

Ecological Dynamics Analysis Youxi Lead-Zinc Pool Complex Ecosystem

Haiyuan Qiu

Fujian Monitoring Center of Geological Environment, Fuzhou
Email: giuhaiyuan@hotmail.com

Received: Jun. 22nd, 2014; revised: Jul. 19th, 2014; accepted: Jul. 28th, 2014

Copyright © 2014 by author and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

This article reveals the complexity of the structure and composition of mine ecosystem dynamics from the perspective of ecology; summed mining complex ecosystem is essentially a multi-level, multi-functional complex ecosystems. Dynamic mechanism of succession mining complex ecosystem is mainly from ecological and human socio-economic activities of two natural forces. Social, economic, and environmental resources are a core element of the mine pool complex ecosystem, so from the perspective of Sustainable Development to coordinate development has profound a practical significance. Essence of sustainable development is economic, society, resources and environment of the three constraints lasting, orderly, stable and coordinated development. This paper analyzes the system characteristics, internal coordination mechanisms and explores the system development process to provide a theoretical guidance for the establishment of systems analysis and evaluation system.

Keywords

Youxi, Complex Ecosystem, Mining

生态动力学方法分析尤溪铅锌矿集区复合生态系统

邱海源

福建省地质环境监测中心, 福州
Email: giuhaiyuan@hotmail.com

收稿日期：2014年6月22日；修回日期：2014年7月19日；录用日期：2014年7月28日

摘要

本文从生态动力学角度揭示矿区生态系统的复杂性及组成结构,总结矿区复合生态系统实质上是多层次,多功能的复杂生态系统。矿区复合生态系统的演替动力机制主要来源于自然生态和人类社会经济活动两种作用力。社会、经济、资源与环境是矿集区复合生态系统的核心要素,因此从协调发展角度探讨可持续发展具有深刻现实意义。可持续发展的实质是经济、社会、资源与环境三个约束条件下持久、有序、稳定和协调地发展。本文从分析系统特征,探讨系统内在协调机制和发展过程,为建立系统分析与评价体系提供理论指导。

关键词

尤溪, 复合生态系统, 矿山

1. 引言

生态系统健康是研究人类活动、社会组织、自然系统及人类健康的整体性科学,在生态环境管理方面有着广阔的应用前景。生态系统健康理论与矿区可持续发展研究相结合,有望为矿区可持续发展从理论走向实践提供一条有效的途径。关于生态系统健康目前尚无普遍认同的定义。不同学者从各自的学科背景和案例出发进行了定义[1]。CONSTANZA认为健康的生态系统稳定而且可持续,具有活力,能维持其组织且保持自我运作能力,对外界压力有一定弹性[2]。生态系统健康是指生态系统的能量流动和物质循环没有受到损伤,关键生态成分保留下来,系统对自然干扰的长期效应具有抵抗力和恢复力。系统能够维持自身的组织结构长期稳定,并具有自我运作能力。健康的生态系统不仅在生态学意义上是健康的,而且有利于社会经济的发展,并能维持健康的人类群体[3]。国际生态系统健康学会将生态系统健康学定义为,研究生态系统管理的预防性的、诊断性的和预兆的特征,以及生态系统健康与人类健康之间关系的一门科学[4],其主要任务是研究生态系统健康的评价方法、生态系统健康与人类健康的关系、环境变化与人类健康的关系以及各种尺度生态系统健康的管理方法[5]。

矿集区复合生态系统是人类生态系统,人为活动的剧烈扰动使其成为脆弱生态系统[6],受自然资源开采、矿区规划建设的影响,矿区复合生态系统成为一个开放的、不稳定的、具有很强依赖性的非自律系统。矿区复合生态系统处于地球几个圈层相互作用和渗透的交界面上,不仅受地形地貌、地质禀赋等条件的制约,也与矿山活动及人类活动密切相关。其基本格局不仅与自然因素相关也与人类活动密不可分。

本文选取尤溪铅锌矿集区为研究对象,以矿区复合生态系统理论和矿区生态承载力理论为基础[7],建立矿区生态系统健康现状评价、趋势评价、稳定性评价的结合评价方法为依托的矿区生态健康评价理论与方法体系[8],系统地研究矿区复合生态系统基本理论。人类活动是造成矿区生态系统复杂性及运行机理的有效控制和解决生态环境恶化的关键环节。

