

构造地球物理学的任务和内容^①

刘代志 何继善

(中南工业大学地质系, 长沙 410083)

摘 要

简要介绍了一门大地构造学与地球物理学交叉的新学科—构造地球物理学。在对构造地球物理学的学科结构、发展形式和研究方向作初步分析和阐述的基础上, 重点讨论了构造地球物理学的基本任务和研究内容。最后, 对该学科的发展和建设提出了初步设想。

关键词: 大地构造学 地球物理学 构造地球物理学 岩石圈

大地构造主要研究整个岩石圈的构造及其发生、发展规律和地壳运动及其动力学机制的一般规律, 是广泛采用各种地质研究方法的、高度综合性的基础学科。而地球物理学(这里主要指固体地球物理学)则是采用物理方法和技术研究地球的各种物理场, 以确定地球成分和状态, 并了解其内部过程如何产生所观察到的地球形态^[1]。

用地球物理方法研究岩石圈的构造、地质学(当然包括大地构造学)与地球物理学相结合的历史, 如果从五十年代后期的国际地球物理年算起, 也有三十多年了。在此期间, 地球科学发生了深刻的变化, 在各门学科领域中都取得了明显的进展, 一些新兴学科纷纷涌现, 并得到发展。因此, 笔者在《构造地球物理学刍议》中率先明确提出建立一门新的、大地构造学与地球物理学交叉的学科—构造地球物理学(英文名词是: TECTONOGEOPHYSICS; 俄文名词是: ТЕКТОНОГЕОФИЗИКА)^[2]。构造地球物理学的建立体现了当今科学技术高度专门化又高度综合化、不同学科之间既相互渗透又相互交叉的发展趋势, 同时也将对地球科学的发展起到推动作用, 并能更好地为人类生产建设实践服务, 因此, 具有重大的理论意义和实践意义。

1 学科结构与发展、研究方向

构造地球物理学主要研究岩石圈中各种构造及其发生、发展和动力学机制与各种地球物理场(重力场, 地磁场, 地震波场, 地电场, 地热场, 应力场, 放射性场等)的关系; 它是大地构造学与地球物理学相结合的、一门新兴的交叉学科。下面从一般科学学科的结构、形式的观点, 对构造地球物理学作一初步讨论。

1.1 学科结构

构造地球物理学作为一门学科, 它所研究的基本问题是由其定义所界定的, 即研究岩石圈构造(包括构造区划, 构造形成、演化发展历程及其力源机制等)与地球物理场(包括各种地球物理场)的关系。由这一基本问题引出的一系列课题便构成了该学科的研究内容, 关于这一点, 后文中要详细讨论。

构造地球物理学的理论基础是构成该学科的两大学科: 大地构造学和地球物理学。总的来说, 大地构造学和地球物理学的基础学科是地质学(包括岩石学, 古生物地层学等)、物理学和数学。因此, 作为基础学科的一级层次学科, 地质学、物理学和数学可以认为是构

^① 国家自然科学基金资助项目 收稿日期: 1993年7月11日

造地球物理学的理论基础；作为二级层次，则大地构造学与地球物理学便是构造地球物理学的基础学科，也可以称之为理论基础。

构造地球物理学的基本理论与方法应包括这样几项内容：(1)基本理论，指的是构造地球物理学的基本理论，它包括定性理论与定量理论。定性理论是指岩石圈构造与各种地球物理场的关系的定性解释理论(包括各种规律的定性描述等)；定量理论是指各种构造地球物理模型的建立、正反演及解释理论(包括模型设计的准则，各种正、反演理论公式的推导等)。(2)基本方法，是指构造地球物理研究的基本方法。概括起来讲，亦分定性方法和定量方法，定性方法是指对各种地球物理异常场所反映出来的岩石圈构造特征等的定性分析、推断解释方法；定量方法是指包括各种地球物理场的测量、采集、存储在內的，对各种地球物理信号进行处理，对各种正、反演模型进行定量计算的各种数值方法。这些理论和方法，都离不开计算理论和方法(包括计算机软件研究)。所以，把计算机科学作为一门独立的学科放进地球物理学的基础学科中去，也许是合适的。

构造地球物理学的应用范围是与它的研究领域相适应的。当今地球科学所面临的三大问题——资源、环境与灾害——亦是其应用领域其中主要是资源预测与勘察、环境保护与灾害预测及减轻(防治)。在资源勘察方面，正如大地构造学和地球物理学的应用一样，构造地球物理学亦有着十分广阔的应用前景。诸如成矿区带的划分，油气、煤盆地的研究等等。在环境保护方面，笔者认为，一是构造地球物理学在全球变化方面的研究，二是在国土整治和规划方面的应用研究。在灾害预测与减轻方面，构造地球物理学主要是在地震预报方面的应用研究。构造地球物理学的应用领域，随着学科的发展，范围将会越来越广。

