

北京生态修复学会团体标准

《水量-水质型缺水评价技术导则》

编制说明

牵头编制单位：华北水利水电大学

二〇二五年七月

北京生态修复学会团体标准

《水量-水质型缺水评价技术导则》

编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

根据国务院《深化标准化工作改革方案》（国发〔2015〕13号）精神，我国致力于构建“政府主导制定的标准与市场自主制定的标准协同发展、协调配套的新型标准体系”，通过简政放权激发市场活力，明确鼓励学会、协会等社会组织制定满足市场和创新需求的团体标准，以填补标准空白并提升竞争力。国家标准化管理委员会与民政部联合发布的《团体标准管理规定》（国标委联〔2019〕1号）进一步细化团体标准的管理框架，规定团体标准需由依法成立的社会团体协调相关市场主体共同制定，并严格遵循开放、透明、公平的原则，确保其技术内容科学合理且符合法律法规及强制性标准要求。在此政策背景下，《水量-水质型缺水评价技术导则》作为市场自主制定的标准，由北京生态修复学会提出并归口管理。

标准起草工作由华北水利水电大学牵头，联合相关科研机构、市场主体以及专业技术力量共同完成，聚焦水资源评价领域的技术创新与实用需求，旨在通过团体标准的灵活性及时响应行业痛点，为水资源管理提供技术支撑。

（二）起草单位和主要起草人

本标准起草单位：华北水利水电大学、中国水利水电科学研究院、中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司、深圳市深水水务咨询有限公司、甘肃佰利联化学有限公司、中国矿业大学（北京）、北京林业大学、首都经济贸易大学、中国地质大学（北京）。

本标准主要起草人：刘俊国、杨育红、刘丰、唐颖栋、于立安、刘亚

涛、李海华、何宝南、王超、葛岩、陈俊、张霞、张梦雨、李东亮、李晓晨、王一显、叶琳、郭思彤、金沂霖（详见表1）。

表1 主要编制人员名单

序号	姓名	性别	职称	工作单位	主要负责工作
1	刘俊国	男	教授	华北水利水电大学	确定标准框架和审定标准内容
2	杨育红	女	副教授	华北水利水电大学	标准整体内容的起草与审核
3	刘丰	女	高级工程师	中国水利水电科学研究院	标准1-4章编制
4	唐颖栋	男	教授级高工	中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司	标准应用案例的起草与审核
5	于立安	男	研究员	中国矿业大学（北京）	编制说明起草和整体工作协调
6	刘亚涛	女	副教授	北京林业大学	编制缺水评价工作流程和说明
7	李海华	女	教授	华北水利水电大学	编制缺水评价方法和等级
8	何宝南	男	副教授	中国地质大学（北京）	编制水资源短缺计算和评价方法
9	王超	男	讲师	首都经济贸易大学	设计水量水质缺水计
10	陈俊	男	高级工程师	深圳市深水水务咨询有限公司	标准应用案例的起草
11	葛岩	男	工程师	甘肃佰利联化学有限公司	标准应用案例的起草
12	张霞	女	教授	华北水利水电大学	标准编制资料和整体内容审核
13	张梦雨	女	高级工程师	中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司	标准应用案例的起草
14	李东亮	男	工程师	甘肃佰利联化学有限公司	标准应用案例的起草
15	李晓晨	男	工程师	中国水利水电科学研究院	标准1-4章编制
16	王一显	男	工程师	深圳市深水水务咨询有限公司	标准应用案例的起草
17	叶琳	女	讲师	华北水利水电大学	标准编制资料和整体内容审核
18	郭思彤	女	硕士研究生	华北水利水电大学	资料收集与整理
19	金沂霖	女	硕士研究生	华北水利水电大学	文稿汇总与整理

本标准编写组由国内水文水资源、水利、环境领域知名学者和行业专家组成，主要参编人员具有丰富的标准编写经验，编写组人员熟悉本领域的国内外科研动态，有力保障标准高质高量完成。

