流域水电梯级开发项目群环境管理成熟度研究

钟姗姗[1,2]，张飞涟[1]

(1. 中南大学 土木建筑学院，湖南 长沙 410083；2. 长沙理工大学 水利学院，湖南 长沙 410004)

摘　要：通过从流域水体、资源、生物、社会和经济结构等方面分析梯级开发项目群累积环境影响，建立了水电梯级开发项目群环境管理成熟度二维模型。参照我国现行的建设项目管理程序，建立第 1 维度(梯级开发项目群环境管理指标体系)：项目建议书或预可行性研究阶段、可行性研究阶段、设计阶段、施工阶段、试生产和竣工验收阶段、协调管理。同时，构建了第 2 维度(5 级环境管理成熟度的发展等级)，从低到高分别为“无序级”、“简单级”、“规范级”、“改善级”和“精益级”，并对其特征重新定义。然后采用群体决策的方法对水电梯级开发项目群环境管理成熟度进行评价，利用四象限分析法对成熟度等级进行提升。分析结果表明，提升梯级开发项目群环境管理成熟度水平应对第Ⅱ象限指标重点改进，同时注意保持第Ⅰ象限水平。最后通过算例对该模型进行了验证。

关键词：环境管理；水电梯级开发；项目群；成熟度评价；成熟度提升

文献标识码：A　　**文章编号**：1000-288X(2012)03-0198-05　　**中图分类号**：TV732，F062.2

A Study on Environment Management Maturity of Cascade Hydropower Development Project Group

ZHONG Shan-shan[1,2], ZHANG Fei-lian[1]

(1. *School of Civil Engineering and Architecture, Central South University, Changsha, Hunan* 410083, *China*; 2. *School of Hydraulic Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha, Hu'nan* 410004, *China*)

Abstract: A 2-deimensional environment management model is established by comprehensively analyzing the cumulative environment impacts of the cascade hydropower development project group from a series of factors such as water body, resources, biology, society and economy. Based on the current construction project management procedures in China, the first dimension(environment management evaluation system) includes the project proposal or pre-feasibility study phase, feasibility study phase, design phase, construction phase, trial production and completion acceptance phase, and cooperation management. At the same time, the second dimension (5 levels environment management maturity development model) is established, which includes" disorder level", " simple level", " standard level", " improvement level", and" lean level" from low to high, with the characteristics of each level being redefined. Group decision method is utilized to evaluate the environment management maturity of the cascade hydropower development project group and the four-quadrant analysis is made to improve the environment management maturity. Results from the analyses indicate that for the purpose to improve the environment management maturity, the key improvement should be made in the second quadrant, while the first quadrant level should be maintained at the same time. A case study is made to verify the model.

Keywords: **environment management; cascade hydropower development; project group; maturity evaluation; maturity improving**

我国的水能蕴藏量十分丰富，可开发的水能资源约 3.8×10^8 kW，居世界首位，水电开发给我们带来了巨大的经济效益。目前，我国水电开发活动的规模和范围越来越大，已进入到流域梯级开发的阶段。河流梯级开发可以调节水资源的时空分布，有利于其利用效益的提高。然而，河流梯级开发在满足社会需

收稿日期：2011-07-01　　**修回日期**：2011-09-25

作者简介：钟姗姗(1981—)，女(汉族)，辽宁省沈阳市人，博士研究生，讲师，研究方向为水利工程项目管理。E-mail：zsszhong@163.com。

求,推动经济发展的同时,对区域生态及环境系统也产生一定的影响,这些影响反过来将成为未来水电工程建设的限制性因素[1]。因而研究水电梯级开发与环境的相互作用具有十分重要的意义。目前,对流域水电开发领域的环境影响评价工作,我国多是针对单个工程进行的,从梯级开发项目群角度的研究还较少。如何对梯级开发活动的项目群进行环境管理,研究不同梯级项目之间的相互环境作用及其对流域环境的综合影响是流域梯级开发项目环境影响评价的重要任务之一。

