引文格式：何丽华,成亦铭,於新国,等. 自然资源调查监测数据分析评价体系的完善与应用[J]. 地理空间信息, 2024, 22(2): 39-43. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2024.02.009

自然资源调查监测数据分析评价体系的完善与应用

何丽华[1]，成亦铭[1*]，於新国[1]，覃学洪[1]
（1 湖北省地理国情监测中心，湖北 武汉 430071）

摘　要：为验证自然资源部《自然资源调查监测数据评价指标体系（2021 版）》在全国不同区域的可操作性与适用性，基于 PSIR 模型基本原理，以反映地方特色和服务管理需求为目的，坚持科学性、系统性、可操作性、典型性等原则，优化评价指标体系，完善评价技术方法。选取湖北省某市为试验区，开展分析应用，结果显示完善后的指标能更好地反映研究区域自然资源禀赋及保护利用状况，可为耕地保护、建设用地集约利用等自然资源管理工作提供支撑。

关键词：自然资源调查监测；PSIR 模型；指标体系，综合评价
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）02-0039-05

Improvement and Application of Analysis and Evaluation System of Natural Resource Survey Monitoring Data

HE Lihua[1], CHENG Yiming[1], YU Xinguo[1], QIN Xuehong[1]
(1. National Geographical Conditions Monitoring Center of Hubei Province, Wuhan 430071, China)

Abstract: In order to verify the operability and applicability of Evaluation Index System for Natural Resource Survey and Monitoring Data (2021 Edition) issued by the Ministry of Natural Resources in different regions of the country, based on the basic principle of PSIR model, with the purpose of reflecting local characteristics and servicing management needs, and adhering to the principles of scientificity, systematicness, operability and typicality, we optimized the evaluation index system and improved the evaluation technical methods. Taking a city in Hubei Province as the experimental area, we carried out analysis and application. The result shows that the improved indicators can better reflect the natural resource endowment and protection and utilization status of study area, which can provide support for natural resource management such as farmland protection and intensive use of construction land.

Key words: natural resource survey and monitoring, PSIR model, index system, comprehensive evaluation

为进一步健全自然资源监管体制，切实履行自然资源统一调查监测职责，自然资源部组织编制了《自然资源调查监测数据评价指标体系（2021 版）》和《自然资源调查监测数据评价技术指南（试点文件）》（以下简称“技术指南”），并在全国范围内选取试点区域对指标体系和评价技术方法进行验证和完善。本文以湖北省某地级市为试验区，结合区域自然资源特色与管理要求，对评价指标体系和技术方法进行了优化和完善。应用验证结果表明，完善后的指标体系和评价方法能更好地反映地方特色和管理特点，对其他地区开展类似工作具有借鉴意义。

近年来不少学者从多个方面对自然资源综合分析评价的理论和方法进行了系列研究[1-10]。这些研究分别从理论与实践的角度对自然资源综合分析评价的方法进行探索，但当前理论研究缺乏实证数据验证，而实践研究多围绕某一特定方面开展评价，对人类活动与自然资源和生态环境相互作用的关联分析相对较少。本文以前人理论研究为基础，在试验区开展评价指标体系与评价方法的应用与完善。

1　评价指标体系的优化

1.1　指标体系优化的原则

《自然资源调查监测数据评价指标体系（2021 版）》和《自然资源调查监测数据评价技术指南（试点文件）》基于PSIR模型原理，构建了自然资源调查监测数据评价指标体系。该指标体系由51个基础指标和28个综合指标构成，可全面评价土地、森林、草地、湿地、水等自然资源的数量和质量、保护利用、

收稿日期：2023-11-17。
第一作者简介：何丽华（1968—），注册测绘师，正高级工程师，主要从事自然资源调查监测、地理信息工程生产及管理等工作，E-mail：574382604@qq.com。
通信作者：成亦铭（1996—），助理工程师，主要从事测绘地理信息数据分析工作，E-mail：chengyim1@sina.com。

生态环境影响和综合治理情况。但在开展具体工作时，还需要结合评价区域的自然资源特色和管理需求进行优化，体现评价工作的地域特性。本文主要基于以下原则，对原有的指标体进行优化。

1）科学性。指标应能科学、合理反映评价对象的实际状况。根据PSIR原理，构建多指标体系时，评价的目标层、准则层和指标层应该形成科学的体系，确保评价结果科学合理可解释。

