

# 陕西省最严格水资源考核管理系统研究与实现

何欣欣, 罗军刚, 解建仓

(西安理工大学 水利水电学院, 陕西 西安 710048)

**摘要:** 针对陕西省水资源考核管理涉及面广、业务复杂、应用需求多变等特点, 本文以综合集成服务平台为支撑, 构建“省-市-县(区)”三级嵌套模式的陕西省最严格水资源考核管理系统。该系统将计算模型组件化, 利用系统网络知识图, 实现对陕西省出台《考核办法》所制定“六项指标”的分项考核管理, 从而使水资源考核管理工作智能化、可视化。结果表明: 以综合集成平台为支撑的最严格水资源考核管理系统具有可操作性、实用性, 便于考核管理工作的进行, 为最严格水资源考核管理提供技术支撑。

**关键词:** 最严格水资源管理; 考核指标; 组件; 知识图; 综合集成; 陕西省

中图分类号: TV213.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2016)03-0055-06

## Research and implementation on most stringent assessment and management system of water resources in Shaanxi

HE Xinxin, LUO Jungang, XIE Jiancang

(Faculty of Water Resources and Hydro-electric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

**Abstract:** Aimed at the characteristics of assessment and management system of water resources in Shaanxi to be broad, complex and changeable, this paper took the platform of comprehensive integrated service as support to set up the most stringent assessment of water resources management system structures of triple-nested model of province-city-county in Shaanxi. The system made the calculation model componentization and used the system network knowledge graph to realize the itemized assessment and management of “six indicators” issued by Shaanxi province so that the stringent assessment of water resources management will be intelligent and visual. Result shows that the most stringent assessment and management system of water resources supported by integrated platform is operable and practical, and facilitate assessment and management of water resources. The platform can provide technique support for the most stringent assessment and management system of water resources.

**Key words:** most stringent management of water resources; assessment index; component; knowledge map; comprehensive integration; Shaanxi Province

水是生命之源, 生产之要, 生态之基, 是人类生存与发展的重要资源。随着我国经济和社会的发展, 洪涝灾害严重、水资源短缺, 水环境恶化、水污染严重等问题日益突出, 已成为制约经济社会可持续发展的主要瓶颈, 加之水资源开发利用方式粗放, 用水浪费严重, 用水效益低下, 管理手段落后, 因此, 实行最严格水资源管理制度已作为我国一项基本国策和战略部署在全国范围内展开<sup>[1]</sup>。自2011年中央

一号文件《中共中央、国务院关于加快水利改革发展的决定》(中发[2011]1号, 以下简称《决定》)提出实行最严格水资源管理制度以来, 国家陆续颁发了一系列关于落实最严格水资源管理制度的文件, 循序渐进地将水资源考核制度与工作具体化、深入化, 为各级行政区水资源考核管理工作的开展提供了有力依据。在此形势下, 构建一套考核管理系统是落实最严格水资源考核管理制度的必要手段。

收稿日期: 2015-11-06; 修回日期: 2016-01-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(51209170); 陕西省科学技术研究发展计划项目(2014K09-07); 陕西省青年科技新星项目(2015KJXX-30)

