

# 我国纳米科研领域校企专利合作微探

## School-enterprise cooperation in domestic Nano technology field

投稿人：王朋

职务：信息分析专员

工作单位：汉王科技股份有限公司

联系电话：82786765

电子邮件：[wangpeng@hanwang.com.cn](mailto:wangpeng@hanwang.com.cn)

通讯地址：北京市海淀区东北旺西路 8 号中关村软件园 5 号楼 327 室

**摘要：**文章将复杂网络理论应用于对校企合作行为特征的研究上，从定量计量的角度对高校与企业纳米科研领域合作关系的拓扑结构进行了深入分析，并结合实际对网络相关特征进行揭示和总结。

**关键词：**复杂网络 科研合作网络 校企合作

### 1 前言

当前，产学研合作已成为一个热点话题，学者们从多角度运用多种理论对这种现象做出了解释。其中美国哥伦比亚大学计算机系教授亨利·埃兹科维茨(Herry Etzkowitz)和荷兰著名经济学者洛埃特·劳德斯多夫(Loet Leydesdorff)共同提出的“官产学关系的三重螺旋”理论是国际学术界在该方面研究中运用较多的一种理论。

校企合作是“产学研”的重要组成部分，同时也是一种复杂的行为，且属于科研合作网络的研究范畴，它具有参与者数量广泛、合作方式多样化等多方面的特点。通过简单的科学计量研究方法难以对这种合作行为进行深入研究，因此本文希望利用复杂网络相关理论，对这校企合作现象进行深入分析，并揭露出隐藏期间的合作特点。

本文以纳米科技这一新兴领域为实证领域，以国家知识产权局专利数据库中的纳米专利作为目标分析数据的数据来源，并将复杂网络理论引入校企的纳米科技合作分析中，通过大量的分析归纳出我国纳米研合作领域里校企合作的特点，最后得出相关得研究结论，同时也提出了一些思考。

### 2 复杂网络理论概述

复杂网络属于新兴的多学科交叉研究领域。人们对复杂网络理论的研究始于 20 世纪 60 年代，此后人们对来自不同领域的大量实际网络的拓扑特征进行了广泛的实证性研究，

复杂网络便逐渐成为多个学科领域的研究热点。国内从事复杂网络研究的科研人员主要来自图论、统计物理学、计算机网络研究、生态学、社会学、经济学等领域，研究的网络主要有：生命科学领域的各种网络、Internet 网络、流行性疾病的传播网络、科学家合作网络、交通网络、电力网络<sup>[7]</sup>等等。

当前，复杂网络在学术界尚无统一的定义，其概念缘于科学家对真实系统拓扑结构的研究。现实世界中存在的大量复杂系统都可以用网络进行描述，这里的网络是由节点和节点之间的连线组成，其中节点表示系统的元素；两节点之间的连线也称作边，边表示元素之间的相互作用。网络不依赖节点的具体位置和边的具体形态就能表现出来的性质称为网络的拓扑性质，相应的结构就是网络的拓扑结构。

