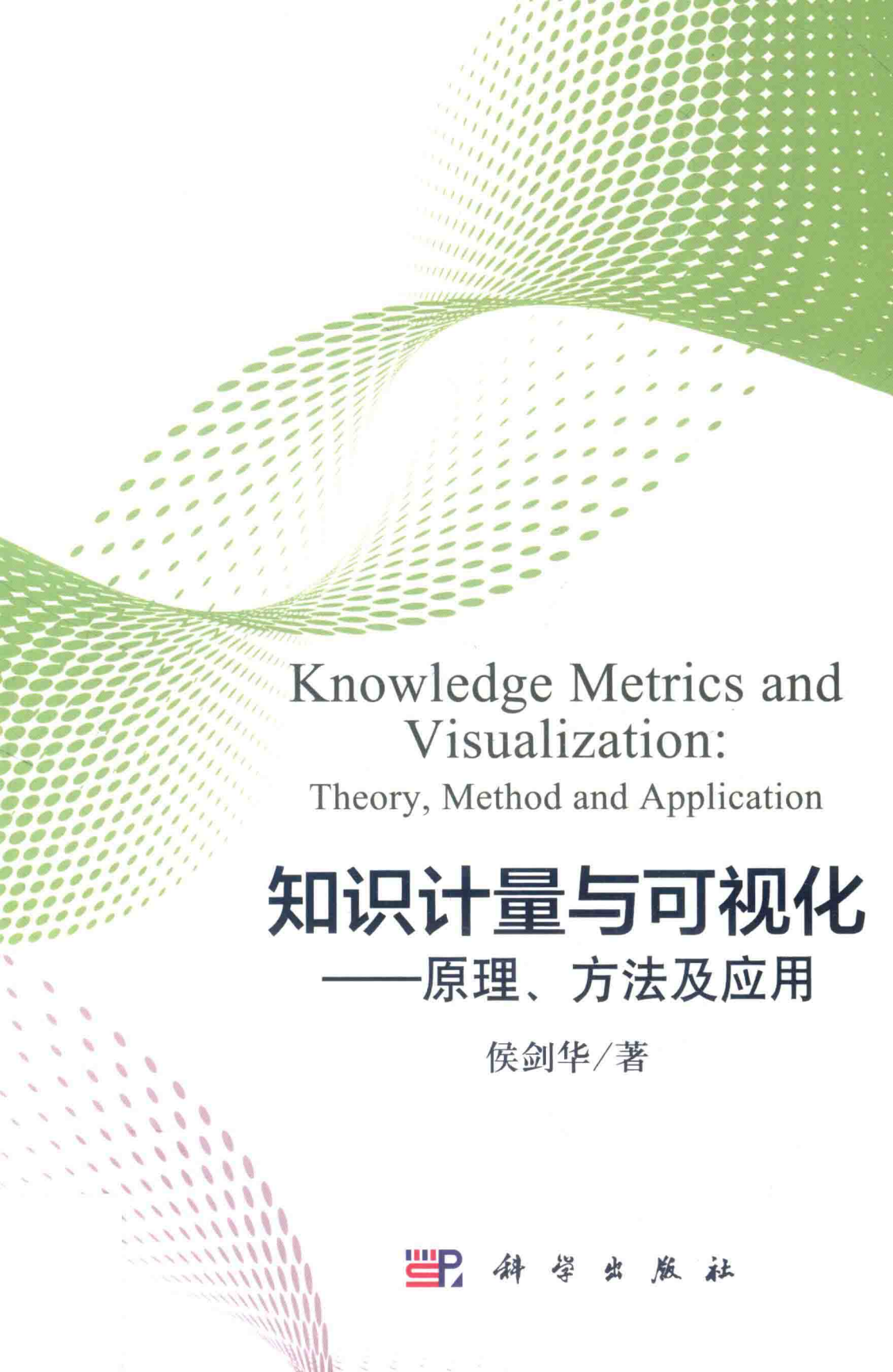




Knowledge Metrics and Visualization:

Theory, Method and Application

知识计量与可视化 ——原理、方法及应用

侯剑华/著



科学出版社

知识计量与可视化

——原理、方法及应用

Knowledge Metrics and Visualization:

Theory, Method and Application

侯剑华 / 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书主要介绍基于科学文献的知识计量与可视化的基本理论、研究方法、分析工具以及具体的应用案例。首先,从知识计量的基本概念出发,介绍知识计量与信息可视化方法的由来及其历史沿革;从知识计量学科族的协同演进提出知识计量学的创建及其科学化发展历程,并从作者分析、关键词分析、引文分析等方面详细论述知识计量与可视化的基本原理。然后,介绍知识计量与可视化的数据获取手段、具体的研究方法和计量指标以及主要的软件工具。最后,分别从科学文献和专利文献的数据分析的角度,给出知识计量与可视化应用的部分案例。

本书可以作为信息科学、科学技术管理、图书情报等领域研究者和学生的专业书籍,同时也可以作为其他领域研究者学习掌握对本研究领域进行基于文献的研究历程、研究前沿及相关问题分析的工具书使用。

图书在版编目(CIP)数据

知识计量与可视化:原理、方法及应用/侯剑华著. —北京:科学出版社, 2016.12

ISBN 978-7-03-050858-4

I. ①知… II. ①侯… III. ①知识学-计量学 IV. ①G302

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 289413 号

责任编辑:马 跃/责任校对:李 影
责任印制:张 伟/封面设计:无极书装

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京康华虎彩印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 12 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2016 年 12 月第一次印刷 印张: 15 1/4

字数: 300 000

定价: 88.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

信息科学与文献数据库的不断发展,为科学知识的可视化分析提供了坚实的基础,随之产生的信息计量、网络计量和专利计量等领域不仅为传统的科学计量学研究注入了新的研究方法和思路,也推动了知识计量学的创生和快速发展。知识计量与可视化方法可以实现对科学知识演化脉络的动态监测,也是探测科学知识领域研究热点和前沿问题的客观、有效的技术手段,可以更好地为研究者和科学工作者进一步把握学科领域的前沿动态,提供第一手研究资料。近年来,国内外专业的文献数据库不断涌现,数据收录的范围不断扩大,并且日益规范,这种半结构化的文献数据为应用计算机程序进行数据处理提供了极大便利。文献知识的计量对象和手段也逐渐增多。其中,通过科学知识图谱的方式展现海量文献数据中潜藏的结构关系越来越成为科学计量学和文献计量学领域研究的主要方法。知识计量与信息可视化技术已经成为当前国内外科学计量学和科学技术管理学研究的热点和前沿问题。

当前,国内外研究相关问题的学者主要从科学计量学、文献计量学等领域对知识计量与可视化进行研究,系统地介绍知识计量和信息可视化原理和方法的研究成果不多,本书旨在实现对知识计量与可视化的原理和方法尽可能全面地介绍,从而进一步拓展科学文献计量与信息可视化研究领域,丰富研究方法。

知识计量与可视化既是具体的研究方法和手段,同时也初步形成了系统的理论体系框架。通过对知识计量与可视化问题的深入研究,进一步挖掘知识计量与可视化的理论基础,构建知识计量学的学科体系,在一定程度上,丰富了社会科学泛知识计量学科的学科体系,同时也为科技政策与管理、科技发展战略的制定提供重要的技术手段。本书通过大量的分析案例,从不同领域和分析对象对知识计量与可视化进行分析验证,为科技政策与管理实践提供更多的决策参考,解决科学技术管理的实际问题,具有一定的学术价值和实践意义。

本书尝试对当前基于文献的知识计量和可视化研究的基本原理、主要方法和典型的分析案例进行系统的整理,努力使读者对这一研究领域获得较为全面地认识,因此在写作中注重介绍主流的基于文献的计量方法、原理,收集典型的应用案例。本书共分为八章,第1章是概述部分,主要介绍知识计量与可视化的基本概念、演进历程和主要功能等基本问题。第2章是知识计量学科家族的协同演进过程。第3章介绍知识计量学作为一门学科的研究对象、学科体系、学科定位等

基本问题。第4章从作者分析、机构分析、关键（主题）词分析、引文分析、期刊分析和文本分析等方面详细介绍知识计量与可视化的基本原理。第5章主要对作为知识计量与可视化基础的文献数据库进行介绍。第6章主要从知识计量的指标、可视化方法、科学知识图谱等方面介绍知识计量与可视化的基本方法。第7章主要介绍知识计量与可视化方法的主要工具。第8章主要是对以当前国际上流行的文献信息可视化软件系统 CiteSpace 为主的应用案例进行介绍。全书围绕基本概念—原理—方法—应用这条主线展开，尽可能全面地介绍知识计量与可视化的相关内容。