2. 矿区概况

尤溪县位于福建省中部、三明市东部。地处东经 117°48'30"~118°40',北纬 25°50'36"~26°26'30"之间,东邻闽清和永泰县,南接德化县,西连大田和沙县,北毗南平市。距省会福州市国道 198 千米,高速公

路 173 千米, 水路 232 千米; 距三明市省道 117 千米, 高速公路 128 千米。尤溪县地处戴云山脉北段西部, 地貌以中低山地为主。境内东西山岭耸峙, 丘陵起伏, 千米山峰林立, 山间盆地错综; 中部尤溪河谷斜贯南北。各地海拔差异较大, 最高峰大模山海拔 1472 米, 最低处尤溪口码头闽江江面海拔仅 31 米。1993 年, 水口电站建成后, 库区水位升至 70 米, 尤溪口码头 72 米。全境地势东西高、中部低。主要矿集区位于尤溪县城方位 14° , 直距 7.4 km 处, 行政区划隶属尤溪县梅仙镇管辖。地理坐标: 东经 $118^{\circ}12'02''\sim 118^{\circ}17'40''$ 北纬 $26^{\circ}12'12''\sim 26^{\circ}17'07''$ 。矿山至梅仙镇有 3 km 矿山公路直达, 梅仙镇有 32 km 省道通达 316 国道和鹰福铁路线, 此外福银高速公路在梅仙镇东侧经过。矿山距南平约 70 km、沙县 100 km、三明 130 km、福州约 180 km (见图 1)。

3. 矿集区生态系统基本格局

3.1. 自然环境背景

1) 地形地貌

本区属构造剥蚀低山丘陵区。山脉呈北东 - 南西走向。海拔+500 m 以上低山十余座, 矿区西部最高山徐家山 779.70 m, 东部最高山狮形顶 656.40 m, 其余多为沿低山山脉形成的山岭岗坡, 小部分为丘陵。山坡坡角一般在 $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$, 较陡处在 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$, 最低处为尤溪河谷。区内基岩出露面积很小, 大部分被松散层和植被覆盖。矿区周围地形三高一低, 五岭四沟汇一洼。北部徐家山有三道山岭向南延展, 中间一条山岭南端即为丁家山。西部髻山有北西-东南方向山岭延缓至此, 南部有南北向山岭延展而至。五道山岭两侧形成四条“V”型沟谷, 沟谷为常年性有水溪沟, 汇水面积约 10.14 Km^2 。

2) 气候特征

尤溪县地处北纬 26 度以南, 东面距海约 100 公里, 属中亚热带季风性湿润气候。四季分明, 厦长冬短, 干湿季明显。夏季暖热, 冬季温凉, 春夏多雨, 降水丰富。因各地海拔悬殊, 各季节起始与持续时间差别较大。尤溪县各地累年年平均气温 19.2°C 。最低年 18.6°C , 最高年 20.2°C 。气温年变化呈单峰型, 1 月最冷, 月平均气温 $8.0^{\circ}\text{C}\sim 12.0^{\circ}\text{C}$, 7 月最热, 月平均气温 $26.6\sim 28.9^{\circ}\text{C}$ 。极端最高气温 40.3°C , 极端最低气温 -7.8°C 。全年平均风速小, 年平均风速为 1.0 m/s ; 静风频率年平均达 69.7%, 最大风频为 4.9%, 其风向角为 E, 由于其连续 3 个风向角及其风频小于 30%, 该区域全年主导风向不明显; 每年 4~6 月为雨季, 年平均降水量 1603.6 mm, 3~9 月降水量占全年降水总量的 82%, 年均降水天数达 179 d 左右; 多云



Figure 1. Transportation Youxi ore concentration area map
图 1. 尤溪矿集区交通位置图

雾，雾日年平均 106.3 d，即全年雾日占 1/3 左右；无霜期 302 d。

3) 水文地质条件

区内基岩出露极少，基岩大部分被第四系松散层覆盖，植被茂盛，蓄水性较好，山岭坡脚多梯田，蓄水性好，地表无自然和人工形成的较大水体，地表水自然径流排泄条件很好。

4) 水文条件

区内大的沟谷多沿山岭两侧展布，较大的溪沟多垂直于山岭分布，有常年流水。最大的河流尤溪河水量丰富，最大流量 8480 m³/s。年降水总量多年平均 55.5 亿立方米，境内 4 条水系均属闽江支流，河床落差大，水流急，水力资源丰富，境内可开发水力装机容量达 70 多万千瓦。