项目管理成熟度模型作为衡量与评价项目管理能力高低的理论和方法,在国内外已广泛兴起和应用。该模型具有可以评判项目目前处于何种成熟阶段,同时加以改进的优点。与以往的环境影响评价方法相比[2],环境管理成熟度模型方法可以从一个全新的角度评价环境影响的效果,通过提高项目的环境管理能力减少梯级开发活动对环境造成的消极影响。本文借助项目管理成熟度模型,从环境管理的角度,评判流域梯级开发项目群的环境管理效果并在此基础上进行提升,以期实现流域的可持续发展。

1　流域梯级开发环境影响特征

梯级开发项目是一种高度干预河流生态的活动,与单个水电项目相比,其环境影响具有影响效应的群体性、系统性、累积性、波及性及潜在性等特性[3]。从单一水电站的角度看,可能对环境产生较小的影响效应,但通过多个梯级水电工程开发的迭加,往往会产生累积效应。因此,对梯级开发项目进行环境管理应重点关注累积影响。

流域水电梯级开发的环境累积效应十分复杂,涉及流域的水体、资源、生物、社会和经济结构等多方面。

(1) 梯级电站的建成,使天然河道形态改变,形成水库群,并抬高各库区水位,水流特征如径流、水温等改变十分明显。另外,由于梯级开发使河流湖库化,河流水质呈恶化趋势,富营养化、泥沙累积等成为重要的环境问题。由于不同梯级建成后都会产生这些问题,因此在梯级开发项目群系统中这些污染往往要进行多次的叠加累积,要研究梯级开发项目群的这些环境问题就必须对污染发生的区域、时段,梯级间的相关影响、叠加作用加以研究。

(2) 梯级开发项目在项目施工阶段会造成植被破坏、水土流失、土地占用、空气污染等,进而诱发地震、塌岸、滑坡等灾害。虽然单个项目也会产生这些破坏,但相对易于防范和控制,而梯级开发项目导致的破坏则复杂很多,可能是几个梯级同时诱发灾害,也可能是多种灾害同时发生。

(3) 由于电站大坝阻断河道,使河道水质、流速、水深、水温、浑浊度等发生变化,对农作物及鱼类产生危害,影响流域的生物多样性。在进行累积影响分析时,我们对生物多样性的研究范围不应仅仅是局限在某个项目所在河段,其他项目所在河段及流域的河口等区域也应纳入其中。

(4) 水电梯级开发项目实施带来的大量移民会导致社会结构的解体和重构以及由此引发社会经济结构变动、移民人群健康安全等问题。不同的梯级开发方式及次序导致流域不同地区各用水部门的满足程度、资源损失、淹没地区的影响、受益地区的范围及数量都是不同的,而效益与损失的复杂性,常常被局部服从整体所掩盖[4-5]。

2　水电梯级开发项目群环境管理成熟度模型

2.1　成熟度理论

成熟度理论最早出现在软件过程质量评估中,它是为了提供一种评估软件承包商能力的办法而引进的,它能帮助软件企业改善过程质量的成熟度。后来,人们又引入了项目管理成熟度模型的概念。项目管理成熟度是关于项目管理能力的一种度量指标,这种能力包括人员能力、过程能力、技术能力等多方面。项目管理成熟度模型能够对其进行度量并不断地提升这种能力,它既是度量和评价项目管理能力的一项重要工具,也是描述如何获得和提高项目管理能力的过程框架[6]。

目前国外具有代表性的成熟度模型主要有两大类:美国卡内基·梅隆大学软件工程研究院(SEI)早在 1993 年就正式发布了目前被广泛应用于全球软件企业的软件过程成熟度模型(capacity maturity model,简称 CMM),该模型经过几次修订,成为具有广泛影响的模型。另一种在国际上颇具影响力的项目管理成熟度模型是由美国项目管理学会(PMI)组织开发的"组织项目管理成熟度模型(organizational project management maturity model,简称 OPM3)"。我国对项目管理成熟度模型的研究起步较晚,与发达国家相比研究成果相对滞后,但近年来开始在大型工程中开始逐渐应用,特别是对大型建设项目群的成熟度研究成为热点之一。

