

引用格式:张洪岩,周成虎,闫国年,等.试论地学信息图谱思想的内涵与传承[J].地球信息科学学报,2020,22(4):653-661. [Zhang H Y, Zhou C H, Lv G N, et al. The connotation and inheritance of Geo-information Tupu[J]. Journal of Geo-information Science,2020,22(4):653-661.] DOI:10.12082/dqxxkx.2020.200167

试论地学信息图谱思想的内涵与传承

张洪岩¹,周成虎^{2,3},闫国年⁴,吴志峰⁵,陆 锋^{2,3},王劲峰^{2,3},岳天祥^{2,3},骆剑承^{3,6},葛 咏^{2,3},秦承志^{2,3}

1. 东北师范大学地理科学学院,长春 130024; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所 资源与环境信息系统国家重点实验室,北京 100101; 3. 中国科学院大学,北京 100049; 4. 虚拟地理环境教育部重点实验室(南京师范大学),南京 210023; 5. 广州大学地理科学学院,广州 510006; 6. 中国科学院空天信息创新研究院 遥感科学国家重点实验室,北京 100101

The Connotation and Inheritance of Geo-information Tupu

ZHANG Hongyan¹, ZHOU Chenghu^{2,3}, LV Guonian⁴, WU Zhifeng⁵, LU Feng^{2,3}, WANG Jinfeng^{2,3}, YUE Tianxiang^{2,3}, LUO Jiancheng^{3,6}, GE Yong^{2,3}, QIN Chengzhi^{2,3}

1. School of Geographical Sciences, Northeast Normal University, Changchun 130024, China; 2. State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 4. Key Laboratory of Virtual Geographic Environment, Ministry of Education, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China; 5. School of Geographical Sciences, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China; 6. State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Aerospace Information Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Abstract: Geo-information Tupu is an important theoretical exploration field advocated by academician Chen Shupeng in the late of 1990s. Tupu is a Chinese word in Pinyin. It could be understood as map series, graph-spectrum, including the meaning of map, chart, graph, spectrum, plan etc., but we could not find a proper term for it in terminology yet. According to Chen's related literature, this paper discusses the connotation of his thought of geo-information Tupu, and holds that Tupu is the methodology of expression and analysis adopted in many fields, while geo-science tupu is a map series of geo-phenomena and processes in the field of geo-science. Geo-information tupu emphasizes quantitative geo-information (geo-database) and geo-computation, supported by geographic information system, it is expected to use geo-graphic language to visualize and analyze geographical phenomena in space and time, and to simulate the law of relationships between man and environment, reconstructing its past, evaluating its present situation and even predicting its future. The idea of geo-information Tupu is closely related to academician Chen's scientific career. Under the guidance of many famous Chinese profesosors, he laid a solid geographical foundation in his youth. In the early stage of career, he participated in a large number of practice of integrated geography and map design. These experiences promoted him to combine the comprehensive thinking of geography with the graphic representation. The development of remote sensing and GIS expanded his vision on geo-technology. In his later years, he put his passion and led China's development in these fields. Geo-information Tupu was developed, which was a collection of rich theories, methods and technical achievements accumulated in the study of geographical science all his life. Geo-

收稿日期:2020-04-05;修回日期:2020-04-20.

基金项目:国家自然科学基金项目(41871330);吉林省科技发展计划资助项目(20180623058TC)。[**Foundation items:** National Natural Science Foundation of China, No.41871330; The Science and Technology Development Project of Jilin Province, No.20180623058TC.]

作者简介:张洪岩(1965—),男,吉林安图人,教授,博士生导师,主要研究方向为GIS与环境遥感。E-mail: zhy@nenu.edu.cn

information Tupu is a scientific problem that academician Chen Shupeng left to the later generations. Therefore, the authors puts forward some further reserch directions according to the newest related study progress in order to inherit Chen's scientific question. The development of Holographic map is an important basis for the visualization of geo- information Tupu. It is helpful to discover new geographical phenomena and new geographical laws. The "spectrum" detection of land surface information by remote sensing should be supported by the thought of "map" analysis in geography. It fanally come back to answer the core questions of geography, such as the distribution of complex surface and its mechanism. The cognition of geo-information Tupu takes the relationship between man and environment as the center to construct a new cognition theory from real to vidual geographical space. The goal of geo-information Tupu is to assist in the discovery and utilization of new geo-knowledge, and to lay a theoretical and methodological foundation for realizing automatic and intelligent geo-knowledge Tupu.

Key words: Geo-science; Geo-information Tupu; Comprehensive geography; Map presentation; Holographicmap; Remote sensing; Man-environment relationship; geo-knowledge

