变成片岩或是其他强烈变质的岩石，所以不能始终保持这个规律。在中烏拉尔，矿体常見于石英-絹云片岩和綠片岩或較致密岩石的接触带。

对烏拉尔的黃鉄矿型矿床来說，其最大的特点是矿体围岩的黃鉄矿化。在这些岩石中，其他硫化物的浸染比較少見。照例，矿体围岩的矿化作用是不均匀的。在片岩和变质岩中的黃鉄矿含量通常为百分之几(按体积)。在个别带中黃鉄矿的含量达到50%。

在烏拉尔的实地地质工作中，我們把矿化作用(按矿化强度)分成如下几組：

- (1) 很稀浸染的(硫化物不超过1—2%)；
- (2) 稀浸染的(硫化物达到5—7%)；
- (3) 中等浸染的(硫化物达到15—20%)；
- (4) 密集浸染的(硫化物达到30—40%)。

如果硫化物的总含量超过40%，而浸染体和致密硫化物細脉相互交替，則这种类型的矿化作用称为“間歇”黃鉄矿。

在致密黃鉄矿石矿体附近，特別在其尖灭地段，观察到最为强烈的矿化作用。与此同时，常常遇到远离矿体的、与致密硫化物无关的硫化物浸染带。

片岩中的硫化物浸染一般会形成透鏡狀的条带、細脉和不正规的堆积，它們通常沿着片理分布。硫化物的这种分布特点决定了变质片岩具有較高的导电性。由于这个原因，片岩的导电性大大地高于含有均匀分散的、但在其顆粒和堆积物之間沒有电导耦合的硫化物浸染的块状岩。

烏拉尔黃鉄矿型矿床照例有规律地分布在有限面积的范围内，即所謂的矿田或矿結內。按照地质构造，某些矿床或者产于几个平行矿带中，或者产于一个伸展几公里的矿带中。在每一个矿田中，这两种情况往往都能見到。

除个别的例外情况以外，烏拉尔黃鉄矿型矿床均为成組矿体。最有代表性的是雁行狀、平行狀和珠串狀的(一个跟着一个地)分布。某些矿床由一个大矿体和几个較小的矿体組成，这些

較小的矿体有时离开主矿体几十米，甚至也有几百米的。

有些矿体具有接近于透鏡状或脉状的伸展形状。对中烏拉尔的矿床來說，較有代表性的为平面透鏡体、脉状体，甚至有时是层状体，其最大厚度与沿走向的长度之比为从1:5到1:15。对于某些矿床來說，这个比值达到 1:50，甚至有达到1:90的，很少为1:2—1:4。必須注意，甚至在一个矿田的範圍內也会見到厚度和沿走向的长度間比例关系各不相同的矿体。

矿体沿走向长度的变化范围很大——从几十米到几百米，个别达到几公里。一些已知矿体的长度变化在 100—500 米的範圍內，而厚度的变化范围为从10米以內到几百米。对中烏拉尔的矿床來說，其最大的特点是矿体的厚度較小，平均 5—25米。南烏拉尔矿床的矿体往往厚度很大（达到100米或更多）。对大多数的矿床來說，矿体沿傾斜和沿走向的延长大致是相同的。然而沿傾斜的长度比沿走向的长度較大或較小的情况也不少見。

烏拉尔黃鉄矿型矿床的矿体与围岩絕大部分是整合的。在中烏拉尔範圍內，矿体常常很陡（傾角 60° 以上），极少有平緩产出的。而在南烏拉尔，甚至在同一个矿床範圍內，矿体的傾斜也是不尽相同的。

在結束对矿体形态学的簡短描述之时，應該指出，在烏拉尔的許多黃鉄矿型矿床看到矿体的傾伏。并且往往不仅矿床的各个矿体具有相同的傾伏方向，而且該矿田的所有矿床也保持同一个傾伏方向。