1.2 发展与研究方向

构造地球物理学的发展方向，总体来说，即确定岩石圈构造与地球物理场的关系及其规

律。具体说来，应有这样几个方面：(1)岩石圈结构、构造划分与地球物理场的关系；(2)岩石圈构造运动与地球物理场的关系；(3)岩石圈构造的演化历程与地球物理场变化的关系；(4)岩石圈构造运动的力源机制与地球物理场的关系。这是从构造地球物理的研究内容方面来分析其发展方向。从其自身的学科建设方面看，构造地球物理学的基本理论与方法的系统化，条理化，进一步完善和发展，是该学科的重要发展方向之一；在这方面还要不断吸收相邻学科和其它非相邻学科领域里的理论成果与新方法、新技术。

构造地球物理学作为一门新兴的交叉学科，其发展形式主要表现在这样两个方面：一是随着其支柱学科(大地构造学，地球物理学和计算机科学)及相邻学科的进步和发展而进一步完善和发展；另一方面就是该学科自身的建设和发展，包括建立和界定一系列基本概念，形成较完整的理论体系等等。

构造地球物理学的总的研究方向有如上述，即主要研究岩石圈构造的时空(四维)分布与地球物理场之间的定性、定量关系，进而寻求岩石圈构造运动、演化的力源机制。具体的研究方向很多，涉及的范围很广。如对不同的岩石圈构造的研究，对不同的地球物理场的研究都将形成一系列的研究方向，而这又与构造地球物理学的任务和內容密切相关。下面就来重点讨论构造地球物理学的任务和內容。

2 任务与内容

构造地球物理学的任务和內容是两个既有区别又密切相关的概念。笔者在此只讨论构造地球物理学作为一门新学科刚刚提出并建立所面临的首要任务及其相关的研究內容，即当前要开展的研究工作。

2.1 加强构造地球物理学的理论基础

如上所述，构造地球物理学的支柱学科是大地构造学和地球物理学，还可以加上计算机科学，它们构成了构造地球物理学的基础学

科。但是构造地球物理学的理论基础并非这些学科的简单拼合,而是要围绕构造地球物理学的主要研究对象和基本问题—岩石圈构造与地球物理场的关系来建立起自己的理论基础。

如同那些对构造过程性质有重要影响的岩石力学性质属于构造物理学基础的研究范畴^[2]一样,笔者认为:(1)不同温压条件下的岩石物性(当然也应包括力学性质)研究;(2)为研究不同尺度岩石圈构造所采用的不同地球物理探测手段的理论、方法与技术的研究;(3)为研究岩石圈构造过程和与之相关的地球物理过程而进行的物理模拟和数值模拟,模型的建立原则,相似性原理,正、反演理论与方法等研究均应属构造地球物理学基础理论研究范畴。

2.2 不同构造单元的地球物理特征研究

不同构造单元的划分是大地构造学的一项基本任务,亦是构造地球物理学的一项基本任务,其研究内容十分广泛。在构造地球物理学中开展这项工作,主要以研究不同构造单元的地球物理特征的形式来进行。

不同的大地构造理论对大地构造单元的划分有着不同的准则,如地质力学以构造体系的概念来划分,划分出纬向构造体系,经向构造体系,山字型、歹字型构造体系等等;板块构造学说则把全球分成不同的板块,亚板块等不同级别的块体^[4];而陈国达教授创立的地洼学说和他近年倡导建立的“历史—因果论大地构造学”则用“壳体”的概念,把全球岩石圈(硬壳)划分成不同的壳体,壳体之下是构造区的划分,即地槽区、地台区和地洼区(以现今研究水平为准)^[5]。

刘代志曾就中国三大基本构造单元的地球物理特征进行过统计研究,获得十四项地球物理统计特征标志,为地槽区、地台区和地洼区的划分增添了地球物理特征标志^[6]。这是在地洼学说的指导下进行的、可认为属于构造地球物理学研究范畴的工作。笔者认为,历史—因果论大地构造学融合了历史论大地构造学(如槽台学说)和因果论大地构造学(如板块学说)的长处,其核心概念—“壳体”,作为岩石圈构

造单元的概念,充分体现了时空四维性(运动与演化兼顾),可以作为构造地球物理学中划分岩石圈构造单元的准则。因此,依壳体类型的划分原则^[5],不同构造单元的地球物理特征的研究内容应包括以下几方面:(1)大洋(壳)型壳体的地球物理特征;(2)过渡(壳)型壳体的地球物理特征;(3)大陆(壳)型壳体的地球物理特征;这一型又因变异与否可分为两亚型,故又可细分:(a)正常陆壳型壳体的地球物理特征与(b)薄化陆壳型壳体的地球物理特征。