（三）工作进度保障

按照标准编写大纲和进度安排，规定了工作纪律、讨论频次，编写人员、编写时间得到保障。编写组人员前期进行了大量的调研、多次讨论，向国内外水资源、水环境相关领域专家进行咨询，形成了标准草稿、初稿、征集稿、公示稿、发布稿。

标准实施方面，牵头单位华北水利水电大学和牵头人刘俊国教授参建深圳茅洲河、北京永定河生态修复工程，主持“黑河流域蓝绿水研究”“基于灰水足迹的水资源短缺评价”等多个区域流域水资源评价科研项目，在水资源以及水资源短缺评价研究领域已发表文章 50 余篇，参与了北京市、深圳市、河南省等多个河流综合整治项目和水资源评价工作，参与编制了 10 余项国际/国家/行业/地方/团体标准。研究成果“‘量-质-生’三维水资源短缺评价与节约集约利用关键技术”获得 2024 年度大禹水利科学技术奖一等奖（DYJ2024J0105）、入选 2025 年度水利技术示范项目。创建的三维水资源短缺与节水型社会评价技术、统筹“量-质-生”的水资源节约集约利用成套技术、“量-质-生”协同的智慧灌溉与实时调配技术得到了广泛应用。

综上，本标准符合政策需求，编写团队协同高效、进度安排合理、推广路径可行，可确保标准顺利编制与实施。

二、制定标准的背景和意义

（一）标准制定背景

水资源是生命之源、生产之要、生态之基，是经济社会发展的基础性、先导性和控制性要素，是一切生命赖以生存的基础。然而，随着人口增长、工业化进程加速和气候变化，全球水资源正面临前所未有的挑战。长期以

来，对经济规律、自然规律和生态规律认识不足，社会经济发展未能充分考虑水资源、水生态和水环境承载能力。加之快速发展的社会经济导致用水量激增、水环境恶化，以及水资源利用的不合理、不科学，致使曾经被认为取之不尽用之不竭的水资源供需矛盾日益尖锐，淡水资源短缺（以下不特别说明，等同“水资源短缺”）已成为影响全球众多国家和地区可持续发展的瓶颈。

水资源短缺概念是 20 世纪 80 年代瑞典科学家 Falkenmark 等人首次提出的，以人均水资源年占有量衡量区域水资源短缺情况的 Falkenmark 指标法应用最为广泛， $1700 \text{ m}^3/(\text{人} \cdot \text{年})$ 被设定为衡量水资源充足与否的阈值。其次是 Alcamo 等（2000，2003）提出的紧迫系数法（criticality ratio），以取（用）水量与水资源总量之比评价水资源短缺状况，认为取用水占比大于 40% 时，该地区存在水资源短缺。但是，水资源短缺程度不仅受水资源数量的影响，经济高速发展导致的用水量激增和供给量受限于技术水平等因素对水资源短缺的影响也越来越大；而且取水量与耗水量之间的数量差异间接导致紧迫系数法的结果差异，因此有些学者对 Falkenmark 指标法和以 40% 为阈值来反映区域水短缺状态提出了质疑。其他的水量型缺水评价方法包括国际水资源管理研究所（IWMI）提出的物理型缺水和经济型缺水评价方法，以及 Sullivan（2002）开发的水贫穷指标法，均因可操作性不强，难以推广。

水资源的总量、用水量和供给量 3 个变量与水资源短缺密切相关。随着人口增长、社会经济高速发展和城镇化加速，水资源受各种污染胁迫，水质形势严峻，由污染导致的水质型缺水与水量型缺水彼此影响，进一步加剧了中国的缺水程度。水资源短缺与水环境污染已经成为制约中国可持续发展的两个瓶颈问题。早期的水资源短缺评价方法通常以水资源数量和用水量为基础，很少把衡量水资源污染程度的水质型缺水纳入评价体系中。不考虑水质的、单纯的水量型水资源短缺评价，无法识别水质污染对可利

