

理论物理学家对地质勘探研究工作的贡献

李毓茂

(煤炭工业部煤炭科学院地质勘探分院)

我从事地球物理勘探的研究和组织工作，任务是组织有关人员，利用物理学和地质学等方面的科学技术知识，进行地质勘探研究，通过分析，作出地质结构或矿藏方面的有关结论。可以说，工业建设、国防建设、农田水利、人民生活，无一能离开地质勘探这一先行工作的。在地质勘探工作中，正在发展的地球物理勘探这门新学科，起着日益重要的作用。

地球物理学是应用物理学的一部分，而地球物理勘探则是地球物理学中的重要部分。由于地球物理勘探是一门由许多不同学科综合发展起来的交叉学科，它的发展往往是由掌握了物理学、地质学以及其它有关科学、技术知识的地球物理工作者与热心的物理学工作者密切合作而取得的，因此，较大一些的研究项目，需要各方面的专门学者协作，才能迅速取得成果。我们于1976年至1978年请北京大学物理系理论物理学家曹昌祺同志协作进行的一项研究可为一例。

工作中，曹昌祺同志极其热心和认真，所获成果对我们的课题起到了重要作用¹⁾。

当时，我们的任务是在我国发展频率电磁测深法²⁾，用它来代替老的直流电测深法，以进行地质结构的探测。直流电测深法是通过改变接地电极间的距离以控制电流分布的深浅来获得不同深度地层的信息，测量人员劳动强度大，工作效率也较低。而且，由于直流电难以通过高阻地层，故该方法不易探知高阻层下面的地

质构造。在坚硬的地表层(如岩石或冻土等)情况下，由于电极接地困难，该方法亦难以应用。频率电磁测深是利用交变电磁场来进行探测，它是通过改变工作频率来获得不同深度地层的信息。该方法的分辨能力较高，并可进行多参数的测量和研究，除了采用电偶极发射外，还可采用磁偶极发射。这种方法克服了上述直流电法的种种缺点，是国外新发展起来的方法。为了通过地面上的测量来推断地下的构造，必须事先知道不同地质构造情况下发射源所产生的电磁场在地面上的分布，并编制出量板³⁾。当时国外对本方法量板曲线的计算和绘制尚不完整，传至我国的为数更少。国内虽然对仪器制造和勘探方法已开展了积极研究，但在编制量板上仍属空白。由于量板研制除涉及专门的勘探技术外，还需要较深的物理和数学基础。因此，单纯依靠某一方面的科技工作者是难以较快和较好地完成这一任务的。

在曹昌祺同志的协作下，成功地解决了理论曲线数值计算的近似式、精确式、工程应用式以及其它一些有关问题。同时，推导出一些较简明的解析表达式和新发展的工程应用式。

在此基础上，我们进一步与几个省的煤田地质物探测量队协作，经过电子计算机的大量计算工作，并进行整理，将上百万个数据组成了



图1 量板外貌图

- 1) 北京大学物理系的程植生同志在数字计算程序设计上给予了重要帮助。
- 2) 频率电磁测深法是地球物理勘探方法中之一。
- 3) 在频率测深法和直流电法中，把有规律组合起来的用于进行理论研究并直接用于反演定量求算的理论曲线簇册称为量板。

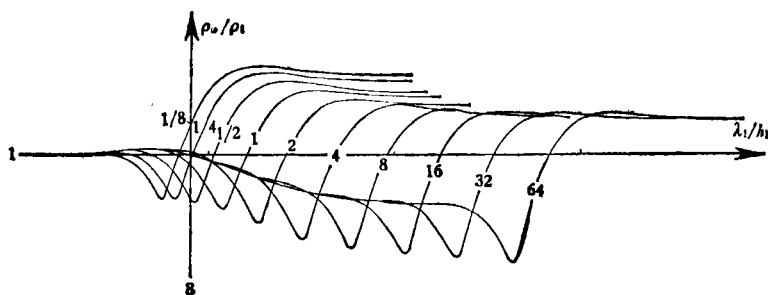


图2 电磁频率测深三层量板曲线簇

约六千余条曲线,有规律地编排成组、成册,终于研制成功一套(共三册)较为完善的、我国第一份频率电磁测深法的实际用量板(图1)和相应的定量反演解释方法。图2是此量板中的理论曲线的示例。这套量板包括二层和三层地电结构的足够多的类型曲线。

