

水利水电开发项目 生态环境保护 研究与实践

Research and Practice of Ecological Protection for
Water Resource & Hydropower Development Projects

国家环境保护总局环境影响评价管理司 编



中国环境科学出版社

水利水电开发项目生态环境 保护研究与实践

国家环境保护总局环境影响评价管理司 编

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

水利水电开发项目生态环境保护研究与实践 / 国家环境保护总局
环境影响评价管理司编. —北京: 中国环境科学出版社, 2006.4

ISBN 7-80209-292-2

I. 水… II. 国… III. ①水利工程—生态环境—环境保护—研究②水力发电工程—生态环境—环境保护—研究 IV. X171.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 031072 号

丛书统筹: 黄晓燕
责任编辑: 黄晓燕 孔 锦
装帧设计: 耀午书装

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2006 年 4 月第一版
印 次 2006 年 4 月第一次印刷
印 数 1—4000
开 本 787×1092 1/16
印 张 22.75
字 数 470 千字
定 价 80.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

《水利水电开发项目生态环境保护研究与实践》

编 委 会

主 编：祝兴祥 吴 波

副主编：刘 薇 常仲农 陈凯麒 曹晓红

编 委：廖琦琛 梁学功 付 鹏 岳蓬蓬 苏小将

赵海珍 耿海青 詹存卫 宋 鹭 郭二民

序

近年来，随着水资源开发和水电建设力度加大，环境问题日益凸现，社会影响程度加深，和谐发展呼之欲出。党中央提出树立科学发展观，构建和谐社会，为环境保护参与社会发展宏观决策奠定了基础。通过各界的努力，国家能源发展战略和电力发展方针有了较大转变，水电发展由“十五”的“积极开发水电”调整为“十一五”的“在保护生态基础上有序开发水电”，这是党中央的战略决策，是环保和水电等有关方面同志们的工作成果，是指导今后一时期水电的发展原则。

2005年1月，国家环保总局和国家发展改革委联合发布了“关于加强水电建设环境保护工作的通知”（环发[2005]13号），提出既要通过规划环评逐步解决宏观布局的长期问题，也要出台水电环境技术政策解决当前重点开发流域的突出问题。2005年12月召开的水电水利建设项目水环境与水生生态保护技术政策研讨会研究了当前面临的新情况、新问题，抓住了水电水利建设项目环境影响的主要矛盾，提出了解决水电和水利突出的环境保护政策建议和技术方法。这本文集汇集了会议的成果，对指导水电和水利建设环境影响评价与环境影响管理具有重要的作用，我希望要在此基础上积极实践，进一步加以完善。

与此同时，要加强战略研究。“十一五”规划纲要在资源开发领域的基本精神就是要体现“有序、有限”，通过全国四大主体功能区划落实全方位的可持续发展战略。水电是国家不可或缺的能源资源，要以此为原则，根据本地区水电资源禀赋、环境容量、生态状况和经济发展需要，结合生态功能区划，按照“统一规划，合理布局，有序开发，保护优先”的原则，尽快编制好“十一

五”水电开发规划，确定重点开发、限制开发和禁止开发的区域，实现在保护生态的基础上有序开发。

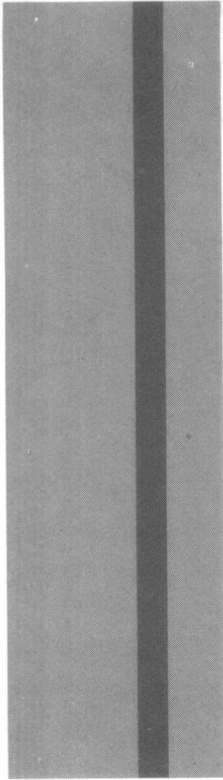
自古不谋万世者不足谋一时，不谋全局者不足谋一域。以此与环保和水电界的同志们共勉。

