

国际能源署水电技术合作计划水电与环境工作组
淡水水库碳平衡管理项目技术报告

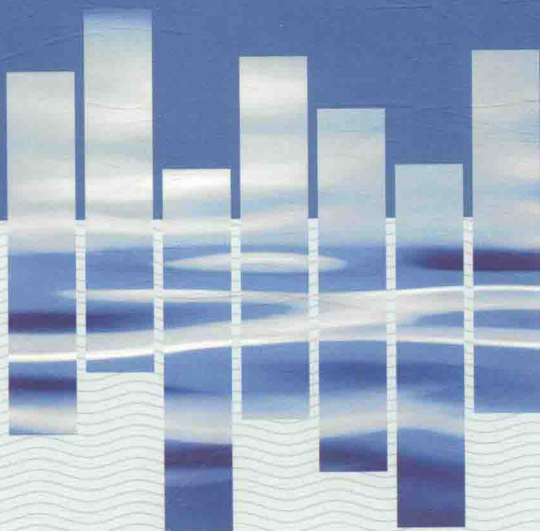
李 哲 李 舫 译著
孙志禹 郭劲松 审校

水库温室气体

净通量定量分析技术导则

国际能源署水电技术合作计划水电与环境工作组 / 著

Guidelines for Quantitative
Analysis of Net GHG Emissions from Reservoirs



科学出版社

国际能源署水电技术合作计划水电与环境工作组
淡水水库碳平衡管理项目技术报告

水库温室气体净通量 定量分析技术导则

国际能源署水电技术合作计划水电与环境工作组 著

李 哲 李 翀 译著

孙志禹 郭劲松 审校

科学出版社

北 京

内 容 简 介

国际能源署水电技术合作计划(IEA-Hydro)于2007年启动了淡水水库碳平衡管理工作项目,形成了《水库温室气体净通量定量分析技术导则》(第Ⅰ卷:监测与数据分析;第Ⅱ卷:建模)。两部技术导则着眼于梳理当前水库碳循环和温室气体源汇过程的科学认识和前沿动态,颁布标准化的水库碳通量监测与温室气体源汇建模评估方法,提出水库碳平衡研究的最优实践指南,以指导国际水电行业开展水库温室气体净通量监测评估与分析工作。本书分为三个部分,前两部分分别是上述两部技术导则的中译版,第三部分探讨在中国西南河道峡谷型水库开展水库温室气体净通量评估的若干思考。

本书可作为环境、水利、生态、地理、土木等学科及工程专业高年级本科生、研究生教学用书,以及相关领域教学、科研人员和工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

水库温室气体净通量定量分析技术导则 / 国际能源署水电技术合作计划水电与环境工作组著;李哲,李翀译著. —北京:科学出版社,2016.12

ISBN 978-7-03-051089-1

I. ①水… II. ①国… ②李… ③李… III. ①水库-有害气体-计量方法 IV. ①X511

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 305366 号

责任编辑:李小锐 唐 梅/ 责任校对:韩雨舟

责任印制:罗 科/ 封面设计:墨创文化

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

成都锦瑞印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年12月第 一 版 开本:B5 (720×1000)

2016年12月第一次印刷 印张:9.25

字数:200千字

定价:92.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

致 谢

《水库温室气体净通量定量分析技术导则》(第 I 卷: 监测与数据分析; 第 II 卷: 建模)的翻译工作得到了国际能源署水电技术合作计划(IEA-Hydro)的官方授权和大力支持。由衷感谢原著作者——IEA-Hydro 专家团队为译著本导则付出的辛勤工作。

技术导则的翻译工作得到了中国长江三峡集团公司重点科研项目“三峡水库温室气体源汇通量监测与分析研究”和国家自然科学基金面上项目(51679226)的资助,同时也得到了 IEA-Hydro 主席 Torodd Jesen 博士、秘书 Niels & Lori Nielsen 博士和执行官 Jorge M. Damazio 博士、三峡集团公司林初学副总经理、科技与环境保护部孙志禹主任、杨洪斌副主任、陈永柏处长等领导的支持与帮助,在此表示衷心感谢。

