

国际性的技术外溢与中国的经济增长

西安交通大学管理学院教授 蔡虹

摘要 本文根据 R&D 投资经济效果的计量模型，对中国基于国际贸易和国家间直接（无形）外溢技术知识的存量进行了测算，并据此对中国技术知识总量的产出弹性系数和边际生产率进行了实证研究。

一个国家的技术知识存量既包括自主研发投资和技术引进所带来的技术知识，也包括通过国际贸易和信息交流等途径直接吸收的国际性外溢的技术知识。通过对企业部门多年的深入调研，我们可以明显地看到，支撑中国经济持续增长的一个重要的技术来源，就是国际性的技术外溢。但是，如何将国际性的技术外溢转化成可以计量的技术知识存量，并且对这类技术知识与自主研发和技术引进所带来的技术知识，从数量比例关系以及对经济增长的贡献等方面进行深入的研究，这对于中国技术战略的选择，建立创新型国家，显然具有重要的现实意义。

1 基于进口贸易的技术外溢

1.1 潜在外溢技术知识存量的测算

国际间技术外溢（Technology Spillovers）的渠道主要有国际贸易、外商直接投资和基于信息交流、人员流动等无形（直接）的技术外溢。

1995 年，Coe and Helpman 发表了题为“International R&D Spillovers”的著名论文，首次实证研究了国家间的 R&D 技术外溢。CH 认为，国家之间的产品贸易是国际间 R&D 技术外溢的主要途径。他们论证并提出了一个国家通过国际贸易，从国外获得技术知识存量

（Technology Knowledge Stock，又称 R&D 资本存量）的方法，即用该国贸易伙伴国的国内 R&D 知识存量的加权总和来确定，其权重是根据国家间进口份额占全部进口额的比重所决定的（详见公式 1-1）。这些开创性的研究，被学术界普遍认为，是为通过进口产生国际间 R&D 技术外溢的论点提供了第一份合理的论据。此后，不少学者沿袭 Coe and Helpman 提出的分析框架进行了后续研究。Lichtenberg and van Pottelsberghe（1998）指出，CH 对来自国外 R&D 资本存量的测算受制于“潜在总和偏差”。也就是说，当假设一个国家的贸易伙伴国合并以后，尽管他们的国内 R&D 知识存量和贸易流不变，该国的国外 R&D 外溢知识存量将会增加。LP 提出用研发强度（R&D/GDP）与进口商品和服务价值乘积的总和来计算外溢知识存量，以便更正 CH 的潜在总和偏差（详见公式 1-2）。

(1-1)

其中， T_{it} 是时刻 t 外溢到国家 i 的外国技术知识存量， M_{it} 是国家 i 从贸易伙伴国进口的商品量， M_{it}^* 是国家 i 的进口总量， R_{it} 是时刻 t 外国 i 的国内研发资本存量。

$$(1-2)$$

其中， Y_{it} 是时刻 t 外国 i 的产出，其他同 CH 模型。

Lee (2005)，在构建技术接受国由外贸渠道得到的国外研发资本存量的权重时，考虑到大部分的研究开发经费都投资在工业生产部门，因此，用工业生产部门的增加值替代了 LP 模型里的技术溢出国的 GDP，公式如下所示：

$$(1-3)$$

表示 i 国家在 t 年通过贸易所积累的外溢技术知识存量， R_{it} 和 Y_{it} 分别表示 j 国家在 t 年的国内研发资本存量和工业生产部门的增加值。

由于用 CH 模型计算的通过进口贸易对中国的技术外溢知识存量的数值偏大 (3600 亿美元)，而用 LP 模型计算的外溢知识存量的数值偏小 (180 亿美元)。本文认同 Lee 的观点，故在实证研究中，采用了 Lee (2005) 的计算方法，结果详见表 1 和表 2。

