

文章编号:0559-9350(2013)05-0608-07

水利水电工程中的生物多样性保护 ——将生物多样性影响评价纳入水利水电工程环评

陈凯麒¹, 葛怀凤², 严 颢³

(1. 环境保护部环境工程评估中心, 北京 100012; 2. 中国水利水电科学研究院, 北京 100038;
3. 福建省环境保护设计院, 福建 福州 350003)

摘要: 高强度人类开发活动对生物多样性产生的负面影响已经引起人们的高度重视, 生物多样性保护成为世界关注的焦点问题, 水利水电工程环境影响评价中引入生物多样性评价是重要的发展趋势。本文总结分析了生物多样性影响评价的评价程序以及水利水电工程对生物多样性造成的影响, 以此为基础探讨如何在水利水电工程的环境影响评价中引入生物多样性影响评价, 为水利水电开发建设提供决策支持, 从根本上实现水电开发与生态环境保护的协调发展。

关键词: 水利水电工程; 生物多样性; 环境影响评价; 生物多样性影响评价

中图分类号: X820.3

文献标识码: A

生物多样性在固定能量、调节气候、保护土壤、维持生态平衡和生物进化等方面发挥巨大的作用, 同时还可人类提供食物、药物、工业原料和物种基因。然而随着环境污染与生态破坏进程的加快, 比如森林砍伐、植被破坏、滥捕乱猎等, 世界上的生物物种正在以每天几十种的速度消失。灭绝的物种不仅代表人类失去一种自然资源, 而且会通过食物链引发其它物种的消失。因此, 生物多样性的保护迫在眉睫^[1], 在水利水电工程建设过程中更要针对生物多样性丰富区域、典型生态系统分布区域和生态环境脆弱区域开展生物多样性保护。在水利水电开发过程中, 生物多样性影响评价是生物多样性保护的前提, 是选择和实施生物多样性保护对策措施的依据。因此亟待将生物多样性影响评价纳入水利水电工程环境影响评价, 形成完善的生态保护与环境影响评价体系, 坚持以生态保护为前提, 从根本上全面加强水电开发的环境保护工作。

1 生物多样性影响评价

1.1 生物多样性涵义 1992年6月5日联合国环境与发展会议在里约热内卢召开, 所制定的《生物多样性公约》中提出生物多样性(biodiversity)是指“所有来源的活的生物体中的变异性, 这些来源包括陆地、海洋和其他水生生态系统及其所构成的生态综合体”; 1995年联合国环境规划署(UNEP)发布的《全球生物多样性评估》中将生物多样性定义为: 生物和它们组成的系统的总体多样性和变异性^[2]。

由此可见, 生物多样性指区域所有生物的总和, 一般包括遗传多样性、物种多样性、生态系统多样性和景观多样性, 四个层次各有特性但同时具有密不可分的联系。

1.2 生物多样性影响评价涵义及目标 生态影响评价(Ecological Impact Assessment, EcIA)是“通过许多生物、生态的概念和方法, 预测和估计人类活动对自然生态系统的结构和功能所造成的影响, 这

收稿日期: 2012-09-09

基金项目: 财政部、环保部环保公益性行业科研专项资金支持(201009060)

作者简介: 陈凯麒(1958-), 浙江上虞人, 研究员, 主要从事水文水资源及环境影响评价研究。E-mail: kqchen010@yahoo.com.cn

些概念和方法也适用于人工改造过的系统，如农田和城市。”^[3]生物多样性影响评价(Biodiversity Impact Assessment, BDIA)是生态影响评价的一个方面，以保护生物多样性为目的，在项目开始前对其可能造成的生物多样性(包括基因多样性、物种多样性、生态系统多样性及景观多样性四个层次)影响进行辨识、预测和评价，重点是针对物种多样性，并提出避免、减缓或者补偿措施，评估剩余影响，为决策者提供决策依据的过程。

生物多样性主要评价目标^[4]为：(1)预测项目可能对物种、生态系统产生的影响；(2)确保生物为人类提供的重要服务不会遭到不必要的破坏；(3)确保受威胁物种不会永久性消失。

