

Research on Mathematical Model of Geo-object Evolution and Its Application Based on Point Set Topology

Zhong Yexun^{1,2} Ye Tong^{1*} Hu Baoqing²

1. Department of Navigation Engineering, Naval University of Engineering, Wuhan;
2. Nanning Normal University/Key Laboratory of Environment Change and Resources Use in Beibu Gulf, Ministry of Education/Guangxi Key Laboratory of Earth Surface Processes and Intelligent Simulation, Nanning

Abstract: It is can not cut apart for the relation of material exists in space and time. Existed matter in time certainly occurs evolution under time operator affects and these evolution is universal. The substance of geo-object of different quality is the point set of different quality, thus the question of geo-object evolution can be expounded by the related theory of point set topology. The newborn geo-object certainly covered the disappeared geo-object and algebraic sum identically equal zero of geo-object of disappear and increase in geo-object evolution. The disappearance and increase of geo-object have the quality of at the same time and advance. The disappear and increase of construction point set certain lead to variation of quantity, mass and construction of relation based point set on the topological space X , these variation exactly the evolution on target point set Y . The authors expounded the general mode of geo-object evolution and evolution order from X to Y with an example.

Key words: Geo-object; Evolution; Based point set; Construction point set; Mathematical model

Received: 2020-05-15 ; Accepted: 2020-05-20 ; Published: 2020-05-28

基于点集拓扑学的地物演化数学模型及应用研究

钟业勋^{1, 2} 叶彤^{1*} 胡宝清²

1. 海军工程大学导航工程系, 武汉;

2. 南宁师范大学 / 北部湾环境演变与资源利用省部共建教育部重点实验室 / 广西地表过程与智能模拟重点实验室, 南宁

邮箱: gxzyxun@163.com

摘要: 物质存在与空间和时间有不可分割的联系。在时间中存在的事物, 必然在时间算子的作用下演化, 这种演化具有普遍性。不同性质的地物, 实质上是不同性质的点集, 因而可用点集拓扑学的相关理论, 阐释地物演化问题。地物演化中新生地物必然覆盖着消亡的地物, 地物的消长的代数和恒为零是地物演化遵循的规律。地物的消长具有同时性和渐进性。拓扑空间 X 上, 结构点集的消长必然引起相关的基本点集的量变、质变和结构的改变, 这些变化也就是目标点集 Y 上的演化。用实例阐述了地物演化的一般模式和由 X 演化为 Y 的程序。

关键词: 地物; 演化; 基本点集; 结构点集; 数学模型

收稿日期: 2020-05-15; 录用日期: 2020-05-20; 发表日期: 2020-05-28

Copyright © 2019 by author(s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



人类是地球的主人，人类与地球表层环境之间具有密切的联系。基于自然原因的火山、地震、泥石流、洪水灾害等，会使该地的地物地貌发生急剧的变化。灾后的重建和修复，也会使地物地貌形态出现新的布局 [1] [2]。智慧人既以理论的方式观念的掌握世界，也以实践的方式实际地掌握世界 [3]。目的性是人类行为的本质特征，受其主体意图的支配 [4] [5]。人的主体意图，是未来实践过程及结果在过程之初就已存在于主体之内的超前表象，人类的各种规划项目和工程设计，都是主体意图的图文表达形式 [6] [7]。无论是基于自然原因而突发的自然灾害还是按人的主体意图实现的各类实体工程，都会使相关区域的地物地貌发生变化。地图是人类认识世界的工具，也是人类改变世界的成果 [8]。从今天快速更新的地图总是赶不上现实变化的状况，也可反观制图区域，特别是经济发达地区地物变化之快速。这种宏观变化非常普遍。文献 [9] 探讨过地物演化的物理基础，文献 [10] 对地图现势性的机理进行过研究，而地图现势性则为制图区域地物变化的反映和表达。我国的资源三号卫星，可对地球南北纬 以内的地区实现无缝影像覆盖，每 59 天完成对我国领土和全球范围的一次影像覆盖，它可用于 1:50 000 测绘产品，以及开展 1:25 000 及更大比例尺地形图的修测与地理信息更新 [11]。虽然监测地表变化的手段已相当先进，但关于地物演化机理的文献似乎鲜见。有鉴于地物演化的普遍性和了解演化，掌握变化对人类自身生存和可持续发展的重要性和必要性，笔者根据点集拓扑学的原理，对地物演化的机制及数学模型进行研究和探讨。

