

专题论文集
Zhuantiyiwenji

农田抗旱

中国科学技术情报研究所

1966年3月

专 题 译 文 集

农田抗旱

※

中国科学技术情报研究所编辑出版

北京朝内大街 225 号

中国科学技术情报研究所印刷厂印刷

总发行处新华书店北京发行所 全国各地新华书店经售

※

787×1092毫米1/16 印张：5 字数：124,800

1966年3月北京第1版 1966年3月北京第1次印刷

印数：3,000册 定价：1.15元

前 言

在伟大的共产党和毛主席的英明领导下，根据“备战、备荒、为人民”的指示，全国各行各业在支援农业和与自然灾害作斗争的工作中，不怕困难，不畏艰险，发挥了革命干劲与求实精神，创造出了许多动人事迹和宝贵经验。我国有关科学研究人员也正以三老四严的革命精神投身到三大革命运动中，总结劳动人民的实际经验，从而取得了丰硕的研究成果。在当前我国某些地区进行的抗旱斗争当中，广大贫下中农、领导干部和农业科技人员在研究抗旱措施的同时，除了要参考国内资料外，本着土洋结合的精神，也需要参考一些国外资料，为了在当前正在进行的抗旱斗争中贡献点滴力量，我们从本所与中国农业科学院收藏的图书资料当中，结合我国农田抗旱工作的需要，选译了有关资料12篇，约10万余字。在选题过程中，考虑到当前农田抗旱关键在于找水与供水问题，特别在我国北方地区，通过探测地下水进行打井取水是最常用的抗旱措施，因此我们较多地选译了这类资料。此外还选译了一些有关耕作与栽培方面的抗旱措施资料，以便读者能更多地了解国外在抗旱上采取的做法。当然，本着“外为中用”的精神，我们在编译过程中作了一些删节，希望读者在阅读本文集时也能作到批判的吸收。为了适应农时，本译文集编辑出版时间均很仓促，加以编者受专业水平所限，因此在译文质量与选题等方面会有不当之处，尚希读者批评指正。

中国科学技术情报研究所

1966年3月

目 录

在水文地质调查中探寻地下水的指示植物法.....	C. B. 維克多洛夫等 (苏 联)	(1)
用地球物理法探测地下水.....	L. 凱納德 (法 国)	(4)
用地球物理法和电测剖面法勘探地下水.....	賽义德·阿里 (土耳其)	(10)
放射性物质在地下移动的研究:测量地下水流的铜棒法.....	J. 苏弗里奥等 (比利时)	(11)
用单井法对地下水流向进行放射性同位素测量.....	M. 鮑罗欣克等 (波 兰)	(17)
氟化水注入法在地下水示踪方面的应用.....	G. J. 克里兹等 (美 国)	(27)
用KIIIK挖掘机组建造开口井	И. C. 尼科洛迪謝夫 (苏 联)	(32)
英国目前采用的凿井技术	G. R. 斯尼翁 (英 国)	(53)
植物播种前的抗旱鍛炼	П. A. 金盖尔 (苏 联)	(65)
利用单分子薄膜降低水分蒸发.....	V. K. 拉莫、T. W. 赫利 (美 国)	(74)
过磷酸鈣对植物的耐旱力和产量的影响.....	B. C. 巴达梁 (苏 联)	(76)
新的干旱土壤耕作制.....		(78)

在水文地质调查中探寻地下水 水的指示植物法

C.B.維克多洛夫、E.A.沃斯多柯娃、
A.B.沙維林娜、H.Γ.莫斯卡林柯

在苏联各种水文地质调查方法中，植物法的应用范围相当广泛。这种方法的实质是利用植物作为水文地质条件的标志。实践证明，植被可以作为勘探和计算地下水蓄量（甚至含水量极少的地下水）的重要辅助标志，往往只有采用植物法才能查明地下水是否存在。

植被之所以能成为自然地理及水文地质条件的标志，是由于：（1）植被的状态便于观察；（2）植被对于外界条件变化的反应灵敏；（3）从植被的分布反映出水文地质条件。植被是最明显的景观之一，无论在地面或航摄影片上都很容易识别。因此，勘探人员了解植物与水文地质条件之间的关系后，就可以根据对植物的目测结果预测水文地质条件，不需要任何仪器，并且可以广泛地利用植物标志进行水文地质判读。植被对于外界条件的反应非常灵敏，因此，如地下水位降低、地下水矿化的变化、地下水含水层的生成和消失、上层地下水的动态等过程在植被上的反应要比其他任何景观特点更快。特别值得注意的是，利用指示植物为水文地质工作中采用航测方法开辟了道路。

苏联最初在阿里特地区的水文地质调查中采用了植物法，其后逐渐推广至其他地区。目前，在下列各种情况下，已广泛地在水文地质调查中采用植物法。

1. 在大面积沙質风蚀盆地探寻淡水和淡盐水含水层。在这样的地区研究以喜水砂生植物（如 *Artemisia arenaria*, *Melilotus*, *Isatis*, *Alhagi*, *Salix*, *Holoschoenus* 属中的某些种及其他深根植物（*Phreatophyte*））为主的植物群落分布，具有非常重要的意义。这些植物群落在航摄影片上的影象很清晰，可以精确地确定含水层的界线。但是，为了查明风蚀盆地内的含水层，不仅利用象深根植物群落这样的直接标志，还可以利用坡面周围植物群落数量等间接标志。作者在哈萨克西部沙地所进行的观测证明，在四周沙丘围绕的风蚀凹地上生长密集和茂盛的砂生植物——*Elymus giganteus*, *Aristida pennata*，常常表示该地区有淡水含水层。这里的砂生植物丛不仅是风蚀盆地中央地下淡水的直接指示植物，而且也是砂地蓄集水分及形成含水层的最好标志。

2. 在半沙漠地带探寻内陆水系低地及砂壤土—砂質粘土平原的地下淡水和淡盐水含水层。这些低洼地上常常生长草地植物或盐生植物，它们是矿化水含水层的标志。凡在草地植物群落（多半是 *Agropyron* 属各种植物群落）中夹杂有喜淡水深根植物（*Glycyrrhiza*, *Artemisia paniculata* 属），则可找到淡水；如发现有颜色鲜艳的大叶草（*Sanguisorba officinalis*, *Filipenolula hexapetala*）时也可找到淡水。如长满獐毛草（*Aeluropus* 属）、盐碱草（*Atropis* 属）、葛氏磯松（*Limonium* 属）及其他盐生植物（*Halocnemum*, *Obione*, *Suaeda* 属等）时则表明地下水的矿化度较高。

不论在砂地或砂壤土—沙质粘土平原，都可以根据植物的分布特点，查明地下含水层因每年降水量多寡而引起的面积的变化：深根植物茂盛的地方就表示含水层的面积最小（在最干旱年份缩小的面积），在航摄照片上它是以一片较暗的阴影显示出来的。在降水量大的年份，含水层的漫流界线是以较稀疏的深根植物群落（航摄像片上以点状阴影显示）表现出来。因此，根据大片深根植物群落的面积及其周围分布的稀疏植物群落，就可以判断出最干旱年份的含水层。