表 1-1 通过进口贸易 G7 国家对中国的技术外溢系数

年份	加拿大	法国	德国	意大利	日本	英国	美国
1988	0.0120	0.0037	0.0072	0.0058	0.0095	0.0032	0.0047
1989	0.0111	0.0037	0.0073	0.0056	0.0095	0.0032	0.0046
1990	0.0064	0.0044	0.0057	0.0054	0.0088	0.0035	0.0053
1991	0.0101	0.0049	0.0050	0.0042	0.0074	0.0031	0.0054
1992	0.0125	0.0042	0.0060	0.0049	0.0095	0.0033	0.0059
1993	0.0091	0.0052	0.0099	0.0097	0.0147	0.0062	0.0068
1994	0.0117	0.0059	0.0111	0.0106	0.0157	0.0060	0.0082
1995	0.0159	0.0070	0.0109	0.0100	0.0161	0.0061	0.0090
1996	0.0146	0.0061	0.0105	0.0096	0.0184	0.0056	0.0087
1997	0.0110	0.0100	0.0101	0.0078	0.0200	0.0054	0.0084
1998	0.0131	0.0096	0.0113	0.0071	0.0219	0.0053	0.0084
1999	0.0122	0.0116	0.0142	0.0087	0.0234	0.0081	0.0092
2000	0.0207	0.0133	0.0204	0.0111	0.0271	0.0099	0.0100
2001	0.0222	0.0136	0.0274	0.0134	0.0335	0.0101	0.0121
2002	0.0197	0.0133	0.0310	0.0143	0.0377	0.0091	0.0125
2003	0.0171	0.0130	0.0346	0.0152	0.0419	0.0081	0.0130
2004	0.0145	0.0127	0.0382	0.0162	0.0461	0.0071	0.0134
2005	0.0120	0.0125	0.0418	0.0171	0.0504	0.0061	0.0138

平均值 0.0137 0.0086 0.0168 0.0098 0.0229 0.0061 0.0089

数据来源：（1）中国从其他国家的进口贸易额来源于各期的中国统计年鉴；（2）G7 国家的 GDP 和工业增加值来源于世界银行的 world development indicators(2004)，采用 1995 年不变美元计价，各国 2003 年到 2005 年的外溢系数由前两年的数据平滑所得。（3）各国的研发支出采用总产出（GDP）乘以研发强度计算，G7 国家的研发强度和出口总额来源于经济与合作组织（OECD）Factbook 2006。（4）技术知识存量的测算采用永续盘存法，G7 国家的研究开发滞后期与技术知识陈腐化率采用 Watanabe（2001）的研究结果，分别为 3 年和 13%。

表 1-2 中国通过进口贸易从 G7 各国获得的潜在技术知识存量 单位：亿美元

年份	加拿大	法国	德国	意大利	日本	英国	美国	合计
1988	5.09	7.03	26.69	4.33	65.09	4.67	49.80	162.70
1989	4.85	7.21	27.43	4.20	66.26	4.75	49.16	163.87
1990	2.88	8.67	21.84	4.12	62.94	5.14	57.44	163.03
1991	4.73	9.82	19.46	3.31	54.63	4.65	60.64	157.23
1992	6.07	8.78	23.75	3.92	73.34	5.09	67.29	188.25
1993	4.59	11.17	39.96	8.11	118.68	9.61	78.95	271.07
1994	6.09	13.07	45.32	9.05	132.56	9.40	97.55	313.04
1995	8.61	15.94	44.69	8.71	140.11	9.60	108.68	336.34
1996	8.21	14.23	43.05	8.36	164.35	8.82	106.27	353.30
1997	6.49	23.78	41.49	6.80	182.04	8.66	103.55	372.81
1998	7.99	23.25	46.56	6.19	205.08	8.49	105.65	403.20
1999	7.73	28.56	58.58	7.55	225.87	13.22	118.37	459.88
2000	13.50	33.18	84.49	9.67	271.08	16.21	133.37	561.51
2001	15.19	34.42	114.82	11.79	346.03	16.58	166.17	704.99
2002	14.11	34.22	132.49	12.72	400.59	15.16	178.55	787.85
2003	13.00	34.10	151.47	13.75	458.68	13.71	192.57	877.29
2004	11.78	34.09	170.93	14.91	519.96	12.24	206.38	970.29
2005	10.17	34.08	190.95	16.17	583.59	10.72	219.12	1064.81