作者简介: 何欣欣(1988-), 女, 陕西宝鸡人, 硕士研究生, 主要从事水文水资源管理及水利信息化研究。

通讯作者: 罗军刚(1981-), 男, 陕西西安人, 博士, 副教授, 主要从事水资源调度管理和水利信息化等方面的研究。

纵观我国学者关于水资源考核管理的研究历程,在理论和方法上取得了一定进展,大多研究围绕单一考核指标进行,主要针对考核指标体系<sup>[2-3]</sup>、考核管理机制<sup>[4]</sup>与评价指标体系<sup>[5]</sup>的构建以及考核制度<sup>[6]</sup>的完善展开探讨与分析,以信息化手段进行水资源考核管理业务功能实现的研究也刚刚起步<sup>[7-8]</sup>。水资源考核管理具有数据量大、涉及面广、工作繁杂等特点,没有完善的系统支撑考核工作将无法顺利进行,但从目前的研究现状来看,尚无完整的系统支撑最严格水资源考核管理工作的进行,鉴于此,本文结合最先进的软件开发技术及严格水资源考核管理的要求,以水利信息化综合集成平台<sup>[9]</sup>为支撑,通过组件化的水资源考核管理主题知识图,提供便捷的可视化操作环境,根据陕西省水资源状况,构建“省-市-县(区)”三级嵌套模式的最严格水资源考核管理系统,重点针对陕西省出台的六项考核指标进行分项考核管理,从而实现水资源考核管理工作的智能化、可视化,推进最严格水资源管理制度的有效实施。

## 1 陕西省水资源考核管理现状分析

实行最严格水资源管理制度是党中央、国务院的重大举措。2011年中央一号文件《决定》提出实行最严格水资源管理制度,并把最严格水资源管理作为加快转变经济发展方式的战略举措;2012年1月国务院印发《国务院关于实行最严格水资源管理的意见》明确提出水资源管理的“三条红线”和“四项制度”,要求建立水资源管理责任和考核制度,提高最严格水资源管理制度建设的系统性、精细性和严格性;2013年1月国务院出台《国务院办公厅关于印发实行最严格水资源管理制度考核办法的通知》规定实行最严格水资源管理制度的责任主体,并将考核内容具体化到四项考核指标,完善考核制度;2014年2月,水利部、发改委等十部委联合印发《实行最严格水资源管理制度考核工作实施方案》,明确全国省级行政区的考核组织和程序,进一步细化考核评分方法,详细说明了目标完成情况四项考核指标的数据提供单位、定义、计算公式及评分方法,标志着我国最严格水资源管理制度考核工作的全面启动。

为贯彻落实最严格水资源管理制度,提高水资源保障能力和管理水平,陕西省也做了大量的工作。一方面,启动了陕西省国家水资源监控能力建设项目,通过该项目可对占全省颁证取用水量(包括黄委发

证)80%以上的重点用水大户实现在线监测,可对全省90%以上的重要水功能区实现水质监测,可对全省重要地表水源地实现全覆盖在线监测,完成了涉及信息采集、通信、计算机网络、数据库、水资源业务应用等多个方面的重要取水户、水功能区、地表水源地三大监测体系的建设,构建了水资源监控管理信息平台,形成与实行最严格水资源管理制度相适应的水资源监控能力,逐步增强支撑水资源定量管理和“三条红线”监督考核的能力;另一方面,陕西省人民政府办公厅于2013年连续下发了《陕西省人民政府关于实行最严格水资源管理制度的实施意见》和《陕西省实行最严格水资源管理制度考核办法》(以下简称《考核办法》),公布了各市级行政区6项考核控制目标及考核评定方法,明确对各市级政府实行最严格水资源管理制度情况进行考核,考核结果作为年度目标责任和领导干部考核评价的依据,并要求各级用水机构把省政府划定的“三条红线”作为水资源考核管理的底线,随后,于2014年颁布《陕西省实行最严格水资源管理制度考核工作实施细节》,对考核内容、程序、评分和结果应用做出明确规定,成立考核工作组,对各市区最严格水资源管理制度目标完成、制度建设和措施落实情况进行全面的考核。全省水资源管理考核工作注重科学治水、依法管水,紧紧围绕“三条红线”,突破水资源瓶颈制约及改善水生态环境的目标,努力构建水资源优化配置、高效利用和水生态环境保护体系。

## 2 考核指标及评分标准

### 2.1 考核指标及计算方法

为推进实行最严格水资源管理制度,确保水资源管理节约保护控制目标的实现,陕西省人民政府办公厅于2013年9月23日颁布《考核办法》,其中对陕西省水资源管理考核工作的原则、组织机构、考核范围、考核内容、考核评定方法以及分市区的“六项指标”控制目标进行了明确的规定,为落实陕西省水资源管理制度考核工作的全面实施提供依据。以下是“六项指标”的具体内容与计算方法:

(1)用水总量指标。用水总量指各类用水户取用的包括输水损失在内的毛水量,包括农业用水量、工业用水量、生活用水量、生态环境补水4类。计算公式为:

$$W_{\text{总}} = W_{\text{农业}} + W_{\text{工业}} + W_{\text{生活}} + W_{\text{生态}} \quad (1)$$

式中:  $W_{\text{总}}$  为用水总量,  $\text{m}^3$ ;  $W_{\text{农业}}$  为农业用水量,  $\text{m}^3$ ;  $W_{\text{工业}}$  为工业用水量,  $\text{m}^3$ ;  $W_{\text{生活}}$  为生活用水量,

$m^3$ ;  $W_{生态}$  为生态用水量,  $m^3$ 。

当年用水总量折算成平水年用水总量进行考核。

(2) 万元工业增加值用水量降幅。万元工业增加值用水量指工业用水量与工业增加值(以万元计)的比值。计算公式为:

$$W_{万元} = Q_{工业} / G \quad (2)$$

式中:  $W_{万元}$  为万元工业增加值用水量,  $m^3 / 万元$ ;  $Q_{工业}$  为工业用水量,  $m^3$ ;  $G$  为工业增加值, 万元。其中工业增加值按 2000 年不变价计。

工业增加值用水量降幅指当年万元工业增加值用水量比上年度下降的百分比。计算公式为:

$$P = \frac{W_{万元, 上年} - W_{万元, 当年}}{W_{万元, 当年}} \times 100\% \quad (3)$$

式中:  $P$  为工业增加值用水量降幅;  $W_{万元, 上年}$  为上年度万元工业增加值用水量,  $m^3 / 万元$ ;  $W_{万元, 当年}$  为当年万元工业增加值用水量,  $m^3 / 万元$ 。

(3) 农田灌溉水有效利用系数。农田灌溉水有效利用系数指灌入田间可被作物吸收利用的水量与灌溉系统取用的灌溉总水量的比值。计算公式为:

$$\eta = W_j / W_o \quad (4)$$

式中:  $\eta$  为农田灌溉水有效利用系数;  $W_j$  为灌入田间可被作物吸收利用的水量,  $m^3$ ;  $W_o$  为灌溉系统取用的灌溉总水量,  $m^3$ 。

(4) 重要江河湖泊水功能区水质达标率。重要江河湖泊水功能区水质达标率指水质评价达标的水功能区数量与全部参与考核的水功能区数量的比值(单位为百分比)。计算公式为:

$$FD = \frac{FG}{FN} \times 100\% \quad (5)$$

式中:  $FD$  为重要江河湖泊水功能区水质达标率;  $FG$  为达标的水功能区数量;  $FN$  为全部参与考核的水功能区数量。

(5) 饮用水水源地水质达标率。列入饮用水水源地水质达标考核名录的水源地取样分析, 其地表水水质(富营养化指数)达到《地表水环境质量标准》(GB3838 - 2002) 考核目标和地下水水质达到《地下水质量标准》(GB/T14848 - 93) 考核目标。计算公式为:

$$\kappa = \frac{n_{达标}}{n_{总}} \times 100\% \quad (6)$$

式中:  $\kappa$  为饮用水水源地水质达标率;  $n_{达标}$  为达标的分析次数;  $n_{总}$  为分析的总次数。

(6) 重点区域地下水水位达标率。列入重点区

域地下水水位监测名录的地下水监测井, 单井年均值与上一年度水位变幅不超过 0.5 m 的井数占纳入名录的井数的比值。计算公式为:

