

清水江流域城市生态经济系统协调分异及耦合模式

尚海龙¹, 辜华清², 龙凯惠¹

(1. 凯里学院 旅游学院, 贵州 凯里 556011; 2. 贵州省黄平民族中学, 贵州 黄平 556100)

摘要:研究清水江流域城市生态经济系统协调分异及耦合发展模式, 可为岩溶城市规划与生态环境建设提供参考。通过构建耦合协调发展评价指标体系, 运用熵值法与耦合协调模型对清水江流域 2012—2016 年城市生态经济系统协调水平、分异状态及耦合模式进行评价与分析。结果表明: 城市生态经济系统协调发展经历了“中度失调—轻度失调—勉强协调—中级协调”4 个阶段, 耦合演进呈现“拮抗—磨合—高水平耦合”模式, 当前城市生态经济系统耦合协调发展处于高水平耦合中级协调生态滞后状态; 3 个小城市生态经济系统耦合协调分异显著, 其中福泉市综合水平较优、凯里市居中、都匀市滞后。在此基础上, 提出了城市生态经济系统优质协调发展优化对策。

关键词:生态经济; 协调分异; 耦合模式; 清水江流域

中图分类号:F062.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2020)02-0094-06

区域经济发展水平与生态环境质量是衡量可持续发展的指标, 促进二者耦合协调发展对于欠发达地区城乡一体化和全面建成小康社会具有重要意义。实现生态环境与经济的相互促进、协调发展已经成为环境科学与经济科学交叉聚焦的热点科学问题之一。随着贵州山区经济的快速发展, 环境质量恶化、资源短缺、生态退化等问题日益突显, 已制约经济社会的可持续发展^[1]。清水江流域作为国家农产品主产区与贵州省重点生态功能区, 为了更好的解决流域生态环境与经济社会发展的矛盾, 构建长江与珠江上游的生态屏障, 进行清水江流域城市生态环境与经济协调分异及耦合模式研究具有一定的理论价值与实践指导意义。

关于经济发展与环境水平之间的交互关系分析, 国外研究者主要采用一般均衡模型进行测算与评价^[2-4]; 国内研究者主要运用动态耦合模型、耦合协调度模型对不同区域的经济发展与环境水平之间的交互关系进行定量分析^[1], 取得了系列有价值的研究成果^[5-10], 揭示了区域经济社会与生态环境功能系统的耦合协调关系及演化机理, 为探究区域生态经济系统可持续发展提供了研究方法, 对于后续研究极具启发意义与借鉴价值。但是, 纵观已有成果, 涉及欠发达地域生态环境与经济协调发展的实证研究仍然

不足, 定量研究亟待进一步深入。有鉴于此, 本文以清水江流域城市为研究区域, 运用连续年份统计数据, 构建生态经济系统耦合协调评价指标体系与测算模型, 探讨经济发展与生态环境水平协调演进过程及规律, 以期研究区域城市可持续发展提供一定参考依据。

1 研究区概况

清水江流域属沅江水系, 它位于贵州省东南部, 地处 E105°15′~109°50′, N26°10′~27°15′之间, 即贵州高原向丘陵过渡的斜坡地带, 地势西高东低。地貌以低山、丘陵、山间盆地为主, 受西南季风影响, 属亚热带山地季风气候, 雨热同期, 立体特征显著, 最冷月平均气温 6~8℃, 最热月平均气温 25~28℃。境内岩溶发育, 地表破碎、垂直切割较深, 地层结构复杂, 山地多而土地较少, 宜农耕地数量不足, 生态环境中度脆弱。

清水江是贵州高原第二大河, 流域面积约 $3.03 \times 10^4 \text{ km}^2$, 河长 $1.05 \times 10^3 \text{ km}$, 平均坡降 0.49‰, 黄平县重安江汇口、锦屏六洞河汇口分别为上游与中游的分界线、中游与下游的分界线。全流域是苗族、侗族、布依族、畲族等 10 个世居少数民族聚集地, 包括黔南苗族布依族自治州、黔东南苗族侗族自治

收稿日期: 2019-10-20

基金项目: 贵州省科技厅合作计划项目(LH20157758)。

作者简介: 尚海龙(1979—), 男, 甘肃宁县人, 凯里学院, 副教授, 硕士研究生导师, 研究方向: 区域生态经济。

州境内 3 市、12 县的全部或部分地区。2016 年,3 市总人口 130.65 万,实现生产总值 572.31 亿元,人均 GDP 为 4.45×10^4 元,城镇居民可支配收入为 2.51×10^4 元。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