2 生物多样性影响评价程序

生物多样性影响评价可以分为评价筛选、确定评价范围、确定影响源和受影响者、影响的量化、提出缓解措施以及剩余影响评估6部分^[5]。

2.1 评价筛选 评价筛选用来决定某个项目是否需要部分的或者完整的环境影响评价，是确定评价范围的基础，确定了需要深入研究的关键影响因子。

考察工程项目影响的区域是否位于已确认的生物多样性敏感区(如自然保护区等)，工程是否影响到重要物种的栖息地，是否直接危害到珍稀物种的生存。如果存在上述问题中的某一问题或多个问题，则需要评价工程对生物多样性产生的影响。

2.2 确定评价范围 确定评价范围要充分立足于现状的数据信息基础，需要的基础数据资料包括：保护区的位置及边界、珍稀动植物生活环境、受保护物种的分布区、被受保护物种所利用的动植物的分布等，在划定评价范围的时候都要给予充分的考虑。

2.3 确定影响源、受影响者和影响途径 从影响成因、影响结果确定工程对生物多样性造成的影响，包括确定是否侵犯了珍稀物种的栖息地、破坏了非生命环境或直接引起某物种的灭绝；确定工程的哪一部分哪一阶段对生物多样性产生了影响，是施工过程还是工程的正常运营，还是工程设计的问题；确定工程如何对生物多样性造成影响，也就是确定影响途径。

2.4 影响量化 根据上面对影响源、受影响者和影响途径的分析，科学预测生物多样性受影响的程度。如：生物栖息地将遭到破坏的面积，受影响珍稀物种的数量，受影响生物体数目占该种生物体全部数目的比例，物种数量的变化对其它物种将造成的影响，对整个生态系统的多样性造成的影响等。

2.5 制定解决措施 根据量化影响分析结果，针对性提出减少负面影响的对策。依据生物保护目标，解决措施分为3类：避免、减缓和补偿措施。

避免措施：采取可行性措施最大程度上避免潜在影响；采取合适的替代方案；针对生物多样性影响巨大的项目考虑采用“不实施”方案。

减缓措施：对于不可避免的影响，应采取一切可能的可行的减缓措施，包括：工程设计时尽量考虑保护生物多样性；采用影响较小的新技术；移植或迁移保护；将工程施工限制在特定的地域和季节内；工程建成后改善或恢复受影响区域的生态系统。

补偿措施：因工程建设而消失的物种或栖息地可以在其它地方得到重现。补偿性种植(如森林等)；重建新栖息地(如湿地、人造海岸等)；原有栖息地的扩建及改善。

生物多样性具体评价过程中优先考虑采取避免措施，其次考虑减缓措施，最后是末端措施也就是考虑采取破坏后的补偿措施。

2.6 剩余影响评估与决策 综合分析结果，预测执行缓解措施以后工程所剩余的对生物多样性的影响以及这种影响出现的可能性。在剩余影响评估中要创建公众参与平台，积极进行公众调查，确定剩余影响的可接受程度。

决策者根据剩余影响判断是否实施该项目，或确定实施哪套可选方案。

3 水利水电工程环境影响评价中引入生物多样性影响的必要性

据1997年美国《自然》杂志发表的研究报告表示：全球生物多样性向人类所提供的经济服务价值每年可达到33万亿美元^[6]；生物为人类提供食物、药物、原料和物种基因，同时还具有固定能量、调节气候、保护土壤等功能，生物所发挥的作用是唯一也是不可替代的。中国是世界上生物多样性最丰富的国家之一，具有物种高度丰富，特有属种繁多，区系起源古老，栽培植物、家养动物及野生亲缘的种质资源异常丰富，生态系统丰富多样，空间格局繁杂等特点^[7]。为了切实落实保护生物多样性，中国于1992年6月11日签署《生物多样性公约》——“决心为今世后代的利益，保护和持久使用生物多样性”。为落实公约的相关规定，进一步加强我国的生物多样性保护工作，高效应对我国生物多样性保护面临的新问题、新挑战，环境保护部会同20多个部门和单位编制了《中国生物多样性保护战略与行动计划(2011—2030年)》^[8]，提出了我国未来20a生物多样性保护总体目标、战略任务和优先行动。

然而由于中国正处于快速发展时期，环境保护与经济矛盾的矛盾日益尖锐，生物多样性在生态系统多样性、物种多样性及遗传多样性三个层次上都受到严重的威胁；另一方面人们对生物的保护意识淡薄，认识不足导致很大程度上忽视了生物对人类生存和发展极其重要、不可替代的作用。因此无论从生物自身对人类的贡献，还是从目前中国生物处境出发，都应该积极寻求切实可行的生物多样性保护措施。

