

# 纳米科技学科领域的知识交流<sup>\*</sup>

## ——基于期刊引文网络的分析

彭继东<sup>1,2</sup> 谭宗颖<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中国科学院国家科学图书馆 北京 100190 <sup>2</sup>中国科学院研究生院 北京 100049

**[摘要]**以 JCR 数据库中期刊间的引用关系为基础,应用期刊引文网络分析方法,从学科整体和期刊个体两个层面分析纳米科技学科领域的知识交流。在学科整体层面,发现纳米科技内部知识交流密集,*NANOTECHNOLOGY*、*NANO LETT* 和 *J PHYS CHEM C* 等期刊是知识交流的核心节点。在期刊个体层面,通过分析 *NAT NANO* 和 *NANOMED* 这两种代表性期刊的引证网络和被引网络,发现纳米科技在学科间的知识交流中起纽带作用。

**[关键词]** 纳米科技 知识交流 期刊引文网络 引文分析

**[分类号]** G350

### Exploring the Knowledge Exchange of Nanoscience & Nanotechnology

——Based on Journal Citation Network Analysis

Peng Jilong<sup>1,2</sup> Tan Zongying<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190

<sup>2</sup>Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049

**[Abstract]** Based on journal-journal citations which are indexed in the database of Journal Citation Report, this paper explores the knowledge exchange of Nanoscience & Nanotechnology (N&N) through journal citation network analysis from two perspectives. Firstly, within the subject of N&N, the study finds that the exchange of knowledge is very intensive, and some journals, such as *NANOTECHNOLOGY*, *NANO LETT* and *J PHYS CHEM C*, are the key nodes of knowledge exchange of N&N. Secondly, by investigating the citing network and cited network of two representative journals, *NAT NANO* and *NANOMED*, the result reveals that N&N serves as a bridge of knowledge exchange among subjects.

**[Keywords]** Nanoscience & Nanotechnology, knowledge exchange, journal citation network, citation analysis

## 1 引言

纳米科技是 20 世纪 80 年代末 90 年代初才逐步发展起来的前沿交叉性新兴学科领域<sup>[1]</sup>。纳米科技将对人类的生产和生活方式产生重大影响,并可能带动下一次工业革命。自美国 2000 年制定“国家纳米技术计划”以来,日本、欧洲等先进工业化国家纷纷制定相关战略或计划,投入巨资和科研力量抢占纳米技术战略高地。

在 Science Citation Index-Expanded (SCIE) 中以“nan\*”为检索词进行检索发现,1998-2009 年间纳米科技论文的总量为 36.5 万篇,年均增长率为 21.3%。就这些论文的学科领域分布来看,论文数量

在 100 篇以上的学科领域有 116 个 (SCIE 数据库中共有 175 个学科领域)。可见,纳米科技涉及的研究领域非常广泛。那么,作为一门前沿交叉性学科,纳米科技学科领域内部的知识交流有什么特点? 纳米科技在学科间的知识交流中具有怎样的地位? 本文试图从期刊引文的角度来探讨这些问题。

## 2 研究方法与数据

### 2.1 研究方法

学术期刊是科技论文的重要载体,具有创新性、时效性和互动性等特点。学术期刊所刊载的论文间的引用是学术期刊相互联系的纽带,通过计算期刊的被引频次,可以表征期刊在学术交流中的作用<sup>[2]</sup>。将期刊

\* 本文系国家自然科学基金委员会和中国科学院合作项目“2011-2020 年我国学科发展战略研究”研究成果之一。

收稿日期: 2010-09-06 修回日期: 2010-09-27 本文起止页码: 15-18 本文责任编辑: 高丹

视为节点, 期刊论文间的引证关系视为联系, 可构成期刊引文网络<sup>[3]</sup>。期刊引文网络分析已成为一种有效的情报研究方法, 被广泛地应用于期刊评价<sup>[4-5]</sup>、期刊分类<sup>[6]</sup>、知识交流<sup>[7]</sup>和知识结构研究<sup>[8]</sup>等方面。

