

# 循环经济系统中多源多时态数据库的设计研究

吴孟泉<sup>2</sup>, 崔伟宏<sup>1</sup>, 牛辰国<sup>1</sup>, 梅新<sup>2</sup> (1. 中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要 循环经济的研究总是在一定空间范围内进行, 它的建设与发展是一个动态的时空耦合过程。通过对循环经济研究, 面对多元多时态数据量及信息提取工作的挑战, 适应于一般的循环经济管理系统, 设计了一套循环经济数据库系统, 为系统数据库的开发提供了一种设计模式。

关键词 循环经济; 数据库; 多源多时态

中图分类号 TP392 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)12-03738-04

## Design study on the Multi-resource and Multi-tense Database of Circular Economy

WU Meng-quan et al (Institute of Remote Sensing of Application, Chinese Academy of Science, Beijing 100101)

Abstract The research on the circular economy always goes on in certain space scope, and its construction and development are dynamic space-time couple processes. In this paper a set of circular economic database system was established based on the study on the circular economy successfully, which adapted to general circular economic management system and offered a kind of design pattern for the development of systematic database.

Key words Circular economy; Database; Multi-resource and multi-tense

循环经济<sup>[1]</sup>(Circular Economy) 是一种新型的、先进的经济形态, 是集经济、技术和社会于一体的系统工程; 发展循环经济是实现可持续发展的一个重要途径, 同时也是保护环境和削减污染的根本手段<sup>[2]</sup>。

循环经济的研究总是在一定空间范围内进行。它的建设与发展是一个动态的时空耦合过程, 指标体系中除了有反映循环经济的静态指标, 更要有动态指标; 既要从时间序列, 又要从空间序列来评价和判定。循环经济信息系统的建立首先要解决多源、多性质、异构、多比例尺的一体化管理问题, 数据库技术是解决这一问题的基础。笔者综合分析循环经济中所涉及到的数据及其特点, 利用现代技术手段, 设计了适用于循环经济的数据库系统, 为发展我国的循环经济, 实现可持续发展提供技术支持。

### 1 循环经济系统运行模式及其特征指标

循环经济的3个层面(即企业层面、企业群落层面和生活垃圾层面)形成“自然资源—产品—再生资源”的整体社会循环, 完成循环经济的物质闭环运动。其运行模式见图1<sup>[3]</sup>。关于循环经济评价可从自然状况、社会状况、经济状况、循环特征和外部状况5方面来选取反映其特征的指标<sup>[3-4]</sup>。

(1) 自然状况指标。主要包括: 人均耕地面积、人均水资源量、人均林地面积、人均矿产资源、单位GDP能耗、单位GDP用水量、森林覆盖率、人均能耗、人均生活用水量、人均生活用电量、受灾面积占总面积的比重、城市人均绿地面积、环境保护投资指数、烟尘控制区覆盖率、自然保护区覆盖率、建成区绿化覆盖率、废气排放密度、废水排放密度、固体废物排放密度等。

