

# 自清洁材料文献分析 (案例展示)

浙江大学图书馆

完成时间 2012-10-26

# 目 录

1. 前 言.....	1
2. 课题分析.....	1
3. 文献检索.....	1
4. 文献分析工具.....	1
5. 文献分析.....	2
5.1 定量分析.....	2
5.1.1 发表年份分布.....	2
5.1.2 主要发表国家和机构.....	2
5.1.3 主要发表刊物.....	3
5.1.4 主要发表作者.....	3
5.2 定性分析.....	4
5.2.1 局部区域 A.....	5
5.2.2 局部区域 B.....	6
5.2.3 局部区域 C.....	7
5.2.4 研究脉络分析.....	8
6. 总 结.....	8

## 1. 前言

本报告以自清洁材料为例，展开文献检索，再通过文献计量分析、引文分析得到相关研究领域的研究脉络及最新发展情况等。

## 2. 课题分析

自清洁顾名思义就是不需要外力清洁能在自然条件下保持自身的清洁。自清洁材料泛指那些表面具有自清洁功能的材料，主要有自清洁玻璃、自清洁涂料、自清洁陶瓷等。自清洁材料的使用既可以节约清洁成本也可以减少污水排放，是利国利民利社会的一项技术进步。本报告将借助文献分析工具，对自清洁材料的研究发展过程进行梳理，绘制出这个领域的发展脉络，找到这个领域的关键研究者、研究机构、阶段性研究成果和近几年的发展趋势。

## 3. 文献检索

本报告分析的文献来源于 Web of Science。Web of Science 数据库收录了 10,000 多种世界权威的、高影响力的学术期刊，内容涵盖自然科学、工程技术、生物医学、社会科学、艺术与人文等领域，最早回溯至 1900 年。Web of Science 收录了论文中所引用的参考文献，并按照被引作者、出处和出版年代编成独特的引文索引。Web of Science 数据库只支持英文检索。由于自清洁材料的种类较多，即使检索词中包含 self-cleaning materials、self-cleaning surface、self-cleaning glass、self-cleaning coating、self-cleaning films、self-cleaning ceramics 等还是无法将所有的自清洁材料包含其中，基于查全的原则本报告在采集相关文献时只选择 self-cleaning 作为检索词。自清洁有的又称作易清洁 easy-cleaning，所以同时也选择 easy-cleaning 作为检索词。在 Web of Science 初步检索发现，self-cleaning 有的也写成 self-clean，而 easy-cleaning 有时写成 easy clean，因此最后确定检索式为：(self-clean\* OR easy-clean\*)。检索范围为“主题”。发表时间为“所有年份”。检索时间 2012-09-28。检索到相关记录 1913 条。

## 4. 文献分析工具

HistCite 是 2003 年由 Garfield 博士开发的引文历史可视化分析工具，它通过把文献间的引用关系按年代顺序生成引文编年图表的方式，来实现知识领域的分析功能。系统的数据库要求来自 Web of Knowledge，主要以时序网络以及图表的形式显示作者、期刊、主题词等之间的内部关联，并完成各类结果的统计功能。该软件目前由 Thomson Reuters 公司出品，2011 年开始可免费下载使用。

Histcite 能够帮助我们快速锁定一个领域的重要文献、重要作者和重要研究机构，还可以帮助我们快速绘制出一个领域的发展脉络，以及找到这个领域的最新进展情况。

## 5. 文献分析

### 5.1 定量分析

#### 5.1.1 发表年份分布

检索到的相关论文的发表时间跨度为 1912~2012，从 1912 到 1990 年，该领域的研究还比较少，每年发表的相关论文不足 10 篇。1991 年到 2004 年，该领域的研究开始增长。从 2005 年开始增长迅速，到 2011 年发文量达到 279 篇。这说明有自清洁功能的材料从开始出现到得到长足的发展经历了漫长的过程。