期刊引文网络可以用矩阵来表示, 并称该矩阵为期刊引用矩阵。引用矩阵是一个  $n$  阶非对称矩阵, 其中  $n$  是期刊的数量, 矩阵中的元素  $c_{ij}$  表示期刊  $i$  引用期刊  $j$  的次数。显然, 引用矩阵具有引证和被引两个维度, 分别体现了期刊的知识基础和知识扩散。期刊间的相似度可以用余弦函数值来测度<sup>①</sup>, 测度相似度时一般采用引证维的相似度<sup>[9-10]</sup>。

本文拟从学科整体和期刊个体两个层面, 通过期刊引文网络分析, 来揭示纳米科技学科内部的知识交流特点以及纳米科技在学科间的知识交流中的地位。

学科整体层面分析的主要途径是研究学科内所有期刊之间的互相引用关系形成的期刊引文网络。期刊引文网络类似于社会网络, 可以引入社会网络分析的方法来分析学科内部知识交流的密度、关键节点等。

期刊个体层面是研究某个期刊(称该期刊为种子期刊)的局部引文网络的知识交流, 可以分为引证网络和被引网络两种类型<sup>[11]</sup>。引证网络是指种子期刊及被种子期刊引用的期刊之间的引用网络; 被引网络是指种子期刊及引用种子期刊的期刊之间的引用网络。引证网络/被引网络的构建过程如下: ①确定引证网络/被引网络中的期刊。与种子期刊发生引用关系的期刊数量很大, 为使结果更突出, 将期刊阈值设定为 1%, 即引证网络/被引网络中只包括那些与种子期刊发生了引用/被引关系, 并且引用/被引数占种子期刊总引用/总被引数 1% 以上的期刊。②生成期刊间的引用矩阵。③计算期刊间的相似度, 建立期刊相似度矩阵。④利用社会网络分析软件 *pajek* 可视化。相似度阈值设定为网络中所有期刊间相似度的平均值, 低于阈值的连线在网络图中不显示。

### 2.2 数据描述

本文的期刊引证数据来源于 ISI 的 2009 年期刊引用报告 (Journal Citation Reports JCR) 自然科学版。该报告收录了 7 347 种期刊间的引证数据, 学科主题为“纳米科学与技术”的期刊(以下简称纳米科技类期刊)共 59 种, 其中 26 种期刊标题中出现“nano”字样。

纳米科技类期刊共引用了 2 394 种非纳米科技类期刊, 同时被 1 729 种非纳米科技类期刊引用<sup>②</sup>。本文采集了纳米科技类期刊及所有与纳米科技类期刊发生引用关系的期刊的引证数据。部分纳米科技类期刊的

引用矩阵, 如表 1 所示:

表 1 纳米科技类期刊引用矩阵(部分)

ACS NANO	NANO LETT	NANO RES	NANO TODAY	SMALL	...
ACS NANO	462	1507	9	6	187
NANO LETT	146	2522	19	19	170
NANO RES	28	264	48	3	39
NANO TODAY	11	159	2	20	50
SMALL	71	856	4	6	359
...	...	...	...	...	...

注: 期刊标题均采用 JCR 的缩写形式, 横标题表示被引期刊, 纵标题表示引证期刊。

矩阵对角线上的数据是期刊自引次数。比如期刊 ACS NANO 引用期刊 NANO LETT 1 507 次, 自引 426 次。该矩阵中 65.1% 的元素为零。

## 3 分析与讨论

### 3.1 纳米科技学科内部知识交流

从学科整体层面主要通过期刊引文网络分析讨论纳米科技学科内部的知识交流, 59 种纳米科技类期刊的引文网络如图 1 所示:

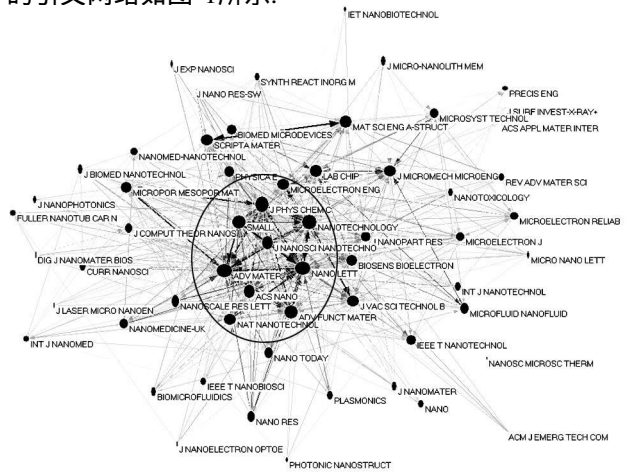


图 1 59 种纳米科技类期刊的引文网络

注: 每个节点代表一种期刊, 期刊标题为 JCR 缩写形式。节点的形状是椭圆, 椭圆的横轴、纵轴长度分别代表该期刊被引/引用总频次。节点间的有向连线表示期刊间的引用关系, 箭头指向被引期刊, 线越粗越黑, 表示引用频次越高。所有数据都进行了对数转换。