2）系统性。应注重指标之间的内在联系，保证评价指标体系兼具综合性与层次性，降低指标冗余。

3）可操作性。充分考虑评价指标的数据可获得性，同等条件下优先选择容易量化计算的指标。对于数据获取困难的指标，应在保证指标体系内容完整的前提下对指标进行删减或替换处理。

4）典型性。自然资源类型不仅具有多样性，而且在地理空间分布上具有差异性，不同区域的自然资源保护利用和管理也各有其特点，应当适量增加能体现地区自然禀赋及利用特色相关指标，凸显区域特点。

1.2 指标体系调整的结果

基于上述指标选取原则以及PSIR模型基本原理，本文根据实验区自然资源特色和管理需求，新构建了指标体系。具体指标调整的内容如下：

1）在原指标体系指标所划分的“基础指标”和“综合指标”两大指标类型的基础上，设置“解释说明”型指标，此类指标不参与合成综合指标，仅用于反映自然资源数禀赋、开发利用与保护情况，提高评价结果的可解释性。

2）对部分数据获取较困难的指标进行替换，包括生态功能与保护主题以及环境影响主题下的自然岸线保有率、土地沙化程度等指标，采用生态系统服务价值、土地胁迫指数等更具操作性的指标进行替代。

3）在压力准则层的指标设置方面，原指标体系采用“三区三线”与现状建设用地、耕地、生态用地对比的结果作为衡量自然资源安全的依据。本文参考相关学者对资源环境承载力的研究，从发展需求与资源供给对比的角度出发，以人均建设用地、人均耕地、人均水资源量等指标衡量资源的供需关系，评估区域发展对资源环境产生的压力。

4）对原指标体系中部分指标的内涵和计算方法进行调整，使其能更好地反映自然资源开发利用与管理状况，具体见2.1节。

5）原指标体系将资源集约利用放于状态准则层，而本文认为资源的集约利用是在发展需求不断增长，而资源数量有限的前提下，为了实现可持续性发展而采取的一种应对措施，因此将资源集约利用放于响应准则层，作为治理水平的评价内容之一。

6）针对湖北省水系丰富的区域特点，增加与水资源开发利用保护相关基础指标，例如单位用水量GDP、废污水入河量降低率等，反映水资源的利用效益以及水体保护力度。

2 指标计算和评价方法完善

2.1 基础指标

绝大部分基础指标计算方法可根据其名称和内涵确定，个别计算方法不直观或在原指标体系基础上做了调整的基础指标说明如下。

1）建设开发强度。该指标用于反映实际建设开发的强度，主要参考了严金明[11]对省域狭义国土开发强度内涵界定的相关研究，其与国土开发强度的区别在于分母由区域总面积替换为适宜开发建设土地的总面积。实际评价过程中主要考虑地形对开发建设的约束，将坡度15°以下的土地作为适宜开发建设土地，该坡度主要参考自《城乡建设用地竖向规划规范》CJJ 83–2016对各类建设用地的最大推荐坡度25%（换算为角度接近15°）。

2）生态系统服务价值指数。生态系统服务价值指数是指单位面积土地的生态系统服务价值，该价值的估算主要参考谢高地[12]以及张丽琴[13]等对生态系统服务价值的研究，利用国土变更调查数据，结合不同类型用地的生态系统服务当量因子表，从供给服务、调节服务、支持服务、文化服务4个方面对区域单位面积土地的生态系统服务价值进行估算。

3）道路网密度指数。道路网密度是评价道路设施建设情况的常用指标[14]，考虑到道路的路面材质、车道数等参数均会影响其通车能力，为了更准确地反映区域道路基础设施建设情况，结合数据可获得性，本次评价以道路的车道数作为权重，计算道路的加权长度与区域总面积的比值作为道路网密度指数，反映道路建设情况。

4）非粮化耕地面积降低率。将原指标“非粮化耕地比例”调整为“非粮化耕地面积降低率”，“比例”侧重反映耕地种植非粮食作物的情况，属于静态的状态评价，而“变化率”属于动态的变化评价，能更好地反映耕地资源的监管成效，与资源监管这一评价主题更为契合。