***Corresponding author:** ZHANG Hongyan, E-mail: zhy@nenu.edu.cn

摘要:地学信息图谱是陈述彭先生倡导的重要理论探索领域。本文根据先生的相关文献和论述,探讨了地学信息图谱思想的内涵,认为图谱是许多领域都采用的表达和分析的方法论,地学图谱是针对地学领域地学现象和过程的图谱,地学信息图谱则强调在地理信息系统支持下,通过定量地学信息(地学数据库)和地理计算实现的地学图谱,以期通过运用地学图形语言进行地理时空表达与分析,用于描述人与自然和谐相处的规律,反演它的过去,评估它的现状乃至预测它的未来。地学信息图谱思想的提出与陈述彭先生的职业生涯密切相关。他青年时期的坚实地理学基础,中年时期将综合地理和地图设计紧密结合的实践,晚年时期对遥感与地理信息系统的引领,促使他集一生在地理科学研究中的丰富理论、方法、技术成果积淀,开辟了这一探索性的地学研究新领域。地学信息图谱是陈述彭先生留给后来者的科学问题。为此,作者根据新近相关领域的研究进展,提出了未来可能的研究方向:全息地图的发展是地学信息图谱表达的重要基础,并有助于进一步发现新的地学现象和新的地学规律。遥感对地表信息的“谱”探知要以地理学“图”分析思想为支撑,它将最终回归于对复杂地表分布与内在发生机理等地理学核心问题的回答。地学信息图谱的认知以人地关系为中心,以实现从客观地理空间到虚拟空间的人地关系新认知构建一套认知理论。地学信息图谱的目标是辅助发现与利用新的地学知识,为实现自动化、智能化的地理知识图谱奠定理论与方法基础。

关键词:地学;地学信息图谱;综合地理;地图表达;全息地图;遥感;人地关系;地学知识

1 引言

今年是我国卓越的地理学家陈述彭先生诞辰100周年。作为我国现代地图学、遥感科学和地理信息科学的奠基人,先生自20世纪80年代以来,以其战略科学家的敏锐视角,及时跟进国际科学前沿,将遥感、地理信息系统和全球定位技术引入中国,并一直致力于推动遥感科学和地理信息系统在中国的发展,创造性地提出和引导了一系列超前的学术思想与研究方向。其中具有代表性的就是他在晚年提出的地学信息图谱思想,以及围绕该思想的理论探索与案例实践^[1]。本文通过对先生相关文献的研读(表1)和其学术生涯轨迹的追踪,尝试解读地学信息图谱思想的内涵,为学术传承提供借鉴。

2 地学信息图谱思想的内涵

科学技术部和中国科学院从1993年开始不定期在北京组织“香山科学会议”,每次的主题都聚焦于我国社会经济可持续发展的重大综合性问题,探讨科学前沿、讨论最新突破性进展、交流新的学术思想和新方法、分析新学科的生长点以及交叉学科的新问题,成为我国科技界川流不息的思想库。地学信息图谱思想源于1997年一次会议期间的交流^[2]。当时,马俊如院士对陈述彭院士说:化学有元素周期表,现在生命科学界致力于基因的图谱,“你们地球科学家是否可以从中获得启示,触类旁通呢?”^[3]。1997年12月17日至20日,由陈述彭院士、潘云鹤院士和钱祥麟教授担任执行主席的第88次香山科学会议以“地球信息科学”为会议主题。

表1 陈述彭地学信息图谱思想代表性著作
Tab. 1 The representative works of Chen Shupeng's geo-information Tupu

序号	论文题目	完成时间	主要内容	出处
1	遵义附近的相对地势 ^[2]	1947年	自然与人文相统一,将地理区域研究视为具有“经络”的“地理之生命”的思想	《地学的探索》第一卷,地理学 ^[9]
2	螳螂川流域之地文与人生 ^[3]	1947年		
3	大比例尺景观制图方法及其试验 ^[4]	1958年	以宏观理论指导微观分析,以微观机理论述宏观演化,以图形思维综合制图	
4	自然区划方法与制图实践 ^[5]	1963年		
5	《中国地形鸟瞰图集》的编制 ^[6]	1955年	以图形思维系统思考,运用系列地图方式将定性、量化表达地理学宏观规律	《地学的探索》第二卷,地图学 ^[10]
6	设计《中华人民共和国大地图集》的初步意见 ^[7]	1956年		
7	“数字地球”战略及其制高点 ^[8]	1999年	通过地球信息科学将全球变化科学、对地观测技术和数字化空间服务有机统一起来	《地学的探索》第六卷,地球信息科学 ^[11]

会上,陈述彭院士做了“地球信息科学的现状与发展”的报告,第一次提出了“地球信息时/空图形谱系”等近期目标与优先研究领域问题。1998年陈述彭先生在《地理研究》第17卷增刊上发表了该主题的第一篇学术论文《地学信息图谱刍议》^[14]。同时,“数字地球”战略的提出,以及遥感技术和地理信息系统的发展趋势都促进了先生对这一问题的思考。

纵观陈述彭先生一系列相关论述,他从3个层面对图谱、地学图谱和地学信息图谱进行了系统的界定^[15]。图谱是许多领域都采用的表达和分析的方法论(如基因图谱),他认为,图谱源自中国古代思想,是客观规律的体现,借助图形表达一系列复杂现象和问题。

地学图谱是针对地学现象和过程的图谱应用,是地球现象空间结构特征与时空序列变化内在规律的反映,是通过多层次分布在二维平面或多维体上建立起的描述和认识复杂地学现象和问题的图形思维模式、方法和手段。它通过地学分析的时空和属性的多维系列图解,以表达地学的基本规律。先生认为,在历史上,我们就有“图史合一”的传统。传统地理学手绘的格局模式表达、过程交互关系图示等都属于地学图谱,如胡焕庸线、气候带模式。地学图谱是地图与谱的结合。地图表达既可以是特定区域空间范围和分布的空间概念,也可以是所描述现象当前有序空间格局,反映各地地理要素的空间配置和相互作用,是一种可感知宏观规律的外部表现。谱系列是指可从时间上追根溯源的动态系列表达,借助于痕迹分析,反映其历史演进的过程。谱可以多变量或多尺度描述对象的发展方向与演化过程,展示其内在规律。图谱合一就是空间与时间动态变化的统一表达。在时间演化过程系统的推演中,同时表达地理(空间)的差异。地学