3. 在沙漠地区探寻粘土低洼地下的含水层。

在苏联南部的沙漠地带（卡拉库姆，克孜尔沙漠，乌斯丘尔脱），遍布着表层为粘土的平坦低洼地，几乎不生长植物，只是一块块独特的多角形龟裂地，称为龟裂土。在沙丘之间的凹地、多石沙漠地区及山麓平原地带亦常见到。当龟裂土四周是砂地，则在龟裂土边缘地带会形成很小的含水层，它们埋藏在龟裂土地层深处的砂壤土层和砂土夹层中。这些含水层可以根据植物群落清楚地辨

认出来，因为，在这种情况下，龟裂土表面生长有深根植物—*Peganum harmala* (*Alhagi*属)。此外，在有含水层的地方，往往在龟裂土表面长有一片茂密的水草。探寻龟裂土的地下含水层，以采用指示植物法最为简便。在第1图上表示的是龟裂土断面图，根据图上的标志就可以探寻到龟裂土下部的含水层。

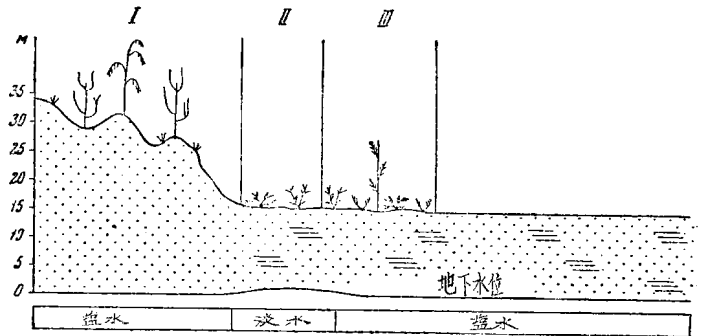


图1 龟裂土地下含水层指示图

I—非近地层地下水指示植物群落 (acc. *Haloxylon persium*—*Convolvulus* sp., *Ammodendron Conollyi*, *Astragalus* sp.), II—浅层地下淡水指示植物群落 (acc. *Peganum Harmala*—*Alhagi persarum*), III—矿化度高的浅层地下水指示植物 (acc. *Salsola arbuscula*—*Salsola Richteri*, *Alhagi persarum*, *Peganum Harmala*), IV—无植被的龟裂土。

4. 在盐碱土洼地边缘地带探寻淡水。当盐碱土洼地位于大片砂土之间，则在砂地及盐渍地边界可以发现浅层地下淡水，其在盐渍地周围形成包围圈。这些水显然具有流动的特性，它从盐渍地周围的大片沙地渗入盐渍地。根据盐渍地边缘发现的大禾本科植物—如芨芨草 (*Lasiagrostis splendens*)、*Alhagi*、*Glycyrrhiza*属植物及其他深根植物，就能找到浅层地下淡水。利用这些指示植物，甚至可以在大部分是盐土的地区确定打井地点。

5. 在大片沙土地带探寻大面积含水层。上述各种含水层皆是小型的地下含水层。但是，沙漠中还广泛地分布着较大的含水层，它们的形成并不决定于当地地貌条件。在实际运用中，这些大含水层要比小含水层重要得多，但是，这种含水层潜藏较深，因此，只能在地下水潜藏较浅的地带利用指示植物寻找地下水。这些地带的水位较浅，生长着喜水性植物群落。在土库曼沙漠，这些植物群落主要为乔木—灌木丛 (*Populus*, *Tamarix*属)，它与芦苇丛和亲水性的高草交替生长，有时生长黑盐木林 (*Haloxylon aphyllum*) 及含羞草丛 (*Lagonychium farctum*等)。

6. 地下水流的勘探。在苏联南方沙漠地带，疏松冲积层（古冲积层、坡积—洪积层及湖积层）下的地下水流，常常根据大片黑盐木 (*Haloxylon aphyllum*属) 及檉柳 (*Tamarix*

属) 探寻。由于黑盐木的根系很发达, 因此黑盐木林可以作为极深层地下水 (30 米以下) 的指示植物。为了预测地下水的矿化度, 需要详细分析黑盐木的成分, 因为 *Haloxylon aphyllum* 本身对于地下水含盐量的变化较大。除黑盐木以外, *Halostachys* 属深根植物 (盐水) 及 *Populus*、*Elaeagnus* (淡水) 属深根植物对指示地下水流也起很大作用。根据在卡拉库姆沙漠观察的结果, *Populus* 及 *Elaeagnus* 类小树林对于探寻乌兹巴古河床地区大面积浅层淡水含水层具有很重要的作用。

在北部各地区, 沼泽地区泥炭层中的地下水流, 可按沼泽植物丛—*Iris pseudacorus*, *Caltha palustris*, *Phragmites communis* 确定。这些植物群落可用以查明沼泽地的水文地质系, 并且在一定程度上确定泥炭的含水量。

7. 上层滞水的勘查。上层滞水的蓄存时间可以根据喜水类植物的发育规律确定。当上层滞水消失时, 许多喜水植物的开花期缩短, 并且很快枯萎了。这表明植物的季相改变了, 很容易观测到, 如果利用乔木树种作为指示植物, 则从飞机上就可以观测到。

8. 根据深根植物组织内的含盐量预测地下水的矿化度。A. B. 沙维林对 *Alhagi persarum*, *Haloxylon aphyllum*, *Phragmites communis*, *Peganum harmala* 及其他深根植物进行了研究, 在地下水矿化和深根植物 (其根部在含水层) 组织内的含盐量之间有着一定的关系。因此, 可以用简单方法测得植物组织内水浸出物中的离子 Cl^{-} , 以确定地下水的矿化度。这样, 就可以大致判断浅层地下水的水质, 而不必进行钻探取样了。

根据指示植物判断水文地质条件的上述方法, 可用以编制地下水指示图 (图2)。地下水指示图也就是指示植物图, 图内用植物来表示地下水。

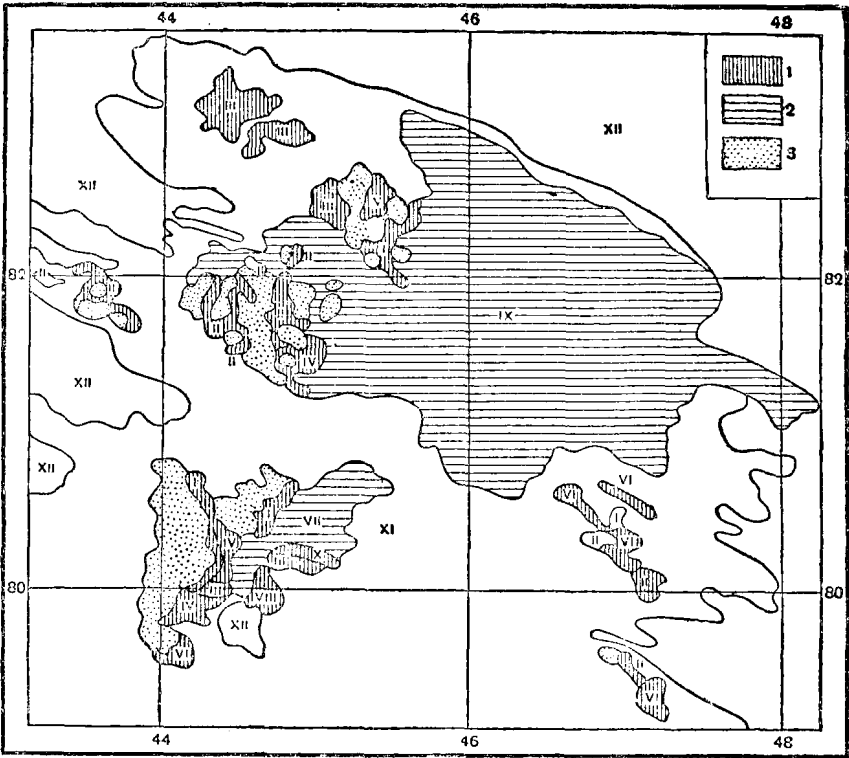


图2. 大片沙地的地下水指示图 (苏联黑土地带)