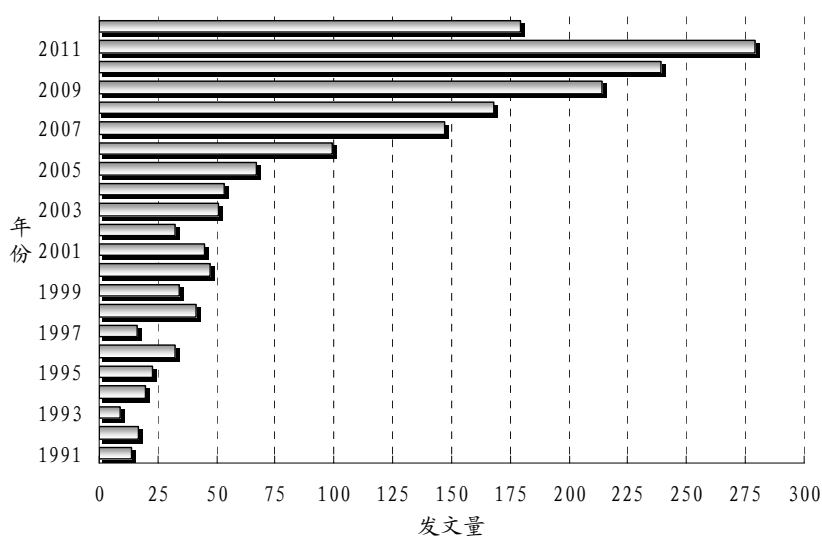


图 1 相关文献发文量年份分布

#### 5.1.2 主要发表国家和机构

1913 条相关文献的署名国家共有 66 个，机构共有 1382 个。表 1 和 2 给出了发文数排名前十的国家和机构及相应发文数。可以看出在该领域发文数比较靠前的国家主要是美国、中国，其次是德国和英国；发文数比较靠前的机构是中科院（中国），其次是俄亥俄州立大学（美国）、波恩大学（德国）、东京大学（日本）等。

表 1 发文量位于前十位的国家及相应发文数

序号	国家	发文数
1	USA	371
2	Peoples R China	291
3	Germany	140
4	UK	127
5	Japan	95
6	France	66
7	South Korea	65
8	Italy	62
9	Australia	50
10	Taiwan	49

**表 2 发文量位于前十位的机构及相应发文数**

序号	机构	发文数
1	Chinese Acad Sci	56
2	Ohio State Univ	26
3	Univ Bonn	25
4	Univ Tokyo	22
5	Georgia Inst Technol	21
6	UCL	21
7	MIT	17
8	Nanyang Technol Univ	17
9	Hong Kong Polytech Univ	16
10	Natl Taiwan Univ	15

### 5.1.3 主要发表刊物

1913 条相关文献发表在 894 中刊物上, 相对比较分散。表 3 列出了发文量处于前十位的期刊及相应发文数。可以看到, 关于自清洁材料的论文主要发表在《LANGMUIR》、《APPLIED SURFACE SCIENCE》、《SURFACE & COATINGS TECHNOLOGY》、《JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY》、《JOURNAL OF COLLOID AND INTERFACE SCIENCE》等期刊上。

**表 3 发文量位于前十位的期刊及相应发文数**

序号	期刊	发文数
1	LANGMUIR	58
2	APPLIED SURFACE SCIENCE	42
3	SURFACE & COATINGS TECHNOLOGY	30
4	JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY	28
5	JOURNAL OF COLLOID AND INTERFACE SCIENCE	26
6	JOURNAL OF PHOTOCHEMISTRY AND PHOTOBIOLOGY A-CHEMISTRY	24
7	THIN SOLID FILMS	24
8	ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES	23
9	JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C	22
10	APPLIED PHYSICS LETTERS	21

### 5.1.4 主要发表作者

1913 条相关文献共 5211 名作者, 分散度较高。发文量第一的作者也仅 22 篇。表 4 列出了发文量位于前 10 位的作者情况和对应的发文量。可以看到, 发文量在 15 篇以上的作者主要是 Fujishima A (University of Tokyo)、Bhushan B (Ohio State Univ)、Barthlott W (Univ Bonn)、Barthlott W (Univ Bonn)、Daoud WA (Monash Univ) 等。