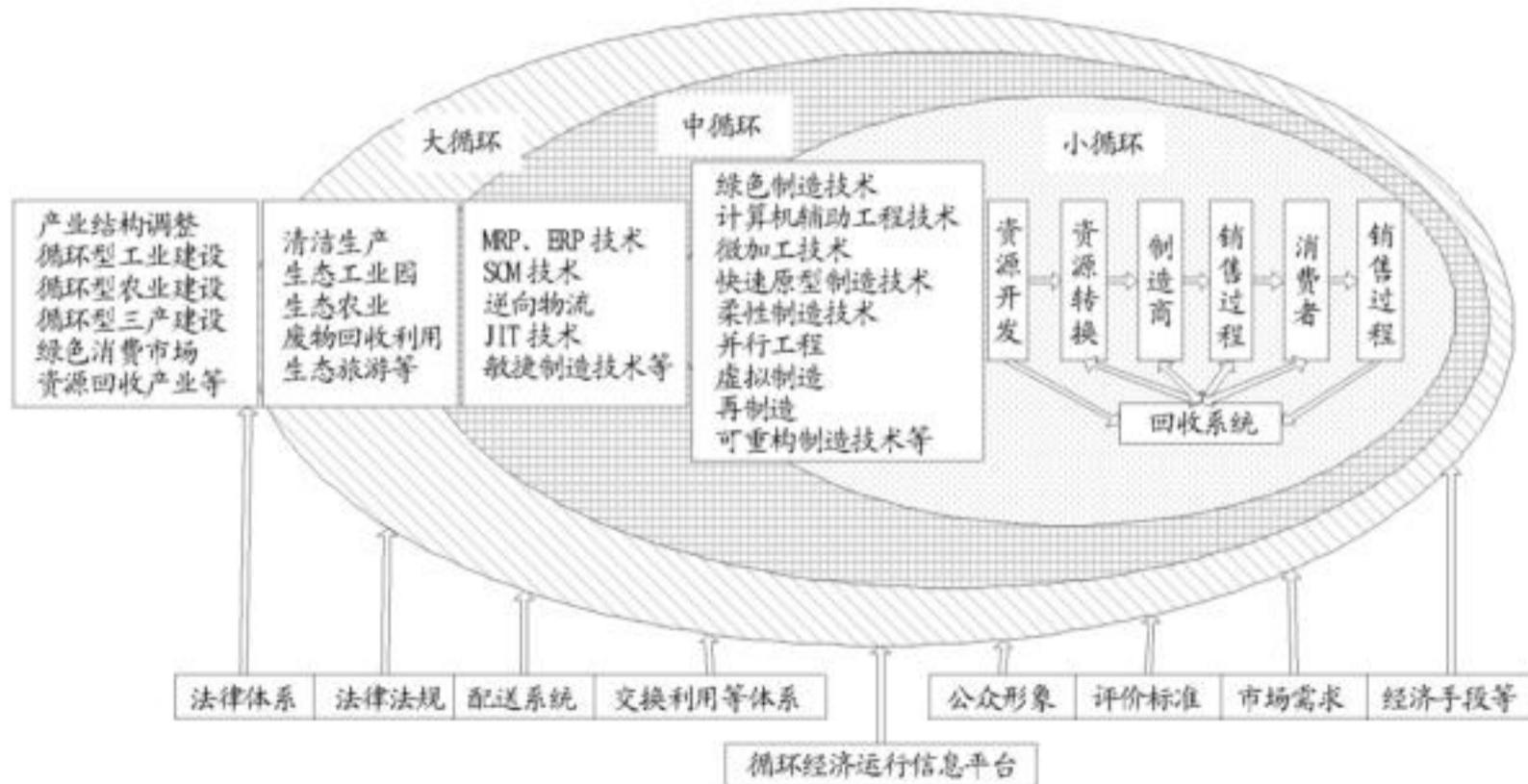


图1 循环经济系统运行模式

(2) 社会状况指标。主要包括: 城镇化水平、城市人均拥有道路面积、万人拥有病床数、万人卫生技术人员数、每百人拥有电话机数、人均保险额、城镇失业率、人均财政收入、人

均财政支出、城市化率与工业化率之比、科教投入及占GDP和财政支出的比例、高等教育入学率、受高等教育人口数、平均受教育年数、万人中小学教师数、万人拥有科技人员数、人口密度、城镇居民人均居住面积、农村人均居住面积等。

(3) 经济状况指标。主要包括: 国内生产总值GDP、人均GDP、经济持续增长率、GDP年增长率、工业总产值、农业总

基金项目 国家自然科学基金项目(4021020)。

作者简介 吴孟泉(1975-), 男, 山东沂水人, 博士研究生, 研究方向: 空间数据库、GIS和RS的应用。

收稿日期 2006-12-27

产值、从业系数、各分区人均 GDP 变动系数、社会消费品零售总额、地方财政收入、实际利用外资、经济密度、城乡居民储蓄存款余额、产业结构指数、产值利税率、资金利税率、经济效益系数、土地产出率、高新技术产业产值等。

(4) 循环特征指标。主要包括:三废综合利用率、水土保持率、工业生态链稳定性、生态农业面积、土地利用效率、水资源利用率、能源利用率、生物多样性指数、城市污水处理率、城市气化率、生活垃圾处理率等。

(5) 外部状况指标。主要包括:对外贸易、外资流入、国内政策、其他省市的影响、法规的制定及执行情况、管理与协调能力、资源开发规划的合理性、规划与战略目标体系等。

## 2 循环经济数据特征及数据库设计

### 2.1 循环经济数据特点

(1) 多数据源。即数据格式,数据模型多样化。

(2) 空间性。这是空间数据最主要的特性。空间数据描述了空间物体的位置、形态,甚至需要描述物体的空间拓扑关系。而空间数据则侧重于河流的位置、长度、发源地等和空间位置有关的信息。

