

我国科技人力资源配置分析

华中科技大学管理学院 杨宏进

科学技术（S&T）和人力资源（HR）的结合，被看作是竞争和经济发展的关键因素，一个国家要跟上科学技术领域日新月异的变化，迎接新的挑战，就需要不断壮大有技术而且高效率的劳动队伍 [1]。所以说，高素质的人是地区发展最宝贵的战略资源。

参照联合国教科文组织对科技活动的定义和分类，结合中国的国情，我国把科技活动分为三类：研究与发展、科技成果转化与应用、科技服务。通常所说的科技人力资源是指实际从事或有潜力从事上述科技活动的人。这是一个存量（人数）的概念，由于有潜力从事科技活动的人员目前还很难量化，因此，用实际投入科技活动的工作量（人力）来进行数据对比与分析是一种可行的、有效的方法。

在三类科技活动中，R&D 活动的人员是科技活动的核心力量，他们的投入量就是本文所说的 R&D 人力资源。这一资源是一个国家极为重要的财富，其现状与发展趋势可从某一方面反映一个国家科技竞争力的水平。这也是可用于国际比较的指标。

一、R&D 人力资源总体情况

（一）R&D 人力总体规模发展平稳，R&D 人员的比例不断提高

我国的 R&D 人力资源与科技活动人力资源的变化趋势基本一致。2001 年，R&D 人力总量为 956.5 千人年，排在世界第 3 位，仅次于美国和俄罗斯。从活动类型看，基础研究、应用研究、试验发展的人力分别为 78.8 千人年、226.0 千人年、651.7 千人年，占总量的比例分别为 8.24%、23.63%、68.13%。与 1991 年相比，R&D 人力总量的年平均增长速度为 3.62%。

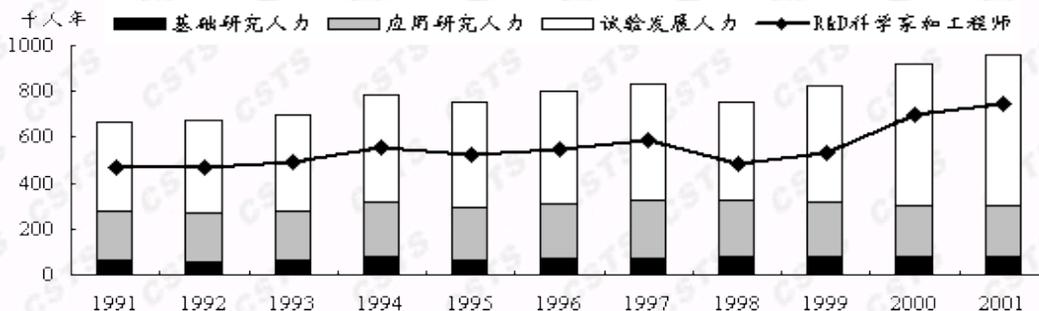


图 1 1991 ~ 2001 年我国 R&D 人力按活动类型分布的趋势

数据来源：《中国科技统计年鉴》2002

从图 1 可以看出，科学研究（指基础研究与应用研究，下同）投入的人力 10 多年来基本保持在一个平稳发展的水平上，而影响 R&D 人力总量变化的主要因素是试验发展人力。1998 年 R&D 人力总量的滑坡，主要是由于试验发展人力的减少所造成的。其原因主要是由于 1998 年亚洲金融危机对一些国家和地区的经济产生了一定的影响。

虽然我国 R&D 人力资源 10 多年总体来说是在平稳增长，但与我国普通高校招生人数在近 10 年来以 15.2% 的年均增长速度相比还存在一定的差距。高校招生规模的快速扩张，使得具备科技知识的大学毕业生、研究生也高速增长。科技人力资源的存量这 10 多年提高了很多。虽然这些增量真正投入到 R&D 活动中的比例有限，但这种整体素质的提高为我国的 R&D 投入储备了更多的人才。