① 期刊  $i$  和  $j$  的相似度的计算公式为:  $\text{sim}(i, j) =$

$$\frac{\sum_{k=1}^n c_{ik} \cdot c_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n c_{ik}^2} \cdot \sqrt{\sum_{k=1}^n c_{jk}^2}}$$

② JCR 数据库中, 引用次数小于两次的期刊被归到“ALL OTHERS”, 所以引用/被引期刊数实际上是引用/被引两次或两次以上的期刊数。

该网络实际上是一个有向有权的期刊互引网络。利用社会网络分析软件 Ucinet 6.0 计算得到该网络的密度为 22.5, 说明期刊之间平均引用 22.5 次。网络平均距离为 1.68, 基于距离的凝聚力指数为 0.64, 表明纳米科技期刊之间引用关系非常紧密, 凝聚力强。图 1 中被圈区域是纳米科技学科内部知识交流的密集区, 该区域内期刊互引活跃, 引用被引频次高。统计发现, 被引次数居前 12 位的期刊的总被引次数为 63 416 次, 占纳米科技领域期刊被引频次总数的 79.9%, 服从二八定律<sup>①</sup>。中国期刊 *NANO RES* 较多地引证其他期刊, 而很少被引用, 印证了中国期刊在国际知识交流体系中具有“主群”和“孤岛”现象<sup>[2]</sup>。

纳米科技内部知识交流中, 每种期刊的地位不同, 可以引入社会网络分析中的中心度指标来衡量。中心度指标是一组用于判断网络中节点重要性的指标, 主要有中间中心度、度中心度和特征向量中心度等指标<sup>[12]</sup>。纳米科技类期刊引文网络中部分期刊的中心度指标及其排名如表 2 所示:

表 2 纳米科技类期刊引文网络中部分期刊的中心度指标值

期刊	中间中心度	出度中心度	入度中心度	特征向量中心度
<i>NANOTECHNOLOGY</i>	10.5(1)	3.3(2)	2.4(3)	39.4(4)
<i>NANO LETT</i>	6.4(2)	1.4(8)	7.3(1)	68.8(2)
<i>J PHYS CHEM C</i>	4.7(4)	5.8(1)	1.5(5)	91.1(1)
<i>ADV MATER</i>	3.7(5)	1.8(5)	5.9(2)	58.9(3)
<i>J NANOSCI NANOTECHNO</i>	5.8(3)	1.9(4)	0.6(14)	16.7(8)
<i>NAT NANOTECHNOL</i>	0.9(16)	0.4(20)	1.1(7)	9.0(10)
<i>NANOMED-NANOTECHNOL</i>	0.6(19)	0.1(17)	0.1(28)	0.4(39)

注: 期刊名均采用 JCR 的缩写形式。括号前的数据表示该期刊的标准化的中心度值, 括号中的数字表示该期刊在该中心度指标下的重要性排名, 如数据 10.5(1) 表示 *NANOTECHNOLOGY* 的中间中心度为 10.5 在 59 种纳米科技类期刊中排名第一位。

由表 2 可看出, 期刊 *NANOTECHNOLOGY* 的中间中心度最大, 表明该期刊对网络内其他期刊知识交流的效率影响最大。期刊 *NANO LETT* 的入度中心度值最高, 共被 56 种纳米科技类期刊引用 14 996 次, 说明 *NANO LETT* 是该网络中重要的知识输出力量。期刊 *J PHYS CHEM C* 的出度中心度和特征向量中心度两项指标都位居第一, 表明其在纳米科技内部知识交流中处于非常重要的地位。有趣的是, *NAT NANOTECHNOL* 是 59 种期刊中影响因子最高的期刊, 但在该网络中的中心度值排名却不是很靠前, 究其原因可能有二: ①该刊的载文量相对较少(在 59 种期刊中排第 29 位)<sup>[14]</sup>; ②与非纳米科技类期刊引用关系较多。

