

城市创新指数设计 与实证研究

——以广东省广州市为例

- 刘明广 副教授 (华南师范大学公共管理学院 广州 510006)
- ▲ 基金项目: 广州市科技计划软科学研究“广州城市创新指数研究”, 项目编号: 201510020010; 广东省科技计划项目“广东省创新调查研究”, 项目编号: 2014A080803009
- ◆ 中图分类号: F061.5 文献标识码: A

内容摘要: 提升城市创新能力、建设创新型城市是建设创新型国家的重要基础和有力保障。因此, 建立科学的城市创新能力评价方法与指标体系, 对城市创新状况进行全面的考察, 进而为政府部门制定创新发展政策提供参考依据, 具有重要的现实意义。本文在综述国内外创新指数研究成果的基础上, 首先对广东省广州城市创新指数进行设计, 主要包括指标的权重计算方法设计, 指标数值的规范化以及综合方法设计; 其次从创新投入、创新产出、创新主体以及创新环境支撑四个维度提出广州城市创新指数指标体系; 最后对广州城市创新指数进行实证测算, 并给出一些具体的政策建议。

关键词: 城市创新 创新指数 指标体系 测算

研究缘起

指数是用于综合反映由多种因素组成的经济现象在不同时间或空间条件下平均变动的相对数(徐国祥, 2011; 姜慧等, 2014)。目前, 指数分析方法在社会经济领域得到了非常广泛的运用, 常见的指数包括物价指数、股票价格指数、美元指数、原油指数、人类发展指数、空气污染指数以及幸福指数等。随着经济全球化、贸易自由化的不断深入, 国家或地区之间的竞争也日趋激烈, 创新已逐渐成为提升国家或地区经济增长和国际竞争力的核心要素。由此引发一个新的研究话题, 即一个国家或地区如何动态测量自身的创新发展状况, 进而为制定创新政策提供参

考依据(杨武等, 2014)。将指数分析方法引入到创新领域对一个国家或地区进行创新状况评价, 在国际上已经形成了一些比较有影响力的研究报告, 主要包括: 美国 1995 年开始推出的《硅谷指数》、Furman 等人(2002)构建的《国家创新能力指数》”(National Innovation Capacity Index, NICI)、欧盟委员会分别于 2001 年和 2006 年开始发布的《欧洲创新记分牌》(European Innovation Scoreboard, EIS)和《全球创新记分牌》(Global Innovation Scoreboard, GIS)、英国罗伯特·哈金斯协会 2002 年开始发布的《全球知识竞争力指数》(World Knowledge Competitiveness Index, WKCI)、日本 2006 年推出的《日本科技创新指数》以及欧洲工商管理学院 2007 年开始发布的《全球创新指数》(Global Innovation Index, GII)等; 与国外相比, 国内创新指数的研究相对较晚一些, 目前比较成熟的研究报告包括: 上海统计局 2005 年开始推出的《张江创新指数》、北京统计局 2005 年开始发布的《中关村指数》、中国人民大学课题组 2007 年推出的《中国 31 省市区创新指数研究报告》、杭州 2008 年开始正式发布的杭州创新指数、天津市科学技术委员会 2008 年开始发布的《中国创新型城市评价报告》以及中国科学技术发展战略研究院 2011 年正式发布的《国家创新指数报告》等(李芹芹等, 2013; 倪芝青等, 2011)。

从以上各类国内外比较有影响力的研

究报告可以看出, 运用创新指数对一个国家或地区的创新状况进行动态评价日益受到政府部门和学术界的重视。由于城市是我国建设创新型国家的重要基础, 所以建设创新型国家必须先从建设创新型城市开始, 要建设好创新型城市, 对城市的创新状况进行客观、科学地评价是一项首要工作, 这从以上国内各类创新指数研究报告也可以看出, 国内的创新指数研究起源于城市创新指数。随着我国创新城市建设的兴起, 社会迫切需要开展更多城市创新指数的理论与实践研究。基于以上分析, 本文在对国内外创新指数综述的基础上, 以广东广州为例对广州城市创新指数进行设计, 并进行实证评价研究, 最后根据评价结果给出进一步提升广州城市创新能力的政策建议。

