数学及其应用新进展

——2010年全国数学与信息科学研究生学术研讨会论文集

Recent Developments of Mathematics and Applied Mathematics

—Proceedings of 2010 National Workshop of Mathematics and Information Science for Graduate Students

主编 邹建成 赵姝明

北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

数学及其应用新进展

——2010年全国数学与信息科学研究生学术研讨会论文集

主编　邹建成　赵姝明

北京邮电大学出版社
·北京·

内容简介

数学在信息科学中扮演着非常重要的角色，运用现代数学和计算机方法解决信息技术领域中的问题，是当前国际国内计算机领域的一个研究热点和难点。本书收录了中国电子学会通信学分会与北方工业大学主办、北京邮电大学出版社和《通信市场》、北京信息产业协会以及北京四元数科技有限公司协办的“2010年全国数学与信息科学研究生学术研讨会(MIC2010)”的论文30篇，内容涵盖了基础数学与应用数学、图形图像处理与模式识别和信息安全领域的基础和前沿领域，充分反映了国内研究生近期在上述领域的研究现状和最新进展。

本书可以为数学、计算机、工程物理等相关专业的教学、科研和工程技术开发提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

数学及其应用新进展:2010年全国数学与信息科学研究生学术研讨会论文集/邹建成，赵姝明主编．--北京:北京邮电大学出版社，2011.3

ISBN 978-7-5635-2600-0

Ⅰ.①数… Ⅱ.①邹… ②赵… Ⅲ.①数学—文集 ②信息技术—文集 Ⅳ.①O1-53 ②G202-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第031437号

书　　名：数学及其应用新进展——2010年全国数学与信息科学研究生学术研讨会论文集
作　　者：邹建成　赵姝明
责任编辑：孔　玥
出版发行：北京邮电大学出版社
社　　址：北京市海淀区西土城路10号(邮编:100876)
发 行 部：电话：62282185　传真：62283578
E - mail：publish@bupt. edu. cn
经　　销：各地新华书店
印　　刷：北京北邮印刷有限公司
开　　本：787 mm×1092 mm　1/16
印　　张：11
字　　数：273千字
版　　次：2011年3月第1版　2011年3月第1次印刷

ISBN 978-7-5635-2600-0　　定　价：28.00元

·如有印装质量问题，请与北京邮电大学出版社发行部联系·

2010年全国数学与信息科学研究生学术研讨会

MIC2010

（2010年12月15—16日　中国　北京）

主办单位： 中国电子学会通信学分会
北方工业大学理学院
北方工业大学研究生部

协办单位： 北京邮电大学出版社
《通信市场》杂志社
北京信息产业协会
北京四元数科技有限公司

大会学术顾问： 马志明　徐利治
大会主席： 邹建成　牛少彰
程序委员会主席： 胡占义　邹建成
程序委员会委员（以姓氏汉语拼音为序）：

保继光　蔡燧林　高隆昌　房艮孙　封举富　郝志峰　姜广峰
纪培胜　李庆忠　李尚志　李养成　牛少彰　潘建中　裴东河
齐东旭　宋瑞霞　孙洪祥　孙伟志　唐　云　王建稳　王景中
王能超　王　勇　吴发恩　吴福朝　伍鹏程　余德浩　张敦穆
张建文　张　朋　张世清　向淑文　邹建成

组织委员会主席： 邹建成　赵姝明
组织委员会委员： 张　杰　郑　权　杨志辉　王昆仑　邝世诚

前　言

众所周知，数学是一切自然科学，如物理、化学、力学、天文、生物等的基础，数学为它们提供了描述大自然的语言与探索大自然奥秘的工具。伟大的科学家伽里略说："自然界这部伟大的书是用数学语言写成的。"回顾科学发展的历史，自然科学的许多重大发展无不与数学的进步息息相关。而在高科技时代，随着自然科学各个研究领域进入到更深的层次和更广的范畴，数学与自然科学的关系变得更加的密切。美国自然科学基金会最近指出：当代自然科学的研究正在日益呈现出数学化的趋势。

20世纪最伟大的技术成就首推电子计算机的发明与应用，它改变了人们的日常生活，并使人类进入了信息时代。在电子计算机的发明史上，里程碑式的人物图灵和冯·诺依曼都是数学家。而在当今的计算机的重大应用中也无不包含着数学。1985年，美国国家研究委员会在一份报告中指出："数学是推动计算机技术发展和促进这种技术在其他领域应用的基础科学。"今天，信息技术已被广泛地应用于人类生活的方方面面，使我们无处不感到它的存在。从医学上的CT技术到中文印刷排版的自动化，从飞行器的模拟设计到指纹的识别，从石油地震勘探的数据处理到信息安全技术，等等。在这些形形色色的技术的背后，数学都扮演着十分重要的不可缺少的角色，已经成为解决这些问题的锋利宝剑。信息技术的发展已经使得数学在科学技术中的地位发生了重大变化。当今数学不再只是通过其他基础学科间接地应用于技术领域，而是广泛地、直接地应用于各种技术之中。此外，数学已经广泛地深入到社会科学的各个领域。例如，用数学模型研究宏观经济与微观经济，用数学手段进行市场调查与预测，用数学理论进行风险分析和指导金融投资。在经济与金融的理论研究上，数学的地位更加特殊，在诺贝尔经济学奖的获得者中，数学家或有数学研究经历的经济学家占了相当大的比例。

