

马蔼乃◎著  
By Ma Ainai



# 地理科学 与地理信息科学论

On Geographical Science and Geographical Information Science



武汉出版社  
Wuhan Publishing House

# 地理科学 与地理信息科学论

On Geographical Science and Geographical Information Science

马蔼乃◎著  
By Ma Ainai

武汉出版社  
Wuhan Publishing House

(鄂)新登字 08 号

图书在版编目(CIP)数据

地理科学与地理信息科学论/马蔼乃著. - 武汉:武汉出版社,  
2000 ISBN 7-5430-2214-1

I. 地… II. 马… III. ①理论地理学②地理信息系统

IV. P90

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 33008 号

**书 名:地理科学与地理信息科学论**

---

著作责任:马蔼乃

责任编辑:张 平

封面设计:吴 涛

出 版:武汉出版社

社 址:武汉市江岸区北京路 20 号 邮 编:430014

电 话:(027)82839623 82842176

印 刷:武汉市科普教育印刷厂 经 销:新华书店

开 本:890×1240mm 1/32

印 张:11.875 字 数:280千字 插 页:7

版 次:2000年8月第1版 2000年8月第1次印刷

印 数:0001-2000册

ISBN 7-5430-2214-1/P·1

定 价:24.00元

---

版权所有·翻印必究

如有质量问题,由承印厂负责调换。

## 序

马蔼乃教授的《地理科学与地理信息科学论》一书即将出版。这本书是马蔼乃教授多年辛勤研究的总结,是她学习地理,从事地理教学与研究历程的记录,也是她从中学开始对地理学感兴趣,到大学努力学习,并决心为地理学的发展及理论上的完善而矢志献身的历史。

马蔼乃是 1955 年考入北京大学地质地理系自然地理专业的。当时,我在系里工作,与学生接触比较多。那时,学生学习都比较努力,在国家建设迅速发展的大好形势下,许多学生希望其毕业时能够为国家做出更大贡献。可是地理学在国家建设中的作用,一方面缺乏实践,另一方面由于本身在理论、手段与相关知识方面的不足,在应用方面,不仅面比较窄,也不够“具体”。所以,学生们对学习提出很多意见。由于这方面的意见不能得到及时的解决,往往影响一部分学生的学习积极性。马蔼乃对此类问题却持有不同态度与做法。她认为地理学的这些问题是其发展中存在的问题,需要学习其他科学的知识、理论、经验,特别是学习数学、物理、化学、生物等科学知识,并应用到地理学中,以提高地理学的科学性。过去,地理

学在这方面注意不够,今天学地理,就需要加强这类课程。马蔼乃清楚,要学地理,就应从此起步。解决这类问题,不是短期可以达到的,这需要整个地理学界努力,在校内,需要师生共同努力。为此,她一面学习研究,一面拜访老师,征询他们的意见,探讨此类问题。这样做的结果,更加坚定了她的信心。她决心献身于地理科学。她的行动与想法引起我的注意,也增加了我对她的了解。

1958年,在狂热的“大跃进”中,我们也深受感染。当时我系在地理学方面只有自然地理、经济地理、地貌三个专业。由于“大跃进”是从水利建设开始的,针对我国水资源不仅在人均总量上不丰富,而且在时、空上分配很不均匀,对工、农业与城市用水影响很大的国情,学校考虑增设水文专业。是年秋,决定抽出由懋正、冯孝棋两位新助教与马蔼乃、邵庆山、姜厚孔三位同学去华东水利学院(河海大学)进修,为将来要开的课程作准备。当时,考虑马蔼乃数学、物理基础好,而且对地貌学感兴趣,就让她学习一门较难的课程——河流动力学。其目的,希望她能够将其应用于地貌学,使两个学科结合起来,使地貌学,特别是河流地貌学能在应用方面与理论方面有一个新发展。

20世纪60年代初,由于气候引起的干旱及脱离实际的“大跃进”,给国家经济和人民生活带来了极大的困难,大学的专业不得不进行调整,北京大学水文专业的建设也由此而中止。马蔼乃进修回校后被分配在地貌专业与地貌教研室。很快,马蔼乃就开出了河流地貌学课程。在这门课程中,她充分利用自身的数、理基础及水力学的理论知识,结合于地貌学,使河流地貌学不仅仅是一门新

课程,而且是一门具有新的内容的地貌课程。在此期间,通过教研室主任王乃梁教授介绍,马蔼乃认识了水利部水利科学研究所河渠所所长,著名学者钱宁教授。钱先生当时对黄河下游河床游荡性问题正在进行实验研究。马蔼乃在钱先生处学到很多东西,得益匪浅。而钱宁教授对这个出身于地貌学,并对河流地貌感兴趣,且有主见的年轻女学者也很欣赏。

