

中 华 人 民 共 和 国 国 家 环 境 保 护 标 准

HJ ××—201×

水利水电建设项目 环境影响后评价技术导则

Technical guidelines for post-project environmental impact assessment
water conservancy and hydropower project
(征求意见稿)

201□-□□-□□发布

201□-□□-□□实施

生 态 环 境 部 发 布

目 次

前 言.....	40
1 适用范围.....	41
2 规范性引用文件.....	41
3 术语和定义.....	41
4 总则.....	42
5 建设项目工程概况.....	46
6 现状分析与影响评价.....	46
7 环境保护措施有效性分析.....	51
8 环境保护补救措施和改进建议.....	53
9 评价结论.....	53
附录 A（资料性附录）水利水电建设项目环境影响后评价方法	55

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》，指导和规范水利水电建设项目环境影响后评价工作，制定本标准。

本标准规定了水利水电建设项目环境影响后评价的工作程序、工作内容及相关要求。

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准为首次发布。

本标准由生态环境部环境影响评价司、科技标准司组织制订。

本标准起草单位：环境保护部环境工程评估中心、中国水利水电科学研究院、中国长江三峡集团有限公司。

本标准生态环境部□□年□□月□□日批准。

本标准自□□年□□月□□日起实施。

本标准由生态环境部解释。

水利水电建设项目环境影响后评价技术导则

1 适用范围

本标准规定了水利水电建设项目环境影响后评价的一般性原则、工作程序、评价范围、评价内容、评价方法、评价标准及要求。

本标准适用于防洪工程、灌溉工程、水库工程、水电工程、引（调）水和供水工程、河湖整治工程、河口整治工程等水利水电建设项目环境影响后评价工作。

2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB 3838 地表水环境质量标准

GB 15618 土壤环境质量标准

GB/T 14848 地下水质量标准

HJ 2.1 建设项目环境影响评价技术导则 总纲

HJ 19 环境影响评价技术导则 生态影响

HJ 464 建设项目竣工环境保护验收技术规范 水利水电

HJ 610 环境影响评价技术导则 地下水环境

HJ/T 2.3 环境影响评价技术导则 地面水环境

HJ/T 88 环境影响评价技术导则 水利水电工程

HJ/T 91 地表水和污水监测技术规范

HJ/T 92 水污染物排放总量监测技术规范

HJ/T 164 地下水环境监测技术规范

HJ/T 394 建设项目竣工环境保护验收技术规范 生态影响类

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 环境影响后评价 post-project environmental impact assessment

建设项目在通过环境保护设施竣工验收且稳定运行一定时期后，对其实际产生的环境影响以及污染防治、生态保护和风险防范措施的有效性进行跟踪监测和验证评价，并提出补救方案或改进措施，提高环境管理有效性的方法与制度。

3.2 环境保护措施有效性分析 effectiveness analysis of environmental protection measures

对污染防治、生态保护和风险防范措施的实施效果进行分析，包括适用性、有效性，与国家或者地方相关法律、法规、标准的符合性。

4 总则

4.1 一般性原则

4.1.1 应遵循科学、客观、公正的原则，综合考虑宏观与微观、干流与支流、上游与下游、左岸与右岸、整体与局部的关系，全面反映建设项目的实际环境影响，评价各项环境保护措施的实施效果。

4.1.2 应充分收集区域社会经济、环境和工程运行等方面资料，根据水利水电建设项目的环境影响特点，突出公众关注的问题，开展环境影响预测结果验证和环境保护措施有效性分析，针对实际突出和严重的环境问题，提出补救措施和改进建议。

4.1.3 环境影响后评价宜进行动态、分阶段评价。

4.1.4 除应符合本标准外，建设项目环境影响后评价还应符合国家现行的有关标准的规定。

4.2 工作程序

水利水电建设项目环境影响后评价工作可分为三个阶段：准备阶段、调查分析阶段、报告编制阶段，工作程序见图 1。

4.2.1 准备阶段

a) 应收集水利水电建设项目基础信息和资料，包括：环境影响评价文件及审批文件，初步设计阶段环境保护专项设计文件及审查文件，施工阶段环境保护设施施工图设计文件及审查文件，施工阶段环境监测监测文件，竣工环境保护验收文件及审批文件，运行期环境管理和环境监测文件等。

b) 应初步调查水利水电建设项目和配套环境保护设施设计变更及运行情况、区域生态敏感目标以及主要环境问题等。

c) 可编制环境影响后评价实施方案，包括评价标准、评价时段、评价范围、评价内容和重点、拟采用的技术手段和方法、任务分工、工作进度安排等。

4.2.2 调查分析阶段

a) 可根据水利水电建设项目环境影响后评价实施方案，对收集的资料进行有效性分析，利用系列环境监测数据、工程运行数据和其它资料开展评价。

b) 现有资料难以满足后评价要求时，应开展必要的补充调查与监测。补充调查与监测布点应遵循控制性、代表性原则，并与环境影响评价文件中的布点情况相衔接。

c) 应对工程运行期的环境影响进行重点评价。

d) 应分析环境影响评价文件及审批文件、环境保护专项设计文件及审查文件、环境保护设施施工图设计文件及审查文件提出的环境保护措施落实情况、运行情况及效果，分析竣工环境保护验收文件及审批文件提出的后续环境保护措施落实情况、运行情况及效果；分析环境监测计划实施情况；根据环境

保护措施效果分析成果和环境监测数据，提出环境保护补救措施和改进建议。

4.2.3 报告编制阶段

应开展水利水电建设项目工程概况与环境保护工作回顾、现状分析与影响评价、环境保护措施有效性分析，提出环境保护补救措施和改进建议，明确环境影响后评价结论，编制环境影响后评价报告。

