

# 水环境承载力预警技术指南

Technical guidelines for early warning of Water Environment Carrying Capacity

(征求意见稿)

编制说明

标准编制组

二〇二二年九月

## 目 次

1 工作简介 .....	1
2 水环境承载力预警相关实证案例 .....	2
3 国内外研究进展与相关标准 .....	7
4 标准制定的必要性 .....	13
5 标准制定的原则与技术思路 .....	13
6 标准主要内容条文说明 .....	16
7 标准实施的环境效益与经济技术分析 .....	18
8 标准实施建议 .....	18
9 其他需要说明的事项 .....	19

## 1 工作简介

### 1.1 任务来源

本标准依托于国家水体污染控制与治理科技重大专项（2018ZX07111003）中的“北运河流域水环境承载力动态评估与预警技术体系研究”。

水环境承载力是表征水系统所能承受社会经济活动所带来压力的阈值，是指导流域/区域水系统规划与管理工作的重要依据。自党的十八届三中全会提出建立资源环境承载能力监测预警机制以来，国家相关部门不断加强承载力监测预警的研究，环境承载力监测预警已成为保障经济社会环境协调发展的重要抓手。水环境污染防治已进入以前瞻性预防为主、防治结合的综合治理阶段，水环境承载力预警显得尤为重要。但目前我国水环境承载力预警工作尚处于探索阶段；到目前为止，尚未形成一整套公认的可推广且科学的流域/区域水环境承载力预警技术方法体系及其规范。

因此，亟需制定形成可推广且科学的水环境承载力预警规范，科学分析并预判流域/区域水环境承载状况趋势，为健全流域/区域水环境监管考核与调控机制提供科学支撑。

### 1.2 主要工作过程

根据国家水体污染控制与治理科技重大专项（2018ZX07111003，2017ZX07401004）中“北运河流域水环境承载力动态评估与预警技术体系研究”要求，经专家会议评审并报部领导同意，提出了承担《水环境承载力预警》团体标准的编制工作。本标准编制单位成立了标准编制组，并召开了多次研讨会，讨论并确定了开展标准编制工作的原则、程序、步骤和方法。标准编制组成员在前期研究的基础上，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》的编制规则，形成了本标准文本和编制说明。本编制主要工作过程如下：

#### 1.2.1 制定工作计划

本标准编制单位承担团体标准的编制工作后第一时间组成标准编制组合工作团队，认真学习领会国家关于资源环境承载能力监测预警的管理要求和文件精神，收集了水环境承载力预警相关的基础资料，并制定了工作计划。

#### 1.2.2 研究进展梳理

2019年12月，通过文献整理与当前水环境承载力预警的方式，对水环境承载力预警相关内容进行梳理分析。对国内外相关研究进展与相关标准展开了研究，并汇集分析，为标准的编写提供了重要的依

据。

### 1.2.3 明确编制要求

2020年04月，编制组对标准的编制进行了初步的分析，确定了标准的基本大纲，将水环境承载力预警工作总体分为预警指标体系构建、警情指标分类、景气指数编制、综合预警指数计算、景气信号灯及预警界限构建、综合预警指数预测（水环境承载力预警）。召开了标准编制工作启动会，进行了团体标准立项情况的汇报，开展了本标准的立项讨论。

### 1.2.4 初稿起草

2020年06月~2020年12月，在开展文献查阅、现场调查和专家咨询的基础上，完成了《水环境承载力预警技术指南（初稿）》及编制说明（初稿）。

### 1.2.5 标准立项

2021年06月，项目组召开了标准编制工作启动会，进行了团体标准立项情况的汇报，开展了本标准的立项讨论，成功通过中国环境科学学会团体标准立项审查。

会后，根据专家意见，编制组对标准进行了逐条修改和完善，形成《水环境承载力预警技术指南》工作组讨论稿。

### 1.2.6 专家咨询

2021年11月，召开《水环境承载力预警技术指南》（工作组讨论稿）技术审查会，专家组一致认为本标准的适用范围具体、思路清晰、可操作性强，可为我国流域/区域水环境承载力预警技术指南工作提供支撑。建议按照专家意见进一步修改完善文本及编制说明。

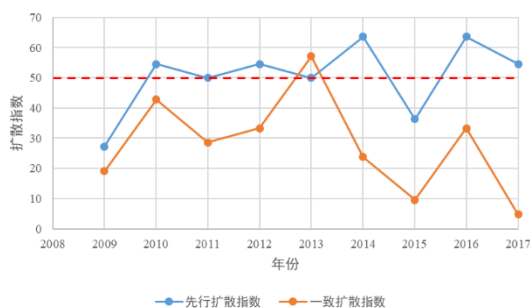
2022年6月至9月，工作组内部召开会议，针对专家提出的格式、概念及内涵明晰等问题进一步完善。经专家函询同意后，进入公开征求意见阶段。