当代的数学在过去的几十年中发展迅猛异常，其发展速度大大超过了以往的任何时代。数学内部各个分支学科之间的相互交叉和相互渗透，不仅淡化了原有分支学科之间的界线，而且形成了许多新的综合性的研究领域，它们构成了数学新的生长点。数学与科学技术的广泛结合，形成了许多新的应用数学学科和不少新的边缘交叉学科，如非线性科学、生物信息学、金融数

学、信息安全学，等等。

由中国电子学会通信学分会与北方工业大学主办，北京邮电大学出版社、《通信市场》杂志社、北京信息产业协会以及北京四元数科技有限公司协办的“2010 年全国数学与信息科学研究生学术研讨会（MIC2010）”，于 2010 年 12 月 25—26 日在中国北京举行。本次会议主题围绕数学与信息科学创新及培养等方面进行深入广泛的学术交流，会议征文涵盖了基础数学、应用数学、金融数学、图像处理与信息安全等研究方向和应用领域。本论文集收录了此次会议中的部分优秀论文，这些论文反映了国内在数学与信息科学研究和应用方面的最新进展。在此，我们感谢会议文章作者的贡献，他们的积极参与使得会议成为可能；感谢审稿人付出的辛勤劳动，他们的努力工作使得会议的学术质量得到保证；感谢出版社的工作，使得文集的及时出版成为可能。

编　者

2010 年 12 月于北京

目　录

奇点理论及其发展现状

樊 立
（北方工业大学图像处理与模式识别研究所 理学院，北京 100144）

摘 要：奇点来源于物理学，奇点理论是数学上的一门新兴学科，现在蓬勃发展。由奇点理论发展而来的突变理论在自然科学和现实生活中应用非常广泛。

关键词：奇点 奇点理论 突变理论

1 引言

奇点理论是数学中的一门新兴学科，它的发展历史并不是很长，但是它的发展速度十分迅速，尤其是在衍生出突变理论之后。突变理论的应用十分的广泛。本文主要是对奇点，奇点理论的知识作相关介绍，以及对目前发展的、非常好的突变理论作相关介绍。

2 奇点相关介绍

奇点最早来源于物理学上的定义。在经典广义相对论的框架里，霍金和彭罗斯证明了，在很一般的条件下，空间-时间一定存在奇点，最著名的奇点即是黑洞里的奇点以及宇宙大爆炸处的奇点。在奇点处，所有定律以及可预见性都失效。奇点可以看成空间时间的边缘或边界。只有给定了奇点处的边界条件，才能由爱因斯坦方程得到宇宙的演化。由于边界条件只能由宇宙外的造物主所给定，所以宇宙的命运就操纵在造物主的手中。这就是从牛顿时代起一直困扰人类智慧的第一推动力的问题。

2.1 奇点的术语介绍

在广义相对论中，对奇点的研究是一个重要的内容，它既是能量条件最早的应用之一，也是全局方法在广义相对论中初试锋芒的范例。在能量条件简介的引言中曾经提到，广义相对论的经典解，比如 Schwarzschild 解——存在奇异性。这其中有的奇异性——比如 Schwarzschild 解中的 $r=2m$——可以通过坐标变换予以消除，因而不代表物理上的奇点；而有的奇异性——比如 Schwarzschild 解中的 $r=0$——则是真正的物理奇点。很明显，在奇点研究中，真正的物理奇点才是感兴趣的对象。

奇点显然就是那些时空结构具有某种病态性质（pathological behavior）的时空点。但稍加推敲，就会发现这种说法存在许多问题。首先，“病态性质”是一个很含糊的概念，究竟什么样的性质是病态性质呢？显然需要予以精确化。其次，广义相对论与其他物理理论有

一个很大的差异，那就是其他物理理论都预先假定了一个背景时空的存在，因此，那些理论如果出现奇点——比如电磁理论中点电荷所在处的场强奇点，可以明确标识奇点在背景时空中的位置。但广义相对论描述的是时空本身的性质。因此在广义相对论中一旦出现奇点，往往意味着时空本身的性质无法定义。另一方面，物理时空被定义为带 Lorentz 度规的四维流形，它在每一点上都具有良好的性质。因此，物理时空按照定义就是没有奇点的，换句话说，奇点并不存在于物理时空中。