译 者

2016 年 12 月

前 言

水库是筑坝蓄水后形成的人工水体，亦称人工湖泊。它通过对地表径流的拦蓄调节，发挥灌溉、发电、防洪、供水、养殖、航运、旅游等多种功能，服务人类社会已超过 5000 年。目前，在全球范围内分布着超过 1000 万座水库、堰塘等人工水体，其中大型水库数量已超过 5 万座。各种水库所形成的总库容约为 1.55 万亿 m^3 ，约是全球河流年径流总量的 27.3%，形成的水面面积约占全球陆地天然水域总面积的 19.2%。中国是世界上水库数量最多的国家。目前，中国已建成各类型水库 9 万余座，总库容达 7063.7 亿 m^3 ，是中国天然湖泊储水量的两倍多，占中国河流年径流总量的 25.2%，总面积 6 万~7 万 km^2 ，同自然湖泊水域面积相当。

筑坝蓄水将可能显著改变流域碳的生物地球化学过程，使碳在地表与大气间的源汇关系发生变化。一方面，筑坝蓄水将不可避免地淹没一定土地，部分改变原有区域的土地利用特征，水库受淹区内土壤与植被中的有机物在成库后逐渐降解并向大气释放二氧化碳(CO_2)和甲烷(CH_4)等温室气体；另一方面，水库建成与运行迫使水库生态系统出现“河相—湖相”的过渡或交替，形成独特的水库初级生产格局和碳汇、碳埋藏等特点。20 世纪 90 年代以来，在热带水库的一些调查发现，筑坝蓄水将可能导致水库释放大量的 CO_2 、 CH_4 等温室气体，产生显著的温室气体效应。但在北美寒温带水库的研究分析则认为，水库温室气体源汇关系变化与水库所在的气候带、水库库龄、淹没有机质丰度等生态环境因素密切相关，具有复杂性和不确定性。近年来国际学界形成的普遍共识是，科学评估水库温室气体通量的净增减(即水库温室气体的净通量)，是明晰水库温室气体源汇关系的关键，也是揭示筑坝蓄水温室气体效应、客观阐释水电清洁能源属性的重要基础。

国际能源署(International Energy Association, IEA)水电技术合作计划(Technology Cooperation Program on Hydropower, IEA-Hydro)旨在促进和服务全球水电行业发展，围绕水电行业发展中的难点与热点问题，组织国际相关领域专家开展研究、评估与分析工作。IEA-Hydro 的水电与环境工作组(Annex XII: Hydropower & the Environment)于 2007 年启动淡水水库碳平衡管理(Managing the Carbon Balance in Freshwater Reservoirs)研究工作。该工作形成的重要技术报告《水库温室气体净通量定量分析技术导则》(第 I 卷：监测与数据分析)于 2012 年出版；《水库温室气体净通量定量分析技术导则》(第 II 卷：建模)也在 2015 年底正式出版。两部导则着重梳理了当前水库碳循环和温室气体源

汇过程的科学认知和前沿动态,颁布标准化的水库碳通量监测与温室气体源汇建模评估方法,提出水库碳平衡研究的最优实践指南,以指导国际水电行业开展水库温室气体净通量监测评估的分析工作。