从 R&D 人力占从业人员的比例看，2001 年，我国每万名从业人员中 R&D 人力为 13 人年，比 1991 年提高了 30%。由此可以看出，我国经济的发展对 R&D 人员的需求和 R&D 人力资源投入的强度在不断提高。从 OECD 公布的数据看，瑞典每万名从业人员中 R&D 人力为 160 人年，日本为 135 人年，美国 R&D 研究人员的密度为 86 人年，新兴工业化国家的韩国也有 66 人年 [3]。与这些国家进行相比，我国 R&D 人力的密度还相差甚远。因此，要想使我国的经济有一个持续、健康的发展，必须要有更多的具备科技知识的人员投入到科技活动中来，特别是 R&D 活动中来。

（二）R&D 人力资源的配置逐渐趋于合理

反映 R&D 人力资源的总体水平，除了总量指标外，结构特征指标也是非常重要的。R&D 人力的主要结构特征包括按活动类型、执行部门的分布情况以及人员层次结构等几个方面。

1. R&D 活动与经济联系在加强，企业的 R&D 人力已超过全国的半数

随着我国 R&D 人力资源绝对数量的逐年增加，R&D 人力按活动类型分布的特征也逐年发生了变化。2000 年投入基础研究人力的比

例为 8.6%，应用研究为 23.8%，试验发展的比例已达 67.6%，与 1991 年相应的结构 9.1%、32.0%、58.9% 相比，从事科学研究人力的比例在下降，而试验发展人力的比例增加较快。可以说，在政策的导向下我国 R&D 活动为经济建设服务的意识越来越强。

从执行部门看，2000 年科研机构的 R&D 人力占全国的 24.8%，高校占 17.3%，而企业的比例已超过全国的半数，达到 52.1%。与 1991 年相比，科研机构 R&D 人力的比例减少了 19 个百分点，高校的比例增加了 6 个百分点，而企业的比例增加了 19 个百分点。科研机构比例减少的一个主要原因是这几年科技体制的重大结构调整，面向产业的科研机构已逐步转制为企业。另一方面，企业在激烈市场竞争环境下，为了增强竞争力，也在不断增加科技人力的投入，2000 年其试验发展人力已占到全国试验发展人力的 71%。上述两方面的因素使得企业 R&D 人力的比例有了较大的增幅。这种结构的变化说明企业已逐渐成为我国 R&D 活动和科技创新的主体。

2. R&D 人力的素质在稳步提高

2000 年，全国 R&D 人力中科学家和工程师的比例达到 75.4%，比 1991 年的比例提高了 5.1 个百分点。这反映出我国 R&D 人力的资历与学历有所提高。从执行部门看，高校的 R&D 人力中科学家和工程师高达 92.9%。虽然高校 R&D 活动投入的人力中有 32.4% 是在读的研究生，如果去掉这个因素，高校 R&D 人力中科学家和工程师的比例还高达 80.9%。科研机构的 R&D 人力中科学家和工程师只占 65.7%，其中，中科院的比例却达到 88.5%，可以看出，高素质的人才主要集中在国家级的科研机构 and 高校中。企业的 R&D 人力中科学家和工程师已达到 73.6%，比科研机构所占的比例还高。这说明企业的科研环境正在改善，对高层次的科技人员已有了较大的吸引力。

（三）R&D 人员的工作条件已有改善，但真正有水平的成果较少

这里主要是从 R&D 人力的人均 R&D 经费（投入强度）与 R&D 人力的人均劳务报酬水平（待遇）来反映 R&D 人员的工作条件。R&D 人员的水平可以用论文、专利（成果）的情况来反映。

1. 人均 R&D 经费虽然有明显加大，但与其他国家相比仍有差距

2000 年，我国 R&D 人力的人均 R&D 经费达到 9.71 万元，而 1991 年只有 2.25 万元，10 年来平均以 17.6% 的速度增长。从执行部门看，科研机构的 R&D 人力人均 R&D 经费为 11.28 万元，其中，中科院的 R&D 人力人均 R&D 经费达到 14.73 万元，企业也高于全国的平均水平，为 11.17 万元，而高等院校只有 4.82 万元。由于统计核算上的原因，高校数据比实际情况偏低。同时由于高校的 R&D 活动一般都是导师带研究生做研究。这种小规模的研究，单项的经费很有限，这是高校 R&D 投入强度偏低的另一个原因。