用水资源量的影响，也就不能评估不同生产经营活动对水体水质恶化的影响程度，导致低估水资源短缺状况，影响水资源调配的科学性和准确性。表 1 是经典水量型一维水短缺指标汇总。

表 1 经典水量型一维水短缺指标汇总

指标名称	指标解释	单位	评价阈值	水量 维度	水质 维度	生态 维度
Falkcnmark 指标法	人均可利用水资源量	m ³ /(人年)	>1700,无压力; 1000~1700,有水资源 短缺压力; 500~1000,高度水短缺; <500,绝对水短缺	有	无	无
紧迫系数法	用水量与水资源量数量关系	%	>40,水短缺	有	无	无
IWMI 指标法	物理型水短缺和经济型水短缺	无量纲	按照一定标准将国家分为 4 类: 物理型水短缺国家、经济型水短缺国家、物理型和经济型双重水短缺国家、无水短缺国家	有	无	无
蓝绿水短缺	满足健康饮食的蓝绿水需求量与蓝绿水资源数量关系	m ³ /(人年)	>1300,无压力; <1300,水短缺	有	无	无
基于 LCA 水短缺	用水量、水足迹与水资源的复合关系	无量纲	<0.1,无压力; 0.1~0.5,中度压力; 0.5~0.9,严重压力; >0.9,极端压力	有	无	无

21 世纪，水资源短缺从只关注水量的一维水资源短缺（水量型缺水）发展到开始考虑水质型缺水的水量-水质二维水资源短缺，提出将水质和水量相结合的水资源综合评价。夏军等（2006）和王建华等（2013）分别针对地表来用水状况和变化环境条件构建了水量水质联合评价方法，夏星辉等（2004，2005）以黄河为例建立了流域水资源数量与质量联合评价的方法。但以上方法仍然未能定量地解释水污染对于水资源数量的影响。Hoekstra（2002）提出的水足迹以及灰水足迹（Hoekstra 等，2012）概念为定量评价水质型缺水提供了新思路。国内外水资源短缺评价很少把衡量水资源污染程度的水质型缺水纳入评价体系中（刘俊国和赵丹丹，2020），利用主题词“water scarcity”在 Scopus 检索，检索时间为 2020-07-15，检索时段为 1980~2019 年，绘制了水资源短缺评价的 3 个研究阶段、发文量

及水资源短缺代表性评价指标，见图 1。其中，橙色背景为主要关注水量型缺水一维模式的阶段，绿色背景为同时重视水量型缺水 and 水质型缺水的二维模式阶段，浅蓝背景为开始关注“量-质-生”三维水资源短缺评价的阶段。