通过上述各型壳体的地球物理特征研究,一方面为划分不同类型的壳体提供地球物理特征标志,另一方面又为研究全球壳体运动、演化过程提供依据。

2.3 壳体运动与地球物理场的关系研究

壳体的运动内容十分广泛,从运动形式看,有壳体内部的运动和壳体的整体运动;从运动的方向和方式看,可分为水平运动和垂直运动;其形式不外乎(1)汇聚、碰撞和挤压;(2)拉裂和离散;(3)错移和剪切;(4)裂陷、升降和倾斜等。由这些运动而产生出各种岩石圈构造:断裂(剪、扭、陷落,挤压,拉伸等及其组合),造山带、裂谷、盆地等。这些构造在各种地球物理场上均应有反映,通过研究其间的关系,一方面用地球物理场特征划分出线性构造、隆起构造、陷落构造、环形构造等各型岩石圈构造;另一方面,研究各种岩石圈构造的形成与壳体运动的关系,以及由此影响各种地球物理场的分布的内在因素,为岩石圈构造动力学机制的研究提供材料。

2.4 壳体演化与地球物理场的关系研究

壳体的演化表现在构造历程上,可以划分出不同的演化发展时期:婴年期,少年期、壮年期、老年期等,具体到某一个构造区,则可划分出:前地槽期、地槽期,地台期和地洼期等构造发展阶段;表现在岩石圈构造上,则大的尺度上可分出上、中、下地壳层,上地幔(硬壳之一部分)岩层等,小尺度上可划分出各种构造层:如前地槽构造层,地槽构造层,地台构造层和地洼构造层等。不同的圈层在地球物

理场上的反映、表现不同,通过古地温、重磁场的划分,地震测深,大地电磁测深等可划分出岩石圈各圈层的界面起伏情况。特别是近年来发展的地震层析技术,为研究岩石圈的精细结构开辟了新途径。因此,这方面的地球物理研究内容十分广泛,亦是当今的研究热点。

2.5 壳体运动-演化的动力学机制研究

壳体运动-演化的动力学机制的研究,既是地球动力学的研究内容,亦是构造地球物理学研究内容和任务之一。这项研究笔者认为应从两方面着手进行,一方面是定性研究,另一方面是定量研究。

定性研究,包括通过各种地球物理场及由此反映出来的深部构造,对壳体形成、演化和运动的动力学机制提出合乎逻辑的解释—提出科学假说,同时把地球放到太阳系、宇宙中一个天体的位置上,来考察岩石圈的形成、演化和发展历史,以寻求天文、地质等多方面的证据,以提高假说的科学性,进而跃升为科学理论。

定量研究,则包括各种地球动力学模型的定量研究,诸如前人所作的地幔对流、地幔蠕动、热能聚散、热柱、热点等方面的定量模型研究等。这方面的内容亦十分丰富,但应注意模型与已知地质、地球物理材料相融合;同时,充分利用已知的研究成果来建立模型。

3 学科发展的初步设想

构造地球物理学作为地球科学中的一门新兴的交叉学科,以往虽没有明确提出作为一门学科来建立和发展,但前人已开展了大量的构造地球物理研究工作,并且卓有成效,具体表现在多次国际合作计划的实施和国内外地学工作者用地球物理方法研究岩石圈构造的工作上。笔者认为,构造地球物理学的建立和发展要从以下几方面开展工作:

(1) 通过组织国内外学术交流,如召开学术会议,出版专题学术论文集,出版专著、发表论文等形式来进行学科自身的建设工作;

(2) 参与和组织国际性和全国性合作研究,积极开展构造地球物理综合研究;

(3) 在广泛收集构造地球物理资料的基础上,进行构造地球物理学编图;

(4) 大力开展应用研究,为国民经济建设服务;

(5) 在全国性和国际性学术组织中建立构造地球物理专业委员会,从组织上保证学科的建立和发展,协调和开展学术研究和交流。

4 结束语

构造地球物理学的建立和发展是地球科学发展的必然产物,它能推动地球科学的发展,使大地构造学“量化”,使地球物理学“地质化”,使各门学科更有成效地相互渗透、交叉结合,为生产建设服务。其理论意义和实际意义都十分重大。构造地球物理学是一门应用基础性学科,它的建立和发展有赖地球科学工作者的共同努力。笔者上述观点和意见尚属粗浅,且不够全面,望能引起同仁之重视,并开展讨论,以促进这门新学科的健康发展。

参考文献

- 1 GARLAND G D(著). 见:地球物理学引论,北京:地震出版社,1987.
- 2 刘代志. 中国博士后首届学术大会论文集. 北京:国防工业出版社,1993,2118—2121.
- 3 格佐夫斯基 M B. 见:构造物理学基础,北京:地震出版社,1984.
- 4 谢仁海. 见:大地构造学派概观,徐州:中国矿业大学出版社,1989.
- 5 陈国达. 见:地洼学说的新进展,北京:科学出版社,1992.
- 6 刘代志. 中南矿冶学院学报,1989,20(2):119—126.