2.2　成熟度模型维度

本文建立二维的环境管理成熟度模型(图 1),第 1 维度代表梯级开发项目群环境管理指标体系,第 2 维度代表成熟度等级。通过测评得出第 1 维度指标在成熟度各个等级上的水平,针对各指标特点提出改进的重点和方法,从而实现整个项目群的成熟度水平提升。

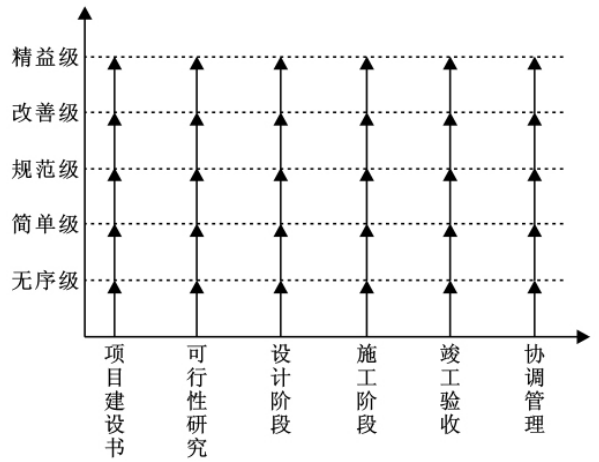


图 1 环境管理成熟度二维模型

2.2.1 第 1 维度——环境管理指标体系 建立本模型的环境管理指标体系：(1) 项目建议书或预可行性研究阶段；(2) 可行性研究阶段；(3) 设计阶段；(4) 施工阶段；(5) 试生产和竣工验收阶段；(6) 协调管理。由于我国现行的建设项目环境管理主要依托于现行的项目基本建设程序[7]，前 5 项指标就是根据建设项目的 5个基本建设程序而设立。第 6 项指标设置为协调管理，是基于水电梯级开发项目群的环境影响特点而考虑的，梯级开发项目群的环境影响最典型的特点就是其累积性，因此如何发挥各梯级间的协调功能对环境管理的成效尤为重要。各阶段环境管理工作如表 1 所示。

表 1 水电梯级开发项目群环境管理指标体系

准则层		指标层(各阶段的主要环境管理工作)
环境管理指标体系	项目建议书或预可行性研究阶段	环境数据收集的充分性；项目周边环境的分析；项目选址对环境的影响分析等
	可行性研究阶段	可行性研究报告中是否进行详细的累积环境影响评价；编制的环境影响报告书是否规范；环境管理方案的制定；是否对环境影响较大的项目咨询公众意见等
	设计阶段	仔细考虑环境影响评价文件里对环境产生影响的因素，结合工程设计要求，提出相应的技术和管理措施，并反映在设计文件中；执行“三同时”制度，即建设项目中防治污染的措施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用等
	施工阶段	施工现场的环境管理；移民区的环境管理；环境的水质、大气、噪声监测；现场文明施工工作的落实；建筑垃圾的清理等
	试生产和竣工验收阶段	进行环境保护措施的竣工验收及保证其与主体工程同时投入试运行；对环保设施运行情况进行监测；对项目对环境影响的程度进行监测；对环保设施的建设、管理和运行情况进行后评价等
	协调管理	各梯级的选址、开发时序等对流域环境的影响；各梯级间及其与环境系统间的相互作用等