$$\tau = \frac{m_{达标}}{m_{总}} \times 100\% \quad (7)$$

式中:  $\tau$  为重点区域地下水水位达标率;  $m_{达标}$  为达标的监测井数;  $m_{总}$  为监测的总井数。

## 2.2 考核指标评分标准

最严格水资源管理制度目标完成情况满分为 100 分, 其中前四项指标各占 20 分, 后两项指标各占 10 分。陕西省“六项指标”具体的评分标准如表 1 所示。

## 3 考核管理系统研究与实现

### 3.1 系统构建

本文基于综合集成知识可视化平台, 将计算模型组件化封装到平台, 以系统网络知识图的形式, 实现对陕西省最严格水资源考核管理系统的构建。系统通过业务应用模型、方法组件化封装, 形成 Web 服务组件, 结合知识图可视化描述业务流程、组织应用, 在可视化环境下实现对各市级行政区用水总量、万元工业增加值用水量、农田灌溉水有效利用率、重要水功能区水质达标率、饮用水水源地水质达标以及重点区域地下水水位的分项考核、监测与管理, 构建对“省-市-县(区)”三级逐层考核管理的可视化模式, 支撑最严格水资源管理考核业务的开发、集成与应用, 为实施陕西省最严格水资源考核管理服务。

图 1 为陕西省最严格水资源考核管理系统的主界面, 也即省级考核界面。此界面可实现对不同时间尺度下省级各行政区“六项指标”的考核管理, 并对考核目标完成情况进行年终综合评分。本界面还嵌套了陕西省下属各个市级行政区的水资源考核管理知识图, 是进行各市级、县(区)级行政区最严格水资源考核管理的接口。

### 3.2 系统业务功能实现

根据“六项指标”所展现的需求, 本文将陕西省水资源考核管理系统分为 7 个业务模块, 具体实现的业务功能如下:

(1) 用水总量考核。主要是以“用水总量”作为约束性指标, 考核不同时间尺度(年、月)下的用水总量以及分行业(包括工业、农业、生活)用水情况, 通过对比分析同期用水量的情况, 更加直观的对分行业用水量进行考核。

表1 陕西省“六项指标”考核计分表

考核指标	考核内容	评分标准	考核计分	备注
用水总量指标	工业用水量考核 农业用水量考核 生活用水量考核 用水总量考核	$W_{\text{实际}} \leq W_{\text{目标}}$	$[(W_{\text{目标}} - W_{\text{实际}})/W_{\text{目标}}] \times 20 + 20 \times 80\%$	年度用水总量 实际值: $W_{\text{实际}}$ ; 目标值: $W_{\text{目标}}$
		$W_{\text{实际}} > W_{\text{目标}}$	0	
万元工业增加值用水量降幅	工业用水效率考核	$P_{\text{实际}} \geq P_{\text{目标}}$	$[(P_{\text{实际}} - P_{\text{目标}})/P_{\text{目标}}] \times 20 + 20 \times 80\%$	万元工业增加值用水量降幅: 实际值: $P_{\text{实际}}$ ; 目标值: $P_{\text{目标}}$
		$P_{\text{实际}} < P_{\text{目标}}$	0	
农田灌溉水有效利用系数	农业用水效率考核	$\eta_{\text{实际}} \geq \eta_{\text{目标}}$	$[(\eta_{\text{实际}} - \eta_{\text{目标}})/\eta_{\text{目标}}] \times 20 + 20 \times 80\%$	农田灌溉水有效利用系数: 实际值: $\eta_{\text{实际}}$ ; 目标值: $\eta_{\text{目标}}$
		$\eta_{\text{实际}} < \eta_{\text{目标}}$	0	
重要江河湖泊水功能区水质达标率	水功能区考核	$FD_{\text{实际}} \geq FD_{\text{目标}}$	$[(FD_{\text{实际}} - FD_{\text{目标}})/FD_{\text{目标}}] \times 20 + 20 \times 80\%$	重要江河湖泊水功能区水质 达标率 实际值: $FD_{\text{实际}}$ ; 目标值: $FD_{\text{目标}}$
		$FD_{\text{实际}} < FD_{\text{目标}}$	0	
饮用水水源地水质达标率	饮用水水源地考核	水质标准高于或等于Ⅲ类	$10 \times (n_{\text{达标}}/n_{\text{总}}) \times 100\%$	达标及优于标准的 分析次数: $n_{\text{达标}}$ ; 分析总次数: $n_{\text{总}}$
		水质标准低于Ⅲ类	0	
重点区域地下水水位达标率	地下水考核	$\tau_{\text{名录}} \geq \tau_{\text{目标}}$	$10 \times (m_{\text{达标}}/m_{\text{总}}) \times 100\%$	重点区域地下水监测井分类 达标率: $\tau_{\text{名录}}$ ; 目标值: $\tau_{\text{目标}}$ ; 达标的监测井数: $m_{\text{达标}}$ ; 监测的总井数: $m_{\text{总}}$
		$\tau_{\text{名录}} < \tau_{\text{目标}}$	0	