广州城市创新指数设计

广州城市创新指数主要是指在时间或空间条件下, 综合反映广州城市创新能力的总体变动方向和程度, 以及总体变动中各因素影响方向和程度的相对数。与传统的城市创新能力评价方法(因子分析法、主成分分析法、灰色关联度分析法、层次分析以及数据包络分析法等)所不同的是, 广州城市创新指数能够连续评价广州城市创新能力长时间内的变化趋势, 不会因为动态数据的增加使得计算结果不具有可比性。广州城市创新指数的设计是一项系统工程, 主要涉及指标的权重计算方法设计, 指标数值的规范化以及综合方法设计三个关键步骤。

(一) 广州城市创新指数的指标权重计算方法设计

目前, 确定指标权重的方法主要有主观赋权、客观赋权和主客观组合赋权三大类方法(叶叶成等, 2006)。在每类赋权方法下又有很多具体方法, 如主观赋权法包括相对比较法、连环比率法、德尔菲法、层次分析法以及模糊评分法等; 客观赋权法包括熵权法、均方差法、逼近理想点法、主成分法、拉开档次法、集对分析法以及数据包络分析法等(谭娜, 2013); 主客观组合赋权法是将上述两大类方法进行组合。针对上述众多确定指标权重的方法, 广州城市创新指数的指标权重计算方法设计思路如下:

首先, 采用主观赋权法中的“逐级等权法”确定各级各分项指标权重, 即创新投入、创新产出、创新主体以及创新环境

支撑四个分类维度的权重各为 1/4；在下属的二级以及三级指标的某一层级里假设有 k 个分指标，则这 k 个分指标的权重分别为 $1/k$ 。该方法在国内外一些权威的创新指数或竞争力指数报告中通常被采用，如欧盟的创新记分牌 (EIS)、佛罗里达的 3T 创意指数、全球竞争力指数 (GCI)、新加坡标准创意指数、国家创新指数报告以及中国创新指数研究报告等。

其次，采用客观赋权方法中熵权法确定指标权重。如果某项指标的数值变异程度越大，对应的信息熵就越小，即该指标对评价结果的排序影响程度就越大，则该指标的权重也应越大；反之，如果某项指标的数值变异程度越小，对应的信息熵越大，该指标对评价结果的排序影响程度就越小，则该指标的权重也应越小。广州城市创新指数的指标熵权可以按照如下步骤进行：

第一步：对所有三级指标进行正项归一化处理：

$$x'_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} & \text{正项指标} \\ \frac{x_{\max} - x_{ij}}{x_{\max} - x_{\min}} & \text{负向指标} \end{cases} \quad (1)$$

式 (1) 中， x_{ij} 表示第 i 年第 j 项指标原始数据值， x_{\max} 和 x_{\min} 是所有参评年份中第 j 项指标的最大值和最小值。

第二步：计算第 j 项三级指标在第 i 年所占的比重：

$$f_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^m x'_{ij}} \quad (2)$$

第三步：计算第 j 项三级指标的初级熵权：

$$H_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m f_{ij} \cdot \ln f_{ij}, \quad j=1,2,\dots,n \quad (3)$$

式 (3) 中， m 为年份数，当 $f_{ij}=0$ 时，规定 $f_{ij} \cdot \ln f_{ij}=0$ ，则第 j 项三级指标的初级熵权为：

$$W_j = \frac{1 - H_j}{n - \sum_{i=1}^n H_j} \quad (4)$$

式 (4) 中， n 为三级指标个数。

第四步：对二级指标下对应的三级指标初级熵权值进行调整，从而得出所有三级指标的最终熵权值。由于广州城市创新指数指标体系的层级数为三层，按照式 (4) 计算出来的所有三级指标熵权值和为 1。

与主观赋权法一样，广州城市创新指数的设计需要各二级指标下对应的三级指标初级熵权值和为 1 才满足后续计算需要。因此，需要对各二级指标下对应的三级指标初级熵权值进行归一化处理，使其和为 1。

第五步：根据最终的三级指标熵权值，按照上文中第二步到第四步的计算步骤，可以依次计算出二级指标和一级指标的熵权值。

最后，根据主观赋权法中“逐级等权法”以及客观赋权法中熵权法各自评价的广州城市创新指数结果，综合判定是否需要采用主客观组合赋权法。如果上述两种赋权方法在广州城市创新指数测量结果上差异不大，则直接采用“逐级等权法”确定指标权重，这会使得后续计算简单化；如果上述两种赋权方法在广州城市创新指数评价结果上差异较大，则需要将“逐级等权法”和熵权法进行组合赋权。