中国长江三峡集团公司(以下简称“三峡集团”)自2005年开始跟踪、关注国际上发电水库温室气体源汇问题,在国内率先开展水库温室气体源汇研究的总体设计构思与布局,围绕水库温室气体监测方法、预测评估模型等问题陆续开展了大量调研与探索性研究工作。2010年,三峡集团牵头承担了国家重点基础研究发展计划(“973”计划)课题,后在2012年、2014年分别启动了对金沙江下游梯级水电站和三峡水库温室气体源汇观测的分析研究。尽管初步结论认为中国西南峡谷河道型水库通常具有淹没面积小、混合程度好、单位能量密度高等特点,加之成库前系统的清库工作,成库后这些水库中 CO_2 、 CH_4 等温室气体的净增量应显著低于热带水库,但同国际上相对完整的长周期性监测序列和相对系统的预测评估研究相比,中国对水库温室气体研究的广度和深度仍十分有限,还不足以有力回应国际社会对中国水库温室气体效应的质疑。

为进一步紧跟国际前沿动态,积极参与国际水库温室气体研究,引导国际社会审视中国水库碳循环与温室气体源汇特征,2014年年底三峡集团应邀参加了IEA在伦敦举办的水库温室气体研究工作会议。会后,在三峡集团的支持下,本书译者李哲有幸加入了IEA-Hydro专家团队,参与了《水库温室气体净通量定量分析技术导则》(第Ⅱ卷:建模)的讨论与编写工作,并在技术导则中融入了中国典型峡谷河道型水库碳循环与温室气体源汇研究成果,以期能够更好地指导目前正在开展的中国水库温室气体源汇的监测与分析工作。在上述背景下,IEA-Hydro授权中国长江三峡集团公司和中国科学院重庆绿色智能技术研究院将《水库温室气体净通量定量分析技术导则》(第Ⅰ卷:监测与数据分析;第Ⅱ卷:建模)翻译成中文版。相信该技术导则的中译版将指导并推动中国水库温室气体的研究工作,为科学阐明中国水库碳循环机制与温室气体源汇提供重要参考。

本书分为三个部分。第一部分和第二部分分别为IEA-Hydro技术导则的中译本;第三部分初步探讨中国西南河道型水库生态系统、水库碳循环与温室气体源汇的总体特征,结合IEA-Hydro技术导则的监测评估框架,提出在中国西南河道型水库开展碳循环与温室气体源汇建模研究的总体思路、模型框架与实施的技术路径,并对未来的研究工作提出展望。

本书内容广泛,又与多学科交叉,且IEA-Hydro技术导则专家团队母语背景复杂,在语言上可能有不少理解不透彻的地方;加之译者的知识和经验水平有限,翻译的表达误差在所难免,恳请广大读者不吝指正。

译者

2016年10月28日

目 录

第一部分 监测与数据分析

第1章 引言	3
1.1 概述	3
1.2 导则的目标	5
1.3 导则编制的工作范围	5
1.4 内容设置	6
1.5 导则使用方法	7
第2章 水库温室气体净通量的定量分析	8
2.1 引言	8
2.2 概念性模型	9
2.2.1 导则内容	9
2.2.2 最优实践指南	9
2.3 定量分析水库温室气体净通量的基本流程	12
2.3.1 导则内容	12
2.3.2 最优实践指南	12
2.4 水库的环境与技术指标	24
2.4.1 导则内容	24
2.4.2 最优实践指南	24
第3章 蓄水前温室气体源汇的定量分析	28
3.1 引言	28
3.2 待建水库蓄水前温室气体源汇的定量分析	28
3.2.1 导则内容	28
3.2.2 最优实践指南	28
3.3 已建水库蓄水前温室气体源汇的定量分析	31
3.3.1 导则内容	31