本文所讨论的校企在纳米科研领域的合作关系，属于无向网络。

### 3 纳米科研领域校企合作分析

#### 3.1 数据来源

本文分析所用的目标纳米专利来自中华人民共和国国家知识产权局专利数据库，专利的公开时间介于 1990 年至 2010 年，均为发明专利，总量达 34,305 条。

#### 3.2 纳米科技领域专利申请人合作率分析

本文中的“合作”专利，是指拥有两个或多个专利权人的纳米发明专利。

所谓合作率，即指一定时间内合作申请专利数量占该时段内专利申请总量的比率。

34,305 件纳米科技专利中总共有 3,257 件合作专利，占专利申请总量的 9.497%，表明合作现象并不广泛存在于纳米科技科研领域。

图 3.1、3.2 分别显示了 1992-2010 年间纳米合作专利的申请数量、合作率的变化情况。

图 3.1 1992-2010 年年纳米科技合作专利申请量分布

图 3.2 1992-2010 年纳米科技合作专利的合作率分布

表 3.1 是合作专利申请人 TOP10 的纳米合作专利申请数及专利申请总数的分布情况。

表 3.1 合作专利申请人 TOP 的专利拥有情况表

专利申请人（专利权人）	专利申请总量 (件)	合作专利申请数量 (件)	合作率
清华大学	997	514	51.55%
鸿富锦精密工业（深圳）有限公司	697	694	99.57%
中国科学院	3,137	115	3.67%
浙江大学	781	49	6.27%
四川大学	251	32	12.75%
上海交通大学	699	41	5.87%
北京化工大学	348	31	8.91%
华东理工大学	299	22	7.36%
上海大学	352	20	5.68%

从表中数据可知，除鸿富锦精密工业（深圳）有限公司（以下简称鸿富锦）、清华大学以外，中国高校在纳米科研领域中的合作程度并不高，合作率间于 3.67%-12.75%。

值得一提的是，中国科学院的纳米专利总量处于领先地位，达 3137 件，但仅有合作专利 115 件，合作率远远低于其余 9 名专利权人的水平。

而相比较之下，清华大学与鸿富锦的合作率较高。通过进一步分析得知同属于清华大学和鸿富锦的合作专利数量高达 495 件，分别占各自合作专利的 49.65%和 71.02%，远远超出

其它申请人两两间的合作专利数量。

#### 4 总体申请人合作网络分析

本部分内容在将基于纳米科技专利申请人的合作网络，对校企合作现象进行深入的分析，并总结出申请人的合作结构特征，从网络的角度来考察校企合作关系的结构，以揭示校企纳米科技科研合作的特征。

##### 4.1 申请人合作网络的建立

对合作专利（3,257 件）进行申请人名称归一处理后统计共得到 1,078 个专利申请人，对申请人进行归类统计，得到：高校 198 个，企业 610 家，研究机构 84 家，政府机构 23 家，高校医疗机构 6 家，医疗机构 11 家，个人 146 位。

从整体网络图直观的可以看出，申请人合作网络结构较为松散。网络中有众多规模较小并且完全孤立的合作子群。申请人之间的合作主要以企业和高校为主，其中，清华大学与鸿富锦存在强连接。相比之下清华与中科院与多家企业和高校存在联系，而鸿富锦除清华大学外，仅与两家孤立的企业形成纳米科技科研的合作。下文将运用测量网络宏观性质的相关参数对申请人合作网络的相关特征进行定量的分析。