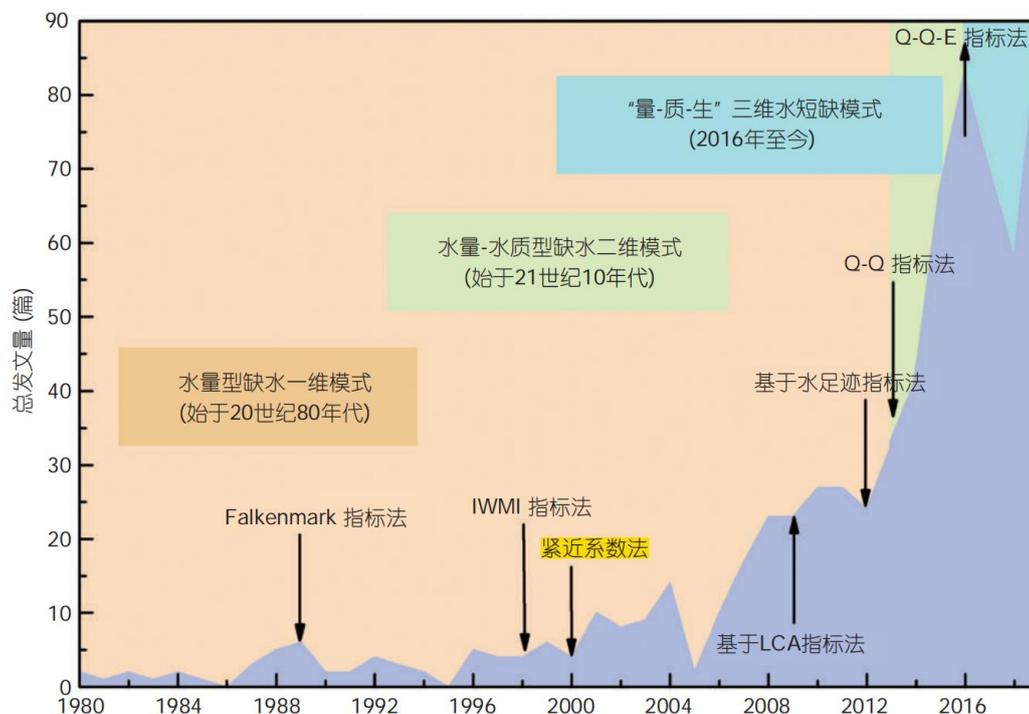


图 1 水资源短缺评价的 3 个研究阶段、发文量及水资源短缺代表性评价指标

标准负责人团队基于灰水足迹的理念，构建了一种综合考虑水量和水质的二维水资源短缺评价方法。水资源短缺评价指标的丰富性和多样性得到了一定发展。研究团队在水资源短缺和水资源遥感监测取得了重要研究进展，在《Nature Geoscience》《Nature Communications》《Remote Sensing of Environment》《Water Resources Research》和《Geophysical Research Letters》等国际顶级期刊发表多篇高质量论文，为全球和我国水资源评价和管理提供了重要的遥感监测方法和科技支撑。团队（2024）联合中国、芬兰、美国等多国科学家，利用 6 个全球水文模型和多种气候、人口情景组合，对全球水资源短缺的历史与未来趋势进行了分析。结果显示，自 20 世纪 30 年代以来，全球水资源短缺不断加剧，并在 20 世纪 80 年代达到顶峰，这一趋势主要由人口增长驱动，集中分布在中国、印度、东非等地区。

而在 21 世纪中期，非洲将成为水资源短缺出现的主要地区，尤其是东非和西非地区。亚洲和非洲是水资源短缺首次出现的主要地区，而中国将在 2050 年后成为水资源短缺逐渐缓解的少数国家之一。研究呼吁各国政府和国际组织高度关注水资源管理问题，制定有效的政策，以应对未来可能更加严重的水资源短缺挑战。这项研究首次提出了识别水资源短缺出现时间（FirstWS）和可能消失时间（EndWS）的新方法，这一方法为理解全球水资源短缺的时空变化提供了新视角。研究结果强调了制定针对脆弱地区的适应政策的必要性，这些政策有助于在全球气候变化和人口动态的背景下实现可持续的水资源管理。

（二）标准制定目的

水资源短缺不能仅关注水量，没有水质保证的水量无异于饮鸩止渴。实现可持续发展与人水和谐的重大实践需求，需要科学掌握水资源短缺的实情。我国进一步加强水资源论证工作，对细化水量提出了更高要求，完善技术标准，是提高水资源论证管理工作水平的重要保障。标准是提升水资源短缺评价领域科技支撑能力的重要内容，基于现实需要和研究基础，制定《水量-水质型缺水评价技术导则》（以下简称“导则”）必要且可行。

目前各级水资源短缺评价通常以水资源数量和用水量为基础，忽略了对水质型缺水的定量评价。为贯彻落实国家“江河战略”“国家水网构建”“美丽河湖”和习近平关于治水的重要论述，更加自觉地保障水安全，实现水资源高效利用、水环境有效治理、水生态明显改善，提升水资源科学管理化水平和水资源配置能力，规范水质型水资源短缺评价，依据有关规定规范，制定《水量-水质型缺水评价技术导则》。