本书重点突出对基于文献的知识计量与可视化基本原理、方法的介绍，尽可能带领读者走进知识计量与可视化研究的大门，激发读者对这一充满魅力的学术领域进行深入学习和探索的兴趣。

本书内容是作者近年来在知识计量与可视化领域学习和实践基础上的积累，同时也吸收了指导的部分研究生的研究内容，还参考了前辈和同行的大量研究成果。在此，衷心地向各位表示感谢。

由于作者水平有限，本书的疏漏和不足在所难免，请广大读者提出宝贵意见。

作 者

2016年6月

目 录

1 知识计量与可视化概述	1
1.1 科学知识相关概念释义	1
1.1.1 科学、知识与科学知识	1
1.1.2 科学知识体系	3
1.1.3 学科的含义	5
1.1.4 知识领域	6
1.2 知识计量与可视化技术的沿革	7
1.2.1 科学可视化概念的提出	7
1.2.2 从科学可视化到信息可视化	8
1.2.3 知识计量与文献信息可视化	10
1.2.4 知识可视化研究的兴起	11
1.3 知识计量与可视化的主要功能	13
1.3.1 揭示科学知识体系的演进历程	13
1.3.2 探测科学知识领域研究热点与研究前沿	14
1.3.3 挖掘知识领域的代表人物与学术团体	15
1.3.4 考察科学技术合作网络	15
1.3.5 开展科学技术评价研究	16
1.3.6 展现学科交叉及其演化规律	17
1.4 知识计量与可视化的研究意义	17
2 知识计量学科的演进发展	20
2.1 从书目统计到知识计量	20
2.2 知识计量学科族概述	22
2.2.1 文献计量学	22
2.2.2 科学计量学	23
2.2.3 信息计量学	26
2.2.4 网络计量学	29
2.2.5 专利计量学	31
2.2.6 知识计量学	34
2.3 知识计量学科协同演进	36

2.3.1	学科协同演进释义	36
2.3.2	协同要素解析	37
2.3.3	协同演进的可视化分析	41
3	知识计量研究的学科化进程	44
3.1	知识计量学的界定	44
3.2	知识计量研究的创生与发展	45
3.2.1	知识计量研究的兴起	45
3.2.2	知识计量研究的学科基础	47
3.2.3	知识计量研究的现状	48
3.3	知识计量研究的对象与方法	50
3.3.1	知识计量的研究对象	50
3.3.2	知识计量的研究方法	51
3.4	知识计量学的学科体系与定位	51
3.4.1	知识计量学的基本研究框架	51
3.4.2	知识计量学的学科定位	53
4	知识计量与可视化的原理	57
4.1	作者分析的原理	57
4.1.1	作者的科学生产率	57
4.1.2	作者引用率分析	60
4.1.3	作者合作分析	61
4.1.4	H 指数分析	64
4.2	机构分析的原理	65
4.2.1	高产机构及绩效评价	66
4.2.2	机构合作及其分布规律	67
4.3	关键(主题)词分析的原理	70
4.3.1	词频分析	70
4.3.2	共词分析	72
4.4	引文分析的原理	75
4.4.1	引文分析	76
4.4.2	共被引分析	79
4.5	期刊分析的原理	81
4.5.1	来源期刊的评价与计量指标	82
4.5.2	期刊(共)被引的计量指标	83
4.6	文本分析的原理	84

5 知识计量数据的获取	87
5.1 国外文献数据库	87
5.1.1 Web of knowledge 检索平台	87
5.1.2 Scopus 文献检索数据库	92
5.2 国内文献数据库	96
5.2.1 中国知识资源总库	96
5.2.2 中文社会科学引文索引数据库	100
5.2.3 中国科学引文数据库介绍	102
5.2.4 维普信息资源系统	103
5.2.5 万方数据知识服务平台	104
5.3 国内外专利数据库	104
5.3.1 Derwent 专利数据库	104
5.3.2 USPTO 专利数据库	108
5.3.3 中国知识产权局数据库	113
5.3.4 欧洲专利局数据库	118
5.3.5 日本专利数据库	120
6 知识计量与可视化的方法	123
6.1 知识体系的计量指标	123
6.1.1 作者信息的计量指标	123
6.1.2 关键词信息的计量指标	124
6.1.3 引文信息的计量指标	126
6.2 知识体系的可视化方法	128
6.2.1 社会网络分析方法	128
6.2.2 复杂网络分析方法	132
6.2.3 多维尺度分析方法	136
6.2.4 因子分析与主成分分析方法	137
6.2.5 聚类分析方法	138
6.3 科学知识图谱方法	140
6.3.1 什么是科学知识图谱	140
6.3.2 科学知识图谱的创生背景	141
6.3.3 科学知识图谱的理论基础及其演进	143
6.3.4 科学知识图谱的主要功能	154
6.3.5 科学知识图谱在中国的发展	156
6.4 知识体系可视化的实现过程	160