2.2.2 第 2 维度——成熟度等级 水电梯级开发项目群环境管理成熟度模型是衡量水电梯级开发项目群整体的环境管理水平达到何种程度的模型。通过对环境管理的成熟度进行评价，使流域管理者能够在区域发展过程中综合考虑项目的经济效益、社会效益及环保效益，不断充实和完善其项目管理能力，降低项目对生态环境的负面影响，从而提高项目的经济效果。为此，本文参照哈罗德·科兹纳的项目管理成熟度模型，构建了 5 级环境管理成熟度的发展模型[8]，从低到高分别为“无序级”、“简单级”、“规范级”、“改善级”和“精益级”，并对其特征重新定义(表 2)。

表 2 梯级开发项目群环境管理成熟度特征

成熟度等级	主要特征
无序级[0—1]	整个流域梯级开发处于一种无序状态，仅从经济利益出发，没有环境管理的意识
简单级[1—2]	有环境管理的意识，但仅对单个电站的环境影响进行管理，没有考虑流域整体的概念
规范级[2—3]	从流域整体的角度，分析了梯级开发项目群的累积环境影响，构建了项目群累积影响的理论标准
改善级[3—4]	整个流域梯级开发处于一种有序状态，考虑了不同梯级开发方案的环境影响，采用定性和定量的方法分析了梯级开发项目群的累积环境影响，并在实施各阶段采取了应对措施
精益级[4—5]	环境管理的重要性已达到一定程度，管理手段不断改进和优化，甚至有时可以牺牲经济利益达到环保的目的

2.3 成熟度评价

本文采用层次分析法与群决策相结合的方法进行成熟度的评价。采用群体决策的方法[9]对成熟度指标体系各因素赋权可以消除传统 AHP 法[10]计算权重时决策专家由于个人偏好所引起的主观偏差。

2.3.1 指标权重计算 设准则层为：A 项目建议书

阶段、B 可行性研究阶段、C 设计阶段、D 施工阶段、E 试生产和竣工验收阶段、F 协调管理,准则层下设二级指标构成指标层。

按照群决策理论的偏好提取方案,设决策者集合 $P=\{p_1,p_2,\cdots,p_p\}$,每个决策者对除了自己以外的所有人在准则层各维度的重要程度进行打分,按照由重要到不重要的顺序依次将重要性得分 $p,p-1,\cdots,1$ 赋予每位决策者,每一位决策者对其他人的重要性评分集合记为:

$$\boldsymbol{A}^x=\begin{bmatrix} a_{11}^x & a_{12}^x & \cdots & a_{1k}^x \\ a_{21}^x & a_{22}^x & \cdots & a_{2k}^x \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{(p-1)1}^x & a_{(p-1)2}^x & \cdots & a_{p-1k}^x \end{bmatrix}$$

$x=(1,2,\cdots,p)$。将 p 个集合 $\boldsymbol{A}^x$ 进行整理,得到各个决策者对各个决策指标的总得分矩阵 $\boldsymbol{A}=\{a_{xj}\}=[\sum_{i=1}^{p-1}a_{ij}^x]$。对 $\boldsymbol{A}$ 归一化处理后得到决策者地位矩阵:

$$\boldsymbol{\omega}_{ij}=\frac{a_{xj}}{\sum_{x=1}^{p}a_{xj}} \tag{1}$$

式中:$\boldsymbol{\omega}_{ij}$——决策者 $i(i=1,2,\cdots,p)$对于指标 $j(j=1,2,\cdots,k)$的相对重要程度;a_{xj}——其他决策者对第 x 个决策者对于指标 j 的打分值的代数和。

先计算准则层各维度权重:

决策者分别对准则层各维度按照相对重要性 $k,k-1,\cdots,1$ 进行打分,得矩阵 $\boldsymbol{B}=\{b_{ij}\}$,$\omega(u_j)=\sum_{i=1}^{p}\boldsymbol{\omega}_{ij}b_{ij}$,归一化处理后得到准则层各维度的权重 ω_j:

$$\omega_j=\frac{\omega(u_j)}{\sum_{j=1}^{k}\omega(u_j)} \tag{2}$$

式中:ω_j——准则层各维度的权重;$\omega(u_j)$——所有决策者对指标 u_j 的相对重要程度打分的加权平均值,即 u_j 在群体意义下的相对重要程度。