1 时间和空间的产生及其属性

1.1 空间和时间的产生

科学的任务在于认识现象背后的本质，揭示事物发展的客观规律，探求客观真理 [12]。基于时间和空间的绝对性，牛顿构建出了三大运动定律。特别是物体所受的力等于它的质量和加速度的乘积的公式 $F=ma$ 等物理学知识，都是大中专教材的经典内容 [13]。然而，现代实验已经证明，当物体速度接近光速时，其质量已经明显地和速度有关，故此式不再适用 [14]。按照牛顿经典力学讲的速度叠加现象，光速并非恒定的速度极限。而对于光速，19 世纪末即由艾伯特·迈克尔孙和爱德华·莫雷两位美国天文学家得出光速恒定不变的结论。早在 1850 年法国物理学家傅科，用改进的斐索的方法，测得光速是 298 000 km/s；1958 年，弗鲁姆求出光速的精确值为 $299\,792.5 \pm 0.1$ km/s；1972 年，埃文森测得了目前真空中光速的最佳数值为 $299\,792\,457.4 \pm 0.1$ m/s。科学界公认的光速为 299 792 458 m/s。1905 年，爱因斯坦以相对性原理和光速不变原理为基础，提出了狭义相对论。相对性原理，即物理定律在任何参照系中都相同；光速不变原理，即真空中的光速在任何参照系中都相同。1915 年爱因斯坦又提出了更为艰深也更为重要的广义相对论 [15]。狭义相对论证明了物质的存在与空间和时间具有不可分割的联系；广义相对论则为现今科学界广为认同并不断发展的宇宙大爆炸理论提供了理论基础。根据广义相对论，爱因斯坦发现最简单的方程式要求宇宙膨胀。在 20 世纪初的 20 年里，斯里夫尔 (V·Slipher) 在劳威尔天文台曾仔细研究过星系的光谱，发现光谱有红移现象，用多普勒效应解释即星系在退行。1929 年，哈勃发现，在大尺度上，星系的退行速度与它们离开我们的距离成正比，越远的星系退行越快。这一正比关系称为哈勃定律。哈勃定律证明宇宙在膨胀，据此可推断过去星系之间的距离必定比现在小，宇宙密度更大，温度更高。最终，宇宙中的一切——空间、时间、物质和能量聚会到一个密度无穷大、体积为零的奇点。1970 年，彭罗斯和史蒂芬·霍金在爱因斯坦广义相对论的基础上，证明了著名的奇性定理，确定宇宙在时间上必须

有个开端,即140亿年前的宇宙大爆炸[16]。2008年3月,美国科学家在对“威尔金森微波各向异性探测器”(WMAP)传回的观测数据进行分析 and 计算后,计算出了迄今最为精确的宇宙实际年龄,约为137.3亿年,并宣称这个数据正负误差不超过1.2亿年[17]。在宇宙大爆炸后的 10^{-43} s时,时间、空间、真空场、引力出现。科学家们更愿意称此时为 $t=0$ 时刻[18]。由于有星系红移或宇宙膨胀、3K宇宙背景辐射及氦和氢的丰度等观测事实的支持,大爆炸宇宙标准模型已被大多数科学家承认[19]。

1.2 物质存在的时空条件

人类活动本质上就是一种时空行为,世界上的任何事物和现象(包括自然和社会人文)的发生发展和演变,都是在一定的时间和空间进行的[20]。空间和时间是物质固有的存在形式。时间是物质运动的连续性、间断性和延续性。时间是天体及其物体的自然属性[21]。以地球自转为基础的时间计量系统称为恒星时,地球自西向东旋转一周所需的时间叫做一日,以某恒星确定旋转周期的,称为恒星日。一个恒星日分为24个恒星时,一恒星时分为60个恒星分,一恒星分又分为60恒星秒[22]。现代科学界定义1秒为与铯-133原子能级发生的特定量子变化相对应的电磁辐射振动9 192 631 770次的时间长度[23]。地球自转的方向不会改变,因此时间只有日复一日地向前而不可能倒退,所以时间是不可逆的一维性质。空间是物质的广延性和伸张性,是一切物质系统中各个要素的共存和相互作用的标志。空间、时间与运动着的物质的不可分离性已被狭义相对论证明和科学界公认。1908年,德国数学家闵可夫斯基(Minkowsky)为狭义相对论的四维时空提供了数学框架,即闵可夫斯基几何。此时时间和空间的坐标满足:

$$l^2 = x^2 + y^2 + z^2 - t^2 \quad (1)$$

式(1)是人们为光速运动物体所在空间和时间建立的一个几何模型[24]。

闵可夫斯基用四维时空对物理世界的解释,则更为深入浅出。闵可夫斯基称之为“世界”的四维连续区,是用“坐标” x, y, z, t 来描述的,他把代表某一事件的点称为“世界点”。这样,按照物理学的说法,三维空间中的“事件”

就成为四维“世界”的“存在”。三维空间中的“事件”与四维时空的等价性质，本身就表达了物质空间存在与时间的不可分割性。为了便于推理，设 a_i 为性质为 i 的事件， a_i 在三维空间的存在性，表现为其空间广延性和形状特征等，与三维空间坐标密切相关，因此， $a_i=f(x_i, y_i, z_i)$ ，物质的空间存在与时间的不可分割性表明：任何空间存在物都有它存在的时间—寿命。极限的空间长度是普朗克长度，即 1.62×10^{-35} m，小于普朗克长度，现有的空间概念不再适用；极限的时间间隔是普朗克时间间隔，约 5.39×10^{-44} s，小于普朗克时间间隔，现有的时间概念不再适用 [25] [26]。光速与普朗克时间间隔的乘积即为普朗克长度。1964年美国科学家盖尔曼提出强子不是基本粒子，而是由更基本粒子—夸克组成的观点。质子和中子的高速碰撞获得夸克的实验，证明了盖尔曼观点的正确。如今科学界已认同宇宙中存在6种不同类型的夸克。夸克的空间尺度小于 10^{-16} m，而质子和中子则在 10^{-16} m ~ 10^{-15} m 之间。华裔科学家丁肇中在实验中测出电子直径至少是少于 10^{-19} m。这一切都表明，构成宇宙中一切物质的基本粒子，其空间尺度也都远大于空间概念适用的普朗克长度 [27]。四维时空的关系表明，在空间中存在的物质都有对应的存在时间—寿命。 z^0 粒子可谓是寿命最短的粒子，它的寿命也有 10^{-25} s，这个数值也远大于时间概念适用的普朗克时间间隔 5.39×10^{-44} s。这一系列的事实说明，空间非空性和寿命为非零实值是物质存在的充分与必要条件 [28] [29] [30]。对此，可用谓词公式表达物质在四维时空中“存在”概念：

定义1 三维空间中的事件 设 K 为三维空间， a_i 为性质为 $i \in I$ 的事件， $d_0=1.62 \times 10^{-35}$ m 为普朗克长度， $s_0=5.39 \times 10^{-44}$ s 为普朗克时间间隔，则：

$$\begin{aligned} \forall (x_i, y_i, z_i) \in a_i \in K, \text{ 如果 } x_i > d_0 \vee y_i > d_0 \vee z_i > d_0 \Rightarrow a_i \neq \emptyset \\ \Rightarrow t_i > s_0 \Leftrightarrow \exists a_i \subset K \end{aligned} \quad (2)$$

式(2)表明，三维空间中的事物 a_i 的存在导致 $t_i > d_0$ 的必然结果，从而阐明了物质的存在与时间的不可分割性。

从定义1又可推论：

定义2 任何空集的时间存在均为零。

$$\forall (x_i, y_i, z_i) \in a_i \in K, x_i=y_i=z_i=0 \Rightarrow a_i = \emptyset \Rightarrow t_i=0 \in a_i \quad (3)$$