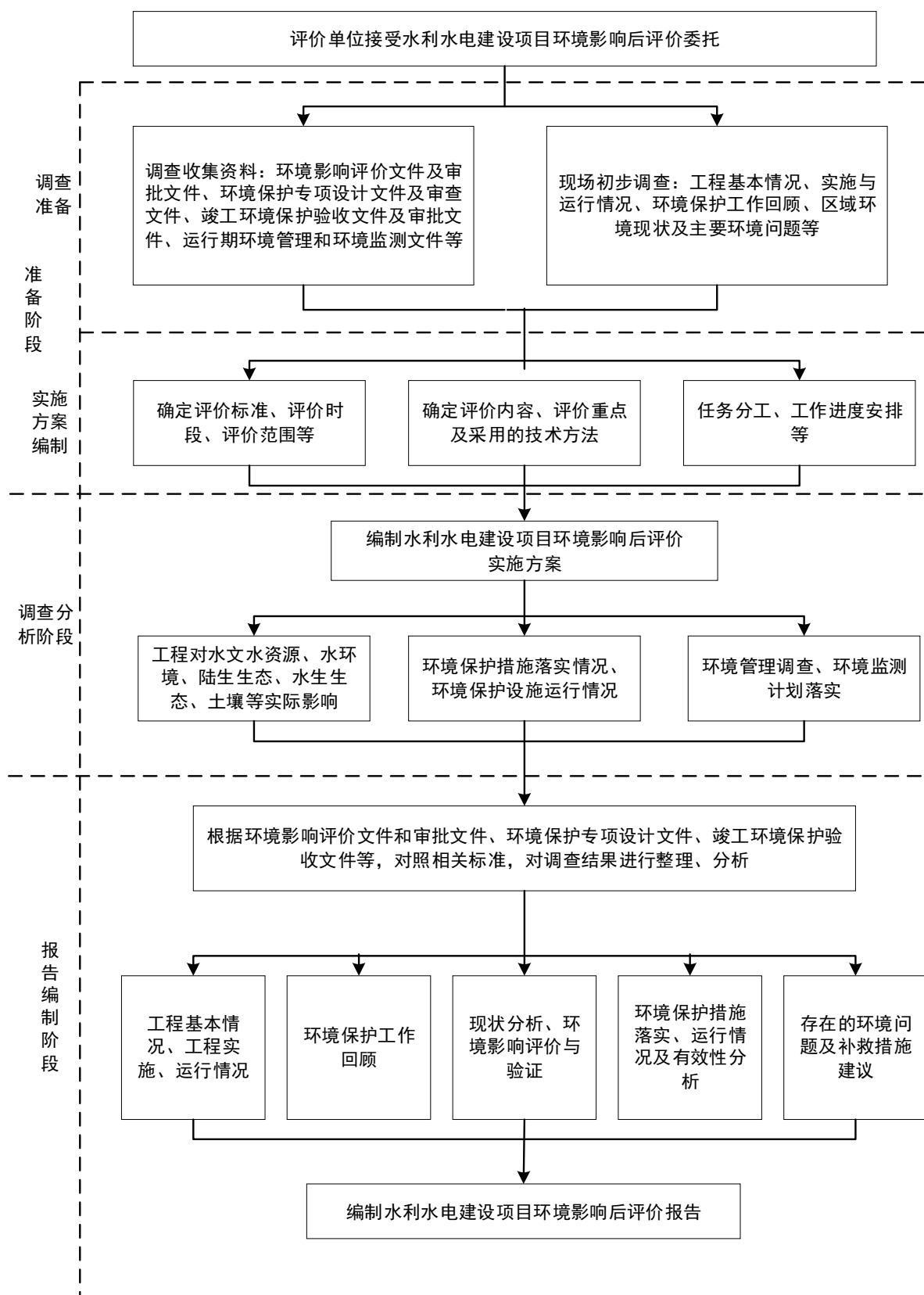


图1 水利水电建设项目环境影响后评价工作程序

4.3 评价范围

4.3.1 水利水电建设项目环境影响后评价范围原则上应与环境影响评价文件的评价范围一致。

4.3.2 当工程实际建设内容发生变更，工程运用方式、生态敏感目标、环境保护要求发生变化，或环境影响评价文件未能全面反映工程运行的实际影响时，应根据区域生态环境特征、工程实际影响情况，结合现场调查对评价范围进行适当调整。

4.4 评价内容

4.4.1 应根据水利水电建设项目特点和区域生态环境特征，结合环境影响评价文件、审批文件及管理要求，合理确定评价内容。

4.4.2 评价内容应包括：建设项目工程概况、现状分析与影响评价、环境保护措施有效性分析、环境保护补救措施和改进建议、环境影响后评价结论等。

4.4.3 评价要素宜包括：水文水资源、水环境、水生生态、陆生生态、土壤环境等。

4.4.4 评价重点应包括：

a) 可能产生重大环境影响的工程行为，可能产生区域性、间接性、累积性影响或出现设计变更的工程行为。

b) 工程运行对生态敏感目标的影响。

c) 实际突出或严重的环境影响，工程运行的环境风险事故以及应急措施，公众反映强烈的环境问题。

d) 环境影响评价文件及审批文件、环境保护专项设计文件及审查文件中提出的环境保护措施落实情况、运行情况及效果等。

e) 工程运行期环境管理和环境监测执行情况。

4.5 评价方法

4.5.1 应采用定量与定性评价相结合的方法，以定量评价方法为主。

4.5.2 宜充分利用先进的技术手段和评价方法。

4.6 评价标准

4.6.1 水利水电建设项目环境影响后评价标准应与环境影响评价的环境保护标准和要求保持一致。

4.6.2 评价范围内存在环境保护要求和标准调整时，可依据最新环境质量标准、排放标准、生态标准对原有标准进行校验。

4.6.3 尚未划定环境功能区的区域，可采用环境影响评价文件及审批文件的环境保护要求和标准。

4.6.4 尚未划定环境功能区的区域，且环境影响评价文件及审批文件中无明确要求的，可参考国家和地方环境保护标准，或参考其他相关标准。

5 建设项目工程概况

5.1 工程基本情况

5.1.1 应说明工程所在区域的自然环境状况和社会经济概况，工程所在区域的生态环境状况、生态功能区划和定位、环境功能区划和环境质量标准，评价范围内的生态敏感目标概况。

5.1.2 应说明工程建设目标、工程类型、工程任务、项目组成、建设规模、建设内容、建设过程，以及工程总投资与环境保护投资等主要技术经济指标，附工程特性表、工程位置图、工程平面布置图等。

5.2 工程实施情况

应说明工程建设实施情况；工程实际建设内容发生变更的，应予以说明。

5.3 工程运行情况

5.3.1 应说明工程投产运行准备、竣工验收、运用方式、运行管理等情况。出现特殊运行工况的，应予以说明。不符合环境影响审批文件批复规模的，应对工程实际规模予以说明。

5.3.2 应说明为满足生态敏感目标要求，提出的工程调度运行方案及运行情况。

5.3.3 应说明环境保护设施运行情况。

5.4 环境保护工作回顾

5.4.1 应回顾环境影响评价工作情况，包括工程主要生态环境影响、环境影响预测内容和评价结论、环境影响评价审批文件的要求等。

5.4.2 应回顾环境保护“三同时”制度、环境监测、环境管理、竣工环境保护验收等工作的执行情况。

5.4.3 应根据环境影响评价文件及审批文件、环境保护专项设计文件及审查文件、环境保护设施施工图设计文件及审查文件、竣工环境保护验收文件及审批文件等，回顾环境保护设施落实情况、新增及变更情况。