同理,对各准则层下的二级指标按照相对重要性打分,可得指标层的各指标权重 ω_t。

2.3.2　成熟度等级确定　设定环境管理成熟度等级范围为:[0,1]为无序级;[1,2]为简单级;[2,3]为规范级;[3,4]为改善级;[4,5]为精益级。

对准则层 A 内各指标在该等级范围内进行打分,得分矩阵 $\boldsymbol{R}=\{r_{ij}\}$,根据决策者地位矩阵及指标权重,可得项目建议书阶段的成熟度综合评分:

$$\boldsymbol{Q}_A=\boldsymbol{\omega}_{ij}\boldsymbol{R}\boldsymbol{\omega}_t^T \tag{3}$$

式中:$\boldsymbol{Q}_A$——成熟度综合评分;$\boldsymbol{\omega}_{ij}$——决策者 i 对于指标 j 的相对重要程度$(j=1,2,\cdots,k)$的相对重要程度;$\boldsymbol{R}$——决策者对各指标的成熟度水平评分值矩阵;ω_t——指标层各指标权重。

从而判断该项目群在项目建议书阶段所处的成熟度等级。

同理可得 Q_B,Q_C,Q_D,Q_E,构成矩阵 $\boldsymbol{Q}=\{Q_A,Q_B,Q_C,Q_D,Q_E\}$。

令 $P=\boldsymbol{Q}\omega_j$ (4)

式中:P——该梯级开发项目群的环境管理成熟度水平;ω_j——准则层各维度的权重;Q——准则层各维度的成熟度水平。

2.4　水电梯级开发项目群环境管理成熟度的提升

前述评价方法可对环境管理成熟度水平作出定量化的评价,但要做到成熟度水平的提升必须对每一指标及每一成熟度水平作进一步的分析。我们借助四象限分析法对环境管理成熟度水平及改进路径进行分析(图 2),横坐标代表各指标的成熟度得分,纵坐标代表指标权重。

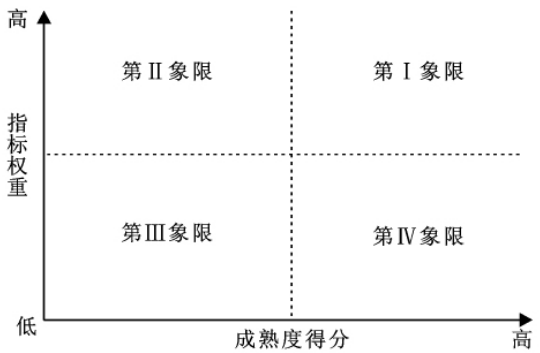


图 2　梯级开发项目群环境管理成熟度提升

第Ⅰ象限:权重高,成熟度得分高。落在该区域的指标越多,整个梯级开发项目群的环境管理成熟度水平越高,这些指标即成为该项目群环境管理的“标杆指标”,应该注意保持。

第Ⅱ象限:权重高,成熟度得分低。该区域的指标对项目群的环境管理水平影响较大,但管理效果却很差。因此,这类指标通常有较大的提升空间,是需要优先、重点改进的地方。

第Ⅲ象限:权重低,成熟度得分低。该区域指标的成熟度水平也不高,是需要提升的部分。但由于这类指标对项目群的环境管理水平影响较小,提升空间不大,因此,可不必投入过多精力在此。

第Ⅳ象限:权重低,成熟度得分高。该区域指标所占比重小,而管理效果却很好。因此,可不必关注该区域指标,把精力投入其他象限。

通过上述分析,我们发现为提升梯级开发项目群环境管理成熟度水平应对第Ⅱ象限指标重点改进,同时注意保持第Ⅰ象限水平。采用四象限分析法对成熟度指标划分象限进行分析,能够初步指明提升环境