式(3)表达了这样一个事实:现实中不存在的任何事物,它的寿命恒为零。

2 非空地物存在的时间非负性导致地物演化的必然性和普遍性

三维空间中存在的一切事物都有各自的寿命,从该事物的创生时刻到消亡时刻的时间长度构成其寿命,记为 t_i 。例如,根据出露在地球上最古老的岩石年龄,放射性同位素的衰变原理等测定,地球的年龄为 46×10^8 年已得到公认。这就是说,地球诞生于 46×10^8 年前。根据地球演化史可将地球分为3个最高级别的地质年代单位:太古宙、元古宙和显生宙。在显生宙中,根据生物界的总体面貌又可划分出3个二级地质年代单位:古生代、中生代和新生代。包括人类在内的生物个体寿命一般为数年或数十年,极少数超过100年。生物的物种也和它的个体一样,也有发生、发育和死亡的过程。例如,白垩纪末期(6500万年前)大小鼠的古兽类演化出有胎盘哺乳动物20余目,包括海里的鲸鱼,陆地的飞禽走兽各种生态类型,只用了1200万年(古新世至早始新世),物种平均寿命只有数十万年。有人推断,一个物种从起源到灭绝,平均经历275万年[31]。现代海洋和大陆的空间分布格局,实际上是发生在中生代以后的事件[32]。有关研究表明,全球大洋岩石圈的总面积近3亿 km^2 ,它的年龄不超过1.5亿年,每年通过扩张而新生的洋底将近2 km^2 ,这也意味着每年大约有约2 km^2 的地球表面消失,这是地物演化空间恒定性规律所决定的[33][34]。既然宇宙的年龄也只有137.3亿年,那么不难推定,宇宙间的一切事物,其寿命绝对小于宇宙的年龄。而任何事物在时轴上总有其创生时刻和消亡时刻,这两个时刻的间隔就是它的寿命,也只在其寿命期内被确认它的空间存在。事物的空间存在与时间的相关性得 $a_i=f(t) \mid t \in t_i$ 的结论,这样,从空集到非空集再到空集的演化,就成了一切空间存在物在时间中演化的模式:

$$a_i=\emptyset \rightarrow a_i=f(t) \neq \emptyset \rightarrow a_i=\emptyset \mid t \in t_i \quad (4)$$

式(4)表达了一切事物从创生到三维空间存在再到消亡的生存规律。一个人的出生,成长,死亡;一座房子从兴建,建成使用到基于种种原因的拆除等。有些存在物,特别是有生命的存在物,在它的生命周期内具有连续演化的特点,

而每一时刻的存在的空间特性(广延性等)都是时间的函数。一个人,一栋房子,一个城市,一个国家,整个地球,太阳系,银河系乃至整个宇宙,都属于系统的范畴。任何系统都是作为过程而展开的,包括系统的发生过程、发育过程、相变过程、老化过程、消亡过程等。过程是在时间维中展开的。时间是一种算子,它以一切事物为运算对象,一切事物都会在时间算子作用下发生变化[35]。在三维空间中存在的制图区域及其包含的各种地物,也同时存在于时间之中,因此,不可避免地会在时间算子作用下发生变化。式(4)就表达了地物创生—在四维时空中存在和演化—最终必定在某一时刻消亡的普遍性原理。

3 点集拓扑学的基本概念及地物演化模式。

3.1 点集拓扑学的基本概念的定义

定义2 拓扑变换(同胚) 设 X 和 Y 是两个随意的拓扑空间, 并设 $f: X \rightarrow Y$ 。如果 f 是连续双—函数, 并且它是反函数 f^{-1} 也是连续的, f 就叫做空间 X 到空间 Y 上的一个同胚或拓扑映射或拓扑变换。

定义3 幂集, 并集, 交集和补集 [36]

设 X 是论域, 记 $T(x) = \{A; A \subset X\}$ 称 $T(X)$ 为 X 的幂集, 约定 $\emptyset, X \in T(X)$ 。如果 X 中有 n 个元素, 则 $T(X)$ 有 2^n 个元素。

A 和 B 的并集为: $A \cup B = \{x; x \in A \vee x \in B\}$; A 和 B 的交集为: $A \cap B = \{x; x \in A \wedge x \in B\}$; A 和 B 的补集为: $A^c = \{x; x \in X \wedge x \notin A\}$ 。