（三）标准制定意义

水量-水质型缺水评价是我国学者在研究中国水资源水环境实践中首次提出的、并被国际学者接受的研究体系。开展水量-水质型缺水评价，阐明基本概念、原理和方法，为进一步完善水资源短缺评价体系，实现水资

源管理和可持续利用以及人水和谐提供新思路和方法支撑。

三、主要起草工作过程

《导则》2024年5月申请、6月立项、7-9月收集资料和前期调研、10月开始起草。起草过程分为三个阶段。

（一）成立项目组 and 制定计划

2024年6月，《导则》立项公示并征集参编单位，确定了主要起草单位，即华北水利水电大学、中国水利水电科学研究院、中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司、深圳市深水水务咨询有限公司、甘肃佰利联化学有限公司、中国矿业大学（北京）、北京林业大学、首都经济贸易大学中国地质大学（北京）。成立了由多位专业技术人员组成的标准起草小组，并在小组成立后，制定了详细的工作计划，明确了各个阶段的工作目标、时间节点以及负责人。

（二）收集资料和前期调研

为做好《导则》的制定工作，重点研究和分析了以下相关标准和文献。

GB 50179 河流流量测验规范

GB 3838 地表水环境质量标准

GB/T 14848 地下水质量标准

GB/T 25173 水域纳污能力计算规程

SL/T 712 河湖生态环境需水计算规范

SL/T 793 河湖健康评估技术导则

SL/T 238 水资源评价导则

SL395 地表水资源质量评价技术规程

SL 219 水环境监测规范

HJ 91.1 污水监测技术规范

HJ 91.2 地表水环境质量监测技术规范

HJ 164 地下水环境监测技术规范等。

期间进行项目、成果调研，参考了大量论文、专著、专利等文献。支撑《导则》的主要文献按发表时间排列如下。

- [1] 曹建廷,李原园,□张文胜.农畜产品虚拟水研究的背景、方法及意义[J]. 水科学进展,2004,15(6):829-834.
- [2] Junguo Liu. A GIS-based tool for modelling large-scale crop-water relations[J]. Environmental Modelling & Software 24 (2009) 411 - 422.
- [3] 蔡振华,沈来新,刘俊国,赵旭.基于投入产出方法的甘肃省水足迹及虚拟水贸易研究[J].生态学报,2012,32(20) : 6481-6488.
- [4] Zhao Zenga, Junguo Liu, Hubert H.G. Savenije A simple approach to assess water scarcity integrating water quantity and quality[J], Ecological Indicators 34 (2013) 441 - 449.
- [5] 臧传福.黑河流域蓝绿水时空变化研究[D]. 北京:北京林业大学,2013.
- [6] 曾昭,刘俊国.北京市灰水足迹评价[J].自然资源学报,2013,28(7) : 1169-1178.
- [7] 曾昭.基于水足迹的水资源短缺评价[D].北京:北京林业大学,2014.
- [8] 刘清影.黄旗海流域生态需水与水资源短缺研究[D].北京:北京林业大学,2015.
- [9] Junguo Liu, Qingying Liu, Hong Yang. Assessing water scarcity by simultaneously considering environmental flow requirements, water quantity, and water quality[J]. Ecological Indicators 60 (2016) 434 - 441.
- [10] Junguo Liu, Hong Yang, Simon N. Gosling. et al. Water scarcity assessments in the past, present, and future[J]. Earth's Future 5(2017) 545 - 559.
- [11] 王勤勤.京津冀地区水足迹与水资源短缺评价[D].北京:北京林业大

学,2017.