下面谈谈曹昌祺同志是怎样和我们协作进行研究,是如何取得成果作出贡献的。

1975年,我们接受上述研究任务后,希望找到一个既熟悉电磁场理论又对地质勘探有一定了解的单位或个人协作进行理论研究。为此,我们走访了不少单位和同志。在谈到电磁波在空气中传播时,不少同志都很熟悉,但涉及到利用电磁波进行地层结构探测的问题时,由于专业范围的限制,共同语言就不多了,因此,相当一段时期内未能找到合适的协作单位。

后来,我们找到北京大学物理系,由他们推荐,我们结识了理论物理学家曹昌祺同志,当时他的职称是讲师。记得,在北京虎坊桥附近的一个小胡同里的一座工厂的工棚中第一次见了面。那时,他正和劳动保护研究所合作进行高频电磁场标准计量研究。他热情地和我们探讨了有关电磁场在大地中建立和分布的问题。

我发觉,他对我们的问题十分关心,在了解了此课题的实际意义后也很感兴趣,并显得对地质勘探并不生疏。谈话后立即约定以后再找时间仔细交谈。仅两小时的接触,我们好象已经变得很熟悉似的。这大约是由于他的知识渊博,以及对人热情真挚,探讨问题十分投机而把间距自然缩短了缘故吧!

后来,从他的同事那里得知,他除了完成教

学工作和从事基本粒子理论研究外,一向比较关心把理论物理学向实际应用领域发展,并曾协助应用单位解决过不少实际问题。从我们第一次见面,他对我们的电磁法勘探问题就谈得相当透彻,也可看出他对这方面的问题已有所研究。后来发

现,1961年他所写的《电动力学》书中,已有关于直流电法勘探方面的论述。

协作研究工作于1976年春正式开始。我们单位参加此项研究工作的几个同志住在北京大学,除按计划分头进行工作外,每周定时集体讨论,以沟通情况和汇总研究。

我们发现,工作中他所提到或用到的有些资料,不少是他在签订协作协议之前写出来的。原来曹昌祺同志办事十分认真谨慎,他在我们第一次谈话后立即抓紧业余时间开展了预行研究。据了解他是在有了一定的头绪后才同我们签订正式协议的。

事不凑巧,正当我们紧张工作之际,1976年唐山大地震波及到北京地区,正常工作的条件受到一定影响。但是,曹昌祺同志的理论研究工作并未间断。

1976年底,曹昌祺同志在理论方面的研究已经完成,并在程檀生同志的协助下,对量板曲线进行了初步试算。

1977年初在江西举行的部分单位的频率电磁测深法交流座谈会上,曹昌祺同志根据他的研究,对频率测深的物理基础和理论作了系列讲演,并整理了讲演记录稿印发。

由于曹昌祺同志的辛勤劳动,此项协作任务得以顺利完成,不仅理论曲线的计算方法具有特色,还得出不少有价值的结果。例如:

(1)在用韩开尔变换求出场强精确积分表达式后,他对这些振荡的无穷积分进行了减出处理,然后又将此无穷积分化成级数并对它应用尤拉变换,这些措施大大提高了收敛速度,减小了数值计算的工作量,并保证了所需要的精