**表 4 发文量位于前十位的作者及相应发文数**

序号	作者 (机构)	发文数
----	---------	-----

1	Fujishima A (University of Tokyo, Japan)	22
2	Bhushan B (Ohio State Univ, USA)	21
3	Barthlott W (Univ Bonn, Germany)	20
4	Parkin IP (UCL, USA)	16
5	Daoud WA (Monash Univ, Australia)	15
6	Koch K (Univ Bonn, Germany)	15
7	Wong CP (Georgia Inst Technol, USA)	15
8	Jiang L (Chinese Acad Sci, China)	14
9	Konradova V (Charles Univ, Czech)	14
10	Mills A (Univ Strathclyde, UK)	14

## 5.2 定性分析

将命中的 1913 篇相关文献导入引文可视化分析软件 HistCite，剔除其中的综述文献 76 篇。然后选择 LCS（本地引用数，即相关文献集中文献之间的相互引用次数）值排名前 50 的文献作引文时序图（如图 2（I））。图中节点文献 50 篇，节点间的连线 146 条，节点的大小代表了文献本地引用数 LCS 的多少。图左侧的年份是文献发表的年份，节点的数字是该文献在相关文献集中按照日期排序的序号。由图 2（I）可以看出这些文献形成的引文网络虽然复杂，但是文献之间根据引用关系大致形成了 3 个局部区域。3 个局部区域，可以认为其代表了相关领域的三个主要研究方向。