从表 2 中可以看到，在基于进口贸易 G7 国家外溢到中国的潜在的技术知识存量中，日本所占比重最大，2005 年达到 55%；其次是美国，20%；排在第三位的是德国，18%；其他四国外溢到中国的知识存量只有 7%左右。

1.2 有效外溢技术知识存量的测算

技术外溢的行为是由技术溢出方与技术接受方共同作用的结果，任何单方的意愿都不能构成

有效的技术外溢。表 2 的技术知识存量，只是一种潜在的溢出，这些潜在的技术知识能否被接受方采纳与使用，有赖于接受方的技术同化(吸收)能力。根据日本学者 Chihiro Watanabe 的研究成果，技术知识的同化能力系数 C_{sp} 是技术外溢方的外溢系数（详见表 1）与技术吸收方的技术知识的陈腐化率（7.14%）之和的平方根，详见下式：

$$(1-4)$$

通过进口贸易的潜在外溢技术知识存量与技术同化能力系数的乘积，即为有效的技术溢出值，详见表 3。

表 1-3 基于国际贸易 G7 国家对中国的有效技术溢出 单位：亿美元

年份	加拿大	法国	德国	意大利	日本	英国	美国	合计
1988	1.47	1.93	7.48	1.20	18.52	1.28	13.74	45.62
1989	1.39	1.98	7.70	1.16	18.85	1.30	13.55	45.93
1990	0.80	2.39	6.07	1.14	17.83	1.41	15.91	45.54
1991	1.35	2.71	5.38	0.91	15.33	1.27	16.81	43.76
1992	1.76	2.41	6.61	1.08	20.87	1.39	18.71	52.83
1993	1.30	3.09	11.39	2.31	34.83	2.68	22.08	77.68
1994	1.75	3.63	13.02	2.59	39.13	2.61	27.53	90.27
1995	2.55	4.46	12.82	2.49	41.44	2.67	30.81	97.24
1996	2.41	3.96	12.32	2.38	49.25	2.45	30.07	102.84
1997	1.86	6.78	11.85	1.91	55.02	2.40	29.25	109.07
1998	2.32	6.61	13.39	1.74	62.65	2.35	29.84	118.90
1999	2.23	8.22	17.14	2.14	69.53	3.73	33.60	136.60
2000	4.10	9.65	25.59	2.78	85.09	4.62	38.06	169.90
2001	4.65	10.03	36.09	3.43	112.08	4.73	48.02	219.04
2002	4.26	9.96	42.40	3.72	132.33	4.30	51.73	248.70
2003	3.87	9.91	49.32	4.05	154.41	3.87	55.94	281.36
2004	3.45	9.89	56.60	4.41	178.27	3.43	60.10	316.15
2005	2.94	9.87	64.26	4.81	203.63	2.99	63.98	352.47

图 1-1 G7 各国在有效溢出知识总量中所占的比例

从图 1 可以看出，在 G7 国家通过贸易对中国的有效溢出总额中，日本占了约 45%的份额，并且有继续增加的趋势；美国占了约 25%的份额，但其有下降的趋势；其他五国所占比例为 30%左右，基本稳定。

2 基于无形（直接）的国际性技术外溢

当物化的国际间技术外溢的模型和研究方法逐渐成熟的时候，很多学者开始转而关注无形的

技术外溢，即除了国际贸易、FDI 以及跨国公司等间接外溢途径以外，在国外接受到的教育和培训、专业人员的流动、逆向工程 (reverse Engineering)、电子信息的转化、学术刊物、国际会议等都是无形或者说直接 R&D 外溢途径。研究开发成果本质上是无形的知识和信息，它通过产品贸易或体现知识和信息的资本外溢，也能直接外溢。随着互联网的日益普及，这种技术外溢正被越来越多的学者所关注和研究。但是，由于这种技术外溢的多样性和复杂性，如何对其数量化，就成为研究者们首先碰到的难题。Gwanghoon lee (2005) 利用新建立的截面数据集和更新的计量经济方法研究发现，外溢到国外的无形技术知识等于国外研发技术知识存量的加权总和，其权重即无形技术的外溢和同化 (吸收) 系数是由以下三个因素决定的：(1) 当两个国家的 R&D 领域比较相似时，它们之间的无形知识外溢自然就会增大。国家 i 和 j 的双边技术相似度 是引用了 Jaffe(1986) 计算技术距离 (Technological Distance) 的方法；(2) 当国家 i 引用国家 j 的专利数量占国家 i 总的引用数量的比率越大，则国家 i 能从国家 j 的 R&D 成果中获取的利益就更多；(3) 当两个国家相互之间有着更好的电信基础的时候 (用电话安装率来衡量)，它们之间的无形知识外溢将会更多。由此，Gwanghoon lee 就把过去在研究一国产业内技术外溢的方法，即通过技术距离和其它产业的技术知识存量乘积的总和，来测算作为国家间技术知识外溢的方法赋予了全新的内涵，使无形技术外溢知识的量化能够实现，详见下式：