5.4.4 应回顾工程运行期的环境保护工作情况。包括：

a) 环境管理机构建立及运行情况。

b) 环境保护设施的运行管理情况。

c) 环境监测计划落实情况。

6 现状分析与影响评价

6.1 一般要求

6.1.1 应充分利用现有资料，分析评价范围内的生态环境质量现状和变化趋势。现有资料难以满足评价要求时，应采用多种手段和方法开展补充调查与监测。

6.1.2 应根据评价范围内的环境保护相关要求，结合工程运行方式，评价工程运行对环境要素的影响。宜评价环境要素的持久性、累积性或不确定性影响。

6.2 水文水资源

6.2.1 资料收集与调查

- a) 应收集工程所在区域水资源保护规划、水资源利用情况，收集工程所在河段干、支流主要水文站点、控制断面的基本水文资料，包括水位、流量、流速、泥沙、洪水、冰情等。
- b) 应收集工程设计和运行调度资料，包括水位、流量、泥沙等。
- c) 当涉及涉水敏感物种或敏感水域时，应收集敏感水域与工程所在河段的水力联系等相关资料。
- d) 对造成下游河段减（脱）水的工程，应调查减（脱）水河段水文情势、重要生态敏感区及环境保护目标等，重点调查工程下泄生态流量措施的运行、监测和记录报表情况等。
- e) 补充调查与监测应选择有代表性的断面和时段，所选参数应满足评价需要。

6.2.2 现状分析

- a) 应评价控制断面的水位、流速、流量、径流、冰情等水文要素的现状和时空变化趋势。
- b) 应评价拦河建筑物下游减（脱）水河段水文情势的现状和时空变化趋势，生态流量的现状满足程度。
- c) 宜评价控制断面泥沙含量、水库淤积、下游冲淤等泥沙情势和河道形态的现状和时空变化趋势。
- d) 应分析敏感水域水文泥沙的现状和时空变化趋势。

6.2.3 影响评价

- a) 应根据工程建设和运行资料，评价工程运行对水文情势变化的影响。
- b) 坝下游至河口无其他拦河建筑物的，应评价工程运行对河口水位、流量、流速、往复流等水文要素的影响。
- c) 应根据工程运行的不同阶段，统筹考虑生产、生活、生态、景观等各类用水需求，依据环境影响评价文件及审批文件提出的下泄生态流量和生态调度等要求，评价运行期工程下泄生态流量情况，工程运行对下游各类用水需求的满足程度，重点评价对涉水敏感物种或敏感水域生态用水的满足程度。
- d) 应根据工程运行资料、支流汇入等情况，分析工程运行对泥沙情势和河道形态的影响。坝下游无其他拦河建筑物的，应评价工程运行对河口冲淤的影响。对于运行一定时期后逐步显现的泥沙情势和河道形态变化，应提出长期调查与监测计划建议。
- e) 应根据工程调控方式，分析工程蓄洪、削峰以及控制断面洪水过程的时空变化。

6.2.4 影响预测验证

- a) 应根据影响评价结果，对比分析水文水资源实际影响与环境影响评价文件预测影响的差异。
- b) 宜对比分析水文水资源持久性、累积性或不确定性实际影响与环境影响报告书预测影响的差异。

6.3 水环境

6.3.1 资料收集与监测

- a) 应收集工程水污染源、排放量、排放去向，采取的处理工艺及处理效果，污染源与该水域环境功能和纳污能力的关系等。

b) 应收集工程所在区域内饮用水源保护区和取水口的位置、性质、取水量和取水要求, 工程所在区域内主要污染源的种类、排放量、河流水质、富营养化、底质、水环境容量、总溶解气体过饱和、污染负荷等, 工程所在河流、水库的水环境保护目标及分布, 与工程相关水体的水功能区划、水环境功能区划、水污染防治规划等。

c) 应收集评价范围内已开展的地表水、地下水历史监测资料, 评价范围内干、支流重要控制断面、受工程影响的地下水出露点常规监测资料等。

d) 应收集评价范围内已开展的水温监测资料, 包括工程所在河段干、支流主要水文站点的常规水温监测资料, 分层型水库的坝前和库中水温垂向水温监测资料, 坝下沿程重要控制断面水温监测资料等。当涉及重要水温敏感目标时, 应根据工程所在河段敏感物种或敏感水域的水温要求, 收集敏感期的逐日水温资料。

e) 补充调查与监测可按照 HJ/T 91 和 HJ/T 92 执行。

6.3.2 现状分析

a) 应根据评价范围内污染源的种类、排放量、污染负荷等, 评价污染源和污染负荷的现状和时空变化趋势。

b) 应根据不同时期地表水水环境质量监测资料, 对照评价范围内水环境功能区类别, 评价水质、底质的达标状况、水库富营养化程度及时空变化趋势。

c) 涉及重要地下水敏感目标的, 应根据工程所在区域地下水环境质量监测资料, 评价地下水水质、水位的现状和时空变化趋势。

d) 应根据水温监测资料, 分析评价范围内水温沿程分布、年际和年内变化趋势。

6.3.3 影响评价

a) 应根据工程建设和运行资料, 评价工程运行对地表水环境质量、湖库富营养化、水环境容量的影响。关注因拦河建筑物下游河段因减(脱)水而导致的水环境恶化问题。

b) 涉及重要地下水敏感目标的, 应根据地下水分布特征及取用水对象要求, 评价工程运行对地下水水位、水质及重要取用水对象的影响。

c) 工程运行产生气体过饱和现象的, 应根据调查或监测资料, 评价对总溶解气体过饱和的影响。

d) 针对水温分层型水库, 应根据水温监测资料, 评价库区水温结构和垂向水温季节性变化规律。

e) 应根据下游生态敏感目标的水温要求, 评价入出库、河流边界及下游水温的时空变化趋势, 分析工程运行对水库水温结构、沿程水温变化的影响, 重点分析对水温的累积性影响。

6.3.4 影响预测验证

a) 应根据影响评价结果, 对比分析水环境实际影响与环境影响评价文件预测影响的差异。

b) 宜对比分析水环境持久性、累积性或不确定性实际影响与环境影响评价文件预测影响的差异。

6.4 水生生态

6.4.1 资料收集与调查

a) 应收集评价范围内水生生物历史调查资料, 包括浮游生物、底栖生物、水生维管束植物、鱼类

及其他水生生物的分布、保护级别、生态习性、区系组成、种群规模、种群结构、生境条件等。

b) 应重点收集评价范围内国家和地方重点保护、珍稀、濒危、特有鱼类、洄游性鱼类的分布状况,重要鱼类的生物学特征和生态习性,产卵场、越冬场、索饵场的分布特征与生境特点,鱼类资源量、渔业生产现状、鱼类保护现状等。

c) 应收集评价范围内水生生境历史调查资料,包括水生生态系统类型、结构和功能等,水生生态相关专项调查成果,具有重要生态功能的水域以及各类敏感区的设立、类型、级别、范围、功能分区及主要保护对象等。

d) 补充调查断面宜在工程区间支流、水库库尾、库中、坝前以及天然保留河段布设;鱼类可采用区域性调查,调查时段应选择主要鱼类的繁殖季节。

6.4.2 现状分析

a) 应根据评价范围内水生生物历史调查资料,评价浮游生物、底栖生物、水生维管束植物、鱼类等水生生物及其生境的现状和时空变化趋势。

b) 应重点分析国家和地方重点保护、珍稀、濒危、特有鱼类、洄游性鱼类及其生境的现状和时空变化趋势。

c) 应根据评价范围内水生生境历史调查资料,评价水生生态系统结构、功能的现状和时空变化趋势。

d) 应重点分析评价范围内提供鱼类完成生活史的重要生境及其他重要水生生态敏感区的现状和时空变化趋势。

6.4.3 影响评价

a) 应开展评价范围内水生生物及其生境时空变化的原因分析;重点分析国家和地方重点保护、珍稀、濒危、特有鱼类及其生境,提供鱼类完成生活史的重要生境,以及其他重要水生生态敏感区变化的原因。