汪
2006年4月20日

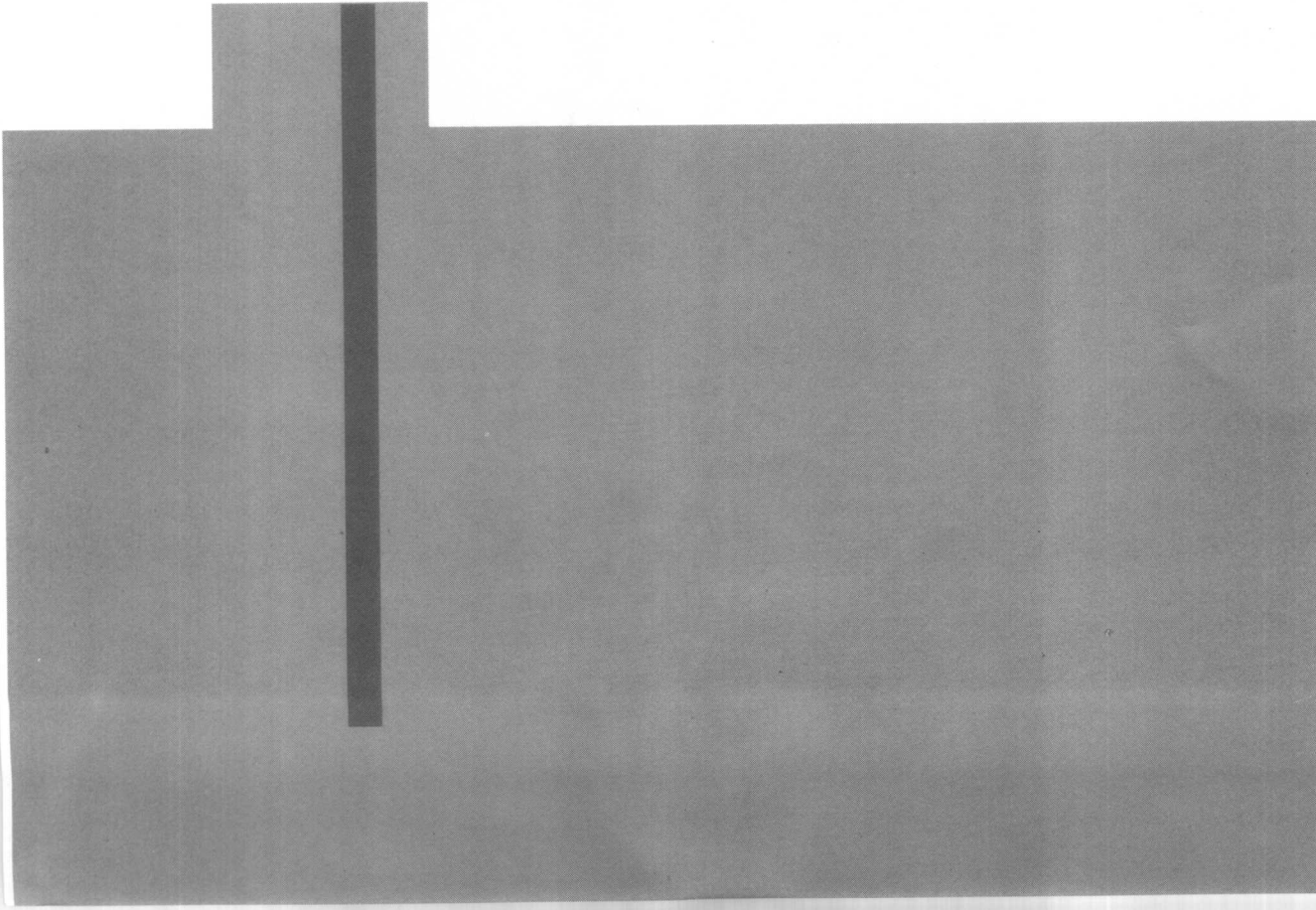
目 录

一、部门规范性文件	1
关于印发水电水利建设项目水环境与水生生态保护技术政策研讨会 会议纪要的函.....	3
关于印发《水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施 环境影响评价技术指南（试行）》的函.....	8
二、综述	31
水电水利建设项目水环境与水生生态保护技术政策研讨会开幕词.....	祝兴祥 33
水电水利建设项目水环境与水生生态保护技术政策研讨会闭幕词.....	吴 波 36
关于做好水电建设环境保护工作的建议.....	史立山 39
加强工程评估，促进水电水利工程可持续发展.....	何 平 43
水利水电建设中若干环境保护关键技术的考虑.....	陈凯麒 44
有序开发水电，保护生态环境.....	喻卫奇 61
加强水环境与水生生态保护促进水利水电工程可持续发展.....	周弈梅 68
三、生态用水的预测方法与应用	73
河流生态环境需水量计算方法综述.....	吴世勇等 75
水文情势变化时间尺度问题讨论.....	王东胜等 89
河道生态用水与水生生物保护初步研究.....	余秋梅等 96
锦屏二级水电站减水河段生态环境需水量计算.....	芮建良等 102
生态流量泄放设施设计及存在问题探讨.....	杨文正等 117
宝兴河饶碛和火溪河阴坪等水电站下泄生态用水措施设计.....	何 涛等 123
塔里木河流域近期综合治理规划塔里木河下游绿色走廊 生态用水分析计算与效果评价.....	张德敏等 132
河流中水利工程下游最小生态流量确定方法研究 ——以海南省宁远河大隆水利枢纽为例.....	谭红武等 139
我国小水电可持续发展及管理对策.....	雷阿林等 147
四、低温水影响与减缓措施	153
水电站下泄水温计算方法.....	李 嘉等 155
水库垂向水温分布及下泄水温模拟计算方法综述.....	刘兰芬等 177
水电工程分层取水建筑物设计及存在问题探讨.....	薛联芳 191
东江水电站水温预测模型回顾评价.....	薛联芳 199

雅砻江锦屏一级水电站分层取水设计研究	何月萍等	208
滩坑水电站低温水影响及分层取水方案研究	芮建良等	221
山口岩水库水温分析预测及分层取水措施	刘志刚等	230
五、鱼类影响与保护措施		237
水利水电工程对鱼类的影响及减缓对策	常剑波等	239
大坝与过鱼设施	陈大庆等	254
大坝工程对水生态影响的环境评价与生态补偿	董方勇等	279