$$, \quad (2-1)$$

$$(2-2)$$

由方程 (2-1) 和 (2-2) 可知，当两个国家的技术相似程度 () 越高；国家 i 在申请专利时引用国家 j 的专利的次数越多 ()；以及当两个国家都建立起了更好的电信基础 ()。那么，从国家 j 流入国家 i 的研发活动的技术知识就越多。

鉴于数据的可获得性，本文采用的是世界知识产权组织的 IPC (International Patent Classification) 分类方法。根据中国、美国、日本、加拿大和英国 2005 年国际专利分类标准 (IPC) 8 大部专利技术的细分数据，得到 2005 年中美、中日、中加和中英 8 大技术领域之间的技术结构相似度。由于中国的专利申请说明书和授权说明书上缺乏引用别的专利和专利文献的纪录，故本文将人员流动作为专利引用指标的替代值。t 年时从国家 j 到中国参与商务或者会议的人员越多，则中国吸收同化的无形技术知识存量也就越多。电信基础采用每 1000 户居民中的电话数千线数，为 t 年时国家 i 的人均电话线的数量。根据公式 (2-1) 和 (2-2) 计算出中国从美日加英四国同化 (吸收) 的无形外溢的技术知识存量，详见下表。

表 2-1 中国同化吸收美日加英四国的无形外溢技术知识存量 单位：亿美元

年份	美国	日本	加拿大	英国	合计
1986	2.456392	3.857535	0.024215	0.100702	6.438845
1987	2.809146	4.379999	0.027925	0.11522	7.332289
1988	3.474825	5.597141	0.035127	0.144524	9.251617

1989	4.300629	6.93238	0.044638	0.177386	11.45503
1990	5.321741	8.623852	0.05603	0.218118	14.21974
1991	6.645106	11.12206	0.07169	0.276111	18.11496
1992	9.159309	15.8355	0.100155	0.382362	25.47733
1993	13.95496	24.79459	0.154769	0.594268	39.49858
1994	22.57736	41.1857	0.244622	0.947691	64.95537
1995	33.63878	63.37752	0.367072	1.440867	98.82424
1996	47.17973	89.16473	0.515171	2.013641	138.8733
1997	62.88724	119.0035	0.710246	2.665898	185.2669
1998	80.53808	142.5943	0.919261	3.414347	227.466
1999	106.7844	181.009	1.239702	4.339059	293.3722
2000	142.6005	233.6549	1.670825	5.783569	383.7098
2001	178.7051	299.5106	2.162809	6.848464	487.2269
2002	221.0145	370.6237	2.689423	8.461076	602.7887
2003	269.0261	458.9015	3.406062	10.17508	741.5088
2004	312.9092	543.48	4.193959	12.2866	872.8698
2005	388.5466	659.7869	5.202494	14.52723	1068.063

截止 2005 年，在中国吸收同化的无形外溢技术知识存量 1068 亿美元中，日本占了约 62% 的份额，美国为 36%，加拿大和英国合起来所占比重为 2%，存在着显著的国别差异。

3 中国技术知识存量的构成及其对经济增长的贡献

3.1 中国总技术知识存量的构成

自主研究开发、技术引进、基于国际贸易和无形的技术外溢构成了中国技术知识存量的四个部分。前两者为国内总技术知识存量，后两者为国际性技术外溢的技术知识存量的总合，两部分之和为技术知识存量总和，详见表 5 和表 6。