## 2 水环境承载力预警相关实证案例

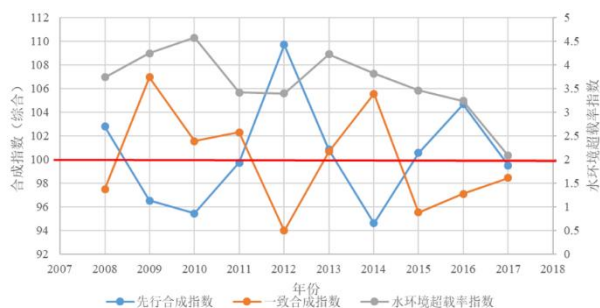
### 2.1 北运河流域行政单元水环境承载力预警

对北运河流域各行政单元的水环境承载力进行预警，景气指数分析结果显示：先行扩散指数领先一致扩散指数0-1年，表现出较好的先行性；一致扩散指数除在2013年达到峰值以外，均处于不景气状态，水环境承载状况转好，且在2013年后持续下降并在2015跌入谷底，与水环境超载率指标在2013

年后逐年变小趋势基本吻合；先行扩散指数在 2010 年后一直处于 50 及以上，说明先行指标处于景气状态，但先行指数有继续下降的趋势，说明下一年水环境持续变差的风险在减小。合成指数分析结果显示，先行及一致的综合合成指数，波动性较好，先行综合合成指数领先一致合成指数 1-2 年，表现出较好的先行性；一致综合合成指数在 2012 和 2015 年都下降到最低点，且 2015 年以后都小于 100，说明在这些时期，水环境承载力提升较快，与水环境超载率指数变化情况相符合；一致综合合成指数在 2009 和 2014 年都达到了峰值，且数值均在 100 以上，说明社会经济对水环境的压力增长大于水环境承载力提升的速度；先行综合合成指数在 2017 年下降到了 100 以下，预示着 2018 年的水环境承载状态将会出现一定程度的好转。



(a) 扩散指数



(b) 合成指数

图 1 景气指数结果

综合预警结果显示，除门头沟区、延庆区和怀柔区由于所辖范围的指标数据过小导致结算结果较小以外，不参加分析，北运河流域其他区域都有超载风险或已严重超载。对比 2017 年，昌平区、东城区、朝阳区、丰台区、石景山区、海淀区和顺义区的水环境承载状况都有所改善，但整体变化不大，预警等级未降低，但其他 10 个地区的水环境承载状况都出现了恶化，北运河流域水环境承载状况不容乐观。从空间分布上看，北运河流域的上游和中游的干流区域的水环境承载状况好于下游及中游人口密度大、水资源消耗多的城区以及工业或农业污染排放量大的地区，主要是由于上游地区植被覆盖多，水源涵养量大，人为干扰少，而干流径流量大，水量充足，导致这些区域的社会经济压力较小或水环境承载能力较大。

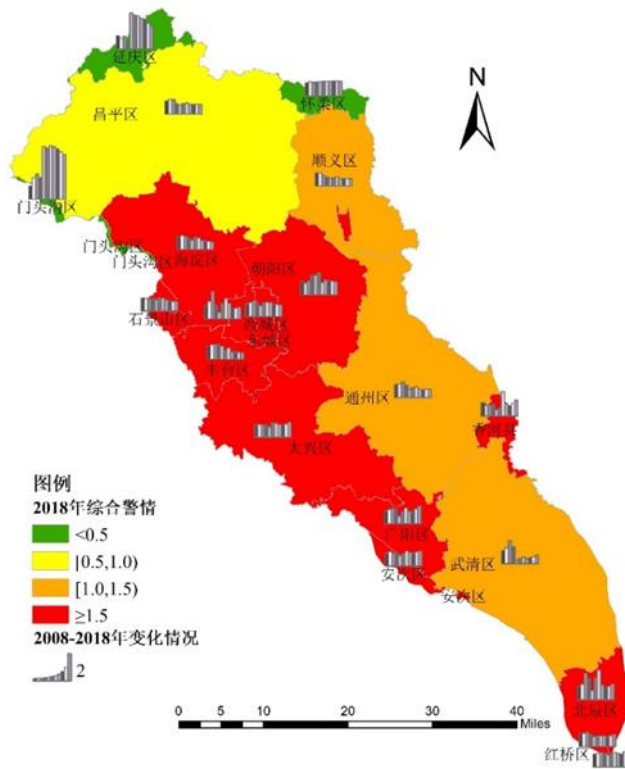


图 2 2018 年北运河流域水环境承载力预警结果

通过对橙色及红色警情地区的先行指标进行分析，提出双向调控排警措施。压力来源分析显示，东城区、西城区、通州区、大兴区、朝阳区、海淀区和丰台区需要重点控制人口、生活用水量及生活源 TP 的排放，尤其是朝阳区、丰台区和海淀区生活源的减排压力较大，并且朝阳区和丰台区还需抓紧减少污水处理厂中氨氮及 COD 的排放。尽管流域内其他区域的减排重点也主要集中在人口控制、生活用水和生活源污染排放等，但减排压力较小。此外，北辰区和香河县应更关注工业源的减排，尽快采取措施降低工业用水量，减少工业废水氨氮的排放。承载力来源分析显示，现阶段通州区、海淀区、丰台区和武清区的污水厂建设较充足，朝阳区和丰台区的污水资源化工作较好，再生水量相较于其他区域高。但目前，各区域林草覆盖度和地表水资源量都严重不足，尤其是中心城区（如东城区、西城区、北辰区、河北区等地方）城市化严重，植被覆盖较少，且与经济欠发达的安次、广阳区和香河县等区域一样，自身区域内的污水处理能力不足，导致下一年承载能力较差，应采取措施全面提升承载能力。