研究所需的统计数据主要来源于 2013—2017 年《贵州省统计年鉴》、《黔东南统计年鉴》、《黔南统计年鉴》与 2013—2017 年《中国县域统计年鉴》(县市卷)及 2012—2016 年凯里市等 3 市、麻江县等 12 县的《国民经济和社会发展统计公报》、贵州省宏观经济数据库。研究所需矢量数据主要来源于国家测绘地理信息局标准地图服务网站(底图无修改),通过运用 ArcGIS10.2 软件将市(县)地理单元的矢量数据与耦合协调度数据进行空间分析,生成清水江流域城市生

态经济系统协调发展空间分异图。

2.2 研究方法

2.2.1 指标体系构建

建立科学的评价指标体系是对系统协调发展进行综合分析的基础,只有选取的指标具有代表性与科学性,得出的结论才能准确反映系统之间相互作用关系。本研究依据国家发改委印发的《绿色发展指标体系》和《生态文明建设考核目标体系》、贵州省新闻办发布的《贵州省生态文明建设目标评价考核办法(试行)》等文件,通过借鉴已有成果^[1, 11-12],结合清水江流域城市发展现状及同行专家意见,选取了 18 项指标构建生态经济系统耦合协调发展评价指标体系(表 1)。具体指标原始数据标准化采用极差法进行处理,权重(表 1)运用熵值法进行测算,该方法能够深刻地反映指标信息熵的效用价值^[13]。

表 1 清水江流域城市生态经济耦合协调发展评价指标体系

系统层	分类层	指标层	单位	信息熵	冗余度	权重
经济发展系统	城市经济水平	x_1 人均生产总值	万元	0.732 944	0.267 056	0.129 618
		x_2 人均社会消费品零售总额	万元	0.767 977	0.232 023	0.112 614
		x_3 人均固定资产投资额	万元	0.738 574	0.261 426	0.126 885
	产业结构	x_4 第二产业占 GDP 的比重	%	0.825 171	0.174 829	0.084 855
		x_5 第三产业占 GDP 的比重	%	0.652 605	0.347 394	0.168 611
		x_6 产业结构高级化率	%	0.847 463	0.152 537	0.074 035
	人民生活水平	x_7 城镇居民人均可支配收入	元	0.769 648	0.230 352	0.111 803
		x_8 农村居民人均纯收入	元	0.789 258	0.210 742	0.102 286
		x_9 人均储蓄存款	元	0.816 028	0.183 972	0.089 292
生态环境系统	生态环境容量	y_1 森林覆盖率	%	0.688 736	0.311 264	0.129 618
		y_2 人均水资源量	m ³	0.761 690	0.238 310	0.133 525
		y_3 建成区绿化覆盖率	%	0.724 135	0.275 865	0.102 230
	生态环境压力	y_4 工业废水排放量	万吨	0.793 649	0.206 351	0.118 340
		y_5 二氧化硫排放量	万吨	0.831 731	0.168 269	0.088 520
		y_6 工业固体废弃物产生量	万吨	0.843 537	0.156 463	0.072 183
	生态环境响应	y_7 生活垃圾无害化处理率	%	0.716 339	0.283 661	0.067 119
		y_8 工业固体废物综合利用率	%	0.529 055	0.470 945	0.121 684
		y_9 城市空气质量达标率	%	0.780 002	0.219 998	0.202 025

2.2.2 耦合协调度模型

1) 效益函数。令 $x_1, x_2, x_3 \dots x_9$ 为描述经济社会效益的指标;令 $y_1, y_2, y_3 \dots y_9$ 为描述生态环境效益的指标。则函数关系式为:

$$\begin{cases} f(x) = \sum_{i=1}^n w_i x'_i \\ f(y) = \sum_{j=1}^n w_j y'_j \end{cases} \quad (1)$$

式中: $f(x)$ 代表经济发展效益指数, $f(y)$ 代表生态环境效益指数; w_i 与 w_j 分别代表经济与生态环境各指标的权重; n 表示年份数; x'_i 与 y'_j 分别为经济与生

态环境各指标标准化后的数值,基本公式为:

$$\begin{cases} X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min\{X_j\}}{\max\{X_j\} - \min\{X_j\}} \\ X'_{ij} = \frac{\max\{X_j\} - X_{ij}}{\max\{X_j\} - \min\{X_j\}} \end{cases} \quad (2)$$