6.4.1	引文网络与可视化图谱	160
6.4.2	知识领域可视化的步骤	162
6.5	知识计量与可视化的关键技术	163
6.5.1	分析对象的选择与界定	164
6.5.2	数据检索与标准化处理	164
6.5.3	科学知识图谱的绘制与解读	165
7	知识计量与可视化的工具	168
7.1	CiteSpace 信息可视化软件系统	168
7.1.1	CiteSpace 可视化软件开发简介	168
7.1.2	软件主要功能介绍	169
7.1.3	软件主要原理和算法	172
7.2	VOSviewer 软件介绍	178
7.2.1	VOSviewer 软件概述	178
7.2.2	软件主要功能介绍	178
7.2.3	软件主要原理和算法	182
7.3	引文分析的软件工具	183
7.3.1	Bibexcel 软件	183
7.3.2	HistCite 软件	184
7.4	社会网络分析的软件工具	185
7.4.1	Pajek 软件及其原理	185
7.4.2	Ucinet 软件及其原理	186
7.4.3	Netdraw 与 NetMiner 软件	186
7.5	其他相关的软件工具	187
7.5.1	Word Smith Tools 软件	187
7.5.2	Thomson Data Analyzer 软件	189
8	知识计量与可视化案例	191
8.1	引文分析方法的应用实例	191
8.1.1	研究界定与数据选择	191
8.1.2	20 世纪决策理论的主要演进	193
8.1.3	21 世纪决策理论的演进与发展	198
8.1.4	决策理论的研究前沿和发展趋势	201
8.2	作者和机构合作分析方法的应用实例	206
8.2.1	组织理论的创生与发展	206
8.2.2	组织理论研究数据的选择	207

8.2.3 组织理论最新研究群体	210
8.3 词共现分析方法的应用实例	216
8.3.1 分析方法与研究设计	216
8.3.2 新兴技术基础研究主题的监测	218
8.4 专利分析方法的应用实例	224
8.4.1 风能产业与风能技术	224
8.4.2 专利文献收集	226
8.4.3 战略性新兴产业主题识别	226
后记	232

1 知识计量与可视化概述

科学文献（学术论文、专著等）是承载和传播科学知识的主要媒介，是人类进行知识创造和获取知识成果的主要体现。科学和技术的不断发展推动了人类社会知识的不断传承和积累，形成了庞大的科学知识体系。依据不同的研究对象，科学知识体系又被划分成不同的门类和知识类别。作为科学知识的“下位”概念，学科一词随着研究分工的不断细化而得以建立和使用。知识领域作为科学知识体系的子系统或知识门类，是进行知识分类和开展专门化科学研究的基本单位，对科学知识领域进行计量和可视化分析，可以直观地展现具体的知识领域发展演进的历史图景，探测知识领域研究的热点问题和前沿问题。近年来，信息科学和计算机软件技术的快速发展，加速了知识计量研究和信息可视化技术的发展，通过对学科和知识领域的文献等知识载体，进行数据挖掘和引文网络分析，并通过可视化的科学知识图谱的形式表现出来，实现了对学科与知识领域的可视化分析和探测。

1.1 科学知识相关概念释义

科学知识是人类社会发展进步的核心资源。随着知识经济和信息化时代的到来，知识已经成为推动经济和社会发展的力量。从一般意义的概念范畴来看，信息、知识和科学之间存在着“信息—知识—科学”层级递进的关系。信息是人类社会发展的基础资源，知识是有用的信息，而科学是系统化的知识。科学知识的不断发展和积累形成了庞大的科学知识体系。近代以来科学研究的专门化和分化发展，自然科学、社会科学及其内部的不同研究领域之间划分“界限”，出现了学科的概念，并得到了广泛的使用。近年来国际上为研究和说明问题的方便，开始使用知识领域的概念，用于界定专门的一个研究问题或者研究方向。本节主要介绍科学、知识和科学知识、科学知识体系、学科与知识领域等基本概念。

