

碳纳米管纤维领域文献的关键研究路径分析

冷伏海* 祝清松

中国科学院文献情报中心 北京 100190

*通讯作者 E-mail: lengfh@mail.las.ac.cn

[摘要] 碳纳米管纤维具有极好的力学、热学和电学特征，是近年来纳米材料研究领域内的热点方向，具有广泛的应用前景。该文运用基于引文内容的学科领域关键研究路径分析方法，以碳纳米管纤维领域发表的 SCI 研究论文为研究对象，通过演化阶段、演化路径以及演化内容的分析，揭示该领域的发展态势和演化情况。

[关键词] 碳纳米管纤维 关键研究路径 引文内容分析

DOI: 10.15978/j.cnki.1673-5668.201406001

1 引言

自 1991 年日本电镜专家 Iijima^[1]在真空电弧蒸发的石墨电极中观察到碳纳米管(carbon nanotubes, CNTs)以来，碳纳米管就因其独特结构(高强度、高韧性、超导、高比表面积等)和优异的性能(热稳定性和化学稳定性优良等)成为新材料研究的热点，引起世界范围内不同研究领域专家们的广泛兴趣。碳纳米管分为单壁碳纳米管(SWCNT)和多壁碳纳米管(MWCNT)。

实验和理论研究都表明碳纳米管因其很强的碳碳共价键和独特的分子结构而具有极好的机械和物理特性，然而要想充分发挥碳纳米管的上述优越性能，必须将其组装成宏观结构，如纤维、丝带、薄膜等^[2]。其中，碳纳米管纤维正在成为一个非常具有活力的研究方向，它比商业碳和聚合纤维具有更高的模量和强度以及优良的热学性能和导热性能。碳纳米管纤维的制备方法主要有溶液纺丝法、阵列抽丝法、化学气相沉积法(CVD)和薄膜旋转法等，同时制备碳纳米管纤维比生产传统高性能纤维的过程要简单。碳纳米管纤维具有极好的力学、热学和电学特征，是近年来纳米材料研究领域内的热点方向，具有广泛的应用前景^[3]。碳纳米管纤维可望在高性能复合物增强材料、机械和生物传感器、传输线路和微电极等技术领域和航空航天、防弹装备、体育器械等应用领域发挥巨大应用潜力。

纳米碳材料优越的力学特性、导电和导热性以及电子特性进行特殊组合，促进了轻型、多功能结构的发展，为未来航空航天系统的设计带来革命性的变化。美国国家航空航天局 NASA 空间技术路线图涵盖了 14 个技术领域的路线图，给出了总体技术投资战略建议并列出了 NASA 空间技术活动的优先顺序，其中路线图中的第 10 项技术领域为纳米技术，即纳米技术路线图(Nanotechnology Roadmap)^[4]。纳米技术路线图划分为工程材料和结构、能源的产生及储能、推进及电子学设备、传感器和器件 4 个主题，其中“轻质材料和结构”是第一个主题的重点，文中提到终极目标为开发连续单壁碳纳米管纤维(single wall carbon nanotube fibers)，虽然这个目标还没有实现，但是大量的研究已经集中到开发碳纳米管纤维(carbon nanotube fibers)上，并成功研发出干法和湿法纺丝技术来生产这些纤维。

2012 年 2 月，美国国家研究理事会(NRC)公布了《NASA 空间技术路线图与优先研发技术：恢复 NASA 的技术优势，为空间新纪元铺平道路》报告，报告是对上述 14 个路线图草案的反馈，帮助 NASA 排列出研究事项的优先顺序，报

告公布了 NRC 的最终评审意见,明确了 NASA 未来任务中最优先的 16 项技术,并将其分为技术目标 A、技术目标 B 和技术目标 C,其中包括了“轻型多功能材料与结构”,而且出现在每一个技术目标中,可以看出以碳纳米管纤维为代表的轻质材料的重要性^[5]。

碳纳米管是迄今发现的力学性能最好的材料之一^[6],被称为终极纤维^[7],也曾被海外媒体誉为 21 世纪材料界的奇迹^[8]。通过组装形成的碳纳米管纤维具有轻质、高强、多功能性等特点,成为新一代特种纤维材料,对 21 世纪高端科技发展有着重大的战略意义。