5）新增水土流失治理面积占比。相较于原指标以面积大小作为评价治理力度的依据，本次评价采用“占比”替代“面积”，考虑了不同地区生态环境本底状况的差异，评价结果更具客观性。

2.2　综合指标

由于对《技术指南》的基础指标进行了调整，因此综合指标的合成方法也做了相应调整，在《技术指南》提供的计算公式基础上，参考苏为华[15-16]等对综合指标合成方法的研究，结合评价目的，确定不同综合指标的合成方法，具体见表1。

表1　三级、四级指标计算方法

指标类型	指标名称	计算方法
三级	资源约束压力 P	$P=P_1\times0.18+P_2\times0.12+P_3\times0.3+P_4\times0.4$
三级	自然资源禀赋 Δ	$A=\sum_{i=1}^{6}a_i(b_i+s_i/s)/(s_{i0}/s_0)$
四级	资源利用强度 Ba	$B_1=((B\mathrm{a}+B\mathrm{b})/2\times B\mathrm{c}))\text{^}0.5$
四级	资源利用效益 Bb	$B_1=((B\mathrm{d}+B\mathrm{e})/2\times B\mathrm{f}\times B\mathrm{g})\text{^}(1/3)$
三级	自然资源利用总效率 B	$B=(B\mathrm{a}\times B\mathrm{b})\text{^}0.5$
四级	生态保护度 Ea	$E\mathrm{a}=(E1\times E2)\text{^}0.5$
四级	生态功能指数 Eb	$E\mathrm{b}=E3$
三级	生态功能保护指数 E	$E=(E\mathrm{a}\times E\mathrm{b})\text{^}0.5$
四级	生活便利度 La	$L1=La\text{^}0.3\times Lb\text{^}0.3\times Lc\text{^}0.2\times Ld\text{^}0.2$
四级	交通覆盖度 Lb	$L_2=(L\mathrm{e}\times L\mathrm{f})\text{^}0.5$
四级	景观文化度 Lc	$L_3=(L\mathrm{g}\times L\mathrm{h})\text{^}0.5$
三级	生活品质度 L	$L=L_1\text{^}0.4\times L_2\text{^}0.3\times L_3\text{^}0.3$
四级	土地胁迫状况 Ia	Ia=I1
四级	环境污染状况 Ib	Ib=I2
三级	环境影响度 I	$I=0.6\times(1-I\mathrm{a})+0.4\times(1-I\mathrm{b})$
四级	集约节约度 Ra	$R\mathrm{a}=R_1\text{^}0.4\times R_2\text{^}0.25\times R_3\text{^}0.15\times R_4\text{^}0.2$
四级	污染物控制度 Rb	$R\mathrm{b}=(R_5\times R_6)\text{^}0.5$
四级	资源监管度 Rc	$R\mathrm{c}=(R_7+R_8+R_9)/3$
四级	生态修复度 Rd	$R\mathrm{d}=R_{10}$
三级	治理水平指数 R	$R=(R\mathrm{a}\times R\mathrm{b}\times R\mathrm{c}\times R\mathrm{d})\text{^}0.25$

表1中，i为1、2、3、4、5、6时分别代表耕地资源、建设用地资源、林地资源、水资源、草地资源、湿地资源；a_i、b_i、s_i、s、s_{i0}、s_0分别为该类型资源的质量折算系数、潜力修正值、资源面积、评价单元面积、全国范围内该类型资源的面积、全国面积。

在三级指标的基础上，继续进行指标合成，得到二级指标和一级指标，对自然资源禀与开发利用保护状况的关系进行进一步综合评价。合成综合指标时，各指标权重在《自然资源调查监测数据评价技术指南（试点文件）》的基础上，通过专家打分的方式最终确定。

3　应用验证结果分析

3.1　研究区概况

实验区属亚热带湿润型大陆性季风气候，地势东南高、西北低，山地、丘陵、岗地、平原兼而有之，共分为6个县级行政区，A县、B县和C县地处山区向平原过渡地区，经济发展状况相对较好，其中A县为市政府驻地，而D县、E县和F县地处山区，经济发展状况相对较为薄弱。

3.2　数据及处理

3.2.1　数据来源

评价数据来源包括国土变更调查成果、地理国情监测成果、森林资源年度监测等自然资源调查监测数据以及水资源公报，环境质量状况公报、水土保持公报、统计年鉴等行业部门专题资料。