当黃鉄矿型矿床的构造复杂时，其矿体自然就产于地表下的不同深度上。这时，埋藏較深的、所謂与风化帶无关的“盲矿体”照例也按照出露于地表的矿体的傾伏方向分布。

在矿区範圍內，不时遇到深藏的矿体，它們与风化帶絲毫沒有直接关系。然而，如果它們埋藏在具有較高的导电性（与其他围岩相比）的矿化片岩或变质岩石間时，就形成矿体和风化帶之間的电导耦合。电流就从深部的充电矿体經過这种导电帶流到地表的上部导电层。通过变质片岩中的斑晶帶往往会建立起充电矿

体和組成該矿床（矿帶）的相邻矿体之間的电导耦合。

黄鉄矿型矿床具有如下的垂直分带性的特点：氧化带（达10—45米深）；完全淋蝕带（垂直厚度为0.1—0.5米，在很少情况下达到10—20米的石英-重晶石砂子）；黄鉄矿-松散岩石带；硫化物富集带（达50—150米深）和原生硫化矿石带。

氧化带的深度取决于矿床地质构造的特点、該区自然地理和水文地质的条件。在地形起伏剧烈的地区，一般來說，氧化带的深度較大。在沼泽地段，氧化带不大，往往是根本不存在。

为致密褐鉄矿所复杂化的“鉄帽”对块状黄鉄矿的氧化产物來說是有代表性的。由于硫化物浸染体氧化而形成的鉄帽常常就是风化的和为鉄的氧化物所浸染的围岩。

鉄帽的絕大多数矿物是水赤鉄矿、褐鉄矿、含水針鉄矿。在这些矿物的总体中形成重晶石、石膏、石英，有时是黄鉀鉄矾的小型包裹体、細脉和透鏡体。石英是褐鉄矿硅质变种的主要組成部分。銅、鉛、鋅的氧化矿物很少見。在鉄帽中金和銀的含量比原生硫化物高一些。

褐鉄矿下面是重晶石、石英-重晶石或石膏的砂子，在砂子的下面轉变为黄鉄矿-散砂。在許多矿床上，淋蝕亚带的上部层位并不存在，也就是說褐鉄矿直接轉变为黄鉄矿-散砂。亚带总厚度的变化范围为1—5米。在风化带內产生重晶石、二氧化硅、金和銀的堆积。照例，风化带所具的特点是銅和鋅几乎完全淋蝕，鉄大量淋蝕。

硫化物矿石是块状的，在少数情况下是浸染状的。从浸染矿石向块状矿石的过渡，一般來說明显的。只有在矿体的尖灭地段块状矿石往往不明显地轉变为斑晶。常常遇到所謂的片状矿石，其中主要是絹云母和石英組成的細条带与致密硫化物的条带相互交替。矿石一般具有細粒結構。矿石的主要原生矿物为：黄鉄矿、閃鋅矿、黄銅矿、石英、絹云母，有时为綠泥石。

烏拉尔黄鉄矿型矿床分布地区的地形平坦，削平了、圓弧形的或长条状的丘陵与低洼的地段和寬闊的山谷相交替，低洼的

地段往往是一些沼泽。

照例，在中烏拉尔的基岩上面复盖着土壤层很发育的坡积层和淤积层；其厚度不超过10米，只有在河谷中較厚。南烏拉尔的疏松沉积层稍具另一种特点。它們的厚度变化很厉害；土壤层的发育往往較弱，在其中常常沒有小碎石、卵石和其他岩石碎片（石原）。

第四紀沉积通常轉变成成为古生代岩石的古老风化壳，这层风化壳在中烏拉尔追索到20—30米的深度，在南烏拉尔达到20—50米。中烏拉尔的中生代和第三紀沉积物的发育較少，而在南烏拉尔，它們的厚度有时超过50米（例如在布里巴依矿床的附近）。中生代岩石为砂岩、砂子、亚粘土、蛋白土和砾岩等。