伴随着科技演变加剧和交叉融合加速,科技文献的数量迅速膨胀,快速有效地从科技领域互相引用的大量文献中识别出关键研究路径,有利于追溯科技领域的发展轨迹,有利于把握科技领域知识的流动规律,有利于揭示科技领域的发展态势和演化趋势。本文将碳纳米管纤维作为研究领域,对本文提出的基于文献的关键研究路径分析方法进行实验。

2 数据来源和分析方法

2.1 数据来源

本文以 *Web of Science* 数据库作为检索数据源,根据表 1 所示的检索策略进行检索,构建碳纳米管纤维领域的数据集。为了排除综述性文献,本文在检索时将文献的类型限定为期刊论文(Article)和会议论文(Proceedings Paper),最后共获得有效检索结果 991 条。

表 1 数据集检索策略

检索依据	检索结果
文献检索式	{TI=("carbon nanotube*" or "carbon-nanotube*" or "carbon nano-tube*" or CNT or SWNT or MWNT or DWNT or SWCNT or MWCNT or DWCNT) and (fiber* or fibre* or yarn*)}
数据库	SCI-EXPANDED, SSCI, CPCI-S, CCR-EXPANDED, IC
时间跨度	所有年份
检索时间	2013 年 3 月 11 日
精炼依据	文献类型=(ARTICLE OR PROCEEDINGS PAPER)
最终检索结果	991

2.2 分析方法

引文网络是由无数条的引用路径组成的,引用路径是科技文献之间通过引文关系形成的。科技文献对学科领域发展的作用和重要程度是不同的,那么引用路径对于学科领域发展的重要性也是不同的。本文将引用路径的重要程度赋予一定的权重,并将权重较大的引用路径称为关键研究路径。本文中学科领域关键研究路径分析就是从复杂的引文网络中识别出对科技领域发展起到重要作用的引用路径,用以表示领域发展的演变脉络或基本框架,揭示领域的发展态势。

面向科技文献的学科领域关键研究路径分析主要包括基于主题内容的方法(主题演化分析等)和基于引文关系的方法(引文编年法、引文网络主路径分析等)。基于主题内容的方法能够描绘不同阶段主题内容的发展态势,主要考虑主题内容的变化情况,然而没有考虑主题内容的载体即科技文献之间的关系,不同阶段主题内容之间的继承性和关联性不能得到很好的揭示;基于引文关系的方法能够通

过引文关系的时序变化直观地揭示出学科领域的发展态势,主要考虑科技文献之间的外在关系,却没有考虑引文的主题内容,引用文献之间在主题内容上的实质关系不能得到很好的揭示。

两种方法各有优势和不足,已有的研究较少将两种方法结合起来进行关键研究路径的分析。为了更好地揭示学科领域的发展态势和演化情况,关键研究路径的分析应当将两种方法有机地结合起来,相互补充,在科技文献引文关系的基础上,深入引文的语义内容对引文关系进行语义增强,挖掘科技文献之间在内容上的关联。**Kostoff**等^[9]认为引文计量学和文本挖掘相结合的引文挖掘是一个很有潜力的研究方法,是引文计量学或文本挖掘单独无法实现的。虽然基于主题内容的方法仅仅是文本挖掘的一个方面,但是这在一定程度上也说明两种方法相结合能够更好地揭示领域的发展情况。

引文内容是施引文献作者对被引文献的重新组织,相对于被引文献具有更好的客观性,而且包含额外的有价值信息,更重要的是引文内容能够揭示被引文献被引用的原因和内容。**Small**^[10]最早提出引文文本内容分析的思路,他认为引文内容蕴含丰富的语义信息,能够解决引文分析存在的一些问题。引文内容分析能够实现外部引文关系和内部主题内容的有机结合,是对数量型引文分析的重要补充。因此,本文在相关研究的基础上构建基于引文内容的学科领域关键研究路径分析方法。该方法不单纯依靠被引用次数来判断研究机构的水平,而通过引入引文内容来弥补被引用次数的不足,本文方法相对适用于以学术论文为主要产出形式的研究领域。

基于引文内容的学科领域关键研究路径分析方法包括加权引文网络构建、关键路径搜索和语义内容标注三个步骤,其中基于引文内容的加权引文网络构建是本文的主要创新,通过对加权网络中关键路径的搜索和标注来实现领域关键脉络的揭示。基于引文内容构建加权引文网络,并从中搜索权重较大的路径作为关键研究路径,按照时间序列的方式进行排列,利用引文内容分析的结果对关键研究路径中的节点和弧进行语义内容标注,最终得到语义增强的多主路径时序图。