## 2.2 京津冀地区水环境承载力预警

对京津冀地区水环境承载力进行预警，景气指数分析结果显示：先行扩散指数和一致扩散指数都表现出了一定的波动性，2010 年后，先行指数领先一致扩散指数的时间为 1-2 年，先行扩散指数表现出了一定的先行性；先行扩散指数在 2016 年表现为下降趋势且远小于 50，说明一致扩散指数在预测年（2017 年）也将表现出继续下降的趋势，水环境承载状态将会持续变好。先行综合合成指数领先一致综合合成

指数的时间约为 0-2 年，说明指标选取是比较科学合理，先行合成指数表现出较好的先行性。一致综合合成指数经历了先下降后增长的趋势，在 2010 年最低，与水环境质量变化情况基本吻合；先行综合合成指数在 2016 年出现了下降的趋势，预示着 2017 年的水质将会出现一定程度的好转。

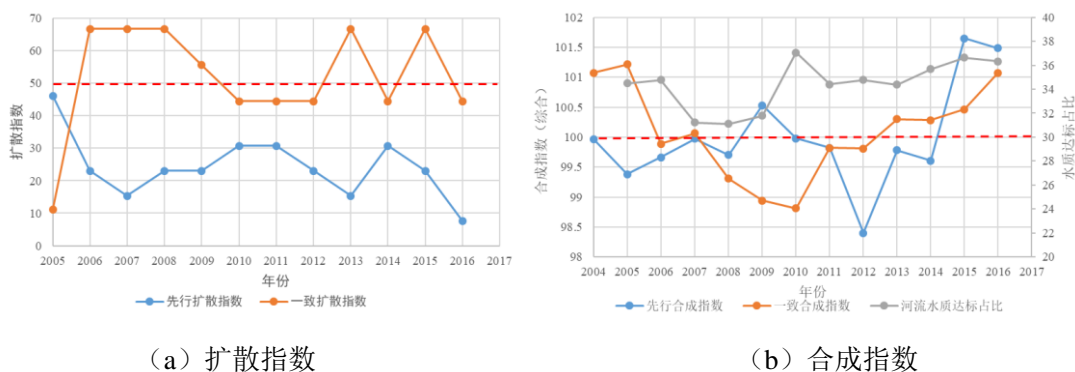


图 3 景气指数结果

综合预警结果显示，2017 年北京、天津及河北地区水环境承载力承载状态较好；2004-2016 年间，北京和河北地区的水环境承载力综合警情指数都呈现下降趋势，其中，北京地区水环境承载状态自 2005 年以后一直处于弱载，河北地区虽然在 2015 年以后才摆脱了超载的境况，但总体上承载状态改善幅度较大。此外，天津地区的水环境承载状态在近十几年间仍有波动，主要是由于用水总量仍在逐年增加，且 2006、2015 和 2016 年的环保投资比例下降明显，未能与经济发展规模保持同步增长，未来还需警惕社会经济发展压力的回升，进一步加大环保治理的力度。

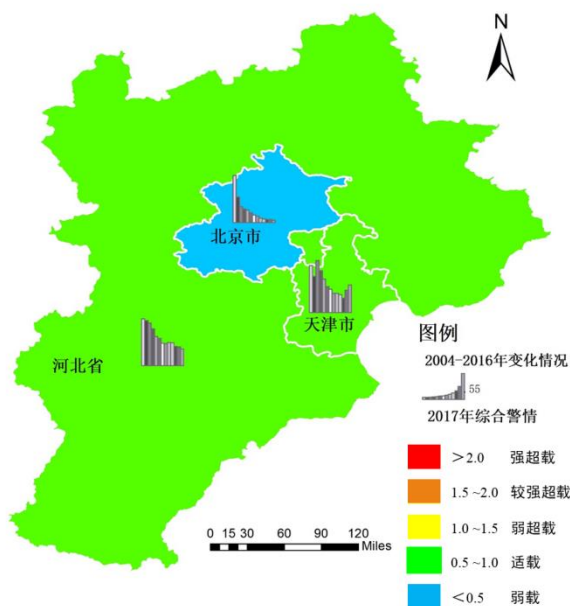


图 4 2017 年京津冀地区水环境承载力预警结果

通过对先行指标中的压力来源进行分析，京津冀地区整体上还需进一步调整产业结构，降低一、二产业占比（主要是天津和河北地区），并减少农业用水量及工业废水中的氨氮排放量；河北地区应减少用水量，尤其是农业用水量；此外，北京、天津、河北三个地区均需继续提倡节水，降低人均用水量，并提高用水效率，降低万元 GDP 水耗。承载力来源分析结果显示，现阶段京津冀地区的城市污水处理率较高，但天津和河北还应继续加大再生水利用量，加强污水资源化力度；河北地区相较于其他 2 个地区，降水量较充沛，供水充足，北京和天津地区由于天然禀赋导致的淡水资源不足，还需在节水的同时，积极寻求其他区域水源的跨境补给；此外，对于环保投入，除北京地区，天津和河北地区明显不足，导致京津冀地区的环保投入占比较低，今后应提高环保投入量，进而全面提升承载能力。