虽然我国人均 R&D 经费有很大的提高，但与其他国家相比却又很大的差距。2000 年我国 R&D 人力的年人均 R&D 经费按当年汇率折算只有 1.17 万美元，而墨西哥 R&D 人力的人均 R&D 经费 1995 年就为 2.66 万美元，是我国 2000 年的 2 倍多，美国 1999 年为 19.35 万美元、日本 2000 年为 15.84 万美元，法国 1999 年为 10 万美元，韩国 2000 年为 8.87 万美元 [3]，都大大高于我国的水平。

2. R&D 人员的待遇有了提高

2000 年，我国 R&D 人力的人均劳务费为 2.25 万元，比同年科技活动人员的人均劳务费高出近 50%。从执行部门看，科研机构 R&D 人力的年人均劳务费为 2.14 万元，其中，中科院为 3.73 万元；企业 R&D 人力的人均劳务费为 2.81 万元，比企业其他科技人员的劳务费（1.39 万元）高出 1 倍多，这从某个方面体现了企业对 R&D 的重视程度；高等院校只有 0.89 万元（高校的数据存在较大的统计核算误差。《中国统计年鉴 2001》公布的高校 2000 年职工平均工资为 1.42 万元，如果结合其他部门有关数据进行推算，高校 R&D 人力的年人均劳务费应在 2.3 万元以上）。

R&D 经费中劳务费所占的比例，1987 年只有 16.7%，2000 年的比例达到 23.2%，这个水平已经有了很大的提高。从执行部门看：科研机构为 18.9%，其中，中科院为 25.3%；高校为 18.4%；企业超过全国平均水平，达到 25.2%。

如果把我国 R&D 经费中劳务费的比例与其他国家进行比较，可以看到，一般发达国家都在 50% 以上，同处于第三世界的墨西哥也有 55.8%，中国的差距是很明显。这不完全是个人才的观念问题，更主要的我国的经济实力和劳动力成本都还处于较低的水平上。

3. R&D 的产出已达到一定的规模，但质量与水平与发达国家还存在差距

R&D 的产出主要用专利、论文来衡量。其中，企业的产出主要为专利，高校的产出主要在论文上，而科研机构则二者并重。

（1）专利情况。2000 年 R&D 资源清查所调查的单位中，专利申请数 35222 件，虽然只占全国专利职务申请数的 66%，但其中的发明专利申请数已基本涵盖全国的范围。从执行部门看，企业的发明专利最多，占总量的 65.67%。每 1000 R&D 人力申请发明专利数也是企业最多，为 17.5 件，高等院校为 13.1 件，科研机构只有 7.7 件。但在科研机构中，中国科学院的发明专利申请数占全部科研机构的 67.31%，而且每 1000 R&D 人力发明专利申请数达到 42.6 件，是高校的 3.3 倍，企业的 2.4 倍。

虽然企业的专利申请总数占全部调查单位的 78.3%，但只有 8.6% 的企业申请了专利。可以说，企业的专利仍集中在少数有技术实力的企业中，虽说企业的技术创新涉及到多方面的因素，但科学技术活动仍然起决定性的作用。因此，这从另一个角度也反映出我国企业的 R&D 与创新能力还很薄弱，其中大中型工业企业更显薄弱，其专利申请数只占全部企业的 33.1%（小型工业企业所占比例达到 61.7%）。

为了能比较世界各国专利的情况，OECD 采用了“专利族”的概念来反映各国专利的数量，这种方法消除了由不同国家对专利的不同界定而引起的偏差 [2]。然而，经济发展水平不同的国家，其专利的技术含量也不同，为了能在同一个水平上进行比较，OECD 选取了在有世界上有代表性、又特别繁忙的欧洲专利局（EPO）、美国专利与商标局（USPTO）、日本特许厅（JPO），将各国在这三个专利部门