b) 应评价工程运行导致的大坝阻隔、水文泥沙情势变化、水环境变化等对水生生物及其生境的影响,拦河建筑物下游河段因减(脱)水而导致的水生态问题。

c) 应重点评价工程运行对国家和地方重点保护、珍稀、濒危、特有鱼类、洄游性鱼类及其生境的影响。

d) 应重点评价工程运行对提供鱼类完成生活史的重要生境以及其他重要水生生态敏感区的影响。

6.4.4 影响预测验证

a) 应根据影响评价结果,对比分析水生生态实际影响与环境影响评价文件预测影响的差异。

b) 宜对比分析水生生态持久性、累积性或不确定性实际影响与环境影响评价文件预测影响的差异。

6.5 陆生生态

6.5.1 资料收集与调查

a) 应收集评价范围内陆生植物历史调查资料,包括植被类型、分布规律和生物量,植物种类、区系组成等,重点收集国家和地方重点保护、珍稀、濒危和特有植物,名木古树的种类、数量和分布情况

等。

b) 应收集评价范围内陆生动物历史调查资料, 包括陆生动物的种类、分布、区系、生态习性、生境条件、种群规模、种群结构等, 重点收集国家和地方重点保护、珍稀、濒危和特有保护动物的种类、分布、种群状况、生境特征和保护现状等。

c) 应收集评价范围内陆生生态相关专项调查成果, 包括:

1) 陆生生态系统类型、结构和功能等。

2) 地形地貌、气候、土壤、土地利用, 以及水土流失“三区”划分、水土流失成因、类型及危害等。

3) 自然保护区、森林公园、地质公园、世界文化和自然遗产地等陆生生态敏感区的分布、类型、级别、范围、功能分区及主要保护对象。

6.5.2 现状分析

a) 应根据评价范围内陆生植物历史调查资料, 评价陆生植被类型、分布规律和生物量, 植物种类、区系组成现状和时空变化趋势。

b) 应根据评价范围内陆生动物历史调查资料, 评价陆生动物的种类、分布、区系、生态习性、生境条件及其种群大小、种群结构现状和时空变化趋势。

c) 应重点分析国家和地方重点保护、珍稀、濒危、特有动植物及其生境的现状和时空变化趋势。

d) 应根据评价范围内陆生生态系统类型、结构和功能等特征, 分析生态系统完整性的现状及变化趋势。

e) 应分析评价范围内土地利用格局、景观结构现状和时空变化趋势。

f) 当评价范围内有自然保护区、特殊或重要陆生生态敏感区分布时, 应重点分析区域结构和功能的现状和时空变化趋势。

6.5.3 影响评价

a) 应开展评价范围内陆生生物及其生境时空变化的原因分析; 重点分析国家和地方重点保护、珍稀、濒危、特有动植物及其生境, 自然保护区、特殊或重要陆生生态敏感区变化的原因。

b) 应评价工程运行对植被类型、分布、面积、生物量, 植物种类、数量、分布, 珍稀、濒危、特有种、古树名木等保护植物的分布、生存状况的影响。

c) 应评价工程运行对陆生动物数量、种类和分布及其生境的影响, 重点分析对国家和地方重点保护、珍稀、濒危、特有动物及其生境的影响。

d) 应评价工程运行对生态系统完整性、土地利用格局和景观结构的影响。

e) 当评价范围内有自然保护区、特殊或重要陆生生态敏感区分布时, 应重点评价工程运行对区域结构和功能的影响。

6.5.4 影响预测验证

a) 应根据影响评价结果, 对比分析陆生生态实际影响与环境影响评价文件预测影响的差异。

b) 宜对比分析陆生生态持久性、累积性或不确定性实际影响与环境影响评价文件预测影响的差异。

6.6 土壤环境

6.6.1 资料收集与调查

- a) 应收集评价范围内土壤环境相关专项调查成果，包括工程各阶段已开展的土壤环境调查资料。
- b) 应收集评价范围内土壤环境质量、土地生产力、土壤理化性质与结构、分布，有效土层厚度、土壤盐碱状况、障碍层特征、土壤侵蚀状况、土壤保水供水状况、土壤中砾石含量和地表岩石露头度、占地恢复情况等。
- c) 对污染底泥堆放，应收集堆放引起的土壤环境质量变化及地下水污染相关调查资料。
- d) 现有资料难以满足评价要求时，应按照 GB 15618 开展补充调查与监测。

6.6.2 现状分析

应分析评价范围内土壤改良、土壤潜育化、沼泽化、次生盐碱化、土地沙化的现状及变化趋势。

6.6.3 影响评价

- a) 应开展评价范围内土壤环境时空变化的原因分析。
- b) 应评价工程运行导致的地下水环境变化对土壤改良、土壤潜育化、沼泽化、次生盐碱化、土地沙化的影响。
- c) 应评价工程导致的底泥堆放或利用对土壤环境质量的影响。

6.6.4 影响预测验证

- a) 应根据影响评价结果，对比分析土壤环境实际影响与环境影响评价文件预测影响的差异。
- b) 宜对比分析土壤环境持久性、累积性或不确定性实际影响与环境影响评价文件预测影响的差异。

7 环境保护措施有效性分析

7.1 一般要求

7.1.1 应根据建设项目环境影响评价文件及审批文件、环境保护专项设计文件及审查文件、环境保护设施施工图设计文件及审查文件、竣工环境保护验收文件及审批文件、运行期环境管理和环境监测文件要求，以及水利水电建设项目的实际影响，对运行期环境保护措施的实施效果进行分析，与不同阶段国家或者地方相关法律、法规、标准的符合性。

7.1.2 应评价环境管理与监测体系的完整性、满足环境质量改善和排污许可要求的可行性，必要时可开展环境保护措施有效性监测。

7.1.3 环境保护措施有效性分析内容应包括：

- a) 水文情势影响减缓措施，重点分析生态流量泄放、生态调度等措施。
- b) 水环境保护措施，重点分析水质保护、水源地保护、水温影响减缓等措施。
- c) 水生生态保护措施，重点分析栖息地保护、过鱼、增殖放流等措施。
- d) 陆生生态保护措施，重点分析动植物就地保护、迁地保护和动物迁徙通道等措施。

7.2 水文情势影响减缓措施

7.2.1 应根据工程运行不同历史阶段，统筹考虑生产、生活、生态、景观等各类用水需求，依据环境影响评价文件及审批文件提出的生态流量和生态调度要求，评价生态流量下泄措施和监测措施、生态调度措施的落实及运行情况。