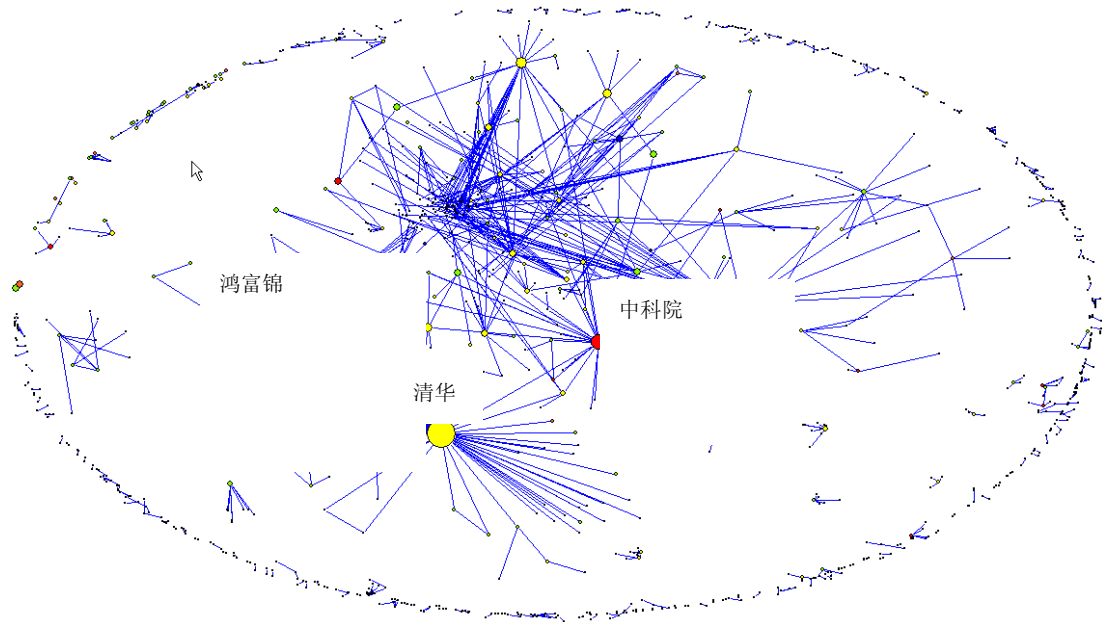


图 4. 1 纳米科技专利申请人合作网络

注：图中节点代表不同的专利申请人；节点之间的连线表示专利申请人之间的合作关系；节点的大小由所连线的权值和连线的多少决定，即节点所代表的申请人间的合作频次越高，节点越大。其中，假设专利的申请合作双方的关系是对等的；同时，为了表现出两个申请人之间合作关系的紧密程度，将网络中的边赋予权值，即边的粗细表示两个申请人合作研究产出的专利数目的多少。

##### 4.2 申请人合作网络子图分析

网络结构的研究是利用量化方法刻画实际网络节点的之间的关系特征的。构成网络的基本元素就是网络当中的节点和节点所属的群体。其中，子群这一概念是指网络中具有相对较强的、直接的、高度的、经常的或者积极联系<sup>[2]</sup>。多数网络研究者认为，网络结构是网络节点实质存在或潜在的关系模式<sup>[3]</sup>。尤其在社会网络分析中，通常用社会网络分析主要是利用子图（sub graph）来说明各种子群及其特征的。

##### 4.3 总体网络成分分布

对申请人合作网络进行聚类处理，共得到 255 个相互独立的子图，如图 4.2 所示。

其中，包含清华大学的成分构成了申请人合作网络中的最大子图 A，该子图内包含 221 个节点，节点度值排名前十位的节点均包含在内；相应的，其它子图的规模递减的非常迅速，规模第二大的子图 B，其包含的节点数仅为 61 个节点，子图 C、D 分别包含为 13 个节点和 10 个节点。

由 3 个节点构成的子图共 225 个，约占总体的 20%，包含节点 132 个。仅由两个相连节点组成的孤立子图 175 个，占总体的子图个数的约 69%，包含节点数 350 个。节点数目在 3 个以下的子图占到了所有子图数量的 89%。其所包含的节点数约占总节点数的 49%。这些子图大部分具有树状结构，而树的连通性最小，也就是说，大部分网络大部分子图都是由内部连接结构简单，并且独立的小团体构成。

而在这些节点数在 3 以下的简单子图构成节点中，纳米科技企业的个数占到了约 67%。这表明，在纳米科技研发领域，大多数的纳米企业还局限在简单的合作关系上，并没有与高校及相关研究机构开展广泛的合作关系。