管理水平的重点和方向，从而实现环境管理成熟度的提升。

3 算例分析

为方便说明问题，本文假设存在 2 个决策者（多个决策者的情况亦类似），对某流域梯级开发项目群环境管理成熟度进行评价。

3.1 指标权重计算

按照群决策的方法，每个决策者对除了自己以外的其他人在准则层各维度的重要程度进行打分，归一化处理后得：

$$\boldsymbol{\omega}_{ij}=\begin{bmatrix}0.75 & 0.75 & 0.57 & 0.33 & 0.40 & 0.50\\ 0.25 & 0.25 & 0.43 & 0.67 & 0.60 & 0.50\end{bmatrix}$$

决策者分别对准则层各维度按照相对重要性 k，$k-1,\cdots,1$ 进行打分，得矩阵：

$$\boldsymbol{B}=\begin{bmatrix}5 & 3 & 5 & 2 & 2 & 6\\ 4 & 4 & 6 & 2 & 1 & 5\end{bmatrix}$$

根据式(2)，计算得准则层权重=[A 项目建议书阶段，B 可行性研究阶段，C 设计阶段，D 施工阶段，E 试生产和竣工验收阶段，F 协调管理]=(0.207，0.142，0.237，0.087，0.087，0.240)。

为简单说明问题，对各准则层下设的二级指标层仅选取部分代表性指标，并按照上述方法计算指标权重：

ω_A=[A_1 环境数据收集的充分性；A_2 项目周边环境分析程度；A_3 项目选址对环境的影响分析水平]=(0.333，0.267，0.363)。

ω_B=[B_1 累积环境影响评价；B_2 可研报告中环境管理方案；B_3 环境影响公众咨询]=(0.389，0.349，0.262)。

ω_C=[C_1 设计文件中环保要求的体现；C_2“三同时”制度的落实]=(0.5，0.5)。

ω_D=[D_1 施工现场的环境管理；D_2 移民区的环境管理；D_3 现场文明施工工作的落实]=(0.415，0.345，0.240)。

ω_E=[E_1 环保措施的竣工验收；E_2 项目对环境影响的程度监测；E_3 环保设施的建设、管理和运行情况后评价]=(0.260，0.314，0.425)。

ω_F=[A－F 流域战略规划能力；F_2 各梯级管理协调能力]=(0.60，0.40)。

3.2 成熟度评价

2 位决策者对准则层 A 各指标进行打分，得

$$\boldsymbol{R}_A=\begin{bmatrix}1.5 & 2.1 & 3.2\\ 1.9 & 2.5 & 3.5\end{bmatrix}$$

根据式(3)，得 Q_A=2.309=规范级

同理，可得 Q_B=2.870=规范级，Q_C=3.210=改善级，Q_D=2.882=规范级，Q_E=3.314=改善级，Q_F=3.890=改善级。

根据准则层权重向量，对所有准则层成熟度评价分值进行集结，得到梯级开发项目群的成熟度综合评分 Q=3.119=改善级。

结果表明，该项目群成熟度初步达到改善级，为进一步提升其环境管理成熟度等级，现用四象限法对准则层进行分析（如图 3 所示）。考虑到若 6 个指标均分权重，则每个指标的权重为 0.16，因此纵坐标以 0.16为界划分象限；横坐标以成熟度分值为 3 划分象限。