既然奇点并不存在于物理时空中，自然就谈不上哪一个时空点是奇点，从而也无法把奇点定义为时空结构具有病态性质的时空点了。但即便如此，像 Schwarzschild 解具有奇异性这样显而易见的事实仍然是无法否认的，因此关键还在于寻找一个合适的奇点定义。

2.2 奇点的主要分析

物理学奇点：物理学上一个存在又不存在的点。空间-时间具有无限曲率的一点。空间-时间，在该处开始、在该处完结。经典广义相对论预言存在奇点，但由于现有理论在该处失效，也就是说不能用定量分析的方法来描述在奇点处有些什么。

宇宙学奇点：作为“宇宙学的奇点”，是宇宙产生之初，由爆炸而形成现在宇宙的那一点。它具有所有物质的势能，而这种势能——正是由大爆炸而转化为宇宙物质的质量和能量，以及表现这种质量和能量的“空间”。可以想象，奇点是一种无形的、无限小的、很奇妙的存在。

几何学奇点：“几何意义上的奇点”，也是无限小且不实际存在的“点”。可以想象一维空间(如线)，或二维空间(如面)，或三维空间，当它无限小时，取极限小的最后的一“点”，这一个不存在的点，即奇点。

数学奇点：数学上，一个奇点通常是一个当数学物件上被称为未定义的点，或当它在特别的情况下无法完序，以至于此点出现在异常的集合中。诸如导数。参见几何论中一些奇点论的叙述。举例：方程式 实数中当某点看似“趋近”至$\pm\infty$且未定义的点，即是一奇点$x=0$。方程式$g(x)=|x|$(参见绝对值)亦含奇点$x=0$(由于它并未在此点可微分)。同样的，在$y=x$有一奇点(0,0)，因为此时此点含一垂直切线。一个代数集合在(x,y)维度系统定义为$y=1/x$有一奇点(0,0)，因为在此它不允许切线存在。

3 奇点理论发展历史

萌芽时期：追溯其历史渊源，有20世纪30年代 H. M. 莫尔斯的临界点理论，40年代 H. 惠特尼的微分流形嵌入、浸入有关的奇点的工作，以及庞特里亚金与惠特尼等人研究的与示性类有关的奇点方面的工作。

标志事件：1955年惠特尼发表了关于把平面映射到平面的映射奇点的工作，它标志着奇点理论开始作为一门独立的分支登上了数学的舞台。1956年 R. 托姆发表了一篇题为《可微映射的奇点》的论文，对以后整个奇点理论的发展提出了一个纲领式的描述。1960年 R. 托姆在波恩又作了一系列的演讲，把他的纲领式的描述更加具体化。

发展时期：理论本身取得了重大进展。J. N. 马瑟的关于稳定性方面的一系列工作，阿诺尔德等人关于奇点分类方面的工作。奇点理论在自然科学中的应用上也取得了出人意料

的突破。20 世纪 60 年代末，R. 托姆提出的突变理论，70 年代阿诺尔德把奇点分类应用在物理学中的振荡积分的计算上。

4　奇点理论介绍

方程组的解集，如果在点 $\alpha\in A$，矩阵无穷多次可微的映射简称为可微映射。设 $f:R^n\to R^m$ 是可微映射，$f=(f_1,f_2,\cdots,f_m)$，点 $\alpha\in R^n$，矩阵 $\left(\frac{\partial f_i}{\partial x_j}(\alpha)\right)$ 的秩称为 f 在点 α 的秩，记做 rank f。如果 rank $f=\min(n,m)$，称 α 是 f 的正常点；若 rank $f<\min(n,m)$，就称 α 为 f 的奇点。

奇点的研究有着广阔的背景。首先，微积分学的基本任务之一是研究函数在一点附近的性态，即所谓局部性质。在微积分中，对可微函数 $y=f(x)$，有下面的结果。

① 如果 $f(x)$ 在点 α 的导数 $f'(\alpha)\neq 0$，即 α 是 f 的正常点，则在点 α 附近 f 有反函数存在（即反函数定理）。这时 f 在点 α 附近的性态很简单，甚至可以在点 α 附近另选局部坐标 t，$x=\phi(t)$，使得在这个新坐标系中 f 的分析表达式为：$f[\phi(t)]=t$。

② 如果 $f'(\alpha)=0$，即 α 是 f 的奇点，那么这时 f 在点 α 附近的性态就比较复杂。可分为三种情况：如果 $f'(\alpha)=0$，但 $f''(\alpha)>0$，则 $f(\alpha)$ 是 f 在 α 附近的极小值；如果 $f'(\alpha)=0$，但 $f''(\alpha)<0$，则 $f(\alpha)$ 是 f 在 α 附近的极大值；如果 $f'(\alpha)=0$，但 $f''(\alpha)=0$，而 $f(\alpha)\neq 0$，则 α 是 f 的拐点。