7.2.2 应分析评价范围内生态用水的现状满足程度。存在重要湿地或河谷林、珍稀、濒危保护鱼类栖息地等生态敏感区的河流，应结合河道具备的生境条件，根据稀濒危动、植物生态敏感期和敏感生态需水过程要求，重点分析下泄生态流量满足程度。

7.2.3 对于不能满足生态流量下泄要求的拦河建筑物，应采取有效措施保障生态流量泄放，具体措施包括但不限于：

a) 设置“生态小机组”并长期运行，承担生态流量泄放任务。

b) 承担基荷发电任务的，通过发电下泄满足生态流量。

c) 以保障生态流量为目标，拓展拦河建筑物的引水、泄水、冲沙、放空等设施功能，新建、改建泄放设施等。

7.2.4 已保障河道生态流量下泄后，河流生态功能自然修复仍存在困难的河段，在符合流域综合规划和相关专项规划的前提下，可提出河流连通性恢复及生态环境修复等措施建议。

7.2.5 对前期工作中未明确生态流量的建设项目，应充分调查评价范围内因工程运行导致的减（脱）水河段生态变化状况、珍稀、濒危动植物生态敏感期和敏感生态需水过程要求，确定河道生态流量要求及下泄措施。对前期工作中未明确生态流量监测的建设项目，应提出生态流量监测要求。

7.3 水环境保护措施

7.3.1 应根据工程运行期评价范围内水体水质达标情况、富营养化变化状况，分析评价范围内污染源治理措施的落实情况与实施效果。

7.3.2 评价范围内存在水源地时，应根据水功能区划、水环境功能区划和水污染防治规划等保护要求，评价水污染防治措施的落实情况以及水源地水质的达标情况。

7.3.3 坝下河段存在灌溉取水或对水温变化敏感的重要生态保护目标时，应评价水温影响减缓措施的落实及运行情况，分析工程下泄水温的恢复距离和恢复程度，评价坝下河段农作物或鱼类等水温变化敏感目标水温要求的满足程度。

7.4 水生生态保护措施

7.4.1 应评价栖息地保护措施落实情况，根据工程运行期栖息地水文、水环境、水生生物、物理形态等指标的变化，开展栖息地适宜性评价。

7.4.2 应评价过鱼措施落实及运行情况，分析鱼类生境、物种、资源量的损失以及阻隔影响的缓解程度，根据工程运行后鱼类通过数量、种类统计结果，分析过鱼措施对上下游鱼类资源连通的恢复效果。

7.4.3 应根据放流水域生境适宜性和现有栖息空间的环境容量，评价各增殖站选址、放流目标、规模和规格，根据逐年放流跟踪监测结果评价放流对象和规模的调整情况。

7.4.4 应重点评价增殖放流措施对野生鱼类物种多样性和资源的补充效果，以及对野生鱼类种群资源的恢复效果。

7.5 陆生生态保护措施

7.5.1 对珍稀、濒危植物或其它有保护价值的植物产生不利影响的建设项目，应评价工程防护、移栽、引种、繁殖、栽培、建立珍稀植物园和管理、种质库保存和管理等措施的实施效果。

7.5.2 应重点评价陆生植物的生境、物种、资源量损失、阻隔影响及次生生态环境影响的缓解和控制效果。

7.5.3 工程施工损坏植被的，应评价植被恢复与绿化措施效果。

7.5.4 对珍稀、濒危陆生动物和有保护价值的陆生动物生境产生破坏或生境条件改变的建设项目，应评价动物就地保护、迁地保护和预留迁徙通道、建立人工替代生境等保护及管理措施的实施效果。

7.5.5 应重点评价陆生动物的生境、物种、资源量损失、阻隔影响及次生生态环境影响的缓解和控制效果。

7.6 环境管理与监测

7.6.1 应评价工程运行期环境管理机构、管理办法及管理规划等完整性和执行效果，分析存在的问题及原因，提出后续环境管理工作建议。

7.6.2 大型工程可评价环境管理信息系统的建设和运行情况。

7.6.3 应依据竣工环境保护验收文件及审批文件要求，根据影响评价和环境保护措施有效性分析成果，完善运行期环境监测计划，开展运行期下泄流量在线实时监测，以及水文情势、水质、水温、鱼类关键栖息地生境条件等生态环境要素的长期跟踪监测。

7.6.4 应根据工程运行期各项环境监测工作的实施效果，适时调整监测指标、监测断面、监测时段和频率等。

7.6.5 应动态开展环境保护措施实施效果监测。宜编制运行期工程环境保护设施运行报告，总结分析各项设施的运行及效果情况。

7.6.6 建设单位或者生产经营单位完成环境影响后评价后，应当依法公开环境影响后评价文件，接受社会监督。

8 环境保护补救措施和改进建议

8.1 应针对影响评价、环境保护措施有效性分析发现的问题，提出工程运行方案、环境保护措施的改进建议和环境保护补救措施。

8.2 环境保护补救措施和改进建议可作为后续环境管理的依据。

9 评价结论

9.1 应总结项目建设过程及环境管理情况，总结工程运行对区域环境的主要有利影响和不利影响。应

总结环境影响评价及竣工环境保护验收相关主要结论与建议，说明环境影响评价审批文件的要求。

9.2 应分析环境现状及变化趋势，评价建设项目对水文水资源、水环境、水生生态、陆生生态、土壤环境等环境要素的影响，对比分析实际影响与环境影响评价文件预测影响的差异。

9.3 应总结工程各项环境保护措施的落实情况及实施效果，综合分析措施的技术合理性、长期稳定运行的可靠性，以及拟定环境保护目标的可达性。

9.4 应总结提出环境保护补救措施和改进建议。

附录 A

（资料性附录）

水利水电建设项目环境影响后评价方法

A.1 数据收集、调查与监测方法

A.1.1 资料收集法

资料收集法应收集能反映环境现状或环境背景的资料，从表现形式上分为文字资料和图形资料，从时间上可分为历史资料和现状资料，从收集行业类别上可分为农、林、牧、渔和环境保护部门，从资料性质上可分为环境影响报告书、有关污染源调查、环境保护规划、规定、生态功能区划、环境功能区划、生态敏感目标的基本情况以及其他生态调查材料等。使用资料收集法时，应保证资料的现时性，引用资料必须建立在现场校验的基础上。

A.1.2 现场勘查法

现场勘查法应遵循整体与重点相结合的原则，在综合考虑主导环境因子结构与功能的完整性的同时，突出重点区域和关键时段的调查，并通过对影响区域的实际踏勘，核实收集资料的准确性，以获取实际资料和数据。

A.1.3 专家和公众咨询法

专家和公众咨询法是对现场勘查的有益补充。通过咨询有关专家，收集评价工作范围内的公众、社会团体和相关管理部门对项目影响的意见，发现现场踏勘中遗漏的环境问题。专家和公众咨询应与资料收集和现场勘查同步开展。