### 2.3 黄河流域行政单元水环境承载力预警

对黄河流域行政单元水环境承载力进行预警，景气指数分析结果显示：先行扩散指数领先于一致扩散指数 1-3 年，表现出了良好的先行性，一致扩散指数反映了当前水环境的承载状况变化趋势，一致扩散指数仅在 2011 年和 2020 年超过 50，处于景气状态，其余时间均处于不景气状态，整体呈下降趋势，黄河流域水环境承载状况有所改善。先行扩散指数能够提前预判水环境承载状况的变化趋势，先行扩散指数的数值都处于 50 及以下，处于不景气状态，但在 2019、2020 年超过 50，预示着 2021 年水环境承载状况会变差。先行综合合成指数领先一致综合合成指数 0-2 年；一致综合合成指数在 2010 年至 2015 年大于 100，其余年份数值均小于 100，说明黄河流域水环境承载力在此年份之间处于超载状况，但从 2013 年开始，一致综合合成指数开始显著下降，并从 2016 年开始，一致综合合成指数开始小于 100，一致综合合成指数在 2021 年将会呈上升趋势，预示 2021 年的水环境承载状况又变差风险。

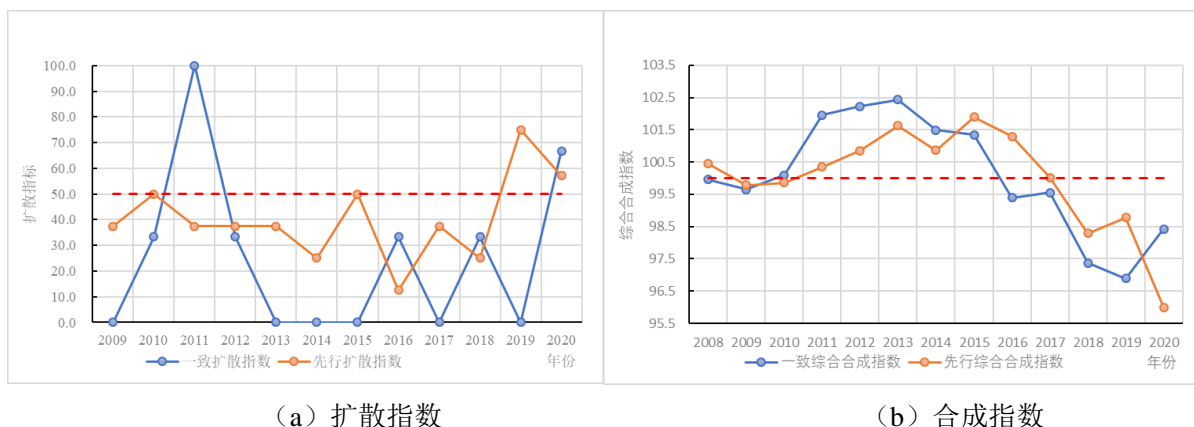


图 5 景气指数结果

预警结果显示：总体而言，整个黄河流域水环境承载力向好发展。但内蒙古的水环境承载状况都有



所变差，山西有所好转但仍处于超载状态，应该对水资源保护加以重视；而青海、甘肃、宁夏、陕西、河南、山东有所好转，但不能掉以轻心，要继续重视水资源和水环境的保护。

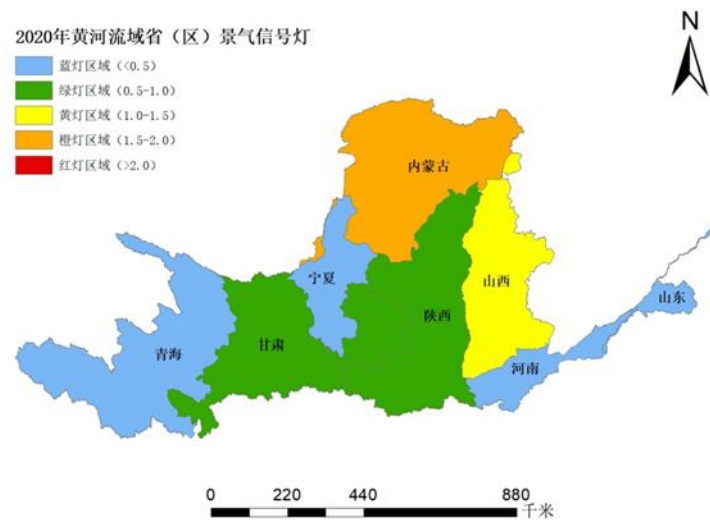


图 6 2020 年黄河流域水环境承载力预警结果

通过对黄色、橙色及红色警情地区的先行指标中的压力和承载力来源进行分析，从压力来源分布可以看出，出于超载区的陕西省和河南省需要重点控污水排放量。同时，陕西省、山西省、河南省都需要控制人均用水量，减轻人口的压力，并且三省还需抓紧减少总用水量的排放，采取以供定需的措施。超载区的三个省除了减少污废水排和用水量之外，还需要格外重视经济发展与水环境保护的关系。从承载力来源分布可以看出，现阶段陕西省较其他两省人均水资源量相对丰富，其单位 GDP 污水处理厂也相对充足。但目前三省的人均水资源量、污水处理厂和工业废水设施都严重不足，尤其是河南省区域内水资源量不足，污水处理能力不够，导致下一年承载能力较差，应采取措施全面提升承载能力，且应该加大废水的处理力度，提高水环境承载力。

### 3 国内外研究进展与相关标准

#### 3.1 国内外相关研究进展

国外在水环境预警相关研究中对于生态预警方面的研究较多，水污染、水安全方面预警亦有，但是对于水环境承载力预警的研究还不多见；国内学者在不同的领域从不同的角度对承载力预警进行了丰富的研究，但是部分研究中预警思路还是局限于评价思路，且大部分研究最终停留在现状评价的阶段，实际上是现状警情评价。总体来说水环境领域中，预警研究仍处于起步阶段，真正意义上的水环境承载力预警研究还不多，有很大的研究空间。现今水环境承载力预警研究，大多还停留在现状评价方面，沿