图谱不仅要描述现状,更要重建过去和预测未来。

地学信息图谱是在地理信息系统诞生之后,在定量地学信息(地学数据库支持下)和计算机地理计算手段支持下自动生成的地学图谱。面对21世纪世界经济全球化与人类社会可持续发展的兴起,地理学日益重视对于自然过程与社会变化的时空动态模拟的理论、方法与技术的研究。随着遥感、地理信息系统、全球定位系统等科学技术的发展,遥感地学数据已呈海量爆发趋势。如何从浩如烟海的各种数据流和信息流中获取有效时空信息,以支持对于自然过程与社会变化的时空动态模拟,提炼规律性知识,已经成为地理学的一个重要课题。为此,陈述彭先生根据20世纪后期地理信息科学领域的国际前沿态势,对地学图谱的发展进行系统梳理总结,并进一步延伸拓展提出了“地学信息图谱”概念,以期通过运用地学图形语言进行地理时空表达与分析,“用于描述人与自然和谐相处的规律”^[16](图1)。

他认为,地学研究应该对地球系统各圈层进行综合,并与现代技术手段结合起来,建立地球信息科学。因此,他非常关注地球信息科学体系的构建,倡导开展地球信息机理研究,以期从地球科学的信息流、信息场等方面探索地球信息系统的演化规律。根据他的论述,地学信息图谱的内涵可以表述为:在地球系统科学与现代空间信息科学的基础上,通过信息化与智能化方法,依托丰富的地学信息资源,在“赛博空间”和“虚拟现实”的智能化平台上,通过空间与时间模型,从多角度、多层次、多尺度,揭示地球系统的自然过程与区域分异,重现人地关系的过去、评估其现状、预测其未来^[1]。

按照陈述彭先生的构想,地学信息图谱应该继承地图学传统,将地理学中空间图形思维,通过认

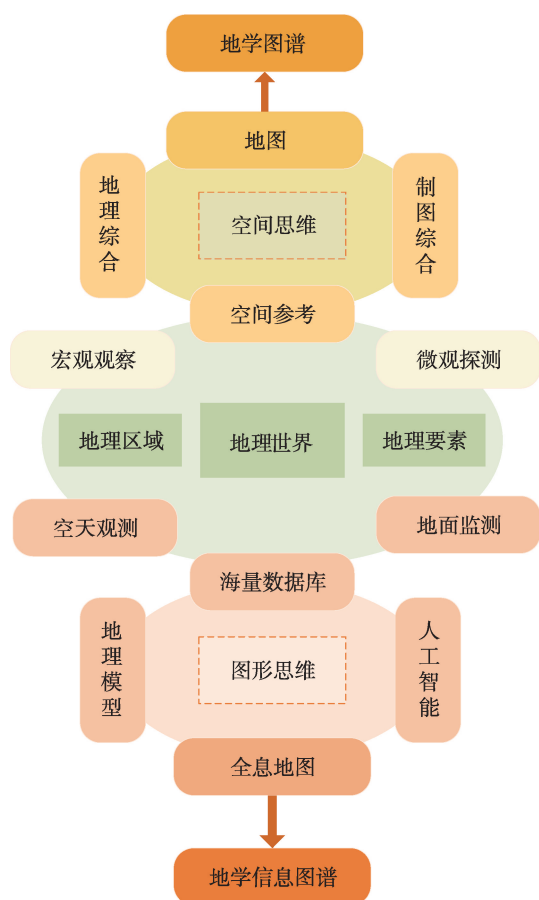


图1 地学图谱与地学信息图谱的关系

Fig. 1 The relationship between geo-science Tupu and geo-information Tupu

知科学理论与信息技术结合起来,以呈现地学知识。经典的地学空间规律可以通过地带图谱、区域图谱、分异图谱等呈现出来,而更为复杂的地学时空动态规律则可以由分型图谱、过程图谱和旋律图谱等推演或归纳概括出来。由于地理学研究的核心是重现人地关系的过去,评估其现状、预测其未来,因此陈先生认为识别空间分布规律和异常的诊断图谱应该是其研究热点和重点,期望通过对地观测海量数据系统与智能诊断系统的综合集成实现预测。在应用上强调模型的开发和虚拟现实技术,通过反演和模拟时空变化服务于科学预测与决策方案的虚拟^[17]。

3 陈述彭地学信息图谱思想产生的历史轨迹

陈述彭先生早在青年求学时期就打下了坚实的地理学基础。1937年,先生考入浙江大学地理

系,从此开始了对大地的探索和研究。在大学时代,先生就师从一批我国第一代的现代地理学大师,用他自己的话,“地学方面的教授阵营盛极一时”^[18]。他是地质学家、地貌学家叶良辅先生和综合自然地理学家黄秉维先生的得意门生,并深得近代气象学家竺可桢先生、地缘政治学家张其昀先生和自然地理学家任美镠先生的栽培和器重,也得到了气象学家涂长望先生和历史地理学家谭其骧先生的指点。在大师们的谆谆教诲和耳濡目染下,青年时期的陈述彭受到了严格、完整、系统的自然地理和人文地理的熏陶和训练,打下了坚实的地理学功底,造就了他敏锐、深邃的区域地理洞察力和高超的创新能力。