3.2.2　指标标准化

考虑数据分布特点以及评价需要，主要采用极差变换法和极值法进行标准化处理，部分特殊指标的标准化方法如下：

1）人均城镇建设用地面积、人均村庄建设用地面积、人均公共管理与公共服务用地面积、人均住宅用地面积。为了兼顾集约用地与生活舒适度的要求，此类人均用地指标维持在某一特定范围内最佳，属于状态指标。参考李研[17]等对湖北省县域资源环境承载力的研究以及相关国家标准，在标准化时首先为不同范围的人均用地面积设置不同分值，再利用极差变换法对打分后的结果进行标准化处理。

2）人均水资源量。参考贾绍凤关于水资源安全的研究以及国际相关经验[18]，将人均水资源量超过3 000 m^{3}的区域设定为不存在水资源短缺问题，其标准化结果直接设置为1，若地区人均水资源量小于3 000 m^3，则采用极差变换法进行标准化，此时最大值按照3 000进行处理。

3）生态环境状况指数、土地胁迫指数、污染负荷指数。根据《生态环境状况评价技术规范》HJ 192–2015的计算公式，其标准化方法均为指标值/100。

3.3　实证结果分析

3.3.1　基础指标实证结果

与原指标体系相比，调整后的指标体系能更好地反映区域自然资源禀赋与利用保护情况，受限于篇幅，举例说明如下。

1）建设开发强度。新增指标建设开发强度能更好反映区域建设用地开发程度，实验区各县的国土开

发强度与建设开发强度对比结果见图1所示。

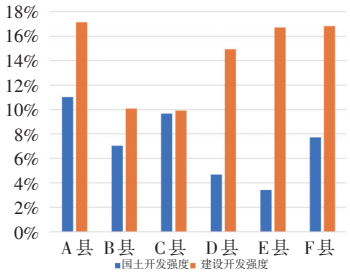


图1 国土开发强度与建设开发强度对比

由图2可看出，若仅考虑国土开发强度， D县和E县的开发强度较低，均不超过5%，显示其后续仍有较大发展空间。但从建设开发强度上看，D县、E县和F县的建设开发强度已经接近经济较好的A县，其实际建设开发强度已达到较高水平。主要是因为D县和E县和F县的山地丘陵占比较高，大部分土地并不适宜建设开发，地形对后续发展空间有一定限制，应做好用地集约。

2）建设用地利用效益。新增指标单位工业用地工业增加值能反映区域工业用地效益情况，试验区各县的单位面积建设用地GDP和单位工业用地工业增加值如图2和图3所示。

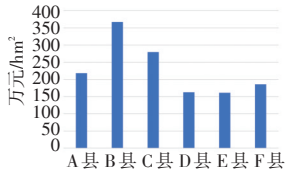


图2 单位面积建设用地GDP

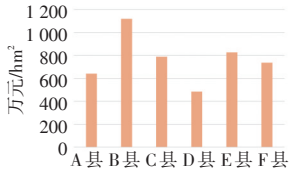


图3 单位面积工业用地工业增加值

由图3可看出，各县中建设用地利用效益较高的分别为B县、C县和A县，虽然A县为市政府驻地，但其建设用地利用效益仅排第3。而对比图3可看出，A县的工业用地利用效益明显偏低，仅高于经济发展较为薄弱的D县，反映出A县存在较为明显的低效工业用地问题，应当做好低效工业用地处置工作，提高建设用地经济效益。

3）粮食生产、经济效益与生态保护。新增指标单位面积耕地粮食产量可综合反映耕地粮食生产能力，试验区各县的单位面积耕地粮食产量见图4所示。由图4可看出， C县和E县耕地粮食产量较低，其中E县耕地以旱地为主，且平均坡度较大，耕地平均质量不高，耕地粮食产量偏低较为合理，而C县耕地以水田和水浇地为主，耕地平均质量居试验区首位，其耕地粮食综合生产能力明显与耕地禀赋不匹配，经分析是因为C县果蔬业较为发达，相当比例的耕地被用于种植经济价值更高的非粮食作物，拉低了C县耕地的粮食产量。查阅统计年鉴数据可知C县的果蔬业产值明显高于其他各县，该数据与C县较高比例的“非粮化”耕地形成印证。反映出耕地种植非粮食作物一方面虽然提高了经济效益，但另一方面也降低了粮食生产能力。此外，统计年鉴数据显示C县的化肥使用强度明显高于其他各县市区，而过量使用化肥会造成水体与土壤污染。图5是试验区各县的污染负荷指数，用于反映环境受纳污染的程度，可看出C县的污染负荷指数明显高于其他县，与之对应的C县是实验区唯一水质优良比例未达到100%的县。