由此可见，正是在奇点附近函数 f 有着丰富多彩的性质。对于多元可微函数以及微分流形之间的可微映射，情况又如何呢？奇点理论研究这些问题。在数学的许多分支中都要研究各种方程的解集合。例如，在代数学中要研究多项式的零点集，在代数几何中要研究多变量的多项式方程组的解集，即代数簇。像上面这些学科一样，局部分析中最一般的问题是研究下面方程组的解集：

$$\left.\begin{array}{l} g_1(x_1,x_2,\cdots,x_n)=0,\\ g_2(x_1,x_2,\cdots,x_n)=0,\\ \qquad\vdots\\ g_k(x_1,x_2,\cdots,x_n)=0,\end{array}\right\}((x_1,x_2,\cdots,x_n)\in R^n)。\tag{1}$$

这里 g_i 是实值无穷次可微的函数。在这里由于已知的信息很少，即仅知道这些函数 g_i 是无穷多次可微的，因此情况更复杂，事实上惠特尼证明了欧氏空间 R^n 中的任意闭子集都可是可微函数的零点集。R^n 中的闭集可以很复杂，以致难以研究它。究竟是可微映射的什么性质影响着它自身的零点集的性态呢？例如，考虑方程组(1)，以 A 记这个

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial g_1}{\partial x_1}(x) & \frac{\partial g_1}{\partial x_2}(x) & \cdots & \frac{\partial g_1}{\partial x_n}(x)\\ \frac{\partial g_2}{\partial x_1}(x) & \frac{\partial g_2}{\partial x_2}(x) & \cdots & \frac{\partial g_2}{\partial x_n}(x)\\ \vdots & \vdots & & \vdots\\ \frac{\partial g_k}{\partial x_1}(x) & \frac{\partial g_k}{\partial x_2}(x) & \cdots & \frac{\partial g_k}{\partial x_n}(x)\end{pmatrix}\tag{2}$$

的秩为 k，则由隐函数定理就知道在点 α 附近方程组(1)可解出为显函数。如设矩阵 $\left(\dfrac{\partial g_i}{\partial x_j}(\alpha)\right)$，$1\leqslant i\leqslant k$，$1\leqslant j\leqslant k$ 为满秩的，那么在点 α 附近，由方程组(1)就确定出函数

$$\begin{gathered}x_1=h_1(x_{k+1},x_{k+2},\cdots,x_n),\\ x_2=h_2(x_{k+1},x_{k+2},\cdots,x_n),\\ \vdots\\ x_k=h_k(x_{k+1},x_{k+2},\cdots,x_n)。\end{gathered}$$

这就是说在点 α 的一个邻域里点集 A 是 R^n 中的微分子流形，即 R^n 中的 n-k 维光滑曲面。而使得矩阵(2)的秩为 k 的点就是映射 $g:R^n\to R^k$，$g=(g_1,g_2,\cdots,g_k)$的正常点。这说明如果点 α 是映射 $g=(g_1,g_2,\cdots,g_k)$的正常点，那么方程 $g=0$ 的解集 A 在点 α 邻近就是一微分流形。

再如，设 $f(x_1,x_2,\cdots,x_n)$是可微函数，如果在点 $\alpha\in R^n$ 有 $\dfrac{\partial f}{\partial x_1}(\alpha)=\dfrac{\partial f}{\partial x_2}(\alpha)=\cdots=\dfrac{\partial f}{\partial x_n}(\alpha)=0$ 就称 α 为 f 的临界点；如果此外还有矩阵 $\left(\dfrac{\partial^2 f}{\partial x_i\partial x_j}(\alpha)\right)$是满秩的，就称 α 为 f 的非退化的临界点。

考虑方程 $f(x_1,x_2,\cdots,x_n)=0$ 解集 A，$\alpha\in A$，集 A 在点 α 的局部性态如何？20世纪30年代M. 莫尔斯证明了下述定理：如果点 α 是 $f(x_1,x_2,\cdots,x_n)$的非退化临界点，则可在点 α 附近选取适当的坐标系$(y_1,y_2,\cdots,y_n)$，使得在坐标系$(y_1,y_2,\cdots,y_n)$中 f 的分析表达式为：

$$y_1^2+\cdots+y_k^2-y_{k+1}^2-\cdots-y_n^2。$$

由此可见，如果 $\alpha\in A$ 是 f 的非退化临界点，则在点 α 邻近点集 A 就是一个二次锥面。临界点就是奇点。非退化临界点是一种特殊类型的奇点。f 在点 α 的奇点性质影响着点集 A 在点 α 附近的性态。因此要研究函数方程的解集的性态就必须研究可微映射的奇点。由此也可以看到研究奇点的必要性。