1.1.1 科学、知识与科学知识

西方语言文字中的“科学”一词，大多源于拉丁文“*scientia*”，其原意为认识、知识、学问、学术。16世纪前后，西方文献传入东方，日本、中国的学者先后将“*science*”译为“格致”。19世纪80年代，日本明治时期启蒙思想家福泽谕吉（1844~1901）

首先将“science”译为“科學”。1893年,康有为(1858~1927)将“科學”一词引进中国。随后,严复(1853~1921)等开始在译作中使用“科學”一词。

迄今为止,各国学者对“科学”概念的理解仍很不一致,做出的定义也多有差异。科学学的创始人之一贝尔纳认为,科学在不同的场合有不同的意义,必须在科学发展的一般图景中把它们联系起来。他从几个方面概括和认识现代科学:①科学是一种建制。它是现代社会不可或缺的一种社会职业,是指为了满足某些基本的社会需要而形成的相关社会活动的组织系统;②科学是一种方法。它是在科学建制中,科学家采用的一整套思维和操作规则,有程序性的,也有指导性的,称之为科学方法;③科学是一种知识传统。它是能够经受检验的累积起来的知识,是人们的认识活动和社会活动建立起来的知识体系。这也是对科学最一般、最普遍的定义;④科学是一种维持或发展生产的主要因素;⑤科学是一种重要的观念来源。

一般而言,科学既是社会活动、认识活动、社会建制、社会事业、社会职业,又是知识、知识体系。大多数辞书也将科学界定为一种知识体系。概而言之,科学是人们创造知识的认识活动、社会活动以及由此所建立起来的知识体系^①。科学一般包含四个层面。

科学知识:人类对客观规律的认识和总结。

科学思想:人类在科学活动中所运用的具有系统性的思想观念,它们是人类智力的集结、智慧的结晶,是认识和改造世界的锐利武器。科学知识,只有集结为科学思想,才称其为条理化、系统化、理性化的知识。

科学方法:人们揭示客观世界奥秘、获得新知识和探索真理的工具。科学方法一旦形成,就能指导人们更有成效地进行思维,更有成效地学习科学知识。对每个人来讲,确立科学方法的一个重要方面就是实现思维方式的科学化,这往往是一种革命性变化,能使个人认识和改造世界的能力获得指数式的增长。

科学精神:是科学的灵魂与光芒所在,是科学发展的动力源泉。其核心是求真务实和开拓创新:前者相信真理、按客观规律办事;后者则是现代社会发展的动力所在。

知识是在人类社会发展的实践中积累的认识成果,主要包括经验知识和认识知识。英文中的“knowledge”一词,指的是人们在实践中获得的认识和经验。在信息化社会,知识也专门指从海量“数据”中抽象出来的“有用的信息”。作为人类社会传承和发展的基础,知识的研究得到了各领域研究者的广泛关注,不同专业背景的学者从不同视角给出了不同的知识内涵的界定。哲学层面的知识是关于自然、社会和思维知识的概括和总结,是抽象的概念之间的连接,不同概念连接成知识进而把握直观的认识。心理学视角的知识主要包括陈述性知识和程序性知

① 王续琨. 交叉学科结构论[M]. 大连:大连理工大学出版社, 2003.

识,前者是描述客观事物的特点及关系的知识,也称为描述性知识,如符号表征、概念、命题等。后者是处理事务的操作步骤和过程,也称操作性知识。管理学界强调知识是有用的信息。知识管理研究通常的知识划分方案有多种,如隐性知识和显性知识、个体知识和组织知识、直接知识和间接知识等。通过研究知识的显隐性之间的转化,个体和组织知识的共享与转移等问题提升知识、智力资源、智力资本的管理效能。经济学讲的知识是生产力要素的一个重要组成部分,通过有效参与生产过程,实现收益的最大化。

总体来看,知识就是人类在社会实践中积累并得以传承的认识成果,用于认识和改造客观世界的观点、经验、程序等有效信息。在日常生活中,人们常常将科学和知识两个词连在一起,形成组合词使用,大体亦相当于一般意义上的知识的概念。