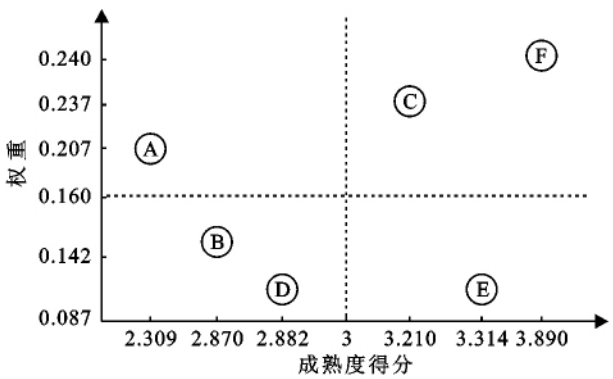


图 3 某梯级开发项目群环境管理成熟度提升结果

从图 3 可见，建议书阶段(A)的成熟度水平处于第Ⅱ象限，该阶段权重相对较大，但得分很低，说明该项目群在建议书阶段的环境管理工作是较薄弱的，应作为今后改进的重点；设计阶段(C)和协调管理(F)处于第Ⅰ象限，是该流域在环境管理方面做得较好的部分，应继续保持；处于第Ⅲ象限的可研阶段(B)和施工阶段(D)及第Ⅳ象限的竣工验收阶段(E)可不投入过多精力。

对于各准则层中哪些指标是改进的重点，哪些指标不必关注，我们仍可使用四象限法进一步分析，鉴于篇幅的原因，本文不再详述。

4 结 论

我国的国情、水情决定了水利水电工程发展的大好前景，而环境问题将逐渐成为水电建设的重要制约因素。众多实践表明，为减少流域梯级开发项目对环境造成的负面影响，必须进行有效的环境管理。流域梯级开发项目在建设管理过程中必须将环境保护因素纳入工程的各个环节，同时还要重点考虑梯级开发项目群环境影响的累积作用，以维护生态平衡，保障经济、社会与自然环境的协调、可持续发展。

（下转第 244 页）

ling biodiversity and land use: Urban growth, agriculture and nature in a wetland area[J]. Ecological Economics, 2004,51(3/4):201-216.

[5] Byoung-Hwa Lee, Miklas Scholz. What is the role of *Phragmites australis* in experimental constructed wetland filters treating urban run off[J]. Ecological Engineering, 2007,29(1):87-95.

[6] 王建华,吕宪国. 城市湿地概念和功能及中国城市湿地保护[J]. 生态学杂志,2007,26(4):555-560.

[7] 潮洛蒙,李小凌,俞孔坚. 城市湿地的生态功能[J]. 城市问题,2003(3):9-12.

[8] 王晓文,曾从盛. 城市湿地景观生态建设的价值取向[J]. 福建师范大学学报:哲学社会科学版,2006(5):162-166.

[9] 曹新向,瞿秋敏,郭志永. 城市湿地生态系统服务功能及其保护[J]. 水土保持研究, 2005,12(1):145-148.

[10] 王亚男,冯长春. 银川城市湿地的保护与合理开发利用探讨[J]. 地域研究与开发,2007,26(1):99-103.

[11] 崔丽娟,张曼胤. 人类干扰对安庆沿江湿地植物多样性的影响[J]. 林业科学研究,2005,18(4):441-445.

[12] 王世新,许正强,杨永花,等. 黄河兰州(市区)段河道湿地资源概况及保护建议[J]. 甘肃科技纵横,2007,36(1):52-53.

[13] 杨民,王锡稳,李文莉,等. 兰州市气象与污染环境背景综述[J]. 甘肃气象,2001,19(4):11-15.

[14] Whittaker R H. Evolution and measurement of species diversity[J]. Taxon, 1972,21:213-251.

[15] 马克平,刘灿然,刘玉明. 生物群落多样性的测度方法Ⅱ:β多样性的测度方法[J]. 生物多样性,1995,3(1):38-43.

[16] 周国英,陈桂琛,赵以莲,等. 海湖地区芨芨草群落特征及其物种多样性研究[J]. 西北植物学报,2003,23(11):1956-1962.

[17] 郭正刚,刘慧霞,王根绪,等. 人类工程对青藏高原北部草地群落β多样性的影响[J]. 生态学报,2004,24(2):384-388.

[18] 傅伯杰,陈利顶,马克明,等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京:科学出版社,2001.