A.1.4 水环境监测方法

水环境监测方法包括点源调查和面源调查。点源调查以收集现有资料为主，现场调查和现场测试为辅。面源调查以资料收集法为主，一般不进行实测。村庄农业生产和生活将会对地表水体造成影响，宜通过资料收集、类比并结合水文地质参数进行估算为主。水环境质量监测方法见 HJ/T2.3。

A.1.5 水生生态调查方法

水生生态调查宜选用水生生态监测法，根据水生生态监测因子的生态学特点和干扰活动的特点确定监测位置和频次，有代表性地布点。水生生态监测方法与技术要求须符合国家现行的有关水生生态监测规范和监测标准分析方法；对于水生生态系统生产力的调查，必要时需现场采样、实验室测定。

A.1.6 遥感和 GIS 技术

遥感调查和 GIS 技术方法宜用于区域范围较大或主导生态环境因子的空间等级尺度较大时的现场调查和监测，解决人为踏勘和评价困难问题，包括无人机遥感监测和高分辨率遥感影响空间信息获取等技术，以高分辨率遥感影像为数据源，应用遥感解译的方法提取地物信息。遥感调查过程中必须辅助必要的现场勘查工作。

A.1.7 大尺度地形重绘技术

大尺度地形重绘技术宜采用三维激光扫描,通过具有一定分辨率的空间点所组成的点云图来表达系统对目标物体表面的采样结果。当对同一地块两个时点的数据的处理时,应在三维激光扫描的基础上,采用差分干涉合成孔径雷达技术,测量地表微量形变。

A.2 现状分析方法

A.2.1 基本方法

(1) 类比分析法

类比分析法根据已有建设项目对河流生态系统产生的影响来类比分析参评水利水电建设项目实际产生的环境影响,是一种比较常用的定性和半定量评价方法,一般包括整体类比、环境因子类比和环境问题类比等。当符合工程性质、工艺和规模与参评建设项目基本相当,生态环境因子(地理、地质、气候、环境因素等)相似,项目投运一定时间,所产生的影响已基本全部显现等条件时,宜采用类比分析法。类比对象确定后,需选择和确定类比因子及指标,并对类比对象开展调查与评价,再分析参评建设项目与类比对象的差异。根据类比对象与参评建设项目的比较,做出类比分析结论。

(2) 指数法

指数法是利用同度量因素的相对值来表明因素变化状况的方法,可用于环境因子单因子质量评价、多因子综合质量评价和生态功能评价。包括单因子指数法和综合指数法。其中单因子指数法应根据选定的评价标准,采集项目区的现状资料,进行环境因子现状评价。综合指数法包括以下步骤:

- 1) 分析研究评价的环境因子的性质及变化规律;
- 2) 建立表征各环境因子特性的指标体系;
- 3) 确定评价标准;
- 4) 建立评价函数曲线,将评价的环境因子的背景值(开发建设活动前)与现状值(开发建设活动后)转换为统一的无量纲的环境质量指标。用 1~0 表示优劣(“1”表示最佳的、顶极的、原始或人类干预甚少的生态状况,“0”表示最差的、极度破坏的、几乎无生物性的生态状况)由此计算出开发建设活动前后环境因子质量的变化值;
- 5) 根据各评价因子的相对重要性赋予权重;
- 6) 将各因子的变化值综合,提出综合影响评价价值。即

$$\Delta E = \sum (E_{hi} - E_{qi}) \times W_i \quad (\text{A.2.1})$$

式中: ΔE —开发建设活动日前后环境质量变化值;

E_{hi} ——开发建设活动后 i 因子的质量指标;

E_{qi} ——开发建设活动前 i 因子的质量指标;

W_i — i 因子的权值。

(3) 系统分析法

系统分析法是指把要解决的问题作为一个系统,对系统要素进行综合分析,找出解决问题的可行方案的咨询方法,包括专家咨询法、层次分析法、模糊综合评判法、综合排序法、系统动力学、灰色关联

等方法。具体步骤包括：限定问题、确定目标、调查研究、收集数据、提出备选方案和评价标准、备选方案评估和提出最可行方案。

A.2.2 生态水文学方法

水文过程的变化是河流生态系统其他要素变化的根本驱动力。不同的水文节律特征是维护河流生态系统健康与完整的驱动要素，自然水文情势下的水文节律对保持河道内水生态系统健康与完整性具有重要作用。生态水文学方法宜采用水文变异性指标体系评价，一般包括 5 类基本参数和 33 个评价指标，反映水文情势与河流生态系统变化过程，如表 A.2.2。

表 A. 2. 2 水文变异性指标体系及其对河流生态系统的影响

参数	指标 序号	水文变异性指标	河流生态系统的影响
各月流量	1-12	各月份流量平均值	满足水生生物的栖息要求、植物对土壤含水量的需求、具有较高可靠度的陆地生物的水需求、食肉动物的迁徙需求以及水温、含氧量的影响
年极端流量	13-22 23-24	年最大、最小 1、3、7、30、90 日流量平均值 断流天数、基流指数	满足植被扩张、河流河道地貌和自然栖息地的构建、河流和滞洪区的养分交换湖、池塘、滞洪区的植物群落分布的需要
年极端流量 发生时间	25-26	年最大、最小流量 发生时间	满足鱼类的洄游产卵、生命体的循环繁衍、生物繁殖期的栖息地条件、物种的进化需要
高、低流量的频 率及延时	27-28 29-30	每年发生低流量、高 流量的次数 低流量、高流量的 平均延时	产生植被所需的土壤湿度的频率和大小、满足滞洪区对水生生物的支持、泥沙运输、河道结构、底层扰动等的需要
流量变化改变率 及频率	31-32 33	流量平均减少率、增 加率 每年流量逆转次数	导致植物的干旱、促成岛上、滞洪区的有机物的诱捕、低速生物体的干燥胁迫等行为

A.2.3 变化范围法

水文变异性指标宜采用变化范围法评价。变化范围法是第一个广泛应用于水文过程改变评估的方法，以人类干扰状态前作为参考，用以统计上述生态-水文指标的特征，以每个指标均值以上、以下标准差的范围或者 25%~75%的范围作为流量管理的目标。水文情势的改变程度的计算公式为：

$$\sigma = \frac{N_m - N_t}{N_t} \tag{A.2.2}$$

式中：Nm 表示干扰后水文系列统计的水文参数值落在流量管理目标范围内的频率；Nt 表示自然水文系列统计的水文参数值落在目标范围内的频率乘以干扰后水文系列的长度与自然水文系列长度的比值。

当 $|\sigma| \in [0.25, 0.5)$ 时，认为水文参数的改变中等；当 $|\sigma| \in [0, 0.25)$ 时，认为水文参数的改变小；当 $|\sigma| \in [0.5, +\infty)$ 时，认为水文参数的改变大。在实际评估过程中，衡量河流水文情势的 62 个生态-水文指标通常具有不同的水文改变度。为对受扰动后水文情势的整体变化程度进行合理判断，可以从不