用评价的方法来进行水环境承载力预警研究，仅对现状进行分析，缺乏后期的处理，没有做到对未来水环境承载力超载状态的预判。这并未真正体现预警的内涵，预警应该是建立在未来的情况进行预判的基础上，对未来的环境超载状态进行警情评判，并针对性地提出排除警情的响应对策。在水环境承载力警义界定方面，大多将水环境容量超载或水资源量供不应求等单要素状况作为警情，比较片面，没有进行最终的综合考虑；在警度量化上，难以对警情指标采取合适的评判方法，评判时只考虑了承载率单一指标，没有考虑系统水环境承载力超载状态的变化趋势；在确定警限方面，往往都是通过文献调研或者是专家经验来获取，主观性较强，没有结合研究区的具体规划情况。

此外，现有水环境承载力预警技术的关注点主要集中在水资源和水环境方面，缺乏对陆域生态系统因素的考量，对水环境承载力进行系统性综合预警的研究较少。而水系统是一个包括水资源、水环境和水生态（本文件只限于陆域生态）三个子系统的复合系统；水环境承载力应包含水资源承载力、水环境容量与水生态承载力三个分量，是一综合承载力概念。分别将水资源量短缺或水环境质量超标或容量不足超载界定为警情，不能全面客观地反映流域水系统的超载状态。

### 3.2 相关标准

在相关标准方面，尽管目前国内外对于水环境承载力预警有技术标准出台，且近几年我国学者已广泛开展资源环境承载力预警技术方法与机制研究，我国各相关部委也积极探索建立了各自的监测预警机制，出台了若干技术指导文件。但在目前的技术文件中并没有从已有预警概念、内涵及其理论方法入手，且受数据资料与技术方法限制，很多预警工作仍停留在现状评价层面，将预警与警情现状评价概念相混淆，缺乏对未来承载力承载状态的预判，没有实现真正意义上的预警。由于对于承载力预警概念内涵与警义不清，导致很多研究，包括发改、国土、水利与海洋等相关部门都出台的资源环境承载力预警相关指导性政策文件，所建承载力“预警”指标体系大多借鉴可持续发展状态综合评价，无法判断是可持续发展状态/能力评价，还是承载力预警。具体如下：

#### **（1）国家发改委等 13 部委“关于印发《资源环境承载能力监测预警技术方法(试行)》的通知” （发改规划【2016】2043 号）**

该技术方法阐述了资源环境承载能力监测预警的基本概念、技术流程、集成方法与类型划分等技术要点，但其核心是通过资源环境超载状态评价，对区域可持续发展状态进行预判，而不是在未来超载状态预判基础上，提出超载状态警告。图 7 为《全国资源环境承载能力预警(2016 版)》技术路线。