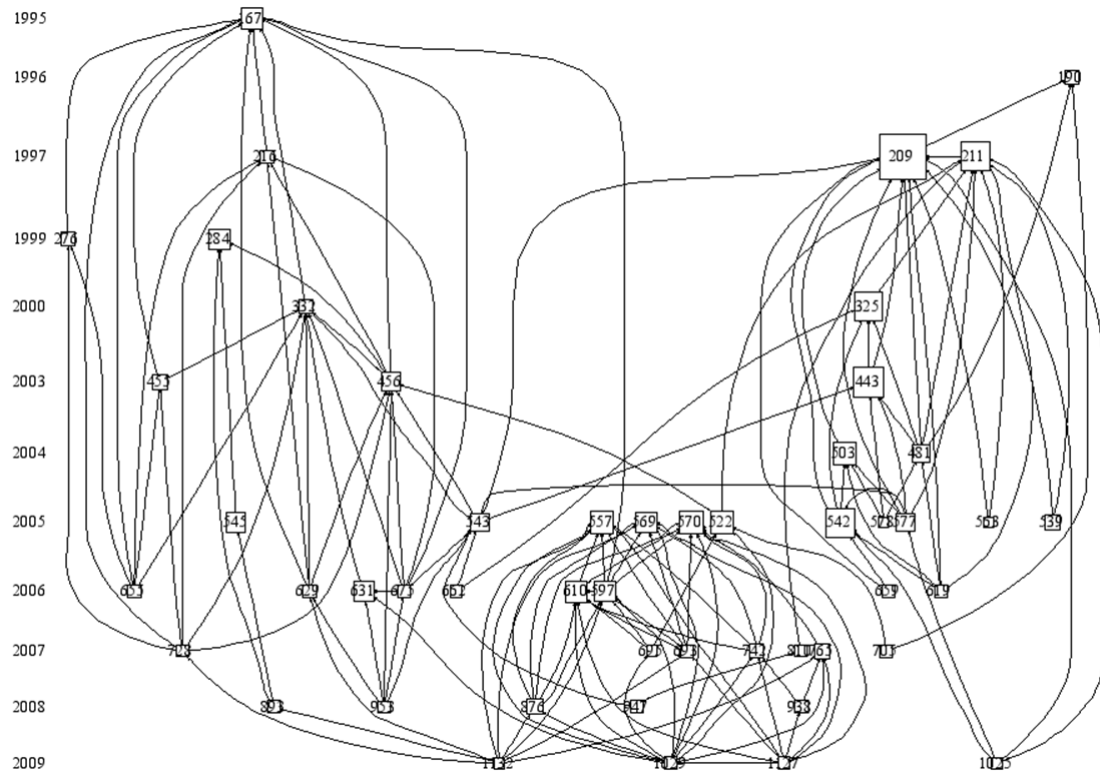


图 2(I) 相关文献集的引文时序图

通过解读 3 个区域的相关文献，可以将引文时序图的 3 个团聚区域包含的相关文献划分开来，如图 2 (II)。将图 2 (II) 中左边蓝色线条连接的节点文献集定义为 A (节点 17 个)，右边红色线条连接的节点文献集定义为 B (节点 18 个)，中间的节点文献集定义为 C (节点 15 个)。其中，区域 C 中有两个文献节点如果根据相关文献的内容应该属于区域 B，但是由于 2008 的节点文献 947 同时还引用了区域 A 的节点文献 543，导致节点 947 和节点 810 在图中的位置恰好落在 A、B 之间的 C 区域。下面具体分析每个区域的文献情况。

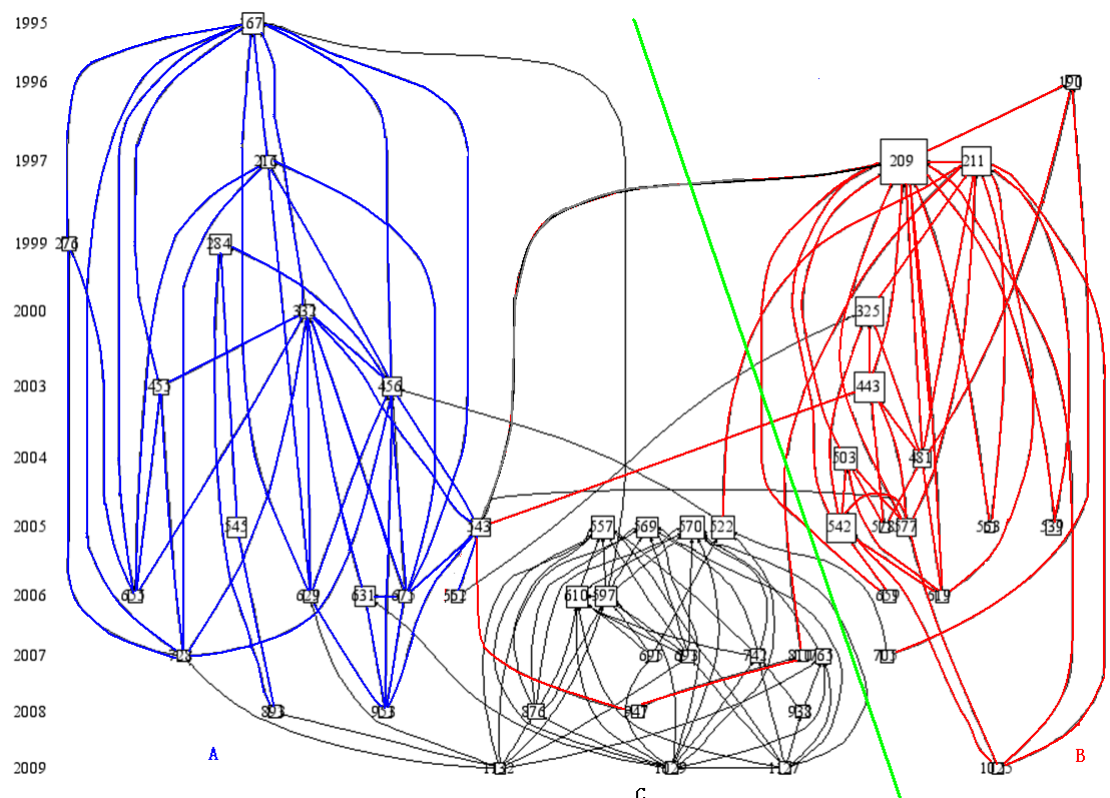


图 2(II) 相关文献集的引文时序图

### 5.2.1 局部区域 A

位于图 2(II)左边的局部网络区域 A 包含节点文献 17 个。与其他两个区域相比，随着年代的推移呈发散状态，说明这个研究方向还有成长空间。从图中的引用关系来看，该区域较早的重要文献有 167、216、284、332、456 等。