(OECD 称为“triadic”)都获准的“专利族”数来反映其专利水平。从 1997 年的数据看,美国数量最多,为 14499 件,日本第二,为 10084 件,德国、法国、英国都在千位数,其他经济较发达的国家大多在百位数以上,而我国企业 1996 年只有 22.8 件,可以说,在全球经济竞争的环境中我国企业的国际竞争力还有很大的差距。

(2) 论文情况。高校发表科技论文数为 406187 篇,占总数的 68.6%。科研机构为 98973 篇,只占总数的 16.7%。每 1000 R&D 人力发表科技论文,高校也是最多,达 2551 篇。其次是中科院,为 741 篇。

R&D 活动的学术水平除了体现在科技论文的数量外,更重要是体现在论文的质量上。科技期刊是论文的主要载体。根据《中国科技论文统计与分析》报告中公布的数据:1998 年我国科技期刊的平均影响因子为 0.170,虽然 1999 年上升到 0.208,但是,我国科技期刊影响因子最高的《力学学报》也只有 0.506,在世界上排于 3300 名之后,这说明我国论文的总体水平还很有限。

虽然高校的论文多,但由于高校大多是由导师带研究生做研究,而且许多学校都要求研究生在毕业前至少要发表 1~3 篇论文,由于学生在校时间短、流动性高,所以,论文的质量受到很大的影响。从图 2 可以看出,大学期刊论文的影响因子是最低的[4]。

总的来说,我国的 R&D 成果是论文多而专利少,申请专利与发表论文的比例大约为 1:17。其中,企业的 R&D 成果主要体现在专利上,其拥有的发明专利数占总量的 78.0%。也就是说,企业的科技活动与经济结合得最为密切;科研机构的 R&D 活动是学术研究与产业研究并重,但申请专利与发表论文的比例为 1:34;高等学校的 R&D 成果中虽然专利的数量占有一定的份额,但产出主要还是体现在论文与著作中,申请专利与发表论文的比例为 1:113。也就是说,偏重于学术研究,与产业的联系还不够。

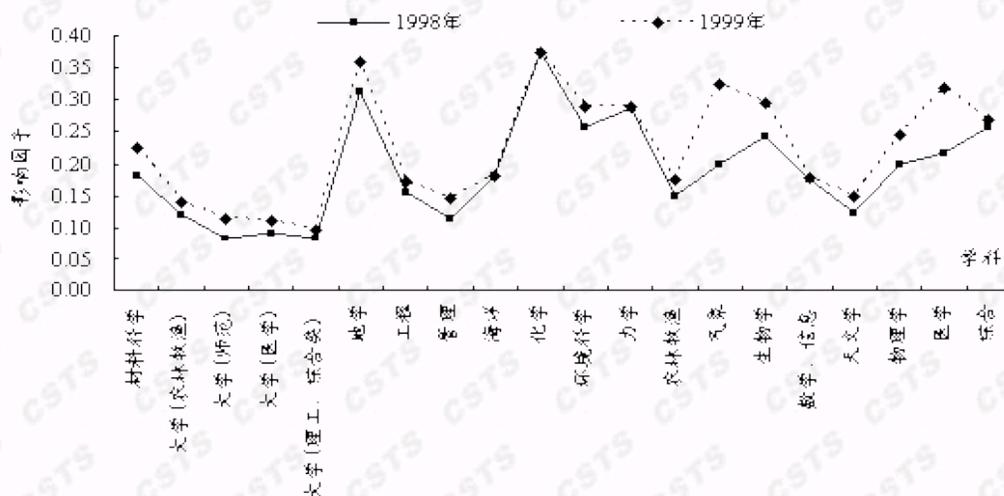


图 2 1998、1999 年我国科技期刊影响因子的学科分布

数据来源:《中国科技论文统计与分析》1999。

二、R&D 人力资源的分布特征

(一) R&D 人力资源的学科分布 主要集中在工程与技术科学领域

我国 R&D 人力分布:自然科学领域占 10.9%,农业科学领域占 6.5%,医药科学领域占 9.9%,工程与技术科学领域高达 69.1%,而人文与社会科学领域只有 3.6%。下面,进一步从各学科领域中的一级学科来看 R&D 人力资源的分布情况:

自然科学:其中生物学、地球科学、化学 3 门学科占 69.1%;

农业科学:农学与畜牧、兽医科学 2 门学科占了 78.4%;

医药科学:临床医学、药学、中医学与中药学 3 门学科占 79.7%;

工程与技术科学:电子、通信与自动控制技术占 21.0%,加上航空、航天科学技术、机械工程、材料科学、化学工程、计算机科学技术 7 门学科占 68.6%;

人文与社会科学:经济学比较突出,占 22.8%,教育学占 15.2%,历史学、文学、法学、语言学、艺术学分别占 5%~6% 左右。

如果把各学科的 R&D 项目投入人力与 R&D 项目人均经费进行对比,可以看出,R&D 资源的配置还存在一些不均衡的现象,虽然有部分学科不需要很多 R&D 人力,而且投入强度比较高,但在有限的 R&D 经费约束下,仍可以看出有些学科投入到 R&D 的人力规模与强度不协调。例如:信息科学与系统科学 R&D 项目投入人力排名较靠后,但人均 R&D 项目经费达到 11.8 万元,排在前 7 名。与此情况类似的学科还有交通运输工程、冶金工程技术、工程与技术科学基础学科、药学、食品科学技术、纺织科学技术。上述情况有两种原因:一种情况是该学科本身不需要很多人力,且需要较高的资金投入(例如,核科学技术);另一种情况是该领域的需求较高,但在这个学科领域还很缺乏相应的人才,其中,药学人才的短缺很明显,应引起重视。相反,机械工程 R&D 项目投入的人力排名第 3,而人均 R&D 项目经费排在较后的位次上,该学科在早期是比较热门的学科,现在看来,当人员投入规模超出一定限度就会出现冗余,而且,该学科已不是当采学科了。农业科学平均每个项目投入的人力只有 2.2 人年,小规模的项目使得人均 R&D 项目经费排在所列学科的第 25 位。是该学科不需要很高的 R&D 投入,还是该学科的 R&D 投入强度明显不足,这个问题值得思考。

(二) 工业企业 R&D 人力的行业分布与其工业增加值的关系并不明显

“八五”初期，我国经济活动中第一产业占 60%，第二产业占 21%，第三产业占 19%，还没有超出低收入发展中国家的水平。到“九五”期末，我国 GDP 中三次产业的关系已进入“二三一”阶段，也就是工业化的中期阶段。从 2000 年 R&D 人力资源在三次产业的分布情况看，第一产业占 0.8%，第二产业占 48.8%，第三产业占 50.4%。可以看出，第一产业科技人力的投入还是一个薄弱的环节，由于政府部门属科研机构与高等院校归属在第三产业中，如果排除这个因素，从经济发展的角度看，第二产业目前仍是我国科技活动的主要力量。