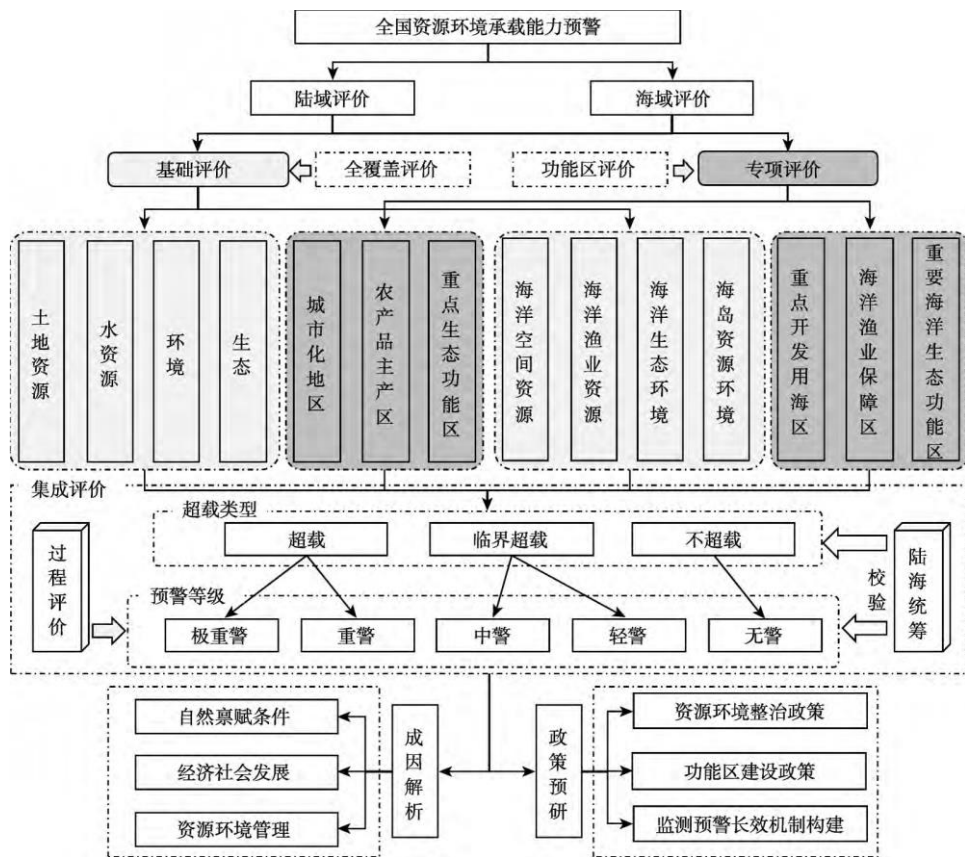


图 7 《全国资源环境承载力预警(2016 版)》技术路线

(2) 水利部办公厅印发了《水利部办公厅关于做好建立全国水资源承载力监测预警机制工作的通知》(办资源【2016】57号)及编制了《全国水资源承载力监测预警技术大纲(修订稿)》

该技术大纲界定了水资源承载力、承载负荷(压力)的核算方法及承载状况的评价方法,主要阐述了水资源承载力评价的相关内容,不是水资源承载力监测预警技术方法。图 8 为水资源承载力评价总体技术路线。

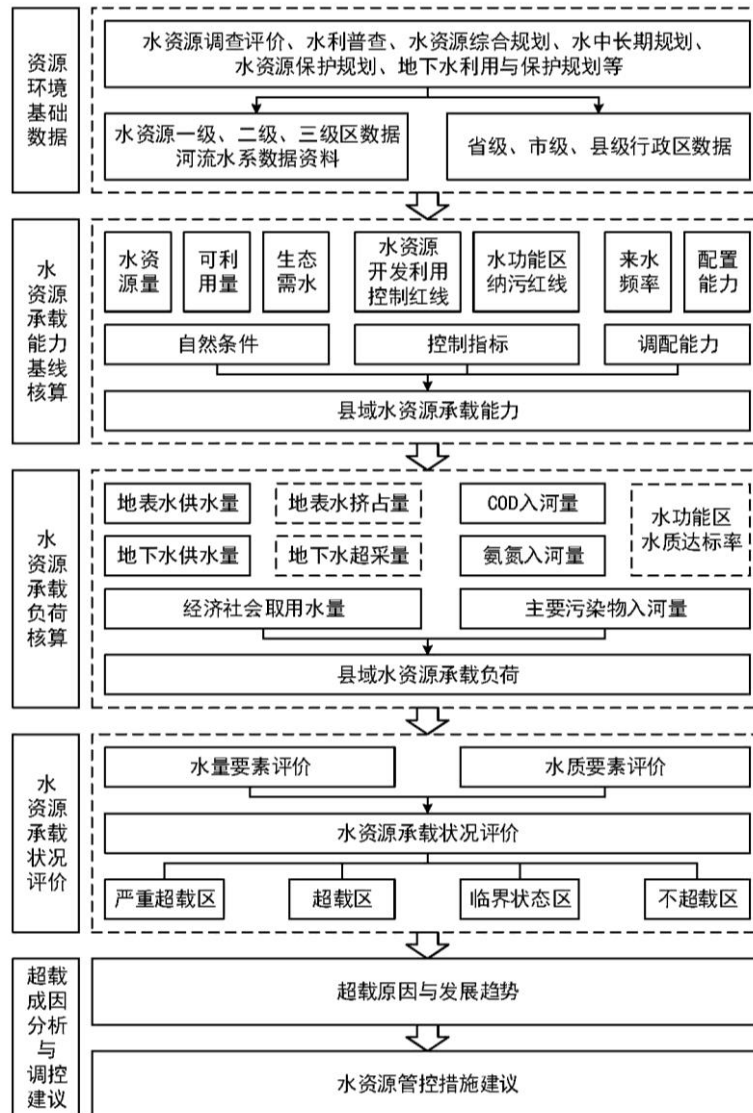


图 8 水资源承载力评价总体技术路线

(3) 原国土资源部办公厅《国土资源环境承载力评价技术要求(试行)》(国土资厅函【2016】1213号)