在《生物多样性公约》缔约方大会第七次会议上通过的决定认为，环境影响评价(EIA)是保护生物多样性最有效的手段之一，可以为项目建设及运营中的生物多样性保护工作提供科学的依据和保护方案^[9]。生物本身是生态系统的重要组成部分，表征生态系统的资源属性，因此在水利水电工程环境影响评价中进行生物多样性影响评价是非常必要的，也是贯彻坚持以保护生态为前提全面加强水电开发环境保护工作的根本途径。我国传统的水利水电工程环境影响评价对于生物多样性的衡量和监测、工程的间接影响、未列入保护范围的地区生物多样性的保护、非珍稀物种的保护、不同利益团体对生物多样性保护的认识水平等方面的问题没有深入考虑，亟待于将生物多样性影响评价纳入到环评中，深入研究生物多样性影响评价技术方法，制定科学的评价标准，在水电开发过程中制定生物多样性保护措施。

4 水利水电工程对生物多样性的影响

在我国，水利水电工程的主要开发方式有：大江大河上的区域性重点工程(如三峡工程)、跨区域调水工程(如南水北调工程)、河流梯级开发、地方性中小型电站等。水利工程和水电工程可能带来的生态影响有如下：

一般的水利工程对于河流生态系统的胁迫主要表现在两方面^[10]：(1)自然河流的渠道化。包括河流平面形态直线化，即将蜿蜒曲折的天然河流改造成直线或折线型的人工河流；河道横断面几何形态规则化，即把自然河流断面的复杂形状变成梯形、矩形及弧形等规则几何形状；河床和边坡材料的硬化化，即渠道的边坡及河床采用混凝土、砌石等硬质材。自然河流渠道化必然会导致生物多样性的降低，两岸生态环境的变化与水文环境的改变，对生态环境带来极大的负面影响；(2)自然河流的非连续化。非连续化包括沿水流方向及垂直水流方向的非连续。一类是筑坝使沿水流方向的河流非连续化，改变了天然水文情势的变化，流动的河流生态系统变成了相对静止的人工湖，流速、水深、水温及水流边界条件都发生了重大变化，对生物的生境与栖息地产生极大的影响，导致生物种类与数量都会发生一定的变化。另一类非连续化是由于河流两岸建设的防洪堤造成的侧向水流的非连续性，堤坝妨碍了汛期主流与岔流之间的沟通，阻止了水流的横向扩展；把干流与滩地和洪泛区隔离，使岸边地带和洪泛区的栖息地发生改变；原来可能扩散到滩地和洪泛区的水、泥沙和营养物

质, 被限制在堤防以内的河道内; 该类非连续化终而导致两岸植被面积明显减少, 鱼类无法进入滩地产卵和觅食, 失去了避难所, 鱼类、无脊椎动物等减少, 导致滩区和洪泛区的生态功能退化。

水电工程(尤其是大型工程)的兴建在不同程度上改变了水体的天然状态, 必然会对其周围的环境造成一定的影响。水电工程(尤其是水库大坝工程)对生物多样性的影响主要是由于水库蓄水、下泄受阻、流水贮存以及下泄控制4个方面造成的^[11]。本文从影响途径来进行大坝工程对生物多样性的影响分析(图1)。