(二) 广州城市创新指数的指标数值规范化

由于指标数值通常在量纲、计量单位和数量级别存在较大差别，需要对指标数值进行规范化处理才能进行合成计算。目前，对指标数值进行规范化的方法主要有线性函数法和非线性函数法两大类，线性函数法包括基准值比较法、最大值比较法、极小值比较法、满意值比较法、均值比较法以及最大最小值比较法等；非线性函数法则是根据指标数据特点构造相应的规范化非线性转换函数。一般来说，对于指标数值变动比较平稳，评价中又鼓励平稳发展的情况，采用线性函数法规范化方法；对于指标值变动不均衡，在指标数值的不同区域内，实现指标数值的困难程度不同，采用非线性函数规范化方法 (袁志红, 2012)。另外，数据的规范化还要考虑广州城市创新指数测量的连续性，很多规范化方法不能保证随着后续评价数据的增加，使得规范化后的数值以及测量结果具有可比性。广州城市创新指数的设计需要能够连续测量广州城市创新能力的发展状况，而且没有对某些指标数值有特别的发展要求。

因此，本文采用线性函数法中的基准值比较法对三级指标数据进行规范化处理，具体公式如下：

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{2007j}} \times 100 \quad (5)$$

式 (5) 中， x_{ij} 为第 i 年第 j 项三级指标数值； x_{2007j} 是以广州市第 2007 年第 j

项三级指标作为基准值。

(三) 广州城市创新指数的指标数值综合方法设计

广州城市创新指数的指标数值综合方法采用线性加权法，该方法也是目前采用较多的一种系统综合方法。根据式 (5) 规范化后的指标数据从三级指标向一级指标逐级进行线性加权计算，第 1 项和第 2 项二级分类指数值按式 (6) 计算。

$$d_{ik} = \sum_{j=1}^2 w_{(j+2k-2)} \cdot y_{i(j+2k-2)} \quad (6)$$

第 3 项指标分类指数值按式 (7) 计算；第 4 至 7 项二级分类指数值按式 (8) 计算；第 8 和第 9 项二级分类指数值按式 (9) 计算。

$$d_{i3} = \sum_{j=5}^8 w_j \cdot y_{ij} \quad (7)$$

$$d_{ik} = \sum_{j=1}^5 w_{(j+5k-12)} \cdot y_{i(j+5k-12)} \quad (8)$$

$$d_{ik} = \sum_{j=1}^4 w_{(j+4k-4)} \cdot y_{i(j+4k-4)} \quad (9)$$

以上各式中 d_{ij} 为二级分类指数值， w 为权重， y 为三级指标数据的规范化值， i 为年数，在式 (6) 中 k 取 1 和 2，在式 (8) 中 k 取 4、5、6 和 7，而在式 (9) 中 k 取 8 和 9。

之后，根据以上 9 项二级分类指数的计算结果，再采用类似的方法可以综合成创新投入、创新产出、创新主体以及创新环境支撑四项一级分类指数，然后按同样方法再将这 4 项一级分类指数合成为总指数。

广州城市创新指数测算

(一) 广州城市创新指数的指标体系构建

运用创新指数方法对广州城市创新能力进行评价，首先需要构建一套完整的指标体系。通过对硅谷指数、英国城市竞争力指数、全球城市竞争力指数、滨江创新指数、杭州创新指数、张江创新指数、中关村指数、中国创新城市评价报告以及相关学术论文进行汇总分析，本文将城市创新能力定义为：在城市地理区域范围内，在一定的创新环境支撑条件下，不同的创新参与者 (包括了企业、大学、研究机构、政府以及各类中介服务机构等) 充分利用各自优势，相互促进与协调，通过对各类创新资源的投入与合理使用，促进资金、技术、人才以及信息的有序流动，创造出新知识和新技术，并且将