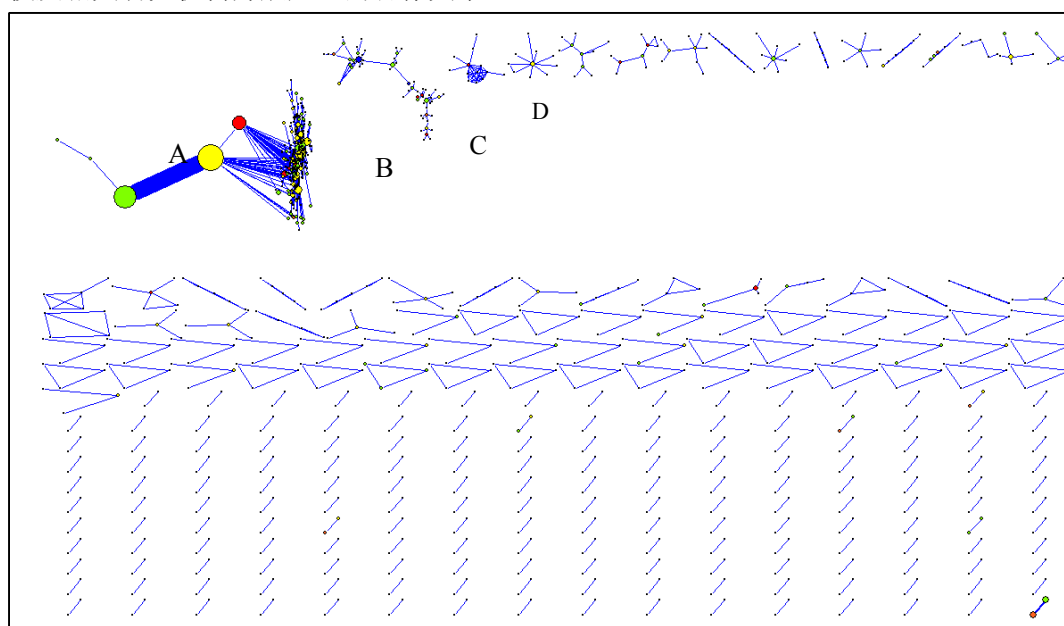


图 4.2 申请人网络成分分布

#### 4.4 最大子图结构分析

接下来，将对网络中部分子图进行进一步分析。由于最大子图节点复杂，因此对部分节点建立对照表（如表 4.2 所示）。

结合表 4.2，从图 4.3 可以了解到：

(1) 最大子图中包含众多“星形结构”。

所谓“星型结构”，是少数节点为多数节点所环绕的子网络结构。星形结构的中心节点往往占据资源的优势，而环绕的节点多为从属地位。

如图 4.4 所示，这些星形结构的中心均为大学和科研机构类申请人，如清华大学和中国科学院。而在环绕中心的节点中（即所有度为 1 且处于顶端的节点），企业的数量占到了约 75%，只有约 25% 的申请人是高校、研究机构及个人。而这些企业大多数为中小型国内民营企业。这从一定程度显示部分国内民营企业在纳米技术研发上实力欠缺，须依附于高校和科研机构的科研成果。

(2) 部分“割点”的存在。

“割点”是处在两个度最大的节点之间捷径上的点。

如图，攀枝花钢铁集团公司、中国石油化工股份有限公司和安泰科技股份有限公司主要处于几个高校与中科院之间的捷径上，如果去掉该机构，则与之相连的高校子图将会变成孤立的团体。这表明该类机构具有一定的科研实力，但不足以对整体网络造成影响。

相对而言，纳米专利产量大一些的企业则相对更加独立，在网络中的相对位置也更加的重要，而这些企业均为大型国有企业，在纳米科技研发能力上具有相当的实力，在与高校的合作当中能够占据有利地位。

表 4. 1 申请人序号对照表

序号	申请人名称	序号	申请人名称
1	清华大学	16	安泰科技股份有限公司
2	鸿富锦精密工业（深圳）有限公司	17	中国石油天然气集团公司
3	中国科学院	18	复旦大学
4	浙江大学	19	大连理工大学
5	四川大学	20	北京大学
6	上海交通大学	21	苏州大学
7	北京化工大学	22	浙江工业大学
8	华东理工大学	23	日本电气株式会社
9	上海大学	24	东华大学
10	中国石油化工股份有限公司	25	三星公司
11	钢铁研究总院	26	南开大学
12	独立行政法人科学技术振兴机构	27	上海蓝宝光电材料有限公司
13	攀枝花钢铁集团公司	28	北京有色金属研究总院
14	上海中策工贸有限公司	29	中山大学
15	林明耀	30	三菱公司