式中,第一式为正向指标计算方法,第二式为负向指标计算方法, X_{ij} 代表第 i 年份第 j 项评价指标的数值, X'_{ij} 代表指标标准化以后的值, $\max\{X_j\}$ 与 $\min\{X_j\}$ 分别代表评价年份中 j 项评价指标的最大值与最小值。

2)耦合协调度模型。耦合协调度,也称耦合协调系数,是两个或者两个以上系统之间发展水平与相互作用程度的定量。文中耦合协调度是用来衡量乡村经济与生态环境的相互关联程度,用 D 表示:

$$C = \sqrt{\left\{ \frac{4f(x) \cdot f(y)}{[f(x) + f(y)]^2} \right\}^k} \quad (3)$$

$$T = af(x) + bf(y) \quad (4)$$

$$D = \sqrt{C \cdot T} \quad (5)$$

式中: T 代表经济社会与生态环境效益综合评价指数, C 代表耦合度; a 、 b 为待定系数,考虑到经济社会与生态环境对流域城市耦合协调发展的贡献率是相同的,所以均设定为 50%; k 为调节系数,由于评价体系指标分为两大子系统,故计算时设定 $k=2$ 。为了耦合协调系数能对应定性标准,在借鉴现有研究成果的基础上^[5, 14-15],本文设定的清水江流域城市经济社会与生态环境耦合协调识别标准见表 2。

表 2 清水江流域城市生态经济耦合协调度识别标准

耦合协调度	0~0.20	0.20~0.40	0.40~0.50	0.50~0.60
耦合协调类型	严重失调	中度失调	轻度失调	勉强协调
耦合协调度	0.60~0.70	0.70~0.80	0.80~0.90	0.90~1.00
耦合协调类型	初级协调	中级协调	良好协调	优质协调
耦合度	0~0.30	0.30~0.50	0.50~0.80	0.80~1.00
耦合类型	低水平	拮抗	磨合	高水平

3 结果与分析

运用式(1)测算 $f(x)$ 与 $f(y)$ 序列值(表 3),依据式(3)一式(5)对清水江流域城市生态经济综合效益指数 T 、耦合度 C 、耦合协调度 D 进行测算, T 、 C 、 D

$\in [0, 1]$,将测算值与耦合协调度识别标准(表 2)进行对应判定与分析,得出清水江流域城市生态经济耦合协调发展评价结果(表 3)。

表 3 清水江流域城市生态经济耦合协调测算结果

年份	$f(x)$	$f(y)$	T	C	D	$f(x)$ VS $f(y)$	耦合协调水平
2012	0.263 341	0.445 056	0.117 203	0.555 985	0.309 120	$f(x) < f(y)$	拮抗耦合中度失调经济滞后型
2013	0.305 042	0.202 175	0.061 672	0.482 883	0.233 176	$f(x) > f(y)$	拮抗耦合中度失调生态滞后型
2014	0.502 669	0.450 899	0.226 653	0.688 460	0.473 978	$f(x) > f(y)$	磨合耦合轻度失调生态滞后型
2015	0.574 604	0.469 286	0.269 654	0.715 104	0.511 374	$f(x) > f(y)$	磨合耦合勉强协调生态滞后型
2016	0.776 280	0.650 545	0.505 005	0.838 078	0.702 375	$f(x) > f(y)$	高水平耦合中级协调生态滞后型

3.1 清水江流域城市生态经济发展效益分析

据表 3 分析,清水江流域城市经济效益指数呈现快速上升趋势, $f(x)$ 从 2012 年的 0.263 341 上升到 2016 年的 0.776 280,年均增长率为 28.1595%,表明城市经济发展迅速,产业结构不断优化,整体绩效良好;清水江流域城市生态效益指数呈现波动上升趋势,除 2013 年下降幅度较大外,其余时间上升趋势平稳,主要原因是 2013 年长江以南大部地区出现了罕见的持续高温少雨天气,致使黔东南等地农作物受灾严重、水资源短缺。2014 年以来,清水江流域城市生态环境发展水平稳中有升,生态环境绩效较为显著,对于城市经济可持续发展贡献能力日益增强,为提升生态经济综合效益奠定了坚实基础。

2012 年 $f(x) < f(y)$,表明经济水平滞后于生态环境,在生态经济发展进程中处于被支配地位;