[19] 彭少麟,周厚诚,陈天杏,等. 广东森林群落的组成结构数量特征[J]. 植物生态学与地植物学学报,1989,13(1):10-17.

[20] 蒋有绪,王作荪,藏润国,等,海南热带林生物多样性及其形成机制[M]. 北京:科学出版社,2002:217-233.

(上接第 191 页)

[14] 师长兴,章典. 中国洪涝灾害与泥沙关系[J]. 地理学报,2000,55(5):627-636.

[15] 叶笃正,黄荣辉. 长江黄河流域旱涝规律和成因分析[M]. 济南:山东科学技术出版社,1996:15-16.

[16] 闫娜,延军平,杜继稳,等. 黄河下游凌汛变化趋势与气候变化关系分析:以济南天桥河段为例[J]. 干旱区资源与环境,2008,22(8):45-48.

[17] 查小春,延军平. 全球变化下秦岭南北河流径流泥沙比较分析[J]. 地理科学,2002,22(4):403-407.

[18] 赵文林,张红武,潘贤娣,等. 黄河泥沙[M]. 郑州:黄河水利出版社,1996:267-268,237-244,595-615.

[19] 国家防汛抗旱总指挥办公室,水利部南京水文水资源研究所. 中国水旱灾害[M]. 北京:中国水利水电出版社,1997:55-275.

[20] 施成熙,汪宪臣,窦鸿身,等. 中国湖泊概论[M]. 北京:科学出版社,1989:1-12.

[21] Philips J M, Walling D E. The particle size characteristics of fine-grained channel deposits in the River Exe Basin, Devon, UK[J]. Hydrol Process, 1999,13(1):1-19.

[22] 钱宁,王可钦,阎林德,等. 黄河中游粗泥沙来源区对黄河下游冲淤的影响[C]//第一次河流泥沙国际学术会议论文集. 北京:光华出版社,1980:2-10.

[23] 许炯心. 黄河上中游产水产沙系统与下游河道沉积系统的耦合关系[J]. 地理学报,1997,52(5):421-429.

[24] 颜明,张守红,许炯心,等. 风水两相变化对黄河中游支流粗泥沙的影响[J]. 水土保持学报,2010,24(2):25-29.

(上接第 202 页)

[参 考 文 献]

[1] 麻泽龙,程根伟. 河流梯级开发对生态环境影响的研究进展[J]. 水科学进展,2006,17(5):748-753.

[2] 虞晓芬,傅玳. 多指标综合评价方法综述[J]. 统计与决策,2004,8(11):119-121.

[3] 钟华平,刘恒,耿雷华. 澜沧江流域梯级开发的生态环境累积效应[J]. 水利学报,2007(S):577-581.

[4] 陈凯麒,王东胜,刘兰芬,等. 流域梯级规划环境影响评价的特征及研究方向[J]. 中国水利水电科学研究院学报,2005,3(2):79-84.

[5] 王波,黄薇,杨丽虎. 梯级水电开发对水生境累积影响的方法研究[J]. 中国农村水利水电,2007(4):127-130.

[6] 陈长兵,李惠强,郑砚国. 核电项目管理成熟度模型初探[J]. 中国核电,2009,2(1):77-84.

[7] 李海生,王辉民,杜蕴慧,等. 将 ISO14000 纳入建设项目环境保护管理程序[J]. 环境科学,2000,21(2):110-112.

[8] 张鹏,党延忠. 企业知识管理成熟度模型研究[J]. 科学学与科学技术管理,2010,30(8):102-106.

[9] 张骏,张伟. 基于决策者理性行为下的群体决策评判方法[J]. 武汉理工大学学报,2008,30(9):147-150.

[10] 蒋洪强,马向春,杨玲玲. 基于 GIOWA 算子的大型水利水电工程项目环境管理成熟度评价研究[J]. 长江流域资源与环境,2010,19(S1):172-177.