定义4 A 的内部和外部 [37]

设 A 是拓扑空间 X 的子集, $x \in X$, 如果存在开集 $x \in V \in A$, 则称 x 是 A 的内点, A 的所有内点的集合称为 A 的内部, 记作 A° 。如果 p 是 A^c 的内点, 则称 p 是 A 的外点。 A 的所有外点的集合称为 A 的外部, 记作 A^e 。

3.2 结构点集的质变引发地物演化的基本模式

定义5 相关地物的演化模式 设 $a_i \in X \wedge t_{ai} = (t_2 - t_1) \in a_i$, 若下列条件满足:

$$\exists a_{i1} \neq \emptyset, \forall t, t' \in t_{ai} \Rightarrow (a_{i1}^n - a_{i1}) = \Delta_{ai} < 0 \wedge a_{i2} = \emptyset | t' > t \quad (5)$$

则称为递减型演化模式，记为 Δ^- 型模式；

设 $a_i \in X \wedge t_{ai} = (t_2 - t_1) \in a_i$ ，若下列条件满足：

$$\exists a_{it} = \emptyset \in X, \forall t, t' \in t_{ai} \Rightarrow (a_{it} - a_{it'}) = \Delta_{ai} > 0 \wedge \forall a_{it} < a_{it'} | t' > t \quad (6)$$

则称为递增（发育）型演化模式，记为 Δ^+ 型模式。

地物的演化极为普遍。而任何新生地物的出现，都导致它所覆盖地物的消亡，而这种以新旧更替现象对相关地物具有同时性、历时性和渐进性。相关地物的消亡与新生的代数和为零。即

定律 1 地物演化零和律

$$\exists a_i \in X \wedge a_i \in \Delta^- \Rightarrow f(a_i) = q_k \in \Delta^+ \in Ys.t. (\Delta^- e_i + \Delta^+ q_k) = 0 | i \neq k \vee i = k \quad (7)$$

式（7）表明，任何地物的减少必然引发等量的相关地物的新生，任何时候两者的代数和恒为零。通常都是 $i \neq k$ 的异质演化。当消亡与新生的是同类地物，例如，旧房改造中新房对旧房的覆盖时为 $i \neq k$ 的特例。大多数情况属 $i \neq k$ 的异质覆盖。

地物演化零和律的存在和运行，引发了 $A, B, C \in X$ 的演化。

定义 6 基本点集，结构点集和目标点集

设 $A, B, C \in X | i_a \in A, i_b \in B, i_c \in C \wedge i_a \neq i_b \neq i_c$ 为 X 上的基本点集， $e_n \neq \emptyset \in \Delta^-$ ， e_n 消亡的过程同时会使异于 e_n 的新地物 g_k 的新生， e_n 的消亡和 g_k 的新生过程具有同时性、历时性和渐进性。 e_n 称为结构点集。 e_n 与基本点集 $A, B, C \in X$ 在变换 f 下的运算结果称为目标点集。从属于 Y 的不同的目标点集的集合，便是演化的结果。

定义 7 地物演化的一般模式

设 $A_1, B_1, C_1 \in X | i_a \in A_1, i_b \in B_1, i_c \in C_1, i_a \neq i_b \neq i_c \neq i_k$ 为 X 上的基本点集，结构点集 $e_n = (A_1 | B_1 | C_1) \in \Delta^- \in X$ ，在 e_n 逐渐消亡的过程新地物 g_k 逐渐生成，当 $e_n = \emptyset$ 时 g_k 完全生成。其演化模式为：

$$e_n = \emptyset \Rightarrow f(e_n) = g_k \in Y \wedge (A_2 | B_2 | C_2) | Y | g_k = Y | i_a \neq i_b \neq i_c \neq i_k \quad (8)$$

式（8）中 $i \in I$ ， i 的标号集的多样性以及基本点集代号的任意性，使任何区域中的相关地类，只要进行地类赋值，便可对地物的演化进行描述和解释。所以式（8）为地物演化的一般式。如图 1。