2013—2016 年 $f(x) > f(y)$,反映出生态环境水平较长时间滞后于经济发展,生态环境对于快速发展的城市化支撑作用较弱。究其原因,清水江流域城市地区喀斯特地貌广布、山地生态环境复杂多样,当前环境污染、水土流失、石漠化等问题致使生态环境更加脆弱。因此,城市生态环境综合效益不高,后续较长时间需加强对生态环境的保育与生态恢复工作。

3.2 清水江流域城市生态经济耦合协调发展与分异分析

据表 3 测度数据判定与分析,结果发现 2012—2016 年研究区生态经济耦合协调度总体呈现螺旋式上升趋势,除 2013 年急速下降外,耦合协调度由 2014 年的 0.473 978 上升至 2016 年的 0.702 375,上升速率较快。2012 年生态经济发展状态属于拮抗中度失调经济滞后型,反映出生态环境与经济发展相互

匹配且程度较低,二者耦合协调处于弱不可持续状态;2014年生态经济发展状态属于磨合轻度失调生态滞后型,反映出城市生态经济耦合协调发展由粗放逐渐向集约、绿色循环模式渐趋形成,生态环境逐渐修复;2016年生态经济发展状态为高水平中级协调生态滞后型,表明城市生态环境保护与治理取得一定成效,生态环境与经济已转向协调发展转段,且经济对于环境修复支撑作用逐渐增强,二者之间出现良性耦合。

据图1—图3分析与比较,2012年、2014年与2016年清水江流域凯里市、都匀市与福泉市生态经济耦合度演化均呈现平稳上升趋势,但分异显著,其中福泉市生态经济耦合协调水平较高,凯里市居中,都匀市滞后。就城市生态经济耦合协调演进而言,凯里市耦合协调演化呈现“中度失调—轻度失调—初级协调”3个发展阶段;都匀市耦合协调演化呈现“中度失调—勉强协调—初级协调”3个发展阶段;福泉市耦合协调演化呈现“严重失调—轻度协调—中级协调”3个发展阶段。此结果表明:其一,流域岩溶地区城市生态经济系统不断引入“负熵流”,使其耦合协调度转向有序方向发展,逐渐实现了生态环境与城市经济的和谐互动;其二,国家宏观战略与民族政策推动了民族区域城市生态经济系统综合实力提升,为流域岩溶区新型城镇化快速发展奠定了基础;其三,流域岩溶地区城市经济基础薄弱、生态环境禀赋受限,成为胁迫城市经济系统优质协调发展的短板。当前,清水江流域城市生态经济协调耦合协调发展呈现“低水平均衡与中低水平交错”的空间分异特征。