该技术在“土地部分”的土地综合承载力评价是在区域资源禀赋、生态条件和环境本底调查等基础上,通过识别国土开发的资源环境短板要素,开展综合限制性和适宜性评价,水资源承载指数和水环境质量指数仅作为综合承载率评价的一部分;“地质部分”虽然提及了地下水资源承载力预警,但本质是对自然单元地下水的水量(水位与控制水位或历史稳定水位)与水质(劣V类断面占比)的承载本底和承载状态的发展趋势进行分析及评价,也是将评价与预警相混淆。图9为国土资源环境承载力评价与监测预警(地质部分)技术路线。

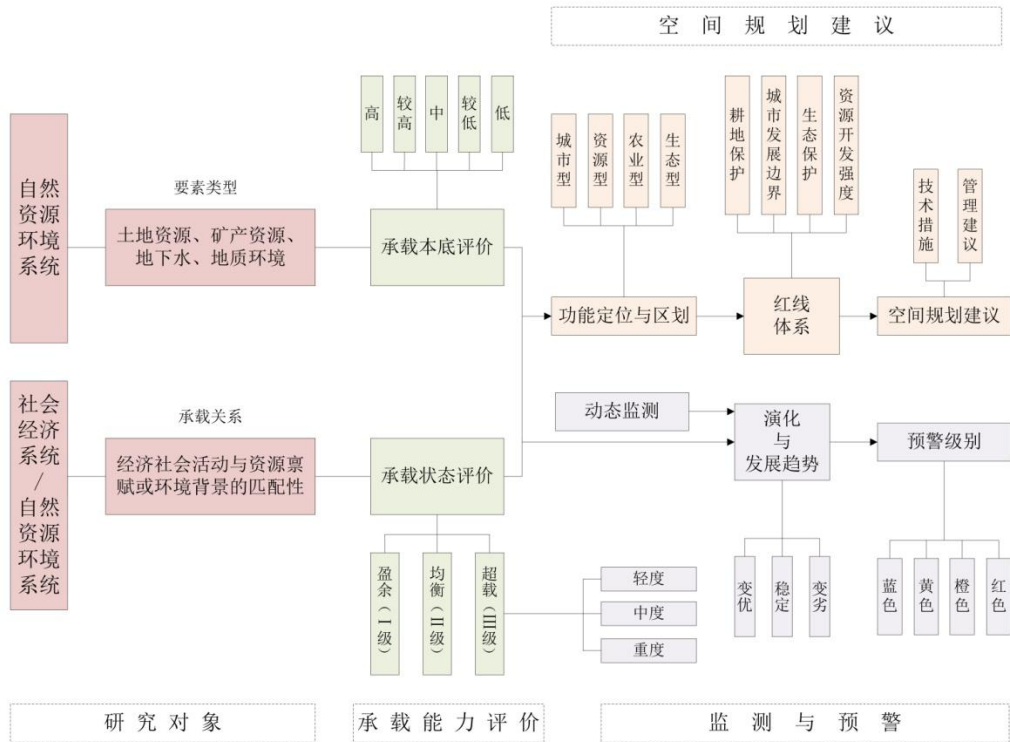


图9 国土资源环境承载力评价与监测预警（地质部分）技术路线

#### (4) 原国家海洋局《海洋资源环境承载能力监测预警指标体系和技术方法指南》

指南主要包括对现状超载状况的单要素及综合评价，对近五年或五年以上的二级指标评估结果开展趋势分析，并对具有显著恶化趋势的控制性指标进行预警，或采用灰色模型法对下一年度控制性指标的超载风险进行预警；尽管涉及了趋势分析与对显著恶化趋势指标的短期预测；但警义不清，不成体系，缺乏分析警兆、评判警情、界定警度与排除警情等，未能实现系统化的综合预警。图10为海洋资源环境承载能力评估预警技术路线。