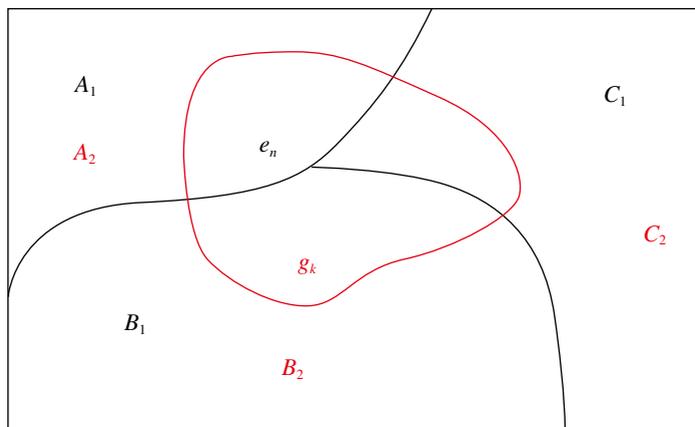


图 1 基于结构点集消长的地物演化

Figure 1 Evolution of Geo-object Based on Disappear and Increase of Construction Set

例如， g_k 是一座工厂，那么 e_n 就是工厂覆盖的地类，即基本集合 A_1, B_1, C_1 的交集。工厂建成后，交集处的某些地类的性质因为由 i_a, i_b, i_c 都质变成了 i_k ，原来的基本集合 A_1, B_1, C_1 因结构点集 e_n 的质变而演化为 A_2, B_2, C_2 并同新生的 g_k 一起，成了构成 Y 的元素。

由于 $\Delta^- e_n + \Delta^+ g_k = 0$ ，地物演化零和律的不变性，使 e_n 的减少和等量的 g_k 的增加都会引起相关点集的量变和质变，这种消长代数和为零的关系存在于每一时刻，这就是同时性；而 g_k 对 e_n 的替代或覆盖有个过程，这也像每一项工程建设都要经过一段时间的建设才能完成一样，这是历时性和渐进性。由于那里有演化那里就必需遵循地物演化零和律，而地物演化零和律又必然引起相关地类的量变和质变，从而使地物演化必然发生，这就是地物演化的内在逻辑。

4 实例

图 2 中，设 t_1 时刻的区域 X 的地物类型和结构（黑色）为：

$$X = a_1 Y b_1 Y c_1 Y d_1 Y e_1 \tag{9}$$

到 t_2 时刻时区域演化为 Y ，其地物类型和结构（红色）为：

$$Y = a_2 Y b_2 Y (c_2 - h_2) Y (d_{2-1} X d_{2-2}) Y (e_{2-1} X e_{2-2}) Y f_2 Y g_2 Y (i_{2-1} X i_{2-2}) Y h_2 \tag{10}$$

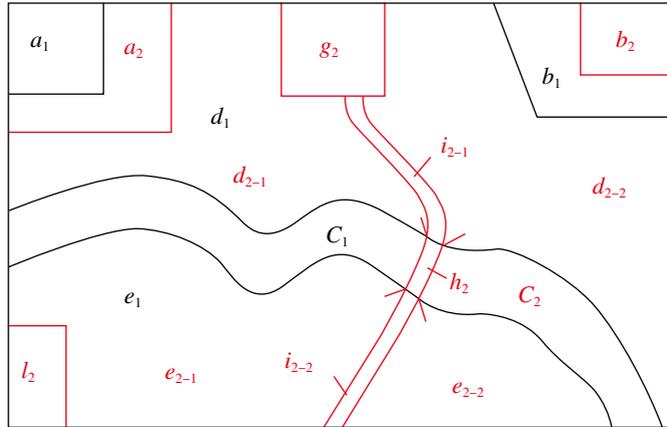


图2 区域地物演化示意图

Figure 2 The Schematic Diagram of Area Geo-object Evolution

在本例的演化中，设 $m_n \in X$ 为递减型演化点集， $m_n \in \Delta \setminus n=1, 2, \dots$ ； $q_k \in \Delta^+ | k=1, 2, \dots$ 。从 X 到 Y 的演化过程如下：

(1) $\rightarrow a_2$ 的生成—(扩大)演化

$$\exists m_1 \in d_1 \notin a_1 \Rightarrow f_1(m_1) = q_1 \wedge a_2 = (a_1 \vee q_1) \in Y \quad (11)$$