第四紀沉积物的厚度和綠岩帶某些地段上风化壳的厚度不規則，使得上部岩层强烈不均匀，这是造成非矿导电异常的原因。

在旨在普查黃鉄矿型矿床而进行地球物理勘察的地区范围内，中烏拉尔地下水的上部水位深度为0—20米，而在南烏拉尔，水位深度从0到30—40米。

火山岩中的深成水絕大部分蓄存于裂隙中，构造破坏带中的含水量自然增高。

影响地壳最上层自然状态的当地气候对电法勘探的研究有着很大的意义。对中烏拉尔來說，其特点是气候湿润，在夏季降雨最多。这里的疏松沉积层到处受潮，所以很少可以見到因湿度差异而引起的导电率不均衡的带。在南烏拉尔，夏天的降雨量較小。在这种条件下，自然就遇到比較强烈的湿度变化。实际上，一般与低洼地形（特别是河谷和溪谷）相应的潮湿地带具有較高导电率。由于这个原因，在南烏拉尔往往見到“非矿”异常，也就是与硫化物矿化无关的异常。

§ 2. 圍岩和矿石的电阻率

絕大多数的岩石属于离子导体。电流在这些岩石中主要沿着孔隙和裂隙中的水溶液流动，因为主要造岩矿物比起变化范围为

20—150欧姆-米的水的电阻率来具有較高的电阻率(10^8 — 10^{14} 欧姆-米)。矿带中的矿化水的电导率更大。举个例子来说,布里亚瓦黄铁矿型矿床矿坑水的电阻率降低到5欧姆-米,有时甚至还要低。

致密硫化矿石和許多斑晶大都具有电子导电性。这些矿石的导电组份是彼此結合的、具有高电导率的硫化矿物。

岩石(矿石)的电阻率在一般情况下取决于:

- (1) 組成岩石(矿石)的矿物的电阻率及其相互关系;
- (2) 水的数量和矿化程度,水的含量决定于岩石的构造、结构、孔隙度和裂隙度。

除此而外,岩石(矿石)的电阻率也随着温度和勘査时所用的电流频率而变化(А.И.查博罗夫斯基, 1943; Л.Я.涅斯捷罗夫等人, 1938)。

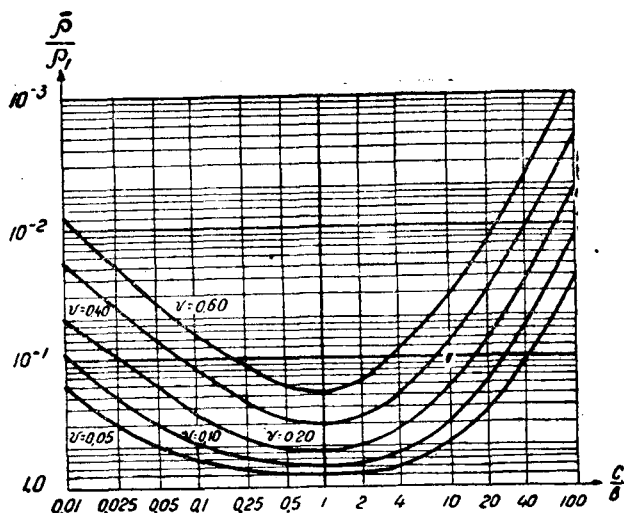


图 1 带有旋轉椭球体形状的理想导电包裹体的集合体的平均电阻率 $\bar{\rho}$ (根据И.К.奥甫琴尼柯夫)

v —包裹体的体积

И. К. 奥甫琴尼柯夫 (1950年) 把岩石(矿石)看作由电阻

率为 ρ_1 的基质（胶結物）和包裹体組成的双組份集合体，得出了确定平均电阻率 $\bar{\rho}$ 的表达式。

在所引用的文章里，介紹了表示集合体电阻 $\bar{\rho}$ 和围岩介质电阻 ρ_1 之比随着理想导电包裹体的体积和半軸比（ $c:b$ ）变化的曲綫，这些理想的导电包裹体具有旋轉椭球体的形状（ $a=b$ ）。这些曲綫复制如图1。分析这些曲綫而得的結論是很明显的。集合体的电阻率在包裹体形状变化时的强烈降低是其中最重要的結論之一。岩石（矿石）的电阻率在导电包裹体伸长或压扁很甚时降低得很厉害，特别是当它們之間发生完全的电导耦合时。