### 3.2 纳米科技期刊个体的知识交流

期刊个体层面通过分析某个纳米科技期刊的引证网络和被引网络来揭示该期刊的知识交流。引证网络和被引网络中, 期刊不再局限于纳米科技学科领域内, 因此引证网络和被引网络还反映纳米科技与其他学科领域之间的知识交流。本文以 *NAT NANOTECHNOL* (以下简称 *NAT NANO*) 和 *NANOMED-NANOTECHNOL* (以下简称 *NANOMED*) 这两种代表性期刊为例, 从期刊个体层面分析纳米科技类期刊的知识交流及其在学科间知识交流中的地位。

3.2.1 *NAT NANO* 的引证网络 被引网络 *NAT NANO* 是纳米科技类期刊中影响因子最高的综合性期刊。其引证网络和被引网络如图 2 所示:

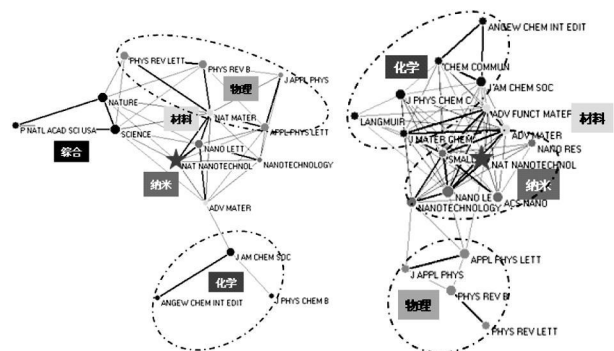


图 2 *NAT NANO* 的引证网络(左, 相似度阈值为 0.47)和被引网络(右, 相似度阈值为 0.49)

注: 每个节点代表一种期刊, 种子期刊用五角星标识。期刊标题为 JCR 缩写形式。引证网络 被引网络中节点的大小代表该期刊引用种子期刊 被种子期刊引用的次数的对数值。节点间连线表示期刊间的相似度, 线越粗越黑, 表示相似度越高。

从图 2 可以看出, *NAT NANO* 引用最多的是 *SCIENCE* 和 *NATURE*, 分别引用了 388 次和 322 次。从学科类别来看, *NAT NANO* 引用的物理类期刊比较多, 而引用纳米科技类的期刊相对较少。*NAT NANO* 与 *NANO LETT* 的相似度最高, 达到 0.94。

在被引网络中, *NAT NANO* 主要被纳米科技、化学和物理类期刊引用, 其中被同类期刊 *NANO LETT* 引用最多(444 次), 被物理类的期刊 *APPL PHYS LETT* (263 次) 和 *PHYS REV B* (261 次) 引用数量其次。从被引网络可以看出, 纳米科技类期刊居于网络中心, 起着连接物理和化学类期刊的桥梁作用。

### 3.2.2 *NANOMED* 的引证网络 被引网络 *NANOMED* 主

① 二八定律又叫巴莱多定律, 是 19 世纪末意大利经济学家巴莱多发现的。在任何事物中, 最重要的只占其中一小部分, 约 20%, 其余 80% 的尽管是多数, 却是次要的。

要关注纳米科技在生物与医学领域的应用。2009年该刊的影响因子为 5.4 在 59 种纳米科技类期刊中排第 11 位。其引证网络和被引网络如图 3 所示:

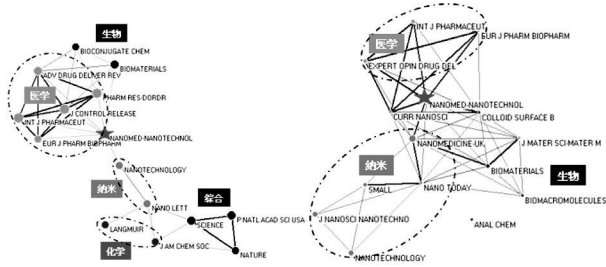


图 3 *NANOMED* 的引证网络(左, 相似度阈值为 0.35)和被引网络(右, 相似度阈值为 0.49)