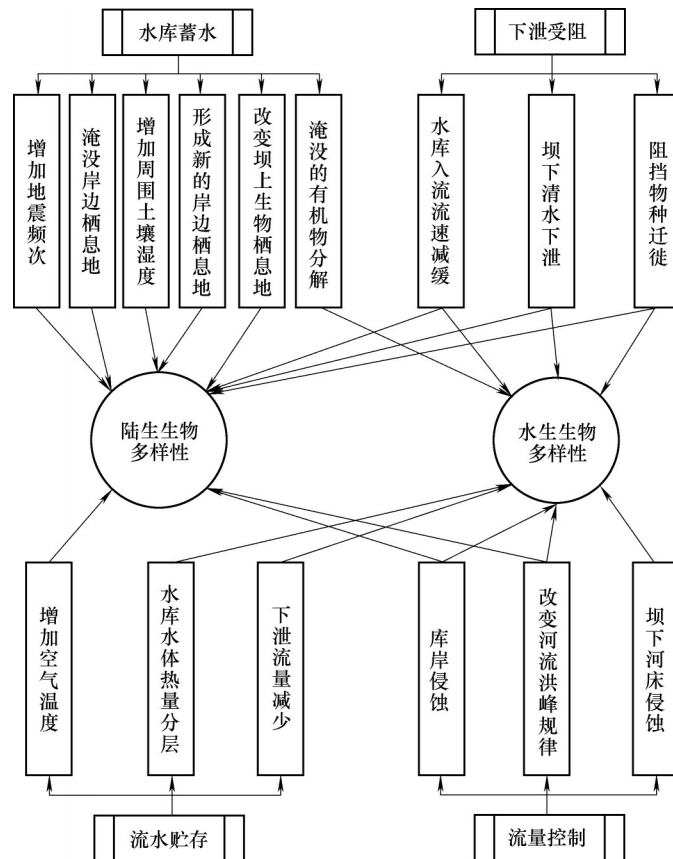


图1 水电工程对生物多样性的影响途径

(1)水库蓄水。①增加岩石压力——增加地震频次——影响陆生动物数量——改变陆生生物多样性；②库区土地淹没——损失岸边栖息地——岸边动植物数量改变——改变岸边生物多样性；③地下水水位上升——增加库区周围土壤湿度——影响岸边植物数量——改变岸边生物多样性；④增加浅水面积——形成新的岸边栖息地——岸边动植物数量改变——改变岸边生物多样性；⑤坝上形成湖泊——改变坝上水生生物栖息地——昆虫种类及数量增加；⑥被淹没的有机物分解——释放营养物质——影响浮游生物数量——富营养化风险/鱼类食物增加——影响鱼类的种类和数量——改变水生生物多样性；⑦有机物分解增加氧消耗——形成厌氧环境——影响浮游生物及水生动植物数量——改变水生生物多样性。

(2)下泄受阻。①水库入流流速减缓——库尾泥沙沉积——库区水生栖息地改变——影响上游河滨植物数量及库中浮游生物的繁殖——影响水生动物种类及数量——影响河滨及库中生物多样性；②水库泥沙沉降——库中水体混浊度下降/营养物累积——影响水库浮游生物繁殖——影响水生动物种类及数量——影响库中生物多样性；③下游清水下泄——改变下游河道冲淤——改变下游河道形态——影响下游水生动植物种类及数量——改变下游河道水生生物多样性；④清水下泄——减少河漫滩泥沙淤积——改变河漫滩形态及营养含量——影响河漫滩动植物种类及数量——改变下游河漫滩生物多样性；⑤清水下泄——减少河口三角洲泥沙淤积——改变海岸形态及营养含量——影响河口三角洲植物种类及数量——改变河口三角洲生物多样性；⑥阻挡迁徙物种的运动——影响河流中

的迁徙物种——改变下游河道、河漫滩、河口三角洲的生物多样性。

(3)流水贮存。①水库表面热辐射——调节局部空气温度——影响岸边植物种类及数量——改变岸边生物多样性；②水库表面蒸发——增加局部空气湿度——有利于昆虫生长繁殖；③水库水体热量分层——改变水库的物理化学性质——影响浮游生物繁殖及库中植物种类及数量——影响库中动物种类及数量——改变库中水生生物多样性；④水库热量分层——影响下泄水温——改变下游河水的物理化学性质——影响下游浮游生物及植物数量——影响下游动物种类及数量——改变下游河道水生生物多样性；⑤减少年平均下泄流量——增加下游河水盐度——影响下游浮游生物及植物数量——影响下游动物种类及数量——改变下游河道水生生物多样性；⑥下泄水流吸收空气中的氮和氧——影响坝下鱼类生存环境——改变下游河道水生生物多样性。

(4)下泄控制。①水库水位波动——库岸侵蚀——影响库区植物数量——改变岸边生物多样性；②库岸侵蚀——水库中侵蚀物分解——库中营养物增加——影响浮游生物及水生动植物的数量——改变库中水生生物多样性；③水位波动——影响库中水生栖息地——影响水生动植物的种类及数量——改变库中水生生物多样性；④降低下游洪峰流量/改变河流自身规律——减少下游漫滩洪水——改变河漫滩的盐平衡/减少河漫滩营养物泥沙含量——影响河漫滩动植物种类及数量——改变河漫滩三角洲的生物多样性；⑤下游频繁快速的流量变化——改变河岸及河床侵蚀——改变下游河道形态——影响下游水生动植物种类及数量——改变下游河道水生生物多样性；⑥改变洪峰的大小及时间——改变迁徙信号——影响河道中迁徙鱼类的数量——改变下游河道水生生物多样性。