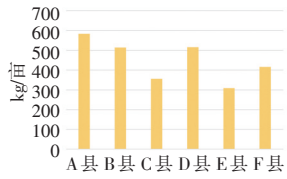


图4 单位面积耕地粮食产量

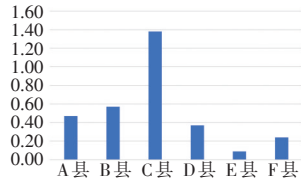


图5 污染负荷指数

从多个相互关联的指标不难推断，C县耕地资源禀赋优异，为了追求经济效益，相当比例的耕地被用于种植经济作物，并通过大量使用化肥保证作物产量，同时也造成了环境污染。后续C县应当做好经济发展–粮食保障–环境保护3个层面的平衡，避免过度追求经济利益而影响粮食安全与生态环境。

3.3.2 综合指标评价结果

实验区各县综合指标计算结果见表2所示（指标均经过正向化）。

根据表2结果，从自然资源禀赋与利用耦合协调的角度上看，实验区各县自然资源禀赋与利用的耦合协调度均达到了中级协调及以上，其中A县、B县和C县达到了良好协调的等级。而从自然资源禀赋、利用与保护综合情况上看，A县综合评分最高，其次是B县和C县，而D县、E县和F县评分相对较低，该结果与试验区的地形起伏度呈现出较强的负相关关系。

结合各级综合指标评价结果与基础指标评价结果，不同县自然资源禀赋与利用保护情况各有其特点。其中A县自然资源禀赋、生活品质都处于领先状态，但自然资源承载压力较大，主要是由于人口规模较大，人均资源量偏低，且人均农村建设用地超标问题较为明显，此外其工业用地效益明显偏低，低效工业用地问题应引起重视。B县的自然资源承载压力相对较高，其余各项综合指标总体处于中等偏上水平，需注意加强对撂荒耕地的监管与水土流失治理力度。C县的自然资源利用效率居试验区首位，但耕地“非粮化”问题、水资源集约利用问题以及地表水资源污

表2　试验区自然资源调查监测数据评价综合指标计算结果

指标类型	指标名称	A县	B县	C县	D县	E县	F县
四级	资源利用强度	0.59	0.55	0.96	0.21	0.10	0.50
四级	资源利用效益	0.55	0.83	0.52	0.18	0.14	0.26
四级	生态保护度	0.64	0.64	0.25	0.82	0.88	0.57
四级	生态功能指数	0.57	0.72	1.00	0.53	0.56	0.47
四级	生活便利度	0.88	0.59	0.99	0.35	0.32	0.36
四级	交通覆盖度	0.99	0.70	0.75	0.39	0.32	0.25
四级	景观文化度	0.80	0.32	0.22	0.39	0.26	0.43
四级	土地胁迫状况	0.06	0.04	0.03	0.05	0.06	0.07
四级	环境污染状况	0.004 7	0.005 7	0.001 4	0.003 7	0.000 9	0.002 4
四级	集约节约度	0.34	0.46	0.12	0.69	0.55	0.61
四级	污染物控制度	0.30	0.23	0.24	0.38	0.46	0.50
四级	资源监管度	0.39	0.65	0.85	0.94	0.68	0.61
四级	生态修复度	1.00	0.39	0.72	0.31	0.56	0.91
三级	自然资源承载压力	0.46	0.68	0.84	0.83	0.82	0.81
三级	自然资源禀赋	6.77	6.04	5.73	5.84	5.53	5.47
三级	自然资源利用总效率	0.57	0.68	0.70	0.20	0.12	0.36
三级	生态功能保护指数	0.61	0.68	0.50	0.66	0.70	0.52
三级	生活品质度	0.88	0.51	0.58	0.37	0.30	0.34
三级	环境影响度	0.96	0.97	0.97	0.97	0.96	0.95
三级	治理水平指数	0.45	0.40	0.36	0.53	0.56	0.64
二级	自然资源禀赋压力度	0.68	0.78	0.84	0.84	0.82	0.81
二级	自然资源保护利用综合指数	0.67	0.62	0.59	0.48	0.42	0.52
一级	自然资源禀赋利用耦合协调度	0.87	0.83	0.81	0.75	0.71	0.77
一级	自然资源综合评价指数	0.67	0.70	0.70	0.55	0.51	0.65
一级	自然资源综合评价加权指数	0.78	0.73	0.71	0.59	0.55	0.59

