

·基金纵横·

# 初次承担国家自然科学基金研究工作的体会

于广明

(辽宁工程技术大学, 阜新 123000)

## 1 项目申请

第一次参与国家自然科学基金研究是1996年1月,在我的博士生导师谢和平教授和张玉卓研究员的指导下,参加了由刘天泉院士等专家共同主持的国家自然科学基金重点项目(59634030)中的子项目“分形及损伤力学在矿山开采沉陷中应用”的研究工作。这个子项目的出发点在于:岩体是经过漫长的地质演化过程而形成的复杂结构体,由于地质构造运动的影响,使其内部存在大量的断层、节理、层理和地质弱面,这些地质结构面(即初始损伤)的存在,破坏了岩体的变形性质和强度特征,从而导致岩体开采沉陷更加复杂,即:在规律上的非规范性、在程度上的剧烈性和在损害上的严重性。因此,仅采用常规的开采沉陷理论来分析和解决矿山开采沉陷工程问题已暴露出诸多的缺陷和不足,为此本子项目提出矿山开采沉陷理论研究和实践应用的新思路:将损伤力学和分形几何开采沉陷学科领域,在现有的开采沉陷理论基础上,进一步揭示岩体(特别是地质构造复杂的岩体)开采沉陷的更深层次的机理、特征和规律,进一步发展矿山开采沉陷学科,使其在理论上更完备、实践上更符合实际、工程预测上更准确、应用上切实可行。为此,我们制作了13台相似材料模型,收集了大量的实测资料,有针对性地研究和揭示了矿山开采沉陷中一些新的机理、特征和规律,对矿山开采沉陷学科的进步起到一定的促进作用。然而,在该子项目的完成过程中,特别是在相似材料模拟实验中,我们又发现了很多特征和规律,仅用损伤力学或分形几何无法解释或无法描述,还必须借助于其他的理论知识特别是其他非线性科学分支,逐一研究揭示开采沉陷的每条规律,并将这些规律参数化,建立岩层移动非线性动力学预测模型,并软件化,实现开采沉陷的定量化预测和岩体破坏的

可视化模拟奠定基础。从这一宗旨出发,在大量的前期研究基础上,1997年与杨伦教授合作,又申请到矿山开采沉陷研究领域全新内容的课题:“结构化岩体采动沉陷的协同与突变原理与控制方法”(项目编号:59674005)。

## 2 取得的成果

经过3年的时间,在国内外专家的指导和大力支持下,在我校采矿损害与控制工程研究中心全体同志的共同努力下,提出了一系列矿山开采沉陷的非线性机理和非线性规律,其中包括:

(1)研究了矿山开采沉陷的损伤效应,建立了开采沉陷量值与岩体初始损伤变量的数量关系;

(2)提出采动岩体分形裂隙网络的概念,研究了其演化规律,建立了地表沉陷量值与其分维的数量关系;

(3)应用协同学描述了采动岩体沉陷的自组织过程,建立了采动覆岩突变失稳的力学条件;

(4)研究提出采动断层活化的分形界面效应,建立了采动断层活化量值与断层面分维的数量关系;

(5)研究了采动覆岩的层裂问题,提出层裂准则及离层形成的突变机理和规律;

(6)研究了地表动态下沉的“S”型分形增长规律,并提出了造成这种动态下沉的“S”型分形增长是采动岩体内部裂隙协同作用的结果。

基于上述机理和规律,我们还提出了开采沉陷损害的控制措施:

(1)阻隔地表非线性变形向地面建(构筑)物传递技术——活动基础法(专利技术);

(2)采动覆岩层裂离层注浆控制岩体沉陷技术(专利技术);

(3)采动覆岩扩容(胶结)控制岩体破坏技术。

以上述机理和规律为主要研究主题,我们共获

本文于1999年10月8日收到。

得如下几项成果:

(1)获科技进步奖两项,以“矿山开采沉陷的非线性机理和非线性规律”为主题的成果,1998年获中华人民共和国教育部科技进步三等奖(基础类);以“采矿对井上、下建(构)筑物破坏的防护技术、评价体系与检测系统”为主题的成果,1999年获辽宁省教委科技进步一等奖;