表 3-1 中国 GDP、固定资产投资、从业人员、技术引进经费和 R&D 经费表

年份	国内生产
总值	
(亿元)	固定资产投资总额
(亿元)	年末从业
人员总数	
(万人)	研究与开发经费支出
(亿元)	技术引进
经费支出	
(亿美元)	

1985					90.1
1986					97.1
1987					108.3
1988	14928.3	4753.8	54334	113.0	4.62
1989	16909.2	4410.4	55329	123.3	5.99
1990	18547.9	4517	64749	166.1	7.36
1991	21617.8	5594.5	65491	159.5	5.56
1992	26638.1	8080.1	66152	198.0	18.89
1993	34634.4	13072.3	66808	248.0	7.34
1994	46759.4	17072.3	67455	306.3	4.81
1995	58478.1	20019.3	68065	348.7	17.85
1996	67884.6	22913.5	68950	404.5	28.19
1997	74462.6	24941.1	69820	509.2	22.41
1998	78345.2	28406.2	70637	551.1	51.35
1999	82067.5	29854.7	71394	678.9	102.40
2000	89442.2	32917.7	72085	896.0	108.14
2001	97314.8	37213.5	73025	1042.5	54.63
2002	105172.3	43499.9	73740	1287.6	143.72
2003	135823	55567	74432	1663.3	95.11
2004	159878	70477	75200	1918.5	96.25
2005	182320.6	88604	75825	2187.8	111.70

数据来源：（1）《中国科技统计年鉴》、《中国统计年鉴》、中国咨讯行(China InfoBank, <http://www.bjinfobank.com>)。（2）1990年以前的R&D投资额根据1990年以后R&D投资占科技经费支出的平均比例计算而得。

表 3-2 中国总技术知识存量的构成 单位：亿元人民币

年份 自主技术

知识存量

引进技术

知识存量

国内总技术知识存量

外贸外溢

知识存量

无形外溢

知识存量

国际外溢技术知识总量

技术知识

存量总和

1988	502.95	40.61	543.56	221.69	44.95	266.64	810.20
1989	557.14	60.69	617.83	226.89	56.61	283.50	901.33
1990	614.46	106.81	721.27	238.20	74.38	312.58	1033.85
1991	678.89	140.00	818.89	251.19	103.96	355.15	1174.04
1992	743.41	238.84	982.25	336.51	162.30	498.81	1481.06
1993	813.63	274.04	1087.67	623.07	316.83	939.89	2027.56
1994	921.64	422.06	1343.70	778.06	559.91	1337.97	2681.66
1995	1015.34	528.79	1544.13	812.00	825.19	1637.19	3181.31
1996	1140.84	723.25	1864.09	855.02	1154.58	2009.60	3873.69
1997	1307.38	855.42	2162.80	904.21	1535.93	2440.14	4602.94
1998	1520.34	1218.44	2738.78	984.39	1883.25	2867.63	5606.41
1999	1760.49	1979.09	3739.58	1130.77	2428.50	3559.27	7298.85
2000	2039.29	2733.03	4772.32	1406.15	3175.71	4581.85	9354.17
2001	2402.88	2989.57	5392.45	1813.03	4032.89	5845.92	11238.37
2002	2782.42	3965.76	6748.18	2065.90	5007.25	7073.15	13821.33
2003	3262.65	4469.83	7732.48	2344.67	6179.25	8523.92	16256.39
2004	3925.70	4947.33	8873.03	2634.58	7273.92	9908.50	18781.53
2005	4687.90	5518.61	10206.51	2937.25	8900.50	11837.75	22044.26

注：（1）为了计量单位的统一，将外贸及无形技术知识存量的计量单位由美元 1995 年不变价转化为人民币现值。（2）中国的研究开发滞后期和技术知识陈腐化率采用作者所属课题组的调查结果，分别为 4 年和 7.14%。

图 3-1 中国总技术知识存量的构成

从图 5-2 可以看出，国际性技术外溢、国内技术知识存量和总技术知识存量逐年递增，且各占一半。自 1995 年后，国际性技术外溢知识存量开始超过国内技术知识存量，成为我国技