早在20世纪40年代,陈述彭先生就在我国西南地区开展了小尺度区域特征和规律的调查和研究,在《遵义附近的相对地势》^[2]和《螳螂川流域之地文与人生》^[3]等论文中所采取的“自然背景、地形发育、人地关系和区域特性”的思路,已经体现了自然与人文相统一的地理综合思想。先生将地理区域研究视为具有“经络”的“地理之生命”的思想,已经孕育了地学信息图谱思想的萌芽。例如,他在论述地学信息图谱的概念时明确提出了从分异因子的参与(或存在)来剖析分异过程的区域分异图谱,这些思想就源自于这些早年的工作^[2-3,19]。

20世纪50年代,陈述彭先生对黄秉维先生关于“地理科学体系”的构想进行了深入细致的研究,按照以宏观理论指导微观分析的原则,从图形思维的角度进行了创造性的系统思考,这从他的《大比例尺景观制图方法及其试验》^[4]和《自然区划方法与制图实践》^[5]等文章中可以窥见一斑^[4]。同时,按照以微观机理论述宏观演化的原则,先生对江苏太湖东西洞庭山区的景观制图进行了实验研究,提出了大比例尺景观制图的基本原理和方法^[4]。他认为,对区域地带性特征和区域分异及区域小比例尺景观略图的分析与研究是大比例尺景观制图的基础;气候、植被和地貌是反映区域特征的主要指标;而在开展大比例尺景观制图时,需要采取综合性与区域性相结合的原则,对地质、地貌、气候、水文、土壤和植被等自然要素进行综合分析,研究它们的区域分布规律,探索它们在一定区域单位内的互相制约性与关联性,以便明确它们在自然历史过程中的作用和地位。整个工作包括古地图3幅、地理要素主题图10幅(含3幅剖面图、5幅观测

指标曲线图)、鸟瞰图3幅、分析图2幅、综合地图2幅、照片11幅。图2为其中景观类型图的一部分,它不仅是图例,也表达了地理要素之间的内在关系和空间格局(原图见中国区域景观典型图(第一号)《太湖东西洞庭山》^[20])。通过回顾和仔细分析这些工作,已经能够看到先生总结出的地带性图谱、空间格局图谱、过程图谱和区域分异图谱等地学信息图谱表达理论的基本雏形。

作为地理学家,陈述彭先生具有超人的综合空间抽象能力和形象思维能力。20世纪50、60年代,陈先生参与了新中国国家科技规划中的一些重大项目,从中发现了地图作为许多学科共同信息载体的特殊性,并从图形思维的角度进行了创造性的系统思考,围绕《中华人民共和国大地图集》的研制,他非常强调对地理学宏观规律的把握,并希望运用系列地图的方式将其进行定性、定量化表达^[6-7,21]。从景观制图研究到综合地图集的设计,从系列专题图的编制到普通地图综合指标与模拟方法的探索,先生始终强调以地学规律为中心。计算机自动制图技术的引进和地理信息系统的迅速发展,促进了图形思维与地理综合定量化分析与表达,从而奠定了地学信息图谱的方法基础。

作为战略科学家,陈述彭先生具有超凡的系统

思维能力、逻辑推理能力和学科引领能力。20世纪70、80年代,陈先生以其战略科学家的敏锐视角,及时跟进国际科学前沿,将遥感、地理信息系统和全球定位技术引入中国,创造性地开展了一系列先导性研究。在世纪之交,先生在中国率先推动“数字地球”战略,将全球变化科学、对地观测技术和数字化空间服务有机统一起来。

陈述彭先生指出,地学信息图谱作为一种信息化、智能化的现代思维方式与研究工具,是加强数据挖掘图形思维的尝试,其借助图谱可以反演和模拟时空变化,即可反演过去、预测未来;以期通过利用图的形象表达能力,实现对复杂现象进行简洁的表达^[14-15]。站在今天大数据、人工智能以及高分遥感等新技术的发展背景下,地学信息图谱就是透过信息图谱、知识图谱等方法,实现从数据到信息再到知识的跨越,进而发现和表达地学规律。

4 地学信息图谱思想的传承

地学信息图谱的思想是陈述彭先生在晚年最为关注的研究课题。他曾经指出,“没有基础理论的高新技术可能是不可靠的,没有高新技术支撑的基础理论可能是空洞的。”他曾引用任元彪教授的