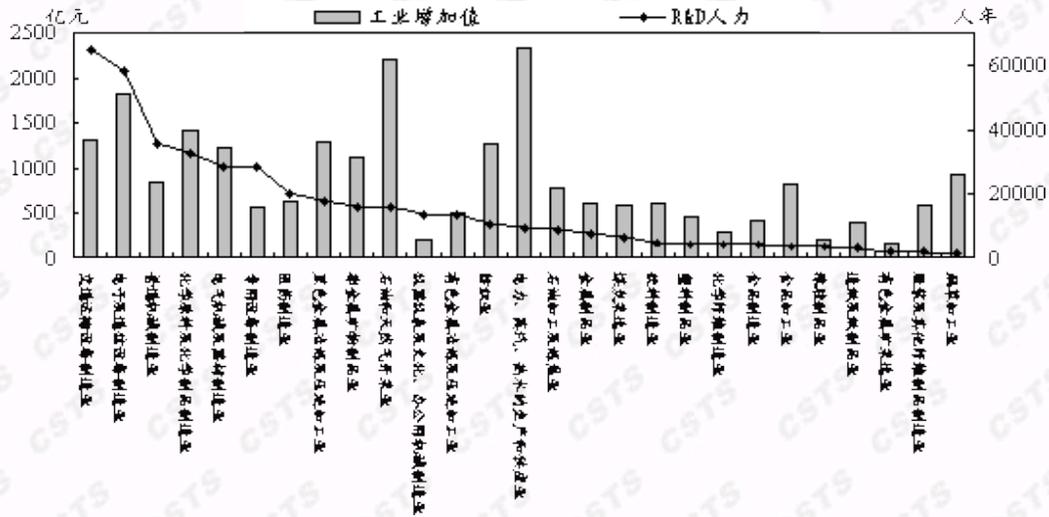


图 3 2000 年工业企业部分行业 R&D 人力与工业增加值的分布情况

数据来源：《全国 R&D 资源清查》2000 年统计数据。

图 3 是工业企业部分行业 R&D 人力与工业增加值的对照图。从图 3 的数据可以看出，一些传统型的产业 R&D 人力投入量较低，如垄断行业中的石油开采业、能源生产和供应业，附加值高的烟草、食品业等，这些行业一般自行研发少，委托 R&D 活动多。而涉及到高技术的产业，其 R&D 人力投入明显比较高，但其中部分行业的工业增加值却与投入的 R&D 人力不协调，这是由于我国这些高技术产业还处于发展期，尚未达到经济规模，另外，有些高技术领域的关键技术或核心技术还掌握在外国人的手里，其高附加值部分被外国人赚走。其他一些 R&D 人力与工业增加值反差比较大的行业，到底是该行业的技术含量比较低，还是科技投入不足需结合其它有关信息作进一步的分析。

(三) 内资企业 R&D 人力的整体情况与“三资”企业有很大的差距

2000 年，内资企业的 R&D 人力为 42.4 万人年，占企业 R&D 人力的 88%，也就是说，港澳台与外商投资企业的 R&D 人力已占到企业 R&D 人力的 12%。随着经济的全球化，国外一些有实力的大公司借助中国的科技人力资源开始在我国建立自己的研发机构，这种趋势越来越明显。

虽然内资企业的 R&D 人力总量占绝对优势，但从 R&D 人力的人均经费看，内资企业平均为 10.1 万元 / 人年，其中，国有及国有控股的工业企业只有 6.2 万元 / 人年，而港澳台投资的企业为 18.2 万元 / 人年，外商投资的企业达到 20.4 万元 / 人年。由此可以看出，内资企业的 R&D 投入力度与“三资”企业还有很大的差距。从 R&D 人力的人均劳务费看，内资企业平均只有 2.6 万元，港澳台投资的企业为 4.0 万元，外商投资的企业却达 5.2 万元，其中，外商独资企业高达 10.2 万元。所以说，无论是 R&D 投入的力度还是 R&D 人员的工作条件，内资企业明显不如“三资”企业。另外，内资企业 R&D 人力中全时人力的比例为 74.6%，而外资企业在 82% ~ 83%，也就是说，外资企业让 R&D 人员专心从事科研的环境要好于内资企业。因此，如果外企在我国建立研发机构的趋势迅猛发展，这种差异将会导致内资企业的许多优秀科技人才流失。

三、几点结论

(一) R&D 人力资源总量发展平稳，但相对规模和投入强度明显不足

我国 R&D 人力总量已排在世界前列，仅次于美国和俄罗斯。但我国每万名从业人员中 R&D 人力的比例却大大低于经济较发达的国家。而且，人均 R&D 经费仅是 OECD 在《Main Science and Technology Indicators, November 2002》中公布的国家或地区平均水平的 1/58。然而，R&D 人力资源的投入强度与经济增长是相互依存的：一方面是，经济增长 → 国家富足 → 对 R&D 则有更多的投入；另一方面是，R&D 投入增长 → 科技进步 → 促进经济增长。因此，不能单方面强调 R&D 投入强度不够，在经济实力有限的情况下，