确度。

(2) 他还对高阻基底、良导基底、中间高阻层、中间良导层的许多情况下的低频渐近行为进行了研究,得出许多有价值的公式。

(3)对大地的视电阻率提出了改进的定义,在远区,此改进的定义比原来的定义具有明显的优越性。同时,根据我们的建议,他研究提出了大地视电抗作为测量参数的办法。

(4) 推导了地面导线环的辐射电阻精确表达式,并给出偶极子近似条件下的简明公式,给仪器设计提供了一个参考数据。

上述第(2)和第(4)项都不是协议中规定的硬任务,但他不以完成协议规定的基本任务为满足,而是尽量努力获取更多的成果。

至今,他为我们协作研究的某些成果已整理成学术论文发表。我们参与研究的同志和课题组,也已发表了多篇论文。

近年来,他为我们所做的工作,以及其后我们进一步研制完成的这套较为完善的频率测深量板,以及某些理论方法和技术,在我国对该方法的研究和应用工作中,已成为重要的参考资料和工具书。在地质勘探工作中,也逐渐显示出它们的重要作用。

由此可见,曹昌祺同志对于我们课题的研究,对于我们产业部门的应用科学的研究工作,是作出了重要贡献的。由此深深地感到,物理学对于国民经济建设的作用,是极其广泛的。当前的情况是遇到问题的生产部门不知道问题是否属于物理问题,搞物理的人们又往往不知道生产部门有什么问题可由他们去干。所以要加速四化建设,人才组合共事是势在必行,那种理、工分家各占天之一角的局面已是历史的陈见了。

(上接第 601 页)

- [7] A. Ignatiev et al., *Phys. Rev. Letters*, **26** (1971), 189.
- [8] C. W. Tucker et al., *Surf. Sci.*, **29** (1972), 237.
- [9] D. L. Adams et al., *Phys. Rev. Letters*, **33** (1974), 585.
- [10] D. J. Miller, *Appl. Surf. Sci.*, **13** (1982), 104.
- [11] M. Henzler, in "Electron Spectroscopy for Surface Analysis", Ed. H. Ibach, Springer, Berlin, (1977).
- [12] G. C. Wang et al., *J. Chem. Phys.*, **69** (1978), 479.
- [13] S. Y. Tong et al., Proc. 7th Intern., Vac. Congr and 3rd Intern. Confer. on Solid Surfaces, Vienna, (1977).
- [14] J. B. Pendry, *Low Energy Electron Diffraction*, London, Academic Press, (1974).
- [15] S. Y. Tong, M. A. Van Hove, *Phys. Rev. B*, **16** (1977), 1459.
- [16] R. Feder, *Phys Stat. Sol. (b)*, **62** (1974), 135.
- [17] C. B. Duke, A. Liebsch, *Phys. Rev. B*, **9** (1974), 1126, 1150.
- [18] M. A. Van Hove et al., *Surface Crystallography by LEED*, Heidelberg, Springer, (1979).
- [19] N. J. Wu (伍乃娟) and A. Ignatiev, *Phys. Rev. B*, **25** (1982), 2983.
- [20] H. Froitzheim, in "Electron Spectroscopy for Surface Analysis", Ed. H. Ibach, Springer, (1977).

(上接第 584 页)

- [2] D. Cline and C. Rubbia, *Physics Today*, **8** (1980), 44.
- [3] M. Barranco Luque et al., *Nucl. Inst. Meth.*, **176** (1980), 175; M. Calvetti et al., *Nucl. Inst. Meth.*, **176** (1980), 225; K. Eggert et al., *ibid.* **176** (1980); 217, 233; A. Astbury, *Phys. Scr.*, **23** (1981), 397.
- [4] B. Mansoulie, Moriond Workshop on Antiproton Proton Physics, (1983), 609.
- [5] G. Arnison et al., *Phys. Lett.*, **129B** (1983), 273.
- [6] G. Arnison et al., CERN-EP/83-162.
- [7] G. Arnison et al., *Phys. Lett.*, **122B** (1983), 103.
- [8] G. Arnison et al., *Phys. Lett.*, **126B** -5 (1983), 398.
- [9] P. Bagnaia et al., *Phys. Lett.*, **129B** (1983), 130.