1——砂蒿、草木樨属、菥蓂属、软骨菊属等群落 (浅层地下淡水地区); 2——白蒿群落, 杂有砂蒿、野麦属、草木樨属 (浅层地下盐水区); 3——新月形砂丘, I—XII——指示植物地物轮廓。

用地球物理法探测地下水

L. 凱 納 德

探测地下水和探测其它矿体一样，基本上是一个地质学问题。借助地球物理学方法确定所收集的地质数据的准确度，用外插法推算可靠的数值。

一般地说来，地球物理学家必须研究的首要问题是众所周知的地质结构问题。地球物理学家处理这个问题所用的唯一的办法是所谓“间接法”，而且这种办法也正是地球物理学方面最有用的和最有效的办法。我们都知道，这些办法对于任何研究的对象——諸如石油、煤、矿或者“水”——都可以应用。

关于那些假定含水的地层的一般研究，沒有现成可用的办法，通常所用的也就是大部分用来补充和改进地质勘探的精确度的一些办法。特别可提到的有：重力法、电阻法、电测深法、地震折射法，还有航空磁测法——换言之，所有这些方法和仪器是目前在进行大面积勘探时最使人满意的方法和仪器了。

电法作为研究地下水水源的一种“间接”法，也许会引起人们的惊异。事实上，岩石只有通过岩石中的溶解于水的电解质才导电。若在干燥器中将它的水分除掉，实际上它就变成非导体了。所以我们可以这样说，当谈到用电法探测时，测值只和所含水的性质有关。不幸在岩石的导电率和它所含水分的质或量之间，沒有简单的关系可资借镜。电导率——用电法探测所要求的唯一的数据——只有在可能有水的情况下进行探测时，具有实际的用途，还需借助于以前所收集的地质数据，在岩石的性质和它的电阻率之间来建立一种局部的经验关系。

由上可知，一般结构的知识或是只从地质学一方面来得到，或者从地质学再輔以地球物理学方面来得到。在任何情况下，当这些数据已经很充分了，可以很有利地选择最后阶段的钻孔地点，一般我们可以断定，地球物理学在这一阶段能够提出的数据是很有用的，因为它们在进行研究的过程中经常提供实际可行的节约办法。在这样的详细的地球物理研究方面，最好的是用电法。

在不久以前，作者曾发表过一篇关于地球物理测深法的短篇论文。可以说这个办法比它目前能够做到的还有更大的潜力。因为文中主要考虑的是探测石油，而对于水来说并不适当。

施鲁姆贝格尔原来用的办法完全是使用大容量的干电池供电。将这些电池看情况串联或

图2内表示了地下水指示植物群落的分布状况。每一种地下水指示图例，都表示了地下水深度及水的矿化度，有时还表示地下水的特性(机械特性和化学特性)。地下水指示图是根据专门的指示植物航空摄影资料编制的(在水文地质调查以前)，以便水文地质人员在开始工作以前已具备地下水指示图，从而能够合理地布置钻探位置及编制水文地质图时仔细核对地物。

目前，水文地质勘探中的植物调查工作大都由水文地质队的植物调查人员担任。

譯自“Проблемы комплексного изучения засушливых зон СССР” 144—150頁

并联做成电池组,具有比发电设备简单轻便的优点,只有在很少的情况下,发电设备才用导线。这些电池是很贵的,而且使用不久就会耗竭。因此,伏特数、安培数和持续时间有经常降低的倾向,而充电线路端点A、B上的伏特数和安培数之降低也自动地降低了试验线路端点M、N上的毫伏数。这将引起测值的误差,因为每一因素都考虑到以后,要达到精确度,完全取决于需测定的电位差 ΔV 和由大地电流形成的电位差之间的关系。

再者,施(鲁姆贝格尔)氏电位计是为了在几秒中内求出测值这一目的而设计的,以免昂贵的干电池迅速耗竭。为此,用一个安有Bowden弹簧的开关同时闭合AB和MN线路是不够的。有必要将仪器结构方面的各种其它的复杂元件(感应校正器、电位计本身饋給的电流的测值以及为了防止漏电所用的金属笼等等)予以介绍。

探测深度所用的发电设备,在任何情况下,必须能够产生强度最大的电流以适应发动机的功率,与AB线路的阻力无关。在某些情况下,该阻力很低,但在另外的线路上,则这种阻力比预期的要大得多。在干旱地区经常有这种情况,那里的人们永远不能抱怨说电压太高了。为了在操作时保证必要的变通性,采用了分别激励的系统。电动机驱动主要的高压发电机,同时也驱动低压的激磁机,它们两者都是直接耦合在电动机的轴上。即使在崎岖不平的路上,两个强劳力或四个普通的搬运工人就可以从货车上卸下电动机抬至适当的距离。如果必需将这台设备运输很远的话,电动机和两个发电机可以拆开来,到了使用的地点再重新安好。

防止漏电(即使是很轻微的)是很重要的问题,该设备应放在和地面完全绝缘的基板上,这是用大的磁绝缘器连在一起的两片“isorel”(塑料构成的),另一类似的基板是为该设备的配电盘而准备的,操作者也坐在上面,和地面绝缘,并且戴上橡皮手套(图1)。

当不用干电池时,可用一种筒式的电位计,因为它唯一的函数就是利用相反的方法定期测量电位差,精确度达到百分之一是足够了。最主要的技术条件是,电位计必须易于掌握,结构坚实,而且不因为潮湿或霉菌而受到侵蚀。一种商用的模型已由巴黎的AOIP公司仿照试验室用的原型而制成。可以保证全部操作顺利进行。不过,因为采用了控制变阻器、总开关和两个转换开关的6个电钮,在安装电位计时,