(3) 多态性。即从不同的角度反映同一区域的空间信息。同一地物在不同的情况下会有形态差异。

(4) 多时相。即从不同的时间反映同一个区域空间信息的变化,循环经济数据具有很强的时空特性。数据源既有同一时间不同空间的数据系列;也有同一空间不同时间序列的数据<sup>[5]</sup>。建立一套规范、实用、功能较完备的循环经济数据库,能提高循环经济数据的利用率,对各种数据进行统一高效的管理、查询,提供对各种循环经济数据的分析功能,为循环经济和可持续发展的研究及其应用提供便利条件,为经济信息的现状分析和未来预测分析提供一种高效便捷的方式。

2.2 循环经济数据库设计思想 由于循环经济的建设与发展是一个动态的时空耦合过程,所以其数据既包括空间数据也包括在一定空间范围内的自然状况数据、社会状况数据、经济状况数据等多元多态海量数据。该数据库的设计思路:

2.2.1 利用 GIS 实现对图形数据的管理。循环经济数据既包括属性数据,如经济类型名称、代码、经济性质等,又包括空间数据,如经济状况图、人口分布图、资源利用现状图等。传统的关系型数据库管理系统对处理属性数据有利,但对空间数据的处理就很困难。GIS 是在计算机硬、软件系统支持下对空间数据进行采集、储存、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统。它的操作对象是空间数据,即点、面、线、体这类具有三维要素的地理实体,对其按统一地理坐标进行编码,实现定位、定性和定量的描述<sup>[6]</sup>。它具有强大的对图形数据管理和分析的功能。循环经济数据库系统设计就是利用了关系型数据库对属性数据,GIS 对空间数据强大的管理功能来实现对循环经济数据的处理,建立循环经济属性数据库和空间数据库,并通过标识码实现属性数据和空间数据的连接。

2.2.2 利用 ES 实现基于模型和知识的推理。ES 源于人工智能,又称为专家系统,是一个具有大量循环经济专门知识与经验的程序系统。它是根据循环经济的综合性、开放性、地域性、时间性、模糊性的特点,应用人工智能技术,依据 1 个或多个经济专家、社会专家、环境专家等提供的特殊领域知识、经验进行推理和判断,模拟循环经济中某一复杂问题进行决策的过程。它的核心是推理机、模型库、知识库和基础数据库。

2.3 循环经济数据库的结构设计 该数据库的基本结构,是依据一系列科学规则所定义的,按优先权的先后依次是逻辑相关和一致性、可视化的界面、在内容上的可扩充性、独立的文件格式、可量测性。它的体系结构基本上可表示成一个逻辑上的计算模型,按照系统的需求说明,结合对系统的整体分析,系统分为以下几个逻辑层次:信息表示层、系统功能层、模型方法层、数据库层、关键技术层。其中,支撑技术包括 DSS 技术、数据库技术、基于组件的软件开发技术和 WEB 技术;数据库作为系统的数据核心,包括专题数据库和基础数据库。系统功能层是整个系统的功