(2)出版专著一部:于广明著的“矿山开采沉陷非线性理论与实践导引”(煤炭工业出版社于1998出版),在国内外学术界产生一定影响被国内外收录或引用30余次,波兰专家为该专著撰写了书评,被评价为矿业开采沉陷非线性理论时代到来的标志。

(3)学术论文:在《Int. J. Rock Mech. Min. Sci.》、《Journal of Coal Science & Engineering(China)》、《力学与实践》、《实验力学》、《岩土工程学报》、《中国科学基金》、《岩石力学与工程学报》、《煤炭学报》、《中国有色金属学报》等国内外核心刊物上发表论文21篇;

(4)开展了国际合作与交流:于广明博士于1997年12月至1998年4月应邀赴波兰西里西亚工业大学地质采矿系进行合作与交流;回国后,又与波兰西里西亚工业大学地质采矿系签署了1999—2001年的合作计划;最近又获得了国家自然科学基金委员会的国际合作计划1项。

(5)研究成果获国家自然科学基金专著出版基金资助(项目批准号:59924030);

(6)成果推广:该项目研究成果已在铁法矿务局、义马矿务局等地推广应用,创造了显著的经济效益和社会效益。

### 3 研究工作体会

#### 3.1 科学选题正确、前期工作充实

正确的科学选题,充实的前期工作是能够成功获得和高水平完成国家自然科学基金的基石。我们自1979年开始就一直致力于“矿山开采沉陷”领域的研究工作。经过大量的研究、科学实验、现场调研和现场观测,我们逐步认识矿山开采沉陷的研究不足:“由于岩体内部结构的极其模糊性和不确定性、岩层移动的高度复杂性和非线性使岩层移动的预测模型和方法难以建立”,我们就是以这一问题为出发点,正确地选择了科学选题,即应用非线性科学对矿山开采沉陷进行研究。

有了正确的选题,我们便分步地进行了研究,先后完成了1项煤炭优秀青年基金项目、3项煤炭科

学基金、1项辽宁省自然科学基金,并在这些大量的研究基础上,申报了国家自然科学基金项目。

#### 3.2 抓住事物的本质特征和规律,划到“过河桥”

解决问题的根本所在是认清事物的本质特征和规律,特别是“矿山开采沉陷”这一极其复杂的现象,更是如此。综合大量的实验研究和现场观测成果不难看出,在地层沉陷研究领域,无论是其研究主体——岩体,还是沉陷的受力特征和作用机制,乃至沉陷的过程、扰动岩体破坏特征、岩层与地表移动规律等等,均表现出强烈的非连续性、非线性和复杂性。地层沉陷实质上是一个开放的非平衡岩体系统在不可逆扰动应力作用下,复杂结构岩体由初始损伤扩展,形成非规则的分形裂隙网络,到众多裂隙分叉、协同扩展,导致岩体的变形和破坏,并向上传递到地表,所完成的自组织沉陷过程,该过程中又表现出结构面扰动活化的分形界面效应和由渐变到突变的力学原理。可见,地层沉陷是一个丰富多彩的非线性学科,其中表现出的非平衡、随机性、非线性、自相似性、协同性、突变性、自组织性、有序性等复杂的本质特征,恰是非线性理论关注的焦点。因此,用非线性科学来研究开采沉陷过程中表现出的一系列规律,才能研究建立符合实际的矿山开采沉陷理论,才能可靠地用其解决相关领域的工程技术问题。

#### 3.3 不畏艰难,勇于创新

创新是高质量完成国家自然科学基金的重要保证,然而创新决非容易,它需要研究者具备正确的科学方法论和不畏艰难、坚忍不拔、勇于攀登的科学作风,以及敢于承担风险的胆略。对于矿山开采沉陷这一人为岩体破坏现象,天然岩体中的结构性对其破坏行为的影响必须考虑,然而岩体中各种结构面、体(裂隙、断层、节理等)对其破坏行为的影响是相互影响、相互制约的,表现出明显的“相干效应”和“协同效应”,用协同学方法研究是一种可行的创新工作。但精通协同学方法还是要付出一定辛苦的,我们毅然选择了这一难题。