目前关键研究路径分析通常更注重知识流动的连通性,忽视知识流动的内容。引文编年法、引文网络主路径分析等通常较多地考虑引文关系,重视知识流动的连通性,更多的还是外在特征,而忽视了知识流动的主题内容,即内在特征。本文针对这些方法在实现算法、结果展示和语义揭示等方面存在的问题,通过引入引文内容分析来进行改进,并结合主题演化分析的思想进行展示。

本文将该方法应用到碳纳米管纤维领域,揭示该领域的发展态势和演化情况,分析过程中用到了**HistCite**、**Pajek**、**TerMine**^[11]、**ABBYY FineReader**^[12]等平台或工具。引文内容的抽取是本文的关键,PDF格式的全文识别效果相对较差,需要人工校验和调整,XML、HTML等格式的全文识别效果相对较好。

3 碳纳米管纤维领域研究动态分析

3.1 年度发表论文变化趋势

碳纳米管纤维领域年度发表论文变化趋势如图1所示,该领域的科技论文分布在1995年到2013年,并且逐年增加,呈现出良好的发展态势。1995年到2002年发文相对较少,各年均均在10篇以下;从2003年开始呈现出相对较快的发文速度。

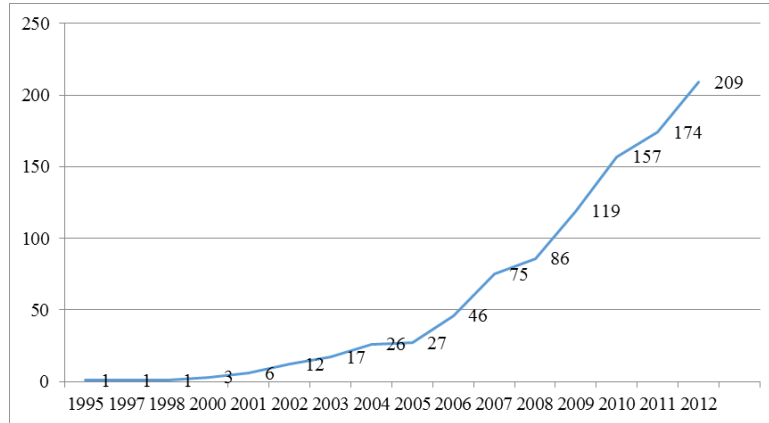


图 1 碳纳米管纤维领域年度发表论文变化趋势

3.2 主要发文机构、作者和期刊

发文量排名前 3 的机构分别是日本东京大学(Univ Tokyo)、中国科学院(Chinese Acad Sci)和英国剑桥大学(Univ Cambridge)。发文量排名前 3 的作者分别是日本东京大学的 Yamashita S、法国波尔多第一大学的 Poulin P、美国得克萨斯州立大学达拉斯分校的 Baughman RH。发文量排名前 3 的期刊分别是 *Carbon*、*Composites Science and Technology*、*Optics Express*。另外，发文量排名前 3 的国家分别是中国(27.9%)、美国(24.4%)和日本(10.6%)。

表 2 碳纳米管纤维领域发文量排名前 10 的机构、作者和期刊

序号	机构(发文量)	作者(发文量)	期刊(发文量)
1	Univ Tokyo(44)	Yamashita S(40)	<i>Carbon</i> (80)
2	Chinese Acad Sci(41)	Poulin P(29)	<i>Composites Science and Technology</i> (39)
3	Univ Cambridge(33)	Baughman RH(28)	<i>Optics Express</i> (28)
4	Univ Delaware(26)	Kumar S(23)	<i>Applied Physics Letters</i> (27)
5	Tsinghua Univ(25)	Li QW(20)	<i>Advanced Materials</i> (25)
6	Georgia Inst Technol(24)	Chou TW(18)	<i>Composites Part A-Applied Science and Manufacturing</i> (22)
7	Rice Univ(19)	Windle AH(18)	<i>Journal of Applied Polymer Science</i> (21)
8	Donghua Univ(18)	Fan SS(17)	<i>Nanotechnology</i> (16)
9	Nanyang Technol Univ(18)	Jiang KL(17)	<i>Journal of Materials Chemistry</i> (15)
10	Univ Texas Dallas(18)	Set SY(17)	<i>Journal of Materials Science</i> (15)