5) 土壤

橙红泥土土壤主要分布在丘陵地和台地，该壤主要由花岗岩、砂岩、页岩等风化母质上形成的红壤或砖红壤化红壤经耕种熟化而成，其中以花岗岩发育的橙红泥土分布面积最广。一般土层深厚而耕作层浅薄：表土色泽有灰黄、橙红、红黄和红色等。底土色泽则由棕黄、橙红而至深红色。红色土层之下，并有红黄白色相间的网纹层。耕作层土壤质地较轻，多为砂壤，其原因是：坡地受强烈冲刷，沿海地区受风蚀作用，细土拉被水或风带走。底土层质地较粘重，多为粘壤土，因而形成上轻下粘，土松下紧的土体层次。有机质和植物养分含量一般较低，有机质含量多为 1%~1.5%，全氮量 0.04%~0.08%，全磷量 0.03%~0.06%，酸碱度(pH 值)4.5~5.5，吸收容量低，保水保肥力较差。通透性良好，施肥后肥效快而后劲不长，发小苗不发老苗。丘陵陡坡未垦成梯地的，水土流失严重，常见红色心土层裸露。橙红泥土现多利用来种植甘薯、花生、木薯和菠萝等；肥力较高的也有种植甘蔗的。

从耕作类型上看，目前土壤类型主要为：水稻土富含粘土，质地以粘壤土为主；菜园土中，叶类蔬菜种植地土壤质地相对较细腻；而其他菜类土则偏砂性，多为粉土、砂粉土。种植历史较为久远的土壤质地细腻，多种植水稻。而明显富含砂粒的土壤代表其种植历史较短。土壤质地的不同体现了人类进行农耕对土壤的改造，是长期以来农户个体经营的历史遗迹。

6) 植被资源

据相关部门调查统计，尤溪县共有维管束植物 1779 种，分别隶属于 196 科 810 属。其中蕨类植物有 30 科 58 属 112 种；裸子植物有 10 科 23 属 47 种；被子植物有 156 科 729 属 1620 种。森林植被是尤溪县陆地生态系统主体。尤溪为全国南方集体林区 48 个重点县之一，全县林业用地占全县总面积的 81.89%，森林覆盖率达 73.9%。

根据《福建植被》，尤溪县森林植被区划为：亚热带常绿阔叶林植被林-闽中山地丘陵栲类、细柄阿丁枫林区-闽中戴云米槠、栲树林、杉木林、马尾松林小区。尤溪县地带性典型森林植被为常绿阔叶林，而残存的原始林不多，常见的为次生常绿阔叶林，灌木林以及其他森林植被。建群种以壳斗科的常绿种类占优势，米槠、丝栗栲、栲树、南岭栲、钩栗等居齐木上层，其次有樟科、木兰科、杜英科、山茶科、茜草科等处属，多居林层的中下层。在不同海拔高度与不同的生境条件，地带性和垂直性分布都较明显 [9]。

3.2. 矿集区产业背景

矿产资源分布，尤溪县具有得天独厚的铅锌矿产成矿地质条件和较好的找矿前景，资源丰富，是福建省铅锌资源储量最多的县。自上世纪 80 年代铅锌找矿取得历史性突破以来，目前已探明矿产地 10 多个，其中达到中型规模的 4 处，占全省的 40%。资源中铅锌金属品位较高，铅锌含量比例约为 1:3，硫、银、镉等多种伴生元素利用价值大。铅锌矿保有资源量 1800 万吨，约合金属量 100 多万吨，占全省的 20% 以上。铅锌资源主要集中在梅仙地区，交通便利，开采条件较为有利。

生态系统产品,作为矿区复合生态系统,尤溪不仅进行矿业的生产与作业,而且还有农业生态系统的功能,种植的茶叶备受市场青睐,拥有20多个国家级或省级以上的茶树良种,良种覆盖率达92%,其中无性系良种约90%[10]。目前全县栽培面积达8.3万亩,其中今年新植茶园3500亩。茶叶产值突破1.6亿元。二是金柑产业特色突出、加工起步。全县金柑投产面积2.9万亩,产量2.1万吨,产值5000万元[11]。亩产2000公斤以上高产园占15%,亩产1000~1500公斤的中产园占40%。三是芦柑产业地位突出,质优价好。尤溪县也是福建省芦柑主要产区之一,年产量3.1万吨,果实品质优良,深受消费者欢迎[12]。四是优质稻产业面积扩大、单产提高。全县推广优质超级稻16.08万亩,取得年平均亩产573.6公斤,亩增34.0公斤,增产6.3%的好成效,超级再生稻主要栽培集成技术广泛推广,头季和再生季单产屡次刷新世界最高纪录。被国家农业部授予“全国粮食生产先进县”称号,优质稻的发展起到举足轻重的作用。