5 奇点理论发展现状——突变理论及其应用

突变论的诞生，以法国数学家勒内·托姆(Renethom, 1923—)于1972年发表的《结构稳定性和形态发生学》一书的问世作为标志。“突变”一词，法文原意是“灾变”，强调变化过程的间断或突然转换的意思。在自然界和人类社会活动中，除了渐变的和连续光滑的变化现象外，还存在着大量的突然变化和跃迁现象，如岩石的破裂、桥梁的崩塌、天体的相撞、地震、海啸、细胞的分裂、生物的变异、人的休克、情绪的波动、战争、市场变化、企业倒闭、经济危机等。托姆将系统内部状态的整体性“突跃”称为突变，其特点是过程连续而结果不连续。突变理论可以被用来认识和预测复杂的系统行为。

5.1 突变理论的概述

突变理论研究的是从一种稳定组态跃迁到另一种稳定组态的现象和规律。它指出自然界或人类社会中任何一种运动状态，都有稳定态和非稳定态之分。在微小的偶然扰动因素作用下，仍然能够保持原来状态的是稳定态；而一旦受到微扰就迅速离开原来状态的则是非稳定态，稳定态与非稳定态相互交错。非线性系统从某一个稳定态(平衡态)到另一个稳定

态的转化，是以突变形式发生的。突变理论作为研究系统序演化的有力数学工具，能较好地解说和预测自然界和社会上的突然现象，在数学、物理学、化学、生物学、工程技术、社会科学等方面有着广阔的应用前景。

突变理论是用形象的数学模型来描述连续性行动突然中断导致质变的过程，这一理论与混沌理论(Chaos Theory)相关，尽管它们是两个完全独立的理论，但现在突变理论被普遍视作为混沌理论的一部分。尽管突变理论是一门数学理论，它的核心思想却有助于人们理解系统变化和系统中断。如果系统处于休止状态(也就是说，没有发生变化)，它就会趋于获得一种理想的稳定状态，或者说至少处在某种定义的状态范围内。如果系统受到外界变化力量作用，系统起初将试图通过反作用来吸收外界压力。如果可能的话，系统随之将恢复原先的理想状态。如果变化力量过于强大，而不可能被完全吸收的话，突变(Catastrophic Change)就会发生，系统随之进入另一种新的稳定状态，或另一种状态范围。在这一过程中，系统不可能通过连续性的方式回到原来的稳定状态。

七种初等突变：折迭型突变(Fold Catastrophe)、尖点型突变(Cusp Catastrophe)、燕尾型突变(Swallowtail Catastrophe)、蝴蝶型突变(Butterfly Catastrophe)、双曲型脐点(Hyperbolic Umbilic)、椭圆型脐点(Elliptic Umbilic)和抛物型脐点(Parabolic Umbilic)。突变理论的次级应用研究包括：歧变理论(Bifurcation Theory)、非平衡热力学(Nonequilibrium Thermodynamics)、奇点理论(Singularity Theory)、协同论(Synergetics)及拓扑热力学(Topological Dynamics)等。

5.2　突变理论的基本内容

突变理论主要以拓扑学为工具，以结构稳定性理论为基础，提出了一条新的判别突变、飞跃的原则：在严格控制条件下，如果质变中经历的中间过渡态是稳定的，那么它就是一个渐变过程。例如，拆一堵墙，如果从上面开始一块块地把砖头拆下来，整个过程就是结构稳定的渐变过程。如果从底脚开始拆墙，拆到一定程度，就会破坏墙的结构稳定性，墙就会哗啦一声，倒塌下来。这种结构不稳定性就是突变、飞跃过程。又如社会变革，从封建社会过渡到资本主义社会，法国大革命采用暴力来实现，而日本的明治维新就是采用一系列改革，以渐变方式来实现。

对于这种结构的稳定与不稳定现象，突变理论用势函数的洼存在表示稳定，用洼取消表示不稳定，并有自己的一套运算方法。例如，一个小球在洼底部时是稳定的，如果把它放在突起顶端时是不稳定的，小球就会从顶端处，不稳定滚下去，往新洼地过渡，事物就发生突变；当小球在新洼地底处，又开始新的稳定，所以势函数的洼存在与消失是判断事物的稳定性与不稳定性、渐变与突变过程的根据。托姆的突变理论，就是用数学工具描述系统状态的飞跃，给出系统处于稳定态的参数区域，参数变化时，系统状态也随着变化，当参数通过某些特定位置时，状态就会发生突变。