1.1.2 科学知识体系

随着科学探索的不断深入,科学研究疆域不断扩展,科学分化和综合的迅速发展趋势使科学知识形成了一个庞大的科学知识系统。一大批新兴学科不断涌现,基于科学知识分化发展的迅猛态势,这些新兴学科大多具有交叉性、边缘性、横断性和综合性等特征。大量交叉学科和学科群的出现使得科学知识体系结构变得日益复杂。为了研究和对话的方便,在科学知识体系发展的基础上,提出学科、知识领域等科学知识体系的下位概念。信息、知识、科学、学科、知识领域等相关概念的范畴域可以由图 1.1 进行抽象概括。

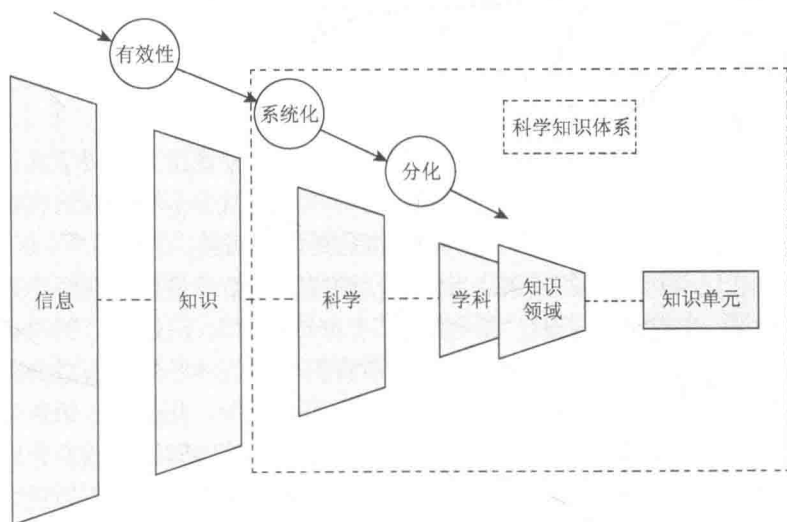


图 1.1 信息-知识-科学-学科-知识领域概念域关系图

Fig. 1.1 relationship between the concept border of information-knowledge-science-discipline-domain

笔者认为,信息、知识、科学三者的概念范畴属于逐层缩小的被包含关系。知识是信息范畴中有效的、有用的那一部分,科学则是知识范畴中系统化的部分。科学知识的不断演化,在学科或知识领域之间的交叉融合、分化发展的共同作用下,形成了日趋庞杂的科学知识体系。在这样的复杂知识系统中,学科和知识领域是处于科学之下位,知识单元(概念、定义、定理、定律等)之上位的概念,是科学知识体系层级中的具体单位。

关于科学知识结构或者科学知识体系的研究,学者们进行了深入的探讨。其中,20世纪70~80年代,钱学森先生、于光远先生都曾对科学知识体系的分类进行过深入的研究。钱学森先生早在1979年就提出一个包含六个部分的科学技术体系:马克思主义哲学、社会科学、自然科学、数学、技术科学、工程技术。随后的研究中,钱学森对该分类进行了多次补充,到20世纪90年代建立了“1+11”的科学部类结构^①。对于包含数千门学科的复杂的科学知识体系,为了更清晰地表达其层级结构,我国学者王续琨曾将科学知识体系划分为五级子系统的层级结构。其中,科学知识体系(system of scientific knowledge)的第一级子系统,称为科学部类(scientific section);科学知识体系的第二级子系统,称为学科门类(discipline sub-section);科学知识体系的第三级子系统是学科群组(discipline group);科学知识体系的第四级子系统是学科系组(discipline sub-group);科学知识体系的第五级子系统是基元学科(primary discipline)。当然这里需要指出的是,作为科学知识体系第五级子系统的基元学科也并不是学科序列的尽头,仍然属于过渡环节。伴随着科学研究工作的逐步深入,有些基元学科已经形成次级分支学科(子学科),甚至有了次次级学科(孙学科)。另一方面,这些基元学科在发展演化过程中,仍然不断与其他基元学科,甚至学科系组、学科群组之间交叉融合、分化发展,形成新的学科层级,这也是科学知识体系演化的系统特性。