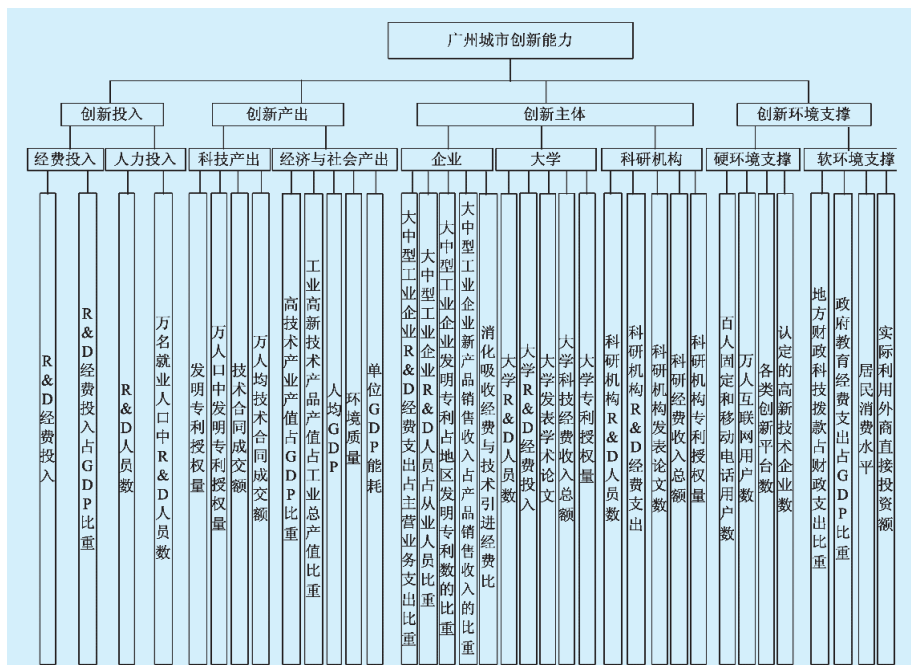


图1 广州城市创新指数指标体系图

其转化为新工艺、新产品和新服务，从而达到城市经济、社会以及人民生活具备可持续提升的综合能力。

根据上述城市创新能力的定义，结合广州市软科学专项《广州城市创新指数》的申报指南要求，将广州城市创新指数的指标体系即城市创新能力指标体系分成创新投入、创新产出、创新主体以及创新环境支撑四个分类维度；四个分类维度下包括经费投入、人力投入、科技产出、经济与社会产出、企业、大学、科研机构、硬环境支撑与软环境支撑9个二级指标；二级指标下共有36个三级指标。具体的广州城市创新指数指标体系如图1所示。

(二) 广州城市创新指数测算结果

根据图1所示的广州城市创新指数指标体系，通过查询广东科技指标数据库、广东统计年鉴、广州市统计年鉴以及广州科技统计数据，获取2007-2013年的广州城市创新指数各项指标数据。以2007年各项指标数据为基准值，依照本文广州城市创新指数的指标权重计算方法，分别采用“逐级等权法”以及熵权法中确定各项指标权重，并按照广州城市创新指数的指标数值综合方法分别进行测算，具体测算结果如表1所示。

将表1中各指数值的第一行和第二行分别表示按“逐级等权法”和熵权法确定指标权重的测算结果，无论是总指数还是分类指数，两种权重下的测量结果相差不多，为了后续计算的简单化，以“逐级等权法”作为广州城市创新指数的指标权

重确定方法。

(三) 广州城市创新指数测算结果分析

从整体上看，当以2007年各项指标为基准值时，广州城市创新总指数2008-2013年分别为：115.97、137.52、153.73、188.15、214.66和229.31，年均增长为14.73%；创新投入一级分类指数2008-2013年分别为：113.48、148.27、150.22、182.07、194.79和218.01，年均增长为14.42%；创新产出一级分类指数2008-2013年分别为：117.33、135.07、166.06、210.17、246.64和262，年均增长为17.64%；创新主体一级分类指数2008-2013年分别为：129.33、156.67、171.24、207.48、243.88和255.29，年均增长为14.77%；创新环境支撑一级分类指数2008-2013年分别为：103.85、110.06、127.38、152.87、173.31和206.76，年均增长为14.88%。

由此可见，广州无论总指数还是四项一级分类指数在2008-2013年间平均每年以14.42%-17.64%的速度在增长，这说明近五年来广州整体创新能力持续增长，具体表现在创新投入力度不断提高，创新产出能力不断增强，创新主体的创新能力不断提升，创新环境支撑也保持良好发展态势。