世界鱼类资源增殖放流概况	危起伟等	285
水电工程环评工作中鱼类调查评价及保护措施	牛天祥等	295
溪洛渡水电站鱼类保护措施	魏凡等	302
老龙口水利枢纽工程中鱼道的设计	宋德敬等	315
乌江彭水水电站建设与鱼类保护研究	蒋固政等	328
广西长洲水利枢纽过鱼道工程的设计实践	韦兵等	338
葛洲坝下游河势调整工程的中华鲟保护措施研究	李迎喜等	350



一、部门规范性文件



关于印发水电水利建设项目水环境与 水生生态保护技术政策研讨会会议纪要的函

(环办函[2006]11号)

各省、自治区、直辖市环境保护局(厅)、新疆生产建设兵团环境保护局:

为贯彻党的十六届五中全会精神,落实中央提出的“在保护生态基础上有序开发水电”的要求,交流水电水利建设项目水环境与水生生态保护工作经验,我局于2005年12月13日至14日在北京召开了水电水利建设项目水环境与水生生态保护技术政策研讨会。

本次研讨会分析了当前水电水利建设与生态保护面临的形势和任务,研究了水电水利建设项目环境影响评价中突出的水环境与水生生态保护问题,提出了相关技术措施和建议。现将会议纪要印发给你们,请根据会议精神开展工作。

附件:水电水利建设项目水环境与水生生态保护技术政策研讨会会议纪要

国家环境保护总局办公厅

二〇〇六年一月九日

附件:

水电水利建设项目水环境与水生生态保护 技术政策研讨会会议纪要

2005 年 12 月 13~14 日,国家环境保护总局在北京组织召开了水电水利建设项目水环境与水生生态保护技术政策研讨会。参加会议的有国家发展和改革委员会、中国国际工程咨询公司、水电水利规划设计总院、国家环境保护总局环境工程评估中心等单位的代表共计 69 人。国家环保总局环评司祝兴祥司长、国家发改委能源局史立山处长、农经司冯云飞副处长、中国国际工程咨询公司农林水业务部何平主任和能源业务部周家骥处长出席会议并讲话,国家环保总局评估中心副主任吴波作了会议总结。

会议紧密围绕贯彻党的十六届五中全会精神,落实中央提出的“在保护生态基础上有序开发水电”的要求,从水电水利建设项目河道生态用水量的确定及保障措施、水库下泄低温水影响及其工程措施、鱼类保护方法三个方面进行专题发言和交流讨论,充分肯定了国家环保总局与国家发展和改革委员会联合下发的《关于加强水电建设环境保护工作的通知》(环发[2005]13 号)的指导和推动作用,对进一步作好水电水利项目水生生态环境保护工作提出了技术措施和政策建议。本次研讨会是在水电水利建设与生态环境保护的关键时期召开的一次务实的、富有成效的会议,各方面给予了积极评价。