3.3 影响力较高机构、作者和期刊

本文用被引用次数来表示影响力，且被引用次数的统计日期同发文量的检索日期一致。被引用次数排名前 3 的机构分别为美国得克萨斯大学(Univ Texas)、英国剑桥大学(Univ Cambridge)和美国洛斯阿拉莫斯国家实验室(Los Alamos Natl Lab)。美国得克萨斯大学和美国洛斯阿拉莫斯国家实验室的发文量不大，但是被引用次数很高。中国科学院的发文量排在第 2 位，而被引用次数排在第 8 位。被引用次数排名前 3 的作者分别是美国得克萨斯州立大学达拉斯分校的 Baughman

RH、法国波尔多第一大学 Poulin P 和美国洛斯阿拉莫斯国家实验室的 Li QW。被引用次数前 3 的期刊分别是 *Science*、*Advanced Materials*、*Carbon*，虽然 *Science* 和 *Nature* 的发文量没有排在前 10，但是被引用次数却很高。另外，被引用次数排名前 3 的国家分别是美国(1408)、中国(651)和英国(426)，中国跟美国的发文量相差不多，但是被引用次数却有很大差距。

表 3 碳纳米管纤维领域被引用次数排名前 10 的机构、作者和期刊

序号	机构(被引用次数)	作者(被引用次数)	期刊(被引用次数)
1	Univ Texas(339)	Baughman RH(356)	<i>Science</i> (532)
2	Univ Cambridge(289)	Poulin P(284)	<i>Advanced Materials</i> (372)
3	Los Alamos Natl Lab(202)	Li QW(237)	<i>Carbon</i> (247)
4	Univ Tokyo(193)	Zhu YT(212)	<i>Nature</i> (190)
5	Univ Bordeaux 1(189)	Windle AH(196)	<i>Optics Express</i> (162)
6	Univ Delaware(187)	Zheng LX(192)	<i>Composites Science and Technology</i> (154)
7	Univ Montpellier 2(182)	Set SY(190)	<i>Optics Letters</i> (149)
8	Chinese Acad Sci(176)	Yamashita S(190)	<i>Nano Letters</i> (133)
9	Tsing Hua Univ(176)	Fan SS(189)	<i>Journal of Applied Physics</i> (125)
10	Alnair Labs Corp(169)	Jiang KL(189)	<i>Small</i> (96)

4 碳纳米管纤维领域关键研究路径分析

4.1 关键研究路径及文献

利用本文提出的关键研究路径分析方法，对碳纳米管纤维领域数据依次进行加权引文网络构建、关键研究路径搜索、语义内容标注。本文中加权引文网络构建以引文关联强度作为权重系数，引文关联强度是在引文关系的基础上引入引文内容，以核心引文主题词的方法进行计算，因为更加注重引文网络中节点之间在主题内容上的关联；关键研究路径搜索是从构建的加权网络中搜索所有遍历路径中权重排在前两位的路径以及分别从起点和终点出发局部权重最大的两条路径；语义内容标注是利用引文核心主题词以及引文内容来对关键研究路径中的节点和弧分别进行标注。基于引文内容来标注关键研究路径中的弧，本文采用一人标注一人校验的方法来确定标注内容；通过实验及人工分析发现，权重排名前 3 的引文核心主题词能够较好地揭示研究内容，所以本文利用排名前 3 的主题词来标注节点。由于篇幅有限，本文只给出了节点 5 和节点 6 的节点标注信息。引文核心主题词是通过对引文内容进行主题识别所得到的，碳纳米管纤维领域关键研究路径分析结果如图 2 所示。