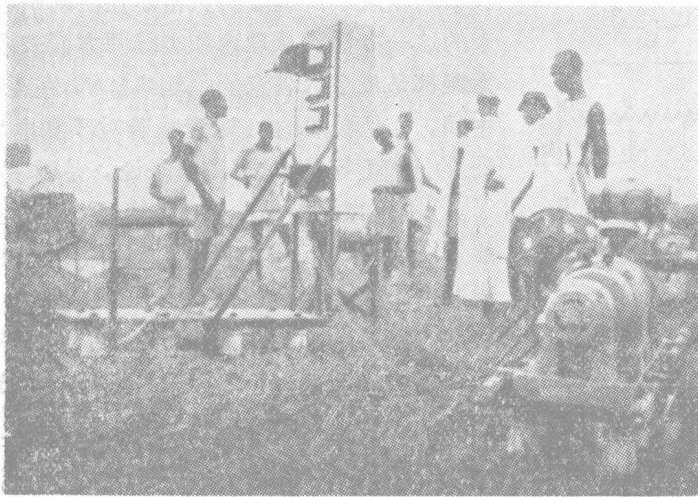


图1 发电设备和开关板放在台板上,並遮好日光

仍有可能发生许多变化。无论操作者懂得一些物理知识,或者根本不懂,至少应该知道哪一个钮该掀、哪一个钮该转、并且朝哪个方向转,在不参看图纸、说明书或略图的情况下就要搞清楚。最后,电位计一旦平衡,就可以很方便地直接读出 ΔV 的数值,大小和方向也都可以读出来,完全不必要作任何计算(图2和3)。

电法特别适合于研究水平岩层,这种岩层经常在水文地理学方面提到。

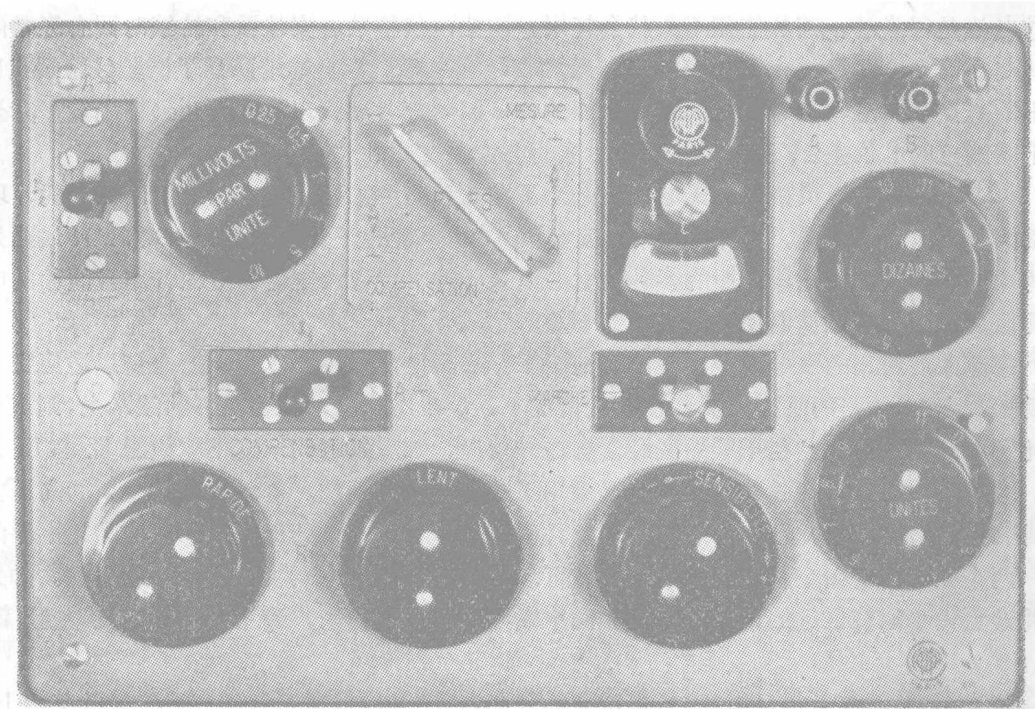


图2 电位计连接图

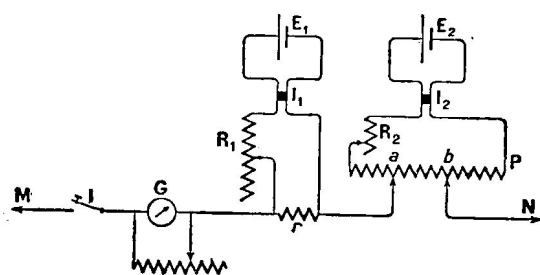


图3 电位计正面图

如AB距离增加，在测定表面电阻率数值时，较深层的电阻率逐渐愈来愈多地影响表面的电阻率。施鲁姆贝格尔在法国研究出来的这一办法，从理论和实际两方面来看，无疑都是最令人满意的，测线MN，在AB的中间，O是极短的。这意味着对于和电场O处的测值等量的 ΔV 测值来说，是够短的了。AB距离逐渐增加而O保持不动，同时绘制图表，图中AB/2沿x-轴表示，而相应的表面电阻率 ρ_a 则沿y-轴表示。

获得这些试验结果之后，必须判断它们。一种引人注目的可能性是，用连续近似法来解释——这是地球物理学家最爱用的办法。首先设想下层土壤的剖面，算出一系列地层可能的深度和电阻率。然后算出所测截面的理论电阻读数。假若找出理论读数和经验读数之间的差别就可以逐渐调整所假定的深度和电阻率直到获得使人满意的结果为止。

目前情况下，这种合理的办法不能付诸实施，因为必要的计算虽然理论上做得到，但都是特别难而且慢，费用很大。因此不得不退回来使用一种令人不满的判断方法——即用许多预先算好的理论曲线之一，以求得和试验图的一致。

此外，在绘制经验或理论图表时，掌握对数坐标是极端重要的。

因为，无论已知的下层土壤如何复杂，也不管它是否是水平的，可以想象另一地层在几何形状及导电性两方面都是相似的。在几何形状的相似性方面，可以假定所有的几何量度包括四个测量电极的量度都乘以一个因数。另一方面，连续地层的电阻率都是不变的。因为

电的相似性，几何量度也保持不变，而各个不同地层的电阻率也都是乘以同一个因数。这就很容易表明几何的相似性可使电阻率保持不变。这样做就大大减少了预先算出的一系列曲线的复杂性，因为每一对任意的参数（各种不同层次的深度和电阻率）中的一个参数经常可被删去。

让我们拿一个重要而特别简单的、只有两层的情况来举例。即使如此它也具有三种任意变数，即：两种电阻率和一个深度。因此，单单这“两层测深”的曲线组就包括了所谓的“曲线的三重无限大”，或者，实际上是包括了许多上面注有双行数字系统的图，每一行表示一系列的答案。由于上述情况，只采用了一个参数——下面地层的电阻率——使整套的“两层测深”可以在一张图上表示出来。

现在假设第一层的电阻率不是 1 而是 ρ_1 ，它的深度也不是 1 而是 h_1 。相应的读数可以用从曲线组选出的适当曲线上的 y 轴乘以 ρ_1 ，x 轴乘以 h_1 来求出。此外，在试验或理论图上，不用延展 x 轴和 y 轴的方法，而用半条线的对数和电阻率的对数作为坐标，于是，x 轴和 y 轴的延展，可以用平行于轴的支距来代替。