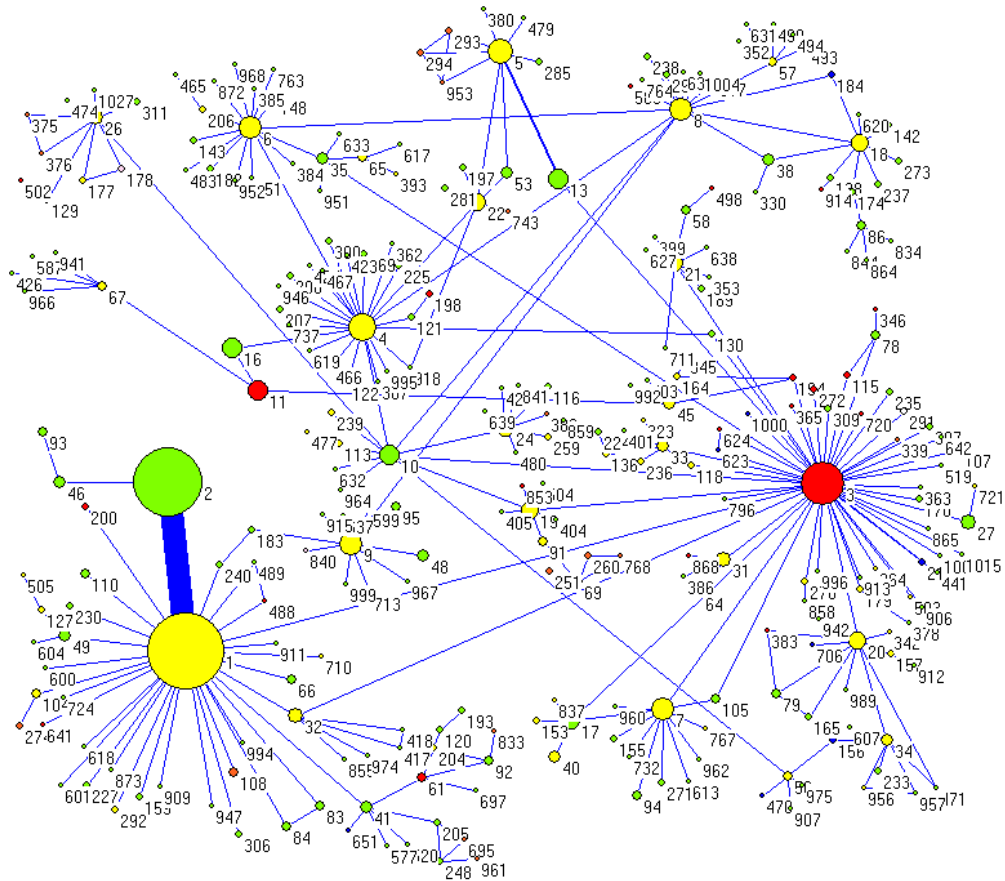


图 4. 3 纳米申请人合作网络最大子图

#### 4.5 全局耦合子图分析

所谓全局耦合网络 (globally coupled network), 就是指网络中任意两个点之间都有边直接相连, 全局耦合网络具有最小的平均路径长度 1 和最大的聚类系数 1。

在校企合作的申请人子图结构中, 存在着全局耦合的子图, 这是一个值得关注的现象。如图 4.7 所示, 在具有代表性的 6 个全局耦合的子图模型中, 子图的节点个数分布从 3 至 6 个不等。可以看到, 节点类型构成均呈现出多个科研机构组合与一、两个高校或者企业合作的现象。这些子图的内部是完全连通的, 子图内合作各方在信息交互的关系上是畅通且平等的, 但整体子图与外界相对孤立。考察这些机构的纳米科技专利产出情况, 发现这些机构的专利数量产出大致相当, 但数量较少 (平均在 4 件左右), 这表明, 子图内部的机构科研实力较低, 在同一水平上, 因而在专利的合作与交流行为上也更加的平等与开放, 并没有出现合作一方占据更多优势的现象。但同时, 由于这些机构在纳米科技研发上实力较弱, 不具有类似于中科院和清华大学的影响力, 因此合作只能局限于子图内部, 相关成员不能和外界进行有效的沟通。