突变理论提出一系列数学模型，用以解释自然界和社会现象中所发生的不连续的变化过程，描述各种现象为何从形态的一种形式突然地飞跃到根本不同的另一种形式。如岩石的破裂，桥梁的断裂，细胞的分裂，胚胎的变异，市场的破坏以及社会结构的激变……按照突变理论，自然界和社会现象中的大量的不连续事件，可以由某些特定的几何形状来表示。

5.3 突变理论的应用

5.3.1 托姆的突变论与德弗里斯的突变进化论

企业自身成长中的不确定性和经营环境的不确定性,突如其来的失败或萎缩成为时代的特征,这使得人们越来越倾向于从系统论的角度,将企业视为非线性系统和复杂系统,并应用非线形系统理论分析企业发展的规律,探讨企业演化的模式和与环境的互动关系。20 世纪 60 年代,随着系统论的兴起,系统管理理论引起管理学者和企业家的广泛关注。孔茨(Koontz)认为,"不论是管理著作,还是从事实务的主管人员,都不应该忽视系统方法",斯科特(Scott)则将系统理论的引入看做是管理理论有别于传统企业发展理论的真正革命。

系统论主要有三大思想体系:耗散结构理论、协同论和突变理论。其中,突变理论可以为组织提供一系列关于组织发展过程中不确定性对其影响的系统分析。谈到突变论时,有必要指出早于托姆的德弗里斯以及他的突变进化论。多年以来,如何看待世界,存在两种截然对立的观点,达尔文主要从"渐变"或"连续性"的角度考察世界,认为自然界的演变是十分缓慢的,这种"渐变论"是当时学术界的主导思想。然而,19 世纪末,以达尔文进化论为基础的连续变异进化观,既无法解释古生物学中大量存在的"化石断层"现象,亦无从说明变异的遗传本质,正是在这一背景下,荷兰植物学家雨果 · 德弗里斯 (Hugo De Vries,1848—1935)建立了以"物种的突发产生"为主要内容的进化学说突变论。他在 1889 年出版了《细胞内泛生论》,以批判的眼光回顾了以前在遗传方面的研究,提出了细胞核的成分"泛生子"(Pangenes)决定遗传特性。1901—1903 年,他撰写出版了《突变论》一书,集中阐述了他的生物突变论思想。德弗里斯证明,达尔文强调的那种微小变异不是形成新物种的真正基础,物种起源主要是通过跳跃式的变异——"突变"来完成的。他解答了达尔文学说中许多使人迷惘的问题,回击了一些人对进化论的攻击,从而使达尔文进化论向前推进了一大步。德弗里斯还给出了生物突变的主要特性。它们包括:

(1)突变的突发性。新的基本种可不经过任何中间阶段而突然出现;在进化过程中,突变体的产生无法预见,新突变体一旦出现,就"具有新形式的所有性状";

(2)突变的多向性。新的基本种突变的形成,是在所有的方向上发生的,所有的器官几乎在所有可能的方向上都会发生变化;

(3)突变的稳定性和不可逆性。从新的基本种产生的时刻起,通常是完全稳定的。突变一旦产生,就能稳定地遗传给后代,它不具有"逐渐返回其起源形式的倾向",这种不可逆性可导致突变体直接形成一个新物种;

(4)突变的周期性。突变是周期性出现的,不管研究的材料及其性质是什么,突变出现的几率是有规律可寻。如月见草(正常型)的 7 个变种出现的几率为 1%～3%;

(5)突变的随机性。突变可发生在生物体的任一部位,突变的发生与外界条件影响之间,新的性状同个体的变异性之间,没有什么特殊的联系。

德弗里斯和托姆的突变论观点具有普遍的意义,它转换了人们认识的角度,使人们可以用非连续进化观,进入一个迥异于连续性进化观的世界,从而成为当今世界上应用极为广泛的现代方法论之一。同时,突变论作为一门着重应用的科学,既可以用在"硬"科学方面,又可以用于"软"科学方面。特别地,对洞察企业发展的演化过程,把握企业发展的规律,指导企业的经营实践,具有重要的方法论意义和启示作用。

5.3.2　反梯度推移与突变型再造和创新

企业在制定决策的时候，往往会碰到这样的两难抉择：到底应该对原来的技术进行改进，还是要研发新的技术来替代？或者更一般地，企业在推行变革、再造和创新的时候，是渐进式的还是突变式的？是改良还是改革？大体而言，企业往往偏好在其熟悉的、更接近现有技术的基础上进行技术创新，在成熟的技术上不断改进。涉及企业改革时亦大致如此，很多情况下大家会力主和风细雨式的渐进变革。这种想法占上风的理由似乎很充足：企业发展要求稳，稳健发展，切忌急功近利、急躁冒进，避免出现大幅变化的“巨涨落”；要稳中求变，一步一步变化，从量变到质变，稳扎稳打，凡事要控制在平衡态，不可操之过急，否则会欲速则不达，甚至哗变。再则，还有路径依赖一说，即事物演化对其发展道路和适用规则的选择有依赖性，一旦选择了某种道路就很难改弦易辙。