为了进一步说明，仍然采用两层的例子，在实际探测中也是要这样做的。图 4 表示理论曲线的对数网，这些网画在一张卡片上，而不必再抄录对数平方。为了参考，图中只示出“坐标的交点”，因为半线的长度和表面电阻率都等于 1，也就是说，它的相应的对数都等于零。试验的结果都画在普通透明的对数图纸上，自然，图纸上所用的坐标和卡片的坐标采用同样的比例尺。所以，在透明的试验图上指出的，在横坐标轴上是 AB 半线长度的对数，而在纵坐标轴上是表面电阻率测值的对数，单位为欧米。假若要判断的结果确实是从水平叠置的两层土壤中得来的话，则适当的支距可以使透明纸上的试验曲线重叠在理论图上的一组曲线之一上，如果需要的话，用眼睛来观察插入。数字解释就自动地跟着出来了。卡片上图的交点的坐标，从描图纸上分别读出所研究的地层的深度，以米计，以及以欧米表示的电阻率 ρ_1 。再者，理论曲线的渐近线在描图纸上有一个坐标值等于 ρ_2 的对数。无疑地，这是一个引入注意的方法，因为它既不需花很多时间，也不要求高的数学知识。

当我们必须处理两层以上的问题时，事情就更复杂了。预先计算出的三层地层的曲线组可以画出，但是困难很多，再用这个办法显然是不合理的，这不仅由于计算方面的浪费大，也因为一系列极端复杂的图网所致。即使我们使用对数坐标而删去两个参数，该“三层”的曲线系仍包含“三重无限大”的曲线，而且那样复杂，实际上很难应用。同时，在解释普通问题时，它又因为图形不全而无能为力。

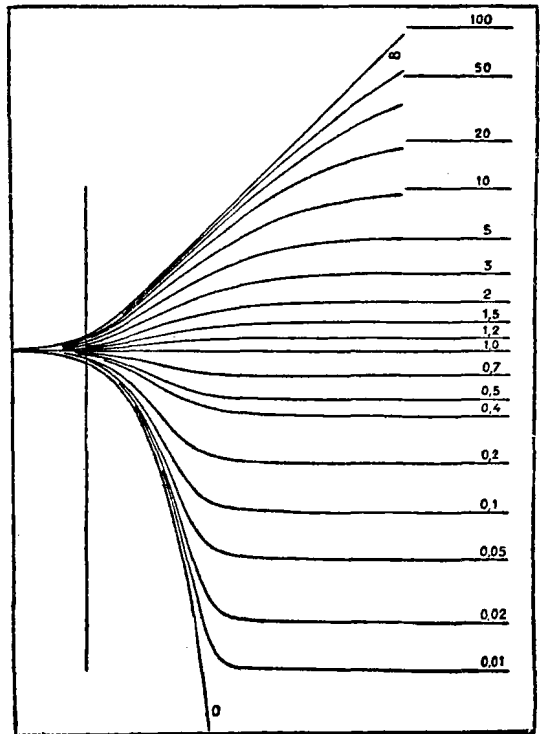


图 4 两层的对数网

然而，其中有一个值得注意的情况，可以只用“两层”的图精确地解释那些比原设计更为复杂的结构。举例来说，设想一个“三层”结构，其电阻率为 ρ_1 、 ρ_2 和 ρ_3 。第二层的深度为 h_1 ，而第三层的深度为 h_2 。假设 h_2 要比 h_1 大得多，例如100倍。若该线开始在零时延伸出去，表面电阻率原来是 ρ_1 ，逐渐变成 ρ_2 。十分清楚，该曲线在坐标 ρ_2 处显示出标记明显的水平延伸部分，该处线的长度和 h_1 比起来相当大，但是和 h_2 比起来却仍然很小。对于这一级的长度以及再大一些的长度，第一层很少影响电流的分布。因此，假若该长度仍然增加的话，所绘得的第三层情况将与如第一层用电阻率为 ρ_2 的岩石所代替时所出现的情况相同。换言之，最后“三层”的图一定是两个“两层”的图首尾相连，第一图的电阻率为 ρ_1 和 ρ_2 ，第二图为 ρ_2 和 ρ_3 。前者的交点要看 h_1 和 ρ_1 的数值而定，渐近线的坐标是 ρ_2 。后者的交点要看 h_2 和 ρ_2 的数值而定，而渐近线的坐标是 ρ_3 。

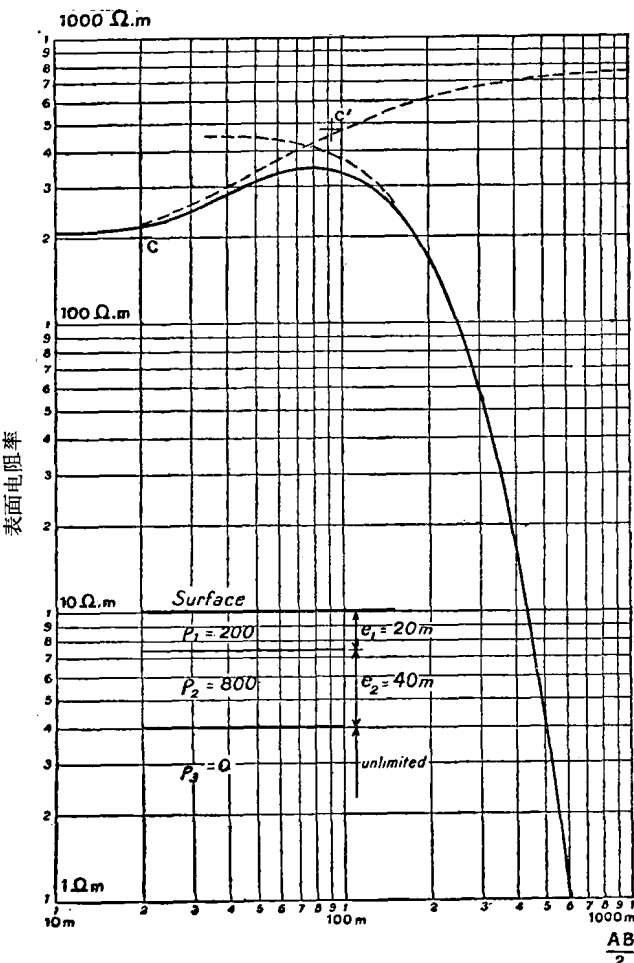


图5 一个三层电气测深的实例

交点的位置，而这些论证并不完全是言之有据的，因此很难得出什么有价值的东西来。这个问题最好的解决是，准确地计算“三层”的结果，然后和估计的结果来做比较。

以用对数坐标可以永远删去两个参数为条件，一个“三层”测深包含三个参数： ρ_2/ρ_1 、

也会出现有电阻率不变的地层，但是对于实际的帮助不大，因为很难找出足够深的第二层。举例来说：

$$\rho_1 = 200 \text{ 欧米} \quad \rho_2 = 800 \text{ 欧米} \quad \rho_3 = 0$$

$$h_1 = 20 \text{ 米} \quad h_2 = 60 \text{ 米}$$

在图5中，连续的线条表示相当于这种情况的理论曲线，我们看到表面电阻率在200欧米以上开始增加，然后逐渐减少，直到最后趋于零，但也清楚地看到，该曲线远不到800欧米以上的水平，因为最大的表面电阻没有上升到350。