与会代表认为,水能是我国的重要能源资源,水电水利工程对国家经济建设和社会发展具有重大作用。从我国能源发展战略和水电资源的再生特性,以及水电在电源结构中承担的特殊作用看,水电在能源发展和电力建设规划中需有适当比例,开发建设合理规模水电是必要的。但水电水利工程也会产生一定的负面环境影响,随着水电水利建设力度加大,其环境问题日益凸现,社会关注程度加大。尤其是流域梯级水电建设影响范围广、因素复杂、周期长,有些影响具有累积和滞后效应,甚至还有一些不可逆的影响。水环境与水生生态保护既是目前水电水利工程建设面临的敏感性问题,又是环境影响评价与环境管理的薄弱环节,过去资金和技术是制约水电水利建设的主要因素,现在环保和移民已成为水电水利发展的“瓶颈”,要妥善处理发展保护的矛盾,对水电水利建设生态保护问题的长期性、复杂性有足够的认识,坚持“统筹规划、保护优先、有序开发、严格准入,强化监管”。

解决水电水利建设生态保护问题必须坚持以法律为依据。《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》等有关环保法规和《中华人民共和国水法》、《中华人民共和国渔业法》等有关资源法规均对水电水利建设项目水环境和水生生态保护提出了具体明确的要求。近年来,环保部门相继颁布了《环境影响评价技术导则 水利水电工程》(HJ/T 88—2003)等一系列技术标准,有关行业部门与建设、设计、环评、科研单位共同努力,围绕水电水利建设中的河道生态用水、缓减低温水影响及鱼类保护等若干环保关键技术问题开展科研与工程实践尝试,取得了初步成果。

一、关于河道生态用水计算与解决措施

引水式和混合式电站引水发电以及堤坝式电站调峰运行将使坝下河段减（脱）水，调水、引水和供水等河道外用水水利工程也将造成下游河道减（脱）水，水文情势的变化将对水生生态、生产和生活用水、河道景观等产生一系列的不利影响。为维护河流的基本生态需求，水电水利工程必须下泄一定的生态流量，将其纳入工程水资源配置中统筹考虑，使河流水电动能经济规模和水资源配置向“绿色”方向发展。

1. 河道生态用水需要考虑的因素

- (1) 工农业生产及生活需水量；
- (2) 维持水生生态系统稳定所需水量；
- (3) 维持河道水质的最小稀释净化水量；
- (4) 维持河口泥沙冲淤平衡和防止咸潮上溯所需水量；
- (5) 水面蒸散量；
- (6) 维持地下水位动态平衡所需要的补给水量；
- (7) 航运、景观和水上娱乐环境需水量；
- (8) 河道外生态需水量，包括河岸植被需水量、相连湿地补给水量等。

2. 河道生态用水的计算方法和原则

维持水生生态系统稳定所需水量的计算方法较多，目前常用的有水文学法、水力学法、组合法、生境模拟法、综合法等。河道外生态需水量计算方法包括直接计算法与间接计算法。最小稀释净化水量计算方法有 7Q10 法、稳态水质模型法、环境功能设定法等。工农业生产及生活需水量应根据用水对象的具体需要予以确定。维持河口泥沙冲淤平衡和防止咸潮上溯所需水量以及航运、景观和水上娱乐环境需水量，应根据环境对河道控制断面的水位、水深、流速、水面宽等水文情势特征值的要求，采用水力学模型定量计算获得。水面蒸散量应根据当地气象特征和水面面积，采用数学模型定量计算获得。

河道生态用水量的计算需开展多方法、多方案的比选。维持水生生态系统稳定所需最小水量一般不应小于河道控制断面多年平均流量的 10%（当多年平均流量大于 $80 \text{ m}^3/\text{s}$ 时按 5% 取用），在生态系统有更多更高需要时应加大流量，不同地区、不同规模、不同类型河流、同一河流不同河段的生态用水要求差异较大，应针对具体情况采取合适计算方法予以确定；应根据生态系统不同月份、不同季节对流量的要求，给出年内下泄流量过程线；工农业生产、生活需水量和最小稀释净化水量计算需考虑经济社会发展趋势。