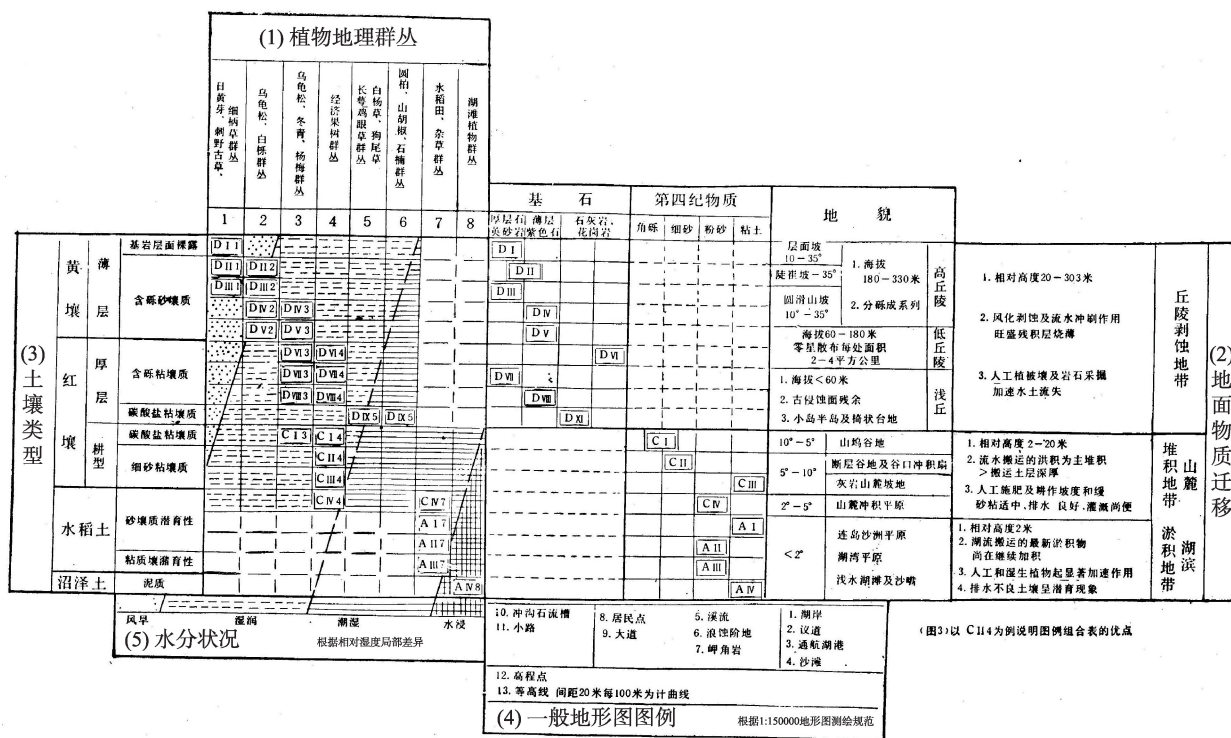


图2 太湖东西洞庭山陆地景观类型图图例组合表^[4]

Fig. 2 A combined table of legend for landscape types map of East-west Dongting Mountain, Tai Hu^[4]

一段话：“如果仅仅停留在具体知识层次，而不能超越各门具体学科去把握科学的普遍特征，那就很难抓住科学的本质。反过来说，力图专注科学本质的人都试图超过一般的具体科学知识而去把握科学的普遍特征”^[13]。根据这样的判断，他希望集其一生的地理科学智慧，将理论、方法、技术有机地结合在一起，以实现地理学的突破。在他生命的最后时刻仍然在积极思考，当汶川地震发生之际，仍在病榻上试图勾勒出地震发生的机理。他既对在生前未能完善“地学信息图谱”的思想而留下深深的遗憾，也对未来的深入研究充满企盼。他相信，在全球变化和可持续发展推动的地理学新目标的引领下，借助地理大数据、虚拟化和可视化等智能分析技术，我们必将会逐步解开地学信息图谱的密码。

当今世界的变局给地理学的发展提供了重大机遇与挑战。从全球变化与全球化、地缘政治与国家安全到中国经济发展转型、中国城市化进程、乡村振兴与精准扶贫、资源环境与可持续发展，以及京津冀协同发展、长三角一体化、长江经济带、粤港澳大湾区、一带一路等国家区域发展战略，都为地理学发挥独特的学科特色与优势创造了机遇。同时，物联网、大数据、高分时代遥感综合对地观测、虚拟现实/增强现实、云计算、人工智能等更为地理学理论与技术的整合、传承与应用创新创造了条件。

陈述彭先生曾经指出“只有将遥感及其应用与地学研究结合起来，才能使地学研究的面貌焕然一新，才能把地学研究不断引向深入”；先生也提及“地球系统科学不是脱离社会而存在的一门科学，不是纯自然的科学。研究地球系统科学应该始终如一贯穿‘顶天立地’的统一性原则：‘顶天’即研究全球变化，‘立地’则面向区域持续发展”。因此，地学信息图谱今后的发展一定是理论、方法和技术的有机统一。从发展趋势上可以沿着以下脉络推进。

4.1 全息地图的发展是地学信息图谱表达的重要基础

地球系统科学的发展与未来地球计划的推动，要求地学信息图谱不仅要反映地学现象的时空分布，而且要揭示地学现象的空间格局、演化过程，以及要素间的相互作用机制，要能够用于地理环境的过去重建、现状评估和未来预测。同时，新ICT(Information and Communication Technology)时代与时空大数据时代的到来也为地理信息的表达和分析