基于以上分析，水利水电工程通过改变流域和河流的水土资源时空分布、工程产生的占压、水力隔断和遗传基因阻隔作用，最终对生态系统与生物多样性产生不利影响，特别在我国水电资源丰富的地区一般与生物多样性丰富地区相重合。因此，开展生物多样性影响评价，尽可能地避免或缓解不利影响，是水利水电工程环境影响评价中不可或缺的重要部分。

5 水利水电工程中的生物多样性影响评价现状

近年来，水利水电工程环境影响评价已经考虑到对生态系统的影响，涉及到部分生物多样性影响分析的内容，主要集中在水库蓄水、河流受阻和清水下泄造成的近岸植物、水草、浮游生物、鱼类等物种多样性层面的影响评价，尤其是对珍稀鱼类的生长、繁殖、洄游等的影响进行了详细评估^[12]。这些工作虽然取得了一定的成果，但是对于水利水电工程建设可能导致的生物多样性影响问题识别，特别是科学、客观地开展水利水电工程中的生物多样性影响评价来说是远远不够的。水利水电工程环境影响评价中所开展的针对生态环境影响的评价内容及其存在问题表现以下方面：

(1)目前的水利水电工程环评大多只关注了物种多样性层面的影响，对于基因多样性、生态系统多样性及景观多样性层面较少涉及；

(2)水生生物大部分集中于对珍稀鱼类的影响评价，较少涉及其它水生生物物种；

(3)针对陆生动物的影响评价，往往侧重具体或单一物种及栖息地的保护(如对保护鸟类的问题)，没有考虑物种生活史尤其是繁殖遗传受到的系统影响和保护问题；

(4)很少考虑对非珍稀保护动植物以及非自然保护区生物多样性的影响；

(5)没有考虑对工程影响范围内的生物多样性资源进行监测和评估，对工程的间接影响、长期影响的定量预测评价工作没有全面开展。

综合以上几点，亟待于对目前的水利水电工程环境影响评价要素进行补充，将生物多样性影响纳入到其评价范畴，利于在水利水电工程环境影响评价中更加重视对生物多样性的影响问题，科学、客观分析评价水利水电工程对生物多样性的影响。

6 水利水电工程环境影响评价中的生物多样性影响评价

如何将生物多样性影响评价纳入到水利水电工程的环境影响评价中是一个新兴的课题，亟待从以下方面进行评价：

(1)深入开展工程影响区的生物多样性调查与评价。普查生物种群数量、分布状况、濒危物种状况、代表性、原有保护措施及存在问题等等；开展生物多样性评价，根据流域生物多样性特性和社会经济状况确定是否有必要保护生物多样性及其需要采取的措施等。

(2)重视关注生境变化对生物多样性的影响^[13]。工程对生物的影响大多是通过直接改变生境而间接影响生物多样性，尤其是水利工程产生的水土资源开发模式变化引发生态变化、水动力学条件和水文情势变化及水土资源时空改变对河流生境和流域重要栖息地的影响。因此，关注生境的变化可以及时预测生物多样性的改变，同时应尽量保持河道的自然特点及水流的多样性，各项工程建设时尽量保持沿河湿地、沼泽地的水源补给，以及有序地保留水、陆连续通道，为各类水生物及两栖生物提供觅食、栖息和繁衍的空间。

(3)以影响途径分析为主链，评价除了珍稀鱼类以外的水生生物的影响，注意“top-down”效应^[14]。淡水生态系统中高营养级类群可以对低营养级类群产生强烈的影响，最终导致整个生态环境的改变，这一现象被称作下行(top-down)效应。Top-down效应还表现在当原来生态系统中的高营养级类群缺少时，也会造成生态系统结构与功能发生变化。因此，在淡水生态系统的生物多样性保护中，应注意高营养级类群的保护。

(4)从工程施工和正常运行两个阶段来评价项目对陆生动植物的影响。施工期对陆生生物多样性的影响主要是铺路、开挖和弃渣对植被的破坏及噪声对动物栖息地的影响；正常运行阶段对植物的影响主要是淹没及沼泽化，对动物的影响大多是间接的，通过对生境及其捕食植物的影响而作用于动物。

(5)定量预测水利水电工程导致的生物多样性损失。采用定量评价方法量化生物多样性损失的大小，亦可预测工程建设带来的生物多样性减少的货币价值，据此与工程运行的经济效益相比较以供决策。