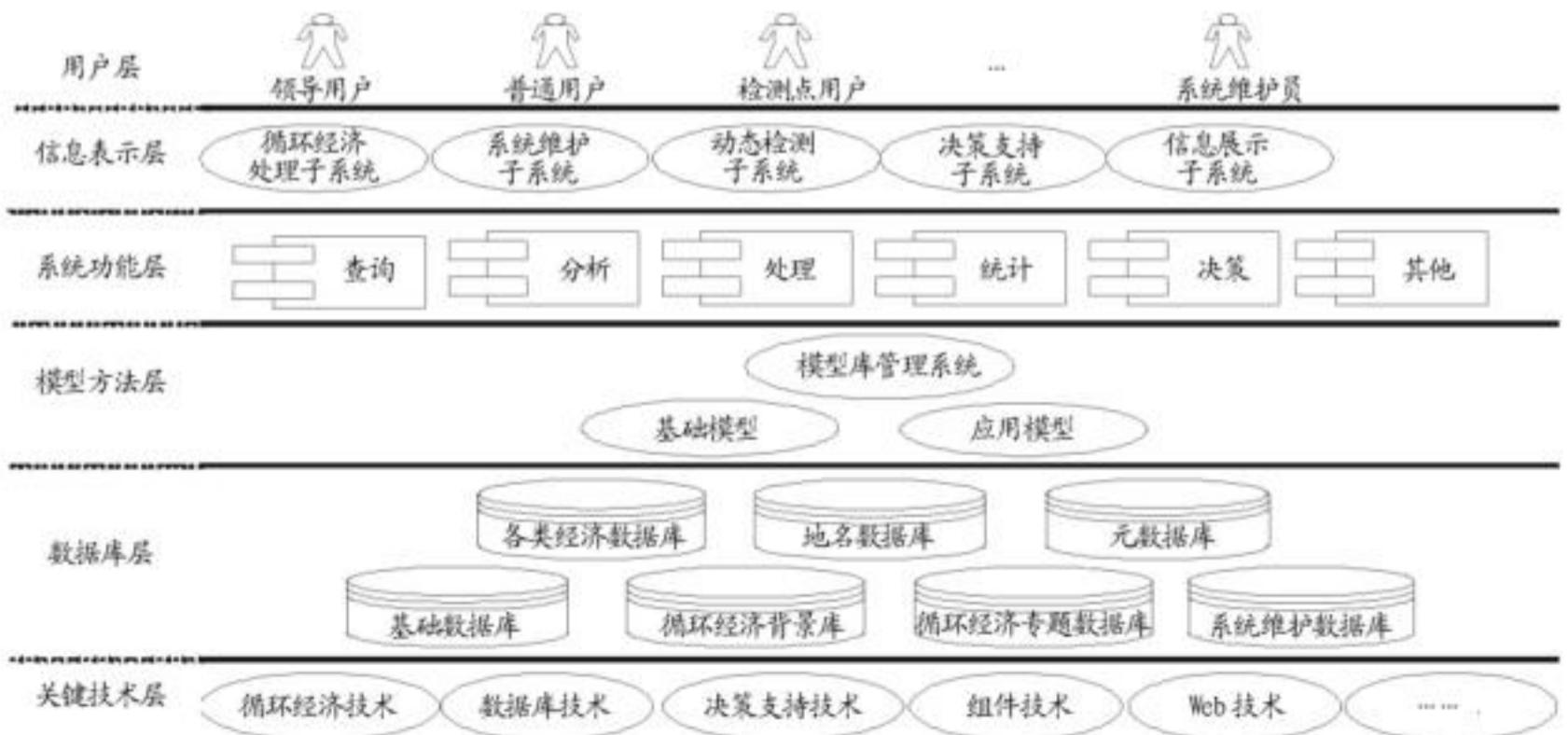


图2 循环经济系统结构

能核心,开发的循环经济信息系统的功能实现就是在该层进行数据处理的。信息表示层是将系统功能层数据处理的结果

返回给用户的图、表、文字等。在整个框架中标准规范及数据定义、软硬件网络配置这两大部分贯穿于系统架构的始

终,起着支持和指导的作用。

层体系结构具有灵活的系统结构,较高的系统可维护性,利于变更,可持续发展等重要特点,详见图2。

**2.4 循环经济数据库的逻辑设计** 从设计的关系模型,并根据数据间的联系,将这些关系模式分解,依次满足一定的条件:即范式。第一范式(1NF)是指关系R中,所有域为简单域,数据值不可再分。第二范式(2NF)是指关系R符合1NF,且非主属性对码不存在部分函数依赖。第三范式(3NF)是指关系R符合2NF,且非主属性对码不存在传递依赖<sup>[7]</sup>。

根据数据库设计理论和经验,一般要求满足第三范式,以消除数据冗余,避免更新异常,但有时为了应用方便或某些特殊需要,也保留一些数据冗余,使其满足第二范式即可。

由于应用功能模块不断地产生和读取数据库中的相关数据和信息,系统中的数据流量是相当大的,为实现更好的数据共享和数据库结构的优化(消除冗余),笔者的设计符合关系型数据库的3个范式要求。最终,数据库系统中的数据库表被规划为3类:

(1) 数据实体表。它们由一个实体的多种属性组成,其中一类属性被定义成主键。它们通过各类属性信息与其他数据库表和应用功能模块进行数据交流。

(2) 数据实体的关系表。因为系统对某些数据的使用,如查询、统计、截取等特别频繁,尽管这类表本应是关系运算产生的视图,但它们的数据量也不太大,笔者便设计了这类专门存储数据关系的表,让它们直接与应用功能模块进行数据交流,效率更高,花少量的空间代价换取更多的时间利益是值得的。