- (1) 文献 **167** (PAZ Y, 1995, J MATER RES, V10, P2842) 和 **216** (Paz Y, 1997, J MATER RES, V12, P2759) 是德克萨斯大学奥斯汀分校化工系的 Paz Y 和 Heller A 等发表的成果，主要研究了涂覆透明二氧化钛膜的玻璃的光氧化自洁特性。
- (2) 文献 **284** (Watanabe T, 1999, THIN SOLID FILMS, V351, P260) 和 **332** (Minabe T, 2000, J PHOTOCH PHOTOBIO A, V137, P53) 是 Fujishima A 等在日本东京大学应用化学系时发表的成果，主要研究了涂覆在玻璃上的自洁二氧化钛涂层的光诱导亲水和光催化降解污染物的机理。
- (3) 文献 **455** (Mills A, 2003, J PHOTOCH PHOTOBIO A, V160, P185) 和 **456** (Mills A, 2003, J PHOTOCH PHOTOBIO A, V160, P213) 是英国斯特拉斯克莱德大学纯粹与应用化学系的 Mills A 等发表的成果，主要研究了二氧化钛膜的光催化性能。

而文献 543、655、629、675、728 和 953 是该研究方向相对新的研究成果，反映了最近几年该方向的研究动态。

- (1) 文献 **655** (Mills A, 2006, J PHOTOCHEM PHOTOBIO A, V182, P181) 是英国斯特拉斯克莱德大学纯粹与应用化学系的 Mills A 等发表的成果，主要研究了二氧化钛膜的光催化降解性能。
- (2) 文献 **629** (Mellott NP, 2006, THIN SOLID FILMS, V502, P112) 是意大利帕多瓦大学的 Mellott NP 等发表的成果，主要研究的是二氧化钛薄膜自洁玻璃的光催化性能和化学稳定性。
- (3) 文献 **543** (Zhang XT, 2005, CHEM MATER, V17, P696)、文献 **675** (Zhang XT, 2006, J PHYS CHEM B, V110, P25142) 和文献 **953** (Liu ZY, 2008, SOL ENERG MAT SOL C, V92, P1434) 是神奈川科学技术科学院 Zhang XT 和 Fujishima A 等发表的成果，主要研究的是二氧化硅-二氧化钛双层纳米薄膜的自清洁和防反射性能。
- (4) 文献 **728** (Allain E, 2007, ADV FUNCT MATER, V17, P549) 是法国巴黎综合理工学院的 Allain E 等发表的成果，内容主要关于透明介孔二氧化钛复合纳米膜的自洁特性（光学以及光降解性能）。

根据区域 A 中主要相关文献的研究内容分析可知，局部网络区域 A 代表的研究方向主要集中在二氧化钛膜的光催化降解和光致亲水性研究，内容还涉及二氧化钛膜应用方面的其他性能。其中日本的 Fujishima A 小组一直是该研究方向的一支比较活跃的研究团队。

### 5.2.2 局部区域 B

位于图 2(II)右边的局部网络区域 A 包含节点文献 18 个。该方向的研究也比较活跃但与二氧化钛膜自洁材料相比稍晚。从图中的引用关系来看，该区域较早的重要文献有 190、209、211、325、503、481 等。

- (1) 文献 **190** (Wagner T, 1996, ACTA ZOOL-STOCKHOLM, V77, P213)、**209** (Barthlott W, 1997, PLANTA, V202, P1) 和 **211** (Neinhuis C, 1997, ANN BOT-LONDON, V79, P667) 都是德国波恩大学的植物学家 Neinhuis C 和 Barthlott W 等发表的成果，分别研究了自洁植物表面和昆虫翅膀的疏水特性及相应机理。
- (2) 文献 **325** (Nakajima A, 2000, LANGMUIR, V16, P7044) 是当时还在东京大学应用化学系的 Fujishima A 等发表的成果，主要研究的是透明超疏水性薄膜的自清洁特性。
- (3) 文献 **503** (Patankar NA, 2004, LANGMUIR, V20, P8209) 是美国西北大学的机械工程系的 Patankar NA 发表的成果，主要研究了仿荷叶效应的双（或多个）粗糙的结构。
- (4) 文献 **481** (Otten A, 2004, LANGMUIR, V20, P2405) 是德国乌尔姆大学应用物理系的 Otten A 发表的成果，主要研究了植物叶面疏水的物理机制。