然而，必须注意，上面所做的观测可以在一般的方面应用。该“三层”图仍然是由在图5用虚线表示的两个“两层”图构成的，除了两个图没有首尾连接起来以外，它们是用一连接线连起来的，这一段特别短。再者，在第二个“两层”图上的交点不是60米和800欧米，而是92米和470欧米，这就可以清楚地看出，如能找到发现和第二个交点有关的几个数值的方法，即可画出“三层”的结果，至少可约略地用眼力把两条曲线连接起来。

几位作者也曾指出这一点，但是他们曾试图用空谈的科学论证来发现

ρ_3/ρ_1 和 h_2/h_1 。显然，这些交点的同一位置是正确的。于是可以将这些交点调整到二个系统的曲线的交点上，比例尺分别为 ρ_2/ρ_1 和 h_2/h_1 。有必要对每个 ρ_3/ρ_1 值用一张图片画出来，然后把它们收集起来。

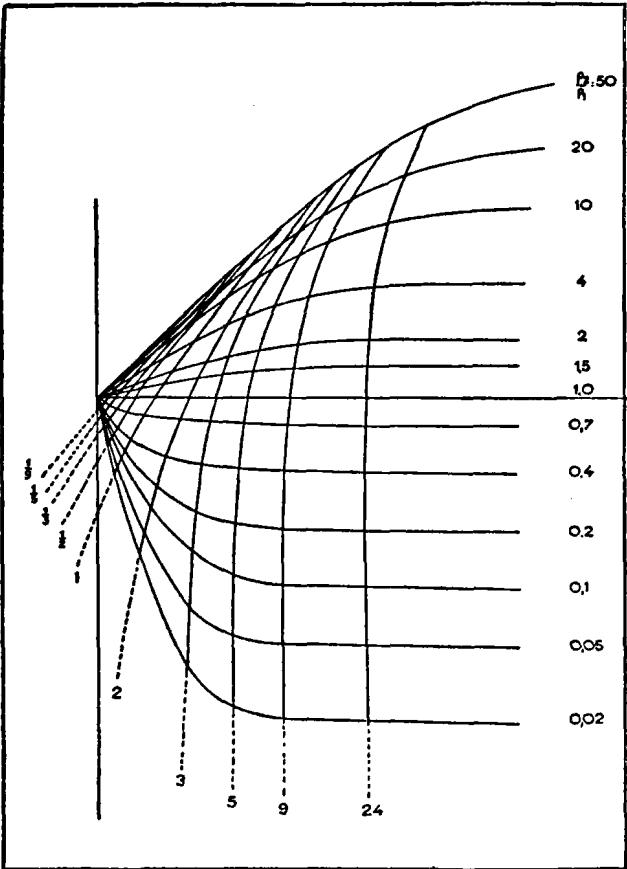


图6 $\rho_3=0$ 的曲线群

图6的实例中显示 $\rho_3=0$ 的系统。于是可以获知，对于一位必须解释电测深值的地球物理学家来说，他所需要的全部设备可减少到四张图——或者最多是6张——就是一张“两层”的深测图，加上三张或五张画好的交点图。

这比要掌握一大批“三层”的图要容易得多了。它可以更普遍的应用，因为此法显然可以继续下去，对于四层、五层或再多一些，都没有多大的困难。

上述的都是经验之谈，这种解释方法的设备和方法，由杰因·雷米奥特的使用而证明完全成功。他参加了Mayo-Kebi和Bénoué两处堰坝建筑的设计。在第一处的情况下，工作是例行工作，因

可以看到，收集交点图比收集电测图的第一个优点是，电测图具有一个“双无限大”的曲线，但是所需要的只是交点的一个无限大。

两种另外的观察使绘制交点更为容易，而在付诸实用时特别有帮助，当 h_2/h_1 大时，交点在渐近线 ρ_2 上，它们的横坐标是 h_2 。因此可以预先获悉交点的右边部分，亦即横坐标较大的地方的情况。而且在收集的大批交点图中每一张都是如此，和 ρ_3/ρ_1 值无关。再者，从需要考虑的问题的近似值来看，在选择属于每个交点的最理想的位置时，有一条轻轻的纬线。可以利用这条纬线来排列交点的曲线群中之一时，总是这一条纬线（就是按 ρ_2/ρ_1 值分度的），不管 ρ_3/ρ_1 是什么数值，就是在收集的一大批图里每张都是同样的。这一特点使进行内插法时非常简便，假若需要的话，可只取三个数据，即 $\rho_3=0$ 、 $\rho_3=\rho_2$ 和 $\rho_3=\infty$ 三个数值。

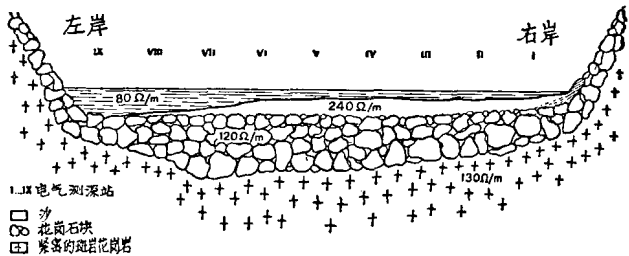


图7 在Bénoué的地下电测深

用地球物理法和电測 剖面法勘探地下水

賽义德·阿里

地球物理勘探方法是寻找地下水的一个主要方法。由于采用了地球物理勘探，往往就排斥了钻探工作。

在勘探地下水的许多地球物理方法中，电測剖面勘探法具有特别重要的意义。采用此种方法的根据是，含水岩层和非含水岩层的单位阻力不同。

安卡拉大学曾于1941年在奥曼·奇特里吉地区进行试验，并经农业部门做了钻探检验。单位阻力测定结果表明，该地区有三种含水层。所测定的各地层阻力和钻探结果如下表所示：

各层地层的 一般特征	地 层 深 度 (公 尺)		各层地层的 一般特征	地 层 深 度 (公 尺)	
	地层单位阻力 測量数值	鑽 探 結 果		地层单位阻力 測量数值	鑽 探 結 果
地 表 层	0—1	0—1	不含水层	17.5—40	20—47 (紅粘土)
含 水 层	1—4	1—4	不含水层	40—70	47—68 (砂粘土)
不含水层	4—10	4—9 (砂)	含 水 层	70—100	68—80 (小粒砂)
含 水 层	10—17.5	9—20 (小卵石)			

钻探只达到80公尺，未得出最下含水层数据。钻探结果表明，用地球物理勘探方法得到的计算结果是在地层深度允许误差范围内。

其后又在阿克恰卡尔进行了同样的试验，测得含水层深度为98.5、123和153公尺。

用地球物理方法测得的上述深度内有自流含水层，已为钻探结果证实。钻探深达123公尺时发现压力水位，其水头比含水层顶面高0.5米。

在克尼亚附近的巴斯卡地区取得了有价值的试验结果。那里水井深度一般是50—60公尺，可是试验结果表明，在有特殊结构的地层中，仅在几公尺深的地方就有含水层，这一测试结果也已为钻探所证实。必须指出，离地表层不深的地方是不具备地下水表层特征的。