3.3.2 最优实践指南	31
第4章 蓄水后水库温室气体源汇的定量分析	33
4.1 引言	33
4.2 扩散通量	33
4.2.1 导则内容	33
4.2.2 最优实践指南	33
4.3 气泡释放通量	35
4.3.1 导则内容	35
4.3.2 最优实践指南	35
4.4 温室气体过坝下泄的消气释放	36
4.4.1 导则内容	36
4.4.2 最优实践指南	36
4.5 永久性碳埋藏通量	37
4.5.1 导则内容	37
4.5.2 最优实践指南	37
4.6 其他人类活动对温室气体通量的贡献量	38
4.6.1 导则内容	38
4.6.2 最优实践指南	39
4.7 多年的变化特征	39
4.7.1 导则内容	39
4.7.2 最优实践指南	39
参考文献	40
附录 I-1 影响水库温室气体通量与永久性碳埋藏通量的过程	43
1. 引言	43
2. CO ₂ 和 N ₂ O 循环	43
3. 土壤有机质和土壤水分含量	44
4. 淹没与溃水	45
5. 水库蓄水	46
参考文献	47
附录 I-2 监测技术	48
1. 采用倒置漏斗监测温室气体气泡通量	48
2. 使用通量箱法在水生和陆生环境中监测温室气体扩散通量	50

3. 过坝下泄的温室气体消气释放通量监测	54
4. 永久性碳埋藏通量	57
参考文献	60

第二部分 建模

第5章 引言	63
5.1 概要	63
5.2 导则的目标与工作范围	63
5.3 导则的内容设置与使用方法	64
5.4 水库温室气体净通量评估的路线图	65
5.5 定义与假设	69
第6章 筛查温室气体源汇变化的重要性	70
6.1 引言	70
6.2 筛查过程与准则	70
6.2.1 导则内容	70
6.2.2 最优实践指南	71
第7章 水库温室气体净通量的建模	75
7.1 温室气体建模的基本概念	75
7.1.1 引言	75
7.1.2 建模基本流程	76
7.1.3 水库温室气体净通量概念性模型	77
7.1.4 预测不确定性	78
7.2 水库蓄水前温室气体通量的估计与建模	80
7.2.1 引言	80
7.2.2 系统边界及其蓄水前的温室气体通量	81
7.2.3 估算蓄水前温室气体交换通量	85
7.3 水库蓄水后温室气体通量建模	87
7.3.1 引言	87
7.3.2 水动力条件建模	87
7.3.3 水质模型与温室气体通量模型的耦合	88
7.3.4 水库水质与温室气体源汇建模	89

7.3.5	水库温室气体通量和碳埋藏通量建模	90
7.3.6	需要的输入数据	91
7.3.7	参数校正与模型验证	92
7.4	其他人类活动对水库温室气体通量影响的建模	94
7.4.1	引言	94
7.4.2	其他人类活动对水库温室气体通量影响的辨识与建模	95
第8章	水库温室气体净通量模拟评估报告编制	100
8.1	引言	100
8.2	报告编写要求	100
8.2.1	导则内容	100
8.2.2	最优实践指南	101
8.3	模型输出结果的示例	103
8.3.1	导则内容	103
8.3.2	最优实践指南	103
	参考文献	105
附录 II-1	水库温室气体净通量建模研究的模型示例	109

第三部分 对中国西南河道型水库温室气体净通量研究的思考

第9章	中国水库建设与发展现状	111
第10章	中国西南河道型水库温室气体源汇的主要特点	115
10.1	筑坝蓄水对河流碳迁移转化的影响	115
10.2	中国西南河道型水库碳循环与温室气体源汇的主要特点	118
第11章	中国西南河道型水库开展水库温室气体建模的思路	121
11.1	总体思路和基本假设	121
11.2	建模框架	123
11.3	实施技术路径	126
11.3.1	水库(河流)碳迁移转化的概念性模型	126
11.3.2	水库温室气体净通量建模的实施技术路径	129
11.3.3	蓄水前调查或反演的技术路径	130
11.3.4	蓄水前天然河段“虚拟”状态的基线通量建模要点	132
11.3.5	下游受影响河段范围的辨识	133