#### 3.4 吃透两头,找到结合点

认清事物的本质特征和规律、选择正确的基础理论、确定正确的创新目标之后,便应该进行创造性的研究工作。进行创造性的研究工作,首先应该吃透两头,一头是基础理论,对于我们的研究工作来讲,基础理论便是非线性科学,包括分形几何、协同学、突变理论等;另一头便是专业知识,必须清楚地了解本专业的研究不足和发展趋势及其急待解决的问题,对于我们的研究工作,这头便是开采沉陷,认

清它的本质特征和规律,找到它的研究不足和发展方向及其急待解决的问题。然后,找到这两头的结合点,这便是创新工作。

### 3.5 科学实验是探讨复杂性的重要手段

实验是进行科学研究的重要手段,特别是对于“开采沉陷”这种复杂的现象,更应该借助于实验探索其复杂性。于是,我们自1996年开始,针对开采沉陷的众多影响因素,共制作30余台相似材料模型(克服了《1999年度国家自然科学基金项目指南》所指出的(P4上数第12行)“力学学科实验研究内容偏少”的缺点),对开采沉陷进行了全面系统的模拟研究,揭示了岩层移动的非线性机理和非线性规律,为发展矿山开采沉陷理论起到了重要作用。

### 3.6 积极开展国际交流与合作

随着人类对自然界认识的不断深入和经济全球化不可逆转的发展,科学技术领域的国际合作与竞争更趋活跃。国际交流与合作对提高国家自然科学基金项目的研究水平,推动我国更多的基础研究领域在国际学术界占据一席之地,会起到极其重要的作用。为了提高我们在研项目的研究水平,让国外了解我国的研究状况,我们积极地将研究成果向国外专家推荐,得到了国际岩石力学学会教育委员会主席、欧洲岩石力学学会主席 Kwasniewski 教授的高度赞誉,并主动邀请我赴波兰合作。Kwasniewski 教授在邀请信中写到:“你对非连续岩体采动沉陷的研究,我非常感兴趣。你进行的大量相似材料模拟实验给我留下极深的印象。我也由衷欣赏你将损伤力学应用于采动覆岩变形过程中所进行的开拓性研究。同时,你用相似材料模型模拟岩体中具有分形

性质的断层面对开采沉陷的影响,具有创造性。”我在访问波兰合作期间,在波兰科学院将本项目研究成果向国际著名开采沉陷专家、创始人、波兰国家级教授 Litwiniszyn、Knothe 教授作了介绍,受到了两位专家的认可和好评,并希望不断向他们介绍在这方面的研究进展。

### 3.7 研究群体的形成及科学研究的可持续发展

通过本项目的研究,不仅使我们自身的研究水平得到提高,而且还培养了一批年轻学者,共培养了3名博士、4名硕士;同时,以我们的科学作风、学术水平和刻苦钻研、密切合作的精神还吸引了物理、化学、数学地质、控制论、岩土工程、环境工程等其他学科领域的专家、学者主动加入我们的研究行列,实现了学科交叉、共同发展的目的。这不仅促进我们高质量地完成在研项目,而且壮大了我们的研究群体,促进了科学研究的可持续发展。

### 3.8 科学研究中的深谋远虑

科学研究,必须深谋远虑,避免短期行为,深谋主攻方向,远虑其发展前景。主攻方向确定后,按照科学发展的本质规律可分阶段有步骤地完成目标和创新点,实现可持续发展的科学研究。我们每当进行了一个项目研究时,都必须在上一项目基础上进行,实现该项目的目标和创新点,并考虑到这一项目应该研究什么,怎样与再研项目衔接,就这样,上一个项目给下一个项目奠定基础,并不断地为这一个项目提出新问题,下一个项目寻找新方法予以解决,并再为下一个项目提出新问题,最终实现总体主攻目标和创新体系。

## KNOWLEDGE OF CARRYING THE RESEARCH WORK OF NSFC FOR THE FIRST TIME

Yu Guangming

(Liaoning Technology University, Fuxin 123000)