一般认为对科学知识体系或者科学知识结构的研究通常指对科学知识体系的第一层级划分,即相关科学部类的划分。科学知识体系中不同学科或领域的研究范畴是存在层级关系的,从整体科学知识体系到科学部类、学科门类、学科群组、学科系组、基元学科及其多层次分支学科,构成了科学学科体系层级序列。除了一些惯用称谓,如学科部类的“社会科学”“自然科学”,沿用经典的“自然辩证法”“科学社会主义”等学科以外,人们通常将科学知识体系的各层级分支学科不加区分的称为“XX学”,如第二层级子系统中的经济学、社会学、语言学、化学等学科门类,第三层级子系统的人口学、家庭学等学科群组,以及第四、五层级子系统中的相对应学科系组和基元学科都有类似的现象。这种不加层级区分的大学科套装小学科的做法,容易造成“学科”研究范畴的模糊不清,因此不同层

① 王续琨. 交叉科学结构论[M]. 大连:大连理工大学出版社, 2003.

级使用不同的称谓,可以避免“学科嵌套,难辨大小”所带来的各种麻烦甚至混乱。

1.1.3 学科的含义

学科的概念目前尚无统一的界定,更多的研究者将其作为“公理化”的概念直接加以使用,在现有的林林总总的概念定义中,中国学者对学科的理解,并无太大差异。一般认为,学科的概念有两种含义,一种是指科学知识的分类,是一定科学领域或一门科学的分支。另一种是指教学、科学研究和人才培养的功能单位,一般相当于高等院校中专业的含义。本书研究主要使用第一种学科的定义,即作为科学知识子系统的集合的概念。我国学者王续琨曾为学科做出如下定义:学科是具有特定研究对象的科学知识分支体系。庞大的科学知识体系,由不同层次的学科组成。相对于科学概念、定义、定理、定律等微观知识单元而言,学科是科学知识体系居于中间层次的构成要素^①。

近代科学的迅猛发展使科学研究、教育教学和人才培养等活动成为推动社会发展进步的重要力量。相对应地出现科学、学科、专业等专有词汇,并且出现混用的现象。依据前文的论述,科学和学科是科学知识体系中上位和下位概念的关系,并且学科作为具有特定研究对象的知识集合本身属于科学的局部范畴。“社会科学”“管理科学”“教育科学”等使用的“科学”,其实质是“学科”的含义,此处的科学就是“科学”的局部。专业一般是指人们学习和工作的专门方向或业务领域。有些学科由于科学研究历史的沿革,直接用学科的名字作为专业的名字,这种现象在社会科学领域较为普遍,如“经济学”“管理学”“教育学”等。但反过来,很多专业名称却不能用作学科名称。例如,机械工程指的是设计、制造机器和机构的过程,它可以成为一门学科的研究对象,但它本身并不是一门学科。以机械工程作为研究对象的这门学科,就是机械工程学。

作为科学知识体系划分的学科概念,是在科学分类的思想下被广泛采用的。早在古希腊时期就出现了知识分类思想的萌芽。在中国,古代即已出现学问分科的思想。到宋代,文献中出现了“学科”一词,意为学问的科目门类。据欧阳修、宋祁等纂修的《新唐书》198卷《儒学传·序》记载:“自杨绾、郑余庆、郑覃等以大儒辅政,议优学科,先经谊,黜进士,后文辞,亦弗能克也。”大约在20世纪上半叶,中国学术界使用“学科”一词对译英文的 discipline、subject 等词汇。按照恩格斯关于“科学分类”的思想,“每一门科学都是分析某一个别的运动形式或一系列互相关联和互相转化的运动形式的,因此,科学分类就是这些运动形式

^① 王续琨. 交叉科学结构论[M]. 大连:大连理工大学出版社,2003.

本身依据其内部所固有的次序的分类和排列”，这里的科学可以理解为学科的同义词，也就是说，每一门学科的划分，都是依据其特有的运动形式为研究对象，这也是一门学科区别于其他学科的最根本原因。因此，一门学科的创生或形成，根本的动力就是社会发展实践需求的拉动和科学知识体系内部发展的推动二者的结合力，催生出具有独立的且与相关学科探索视角有所不同的研究对象。换言之，只要我们能够找到现有学科都没有专门加以研究的对象，或者找到一个探索已有对象的新视角，就可以创建新的学科（包括分立出新的分支学科）^①。这种特定的研究对象最初都有一个甚至多个孕育的母体学科，“联姻”的母体学科越多，就越容易催生新学科的生长点，如知识计量学的产生，就是源于文献计量学、科学计量学、信息计量学、网络计量学、信息科学、计算机科学与技术等母体学科，随着近年来计算机技术和信息技术的快速发展而得以完善和独立。因此，科学知识体系的系统演化在这一角度上讲，类似于生物进化系统的衍生过程，越是发展势头强劲、强强联姻的“家族（学科群）”越容易成为科学知识发展谱系中的“强势部落”。