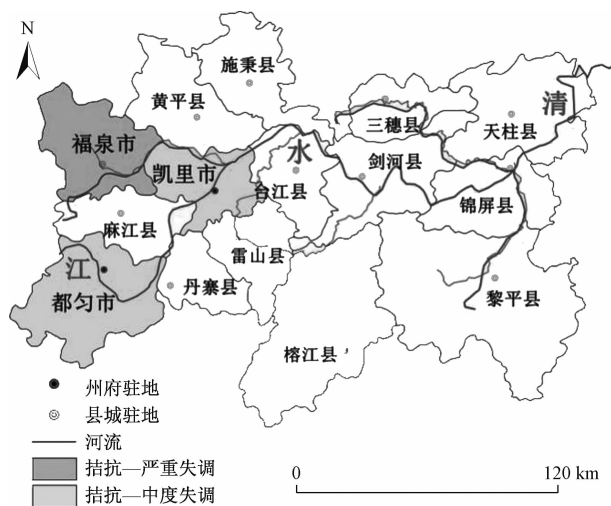


图1 2012年清水江流域城市生态经济耦合协调分异

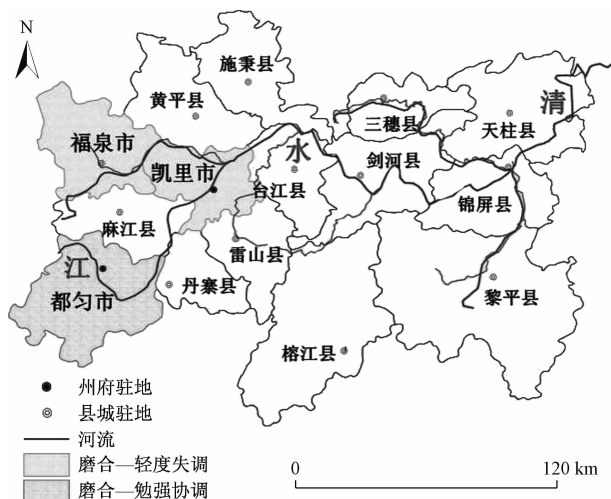


图2 2014年清水江流域城市生态经济耦合协调分异

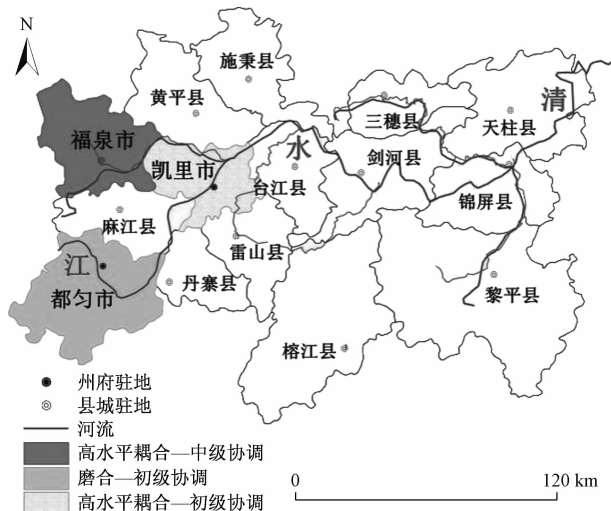


图3 2016年清水江流域城市生态经济耦合协调分异

3.3 清水江流域城市生态经济耦合模式分析

据表3分析,清水江流域城市生态经济耦合度总体呈现波动上升趋势,演化模式为“拮抗—磨合—高水平”,2012—2013年生态经济处于低水平耦合期,说明生态环境与经济之间持续进行博弈,二者关联不大且处于无序发展状态;2014—2015年生态环境与经济耦合达到拮抗期,反映出二者之间交互作用逐渐加强,经济发展处于优势地位,生态环境轻微滞后,生态环境响应能力不断增强;2016年生态环境与经济耦合发展进入高水平耦合期,表明二者之间修复与配合趋势显著,呈现良性耦合特征,为生态经济趋向优质协调奠定了发展基础。就3个城市生态经济耦合演进而言,凯里市呈现“拮

抗一磨合一高水平耦合”发展模式,都匀市呈现“拮抗一磨合耦合”发展模式,福泉市耦合演化发展模式与凯里市相同。

以上分析表明,清水江流域城市生态经济整体呈现“三段”耦合模式,3个城市耦合模式分异较显著(图1—图3),多种耦合模式相互作用,整合形成了流域复式耦合模式。即清水江流域上游城市核心区与外围区交互整合应优先实现磨合耦合,清水江上游城市群之间交互整合应达到高水平耦合,清水江上游生态空间与生产空间交互整合应实现磨合与高水平交错耦合。

4 结论及建议

本文运用熵值法与耦合协调度模型对2012—2016年清水江流域城市生态经济耦合协调发展水平进行测度与分析,得出以下结论:

1)生态经济综合效益指数呈现波动上升趋势,2013年以来生态环境水平滞后于城市经济,城市经济提升速率较快。

2)城市生态经济耦合协调发展经历了“中度失调—轻度失调—勉强协调—中级协调”4个阶段,耦合演进呈现“拮抗一磨合一高水平耦合”模式,当前城市生态经济耦合协调发展处于高水平耦合中级协调生态环境滞后状态。

3)3个小城市生态经济耦合协调分异显著,其中福泉市综合水平较优、凯里市居中、都匀市滞后。

据此结论,提出清水江流域城市生态经济耦合协调优化发展对策:

1)加强城市生态环境响应与生态文明建设。清水江流域城市地域岩溶面积分布广,水土流失、地质灾害与水源污染等问题致使流域生态环境脆弱,且破坏后修复难度较大、周期较长。因此,亟待加强城市生态环境响应与生态文明建设工作。

2)发展城市特色产业,构建清水江上游城市群。清水江流域城市具有独特民族文化旅游景观、农特优产品、民族中药材与水能等重要资源,通过整合优势资源,强化市际产业关联,以特色优势产业为纽带,打造清水江上游城市群,逐渐提升城市聚集的规模与市