术知识存量的重要来源。

3.2 技术知识存量的经济效果

利用广义的 生产函数可以计算出技术知识存量的产出弹性系数和边际收益率，即对经济增长的贡献。其计算公式如下：

$$(3-1)$$

其中， α ， β ， γ 为常数； K 为资本投入量； L 为劳动力投入量； T 为技术知识存量。 α 和 β 分别为资本和劳动的产出弹性系数， γ 则为技术知识存量的产出弹性系数。考虑到 $\alpha + \beta + \gamma = 1$ ，可以将 (3-1) 变形为：

$$(3-2)$$

对式 (3-2) 两端取对数并移项处理，可得：

$$(3-3)$$

将 (3-3) 式两边对 T 求偏导，则可得：

$$(3-4)$$

将 (3-4) 式变形可得：

$$(3-5)$$

(3-5) 式中的 γ 即为技术知识存量的边际生产率，或者研究开发投资的边际收益率。

本文利用表 5 和表 6 的宏观数据，将国际性外溢技术知识存量 T_{int} 和总技术知识存量 T_{total} 代入广义的 C-D 生产函数，运用 Eviews 5.1 软件，进行回归分析，结果表明 T_{int} 的产出弹性系数为 0.166， T_{total} 的产出弹性系数为 0.156。

(1)

$$\ln Y = 10.246 + 0.166 \ln T_{int} + 0.4889 \ln K + 0.2770 \ln L + \epsilon$$

F=939

(2)

$$\ln Y = 12.267 + 0.156 \ln T_{total} + 0.6034 \ln K + 0.1949 \ln L + \epsilon$$

F=873

表 3-3 总技术知识存量对中国经济增长的边际生产率

年份	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
边际生产率	2.87	2.93	2.80	2.87	2.81	2.66	2.72	2.87	
	2.73								
年份	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
边际生产率	2.52	2.18	1.75	1.49	1.35	1.19	1.13	1.14	
	1.29								

从 1988-2005 年中国总技术知识量存量的边际生产率介于 1.1 和 2.9 之间。由公式 3-5 可知，2000 年以前由于中国的技术知识总量偏低，计算出的边际生产率反而偏高。2000-2005 年

中国总技术知识存量的平均边际生产率为 1.2,也就是说,中国的技术知识存量每增加 1 元,可带来 1.2 元的产出,其对中国经济增长的贡献是显而易见的。

4 结论与建议

首先,国际性的外溢技术知识已经成为中国技术知识存量的重要来源。截止到 2005 年,基于国际贸易和信息交流等直接(无形)外溢的技术知识存量已经达到 11800 亿元人民币,占中国当年技术知识总量的一半左右。与此同时,有效保护知识产权也已经成为中国科技政策与管理的重要任务。

其次,现有的中国技术知识总量结构不尽合理,自主研发的技术知识存量偏低。在重视国际性技术外溢对中国经济发展作用的同时,应加大研究开发投资,增强自主研发的能力,实现建立创新型国家的战略目标。

第三,由于地理文化等因素,日本不仅是中国而且是整个亚太地区外溢技术的主要来源。但是,对这种国家间技术外溢的作用机制和关键影响因素等,还需要中日两国相关领域的专家进行深入、细致的研究。

参考文献:

[1] Zvi Griliches, R&D and Productivity [M], Chicago , The University of Chicago Press, 1998.

[2] David T.Coe, Elhanan Helpman, International R&D spillovers, European Economic Review[J], 1995, 39: 859—887.

[3] Gwanghoon lee, Direct versus indirect international R&D spillovers, Information Economics and Policy[J], 2005,17: 334-348.

[4] Kwang In Hur, Chihiro Watanabe, Dynamic process of technology spillover: a transfer function approach [J], Technovation, 2002, 22: 437—444.

[5] 渡边千仞(日), 技術革新の計量分析[M], 東京, 日本科技連出版社, 2001.

[6] 後藤 晃(日)、日本の技術革新と産業組織[M], 東京, 日本東京大学出版会, 1993.