十年动乱中,地理无用论的错误思潮给地理学以极大的冲击,一些人对地理学前景感到模糊不清,无所适从。可是国际上,地理学却在经历着另一场“革命”,那就是计量与遥感。马蔼乃当时并未成为“逍遥派”,而是利用时机注意这些“革命”,特别关注遥感的理论、方法与应用。1973年地理专业开始招生之时,马蔼乃就积极投身于地理数学应用与遥感技术教学、普及与推广中去了。

动乱结束后,地理与地质专业分别成系,马蔼乃便全身心地投入遥感技术的应用与研究之中。她与承继成等共同举办了多期遥感应用培训班,在地质学与地理学界有较大影响,对高校地理系的遥感课程与实验室建设以及科研的开展起了重要作用。

从70年代中期开始,马蔼乃从事大量的科学研究工作。特别是利用遥感技术对土壤侵蚀作用作了深入研究,范围不仅包括西北、内蒙、东北、山东、云南等地,而且还主持了全国性的土壤侵蚀调查项目。其中一些项目还获得水利部与国家教委、国家科委科技进步一等奖与二等奖。80年代中期,马蔼乃又进入地理信息系统方面的研究工作。正如本书第四部分地理信息科学中的19到23篇,从她对地理知识的形式化,地理逻辑问题,地理信

息编码模型,地理专家系统,地理信息系统与地理信息科学各部分的研究内容来看,不论其涉及范围的广度,还是讨论问题的深度,都反映了她能从表面的技术问题关注到深层次的理论与方法,反映了她敏锐的创造性思维。

90年代,马蔼乃教授在坚实的部门地理基础知识、广泛的实践经验以及对地理学的新技术与方法掌握的基础上,开始进入对地理学总体的最高层次的科学性质与理论问题的研究与探索。特别是在《论地理科学的发展》、《航天信息与地理信息一体化网络系统及其应用》与《可持续发展向何处去?》等论文中提出了一些具有创见性的概念与见解。

首先是突破了康德提出的时、空二元观点,即地理学是空间科学的传统概念。马蔼乃是用时、空统一的观点来看地理现象的变化。她根据地理现象的不同时间的人地系统特点及其与工程技术的关系而划分出三个地理科学体系。

一是古地理学体系(指人类还处于自然人阶段)。这时地理学以古自然地理为主。人与地的关系受地理环境的制约。

二是历史地理学体系(指人类社会发展阶段时期,而不是指有文字记载以来的历史时期)。其下分历史部门地理,历史区域地理,历史地图学及其以下的各分支。这一时期对人地关系的认识,从环境决定论发展到人类中心论。

三是现代地理科学体系。由于技术工程与地理学的结合,使地理学的技术方法与应用有了崭新的发展,出现了地理的技术科学与地理的工程技术。这个时代是指第

一颗人造地球卫星上天以来,其人地关系是人地协调发展,目标是可持续发展。

其次,马蔼乃根据其对地理信息技术的研究以及对水土保持方面的研究,从地理学出发,对传统的地理学分为大气圈、水圈、生物圈、岩石圈、人类圈(有称智能圈的),提出还应增加外层空间圈、地形圈、土圈,形成了8个圈。

第三,钱学森院士于1987年提出了地理科学的新概念,这不仅促进了地理学的新发展,也引发了不少地理学者对这一概念及其内容等方面进行了研究与讨论。马蔼乃的研究则是从地理学继20世纪20~30年代的人地关系以后,吸收40~50年代的生物科学与地理学结合的生态学,吸收60~70年代化学、物理学与地理学结合产生的环境科学,吸收80~90年代的航天、计算机与地学相结合的地理信息系统,加上吸收社会与人文科学中的文、史、哲、政、经、法,来研究可持续发展,以及与技术、工程相结合以发展地理技术、地理工程。这就使地理科学概念更加明确,内涵也更加丰富。

再有,她对遥感信息模型的研究,将数学上的方程与统计结合,从形式逻辑的确定性与不确定性的推理中,将随机、模糊、灰色、分形的不确定性结合为一体,开拓了辩证逻辑计算。她认为地理科学从景观感性认识到理性认识是抽象思维,在地理学家的头脑中具有大量形象思维,而地理图像信息模型突破了形象思维的计算,使抽象思维与形象思维相结合,把部分“只可意会,不可言传”中的内容变成“可视传”。她在地理信息科学论与地理科学方法论方面写出了有创见的论文。