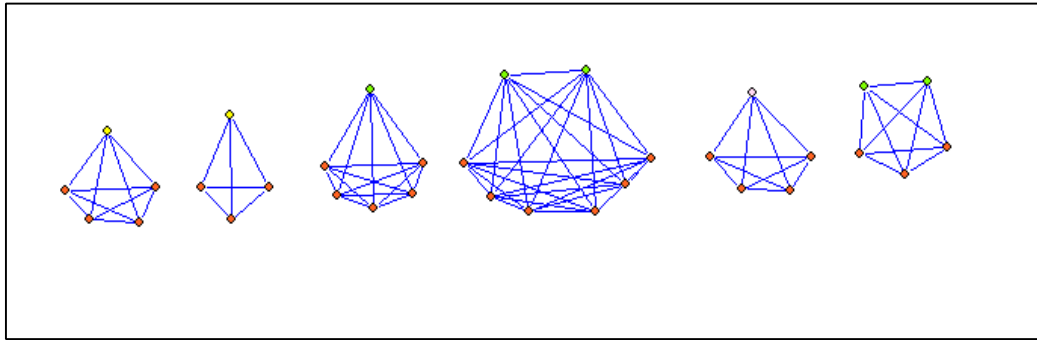


图 4. 5 全局耦合子图

#### 4.6 申请人中心性分析

分别从度、中间性以及接近度<sup>[4]</sup>三方面对的整体纳米科技专利申请人网络中的中心性参数的进行对比分析，由于整体数据量巨大，因此选取度数大于等于 10 的节点进行分析。并且，由于中心性分析参数的相对值较绝对值更具有可比性，因此均采用相对值进行计算。

这三种参数对中心性的测量各有侧重。度数中心度测量的是一个节点与其它几点发展交往关系的能力；一个节点接近中心度和中间中心度描述的是一个节点控制网络中其它节点之间交往的能力，它依赖于该节点与网络中其它节点的关系，而并不仅仅是与其相邻节点的关系，在一些情况下，接近中心度的测量并没有中间中心度的测量精确。

结合表 4.1 和图 4.2 可以看出，由于清华大学和鸿富锦精密工业（深圳）有限公司之间的合作专利数量大，所以二者的度数中心度呈现出较高的水平。清华大学的中间中心度排名第三，表现出较高的控制网络节点交流的能力，这与 4.3.2 中的最大子图所呈现的状态是相符的。而鸿富锦精密工业（深圳）有限公司的中间中心度极低，这是由于该机构仅仅与两个个机构形成直接合作关系，说明其在纳米科研活动上主要以清华大学作为主要的合作对象。中石化作为国有企业，也具有较高的影响力，但纳米科技专利产出远少于清华大学。

相比之下，中国科学院的接近中心度和中间中心度数值都呈现出最高的水平，这主要是由于中国科学院分支机构众多，研究形式类别范围更加广泛，更容易与产业形成合作。

此外，有一定数量的申请人具有接近中心度高但中间中心度低的特点。高校如：四川大学、上海交通大学、北京化工大学、上海大学、复旦大学、大连理工大学、北京大学、苏州大学、浙江工业大学、东华大学、南开大学等；企业如：安泰科技股份有限公司、中石油、钢铁研究总院、攀钢集团、上海蓝宝石光电材料有限公司等。这表明，上述的机构节点在网络中可能会与较多的节点连接，但和它们连接的节点与其它的节点也比较接近。属于合作科研关系中的相对较为独立的类型，但相对的缺乏影响力。

表 4. 2 部分申请人合作网络中心性参数

序号	机构	中心度	接近中心度	中间中心度
1	清华大学	0.22124756	0.0884758	0.0244397
2	鸿富锦精密工业（深圳）有限公司	0.17251462	0.0675928	0.0010878
3	中国科学院	0.07017544	0.1089299	0.0557457
4	浙江大学	0.03118908	0.0857607	0.0151004
5	四川大学	0.02339181	0.0692682	0.0039211
6	上海交通大学	0.0214425	0.0804006	0.0077212
7	北京化工大学	0.02046784	0.0802414	0.004317
8	华东理工大学	0.01949318	0.0855795	0.0187585
9	上海大学	0.01851852	0.0696851	0.00515