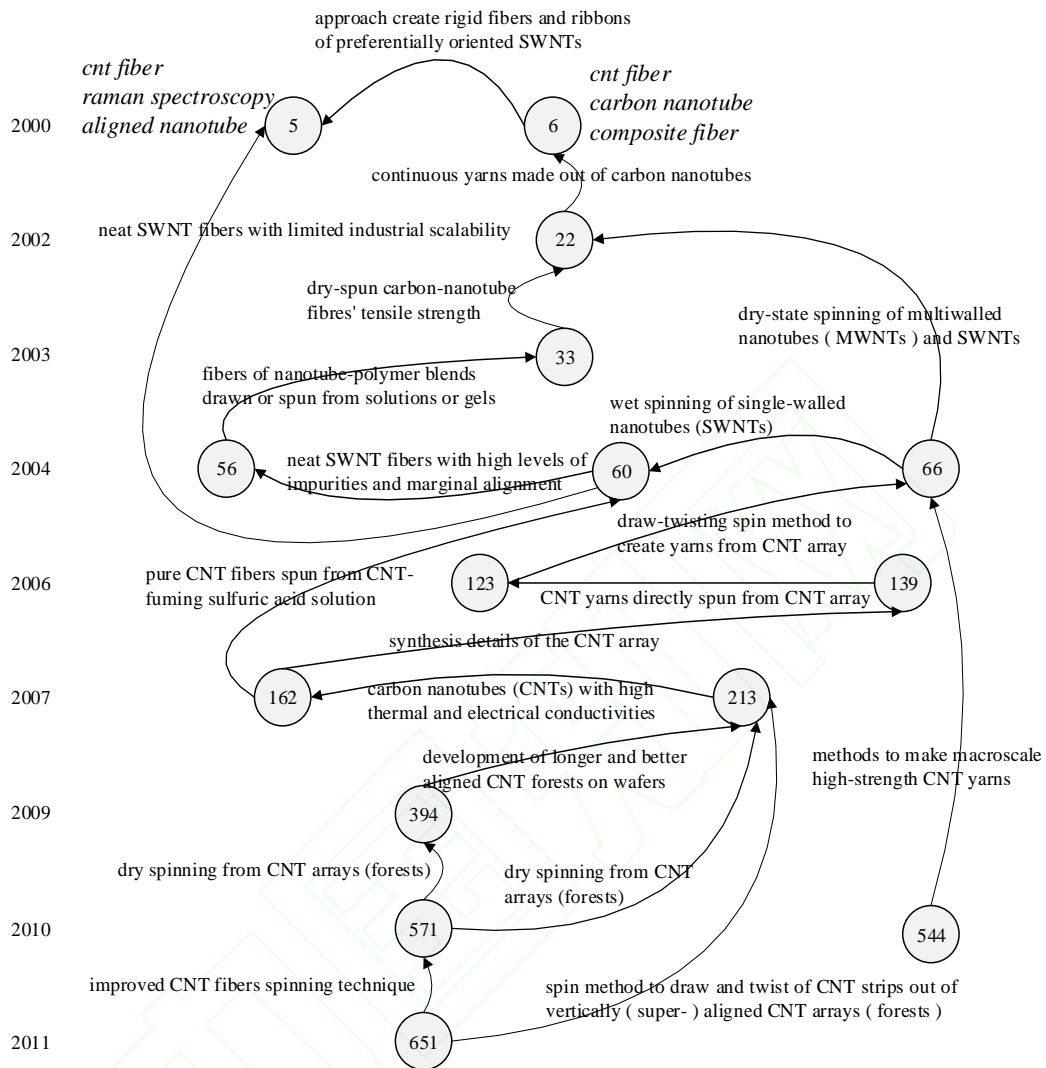


图 2 碳纳米管纤维领域关键研究路径(1)