提供了新的技术支撑。信息空间的介入深化了地图学表达的内涵，地图对象空间从二元空间拓展到三元空间，泛在地图的表达使地理空间、人文空间和信息空间互相融合，地学信息图谱正从表达维度、描述内容、表达方式、分析方法、服务模式5个视角加以拓展。在表达维度上，从2D、2.5D，到3D、时空维、高维；在描述内容方面，从空间信息和属性信息，到地理语义、时空位置、几何形态、演化过程、要素关系和属性特征信息；在表达方式上，从平面地图，到三维模型、动态模型、虚拟现实/增强现实/混合现实、全媒体；在分析方法方面，从空间分析，到时空分析、地理综合分析、人工智能分析；在服务模式方面，从离线，到Web GIS、服务化GIS、云GIS、云边端GIS。地学信息正从地球专业信息，走向时间、地点、人物、事物、事件、现象、场景等大众关注的信息，地学信息表达呈现出大众性、普适性和创新性等特点^[22]。从赛博地图到全息地图，通过地理实体和地理空间位置实现多维时空动态信息的关联，有效地将各种空间位置信息、传感网信息、社交网信息、自发地理信息、实时公众服务信息等进行相互连结，实现无处不在的泛在空间信息智能服务^[23]，实现小数据与大数据分析的结合、相关关系与因果关系分析的结合，从而进一步发现新的地学现象和新的地学规律。

4.2 遥感对地表信息的“谱”探知要以地理学“图”分析思想为支撑

遥感是从太空对地球进行的场景式影像观测，可获取地表全覆盖、真实而量化的数据。随着高分辨率遥感时代的到来，地理现象呈现的细节(图)以及地理过程发生的变化(谱)都在以遥感的手段被感知和记录，因此在本质上遥感蕴含并承载了刻画地表态势的信息图谱，理应成为支撑现代地理学发展的数据基石。因此，在地学信息图谱理论的指导下，综合地理分析方法、遥感机理模型与人工智能技术，建立从浅层“视觉理解(图)”深入到内在“机理透视(谱)”的遥感对地探测的认知过程，以“图—谱”耦合形式实现对深层次地理综合与地理格局问题的揭示。总之，地理与遥感的研究应紧密协同，在地理“图”分析思想指导下开展高空间分辨率影像对复杂地表场景(图)的分区分层解译，进而在场景“图”之上进一步融合高光谱与高时间分辨率遥感实现对地表各级地物的

理化性质与变化过程进行“谱”的探测与分析,最终回归于对复杂地表分布与内在发生机理等地理学核心问题的回答^[24]。

4.3 地学信息图谱的认知以人地关系为中心

地理学的核心内涵是人地关系^[25]。但有关地理学的定义长期难以统一,甚至大相径庭。地理学研究的最大挑战就是其研究对象是一个复杂的巨系统。钱学森先生30年前针对复杂系统提出了微宏观相结合的分层次解构(图);从定性向定量,透过现象看本质(从图到谱);人机协同的交互式系统。这与先生提出的地学信息图谱思想在本质上是一致的。面对地球表层的复杂巨系统,地理学需要从人类演化的大历史背景下,从自然维度和社会维度,探讨人地关系发展的关键阶段和人类文明演进的重要进程,特别是进入人类世以来,聚焦人与环境(或自然—社会、社会—生态)的交互作用,探索 and 发现如何实现人类可持续发展的一系列重大科学问题。地理学者探索地学信息图谱方法就是要以人地关系发展的重大科学问题为内涵,在空天地一体化的新时空观测技术下,基于大数据+人工智能,获取现实世界从古到今的全球动态信息,为实现从客观地理空间到虚拟空间的人地关系新认知构建一套认知理论^[26-28]。

4.4 地学信息图谱的目标是辅助发现与利用新的地学知识

随着信息服务向知识服务的转变,搜索引擎技术由关键词搜索发展为基于语义关联的知识搜索。由此,Google公司于2012年提出了知识图谱(Knowledge Graph)的概念,旨在实现更智能的搜索引擎。之后,知识图谱这一概念在学术界和工业界普及开来。知识图谱是通过有向图的方式表达实体、概念及其相互之间语义关系的数据组织形式或产品,强调知识的形式化描述与逻辑关系结构,本质上是一种语义网络(Semantic Network)。其中节点代表实体或者概念,边代表实体/概念的属性或者彼此之间的语义关系。知识图谱中的“图谱”(Graph)源自图论,指实体或概念之间的逻辑关系结构形成的图,具有多尺度和可追溯性。地理知识图谱是侧重于表达地理实体及其关系的知识图谱,即通过自动化地探测地理实体间的空间关系与语义关系,实现地理信息的自动聚合过程^[29]。地理知识图谱和地学信息图谱是截然不同的2个概念。地

理知识图谱旨在通过计算机规范化表达与存储知识,进而支持地理知识检索与知识推理。而地学信息图谱旨在通过人机交互方式发现新的地学知识。泛在网络蕴含大量隐式地理空间信息,为地理空间认知和地学知识发现提供了巨大潜能。地理知识图谱是地理问答系统实现、地学知识智能搜索、虚拟地理环境自动构建、乃至位置服务信息聚合和推送的重要前提,是将传统地理信息服务拓展到地理知识服务的关键。目前,地理知识图谱研究需要重点解决网络文本蕴含地理空间信息量与质量评价、地理信息语义理解、地理信息空间语义计算模型和异构地理语义网对齐等关键科学问题,为实现自动化、智能化的地理知识图谱奠定理论与方法基础^[30]。

5 结语

我们认为,地学信息图谱是认知、方法和动态地图三者的综合与统一。认知是人类对地学对象在图形思维上的观察能力;方法是信息的获取和分析的手段;地图是信息的交互表达形式,它反映的是地学对象的规律。地理学的研究积累了丰富的地球表层认知,我们需要在认知科学的基础上,探索如何把地表的空间认知单元及结构先定义出来;地理学有丰富的对地观测数据,我们需要在计算科学的基础上,通过对空间数据和时间序列数据的模型构建,找到对地表变化过程进行反演的方法,进而建立信息图谱;我们更需要在大数据和人工智能的支持下,充分依托地学专家知识,探索复杂的地表规律,发现新的地学知识,实现全息智能化的规划和预测未来。