染问题有待解决。D县、E县和F县的优势自然资源为林草资源，其生态环境保护情况与资源综合治理水平强于经济较发达的A县、B县和C县，但地形起伏、生态保护等因素限制了其自然资源开发利用，耕地、水等自然资源的利用效益偏低，且各项基础设施建设较为薄弱。

4　结　论

本文结合试验区自然资源特点与管理需求，对《技术指南》提供的指标体系和分析评价方法进行修改完善，实证结果显示调整后的指标体系和评价方法可操作性强，能较好地反映试验区自然资源禀赋及开发利用与保护状况以及存在的不足，可为湖北省自然资源监测数据分析评价工作提供参考。后续计划进一步扩大评价范围，引入纵向对比，并通过问卷调查、实地走访等方式对评价结果合理性与准确性做进一步验证。

参考文献

[1] 陈瑜琦. 自然资源调查监测综合分析评价思考[J]. 中国土地,2022(2):36-38

[2] 燕琴,刘纪平,董春,等. 自然资源调查监测分析评价框架设计及关键技术[J]. 地理信息世界,2022,29(5):6-13

[3] 李炜玮,王君橹,周小丹,等. 自然资源节约集约利用内涵与评价指标体系研究[J]. 国土与自然资源研究,2020(2):12-14

[4] 周璞,刘天科. 自然资源高质量发展综合绩效评价指标设置初探[J]. 中国国土资源经济,2020,33(3):69-74

[5] 左松,胡莉,杨丽娜. 自然资源综合评价指标体系构建探索[J]. 林业资源管理,2022(3):12-18

[6] 蔡玉梅,孟超,周建春,等. 陆域自然资源综合评价指标体系研究[J]. 测绘科学,2022,47(10):168-175

[7] 赖传芳,胡莉,谭森. 多指标综合评判在生态功能区自然资源综合评价中的应用:以重庆市两翼地区为例[J]. 农村经济与科技,2022,33(9):64-67

[8] 唐秀美,蔡玉梅,刘玉,等. 可持续发展视角下自然资源综合利用效益评估方法与实证[J]. 自然资源学报,2022,37(9):2 418-2 428

[9] 邱士可,杜军,马玉凤,等. 基于地理国情监测的农业自然资源综合评价方法研究[J]. 河南科学,2019,37(9):1 496-1 502

[10] 邱倩倩,钟丽蓉,宋玉兵. 江苏省自然资源综合分析评价方法研究[J]. 测绘科学,2022,47(8):70-78

[11] 严金明,迪力沙提·亚库甫,夏方舟. 基于协同发展的省域狭义国土开发强度内涵界定与阈值测度[J]. 农业工程学报,2019,35(4):255-264

[12] 谢高地,张彩霞,张昌顺,等. 中国生态系统服务的价值[J]. 资源科学,2015,37(9):1 740-1 746

[13] 张丽琴,渠丽萍,吕春艳,等. 基于空间格局视角的武汉市土地生态系统服务价值研究[J]. 长江流域资源与环境,2018,27(9):1 988-1 997

[14] 徐慧晨,杨永国,冯春莉. 城市道路网评价体系探讨[J]. 地理空间信息,2011,9(5):29-31

[15] 苏为华. 多指标综合评价理论与方法问题研究[D]. 厦门:厦门大学,2000

[16] 邱东. 多指标综合评价中合成方法的系统分析[J]. 财经问题研究,1991(6):39-42

[17] 李研,刘艳芳,王程程. 基于AHP-熵权TOPSIS法的湖北省县域资源环境承载力评价和空间差异分析[J]. 资源与产业,2017,19(4):41-51

[18] 贾绍凤,张军岩,张士锋. 区域水资源压力指数与水资源安全评价指标体系[J]. 地理科学进展,2002(6):538-545