为了更加直观地把握碳纳米管纤维领域的关键研究路径, 本文将相比引文核心主题词更能直接表达文献研究内容的标题作为文献节点的标注内容, 标注结果如图 3 所示。

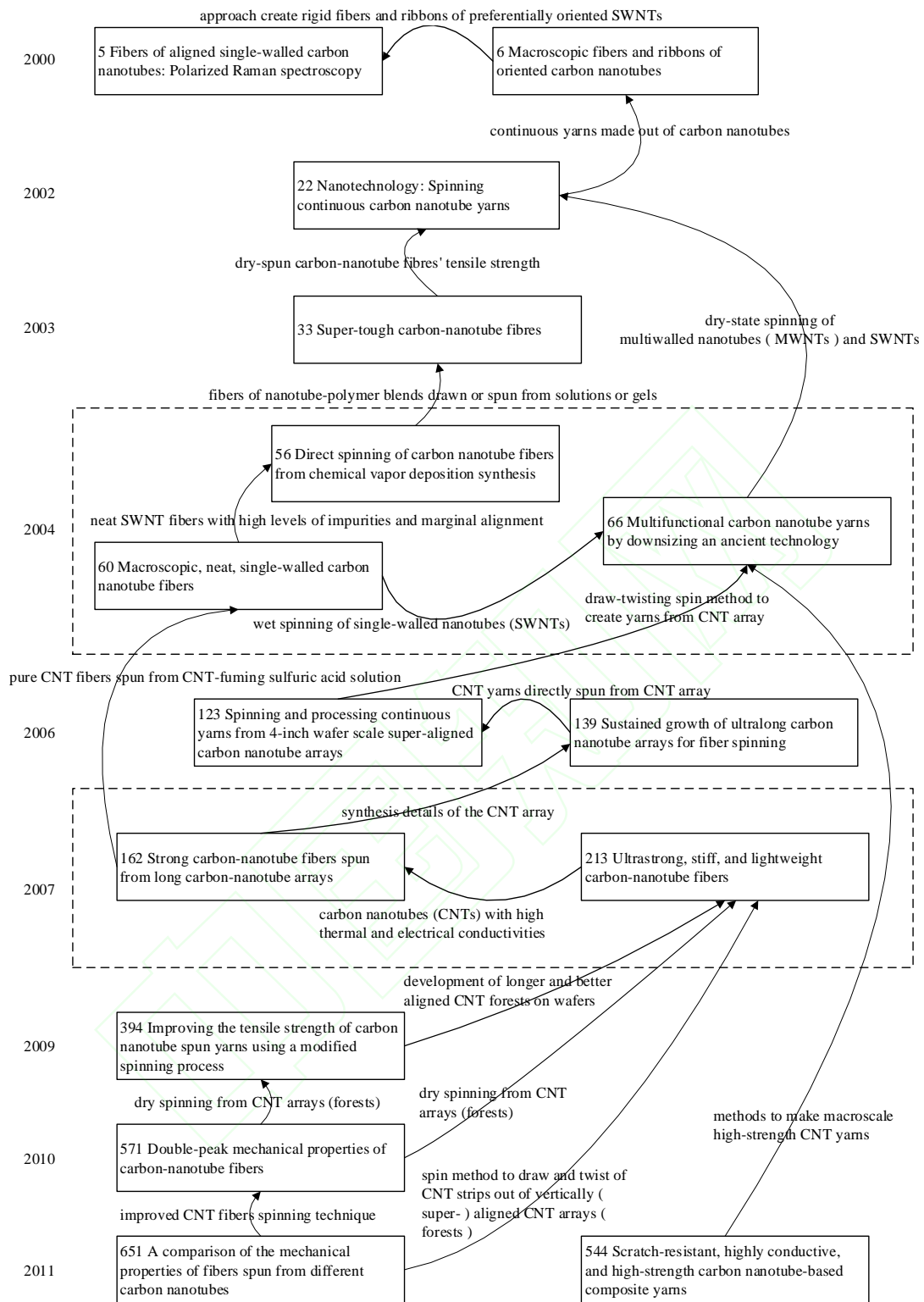


图3 碳纳米管纤维领域关键研究路径(2)

碳纳米管纤维领域关键研究路径中共包括了 15 个节点，节点中的数字表示文献编号，15 个节点的相关信息如表 4 所示。

表 4 碳纳米管纤维领域关键研究路径文献信息

编号	标题	第一作者	来源刊	被引次数	发表年
5	Fibers of aligned single-walled carbon nanotubes: Polarized Raman spectroscopy	Gommans, HH	<i>Journal Of Applied Physics</i>	37	2000
6	Macroscopic fibers and ribbons of oriented carbon nanotubes	Vigolo, B	<i>Science</i>	146	2000
22	Nanotechnology: Spinning continuous carbon nanotube yarns	Jiang, KL	<i>Nature</i>	94	2002
33	Super-tough carbon-nanotube fibres	Dalton, AB	<i>Nature</i>	96	2003
56	Direct spinning of carbon nanotube fibers from chemical vapor deposition synthesis	Li, YL	<i>Science</i>	98	2004
60	Macroscopic, neat, single-walled carbon nanotube fibers	Ericson, LM	<i>Science</i>	77	2004
66	Multifunctional carbon nanotube yarns by downsizing an ancient technology	Zhang, M	<i>Science</i>	143	2004
123	Spinning and processing continuous yarns from 4-inch wafer scale super-aligned carbon nanotube arrays	Zhang, XB	<i>Advanced Materials</i>	55	2006
139	Sustained growth of ultralong carbon nanotube arrays for fiber spinning	Li, QW	<i>Advanced Materials</i>	41	2006
162	Strong carbon-nanotube fibers spun from long carbon-nanotube arrays	Zhang, XF	<i>Small</i>	48	2007
213	Ultrastrong, stiff, and lightweight carbon-nanotube fibers	Zhang, XF	<i>Advanced Materials</i>	41	2007
394	Improving the tensile strength of carbon nanotube spun yarns using a modified spinning process	Tran, CD	<i>Carbon</i>	23	2009
544	Scratch-resistant, highly conductive, and high-strength carbon nanotube-based composite yarns	Liu K	<i>Acs Nano</i>	12	2010
571	Double-peak mechanical properties of carbon-nanotube fibers	Zhao, JN	<i>Small</i>	14	2010
651	A comparison of the mechanical properties of fibers spun from different carbon nanotubes	Jia, JJ	<i>Carbon</i>	12	2011