而文献 542、577、619、705 和 1025 是该研究方向相对新的研究成果，反映了最近几年该方向的研究动态。

- (1) 文献 **542** (Furstner R, 2005, LANGMUIR, V21, P956) 是德国波恩大学的植物学家 Neinhuis C 和 Barthlott W 等发表的成果，主要研究了人工疏水表面（通过化学方法处理硅晶片的表面得到粗糙表面）的润湿性和自洁特性。



- (2) 文献 **577**(Ming W, 2005, NANO LETT, V5, P2298)是荷兰埃因霍芬理工大学的 Ming W 等发表的成果, 主要研究了仿自洁植物叶面的二氧化硅基覆盆子状颗粒的超疏水薄膜。
- (3) 文献 **619** (Cheng YT, 2006, NANOTECHNOLOGY, V17, P1359) 是美国通用汽车公司研究与发展中心的 Cheng YT 等发表的成果, 主要研究的是微米和纳米结构对荷叶自洁效应的影响。
- (4) 文献 **705** (Zheng YM, 2007, SOFT MATTER, V3, P178) 是中科院化学研究所的江雷等发表的成果, 主要研究的是超疏水性蝴蝶翅膀的定向附着。
- (5) 文献 **1025** (Koch K, 2009, SOFT MATTER, V5, P1386) 是德国波恩大学的植物学家 Barthlott W 等发表的成果, 主要研究了人工荷叶的制备和超疏水性分层结构和低附着力。

根据区域 B 中主要相关文献的研究内容分析可知, 局部网络区域 B 代表的研究方向主要是关于荷叶或昆虫翅膀的疏水性的研究和疏水仿生结构的研究, 内容还涉及水珠附着力和表面粗糙度对疏水性的影响等。其中德国 Barthlott W 小组是一直活跃在该方向的研究团队。

### 5.2.3 局部区域 C

位于图 2(II)中间的局部网络区域 C 包含节点文献 15 个。与其他两个区域相比, 节点数稍少, 发表相对比较晚而集中, 但相互引用关系更紧密。

瑞士洛桑理工大学化工研究所的 Kiwi J 研究小组的相关文献影响最大, 文献 **557**(Bozzi A, 2005, J PHOTOCH PHOTOBIO A, V172, P27)、**569** (Meilert KT, 2005, J MOL CATAL A-CHEM, V237, P101)、**570** (Bozzi A, 2005, J PHOTOCH PHOTOBIO A, V174, P156)、**610** (Yuranova T, 2006, J MOL CATAL A-CHEM, V244, P160)、**1127** (Mejia MI, 2009, APPL CATAL B-ENVIRON, V91, P481) 都是该研究团队的成果。这些文献的研究内容主要涉及金红石二氧化钛改性的羊毛-聚酰胺、聚酯纤维和棉纺织品在室温和日光下的自洁性能, 二氧化钛簇改性的棉纺织品的光催化自洁性能, 二氧化钛/二氧化硅涂层改性的棉纺织品表面的自洁性能, 经 UVC (180nm) 和 RF-等离子在真空和常压下预处理的二氧化钛改性的棉纺织品的自洁性能。

香港理工大学纺织品和服装研究所的 Qi KH、Daoud WA 等是这个研究方向的另一个影响较大的团队。文献 **597** (Qi KH, 2006, J MATER CHEM, V16, P4567)、**695** (Qi KH, 2007, J MATER CHEM, V17, P3504)、**693** (Qi KH, 2007, INT J APPL CERAM TEC, V4, P554) 都是该研究团队的成果。这些文献的研究内容主要涉及二氧化钛改性棉纺织品的自洁性能, 锐钛矿/二氧化硅球形复合体及其在自洁纺织品上的应用, 锐钛矿二氧化钛改性的聚酯纤维的自洁性能。