(2)工业用水效率考核。主要是以“万元工业增加值用水量”作为约束性指标,进行不同时间尺度(年、月)条件下的工业用水效率考核管理。

(3)农业用水效率考核。主要是以“农田灌溉水有效利用系数”作为约束性指标,进行不同时间尺度(年、月)条件下的农业用水效率考核管理。

(4)水功能区考核。主要是以“水功能区水质达标率”作为约束性指标,通过确定河流中每一个功能区是否达标,从而得到河流的水功能区达标率,以此进行水功能区限制纳污的考核。

(5)饮用水水源地考核。主要是以“水源地水质达标率”作为约束性指标,通过对每个水源地的水质目标和现状水质的分析比较,从而确定不同水源地水质的达标情况,以此进行饮用水水源地的考核。

(6)地下水考核。主要是以“地下水水位达标率”作为约束性指标,考核不同时间尺度(年或月)的水井监测和水井达标情况,通过查看监测水井的水位信息和达标情况,更加直观的对重点区域地下水水位进行考核管理。

(7)年终考核评分。根据“六项指标”具体评分

标准,对省级各行政区的考核目标完成情况进行年终的考核评分。考核结果划分为优秀、良好、合格、不合格4个等级。考核得分90分以上为优秀,80分以上90分以下为良好,60分以上80分以下为合格,60分以下为不合格。

如图2左侧,为西安市水资源考核管理界面,是西安市所属行政区与河流分布概化图。此界面可实现不同时间尺度条件下的考核管理,不仅可对西安市分属的各个县区进行“六项指标”的分项考核,还可对各个县区的考核结果进行汇总,以此实现西安市最严格水资源考核管理。如图2右侧为西安市各个县(区)2015年和2015年4月的用水总量考核结果汇总信息。下面以西安市工业用水量考核为例对基于综合集成知识平台的最严格水资源考核过程实现进行简要说明。首先,单击图中左上角的时间图元,即运行已定制的时间组件,在弹出的时间选择对话框中输入需要考核的时间尺度(年或月),然后单击烟囱图元即可启动已定制的工业用水量考核相关组件,组件根据输入的时间从数据库中获取相关数据运用Java进行后台计算和对比分析,通过知识可视化平台对西安

市的工业用水量考核结果以列表和柱状图的形式进行展示,如图 3 为 2015 年 4 月西安市工业用水量考核结果和同期工业用水量对比分析结果。与此过程类似,单击图中房子图元、小树图元、黄色矩形图元可依次查看生活用水量、农业用水量、总用水量的考核结果和同期用水量对比分析结果。

### 3.3 系统特点

本系统改变了传统考核管理应用系统开发模式,具有一定的灵活性、适应性和可拓展性等优势,其特点集中体现在以下几个方面:



图 1 陕西省最严格水资源考核管理系统主界面图

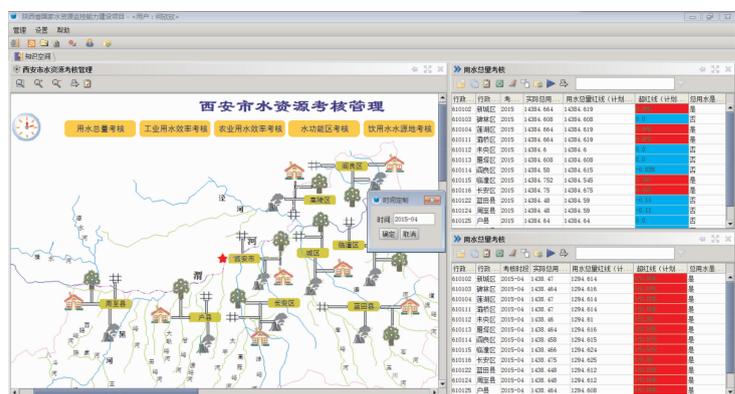


图 2 不同时间尺度下的西安市水资源考核管理界面



图 3 月尺度下西安市工业用水量考核结果

(1)模型方法组件化。本系统运用组件技术<sup>[10]</sup>、Web Service<sup>[11]</sup>等技术,采用 J2EE、SOA 架构,通过业务抽取和分类、组件拆分、组件开发、组件注册与发布<sup>[12]</sup>等过程,将考核“六项指标”所涉及的计算方法、模型开发并封装成输入输出标准的组件,建立业务应用组件库,为陕西省水资源考核管理系统构建提供支撑。该系统通过组件在可视化环境下灵活搭建水资源考核管理应用系统,以简洁的方式增加、删除、升级组件改变应用系统功能,适应工作负荷变化的灵活考核能力,使应用系统对规模的变化有较强的适应能力。

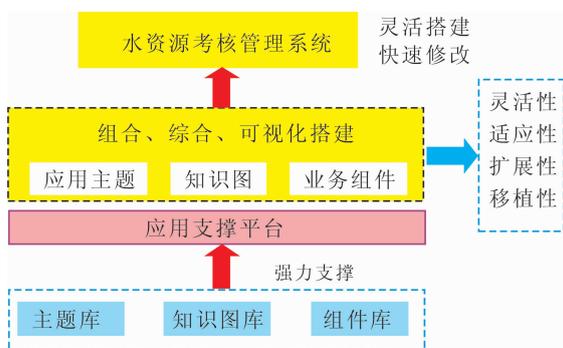


图 4 基于平台、组件、知识图的系统搭建原理示意图

(2)基于平台、组件、知识图的系统搭建灵活。陕西省水资源考核管理涉及面广、业务复杂、应用需求多变,因此,建立一种能够灵活应对变化复杂的系统构建模式不可或缺。本系统综合采用组件开发、系统网络知识图,基于应用支撑平台,在可视化环境下通过组件封装、知识图绘制及可视化工具灵活搭建水资源考核管理系统,革新了传统考核管理应用系统构建模式,解决了复杂业务应用系统构建难题、增强了系统的灵活性、适应性和扩展性。系统搭建的基本原理如图 4 所示。

(3)业务应用主题化、流程化、可视化。业务应用主题化。本系统以应用主题为驱动实现水资源考核管理,按照主题提供信息服务、计算服务和决策服务。陕西省水资源考核管理工作围绕诸多主题开展,根据应用需求,提取应用主题,主题有大小之分,小主题按照层级经过有机组织构成大主题。本文依据系统此特点,根据业务需求,构建“省-市-县(区)”三级逐层嵌套的陕西省水资源考核管理的可视化模式,如图 5 所示。