4.2 结果分析与讨论

从宏观和微观两个层面对碳纳米管纤维领域的关键研究路径进行分析: 宏观层面包括演化阶段和演化路径, 前者用于揭示学科领域知识演化的时间阶段, 后者用于揭示学科领域知识流动的演变情况; 微观层面包括演化内容, 用于揭示学

科领域知识演化的主题变化。

(1)演化阶段

演化阶段的划分一般采用相同时长的划分方法，比如可以将每年作为一个发展阶段，也可以将3年或5年作为一个发展阶段。另外，还有不同时段的时间阶段划分方法，这种方法中发展阶段的时间是不同的，通常需要根据主题的变化情况来确定，比如王莉亚^[13]提出了一种基于关键词突变点的主题演化阶段的方法，根据关键词突变频次变化用非定长分段方法划分时间段，能够更有效地确定阶段划分界限。

本文中根据关键研究路径文献所发表的时间作为演化阶段，属于非定长的划分方法。演化阶段可以从碳纳米管纤维关键研究路径中左侧的时间维度得到，包括2000年(2)、2002年(1)、2003年(1)、2004年(3)、2006年(2)、2007年(2)、2009年(1)、2010年(2)和2011年(1)，括号中的数字为当年节点的个数。另外，结合年度发表论文变化趋势，碳纳米管纤维领域演化阶段目前大体可以划分为两个阶段：第一阶段为1995年—1999年，该阶段发文量较少，而且没有关键研究路径中的文献，属于萌芽探索阶段；第二阶段为2000年至今，该阶段发文量逐年增加，发展态势良好，属于快速发展阶段。

(2)演化路径

演化路径能够揭示学科领域知识的流动情况，为了更好地观察碳纳米管纤维领域关键研究路径的知识流动情况，本文根据已经得到的关键研究路径绘制了知识流动图，如图4所示。

根据演化路径可知，碳纳米管纤维领域的知识流动基本呈现“总-分-总-分”的演化规律。领域知识的主要来源是2000年的节点5，分为两条知识流传递，2002年节点22又有一次分流，经过传递，2004年的节点60和节点66成为主要知识载体，又经过一系列传递，2007年的节点162和213成为知识流动的汇点，之后又延伸出多个紧密相连的分支。

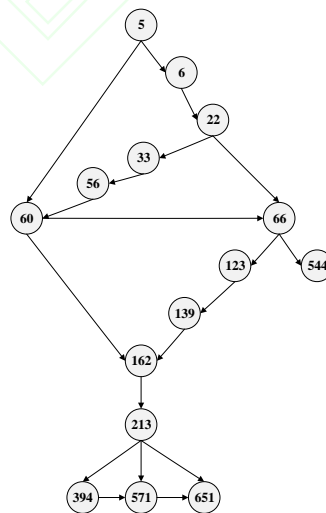


图4 碳纳米管纤维领域关键研究路径知识流动

(3)演化内容

通过演化阶段和演化路径可以大致掌握学科领域知识的演变情况，具体的演化内容需要通过节点所承载的知识以及节点之间相互引用所产生的知识来揭示。

演化内容主要由关键研究路径中节点和弧所标注的语义内容来反映,这些节点和弧所承载的知识代表了该学科领域的知识以及学科领域知识的变化情况。一方面是关键研究路径中节点的知识,表征了学科领域知识的创新性;另一方面是节点之间通过引用发生关联,并通过引文内容所承载的知识表征了学科领域研究内容之间的继承性。