摘譯自 “Гидрогеология и гидрология аридной зоны земного шара” 369—372頁。

为Mayo-Kebi岩层水位很低，几乎是干的。雷米奥特不得不对一个三层的岩层进行研究，电阻率分别为250、120和2000欧米。另外一方面，Bénoué岩层在Ladgo的峡谷处，差不多完全被水掩盖起来，具有80欧米的电阻率。地面以下也有三层，电阻率分别为240、120和1,300欧米（图7）。全部探测工作都是在一只船上进行的，AB和MN线利用软木浮子放在水上浮起来，就象鱼网一样。

譯自 “Proceedings of the ankara symposium on arid zone hydrology” 177—183頁。

放射性物质在地下移动的研究： 測量地下水流的铜棒法

J. 苏弗里奥、E. 辛普森、L. 貝茲勒、P. 德容赫

先注入碘¹³¹作为一种地下水示踪物质，再利用镀银铜棒化学吸附反应来测定地下水的流动，初步试验表明这种方法是可行的。采用这种方法，就无需取水样了。可以预料这种方法的运用一般会对研究地下水移动作出有益的贡献。但是，它尚待进一步研究，也许会发展到采用其它放射性同位素以及化学吸附方法。在这方面目前正在准备研究能与 $\text{Co}(\text{CN})_6^{4-}$ 或类似成分的示踪物质起反应的金属表面。

碘¹³¹—铜棒装置的实验室试验表明，溶液放射性与金属表面（铜、镀银的铜或镀汞的铜）上的放射性之间存在着可以再生的关系。

下面叙述这方法的发展现状以及第一次野外实验的结果。

銅棒方法的一般叙述（图 1）

如将碘¹³¹源注入中央灌入井中，由于地下水的运动，就会形成一片片的放射性水。它就能被在灌入点周围按径向插入地下的镀银铜棒探测出来。镀银铜棒能吸附水中的一部分碘¹³¹。约一小时后取出铜棒，把它切成几段并逐段计算。

第一次测量主要是可以确定水流方向。距中央井一定距离处，把新的铜棒插入放射区内。详细测定放射性同位素的放射性强度后，就可以描述出水流的三维路线并计算每个铜棒周围地下水的放射性比度。经过定时的有效观测，可以推算出含有示踪物的地下水流速。

对本方法和影响结果的因素进行细致地研究，将有助于地下水区扩散研究的发展以及地下水运动的细致测量。

灌 注 方 法

使用短寿命的放射性示踪物来细致而准确地测量地下水的运动，准备工作包括制订出一套很周密的灌注方法。所采用的示踪物溶液的体积应当小，应能在位置与深度均已知的井处把它注入地下水中，并尽可能不扰动水位及该地区中的水的运动。

把少量的放射性溶液与粗沙相混合，装入有机玻璃管内。使之冻结，并用铜针把关口封闭。然后用锤子把它击入土中（见图2左）。再用活塞把这固化的放射源压入地下水里（见图2右）。管子应这样来取出，使之能得到一个能确知其几何位置与地点的固态与均匀的放射源。约五分钟后，这冻结物即溶化，并开始随地下水移动。