同类别或者整体进行评估，整体水文改变度为：

$$D = \sqrt{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 \right)} \quad (\text{A.2.3})$$

A.2.4 生物多样性评价方法

生物多样性评价方法是指通过实地调查，分析生态系统和生物种的历史变迁、现状和存在主要问题，保护生物多样性。生物多样性可用香农-威纳多样性指数（Shannon-Wiener Index）表征：

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \ln(P_i) \quad (\text{A.2.4})$$

式中：H 表示样品的信息含量（彼得/个体）=群落的多样性指数；S 表示种数；Pi 表示样品中属于第 i 种的个体比例，如样品总个体数为 N，第 i 种个体数为 ni，则

$$P_i = n_i / N \quad (\text{A.2.5})$$

A.2.5 图形叠置法

基于 GIS 的图形叠置法是把两个以上的环境信息叠合到一张图上，构成复合图，用以表示环境变化的方向和程度。图形叠置法有两种基本制作手段：指标法和 3S 叠图法。

（1）指标法

- 1) 确定评价区域范围；
- 2) 开展环境调查，收集评价工作范围与周边地区自然环境、动植物等的信息，同时收集社会经济和环境污染及环境质量信息；
- 3) 识别影响并筛选拟评价因子，包括识别和分析主要环境问题；
- 4) 研究拟评价生态系统或环境因子的地域分异特点与规律，对拟评价的生态系统、环境因子或环境问题建立表征其特性的指标体系，并通过定性分析或定量方法对指标赋值或分级，再依据指标值进行区域划分；
- 5) 将上述区划信息绘制在环境图上。

（2）3S 叠图法

具体操作步骤为：

- 1) 选用地形图，或正式出版的地理地图，或经过精校正的遥感影像作为工作底图，底图范围应略大于评价工作范围；
- 2) 将建设项目影响区根据不同的区域类型划分为若干地理单元，以水文、泥沙、水生、陆生等相关环境资料建立数据库；
- 3) 在底图上描绘主要环境因子信息，如植被覆盖、动物分布、河流水系、土地利用和特别保护目标等，为每个环境因子做出一个图层；
- 4) 进行影响识别与筛选评价因子；
- 5) 运用 3S 技术，为每个评价因子设置各自的评价权重，通过 GIS 系统的栅格计算器和叠置分析功能将各单因素环境图与底图叠加得到复合图，用不同的色彩和不同的色度深浅表示评价因子的不

同影响性质、类型和程度；

6) 将影响因子图和底图叠加，得到环境影响评价图。

A.2.6 生态机理分析法

生态机理分析法是根据建设项目的特点和受其影响的动、植物的生物学特征，依照生态学原理评价建设项目的实际生态影响。生态机理分析法的工作步骤如下：

- (1) 调查环境背景现状，收集工程组成、建设、运行等有关资料；
- (2) 调查植物和动物分布，动物栖息地和迁徙路线；
- (3) 根据调查结果分别对植物或动物种群、群落和生态系统进行分析，描述其分布特点、结构特征和演化等级；
- (4) 识别有无珍稀、濒危物种及重要经济、历史、景观和科研价值的物种；
- (5) 监测评价范围内动物、植物生长环境的变化；
- (6) 根据项目投运后的环境（水、气、土和生命组分）变化，对照无开发项目条件下动物、植物或生态系统演替趋势，评价建设项目运行对动物和植物个体、种群和群落的实际影响，分析生态系统演替方向。

生态机理分析法需与生物学、地理学、水文学、数学及其它多学科合作评价，分析得出较为客观的结果。评价过程中有时要根据实际情况进行相应的生物模拟试验，如环境条件、生物习性模拟试验、生物毒理学试验、实地种植或放养试验等；或进行数学模拟，如种群增长模型的应用。

A.2.7 景观生态学方法

景观生态学法是通过研究某一区域、一定时段内的生态系统类群的格局、特点、综合资源状况等自然规律，以及人为干预下的演替趋势，揭示人类活动在改变生物与环境方面作用的方法。景观生态学对生态质量状况的评判通过空间结构分析和功能与稳定性分析两个方面开展。

空间结构分析基于景观是高于生态系统的自然系统，是一个清晰的和可度量的单位空间。景观由斑块、基质和廊道组成，其中基质是景观的背景地块，是景观中一种可以控制环境质量的组分。因此，基质的判定是空间结构分析的重要内容。判定基质有三个标准，即相对面积大、联通程度高、有动态控制功能。基质的判定多借用传统生态学中计算植被重要值的方法。决定某一斑块类型在景观中的优势，也称优势度值（Do）。优势度值由密度（Rd）、频率（Rf）和景观比例（Lp）三个参数计算得出。其数学表达式如下：

$$Rd = (\text{斑块 } i \text{ 的数目} / \text{斑块总数}) \times 100\% \quad (A.2.6)$$

$$Rf = (\text{斑块 } i \text{ 出现的样方数} / \text{总样方数}) \times 100\% \quad (A.2.7)$$

$$Lp = (\text{斑块 } i \text{ 的面积} / \text{样地总面积}) \times 100\% \quad (A.2.8)$$

$$Do = 0.5 \times [0.5 \times (Rd + Rf) + Lp] \times 100\% \quad (A.2.9)$$

景观的功能和稳定性分析包括如下四个方面内容：

- (1) 生物恢复力分析：分析景观基本元素的再生能力或高亚稳定性元素能否占主导地位。
- (2) 异质性分析：基质为绿地时，由于异质化程度高的基质很容易维护它的基质地位，从而达到

增强景观稳定性的作用。

(3) 种群源的持久性和可达性分析：分析动、植物物种能否持久保持能量流、养分流，分析物种流可否顺利地从一个景观元素迁移到另一种元素，从而增强共生性。

(4) 景观组织的开放性分析：分析景观组织与周边生境的交流渠道是否畅通。

A.2.8 陆生生态系统生产力方法

植被是陆生生态环境中最重要、最敏感的自然要素，对生态系统变化及稳定起决定性作用。植被净生产力是生态环境现状评价的重要参数，是指绿色植物在单位面积、单位时间内所累积的有机物数量，是由光合作用所产生的有机质总量中扣除自养呼吸后的剩余部分，直接反映植物群落在自然环境条件下的生产能力。生态系统生产力评价的数据来源于实地调查和收集资料，并利用自然生态系统生产力的研究成果进行分析评价。

生态系统生产力常指生态系统中的植物第一生产力，其自然生产力现状评价通常采用 Miami 生物生产力模型计算自然植被的净第一性生产力 NPP (Net Primary Productivity)。

$$NPP_t = 3000 / (1 + e^{1.315 - 0.119t}) \quad (A.2.10)$$

$$NPP_R = 3000(1 - e^{-0.000664R}) \quad (A.2.11)$$

式中： NPP_t 表示根据年均温 (t , $^{\circ}C$) 求得的自然植被净第一性生产力 (Net Primary Productivity, 简称 NPP)，单位为 ($g \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$)； NPP_R 表示根据年降水 (r , mm) 求得的自然植被的净第一性生产力，单位为 ($g \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$)； t 表示年平均气温 ($^{\circ}C$)； R 表示年降水量 (mm)。