从广州城市创新指数的9项二级分类指数看，各二级分类指数也有不同程度的增长。经费投入二级分类指数2008-2013

年分别为：119.77、151.7、158.38、186.69、199.89和212.81，年均增长12.49%；人力投入二级分类指数2008-2013年分别为：107.19、144.84、142.06、177.45、189.69和209.22，年均增长15.06%；科技产出二级分类指数2008-2013年分别为：135.19、157.64、201.48、281.08、347.35和368.76，年均增长22.73%；经济与社会产出二级分类指数2008-2013年分别为：99.48、112.49、130.64、139.25、145.92和157.58，年均增长9.72%；企业二级分类指数2008-2013年分别为：139.33、180.14、169.86、176.05、199.66和159.58，年均增长4.11%；大学二级分类指数2008-2013年分别为：121.28、134.5、160.22、207.12、237.2和260.68，年均增长16.74%；科研机构二级分类指数2008-2013年分别为：127.07、155.36、183.66、239.27、294.79和320.73，年均增长20.55%；硬环境支撑二级分类指数2008-2013年分别为：107.91、113.26、151.36、186.04、214.93和255.07，年均增长19.14%；软环境支撑二级分类指数2008-2013年分别为：99.8、106.85、103.4、119.69、131.69和137.05，年均增长19.14%。

由以上数据可以看出，广州市经费投入和人力投入两项二级分类指数对创新投入指数的贡献差别不大，而且这两项二级分类指数年均增长幅度也基本持平；科技产出二级分类指数大于经济与社会产出二级分类指数对创新产出指数的贡献，同时科技产出二级分类指数的年均增长幅度也远大于经济与社会产出二级分类指数的年均增长幅度；尽管企业、大学和科研机构二级分类指数对创新主体分类指数的贡献差别不大，但是大学和科研机构两项二级分类指数的年均增长幅度要远大于企业二级分类指数的年均增长幅度；硬环境支撑二级分类指数大于软环境支撑二级分类指数对创新环境支撑指数的贡献，同时硬环境支撑二级分类指数的年均增长幅度也远大于软环境支撑二级分类指数的年均增长幅度。

结论与建议

综上所述，根据2008-2013年广州城市创新指数的测算结果，可以得出以下结论与建议：

在2008-2013年间,除了经济与社会产出以及软环境支撑二级分类指数在2008年小于100以外,总指数以及其它所有分类指数(不包含三级指标)均大于100,这说明广州无论是整体创新能力还是子类创新能力总体上是持续提升的,广州城市创新能力持续提升的主要贡献来源于创新产出和创新主体两个影响因素,创新投入和创新环境支撑两个影响因素在一定程度上制约了广州城市创新能力的进一步提升。因此,要进一步提升广州城市创新能力,首先可以从改善广州创新投入和创新环境支撑两方面出发。

在创新投入方面,创新投入一级分类指数以及经费投入和人力投入两项二级分类指数年均分别增长14.42%、12.49%和15.06%。由此可见,要提高广州创新投入能力首先要提高广州R&D经费投入水平。按照广州国家创新型城市建设总体规划(2011-2015年)的要求,在2012年和2015年广州R&D经费投入占GDP比重分别达到2.6%和2.8%,事实上,广州R&D经费投入占GDP比重从未超

过2%,这与规划目标还有很大的差距,与国内其他一线城市如北京、天津和上海的差距更大。在创新环境支撑方面,创新环境支撑一级分类指数以及硬环境和软环境支撑二级分类指数年均分别增长14.88%、19.14%和6.74%。因此,在改善广州创新环境支撑方面,应重点改善广州创新软环境支撑,主要是增加地方财政科技拨款,提高政府对教育的支持程度,引导居民提高消费以及拓展外商投资渠道等。

除了改善广州创新投入和创新环境支撑两方面能够进一步提升广州城市创新能力,在创新产出和创新主体两大影响因素方面也有值得改善的地方。在创新产出方面,创新产出一级分类指数以及科技产出和经济与社会产出二级分类指数年均分别增长17.64%、22.73%和9.72%。由此可知,经济与社会产出能力还有待进一步的提升。事实上,创新的最终目的是为社会提供新产品和服务,提高人民生活质量,而科技产出只是一种中间产出,如果最终不能实现提高经济与社会产出能力,创新就

失去了意义。因此,广州今后应该重点提高经济与社会产出能力,加强企业对科技产出的吸收与转化能力。在创新主体方面,企业、大学和科研机构二级分类指数年均分别增长4.11%、16.74%和20.55%。可以看出,广州企业创新能力有待进一步提高,主要是要提高广州大中型工业企业R&D经费支出占主营业务支出比例、大中型工业企业R&D人员占从业人员比重、大中型工业企业发明专利占地区发明专利数的比重、大中型工业企业新产品销售收入占产品销售收入的比重以及消化吸收经费与技术引进经费比等。

参考文献:

1. 徐国祥. 统计指数理论、方法与应用研究[M]. 上海: 上海人民出版社, 2011
2. 姜慧, 曾群超. 区域中小企业创新指数体系构建研究[J]. 科技管理研究, 2014(13)
3. 杨武, 肖俊雄, 解时宇. 基于景气状态测度的国家科技创新景气指数研究——以中美日法德为例[J]. 科研管理, 2014, 35(3)
4. Jeffrey L. Furmana, Michael E. Porter b, Scott Stern. The determinants of national innovative capacity[J]. Research Policy, 2002(31)
5. European Commission. Global Innovation Score board(GIS) Report[EB/OL]. http://ec.europa.eu/growth/industry/innovation/facts-figures/scoreboards/index_en.htm. 2006
6. Robert Huggin, Hiro Izus, Will Davies, etc. World Knowledge Competitiveness Index [EB/OL]. <http://www.cforic.org/downloads>
7. Dutta Soumitra, Lanvin Bruno, Wunsch-vincent Sacha. The Global Innovation Index 2008-2014[EB/OL]. <http://www.globalinnovationindex.org/gii/>
8. 李芹芹, 刘志迎. 国内外创新指数研究进展述评[J]. 科技进步与对策, 2013, 30(2)
9. 倪芝青, 林晔, 沈悦林等. 城市创新指数指标体系研究[J]. 科技进步与对策, 2011, 28(6)
10. 叶义成, 柯丽华, 黄德育等. 系统综合评价技术及其应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2006
11. 谭娜. 创意指数体系构建机制探析——基于创意、创新及竞争力指数体系比较研究[J]. 东岳论丛, 2013, 34(11)
12. 国家统计局社科文司“中国创新指数(CII)研究”课题组. 中国创新指数研究[J]. 统计研究, 2014, 31(11)
13. 袁志红. 城市创新指数的设计与选择研究——以太原为例[J]. 科技管理研究, 2012(15)

表1 广州城市创新指数测算结果

年份	总指数	分类指数	1. 创新投入		2. 创新产出		3. 创新主体			4. 创新环境支撑	
			经费投入	人力投入	科技产出	经济与社会产出	企业	大学	科研机构	硬环境支撑	软环境支撑
2008	115.97 116.65	二级分类指数	119.77	107.19	135.19	99.48	139.33	121.28	127.07	107.91	99.80
		一级分类指数	121.36	107.23	135.7	101.78	137.92	121.63	128.89	109.24	101.99
2009	137.52 136.86	二级分类指数	151.70	144.84	157.64	112.49	180.14	134.50	155.36	113.26	106.85
		一级分类指数	155.03	144.95	154.41	112.53	180.88	133.01	158.44	115.53	108.78
2010	153.73 154.72	二级分类指数	148.27		135.07		156.67			110.06	
		一级分类指数	149.9		134.94		154.69			112.38	
2011	188.15 190.24	二级分类指数	158.38	142.06	201.48	130.64	169.86	160.22	183.66	151.36	103.40
		一级分类指数	164.09	142.23	196.58	129.66	169.15	157.83	187.99	154.21	106.47
2012	214.66 217.06	二级分类指数	150.22		166.06		171.24			127.38	
		一级分类指数	152.96		165.47		170.9			131.97	
2013	229.31 235.22	二级分类指数	186.69	177.45	281.08	139.25	176.05	207.12	239.27	186.04	119.69
		一级分类指数	195.7	177.72	267.59	138.6	175.17	205.95	246.11	190.02	123.64
2013	229.31 235.22	二级分类指数	182.07		210.17		207.48			152.87	
		一级分类指数	186.55		207.62		210.6			159.09	
2012	214.66 217.06	二级分类指数	199.89	189.69	347.35	145.92	199.66	237.20	294.79	214.93	131.69
		一级分类指数	210.94	189.99	328.39	145.44	190.83	234.29	304.66	220.64	136.27
2013	229.31 235.22	二级分类指数	194.79		246.64		243.88			173.31	
		一级分类指数	200.28		243.33		245.94			181.33	
2013	229.31 235.22	二级分类指数	212.81	209.22	368.76	157.58	159.58	260.68	320.73	255.07	137.05
		一级分类指数	226.75	209.58	353.17	157.06	155.72	258.74	333.6	263.32	141.93
2013	229.31 235.22	二级分类指数	218.01		262		255.29			206.76	
		一级分类指数									