3.3. 社会经济状况

矿区所在的梅仙镇面积约245 km²,辖23个行政村、1个居委会,人口近4万,经济较发达,以农业和林业为主,近年来铅锌及大理岩矿业发展很快,目前梅仙镇已建成日处理矿石200~400吨的铅锌选矿厂4家,日处理矿石100~200吨的铅锌选矿厂多达10余家,日处理铅锌矿石总量达3000~4000吨,另外还有2家小型铅锌冶炼厂。随着新的铅锌矿资源不断探明,梅仙镇正在发展成为名副其实的福建省铅锌矿业之乡。

2013年,一、地区生产总值。全县完成生产总值(GDP)157.04亿元,同比增长12.2%,比全市平均水平高1个百分点,居全市第二位。其中第一产业增加值43.03亿元,增长4.9%;第二产业增加值70.31亿元,增长18.0%;第三产业增加值43.71亿元,增长9.0%。三次产业比重由上年的28.2:43.3:28.5调整为27.4:44.8:27.8。二、农业。全县实现农林牧渔业总产值67.76亿元,同比增长4.9%。其中:农业产值39.29亿元,增长3.3%;林业产值19.31亿元,增长6.2%;牧业产值6.47亿元,增长12.6%;渔业产值1.80亿元,增长3.7%;农林牧渔服务业产值0.89亿元,增长1.7%。三、工业。全县规模以上工业企业实现总产值210.87亿元;全县工业用电量9.15亿千瓦时,同比增长0.8%,其中规模以上工业用电量5.27亿千瓦时,同比下降4.0%[13]。

3.4. 生态动力学方法

生态动力学阐述生态过程动力学机制,侧重认识自然,充分认识与理解不同生态系统的主要生态过程特征与规律,依据不同情况对生态系统实行定性与定量相结合,使生态系统增强生态服务功能,向有利于人类的方向发展。系统内同一单元或同一子块,其输出与输入间的相互关系称为反馈,也就是信息的传出与回收。系统的输入必然影响输出,所以也可以说,反馈就是输入与输出互为因果关系的循环过程,也可称为因果反馈。反馈系统就包含有反馈环节与其作用的系统。

自然界的生态平衡、人的生命周期和社会问题中的经济危机等都呈现长期性和周期性规律并需通过较长的历史阶段来观察,已有不少系统动力学模型对其机制做出了较为科学的解释。建模中常常遇到数据不足或某些数据难于量化的问题,动力学各要素间的因果关系及有限的信息及一定的结构仍可进行推算分析。社会经济系统是复杂的,因而描述它的方程往往是高阶、非线性时变的,用常规的数学手段很难从求解方程中获得完整的信息。系统动力学则借助于计算机技术和仿真技术,能够对上述问题给出某些方面的信息。本文主要采用生态统计学软件Canoco4.5和系统动力学专用仿真软件Vensim PLE。

3.5. 矿集区复合生态系统边界的确定

本文从系统动力学的角度界定尤溪矿区复合生态系统功能区边界,包含整个系统的各个实体及其属性变化空间的界限,其内部相互联系、相互制约,变量相互影响并构成反馈机制形成各种反馈环路。总

而言之，考虑到行政区域的完整性，生态足迹计算数据的可获得性以及矿区复合生态系统的时间与空间的一致性，本文将尤溪矿区所处的乡镇行政区划作为尤溪矿区复合生态系统的边界。其生态功能区划见图 2。

4. 矿集区系统变量与指标确定

由于矿区复合生态系统不仅涉及自然生态系统，而且涉及人类的社会经济活动，其结构层次复杂，数量繁多。因此将复杂系统划分结构，在各层次内以不丢失关键信息为基础筛选指标。原则为：遴选指标时，利于研究目的；优先对结果产生直接影响的指标；关注系统中的薄弱环节；考虑指标的可得性。在确定指标时尽量选取可通过查统计资料或实地调查可量化的以及没有争议可定性描述指标；同一系统中既不重复也不遗漏。综上所述，本文选取的社会指标为人口数量、人口素质和劳动力供给；经济指标为经济总量、效益和结构影响；环境指标为三废排放、水土流失。