第 12 章 展望 134

12.1 加强水库(河流)碳循环基础研究 134

12.2 完善水库温室气体净通量的不确定性分析 135

12.3 逐步推进水库碳管理实践 135

参考文献 136

第一部分 监测与数据分析

摘要 当前,在发电水库温室气体排放的研究前沿,依然存在众多的不确定性和不同观点,并使发电水库通常被排除在相关能源政策与法律法规范围以外。为此,国际能源署水电技术合作计划(IEA-Hydro)启动了“淡水水库碳平衡管理”工作项目。其目的在于通过全面的工作规划以增进对水库温室气体源汇变化科学知识的积累,为水库碳平衡研究提供最优实践导则,对水库温室气体通量评估提供标准化的科学方法。

《水库温室气体净通量定量分析技术导则》(以下简称“导则”)将为水库温室气体净通量的定量分析提供可参考的科学框架,对水库温室气体原位监测、数据分析和建模提供建议和推荐操作流程。导则分为两卷:第Ⅰ卷为监测与数据分析,第Ⅱ卷为建模。在本卷中,水库温室气体净通量定义为:蓄水后水库温室气体通量^①,与蓄水前的温室气体通量和其他人类活动对水库温室气体通量的贡献量^②的差值。导则通过阐述水库温室气体净通量估算^③的概念性模型,提出了开

① 原文中为 GHG emissions and removals。作者原意为蓄水后水库温室气体,既可能存在释放(emissions),也可能吸收或去除(removals)大气中的温室气体(如藻类固碳)。在一定的时空范围内,水库温室气体总体的源汇情况应是上述二者相互抵消的结果(balance of GHG emissions and removals)。

必须特别指明,严格意义上,“通量”(flux)是指单位时间通过单位面积的物质的量,其量纲为[质量]·[面积]⁻²[时间]⁻¹。在水库温室气体源汇研究中,通常是指局部时间(如一次监测)或局部空间(如某一个监测点位)特定空间界面(水-气界面、土-气界面或控制断面)的温室气体通量。

近年来也有一些研究将“通量”概念的应用扩大到对水库源汇情况的表述中,如“水库温室气体总通量”,通常表示对特定时间和空间范围内水库温室气体监测“积分”后的总体源汇情况。“水库温室气体净通量”,通常表示特定时间和空间范围内同蓄水前相比水库蓄水后净增加或净减少的温室气体总量,同本书中“净通量”(net GHG emissions)相同。

本书中,为与中文表述更为接近,采用“通量”表达水库作为一个完整且独立的单元同大气间的温室气体交换特征,此时“通量”的量纲为[质量]·[时间]⁻¹,如“t·d⁻¹”。——译者

② 原文中为 GHG emissions from unrelated anthropogenic sources,简称为“UAS”,指除了筑坝蓄水以外,水库所在流域其他人类活动(如城镇排污、农田面源污染等)对水库温室气体通量产生的贡献。故关于这部分人类活动导致的水库温室气体通量变化,本书中均表达为“其他人类活动对水库温室气体净通量的贡献量”,或在书中直接用英文简写形式“UAS”进行表达。——译者

③ 原文中多次使用“estimation”和“prediction”描述水库温室气体净通量评估的结果。根据原文作者的意思,“estimation”更强调对现有某种状态的计算结果;而“prediction”则在时间上带有对未来情景模型运行结果的描述。故结合两个单词的原意,本书将“estimation”翻译成“估算”或“估测”;将“prediction”翻译为“预测”。必须指明,尽管“估算”(或“估测”)在中文表达中带有“粗略计算”或“给出大致范围”的含义,“估算”结果通常具有较大不确定性,但本书中的“估算”并不强调对水库温室气体净通量建模仅仅是“粗略计算”或“给出大致范围”,而是经过既定科学流程对水库温室气体源汇较为准确的计算,相对中文含义而言,其不确定性明显较小。——译者