地学信息图谱的思想是陈述彭先生留给后来者的重要地理科学问题。今天我们既欣慰地看到,当年先生憧憬的很多科学发展愿景已经实现,但也应该看到还有很多问题有待解决,比如:地学信息图谱还缺乏对应的贴切的英文术语,从中文定义上,它包含了map、chart、graph、spectrum、plan等诸多涵义,我们使用过map series、graph-spectrum等来做解释,本文依然沿用拼音Tupu,我们需要从术语上对其加以统一,但这需要更多的研究工作后达成共识。地学信息图谱的突破亦或是地理学理论的突破。这既是先生的未竟事业,也是我们后人努力的方向。

参考文献(References):

- [1] 陈述彭. 地学信息图谱探索研究[M]. 北京: 商务印书馆, 2001. [Chen S P. Research on Geo-information Tupu[M]. Beijing: The Commercial Press, 2001.]
- [2] 陈述彭. 遵义附近之相对地势[M]//陈述彭. 地学的探索(第一卷): 地理学. 北京: 科学出版社, 1990: 1-10. [Chen S P. Relative terrain relief around Zunyi[M]// Chen S P. Exploration of Geosciences (Volume I): Geography. Beijing: Science Press, 1990: 1-10.]
- [3] 陈述彭. 螳螂川流域之地文与人生[M]// 陈述彭. 地学的探索(第一卷): 地理学. 北京: 科学出版社, 1990: 29-130. [Chen S P. Physical and human geography of Tanglangchuan Basin [M]// Chen S P. Exploration of Geosciences (Volume I): Geography. Beijing: Science Press, 1990: 29-130.]
- [4] 陈述彭. 大比例尺景观制图方法及其实验[M]//陈述彭. 地学的探索(第一卷): 地理学. 北京: 科学出版社, 1990: 189-211. [Chen S P. Large-scale landscape mapping method and its experiment[M]// Chen S P. Exploration of Geosciences (Volume I): Geography. Beijing: Science Press, 1990: 189-211.]
- [5] 陈述彭. 自然区划方法与制图实践[M]//陈述彭. 地学的探索(第一卷): 地理学. 北京: 科学出版社, 1990: 259-275. [Chen S P. The method of physical regionalization and cartographic practice[M]// Chen S P. Exploration of Geosciences (Volume I): Geography Beijing: Science Press, 1990: 259-275.]
- [6] 陈述彭. 《中国地形鸟瞰图集》的编制[M]//陈述彭. 地学的探索(第二卷): 地图学. 北京: 科学出版社, 1990: 119-130. [Chen S P. Compilation of "Atlas of China's Terrain from Bird's Eye View"[M]// Chen S P. Exploration of Geosciences (Volume II): Cartography. Beijing: Science Press, 1990: 119-130.]
- [7] 陈述彭. 设计《中华人民共和国大地图集》的初步意见[M]//陈述彭. 地学的探索(第二卷): 地图学. 北京: 科学出版社, 1990: 131-160. [Chen S P. Preliminary Opinions on Designing the "Great Atlas of the People's Republic of China"[M]// Chen S P. Exploration of Geosciences (Volume II): Cartography. Beijing: Science Press, 1990: 131-160.]
- [8] 陈述彭. “数字地球”战略及其制高点[M]//陈述彭. 地学的探索(第六卷): 地球信息科学. 北京: 科学出版社, 1990: 76-84. [Chen S P. "Digital Earth" strategy and its commanding point[M]// Chen S P. Exploration of Geosciences (Volume VI): Earth Information Science. Beijing: Science Press, 1990: 76-84.]
- [9] 陈述彭. 地学的探索(第一卷): 地理学[M]. 北京: 科学出版社, 1990. [Chen S P. Exploration of Geosciences (Volume I): Geography[M]. Beijing: Science Press, 1990.]
- [10] 陈述彭. 地学的探索(第二卷): 地图学[M]. 北京: 科学出版社, 1990. [Chen S P. Exploration of Geosciences (Volume II): Cartography[M]. Beijing: Science Press, 1990.]
- [11] 陈述彭. 地学的探索(第六卷): 地球信息科学[M]. 北京: 科学出版社, 1990. [Chen S P. Exploration of Geosciences (Volume VI): Earth Information Science[M]. Beijing: Science Press, 1990.]
- [12] 陈述彭. 香山会议, 石坚文存——陈述彭院士科学小品选集[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1999: 386-387. [Chen S P. Xiangshan conference, Shijian Scientific Essays, selected works of Science of Academician Chen Shupeng [M]. Beijing: China Environmental Press, 1999: 386-387.]
- [13] 陈述彭. 地学信息图谱案例与诊断图谱方法[M]//陈述彭. 地学的探索(第六卷): 地球信息科学. 北京: 科学出版社, 2003: 204-208. [Chen S P. The cases and diagnostic methods of Geo-information Tupu[M]// Chen S P. Exploration of Geosciences (Volume VI): Earth Information Science [M]. Beijing: Science Press, 2003: 204-208.]
- [14] 陈述彭. 地学信息图谱刍议[J]. 地理研究, 1998(增刊): 5-9. [Chen S P. Discussion on Geo-information Tupu[J]. Geographical Research, 1998 (Supplement): 5-9.]
- [15] 陈述彭. 地学信息图谱的概念[M]//陈述彭. 地学的探索(第六卷): 地球信息科学. 北京: 科学出版社, 2003: 209-228. [Chen S P. The concept of Geo-information Tupu [M]// Chen S P. Exploration of Geosciences (Volume VI): Earth Information Science. Beijing: Science Press, 2003: 209-228.]
- [16] 陈述彭. 地学信息图谱的探索[M]//陈述彭. 石坚文存——陈述彭院士地学生涯. 北京: 人民教育出版社, 2007: 516. [Chen S P. The exploration of Geo-information Tupu [M]// Chen S P. Shijian Scientific Essays, The geographical career of Academician Chen Shupeng. Beijing: People's Education Press, 2007: 516.]
- [17] 陈述彭, 岳天祥, 励惠国. 地学信息图谱与区域可持续发展虚拟系统[M]//陈述彭. 地学的探索(第六卷): 地球信息科学. 北京: 科学出版社, 2003: 235-240. [Chen S P, Yue T X, Li H G. Geo-information Tupu and regional sustainable development virtual system[M]// Chen S P. Exploration of Geosciences (Volume VI): Earth Information Science. Beijing: Science Press, 2003: 235-240.]
- [18] 陈述彭. 石坚文存——陈述彭院士地学生涯[M]. 北京: 人民教育出版社, 2007: 559-601. [Chen S P. Shijian Scientific Essays, The geographical career of Academician Chen Shupeng[M]. Beijing: People's Education Press, 2007: 559-601.]
- [19] 陈述彭, 杨利普. 遵义附近之聚落[M]//陈述彭. 地学的探索(第一卷): 地理学. 北京: 科学出版社, 1990: 11-20. [Chen S P, Yang L P. Settlement near Zunyi[M]// Chen S