然而，对改良式技术创新和渐进式变革的负面问题要有充分的认知。改良型技术创新虽然能很快会被市场上的主流消费者所接受，但随着技术创新的不断改进，改良型创新可能会导致产品的性能过剩。就变革而言，渐进式的改进其实有一个根本的前提，那就是企业的发展方向是正确的，对大格局的研判是准确的。否则，南辕北辙，拾遗补缺式的改良只会导致在错误的道路上渐行渐远，改良的后果只是在原本已经盘根错节积弊深沉的系统中加剧复杂，使问题的解决变得更加困难。渐进式变革是一种从外部来解决问题的方法，最大的问题是忽视了企业中冲突的内在动力和本质，就像在数字化技术中全力研究模拟技术的日本企业一样，付出很多但却无法得到回报，甚至因此而落败。更何况，正如一位智者所言，“财富永远来源于更好地突破现状、把握未知，而非更好地完善已知”。

人们更加倡导通过反梯度推移，实现组织的突变型再造和创新。所谓反梯度推移，是指不是像通常那样序贯的、顺次的、梯度的推进，而是渐进过程的中断，非平衡发展的突变和创造性毁灭(creativedestruction)。熊彼特在总结他所观察的现代经济演化特征时指出，推动进步的力量，并非来自过去经验的累积，而在于颠覆性的全盘创新。美国科学哲学家托马斯·库恩亦提出“范式转移(paradigmshift)”概念，他特别强调新旧范式之间具有不可通约性，范式的转换是一种整体性、结构性转换；范式的改变是世界观的改变，范式一改变，这世界本身也随之改变了。在转型变革期，企业的再造和创新绝不是一次改良运动，而是重大的突变式改革。这主要表现为以下三个方面：

(1)企业变革和再造是对固有基本信念的挑战。这些信念是“隐藏在暗处的顽石”，深深植根于企业内部，影响企业员工的心智模式，对企业经营活动的展开、业务流程的设计和执行起基础性作用。由于当今世界的商业环境及游戏规则已经发生革命性的变化，从根本上动摇了以往的商业逻辑，必须对企业既有的、视为当然的基本信念进行相应的批判性审视，促进基本信念的重大转变，使组织里的每个人都开始关心“做正确的事”而非“把事做正确”。突变型再造和创新的根本目的，是要不断地矫正轨道，使企业永远向着正确的方向，而非如何在现有的轨道上跑得更快。

(2)企业再造和变革不是要在业绩上取得点滴的改善或逐渐提高，而是要在经营业绩上取得显著的改进。企业变革和再造要基于某一崭新的理念而展开，不是对组织和流程简单的修修补补，而是对组织的再造，对业务流程的重建，对“零和竞争”的超越，对新市场的开辟，从而使企业产生脱胎换骨的变化。如企业通过挖掘顾客的潜在需求，采用突变型技术取代原有的传统技术，通过与市场意见领导者进行沟通和对消费者进行再教育等方式影响市

场,采取主动性营销策略,挖掘商机,创造新的市场格局和丰厚的新的利润源。

(3)突变是摆脱积重难返的旧体制和复杂系统巨大惯性的唯一出路,唯有通过突变和创新,方可实现企业从旧质转化为新质的爆发式跃迁。在明晰事物的真相和问题的症结后,就要大刀阔斧从容不迫地施行变革,置死地而后生,从根本上使企业走出困境。

5.3.3 网络突变下的危机管理

21世纪以来人类进入了网络时代,今天的经济已是一个全球化的经济、开放的经济和一体化的经济,是一个既高度分工又高度综合集成的经济,诸如资金、人员、管理和品牌等资源不再像以前那样受到空间的限制,而是更加方便和自由地流动。交通和通信的极大便利以及IT技术和互联网的强力渗透,把人类紧紧相连。每个企业不过是庞大网络体系中的一个节点,彼此制约,相互依赖。世界上任何一个角落的突变都会在全世界范围内飞速传播,冲击波迅速放大,其频度和深度前所未有,企业将面临更为动荡的商业环境。随着信息技术的飞速发展和网络的普及,全球化、信息化和网络化正在深刻地改变世界的商业模式,使企业不得不在一个蕴含更多不确定性和突变性的商业风险和危机中打拼。在过去的几年里,施乐、山登、广本、美林证券、亨氏、肯德基、宝洁、卡夫、强生、联合利华、雀巢、哈根达斯等跨国公司,以及本土的中航油、长虹、光明乳业等都曾被卷入危机的漩涡之中。而一些曾经无限风光如日中天的企业,如美国的安然、世通、安达信,英国的巴林银行,香港的百富勤,中国大陆的巨人、德隆、中天勤、银广夏、亚细亚、飞龙、巨能钙等几乎是在倾刻间不复存在,就像汇丰集团主席庞·约翰所说的那样:"过去摧毁一座金融帝国可能需要一个很漫长的过程,但是现在,即使是经营了上百年的金融帝国也可以在一夜之间倾塌。"