业务应用流程化。通过知识图实现考核业务的流程化,以图形的方式揭示各类型主题之间的关系,形成层次结构,通过链接不同类型的主题,使业务应

用流程化。

业务应用可视化。运用知识图技术描述考核业务流程,组织关联信息(数据、模型)、搭建业务应用主题,实现业务应用可视化。

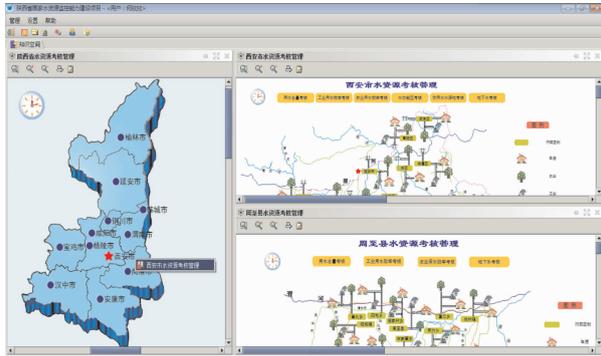


图5 “省—市—县(区)”三级嵌套模式的水资源考核管理系统图

(4)时间尺度的可调整性。本系统在数据量允许条件下可进行年尺度、月尺度变化条件下的考核管理,通过调整时间尺度,进行不同时间尺度下的考核管理,实现考核结果的多元化。

## 4 结论

本文基于当前陕西省严格水资源考核管理现状,结合国家与省级水资源监控能力建设项目实施的契机,严格按照《考核办法》中的各项规定和要求,紧密结合陕西省严格水资源管理“三条红线”和“六项指标”,以对全省范围内各设市区落实最严格水资源管理制度情况考核为目的,基于综合集成平台,通过组件和知识图构建陕西省最严格水资源考核管理系统。实例研究及应用结果表明,本系统具有以下特点:

(1)通过知识图可视化描述陕西省水资源考核业务流程,实现水资源考核业务与信息化的有效融合,使水资源考核管理工作智能化、可视化;

(2)能够实现按行政区分级的“省—市—县(区)”三级主题嵌套模式的水资源考核管理,更好地满足多级行政区的考核需求,将水资源考核管理落到实处;

(3)能够进行年、旬、月多时间尺度下的考核管理,可按考核需求对时间尺度进行的调整;

(4)能够以数据表和柱状图的形式对考核结果进行可视化展示,从不同角度对考核结果进行分析研究,实现考核结果的多元化呈现。

陕西省水资源考核管理系统的研究推进了全省最严格水资源管理制度的有效实施,为全面实现严格水资源考核管理提供支撑。本文虽进行了一些有益的探索和研究,但对于考核指标的评价分析还不够完善,后续工作中会进一步加强这方面的研究以完善该系统的应用,使其更具实用性。

## 参考文献:

- [1]张旺,庞靖鹏. 落实最严格水资源管理制度亟需解决的问题和下一步对策建议[J]. 水利发展研究,2012,12(4):12-15.
- [2]孟戈,邱元锋,沈珍. 工业用水效率控制红线考核指标体系构建[J]. 水利科技与经济,2013,19(5):47-50.
- [3]曾金凤. 赣州市水功能区水质达标考核体系初探[J]. 人民珠江,2013,34(6):94-96.
- [4]付鹏,胡强强,王光磊,等. 流域机构参与限制纳污红线考核管理机制研究[J]. 中国水利,2014(23):23-25.
- [5]杨丹,张昊,管西柯,等. 区域最严格水资源管理“三条红线”评价指标体系的构建[J]. 水电能源科学,2013,31(12):182-185.
- [6]尚钊仪,车越,张勇,等. 实施最严格水资源管理考核制度的实践与思考[J]. 净水技术,2014,33(6):1-7.
- [7]张弛,潘崇伦,黄士力. 上海水资源管理与考核指标体系信息化建设探索[J]. 水利信息化,2015(2):35-39+44.
- [8]陈远鸣. 上海:建设水资源管理系统支撑最严格水资源管理制度实施与考核[J]. 中国水利,2014(15):12-13+25.
- [9]解建仓,罗军刚. 水利信息化综合集成服务平台及应用模式[J]. 水利信息化,2010(5):18-23.
- [10]张世现,张文娟,常欣,等. 基于软件体系结构的可复用构件制作和组装[J]. 软件学报,2001,12(9):1351-1359.
- [11]柴晓路,梁宇奇. Web Service 技术、架构和应用[M]. 北京:电子工业出版社,2003:45-47.
- [12]陈晨,罗军刚,解建仓. 基于综合集成平台的水资源动态配置模式研究与应用[J]. 水力发电学报,2014,33(6):68-77.