文献 **876** (Daoud WA, 2008, CHEM MATER, V20, P1242) 是香港理工大学纺织品和服装研究所的 Daoud WA 等和澳大利亚莫纳什大学应用科学与工程学院的 Tung WS 等合作发表的成果, 而文献 **1029** (Tung WS, 2009, ACTA BIOMATER, V5, P50) 是澳大利亚莫纳什大学应用科学与工程学院的 Tung WS 等合作发表的成果, 主要研究的是二氧化钛纳米晶改性的角蛋白型羊毛纤维自洁性能的研究。

文献 **765** (Uddin MJ, 2007, J PHOTOCH PHOTOBIO A, V189, P286) 和 **938** (Uddin MJ, 2008, J PHOTOCH PHOTOBIO A, V199, P64) 是意大利都灵大学化学系的 Uddin MJ 等发表

的成果。主要研究了纤维素纤维上光催化二氧化钛膜的合成和表征，棉纺织品纤维上 Au-二氧化钛膜的合成、表征和自洁性能。

文献 1132 (Wu DY, 2009, SURF COAT TECH, V203, P3728) 是上海交通大学环境科学与工程学院的吴德意等发表的成果，主要研究了二氧化钛修饰的自洁棉织物合成与表征。

根据区域 C 中主要相关文献的研究内容，与局域 A 的研究方向比较可知，局部网络区域 C 代表的研究方向应该是局域 A 的分支。主要是二氧化钛在织物上的应用和自洁相关指标的研究。

#### 5.2.4 研究脉络分析

通过解读引文时序图中的相关文献发现，自清洁材料研究领域有两个主要的研究方向。

(一) 具有光催化和光致亲水特性的二氧化钛的研究及其在玻璃和织物上的应用。这一方向的研究相对于另一个方向稍早，相关研究也相对较多。日本的 Fujishima A 小组一直是该研究方向的开始者，也是一直在这一研究方向上做出努力的研究团队。该方向的研究主要包括对二氧化钛自身物理化学光学性能的研究，对二氧化钛在玻璃上的应用的相关研究和对二氧化钛在纺织品上的应用的相关研究。

(二) 该研究方向来源于对疏水植物叶面和昆虫翅膀的研究，研究重点主要是自洁仿生结构的研制、表征和应用。最早的研究者是德国伯恩大学的 Barthlott W 小组，研究成果主要是揭示疏水植物叶面和昆虫翅膀的机理。而后来的研究则主要集中在自洁生物结构的仿制和研究。

## 6. 总结

以来自于 Web of Science 的相关文献为分析对象，借助于引文分析工具 Histcite 的分析作图，经过对 histcite 确定的重要相关文献进行分析解读，我们可以对自清洁材料的相关研究进行如下总结，以供参考。

- 从文献定量分析的结果看，具有自清洁功能的材料的发现和研究开始较早，但是经历了较长的时期，相关研究才得到长足的发展，而且近年来呈连年上升的趋势。
- 通过对相关文献集形成的引文网络的分析可知，相关研究内容涉及材料、物理、化学等多学科。
- 自清洁材料的研究可以被划分成截然不同的两个方向。一是负载具有光催化和光致亲水的物质二氧化钛以使目标物获得自洁功能的研究。另一个方向则是通过仿制疏水结构获得自洁功能的研究。
- 负载二氧化钛以使目标物获得自洁功能的研究是自清洁材料领域研究较多的方向，主要包括通过掺杂、复合或改变二氧化钛颗粒的形状或大小来改善其光催化或光致亲水的研究，还包括二氧化钛在不同载体（玻璃或织物）上应用时的相关研究。
- 自洁仿生结构的研究开始相对稍晚，主要集中在仿生结构的仿制方法、表征和与自洁相关的性能指标（附着力）的研究。