场效益。

参考文献

- [1] 魏媛,王晓颖,吴长勇,等.喀斯特山区经济发展与生态环境耦合协调性评价——以贵州省为例[J].生态经济,2018,34(10):69—75.
- [2] ALLAN G, HANLEY N, MCGREGOR P G, et al. The impact of increased efficiency in the industrial use of energy: a computable general equilibrium analysis for the United Kingdom[J]. Energy Economics, 2007, 29(4): 779—798.
- [3] HANLEY N, MCGREGOR P G, SWALES J K, et al. Do increases in energy efficiency improve environmental quality and sustainability? [J]. Ecological Economics, 2009, 68(3): 692—709.
- [4] AHMET ATIL ASICI. Economic growth and its impact on environment: a panel data analysis[J]. Ecological Indicators, 2013, 24: 324—333.
- [5] 王玮,唐德善,金新,等.基于系统动态耦合模型的河湖水系连通与城市化系统协调度分析[J].水电能源科学,2015,33(7):20—24.
- [6] 崔学刚,方创琳,李君,等.城镇化与生态环境耦合动态模拟模型研究进展[J].地理科学进展,2019,38(1):111—125.
- [7] 吴群.基于动态耦合模型的产业结构与生态环境协调发展研究——以兰州市为例[J].现代商贸工业,2019,40(15):1—3.
- [8] 张玉丽,杨洋.基于耦合度模型上海市经济与环境协调度的研究[J].广西科技师范学院学报,2016,31(2):148—152.
- [9] 赵瑞静.河北省经济与环境耦合协调度实证分析研究[J].统计与管理,2017(6):72—75.
- [10] 邢颖,乐立,张文磊,等.基于耦合协调度模型的都匀市土地利用变化与经济增长协调性研究[J].中国农业资源与区划,2019,40(4):128—134,216.
- [11] 孙小涛,周忠发,陈全.重点生态功能区人口—经济—生态环境耦合协调发展探讨——以贵州省沿河县为例[J].重庆师范大学学报:自然科学版,2017,34(4):127—134,141.
- [12] 王语嫣.欠发达地区生态环境与区域协调发展的耦合度分析[D].塔里木:塔里木大学,2019.
- [13] 张冬梅,刘妍珺,赵雷雷.生态经济综合评价指标体系研究——以贵州省为例[J].学术交流,2011(12):81—84.
- [14] 胡洁.清水江流域人口流动对耕地资源安全影响研究[D].贵阳:贵州大学,2015.
- [15] 刘君.阿克苏市城市发展与生态环境协调性研究[J].科技和产业,2016,16(12):35—37,53.

Coordinate and Discrepancy of the Urban Eco-economic System in Qingshui River Basin and Its Coupling Pattern

SHANG Hai-long¹, GU Hua-qing², LONG Kai-hui¹

(1. College of Tourism, Kaili University, Kaili Guizhou 556011, China; 2. Huangping Ethnic Middle School,
Huangping Guizhou 556100, China)

Abstract: The study of the coordinated development of urban economy and ecological environment can provide reference for urban planning and ecological civilization construction in the Karst region of Qingshui river basin. Through the construction of coordinated development evaluation index system, the entropy method and coordinated development model are used to measure and analyze the coordinated development of urban economy and ecological environment in Qingshui river basin from 2012 to 2016. The results show that the coordinated development of urban economy and ecological environment system has experienced four stages: moderate maladjustment, mild maladjustment, Reluctance disorder, barely coordinated and intermediate coordination. The evolution of coupling presents one pattern: antagonism, running in and high level coupling. The currently coordinated development of urban economy and ecological environment system is in a state of high level coupling intermediate coordination and ecological delay. On this basis, the optimal counter measures for the coordinated development of urban economy and ecological environment are put forward.

Key words: ecology and economy; coordination differentiation; coupling mode; Qingshui river basin

(上接第 32 页)

Analysis of the Development Characteristics and Suggestions for Countermeasures of New R&D Institutions

ZHENG Gang¹, YUAN Cheng-yin², LIU Cun-fu¹, ZOU Guang-cai²

(1. Center for Modern Organizational Management, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China;
2. National New Energy Vehicle Technology Innovation Center, Beijing 100176, China)

Abstract: By analyzing the model of the Fraunhofer Association of Germany, the National Defense Advanced Research Project Bureau of the United States and the Jiangsu Institute of Industrial Technology, it is found that the new research and development organization has four development characteristics of multi-input under the guidance of the government, flexible organizational structure, multi-functional operation mechanism and innovative talent introduction. It is suggested that the construction and development of new research organizations in China need sturdy government support, flexible and minimalist organizational structure, rich and flexible mechanism combination and innovative talent management system.

Key words: new research and development institutions; development models; countermeasures and suggestions