A.3 影响评价方法

A.3.1 前后对比法

前后对比法是指将建设项目实际运行结果与区域背景动态基线相比较，以揭示建设项目产生的实际环境影响。按照对无项目情况的不同假定，可以划分为以下四种对比方法：

方法一：项目实施后与实施前数据对比（见图 A.3.1 (a)）；

方法二：根据项目实施后的结果与项目实施前时间序列数据预测的结果对比（见图 A.3.1 (b)）；

方法三：实施项目的对象数据与未实施项目的对象（国家、地区、企业、个人）数据比较（准随机实验设计）（见图 A.3.1 (c)）；

方法四：随机选取的实施项目对象的执行结果与随机选取的未实施项目对象的实施结果比较（随机实验设计）（见图 A.3.1 (d)）。

四种方法中，方法四为推荐方法；方法一不可单独应用，应与方法二或方法三联合应用。

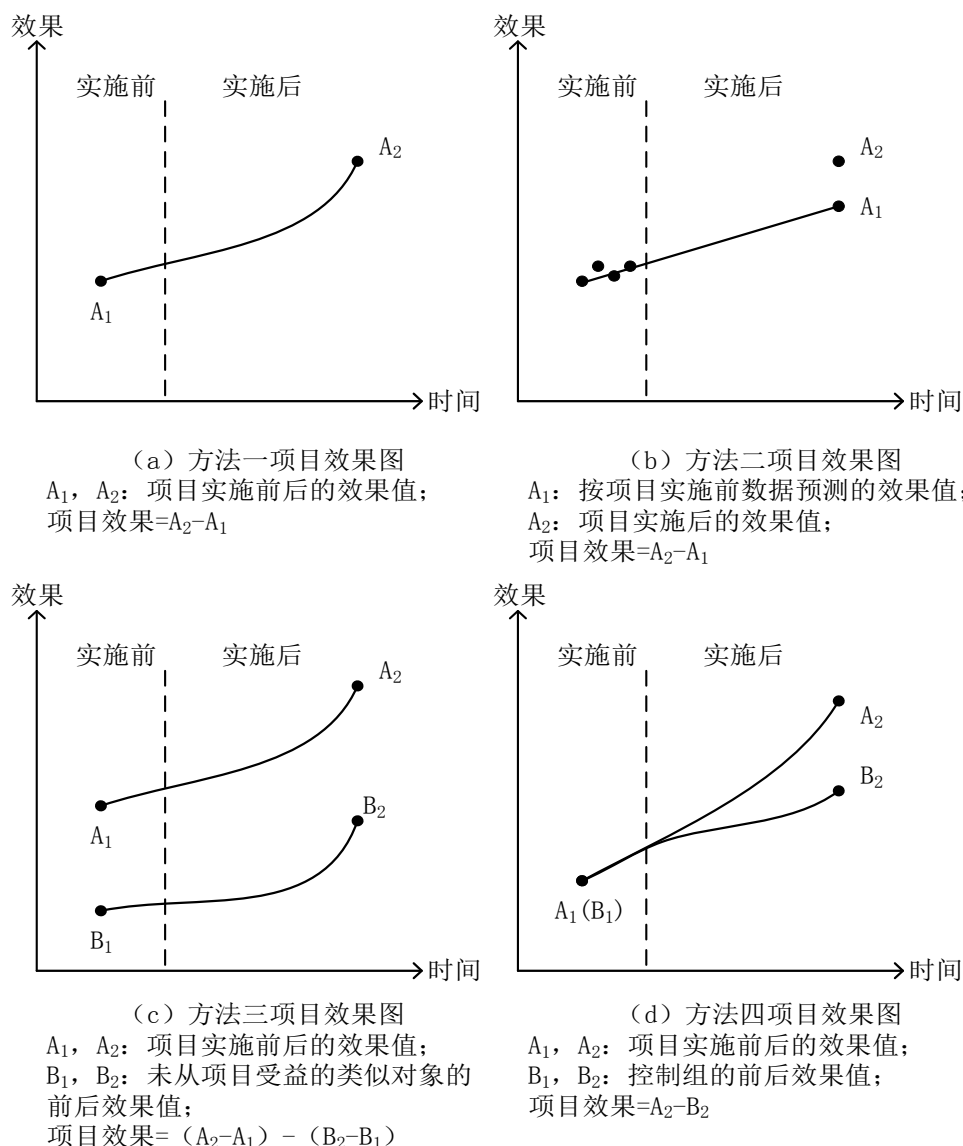


图 A. 3. 1 前后对比法图示

A.3.2 主成分分析方法

主成分分析也称主分量分析，旨在利用降维的思想，从众多的变量中剔除具有相关性的因子，筛选出主要少数独立综合因子。

主成分分析法是一种数学变换的方法，它把给定的一组相关变量通过线性变换转成另一组不相关的变量，这些新的变量按照方差依次递减的顺序排列。在数学变换中保持变量的总方差不变，使第一变量具有最大的方差，称为第一主成分，第二变量的方差次大，并且和第一变量不相关，称为第二主成分。依次类推， I 个变量就有 I 个主成分。主成分的这种“主要性”以特征值的形式表征出来，即特征值越大，其反映的系统信息就越多，因而也就越“主要”。通常选择两个最主要的主成分，分别作为横纵坐标轴建立二维向量体系，并将所有变量投影到该二维空间中，以直观体现各变量之间的相互关系，其相关程度以变量之间的相对空间位置表征出来。

A.3.3 相关分析、因果分析和回归分析

相关分析有广义与狭义之分，狭义的相关分析仅指用相关系数测定随机变量之间的线性相关程度。因果分析用于分析一个或一组变量的变动对另一个变量的变动的的影响程度。回归分析是建立在随机变量之间具有明确的因果关系的基础之上，根据研究目的和定性分析结果确定出自变量和因变量。广义的相关分析包括了狭义的相关分析和回归分析。常见的问题分析过程如下：研究目的→相关关系定性分析→相关系数测定→因果关系定性分析→回归分析→应用。

A. 4 环境保护措施有效性分析方法

环境保护措施有效性宜采用列表清单法、专家判断法、模糊综合评价法、生命周期评价法等技术方法开展评价。

列表清单法可将所调查的环境保护措施依照其分类列出如表 A.4.1 的表格清单。依据调查的结果，对照工程环境保护设计中各项措施的执行要求，确定各项环境保护措施是否实施，执行的效果如何，并给出定性的评价，分为好、较好、一般、较差和差 5 等，以说明各项环境保护措施的实施情况。

表 A. 4. 1 环境保护措施效果评估表

分类	设计环境保护措施	是否实施	效果				
			好	较好	一般	较差	差
类型 1	措施 1						
							
	措施 n						
.....	措施 1						
							
	措施 n						
类型 n	措施 1						
							
	措施 n						