5. 矿集区复合生态系统划分

从系统学角度来看，矿区复合生态系统是一个自然系统与人造系统混合构成的[14]。本文将尤溪矿区复合生态系统划分为社会、经济、资源与环境三个子系统，各个子系统内部还可按照构成元素的特点和相互关系进一步划分，各子系统间总体反馈关系[15]。

经济子系统与资源环境子系统的关系，主要体现在：一方面环境是人类生存与活动的客观条件和基本空间；另一方面经济发展不可避免地对生态环境造成破坏，抑制社会进步。资源环境子系统是矿区初期、中期发展的主要经济支柱，是实现矿集区可持续发展的前提，也是矿集区可持续发展的基本保障(见图 3)。科技进步与经济发展可以提高采出率、提高矿区经济产出能力。资源环境与经济的协调发展就是要将自然规律与经济规律有机地结合起来。

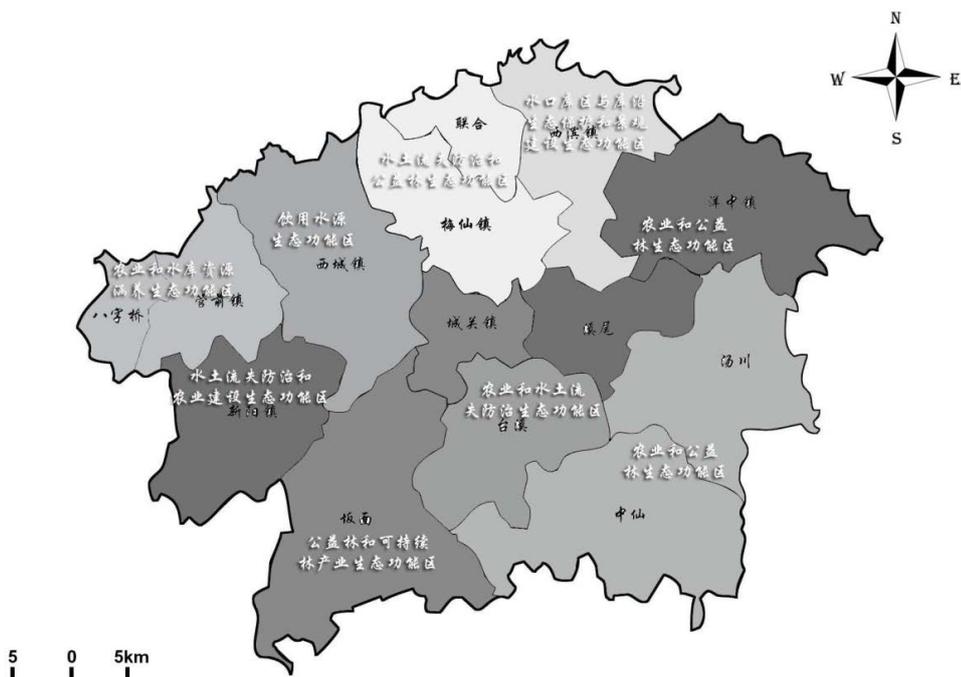


Figure 2. Youxi ecological function zones

图 2. 尤溪县生态功能区

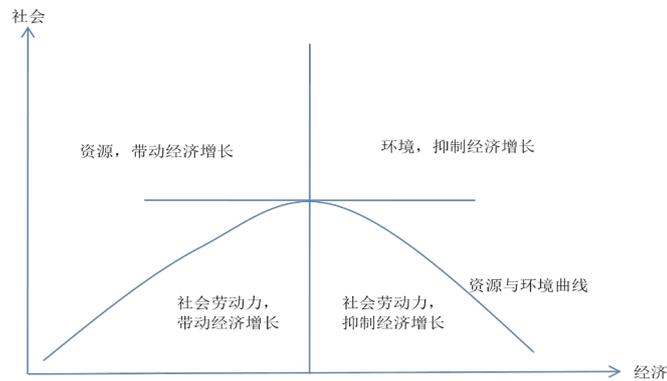


Figure 3. Society-resources and environment-economic trends
图 3. 社会 - 资源与环境 - 经济趋势图

5.1. 社会人口子系统的系统分析

人既是生产者，又是消费者，人力资源是生产中关键的要素，社会生产的动力来源于人的消费，而且人类的技术进步和发明创造更是各子系统向前发展的内在动因[15]。社会人口子系统，通过人口数量、人口素质和劳动力供给影响复合系统的发展，同时又受制于环境状况、经济水平与科技手段等。根据尤溪矿区复合生态系统的实际情况，将社会人口子系统分为产业、教育、社会保障和环境四个子模块，反映人口增长与经济子系统、资源与环境子系统之间复杂的相互关系。