(3) 关系的联系表。设计和产生这类表的原因比较复杂,有结构优化方面的原因;有更好地完成实体数据库表之间多对多关系方面的原因;有结合数据库技术,简化和构建复杂数据结构方面的原因。它们与实体数据库表之间进行比较频繁的数据交流,这类表的数目不少,而且在建立数据库系统中起着重要作用。

在进行数据库系统的整体设计时考虑到各个单表之间的联系和数据交流,使用前述标准化建模过程来确定它们的类别。数据库表中的数据和信息的记录大都由对应用功能模块的操作来生成,替代了原来由人工整理数据的繁琐生产工序,而信息的分配和保存则由数据库系统来承担,替代了原来大量的人工资料档案管理,构造了一些自动化工序。

**2.5 数据库的物理设计** 根据具体计算机系统(DBMS和硬件等)的特点,为给定的数据库模型确定合理的存储结构和存取方法。循环经济数据库系统通常以某一时间段为单元进行分析或寿命预测,该时间段的设定根据某经济运作周期而定,因此数据存放以设定的时间段作为一级目录,保存该时间段的数据;在该时间段目录下再建立次目录保存每次调查的数据和结果。

**3 循环经济数据库的功能模块设计** 该数据库由5大功能模块组成:数据采集模块、数据管理模块、输出模块、评价模块和帮助模块<sup>[8]</sup>。

(1) 数据采集模块。该模块完成数据的采集输入,同时对输入的数据进行检验。

(2) 数据管理模块。该数据库管理系统设计一个优化的数据库结构,实现良好的互操作性以及异构平台之间的信息共享。用户的操作和应用开发都在客户端上,包括循环经济的数据管理、网页管理、目录管理、用户管理、事件监视等。系统通过一个可视化界面实现用户对循环经济属性和空间数据的查询,实现多种条件的查询,例如可以行政级别、经济类型和经济名称、图形斑块等为单位的查询;对经济所属单位地理位置等图形数据的查询;图形数据和属性数据的相互查询;对循环经济实施方案的查询;对经济合理布局方案的查询。对图形数据的查询是提供了对象查询工具、区域查询工具、缓冲区查询,以及一些常用的逻辑与数据的分析查询函数,用户可应用灵活的查询工具或应用函数建立表达式进行查询。还提供数据的输入、更新、修改、删除等基本功能。

(3) 输出模块。完成对查询结果的输出,对属性数据的输出可采用报表、表单的形式,当然也可直接给出查询结果,例如对某一经济实施方案、经济布局方案;对图形数据的输出则可采用专题地图如范围值专题地图、等级符号专题地图、点密度地图、直方图地图、饼图地图等形式。

(4) 评价模块。完成经济状况评价、环境状况评价、综合效益评价、质量评价以及生产潜力评价;实现以经济类型为单位的综合评价和社会区域的适宜性评价。经济效益评价以经济类型为单元,选用相关属性采用模糊定量评价法,侧重于对社会综合效益能力的评定。

(5) 帮助模块。该模块是对系统的使用说明。

#### 4 应用实例

发展循环经济是实现可持续发展的一种全新的经济运行模式,也是社会推进可持续发展战略的一种优选模式。河北省正定县作为国家可持续发展综合实验区,在“可持续发展公共信息网”(96-920-19-04)专题中完成了全县可持续发展指标分析和决策应用工作,并以此进行了信息化建设,为循环经济信息化建设打下了坚实基础。