通过碳纳米管纤维领域关键路径中节点的标注信息可知,碳纳米管纤维领域早些年比较注重碳纳米管纤维(尤其是单壁碳纳米管纤维)的制备,近几年(2007年至今)更加注重各种性能(如拉伸轻度等机械性能,长度、质量等物理性能)的提高;通过碳纳米管纤维领域关键路径中弧的标注信息可知,碳纳米管纤维领域研究比较关注碳纳米管纤维的各种制备方法,通过引用一方面了解目前制备方法的研究进展,另一方面与其改善方法的效果进行比较。

5 结论

在当前科技演变加剧和交叉融合加速的大环境下,学科领域文献的数量迅速膨胀,学术引文网络的规模也越来越大,这对支撑宏观科技决策和学科领域创新的战略情报服务和研究提出了新的要求。战略情报需要更加深度的研究和分析,学科领域发展态势和重大趋势等需要更加准确的揭示。高效地从复杂的引文网络中识别学科领域的关键研究路径,有利于追溯学科领域的发展轨迹,有利于梳理学科领域的发展态势,有利于揭示学科领域的主题演化规律和演变趋势,从而为科技创新战略决策提供有效支撑。

关键研究路径分析是从复杂的学术引文网络中识别出对学科领域发展起到重要作用的引用路径,用以表示学科领域发展的演变脉络或基本框架,揭示学科领域的发展态势。本文提出的关键研究路径分析方法,不仅可以从宏观层面根据时间维度来把握学科领域知识的演变情况和学科领域知识流动的方向,而且可以从微观层面根据关键研究路径上文献的主题变化来把握学科领域研究内容的变化,对于快速掌握一个领域的关键创新具有一定的参考价值。

参考文献

- [1] Iijima S. Helical microtubules of graphitic carbon. *Nature*, 1991, 354(6348):56-58.
- [2] 孟凡成,周振平,李清文. 碳纳米管纤维研究进展. *材料导报:综述篇*, 2010, 24(9):38-43.
- [3] Lu W, Zu M, Byun Joon-Hyung, et al. State of the Art of Carbon Nanotube Fibers: Opportunities and Challenges. *Advanced Materials*, 2012(24):1805-1833.
- [4] Meador MA, Files B, Li J, et al. Draft Nanotechnology Roadmap Technology Area 10. [2011-11-6]. http://www.nasa.gov/pdf/501325main_TA10-Nanotech-DRAFT-Nov2010-A.pdf.
- [5] 中国航天科技信息网. 美国国家研究理事会公布《NASA 空间技术路线图与优先事项》. [2013-8-19]. http://www.cssar.ac.cn/kxcb/kpwz/qysm/201202/t20120206_3434829.html.
- [6] 清华新闻网. 清华魏飞教授团队制备出世界最长碳纳米管. [2013-12-9]. http://news.tsinghua.edu.cn/publish/news/4205/2013/20130716141023548659357/20130716141023548659357_.html.
- [7] 中国科学院. 苏州纳米所碳纳米管纤维研究取得新进展. [2013-12-9]. http://www.cas.cn/ky/kyjz/201012/t20101216_3045418.shtml.
- [8] 百度百科. 超级纤维. [2013-12-9]. <http://baike.baidu.com/view/10627591.htm>.
- [9] Kostoff RN, del Rio JA, Humenik J A, et al. Citation mining: Integrating text mining and bibliometrics for research user profiling. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2001, 52(13):1148-1156.
- [10] Small H. Citation context analysis. B. Dervin and M. Voigt (Eds.), *Progress in communication sciences* 3, 1982:287-310.

- [11] NaCTeM. Termine Web Demonstration. [2013-05-21].
<http://www.nactem.ac.uk/software/termine/#form>.
- [12] ABBYY. ABBYY FineReader 11. [2013-8-11]. <http://www.abbyy.cn/finereader/>.
- [13] 王莉亚. 基于离群数据的主题演化研究. 北京: 中国科学院文献情报中心, 2012.

Key Research Path Analysis on Documents of Carbon Nanotube Fiber

Leng Fuhai, Zhu Qingsong

Library of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190

[Abstract] Carbon nanotube fibers have excellent mechanical, thermal and electrical characteristics, which has been a hot research direction in the field of nano-materials with a wide range of applications in recent years. The paper analyzes SCI research articles of carbon nanotube fibers using key research path analysis method of disciplines and fields based on citation content, which reveals the development trend and evolution situation of the field by analysis of evolution stage, evolutionary path and evolution content.

[Keywords] Carbon Nanotube Fiber, Key Research Path, Citation Content Analysis