5.2. 经济子系统的系统分析

经济子系统的发展与社会人口、资源、环境子系统密不可分，通过经济总量、效益和结构影响复合系统的发展。经济子系统以其物质再生产功能为其它子系统的完善提供了物质和资金的支持，尤其对于中国这样的发展中国家，经济发展始终是发展的中心问题。当经济发展到一定程度，才能有更多资金投入技术改造和环境保护中。资源与环境系统又为经济发展提供原材料，并吸收各种废弃物质。另外资源量与环境承载力有限度的，随经济发展，自然资源的消耗，资源价格越来越高，环境成本持续增加，进而影响经济增长。因此，将经济子系统划分为人力投入、城市建设、环境空间及科学技术四个子模块。

5.3. 资源与环境子系统分析

环境子系统对矿区复合生态系统主要有三大作用：一是提供各类自然资源；二是环境的自净功能及适度的环境容量；三是提供舒适的环境。资源对系统的影响主要体现在由于三废排放、水土流失等对环境的影响。环境子系统的协调发展关键在于发展要与环境系统的承载力相适应，一方面要调整产业结构，提高生产技术水平，减少污染排放；另一方面，要增加环境治理投入，提高污染治理技术水平。矿集区资源开发是一个多阶段、多层次的动态过程，矿企发展一方面会促进矿集区经济、社会的发展，但同时也会导致严重的环境问题，土地资源被采矿所占用、地表塌陷、水资源、空气等受污染，存在渐进的、隐含的和间断性的规律。

6. 小结

社会、经济、资源与环境是矿集区复合系统中的核心要素，因此从协调发展角度探讨可持续发展具有深刻现实意义。可持续发展的实质是经济、社会、资源与环境三个约束条件下持久、有序、稳定和协调地发展。本文从分析系统特征，探讨系统内在协调机制和发展过程，为建立系统分析与评价体系提供理论指导。

基金项目

国土资源部公益性行业科研专项(201111020-2)资助。

参考文献 (References)

- [1] 孙燕, 周杨明, 张秋文, 易善楨 (2011) 生态系统健康: 理论/概念与评价方法. *地球科学进展*, **26**, 887-896.
- [2] Rapport, D.J., Gaudet, C.L., Constanza, R., Epstein, P.R. and Levins, R., Eds. (2009) *Ecosystem health: Principles and practice*. John Wiley & Sons.
- [3] 朱青山, 蔡美峰, 叶鸿, 袁英杰 (2011) 生态矿区建设的系统分析及实践研究. *金属矿山*, **12**, 128-135.
- [4] 吕鹏, 马守臣, 孙瑞, 王锐, 李园园 (2012) 矿粮复合区生态系统健康评价——以河南省焦作市为例. *湖北农业科学*, **51**, 4480-4484.
- [5] 张波, 曲建升, 王金平 (2011) 国际生态学研究发展态势文献计量分析. *生态环境学报*, **20**, 786-792.
- [6] 薛建春 (2010) 基于生态足迹模型的矿区复合生态系统分析及动态预测. *Doctoral Dissertation*, 中国地质大学, 北京.
- [7] 杨伟伟, 雷冬梅, 徐晓勇 (2011) 矿区生态系统健康及其评价指标和方法. *安徽农业科学*, **39**, 10370-10373.
- [8] 贾锐鱼, 刘晓, 赵晓光, 宋世杰 (2011) 神府矿区生态系统健康水平评价. *煤田地质与勘探*, **39**, 46-51.
- [9] 陈雪珍 (2013) 福建省饮用水源地植被缓冲带建设管理研究. *海峡科学*, **4**, 16-19.
- [10] 王炳英 (2013) 尤溪县梅仙镇油茶低产原因与改造技术. *安徽农学通报*, **8**, 41-42.
- [11] 黄英取 (2012) 山地脐橙的主要病虫害及其综合防治技术. *福建果树*, **2**, 39-41.
- [12] 陈世平 (2010) 尤溪红心柚脐橙销售顺畅. *中国果业信息*, **27**, 46.
- [13] <http://www.fjyx.gov.cn/>
- [14] 马世骏, 王如松 (1984) 社会-经济-自然复合生态系统. *生态学报*, **4**, 1-9.
- [15] 曾嵘, 魏一鸣, 范英 (2000) 人口, 资源, 环境与经济协调发展系统分析. *系统工程理论与实践*, **20**, 1-6.