(2) $\rightarrow b_2$ 的生成和 m_2 的质变使 d_1 演化为 d_1' ：

$$\exists m_2 \in b_1 \Rightarrow b_2 = (b_1 - m_2) \in Y \wedge d_1' = (d_1 - m_1) \vee f_2(m_2) \quad (12)$$

(3) $\rightarrow h_2$ 的生成和 c_2 的生成：

$$\exists m_3 \in c_1 \Rightarrow f_3(m_3) = h_2 \in Y \wedge c_2 = (c_1 - h_2) \in Y \quad (13)$$

(4) $\rightarrow g_2$ 的生成：

$$\exists m_4 \in d_1' \Rightarrow f_4(m_4) = g_2 \in Y \quad (14)$$

(5) $\rightarrow l_2$ 的生成：

$$\exists m_5 \in e_1 \Rightarrow f_5(m_5) = l_2 \in Y \quad (15)$$

(6) $\rightarrow i_{2-1}$ 和 i_{2-2} 的生成：

$$\exists m_6 \in (d_1' - g_2) \Rightarrow f_6(m_6) = i_{2-1} \in Y \wedge m_7 \in (e_1 - l_2) \Rightarrow f_7(m_7) = i_{2-2} \in Y \quad (16)$$

(7) $\rightarrow d_{2-1}$ 和 d_{2-2} 的分离并的生成 [38]：

$$(d_1' - g_2 - i_{2-1}) = (d_{2-1} \times d_{2-2}) \in Y \quad (17)$$

(8) $\rightarrow e_{2-1}$ 和 e_{2-2} 分离并的生成：

$$(e_{1-i_{2-2}-l_2}) = (e_{2-1}X e_{2-2}) \in Y \quad (18)$$

至此,从 X 到 Y 的演化全部完成。从图2可见, X 上的点集演化到 Y 上后,在保持空间恒定不变的条件下,增加了种类和有别于 X 的空间结构。显然,任何基本点集的空间分布,经过有限的演化步骤,都可实现到目标点集的演化。

5 结语

空间和时间是物质固有的存在形式,爱因斯坦的狭义相对论已证明了物质存在与空间和时间的不可分割性。物质存在的充要条件是空间非空性和寿命为非零实值。人类活动本质上是一种时空行为。时间是一种算子,一切事物都在时间算子作用下发生变化。存在于四维时空中的事物,可视为不同性质的点集,因而可以应用点集拓扑学的相关理论,阐释地物演化原理。地物演化最常见的现象是,任何地物的消失总伴随着新地物的生成,消失的地物必定被新地物所覆盖,消亡和新生地物的量相等,其代数和恒为零。地物消长零和律是促使地物演化的关键。相关地物的消长具有同时性、历时性和渐进性。通过与基本点集有某种关系的结构点集的消长而导之目标点集的演化实现,解读了地物演化的一般模式。通过实例,阐释了具有某种基本点集的空间关系的 X 区域演化为目标点集 Y 的各类地物的演化过程。

基金项目

国家自然科学基金项目(41671459),国家自然科学基金重点项目(41930537),国家重点研发项目子课题(2016YFC0502401),广西创新研究团队项目(2016GXNSFGA380007),广西科技基地与人才专项(桂科AD19110142)。

参考文献

- [1] 陈慧琳, 郑冬子, 黄成林. 人文地理学(第二版)[M]. 北京: 科学出版社, 2009.