(6)保护生态系统完整性。由于人力活动的干扰，生物生存的空间越来越小逐渐成为一个个“孤岛”。该种生态环境下生长的生物近亲繁殖，导致逐步退化直至消亡，因此保持生态系统完整性是保护生物多样性的重要方面。水利水电工程修建过程中，需要构建“生物廊道”、“生物岛屿”，保障上游与下游、陆地与水域间的水力联系，保障河流系统中生物通道的联通性。

(7)提出针对性保护对策。坚持以就地保护为主，迁地保护为辅，两者相互补充^[8]。陆生动物保护：对于淹没线以上陆生动物的保护，关键是保护现有的自然植被，保护其原有生境；对于生活在水库淹没线以下的陆生动物，在库区附近非淹没区选择相似的新栖息地，规划好迁移通道，在蓄水前实施迁移保护。陆生植物保护：依次选择就地保护、移植保护、异地重建等措施。水生动物和鱼类保护：建立自然保护区、设置过鱼设施、人工增殖放流、采用生态调度方式等。

参 考 文 献：

- [1] 张荣峰. 小流域生物多样性的保护[J]. 江西水利科技, 1997, 23(3): 185-188.
- [2] 王锡桐, 冉瑞平. 长江源区生物多样性保护研究[J]. 资源开发与市场, 2004, 20(1): 32-35.
- [3] Westman Walter E. Ecology, impact assessment and environmental planning[M]. John Wiley and Sons, New York, 1985.
- [4] Glowka, et al. A guide to the convention on biological diversity(生物多样性公约指南)[Z]. (IUCN Environmental policy and Law Paper). IUCN, Gland, 1993.

- [5] 张全国, 廖万金. 生态影响评价与生物多样性保护[J]. 生物学通报, 2003(9): 7-9.
- [6] 莫鸿钧. 巴西亚马孙河流域生物多样性和生态环境的保护对策[J]. 中国农业资源与区划, 2004, 25(3): 58-62.
- [7] 中国生物多样性国情研究报告[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998.
- [8] 中国生物多样性保护战略与行动计划(2011-2030年)(环发[2010]106号)[Z].
- [9] Convention on biological diversity: decision V/6 ecosystem approach[Z/OL](<http://www.biodiv.org/decisions/default.aspx?m=COP-05&id=7148&lg=0>) and Decision VII/11 Ecosystem Approach. (<http://www.biodiv.org/decisions/default.aspx?m=COP-07&id=7748&lg=0>).
- [10] 董哲仁. 试论生态水利工程的基本设计原则[J]. 水利学报, 2004(10): 1-6.
- [11] Anna Brismar. Attention to impact pathways in EISs of large dam projects[J]. Environmental Impact Assessment Review, 2004(24): 59-87.
- [12] 陈凯麒, 常仲农, 曹晓红, 葛怀凤. 我国鱼道的建设现状与展望[J]. 水利学报, 2012, 43(2): 182-188.
- [13] 徐鹤, 贾纯荣, 朱坦, 戴树桂. 生态影响评价中生境评价方法[J]. 城市环境与城市生态, 1999, 12(6): 50-53.
- [14] 刘焕章. 淡水生态系统中的TOP-DOWN效应与生物多样性保护[J]. 生物多样性, 1996, 4(2): 109-113.

**Biodiversity conservation in hydropower projects:
introducing biodiversity impact assessment into environmental impact assessment of
hydropower projects**

CHEN Kai-qi¹, GE Huai-feng², YAN Xie³

(1. Appraisal Center for Environment & Engineering of State Environmental Protection Administration, Beijing 100012, China;

2. China Institute of Hydropower and Water Resources Research, Beijing 100038, China;

3. Fujian Institute of Environmental Protection Design, Fuzhou 350003, China)

Abstract: In the last decades, high intensity human activities hardly affect species diversity, so the problem of biodiversity conservation has become the focus all over the world. In this paper, we introduced the concept of biodiversity impact assessment into hydropower projects environment impact assessment, and summarized the evaluation program of biodiversity impact assessment and made detailed analyses of hydroelectric projects' impacts on biodiversity. Based on the concept and the analysis, this paper discussed how to introduce the biodiversity impact assessment into the environmental impact assessment of hydroelectric projects in order to promote the development of biodiversity impact assessment.

Key words: hydropower projects; biodiversity; environment impact assessment(EIA); biodiversity impact assessment(BDIA)

(责任编辑: 李福田)