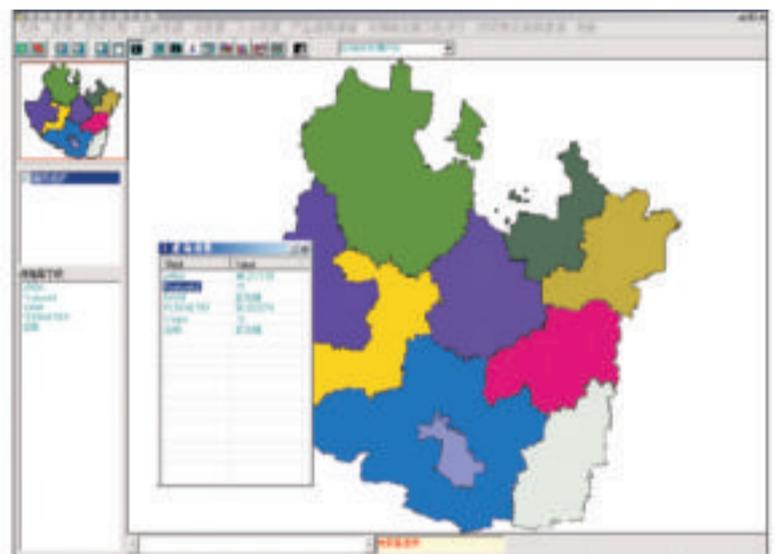


图3 时空查询功能模块

在该项目中按人口、经济、社会、资源、环境与灾害6个方面,对可持续发展提出113个评价指标。依据前文的指标设计原则和方法,完成了可持续发展信息的标准化设计,包括可持续发展信息标准化和编码方案;开发了分布式可持续发展信息元数据库和多元时态数据库管理系统,并建立具有特色的可持续发展决策支持系统专业评价体系。

多元时态数据库管理系统中实现了数据采集、管理(包括基于时间、空间和时空联合的数据查询统计和检索等)、数

据的输出以及各种评价体系等,如图3、4所示。

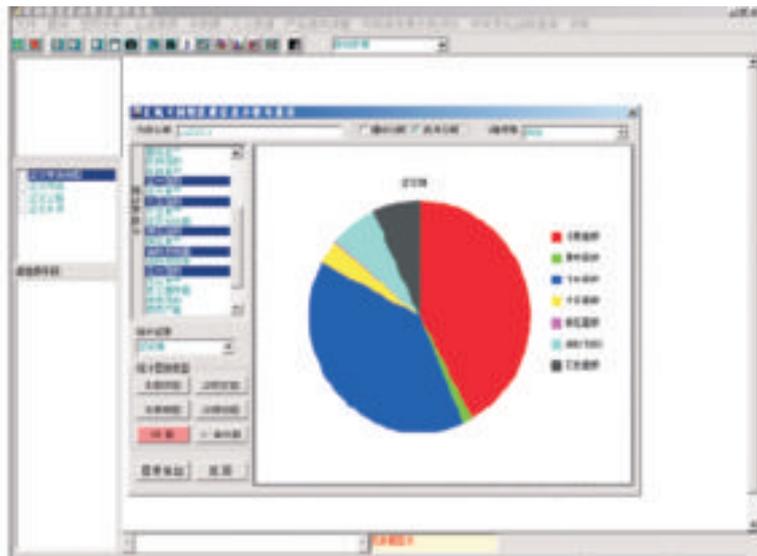


图4 指标体系及综合评价模块

## 5 结语

知识经济和循环经济是目前国际社会经济发展的两大趋势,循环经济是解决环境问题、促进经济改革和经济稳定、可持续发展的唯一途径。采用基于数据库的计算机技术进行循环经济管理,不但可以减轻管理人员的工作强度,实现经

济的科学化管理,还能积累循环经济中的资料,为循环经济的研究提供依据。而设计完善、性能良好的数据库系统是顺利进行计算机系统开发的基础。笔者通过对循环经济研究,面对多元多时态数据量及信息提取工作的挑战,设计了一套循环经济数据库系统,该设计适应于一般的循环经济管理系统,为系统数据库的开发提供了一种设计模式。

## 参考文献

- [1] 钱易. 循环经济与可持续发展[C]. 循环经济报告会资料汇编,2003:1-7.
- [2] 解振华. 走循环经济之路实现可持续生产与消费[J]. 中国环保产业,2003(2):12-13.
- [3] 王怀友. 循环经济规划的理论、方法及初步应用[D]. 南京:东南大学,2004.
- [4] 黄昆,陈森发,孙燕,等. 生态城市智能综合评价决策支持系统研究与实现[J]. 信息与控制,2003,32(4):376-380.
- [5] 毋河海. 地图数据库系统[M]. 北京:测绘出版社,1996.
- [6] 郭仁忠. 空间分析[M]. 武汉:武汉测绘科技大学出版社,1997.
- [7] RAGHU RAMAKRISHNAM. 数据库管理系统[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [8] 刘艳梅,宋瀚涛,董蕾. 基于B/S结构的跨平台异构型数据库系统[J]. 计算机系统应用,1998(8):9-10.