突变理论在自然科学中的应用是相当广泛的。在物理学研究了相变、分叉、混沌与突变的关系,提出了动态系统、非线性力学系统的突变模型,解释了物理过程的可重复性是结构稳定性的表现。在化学中,用蝴蝶突变描述氢氧化物的水溶液,用尖顶突变描述水的液、气、固的变化等。在生态学中研究了物群的消长与生灭过程,提出了根治蝗虫的模型与方法。在工程技术中,研究了弹性结构的稳定性,通过桥梁过载导致毁坏的实际过程,提出最优结构设计。

突变理论在社会现象的一个应用归纳为某种量的突变问题,人们施加控制因素影响社会状态是有一定条件的,只有在控制因素达到临界点之前,状态才是可以控制的。一旦发生根本性的质变,它就表现为控制因素所无法控制的突变过程。还可以用突变理论对社会进行高层次的有效控制,为此就需要研究事物状态与控制因素之间的相互关系,以及稳定区域、非稳定区域、临界曲线的分布特点,还要研究突变的方向与幅度。

通过突变理论能够有效地理解物质状态变化的相变过程,理解物理学中的激光效应,并建立数学模型。通过初等突变类型的形态可以找到光的焦散面的全部可能形式。应用突变论还可以恰当地描述捕食者——被捕食者系统这一自然界中群体消长的现象。过去用微积分方程式长期不能满意解释的,通过突变论能使预测和实验结果很好地吻合。突变论还对自然界生物形态的形成作出解释,用新颖的方式解释生物的发育问题,为发展生态形成学作出了积极贡献。突变论对哲学上量变和质变规律的深化,具有重要意义。很长时间以来,关于质变是通过飞跃还是通过渐变,在哲学上引起重大争论,历史上形成三大派观点:"飞跃论"、"渐进论"和"两种飞跃论"。突变论认为,在严格控制条件的情况下,如果质变中经历的中间过渡态是稳定的,那么它就是一个渐变过程。质态的转化,既可通过飞跃来实现,也可

通过渐变来实现，关键在于控制条件。应用突变论还可以设计许许多多的解释模型。例如经济危机模型，它表现经济危机在爆发时是一种突变，并且具有折迭型突变的特征，而在经济危机后的复苏则是缓慢的，它是经济行为沿着“折迭曲面”缓慢滑升的渐变。此外，还有“社会舆论模型”、“战争爆发模型”、“人的习惯模型”、“对策模型”、“攻击与妥协模型”等。

6　总结与展望

突变理论能解说和预测自然界和社会上的突然现象，无疑它也是软科学研究的重要方法和得力工具之一。突变论在数学、物理学、化学、生物学、工程技术、社会科学等方面有着广阔的应用前景。《大英百科年鉴》1977 年版中写道：“突变论使人类有了战胜愚昧无知的珍奇武器，获得了一种观察宇宙万物的深奥见解。”自然，突变论的应用在某些方面还有待进一步的验证，在将社会现象全部归结为数学模型来模拟时还有许多技术细节要解决，在参量的选择和设计模型方面还有大量工作要做。此外，突变理论本身也还有待于进一步完善，在突变论的方法上也有许多争议之处。总之，突变论问世以来，引起褒贬不一的评述，正像任何一门新兴学科的发展经历一样。著名数学家斯图尔特客观地评价了突变论，他写道：“适当地理解突变理论，可以为人们生存的世界提供新颖而深入的见解。但它还需要加以发展、检验、修改，经历一般成为可靠的科学工具的全部过程。但我毫不怀疑，也不是宇宙中的唯一事物。”

奇点理论及突变理论在许多领域已经取得了重要的应用成果。随着研究的深入，它的应用范围在不断扩大，相信它在中国建设中将发挥重要作用。

参考文献

[1] Golubitsky M, Guillemin V. Stable Mappings and Their Singularities. New York: Springer-Verlag, 1973.
[2] Martinet J. Singularities of Smooth Functions and Maps. London: Cambridge Univ. Press, 1982.
[3] 凌复华．突变理论及其应用．上海：上海交通大学出版社，1987.
[4] 周燕华．突变理论．北京：高等教育出版社，1990.
[5] 卢昌海．奇点与奇点定理简介．现代物理知识，2007，5.
[6] 潘岳，王志强，张勇．突变理论在岩体系统动力失稳中的应用．北京：科学出版社，2008.