展该研究的基本科学框架。该概念性模型以 EPRI(2010)模型为基础,整个模型系统包括 5 个部分:水库淹没区、水库、水库上游流域、过坝下泄设施、下游受影响河段。导则同时提供了根据监测数据估算水库温室气体净通量的基本计算流程,以及评估它们不确定度的方法。对已建水库蓄水后温室气体总通量,导则提供了如何规划并实施监测的建议和操作规程,分析了与此相关的不确定度。关于估计蓄水前温室气体源汇情况,导则分别针对已建水库和待建水库提出了建议与操作流程。此外,本导则也提供了在环境与技术方面描述水库特征的指标清单,以方便检索或包含在水库温室气体净通量的定量分析报告中。

关键词: 碳平衡 监测 数据分析 建模 水库温室气体净通量 多用途水库

执行概要

本导则目标是,辨识开展水库温室气体净通量定量分析的最优实践,以帮助用户获得可参考的理论框架与技术路径。基于此,用户可以开展充足的分析和研究,掌握影响已建水库或待建水库温室气体源汇变化的过程。

本导则所涵盖的知识,来自于业界实践、科学家和水电专家的经验积累。

当前,在发电水库温室气体排放的研究前沿,依然存在众多的不确定性和不同立场,并使发电水库通常被排除在相关能源政策与法律法规范围以外。为此,国际能源署水电技术合作计划(IEA-Hydro)启动了“淡水水库碳平衡管理”工作项目。其目的在于通过全面工作规划以增进对水库温室气体源汇变化科学知识的积累,对水库碳平衡研究提供最优实践导则,对水库温室气体通量评估提供标准化的科学方法。

本导则对水库碳平衡研究提供了最优实践方法,以帮助用户对各种用途的水库开展监测、进行数据分析并建立水库温室气体净通量模型。第 I 卷介绍监测方案设计和数据分析,第 II 卷为建模。

第1章 引言

1.1 概述

当前,世界各国及其司法管辖区均通过推进可持续的能源政策、优化能源项目立法与行政审批许可,以应对减少温室气体排放、提高能源服务水平的新挑战。作为一种技术成熟且符合社会需求的可再生能源技术,水力发电是应对上述挑战的明智选择。

相比其他发电形式,水力发电拥有许多显著优势,包括已被充分证实的高可靠性、高效率^①、低运行和低维护费用,以及具有容易调节荷载变化的能力。同时,因众多水电站同水库合建,它们可以提供多种社会效益,包括供水、灌溉、防洪、航运、旅游等。此外,水力发电的污废物排放量低,且不产生区域性空气污染或酸雨等问题。

但水电开发也将带来一些负面效应,主要是在天然河道上建坝所带来的环境与社会影响,以及水库形成后淹没上游部分河谷区域所带来的相关问题^②。在人类活动中,水力发电产生温室气体并释放的可能性不应忽略。这已在一些关于发电水库温室气体释放监测结果的文件报道中有所提及(Rosa and Schaeffer, 1994)。部分研究认为发电水库是潜在的温室气体释放源(Rudd et al., 1993; St-Louis et al., 2000)。20世纪90年代末期,世界大坝委员会(World Commission on Dams, WCD)在关于大型水坝开发有效性的全面述评中,便包括了大坝对促进温室效应贡献的相关主题。Rosa和Santos(2000)为WCD撰写的研究报告中的相关结论,被收录到WCD的最终报告中,并使该问题在全球范围内备受

① 政府间气候变化专门委员会(以下简称“IPCC”)的《可再生能源和气候变化减缓特别报告》(2011)指出,在所有能源形式中水电具有最优的能源转化效率和最高的能源回报率。该报告同时提到,电网中水电的灵活性和较短的响应时间,将促进火力发电厂在最优的稳态水平下持续运行并削减燃料消耗和污染排放。拥有水库的水电站还可用以作为电网中间歇性可再生能源(风能、太阳能、潮汐能)的备份或调节器。——作者

② 本导则中,水库通常指在自然河道(水道)上通过建坝形成的人工水体。一些水电工程项目,利用位于较高海拔的天然湖泊,通过管道或涵洞将其连接,使其具有调蓄水资源的功能。这类情况并不涵盖在本导则中。——作者