10	中国石油化工股份有限公司	0.01754386	0.0996849	0.0292784
11	钢铁研究总院	0.01754386	0.0608894	0.0030226
12	独立行政法人科学技术振兴机构	0.0165692	0.0120522	0.0016617
13	攀枝花钢铁集团公司	0.0165692	0.0805605	0.0030549
14	上海中策工贸有限公司	0.01461988	0.0019474	0
15	林明耀	0.01461988	0.0019474	0
16	安泰科技股份有限公司	0.01461988	0.0670338	0.0017465
17	中国石油天然气集团公司	0.01267057	0.0797675	0.0016317
18	复旦大学	0.01267057	0.0670338	0.0058803
19	大连理工大学	0.01169591	0.088187	0.0048248
20	北京大学	0.01169591	0.0811249	0.0076521
21	苏州大学	0.01169591	0.0798461	0.0043113
22	浙江工业大学	0.01169591	0.0671448	0.0031531
23	日本电气株式会社	0.01169591	0.0129584	0.0018694
24	东华大学	0.01072125	0.0747637	0.0043113
25	三星公司	0.01072125	0.0121371	0.0017173
26	南开大学	0.00974659	0.0749019	0.0048381
27	上海蓝宝光电材料有限公司	0.00974659	0.0787598	0.0005458

图 4. 6 部分申请人合作网络中心性参数分布

## 结论

通过上文的分析可以得出,我国纳米科研领域的专利申请人合作网络中存在着这样的几

种特征:

较高影响力的机构几乎被高校和科研院所占据,这些机构在实际合作当中具有强大的号召力,吸引了相当数量的中小企业与之合作,这些企业通常为私企或外资企业,其纳米技术研发能力相对较弱,极少与其它机构合作,因此与实力强大的节点形成了星型结构,其合作关系属于依附的关系。

部分实力较强的高校和国有企业在合作关系网络中形成了相对独立的地位,它们也与高影响力的节点相连,但同时也吸引了一些个人和规模较小的机构参与合作研发。这些节点是网络信息的良好传输渠道。

另一部分纳米科技专利产出量较小的机构并没有选择与实力较强的机构合作,而是选择与其相同水平的机构形成与整体网络孤立并且内部紧密连接的合作团体,这种团体以科研机构居多。

从专利计量的角度来看,我国纳米科技研发领域的研发行为呈现出科研院所及高校实力强,而企业实力相对较弱的局面。分析原因主要有两方面:

(1) 纳米科技尚属新兴研究领域,还没有形成大规模民用产业化的局面,因而会有部分专利产出集中在以基础理论研究见长的高校及科研院所;同时,纳米科技合作专利产出较多的企业也多属于与纳米科技相关的领域龙头企业,能够负担基础研发的合作成本。

(2) 本土企业在研发合作理念与台资、外资企业还存在一定差距,缺乏与高校及科研院所长效稳定的合作机制。鸿海集团在清华成立了纳米科研实验室,两者的合作形成了一个稳定的模式,鸿海充分的利用了清华大学丰厚的科研优势,也充分的获得了大量优秀的人才来源。因此抢占了技术研发上的先机,获得了大量的合作专利。

综上所述,在促进高校与企业在纳米科技领域的合作发展时,应提高企业(特别是内地企业)的科技研发意识,鼓励更多的内地企业借助高校优越的研发环境和丰富的人才资源,建立稳定的长效合作机制,以期合作科研成果的转化开拓空间。

#### 参考文献

- [1] Barry Wellman, Network Analysis:Some Basic Principles[J]. Sociological Theory, 1983 (1) :157
- [2] FREEMAN L C . Centrality in social networks : conceptual clarification[J]. Social Networks, 1979, (1): 215—239.
- [3] Meyer M, Bhattacharya S. Commonalities and differences between scholarly and technical collaboration — An exploration of co-invention and co-authorship analysis[J]. Scientometrics, 2004 (3) :443-456
- [4] Moody J. The structure of a Social Science Collaboration Network[J]. American Sociological Review, 2004 (69) :213-238