- P. Exploration of Geosciences (Volume I): Geography. Beijing: Science Press, 1990:11-20.]
- [20] 陈述彭,滕俊等.中国区域景观典型图(第一号)[M].北京:科学出版社,1958. [Chen S P, Teng J, et al. Typical landscape map of China (No.1) [M]. Beijing: Science Press, 1958.]
- [21] 陈述彭.《中华人民共和国自然地图集》总设计书(草案)[M]// 陈述彭.地学的探索(第二卷):地图学.北京:科学出版社,1990:228-277. [Chen S P. General Design Book of "Natural Atlas of the People's Republic of China" (Draft) [M]// Chen S P. Exploration of Geosciences (Volume II): Cartography. Beijing: Science Press, 1990:228-277.]
- [22] 郭仁忠,陈业滨,应申,等.三元空间下的泛地图可视化维度[J].武汉大学学报·信息科学版,2018,43(11):1603-1610. [Guo Z R, Chen Y B, Ying S, et al. Geographic Visualization of Pan-Map with the Context of Ternary Spaces[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2018,43(11):1603-1610.]
- [23] 周成虎.全息地图时代已经来临——地图功能的历史演变[J].测绘科学,2014,39(7):3-8. [Zhou C H. The era of holographic maps has arrived: Historical evolution of map functions[J]. Science of Surveying and Mapping, 2014,39(7):3-8.]
- [24] 骆剑承,吴田军,吴志峰,等.地理图斑智能计算及模式挖掘方法研究[J].地球信息科学学报,2020,22(1):57-75. [Luo J C, Wu T J, Wu Z F, et al. Methods of Intelligent Computation and Pattern Mining based on Geo-parcels[J]. Journal of Geo-information Science, 2020,22(1): 57-75.]
- [25] 傅伯杰.地理学:从知识、科学到决策[J].地理学报,2017, 72(11):1923-1932. [Fu B J. Geography: From knowledge, science to decision making support[J]. Acta Geographica Sinica, 2017,72(11):1923-1932.]
- [26] 闫国年,俞肇元,袁林旺,等.地图学的未来是场景学吗?[J].地球信息科学学报,2018,20(1):1-6. [Lv G N, Yu Z Y, Yuan L W, et al. Is the future of cartography the scenario science?[J]. Journal of Geo-information Science, 2018, 20(1):1-6.]
- [27] 王劲峰,徐成东.地理探测器:原理与展望[J].地理学报, 2017,72(1):116-134. [Wang J F, Xu C D. Geodetector: Principle and prospective[J]. Acta Geographica Sinica, 2017,72(1):116-134.]
- [28] 陈述彭,岳天祥,励惠国.地学信息图谱研究及其应用[J].地理研究,2000,19(4):337-343. [Chen S P, Yue T X, Li H G. Studies on Geo-informatic Tupu and its application [J]. Geographical Research, 2000,19(4):337-343.]
- [29] 陆锋,张恒才.大数据与广义GIS[J].武汉大学学报·信息科学版,2014,39(6):645-654. [Lu F, Zhang H C. Big data and generalized GIS[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2014,39(6):645-654.]
- [30] 陆锋,余丽,仇培元.论地理知识图谱[J].地球信息科学学报,2017,19(6):723-734. [Lu F, Yu L, Qiu P Y. On geographic knowledge graph[J]. Journal of Geo-information Science, 2017,19(6):723-734.]