争议。

目前,水库二氧化碳释放当量(CO_2 -equivalent)定量分析结果依然存在许多不确定性。在估算人类活动对温室气体源汇影响的国家清单中,特别是在评价淹没陆地导致的 CO_2 、 CH_4 排放中,国际上普遍认可的方法学描述(IPCC, 2006)仅包括了对未来方法开发的基础性说明,反映出该议题目前仅有的十分有限的科学信息。IPCC 国家温室气体清单计划工作组在 2009 年圣保罗会议上的相关报告中指出,水库(作为湿地的一种)导致温室气体源汇变化这一特性,尚存疑问。因为水库不仅影响毗邻陆域的土地利用,也受到毗邻陆域土地利用的影响。进一步地,年际间气象条件的变化,将给估算筑坝蓄水的温室气体源汇造成更多困难。近期,美国橡树岭国家实验室就该议题的文献综述(EPRI 2010),认为从目前的数据中可明确监测到的水库温室气体源汇通量并不为零,即便如此,由于目前对水库温室气体源汇的监测与估算有限,以及水库修建之前温室气体源汇评估的相关研究极少,水库温室气体是否对大气产生了净释放这一问题仍存质疑。甚至在最近,有研究报道了水库可能呈现碳汇的格局(Chanudet et al., 2011; Ometto et al., 2010; Skiar et al., 2009)。

在确定发电水库是否有资格纳入清洁发展机制(CDM)时,UNFCCC 相关协议的执行理事会意识到:发电水库项目的温室气体源汇依然存在科学层面上的不确定性,且上述不确定性不可能在短期内解决。故采用以 W/m^2 为单位的能量密度指标衡量发电水库项目的清洁属性,并认为,水电项目能量密度不超过 $4\text{W}/\text{m}^2$,则不能从 CDM 中获益;对能量密度超过 $10\text{W}/\text{m}^2$ 的水电项目,则认为其温室气体释放可以忽略;而能量密度为 $4\sim 10\text{W}/\text{m}^2$ 的水电站项目,其温室气体排放因子被判定为 $90\text{gCO}_{2\text{eq}}/\text{kW}\cdot\text{h}$ (UNFCCC/CCNUCC, 2006)^①。此外,UNFCCC 的清洁发展机制执行理事会还特别指出,上述指导性意见并不妨碍在同水库相关的项目活动中向 CDM 方法委员会^②提交审议新的方法学。

当前,在发电水库温室气体源汇的研究前沿,依然存在众多的不确定性和不同立场,并使发电水库通常被排除在相关能源政策与法律法规范围以外。为此,国际能源署水电技术合作计划(IEA-Hydro)启动了“淡水水库碳平衡管理”工作

^① 2011 年 IPCC 的《可再生能源与气候变化减缓特别报告》中提出,水电装机容量、水库面积和水库众多生物地球化学过程之间几乎没有关联性。假定两个具有相同库容、相同水域面积的发电水库项目,根据其能量密度,将产生相同的排放量,而同气候带或淹没区域植被数量与碳通量无关。故根据能量密度划定标准,因在同时可能支持具有更低社会效益的项目,则将潜在地阻碍水电项目社会效益的发挥。——作者

^② 方法学委员会(Methodologies Panel; 英文简称为“Meth Panel”)是 UNFCCC 清洁发展机制执行理事会的下设机构,旨在开发基线调查与监测方案的方法学指南建议,以及对拟提交基线调查与监测方法学指南的申请提出审议建议。——作者

项目。其目的在于通过全面工作规划以增进对水库温室气体源汇变化科学知识的积累,对水库碳平衡研究提供最优实践导则,对水库温室气体通量评估提供标准化的科学方法。

本导则中,定义为“最优实践方法”的各种技术指南,同水库温室气体净通量的监测估算工作密切相关,包括以下几个方面:

(1)在考虑各种可用资源情形下,以最权宜的方式提供对每项特定活动(监测、建模等)的期望产出。

(2)满足项目合作各方的相关要求,如技术质量、财务支出、安全与风险暴露、环境和法规要求等。

此外,本导则中,“工业实践”是指在具体水电项目研究中涉及的实践工作经验。本导则将通过搜集获取最优工业实践,并在此基础上整合作者的专业判别和知识贡献以确定“最优实践”。

1.2 导则的目标

本导则的首要目标是:

(1)提供对水库温室气体净通量开展定量分析的参考框架。水库温室气体净通量被定义为:蓄水后水库温室气体总通量,与其他人类活动对水库温室气体通量的贡献量(UAS)和蓄水前温室气体通量的差值。

(2)制定发电水库温室气体通量的监测流程与技术协议。

(3)提升对发电水库温室气体源汇变化过程的科学认知,并纳入政府能源政策制定、立法与行政审批许可中。

本导则提供的一系列建议与推荐程序,将被特地开发为研究工具,以便更好地服务于全球范围内对水电项目温室气体净通量的科学认知。这将进一步依托IEA水电实施协议ANNEX XII(水电与环境)工作组的各种活动,促进本导则在寒带、热带、半干旱和温带等发电水库的实际应用,以实现上述目标。同时,必须明确的是,本导则并不仅局限于对已建或待建水库的常规评估与监测。

1.3 导则编制的工作范围

本导则共包括两卷。第I卷:监测与数据分析。该卷提供开展水库温室气体监测活动和数据分析的建议与推荐流程,以获得在监测方案实施周期内关于水库

温室气体净通量的估算值及其不确定度。第Ⅱ卷：建模。该卷提供关于水库温室气体净通量模型的数学方程构建、参数验证、模型校正和使用的建议与推荐流程，以获得在长时间范围内水库温室气体净通量。

第Ⅰ卷编制过程中也包含了一些其他内容或工作，以实现导则的编制目标（见1.2节）。主要包括：①对该议题的前期研究工作进行文献综述；②回顾巴西、挪威、芬兰、日本、美国、加拿大、澳大利亚和法国等国相关研究机构的工作，以及IPCC、国际水电协会(International Hydropower Association, IHA)等组织关于该议题开展的工作；③查询并结合工业界已有实践、科学家和学术界的经验开展交流；④掌握本导则编者和其他贡献者相关背景；⑤成立独立的专家评审小组进行同行评议。

1.4 内容设置

本卷提供关于开展水库温室气体监测活动与数据分析最优实践的基本框架，以获得多用途水库温室气体净通量的估算值及其不确定度。

本卷的内容设置如下。

第1章：引言。阐释本卷编制工作的需求、概念、目标和工作范围。读者将了解本卷内容、是否满足用户需求以及如何使用本导则等信息。

第2章：水库温室气体净通量的定量分析。本章涵盖估算水库温室气体净通量的理论框架、计算水库温室气体净通量的基本原则，以及评估它们不确定度的方法。同时也提供在环境与技术方面描述水库特征的指标清单，以便检索或者用于水库温室气体净通量的定量分析报告编制。

第3章：蓄水前温室气体源汇的定量分析。为获得已建或待建水库蓄水前温室气体通量的估算值及其不确定度，本章涵盖相关监测方案规划、执行和文献查阅的建议与推荐流程。

第4章：蓄水后水库温室气体源汇的定量分析。为获得已建水库蓄水后温室气体通量估算值及其不确定度，并在其中扣除其他人类活动的贡献量，本章涵盖针对已建水库的监测方案规划、执行建议和推荐程序。

附录：包括对影响^①水库温室气体通量与永久性碳埋藏通量生物地球化学过

^① 原文中此处所用英文单词为“govern”，带有“支配、控制”的含义。译文中为使表述更符合中文习惯，调整为“影响”或“调控”。下文同。——译者