总之,马蔼乃教授在其四十年的教学科研生涯中在学术上做出了突出的贡献。我认为她的这些贡献是有价值的,也是有意义的。从马蔼乃的成长经历中,有几点值得注意。

首先,马蔼乃的学习与工作,是有一种使命感的。早在学生时代,她就看到地理学与其他学科相比所存在的不足之处,如科学性不强,过于定性,缺乏定量,方法不够严谨等。面对这些问题,她是以此作为自己学习的动力,下决心在学好地理学的同时,努力学习数、理知识,并积极利用数、理知识来探索地理现象。在其工作时,尽量应用自然科学的理论、方法去研究河流动力地貌,去科学地说明泥石流运动规律。在遥感地理信息系统这一新技术出现时,她又立即投身于其中,创造性地思考如何运用这些新技术去解决我国的实际问题。在90年代,她又从技术应用领域去学习一些她原来并不熟悉的领域,从数、理、化、天、地、生以及文、史、哲、政、经、法角度探讨地理科学的性质、特点与发展等高层次问题。她所以在学习、教学、科研各个方面不断地前进与创新,我认为是对地理学应在国家建设中发挥作用的一种使命感在推动着她。

其次,是她刻苦钻研的精神。凡是了解与接触她的人,都知道马蔼乃是全身心地投入学习与工作的。我与她接触了四十多年,很少见到她参加学习研究以外的活动。可以说,她是以一种超常人的学习研究精神去学习研究新知识、新理论、新技术的,这使她能够处于学科发展的前沿。正是由于她的基础理论扎实,知识面广,又善于思考,使她的科研工作具有创造性的成就。

第三,她的成就来源于勇于发表自己的意见,又善于

听取他人的意见。与马蔼乃相处时,每次见到她,她总是与你讨论一些科学问题,不是表达她的看法与意见,就是仔细地听取别人的意见与看法。遇到有不同的看法,她总是心平气和地与你耐心讨论。她既不隐瞒自己的观点,也不随声附和他人意见,总是坦然表达自己的见解。在她听到别人的好意见与看法时,不仅乐于接受,还不断向别人传述,使大家都能与她共享。我想她这种良好的学风与为人既是她取得成就的一个重要原因,也是她追求科学的外在表现。

最后,还有一点值得我们注意的是地理人才的成长。马蔼乃在本书《自序》中提到:“一个学习数学的学生,从一些现实中抽象再抽象,只要是抽象的能力强,也许 20 岁就能够走到数学学科的前沿,成为一个顶尖的数学家;一个学习物理的学生,数学不好恐怕是学不好物理的,要在物理学上有所建树,可能不过 30 岁成不了杰出的物理学家;一个学习化学的学生,要在化学上有所突破,数学与物理都是基础,恐怕得到 40 岁才能真正成为突出的化学家;一个学习生物的学生,要研究生物科学,数、理化都是基础,要成为优秀的生物学家,可能要到 50 岁;一个学习自然地理的学生,数、理、化、生、天(文)、地(地理、地质)都是基础,况且,还要‘破万卷书,行万里路’,那么,不到 60 岁岂能成为一个成熟的地理学家?”记得在 20 世纪 50 年代,陈传康也曾谈到过类似的看法。这是否是一个规律?值得注意与探讨。学习地理的人需要有广泛的科学基础,需要广泛接触实际,不能坐在书斋中研究地理,这可以说是千真万确的。这就给地理学的人才培养与地理学家的成长带来不少困难。一方面地理学的特点要求

涉及面广而深,需要掌握许多相关学科的理论、知识、技术,这就需要花很多的时间。另一方面,地理学由于所处地理位置不同,条件、情况各异,彼此虽有共性,但个性较为突出。因此难以像其他自然科学那样可以推理。至今地理学还是以实地考察,以经验归纳作为重要的研究方法。这点往往使人感到地理学“科学性不够”,或难以掌握。从马蔼乃的科学道路来看,她是从初级综合向科学化的专业分化,再经历应用地理深入发展与采用定量技术、遥感技术与地理信息系统等新科技,并开始向高级综合发展研究。她能克服种种困难,继续前进攀登高峰,很多经验值得学习。特别是新近涉足地理科学的成员,值得从本书中学习有益的思想并获得启示。

同时,这本书虽然反映了马蔼乃教授以往的成就,但从其思维发展趋势看,她还有很多潜力尚待发挥,希望将来能有新著不断与读者见面。

王思涌

于北京大学中关园

2000年6月

## 自序

进入 2000 年, 不觉已从教 40 年。北京大学遥感与地理信息系统研究所与环境工程研究所的同事们和学生们的, 提出要出版一册我的地理科学思想文集, 作为纪念。他们希望我把已经发表的重要论文与尚未发表的重要论文, 集中起来一并出版。