- [2] 王建. 现代自然地理学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [3] 李述一. 理想世界的创造 [M]. 北京: 人民出版社, 1988.
- [4] 汪信砚. 科学价值论 [M]. 桂林: 广西师范大学出版社, 1995.
- [5] 江涛. 科学的价值合理性 [M]. 上海: 复旦大学出版社, 1998.
- [6] 钟业勋, 胡宝清, 李忠美, 等. 主体意图的结构模型及其实现模式研究 [J]. 地球科学前沿, 2019, 9(6): 590-595.
<https://doi.org/10.1182/hematology.2019000368>
- [7] 钟业勋, 边少锋, 李松林, 等. 主体意图的表达, 变换及实现的数学模型 [J]. 南宁师范大学学报(自然科学版), 2019, 36(4): 45-49.
- [8] 郭仁忠, 应申. 论 ICT 时代的地图学复兴 [J]. 测绘学报, 2017, 46(10): 1274-1283.
- [9] 钟业勋, 童新华, 刘晓晓. 地物演化的物理基础与地图符号变换模型 [J]. 桂林理工大学学报, 2013, 33(4): 684-687.
<https://doi.org/10.1111/neup.12048>
- [10] 钟业勋, 黄鹄. 地物的演化机理与地图现势性的度量 [J]. 测绘科学, 2006, 31(2): 125-127. <https://doi.org/10.1080/02508281.2006.11081518>
- [11] 唐新明, 王鸿燕, 祝小勇. 资源三号卫星测绘技术与应用 [J]. 测绘学报, 2017, 46(10): 1482-1491.
- [12] 周昌忠. 科学思维学 [M]. 上海: 上海人民出版社, 1988.
- [13] 霍金. 图解时间简史 [M]. 王宇琨, 董志道, 译. 北京: 北京联合出版公司, 2013.
- [14] 张慧三. 大学物理学简程(上) [M]. 北京: 清华大学出版社, 2010.
- [15] 杨禾. 改变世界的 100 大科学发现 [M]. 武汉: 武汉出版社, 2008.
- [16] 霍金. 时间简史 [M]. 许明贤, 吴忠超, 译. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1996.
- [17] 王宇琨, 董志道. 时间简史大全集 [M]. 海口: 海南出版公司, 2011.
- [18] 《图解经典》编辑部. 图解万物简史 [M]. 北京: 中国出版集团, 现代

- 出版社, 2017.
- [19] 李杰, 韩雪, 李莹. 宇宙奥秘探索 [M]. 长春: 吉林摄影出版社, 2005.
- [20] 王家耀. 时空大数据时代的地图学 [J]. 测绘学报, 2017, 46(10): 1226-1237.
- [21] 爱因斯坦. 相对论 [M]. 重庆: 重庆出版集团, 重庆出版社, 2009.
- [22] 缪启龙. 地球科学概论 [M]. 北京: 气象出版社, 2001.
- [23] 约翰·格里宾. 大宇宙百科全书 [M]. 黄磷, 译. 海口: 海南出版社, 2001.
- [24] 张奠宙, 过伯祥, 方均斌, 等. 数学方法论稿(修订版) [M]. 上海: 上海教育出版社, 2012.
- [25] 高潮, 甘华鸣. 高新科技 [M]. 北京: 中国国际广播出版社, 2001.
- [26] 斯图尔特. 100个奇妙的物理知识 [M]. 王文明, 译. 北京: 中国工信出版集团, 人民邮电出版社, 2016.
- [27] 高鹏. 从量子到宇宙 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2017.
- [28] 钟业勋, 胡宝清. 物质存在的时空条件和事物演化的数学模型 [J]. 玉林师范学院学报, 2013, 34(5): 144-148+153.
- [29] 钟业勋, 胡宝清. 物质“存在”和“演化”的数学模型及其在地球科学中的体现 [J]. 地球科学期刊, 2014(4): 11-16.
<https://doi.org/10.15381/is.v16i29.7693>
- [30] 钟业勋, 胡宝清. 数理地图学—地图学及其数学原理(第二版) [M]. 北京: 测绘出版社, 2017.
- [31] 刘本培, 蔡运龙. 地球科学导论 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [32] 史密斯, 布里登. 中生代及新生代古大陆图 [M]. 郑理珍, 钟业勋, 译. 北京: 地质出版社, 1980.
- [33] 金胜春. 漂移的大陆 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2000.
- [34] 钟业勋, 王家耀, 胡宝清. 基于恒定空间的地物演化规律 [J]. 黑龙江工程学院学报, 2015, 29(6): 1-4.

-
- [35] 毕思文. 地球系统科学(第二版)[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [36] 张文修, 王国俊, 刘旺金, 等. 模糊数学引论[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1991.
- [37] 程吉树, 陈水利. 点集拓扑学[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [38] 李孝传, 陈玉清. 一般拓扑学导引[M]. 北京: 高等教育出版社, 1982.