3. 生态流量下泄方式及监控系统

根据目前国内外水电水利工程实践，生态流量下泄方式可采取如下措施加以保证：

- (1) 水电工程枢纽布置中，在大机组之外单独设置“小机组”，承担泄放流量任务，同时可发挥一定的经济效益。
- (2) 承担基荷发电任务，通过电站本身发电下泄生态流量。但需在可行性研究报告中水库运行方案和发电运行方案中明确。
- (3) 在枢纽布置中单独设置生态流量泄放设施，明确运行方案。
- (4) 结合工程本身引水、泄流永久设施，修建改建生态流量泄放设施，明确运行方案。

此外，有必要在水电水利工程建立下泄流量自动测报和远程传输系统，确保生态流量数据获取的真实性和完整性，便于工程生态流量泄放调度管理和环保主管部门监督。同时可以在下泄生态流量测报的基础上，根据河道生态保护情况的监测结果，适时优化泄水调度。

二、关于水电水利工程下泄低温水影响及对策措施

多年调节、年调节、不完全年调节及季调节等调节性好的水库建成运行，将对库内的热量起到调节作用，水库在沿水深方向上呈现出有规律的水温分层，大致表现为：冬季库区趋于等温分布，下泄水温较天然情况高；春、夏季库表水温高，库底水温低，下泄水温较天然情况低。下泄低温水可对鱼类造成突出的不利影响。水温变冷，水体的溶氧量和水化学成分将发生变化，影响鱼类和饵料生物的衍生，致使鱼类区系组成发生变化。下泄低温水将使鱼类产卵季节推迟、影响鱼卵孵化甚至造成不产卵。下泄低温水还会降低鱼类新陈代谢的能力，使鱼生长缓慢。水温低、饵料生物生长缓慢，将直接影响鱼类的生长、育肥和越冬。低温水会对农作物产生“冷害”影响，造成减产甚至绝产。

(1) 低温水预测计算可首先对水库水温结构进行简易判别，方法主要有：参数 α - β 判别法、密度佛汝德数判别法、水库宽深比判别法等。在此基础上对水库水温计算，方法主要有：中国水科院方法、东勘院计算方法等经验法，以及垂向一维模型、立面二维模型和三维模型等数学模拟法。

(2) 为减轻水库下泄低温水对下游造成的不利影响，保护下游生态系统的良性循环，应考虑采取分层取水、合理利用水库洪水调度运行方式、宽浅式过水断面的灌溉渠道、“田间调温”等措施，其中采用分层取水是目前缓减低温水影响的最有效办法。分层取水建筑物主要有多层平板门、叠梁门、翻板门、浮筒等竖井式、斜涵卧管式以及多个不同高程取水口布置等形式。

三、关于鱼类保护

水电水利工程拦河建筑物使河流水生生境片断化，阻隔鱼类洄游通道，阻碍上下游鱼类种质交流。库区水深、流速等水文情势的变化会造成原有水生生境的改变甚至消失，致使鱼类区系组成发生变化，特别是珍稀、特有物种的消失。水电水利工程泄流消能可造成水体溶解气体过饱和，对部分鱼类特别是幼鱼造成严重影响。

针对水电水利工程对鱼类的影响特点，可采取以下保护措施：

(1) 在珍稀、特有、具有重要经济价值的鱼类洄游通道建闸、筑坝，须采取过鱼措施。对于拦河闸和水头较低的大坝，宜修建鱼道、鱼梯、鱼闸等永久性的过鱼建筑物；对于高坝大库，宜设置升鱼机，配备鱼泵、过鱼船，以及采取人工网捕过坝措施。同时应重视掌握各种鱼类生态习性和水电水利工程对鱼类影响的研究，加强过鱼措施实际效果的监测，并据此不断修改过鱼设施设计，调整改建过鱼设施，优化运行管理。