回想从 1955 年考入北京大学地质地理系攻读自然地理专业起, 到如今“耳顺”之年, 不觉已历经近半个世纪。地理学发展到地理科学, 个人的成长与学科的发展同步, 自感十分幸运。在遥感、地理信息科学等高新技术的支持下, 突破原地理学的框架, 继承、发展地走到地理科学的前沿, 并且指导着一批又一批的硕士生、博士生、博士后的研究与论文, 参加一个又一个研究项目, 讲授一门又一门新课程, 道路是艰难曲折的。要突破自我, 要突破学科框架, 其难度之大是我在学生期间始料未及的。

还是在大学时代, 我曾经想过: 人的一生成能为国家的建设、科学的发展做些什么? 也许是出于当时的天真好学, 认为一个学习数学的学生, 从一些现实中抽象再

抽象,只要是抽象的能力强,也许20岁就能够走到数学学科的前沿,成为一个顶尖的数学家;一个学习物理的学生,数学不好恐怕是学不好物理的,要在物理学上有所建树,可能不过30岁成不了杰出的物理学家;一个学习化学的学生,要在化学上有所突破,数学与物理都是基础,恐怕得到40岁才能真正成为突出的化学家;一个学习生物的学生,要研究生物科学,数、理、化都是基础,要成为优秀的生物学家,可能要到50岁;一个学习自然地理的学生,数、理、化、生、天(文)、地(地理、地质)都是基础,况且,还要“破万卷书,行万里路”,那么,不到60岁岂能成为一个成熟的地理学家?经过这样的一番思考,我决心潜心学习,勤奋钻研,凡事必究其解,自信水滴石穿,功到事成。

20世纪后半叶的科学发展,为地理学子提供了发展良机。30~40年代的地理学是与历史学放在一起的,当时在大学里设立史地系,地理学是文科,研究人地关系,即以人为主体的,研究地理环境;40~50年代,一些生物学家,以有生命的物体为主体,研究生物与环境的关系,即生地关系,发展了生态系统学;60~70年代,随着工业的发展,人类社会排出的污染物破坏了环境,化学家与物理学家重新发现地理学的研究对象,提出了环境科学;70~90年代,航天技术、计算机技术飞速发展,数学家、计算机科学家、航天科学家参加到遥感、地理信息系统研究的领域中来。如钱学森院士又一次提出地球表层科学——地理科学的概念,并且认为地理科学研究的地理系统是宏观、开放、复杂的巨系统。至此,地理学从文科发展到数、理、化、天、地、生、人都参加的、文理工结合的、以理为

基础的地理科学,花了近半个世纪的时间。值得庆幸的是,我大学时代的思考与科学发展的趋势不谋而合,使我在年轻时打下的基础有了发展的机遇。

主观的努力,客观的机遇,两者的偶合很重要。但是如何能够抓住机遇,从何处切入把握地理科学的主线,这确实是一个费神的选择。“伤其十指,不如断其一指。”根据80年代中国人口众多的国情,我选择了人类最重要的安身立命的水土流失与水土保持的遥感调查与监测的项目,这也正是地理科学集文理工为一体的,以开放的、复杂的巨系统作为主要研究对象的研究课题之一。我集中精力研究这个主项目,从一个项目的深入研究中,总结一般规律,再推广到其他领域中去。由于这个项目涉及全国范围,因此有机会到全国各省、市、区考察研究,有了“行万里路”的经历。遥感信息模型的创造,地理信息编码模型的创新,地理专家系统的突破,土圈与土资源的提出等等,都与该项目的深入研究有关。在“七五”期间选择这个项目是难以被理解的。当时,对于水土问题是中国的头号资源问题,也是头号环境问题是缺乏共识的,水土问题“搞好了是水土资源,搞坏了是水土灾害,科学技术的目的是变害为利”的观点,未被科技界同仁的多数所认识。因此从立项开始就存在着种种困难,在很少的费用下起步,而且风险不小。攻关项目一般涉及人员很多,全国土壤侵蚀调查仅培训就有300余人参加。作为项目的负责人,技术指导者,必须要有前期研究的积累,才能真正起到指导的作用。如果几百人同步研究,其结果必然是一盘散沙,即便是强行拼在一起,也难以得到一个完整的、系统的成果。因此,项目技术负责人通过国家自然