在加强投入的同时，应更加注重下面提到的投入效率与结构平衡的问题。

（二） R&D 活动的效率需要进一步提高

R&D 活动效率可以从论文和专利两个产出指标来反映。综合《SCI》、《ISTP》、《EI》三大检索系统的统计结果，我国 2001 年科技论文总数为 64526 篇，在世界上排名第 6。而且，“九五”时期，平均每年以 15.9% 的速度在增长。但是，我国科技论文的产出率与其他国家相比仍有很大的差距。2000 年，每 100R&D 人力的科技论文数，瑞士为 40.8 篇，加拿大为 38.0 篇，意大利为 34.2 篇，美国为 34.4 篇（1999 年，以 R&D 研究人员为基础计算），英国为 73.0 篇（1998 年，以 R&D 研究人员为基础计算），法国为 22.5 篇，韩国为 17.1 篇，日本为 13.8 篇，台湾地区为 16.0 篇，而我国只有 5.4 篇。另外，从专利指标看，“九五”时期，虽然我国发明专利的国内申请受理量平均每年以 21.9% 的速度增长，但从 1995 年起我国专利的国外申请量就一直保持着大于国内申请量的势头，这反映出我国企业的 R&D 与创新能力相对还很薄弱。

R & D 产出的效率虽然受到资金投入的一定影响，但是，由于竞争激烈，科技人员的生存压力较大，不能全身心地投入到研究工作中。因此，如何给科技人员以宽松的环境，充分发挥科技人力资源的作用是管理层应该认真考虑的问题。

（三）我国 R&D 人力资源配置的结构发生好转，但地区分布失衡

以 2000 年的数据为例，如果按人均 GDP 的大小将各省市划分为三组：经济较发达地区（人均 GDP 在 1 万元以上）、经济中等发达地区（人均 GDP 在 5 千 ~1 万元之间）、经济较落后地区（人均 GDP 低于 5 千元），其中，陕西、四川则由于历史原因，虽然经济还比较落后，但科技力量却比较强。

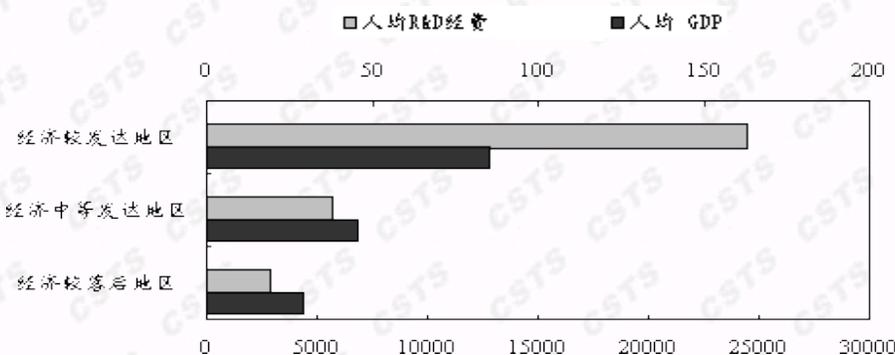


图 4 R&D 强度与人均 GDP 的关系（不含四川、陕西）

从图 4 可以看出，R&D 投入的强度与其经济发展的水平是一致的。也就是说，经济相对发达的地区，R&D 人力资源投入的强度也较高。另外，与经济上的差距相比，三组地区在 R&D 方面的差距更加明显，可以说，科技的落后严重地影响了经济的发展。

参考文献

- [1] OECD，科技人力资源手册，新华出版社，2000.10
- [2] OECD，专利科技指标手册，新华出版社，2000.10
- [3] OECD，Main Science and Technology Indicators，Paris，November 2002
- [4] 中国科学技术信息研究所，《中国科技论文统计与分析》1999，2000
- [5] 魏怡华，金融危机后的东亚经济及其对中国经济增长的影响和启示，预测 1999.5
- [6] 王晓东，基础研究人力资源的合理配置，科学管理研究，1998.10