(2) 工程建成运行造成鱼类资源量减少，应实施人工增殖放流措施。对于大中型水电水利工程，应在截流前在工程管理区范围内适当的地点建立鱼类增殖站，长期运行，

由工程业主承担费用、负责建设和管理；对于增殖鱼类苗种已市场化，可定期购买鱼苗放流；对于流域梯级开发项目，可统筹考虑几个相互联系紧密的梯级联合修建增殖站，但其规模应满足全部梯级的增殖保护要求。重点增殖放流国家、地方保护及珍稀特有鱼类和重要经济鱼类。适当提高放流规模和规格。没有成熟繁殖技术的需开展鱼类保护关键技术研究。建立水生生态环境监测系统，长期监测鱼类增殖放流效果。

(3) 工程建设使鱼类“三场”和重要栖息地遭到破坏和消失，应尽量选择适宜河段人工营造相应水生生境。

(4) 工程建设造成珍稀保护、特有鱼类资源量下降，影响鱼类种群稳定，除了人工增殖措施外，可在社会和自然条件适宜河段设立鱼类保护区和禁渔区。

(5) 对存在气体过饱和影响的水电水利工程，需采取对策措施，如调整泄流建筑物形式；在保证防洪安全的前提下，适当延长泄流时间，降低泄流量；多种设施合理组合泄流措施等。

四、建议

(1) 鉴于过去一些水电水利工程的经验和教训，为了协调环保要求与工程主体设计之间的关系，与会代表提出：涉及枢纽总体布置、水资源配置、动能经济计算等重大设计内容的环保措施，应在规划、预可（项目建议书）阶段予以尽早考虑。

(2) 为实现水资源开发利用和生态保护的“共赢”，建议在水电水利工程设计和实际运行过程中，将生态保护要求纳入工程运行调度方案，实施生态调度。工程生态调度方案考虑因素包括：下游河道生态用水需要、缓解下泄低温水影响需要、鱼类洄游和产卵需要、降低大坝泄流造成水体溶解气体过饱和程度的需要、水体水质保护和防治富营养化的需要等方面。

(3) 积极借鉴国外水电水利工程周期性换发许可证的运行期监督管理制度，探索我国水电水利工程运行期环境管理制度，落实水电水利工程水环境和水生生态保护设施与措施的正常运行。

关于印发《水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南（试行）》的函

（环评函[2006]4号）

各有关单位：

为贯彻落实中央十六届五中全会提出的“在保护生态基础上有序开发水电”的要求，进一步规范水电水利建设项目水生生态与水环境影响评价工作，现将《水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南（试行）》印发给你们，请参照执行。

附件：水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南（试行）

国家环境保护总局环境影响评价管理司

二〇〇六年一月十三日

附件:

水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南（试行）

一、河道生态用水量环境影响评价技术指南

（一）河道外植被生态需水量计算

1. 直接计算法

根据某一区域某一类型植被单位面积的需水定额乘以其种植面积计算。关键是确定不同类型植被在非充分供水条件下的需水定额。

2. 间接计算法

在非充分灌溉条件下或水分不足时，采用改进的彭曼公式。

$$ET = ET_0 \times K_c \times f(s) \quad (1-1)$$

式中：ET——作物实际需水量，mm；

ET_0 ——植物潜在腾发量，mm；

K_c ——植物蒸散系数，随植物种类、生长发育阶段而异，生育初期和末期较小，中期较大，接近或大于 1.0，通过试验取得；

$f(s)$ ——土壤影响因素。

$$f(s) = \begin{cases} 1 & \text{当 } \theta \geq \theta_{c1} \text{ 时} \\ \frac{\ln(1+\theta)}{\ln 101} & \text{当 } \theta_{c2} \leq \theta < \theta_{c1} \text{ 时} \\ \frac{a \exp(\theta - \theta_{c2})}{\theta_{c2}} & \text{当 } \theta < \theta_{c2} \text{ 时} \end{cases} \quad (1-2)$$

式中： θ ——实际平均土壤含水率，旱地为占田间持水率百分数，%；

θ_{c1} ——土壤水分适宜含水率，旱地为田间持水率的 90%；

θ_{c2} ——土壤水分胁迫临界含水率，旱地为与作物永久凋萎系数相对应的土壤含水率；

a ——经验系数，一般为 0.8~0.95。

3. 河道外植被生态需水量计算适用范围

直接计算法适用于基础工作较好的地区与植被类型，如绿洲、城市园林绿地等生态用水。间接计算法适用于我国对植物生态需水量计算方法研究比较薄弱的地区及对植被的耗水定额难测定的情况。