科学基金进行预研,不失为一个行之有效的办法。因为国家自然科学基金题目选择自由,创新的可能性大,干扰少,便于潜心研究,还可以把科学研究中可能出现的弯路在小范围内解决,使攻关项目不受损失。因此,当我承担攻关大项目时,都是从基金中安排一部分必要的前期研究工作,做到心中有数。我国的科研经费比较少,精打细算十分必要。

联合攻关是一种社会思维,是非常好的方法。社会思维的原则是民主集中制。一方面要充分发挥群体科学家的作用,另一方面必须有优秀的学术带头人。审查学术带头人前期研究的积累非常重要。一个大的攻关项目,如果没有人有同类的研究经验,不如先列入国家自然科学基金研究。在几个同类的国家自然科学基金项目的研究中,选拔出真正的学术带头人,再领导攻关项目,国家就能少花钱多办事,得到优秀的、实用的成果。所谓的帅才,是在众多的将才中选拔出来的,没有“天生”的帅才。没有经过自然科学基金项目的前期研究,没有从做面上的课题到攻关的大课题的经历,或有这方面的经历但没有进行认真的业绩考核,帅才的选拔就会不准确,攻关的结果也不可能使国家获益。这已经是众多攻关项目研究结果所得出的经验。

水土流失与水土保持的研究,农业、林业、水利、地理各界都有人参与,而且还有专门的水土保持专业。各专业的观点不同,概念有差别,研究又大都是定性的。这是科技界很多人眼里谁都能研究的简单课题,但又极少见到有从比较微观的泥沙运动到宏观的地理规律结合研究的成果。水土流失的原因有自然规律的确定性与不确定

性问题,还有人类社会加速或延缓水土流失的必然性与偶然性问题,实际上是典型的宏观复杂性问题,难度很大。幸亏年轻时代打下了相当的数理基础,对于地理科学又有较深刻的了解,通过对水土流失遥感信息模型的研究,即对中国的水土流失通用方程的研究,非常自然地形式逻辑的数理计算发展到辩证逻辑的计算。这算是我在科学研究中的一点体会吧!

19世纪是以牛顿力学为基础,研究因果关系确定性的时代;20世纪是研究各种不确定性的时代。例如:随机的不确定性、模糊的不确定性、灰色的不确定性、分形的不确定性、神经网络的不确定性等等;21世纪应该是确定性与不确定性辩证统一的时代。所幸的是,我们在20世纪末已经叩开了辩证逻辑计算的大门。

人类面临的21世纪,将是可持续发展的信息社会。人类科学地认识宇宙、星云、银河系、太阳系、地球、物种、细胞、分子、原子、原子核、粒子、轻子、夸克,从物质、能量,到了信息。人类认识地球的演化,经历了天文期、地文期、生文期、人文期,又回到了宇宙中的“地球村”。人类认识自己与地球的关系——人地关系,经历了地理环境决定论、人类中心主义论,到了人地协调发展的人地系统阶段,即可持续发展论。人类认识社会发展的规律从唯心论、朴素和机械唯物论,到辩证唯物论。人类对自身的认识从整体论、还原论,到系统论。人类对人脑与精神的认识从神秘论、生理—心理认知论,到思维信息论。当代的科学研究特征,是从数、理、化、天、地、生、人、文、史、哲、政、经、法的单一学科的研究到物质、能量、信息系统;人地系统,即社会系统、地理系统;人体系统、人脑系统的



复杂科学的综合研究。总之,20世纪人类的认识飞速发展,尤其是50年代以来,航天技术、计算机技术、纳米技术、基因技术的发展表明,人类正向着可持续发展的信息社会前进!

在这册论文集中,集中发表了我的主要研究成果,其中许多思想是第一次公开阐述。为了方便交流,文中篇名、表名、图名及关键词均配有英文,但由于篇幅的限制,删去了英文摘要,望得到读者的谅解。

一代人有一代人的历史使命。科学技术发展如此迅猛,科学研究需要优秀的年轻一代。希望年轻学子从中能够获得一些启示,也期望得到科技界同仁的反馈信息。

这40年虽然我是独身,但在教学生涯中,也已经是师生祖孙三代人的学子关系了。许多优秀前辈是我的老师,他们在学问上是我的导师,在做人上是我的榜样。许多同代学者,不乏优秀的同行,他们的勤奋、成绩也都是激励我前进的动力。我的学生们日夜与我一起奋战在提出新概念、新思路及反复验证的艰苦劳动中,其中也涌现了不少优秀人才。在此,特向所有关心、支持过我的老师、学长、同行和学生们表示感谢!同时也感谢所有关心、支持我的父辈与亲友。

马蔼乃

于北京大学燕南园

2000年5月