在最初散布过程中，因为放射源可能发生垂直运动，放射源与周围地下水间的温度所导致的密度差会形成对于这一操作的障碍。

虽然，现在还不能确定这一现象有多大重要性，但是还曾和另一种灌入方法进行过对比。另一种方法是把示踪物溶液放在小玻璃容器内，通过灌注管把它放入地下，然后使它碎裂。

X: 测定的最大值

区域: I BG

II BG-20% X

III 20% X-80% X

IV 80% X-100% X

比例尺: 1/3

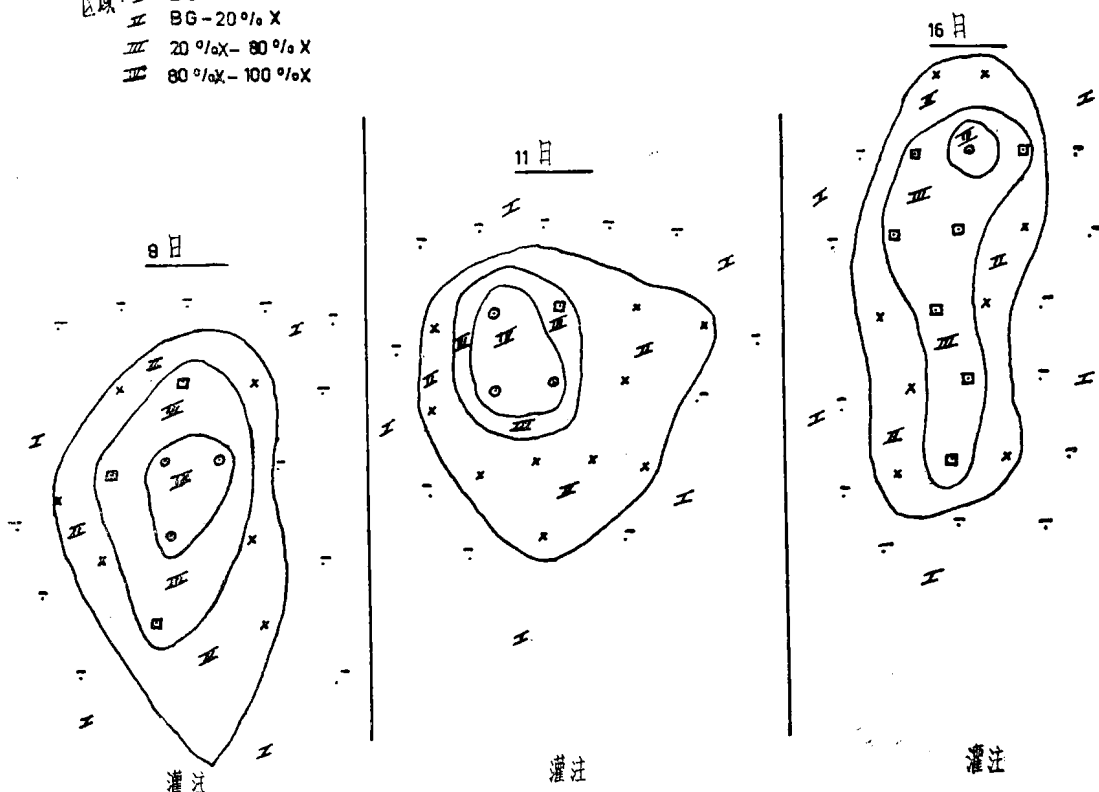


图1 碘¹³¹随时间变化的弥散

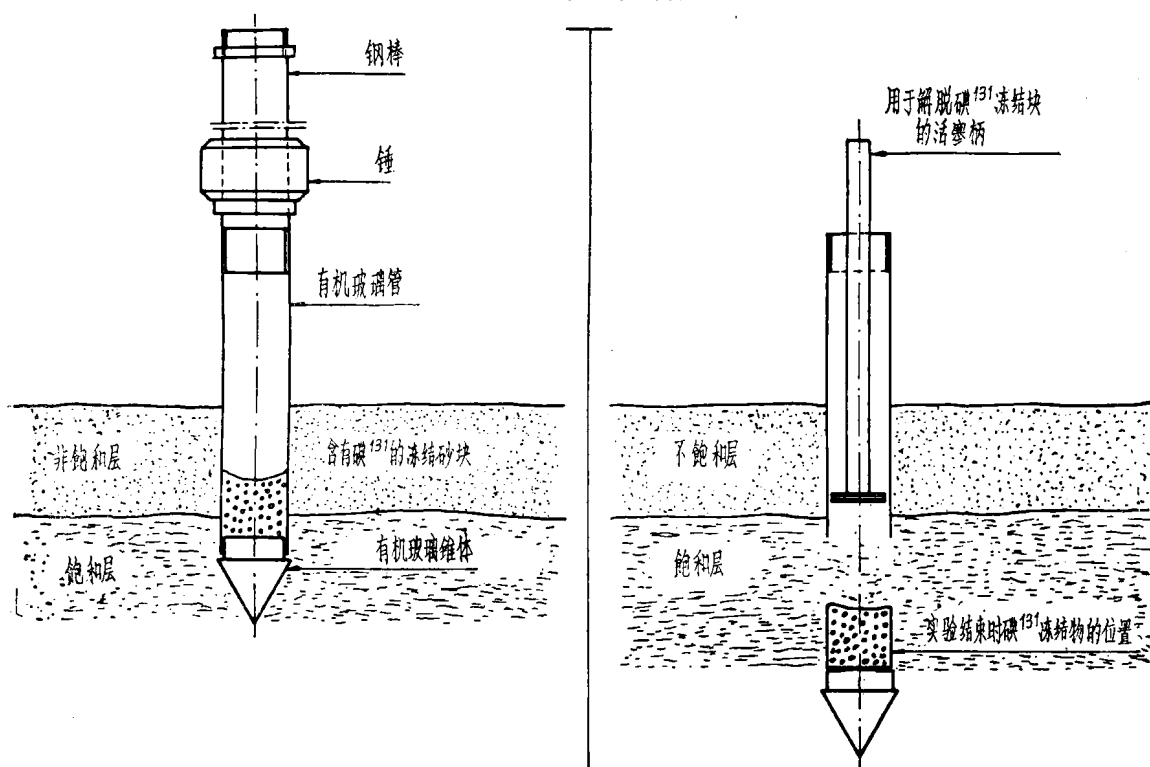


图2 碘¹³¹灌注装置

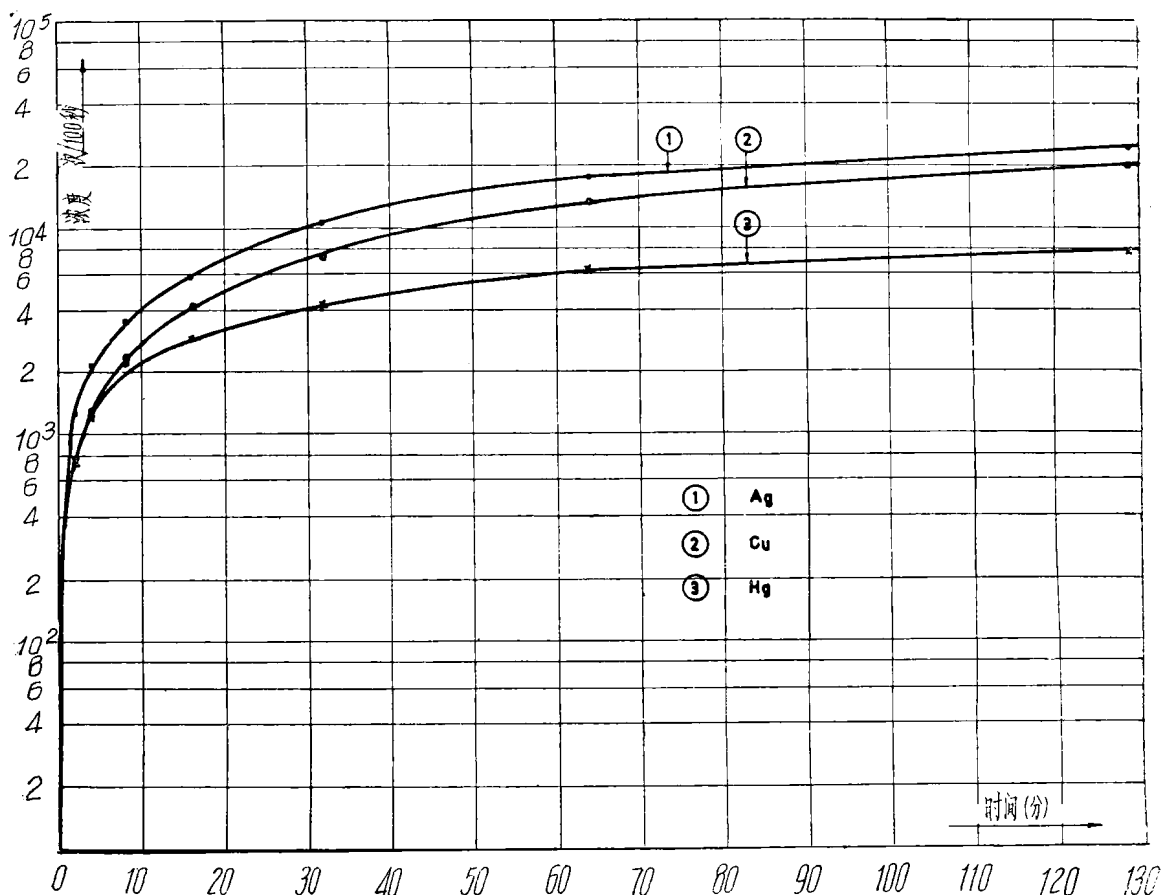


图3 碘¹³¹与金属之反应速度

这方法也有缺点，即玻璃瓶碎裂会使灌注点周围引起了轻度扰动。

在这两种情况下，都应当考虑到灌注方法本身的误差。

檢驗棒的說明及其制备

测量剖面图上部的地下水时，镀银铜棒长40厘米，直径3毫米，固定在铜杆上。测量较深地层的地下水时，在该处装置的机械强度显得更为重要，所以用不锈钢棒做检验杆，长80厘米，直径5毫米。其上的镀银圆柱体就省掉了。其它尺寸的检验棒也曾制造及试验过。

铜棒镀银的方法：把铜棒或铜柱浸入 $\text{Ag}(\text{CN})_2$ 溶液中约五分钟；如镀汞，则把它浸入 HgNO_3 溶液中。

但是，反应用金属的最终取舍取决于对结果的再生性的密切检查以及插入与拔出操作中金属表面是否磨损等。

裸铜棒、鍍銀及鍍汞銅杆的比較

对于碘¹³¹作为地下水示踪物来说，根据试验室试验，检验了前述三种化学吸附反应方法的实用性。

在标准条件下把按上述方法制成的铜棒插到装有沙的烧杯内，此沙并用 KI^{131} 溶液浸透。