1.1.4 知识领域

知识领域一词是近年来随着知识计量学科和文献信息可视化技术的发展而出现的，它不是像“学科”这样的公理化概念，而且在学术界也没有明确的界定。目前仍然是出于研究问题的对象界定的方便，而使用的一个词汇。学科是介于科学和知识单元之间的中间层的概念。知识领域一般也可以称为学科知识领域或者学科领域，是有具体研究对象和特征的知识体系的分支，一个学科可以划分为一个或多个知识领域。

对于“知识领域”一词的来源，大概有两个方面的原因。首先，这一词汇来源于国际上知识管理和信息科学研究的领域，对应英文的“knowledge domain”，如美国德雷克塞尔大学的华人学者陈超美在其论著中多次使用这一概念，并且国际信息科学和科学计量学界的学者已经将其作为“对话”的规范性术语。另一方面，学科的概念在我国有着较强的实践性内涵和严格的界定，随着科学知识体系的不断深化发展，特别是学科领域交叉融合趋势明显，作为科学知识体系的分支的学科概念，已经越来越难以有明确的界限，对学科的纵向层次性界定和横向的界限划分都越来越模糊，这为以特定主题和研究对象的知识分支的界定带来一定困难，也给以特定知识分支为研究对象的学者间的“对话”带来一定困扰。知识领域这一学术概念的出现，在某种程度上为这些问题带来了一定的解决方案，增

① 王续琨. 交叉科学结构论[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2003.

进了学者间交流对话的渠道。

笔者认为,知识领域就是在科学知识体系中,具有特定研究主题的知识集合,是对不同层次知识体系的具体划分。它既可以是学科等同范畴的概念,也可以是学科的具体分支领域,同样可以是有共同研究主题的多学科领域的交叉知识范畴。

1.2 知识计量与可视化技术的沿革

对科学知识的计量研究和探索可以追溯到早期对书目(文献)统计规律的研究,文献计量学开创了对人类科学知识计量研究的先河。科学学和科学计量学研究的兴起为知识计量方法提供了直接的学科基础和理论来源。随着社会信息化的推进和网络应用的日益广泛,信息源越来越庞大,对于大型数据甚至海量数据的存储、传输、检索及分类等需求日益迫切。实际上,在激增的数据背后,隐藏着许多重要的信息,人们希望能够对其进行更高层次的分析,以便更好地利用这些数据。20世纪80年代末期,国际上提出了信息可视化的问题。计算机辅助技术实现的信息(知识)可视化分析为科学(知识)计量研究提供了新的研究手段,科学知识的计量和可视化研究开始进入新的发展阶段。一般来说,知识计量与可视化技术经历了数据可视化、科学可视化、信息可视化和知识可视化等发展阶段。

1.2.1 科学可视化概念的提出

可视化来源于英文单词“visualization”,是指把文本、数字等信息转化为图形、图像等直观的视觉表现形式的过程。它充分利用人类对可视模式能够快速识别的自然能力,将人脑与计算机这两大信息处理系统结合起来,以可视界面来满足人们观察、分析、理解、操作大规模数据的需求。我们所谈及的可视化,借助于计算机技术,以人们惯于接受的图形、图像方式并辅之以信息处理技术,将被感知、被认识、被想象、被推理、被综合及被抽象的对象属性、关联关系及其变化发展的形式和过程,通过形象化、模拟化、仿真化、现实化等技术手段显示出来,目的在于提高人们对事物的观察能力,促进整体概念的形成,可视化结果便于人的记忆和理解。与其他方法相比较,可视化方法在信息的处理和表现上,具有无可比拟的优势。从当前发展的可视化技术来看,主要包括科学可视化、数据可视化、信息可视化和知识可视化等几个分支。

1987年,美国国家科学基金会的首届“科学计算之中的可视化”研讨会召集了众多来自学术界、行业以及政府部门的研究人员,在研讨会小组报告中提出立即建立并长期从事研究“科学计算可视化”的新兴领域,第一次提出了科学计算