注: 同图 2。

对照图 2 可以看出该期刊与 *NAT NANO* 的引证网络/被引网络的结构比较相似, 但期刊的学科类别差别较大。在引证网络中, *NANOMED* 主要受医学类期刊的影响, 其引用最多的四种期刊都属于医学类。*NANOMED* 在引证网络中处于纳米科技和医学生物学的中间, 说明该期刊所刊载的论文主要是综合利用医学、生物学和纳米科技的研究成果, 在纳米科技和医学、生物学之间起着知识汇集的作用。在 *NANOMED* 的被引网络中, 纳米科技类期刊较多, 但处于网络的边缘。引用 *NANOMED* 的期刊主要来自医学领域, 其中引用最多的是另外一种纳米医学类期刊 *NANOMED-CINE-UK*, 说明 *NANOMED* 促进了纳米科技在医学领域的应用。

#### 4 结论

纳米科技是一门前沿交叉性学科领域, 融汇了众多学科领域的知识。本文应用期刊引文网络分析的方法, 从学科整体和期刊个体两个层面分析了纳米科技的知识交流。结果表明, 纳米科技学科内部知识交流非常密集, *NANOTECHNOLOGY*, *NANO LETT* 和 *J PH YS CHEM C* 等期刊是知识交流的核心节点。通过分析 *NAT NANO* 和 *NANOMED* 这两种期刊的引证网络/被引网络, 发现 *NAT NANO* 和 *NANOMED* 主要引用非纳米科技类期刊, 同时也较多地被非纳米科技类期刊引

用。在学科间的知识交流中, 纳米科技起着知识纽带和桥梁作用。

引文分析是研究某一学科知识交流的有效方法, 大体上可以分为三个层次, 即论文引用、期刊引用和学科引用, 粒度依次递增, 本文是从期刊引用这个层次来分析的。从期刊层次分析有其局限性, 它仅仅能反映到学科层面的知识交流, 而不能更深入地反映研究主题间的关系。笔者下一步将从论文和学科这两个层次来做进一步的研究, 相关的工作已经开展, 期待能得出更多关于纳米科技学科领域知识交流的新发现。

参考文献:

- [ 1 ] 白春礼. 纳米科技及其发展前景. 科学通报, 2001, 46( 2): 89-92
- [ 2 ] 金碧辉, 孙海荣, 张望, 等. 中国科技期刊引文网络: 国际影响和国内影响分析. 中国科技期刊研究, 2005, 16(2): 141-146
- [ 3 ] Leydesdorff L. Visualization of the citation impact environments of scientific journals: An online mapping exercise. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2007, 58( 1): 25-38
- [ 4 ] 陶乃航, 赵星, 彭晓东, 等. 中心度指标在期刊引文网络分析中的运用及改进. 图书情报工作, 2009, 53(14): 143-146
- [ 5 ] 黄亚明, 王琳辉, 金碧辉. 期刊引文网络影响测度研究. 情报学报, 2008, 27(2): 265-270
- [ 6 ] Leydesdorff L. Can scientific journals be classified in terms of aggregated journal-journal citation relations using the Journal Citation Reports?. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2006, 57(5): 601-613.
- [ 7 ] 陈亦佳, 赵星. 基于期刊引文网络视角研究国际图书馆学情报学知识交流. 现代图书情报技术, 2009( 6): 55-60
- [ 8 ] Park H W, Leydesdorff L. Knowledge linkage structures in communication studies using citation analysis among communication journals. Scientometrics, 2009, 81( 1): 157-175.
- [ 9 ] Tijssen R, Leeuwen T. On generalising scientometric journal mapping beyond ISI's journal and citation databases. Scientometrics, 1995, 33( 1): 93-116.
- [ 10 ] Leydesdorff L, Raab's I. A global map of science based on the ISI subject categories. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2009, 60(2): 348-362
- [ 11 ] 周萍, Leydesdorff L, 武夷山. 中国科技期刊引文环境的可视化. 中国科技期刊研究, 2005, 16( 6): 773-780
- [ 12 ] 刘军. 社会网络分析导论. 北京: 社会科学文献出版社, 2004: 112-147.

[作者简介] 彭继东, 男, 1984年生, 硕士研究生, 发表论文 2 篇。

谭宗颖, 女, 1957年生, 研究员, 博士生导师, 发表论文 40 余篇。