- [12] T.I.E. Veldkamp, Y. Wada J.C.J.H. Aerts¹, P. Do, S.N. Gosling, J. Liu, et al. Water scarcity hotspots travel downstream due to human interventions in the 20th and 21st century[J]. Nature Communications 8(2017)15697
- [13] 胡彬,刘俊国,赵丹丹,等.基于水足迹理念的水资源短缺评价—以2022年冬奥会雪上项目举办地为例[J].灌溉排水学报,2017,36(7):108-116.
- [14] 王雅洁,刘俊国,赵丹丹.基于水足迹理论的水资源评价[J].水土保持通报,2018,38(5):213-219.
- [15] 刘俊国,赵丹丹.“量-质-生”三维水资源短缺评价:评述及展望[J].科学通报,2020,65(36):4251-4261.
- [16] Xingcai Liu, Wenfeng Liu, Liu Liu, Qihong Tang, Junguo Liu, et al. Environmental flow requirements largely reshape global surface water scarcity assessment[J]. Environmental. Research. Letters. 16 (2021) 104029.
- [17] 奚巧娟,钟华,王涛,等.中国主要流域灰-绿-蓝蓄水能力时空演变[J].科学通报,2021,66(34):4437-4448.
- [18] Kewei Liu, Wenfang Cao, Dandan Zhao, et al. Assessment of ecological water scarcity in China[J]. Environmental. Research. Letters. 17 (2022) 104056.
- [19] Junguo Liu, Delong Li, He Chen, et al. Timing the first emergence and disappearance of global water scarcity[J]. Nature Communications. 15 (2024) 7129.
- [20] 刘俊国,王泓,来和鑫.解密全球河川径流季节性对气候变化的响应机制[J].科学通报,2024,69(25):3686-3688.
- [21] 刘俊国, Costanza R, Kubiszewski I,等.国际生态峰会郑州宣言:推进

生态文明建设,共创可持续的美好未来[J].科学通报
2025,70(13):1853-1855.

经过资料整理和调研情况汇总,2024年10月,初步完成了《导则》编写框架和编写提纲。

(三) 标准起草及修改

编制组以上述工作为基础,进一步分析团体标准制定工作的管理方法,研究国家、行业相关标准和技术资料,多次开展线上集中讨论,进行《导则》的制定、修改,完善标准内容。

2024年10月-12月:通过撰写、多次修改、补充、完善,完成《导则》草稿;

2025年1月-6月:按照分工,完成《导则》初稿;

2025年7月:完成标准征求意见稿和编制说明。

四、制定标准的原则和依据,与现行法律、法规、标准的关系

(一) 标准制定原则

1. 科学性原则

本《导则》基于团队扎实的研究成果,在尊重科学、紧密结合实践、广泛征求意见及调查研究的基础上,面向水资源短缺评价和实际应用。评价技术稳定可靠,具有较强的科学性、实用性。

2. 适用性原则

本《导则》坚持从实际出发,充分考虑水资源评价现状。水足迹理念为开展水质缺水评价提供了理论和技术支撑,在符合实用、经济的同时,确保水量-水质型二维水资源短缺评价的可行性。

3. 规范性原则

本《导则》编制的格式及用语,按照标准化、规范化文件的要求,尽量做到措辞准确,逻辑严谨。本《导则》依据国家有关技术标准和规程,

严格按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求制定。

（二）制定依据

为积极响应国家坚决打好污染防治攻坚战的战略部署，贯彻党的二十大精神，深入贯彻习近平生态文明思想，践行“绿水青山就是金山银山”理念，在认真研读《标准化法》、《团体标准管理规定》（国标委联〔2019〕1 号）的基础上进行编制和修改。力求结构严谨，文字简洁易懂，逻辑清晰，引用文件规范、准确。