电阻率因上述这些因素而發生的变化，A. C. 謝苗諾夫（1946年）曾經作过詳細的研究。他的研究結果可以归納为如下几点：

1. 导体中非导电的包裹体在沒有占导体体积80—90%之前，它对集合体电阻率的影响較小。这时集合体的电阻率增长緩慢，最大值为胶結体电阻率的1—2量級。

2. 在导电包裹体的含量不大时，具有不良导电的胶結体的集合体，其电阻率接近于胶結物的电阻率。当集合体体积的70—80%被包裹体充填时，其电阻率緩慢降低，約为1—2数量級。只有在导电包裹体的含量非常多时（>95%），集合体的电阻率才强烈降低，逐漸接近包裹体的电阻率。

从上所述，可以得出这样的結論，岩石（矿石）的电阻率在很大程度內取决于胶結体的导电率。具有导电胶結体的集合体，甚至含量为千分之几时，其电阻率可与不良导电胶結体中含有99%以上导电顆粒的集合体等量齐观。为了說明問題，在图2引入了与旋轉椭球状（半軸比为1:40（1）；1:1（2）；40:1（3））包裹体的体积和形状有关的电阻率变化曲綫。

随着具体的地质条件不同，这种或那种岩石的电阻率可以大有变化。因此，只有在分析垂向和側向电測深曲綫以及参数測量的基础上才能給出比較正确的岩石电性鑑定，所謂参数測量可以理解为在自然条件下——在露头、山地和勘探工程（浅井和鑽

孔) 中——测定电阻率。

块状火成岩的湿度一般不大, 所以电阻率极高。根据电测深资料看来, 变化较小的烏拉尔綠岩, 其电阻率的变化范围为 $5 \times 10^2 - 2 \times 10^3$ 欧姆-米, 虽然也观察到电阻率有偏小 (达 2×10^2 欧姆-米) 或偏大 (达 $5 \times 10^3 - 7 \times 10^3$ 欧姆-米) 的情况。

在各种围岩中, 硅炭质片岩和其他含石墨的片岩以及其他具有离子-电子混合导电性的岩石的电阻率较低 (1×10^{-1} 欧姆-米)。

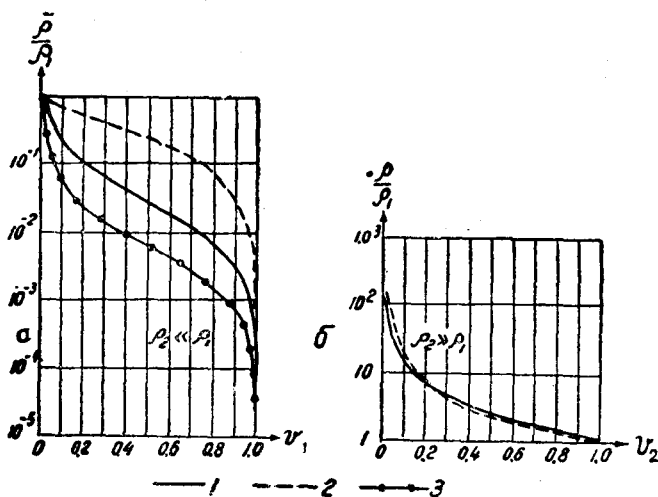


图 2 具有椭球包裹体的集合体的平均电阻率 $\bar{\rho}$ 与导电包裹体 (a) 的体积 v_1 或导电介质 (б) 的体积 v_2 的关系

变质片岩 (石英-絹云母的、石英-綠泥石的、絹云母-石英的等等) 的电阻率在很大范围内变化, 这决定于其中硫化物的矿化程度、含水量和水的导电性。应该假设, 片岩导电率的升高往往主要是因为其中的水的电阻率不高。

在风化带内, 石英化变质片岩和次生石英岩的导电率与其他围岩有很大的区别。这是因为围岩在风化带范围内被激烈地破坏, 因此这些岩石具有较高的导电率。与此同时, 次生石英岩和