（三）与现行法律、法规、标准的关系

本标准与国内相关法律、法规、规章及相关标准协调一致，无冲突。本标准在调研过程中未查到公开发布的国家标准、行业标准、团体标准和地方标准中有类似标准。

本标准首次提出，无涉及相关联知识产权。

五、需求及应用前景分析

（一）需求

水资源短缺是测度一定生态保护标准下的社会经济系统缺水状况的重要指标，是科学配置水资源与度量水资源可持续性的重要科学依据之一。由于地理位置、水资源禀赋以及发展状况的差异性，不同地区在水资源的开发利用过程中，所面临抑或是暴露的问题并不相同，水资源短缺危机根源具有多元性。水质型缺水评价增加了水质维度考量水资源状态，从而为区域水资源综合规划、配置和水环境管理提供方法支撑和决策依据。

（二）适用范围、主要技术内容

本文件适用于流域或行政区域范围内的水资源短缺评价工作。

本文件提出了水量-水质型缺水评价的技术流程，规定了基本概念、评价指标、评价方法和评价等级。

（三）工程应用情况

标准负责人团队依据污染物吸纳理论，以区域自然水体的本底浓度和现有的环境水质标准为基准，核算将污染负荷稀释至指定水质标准所需的淡水量（即灰水足迹）；然后对比灰水足迹与区域环境承载力，揭示纳污负荷与临界负荷之间的定量关系，以此核算水质型缺水指标，从而评价不同尺度的区域水资源短缺的类型和程度。首次以北京市为研究区，核算该地区 1995~2009 年水资源短缺状况。结果显示，2009 年北京市水量型和水质型缺水指标值分别为 1.2 和 2.3，均高于各自的阈值 0.4 和 1.0，得出北京市是一个同时具有水量型和水质型水资源短缺问题的典型地区的研究结论；同时“累计剩余水质型缺水指标”解释了 74% 的水质演变趋势，能够合理地阐释区域水质演变过程。以上水资源评价成果在深圳茅洲河、北京永定河、许昌河流复苏等项目中得到应用。

（四）预期效果

考虑水质因素的水质型缺水评价是现行只考虑水量型一维缺水评价方法的补充，具有操作简单、物理含义明确、数据需求量低和计算成本低等优点。制定《水量-水质型缺水评价技术导则》，是贯彻落实《国家标准化发展纲要》，完善绿色发展标准化保障，保障水安全的重要内容，将为水资源节约、水生态保护、水环境治理领域提供标准规范体系，全面提升治水能力，应用前景良好。

六、与国内外同类标准对比情况

对该类标准进行了标准检索和标准查新。查询范围包括国际标准、国际主要发达国家标准、国外主要协会标准、国家标准、行业标准、地方标准。查询结论为：无现行直接相关的标准。

该标准与我国现行法律、法规和国家、行业标准协调一致、配套使用，相互支撑。同时，对我国现行国家和行业标准起到补充作用。

七、作为强制性或推荐性标准的建议及理由

本《导则》建议为推荐性团体标准。将此《导则》作为水资源短缺评价的技术参考，规范和引导水资源短缺评价工作，推广水量-水质型二维水资源短缺评价技术在我国的应用，科学进行水资源配置，促进社会可持续发展，为国家水安全实施提供技术解决方案。

八、实施标准的措施建议

标准发布后、正式实施前，应充分利用广播、电视、报刊、微信公众号、官网主页、会议论坛、网络空间等宣传手段或采用其他方式，广泛宣传该《导则》；各级标准化主管部门委托标准化技术机构、标准化行业协会或类似社会组织开展宣贯培训班，使更多从事水资源论证、水资源评价、水资源配置的专业技术人员真正理解和掌握《导则》的技术要领，推动标准实施和使用。

九、致谢

在本标准一年多的编制过程中，得到了众多专家的指导与支持，谨致谢忱。特别感谢北京水利水电科学研究院的教授级高工白音包力皋、北京生态修复学会副秘书长唐素贤等专家学者的支持。同时，对所有未具名专家的支持表示衷心感谢！

《水量-水质型缺水评价技术导则》编写组