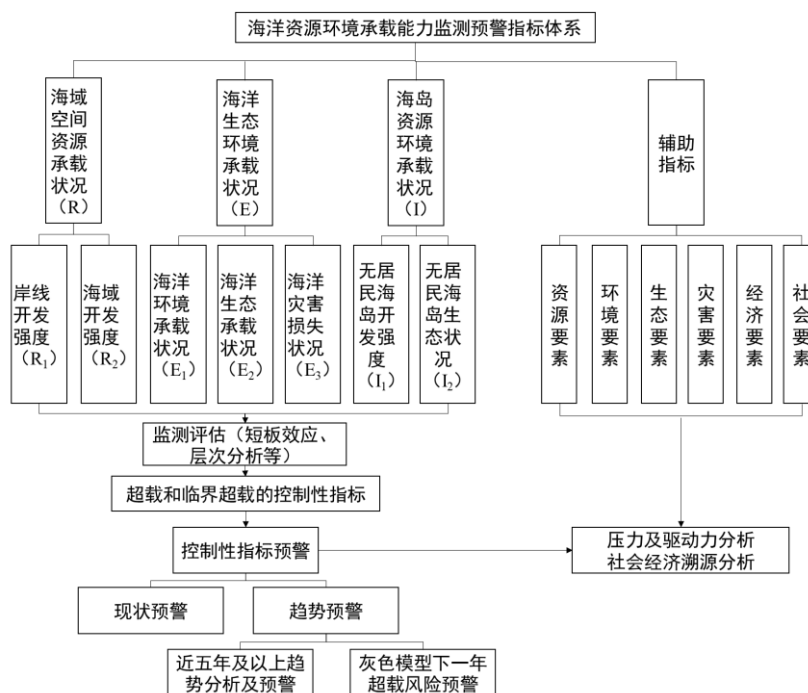


图 10 海洋资源环境承载力评估预警技术路线

(5) 生态环境部《关于开展水环境承载力评价工作的通知》环办水体函（2020）538 号，并发布了《水环境承载力评价方法（试行）》

该评价方法提出了水质时间达标率和水质空间达标率两个评价指标以及所构造的综合承载力指数的计算方法，及承载状态（超载、临界超载、未超载）判定标准，主要是通过水质达标情况反映水环境承载力超载情况，也未涉及水环境承载力预警相关内容。图 11 为水环境承载力评价方法技术路线。

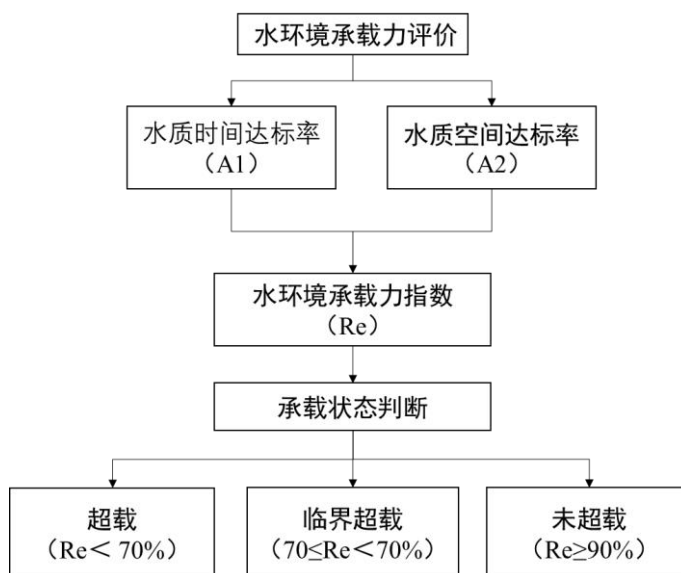


图 11 水环境承载力评价方法技术路线

整体来看，水环境承载力预警无论是从相关理论研究还是相应技术方法指南与标准方面都尚未完

善，从预警内涵到相应技术方法仍存在诸多不足之处，急需构建真正意义上的水环境承载力预警技术指南来填补空白。为避免上述技术中存在的问题，本次编写的水环境承载力预警指南相较上述有关技术文件，解决了水环境承载力预警概念混淆、缺乏对未来超载状态的预判、预警工作不成体系等问题，在已有研究形成的预警体系框架的指导下，涵盖了识别警源、分析警兆、评判警情、界定警度与预测警情、警情排除等 6 个阶段，构建了基于景气指数的短期预警技术方法，为流域或区域水系统持续健康发展与水系统管理提供技术支撑。

## 4 标准制定的必要性

我国水环境管治已由末端污染修复治理为主逐步转变为前瞻性预防为主，防治结合，水环境承载力预警显得尤为重要，国家各级部门出台相关政策，对流域环境承载力预警工作高度重视，然而我国现有水环境承载力预警大多只停留在评价层面，预警概念内涵不清，警限与警度划分不科学，预警技术方法体系尚处于探索阶段，亟需建立水环境承载力预警技术体系，促进流域/区域水系统协调发展，为提升可持续发展形势分析能力与流域/区域水系统管理提供技术支撑。

## 5 标准制定的原则与技术思路

### 5.1 标准制定的原则

标准编制组以水体功能目标为导向，本着科学性、先进性和可操作性的原则，致力于实现流域/区域水环境承载力的预警。本标准的制定原则有：

#### 5.1.1 科学性

充分利用相关领域的科学原理，熟悉国内外相关领域的研究进展，吸取多年来相关工作所取得的成果和经验。

#### 5.1.2 普遍适用性

充分考虑国内现有的技术和装备水平以及社会经济承受能力，选择合适的研究方法和预警指标，适用于在大多数地区开展工作。

#### 5.1.3 实用性

规范内容详尽，工作流程简洁，便于实施与监督。

## 5.2 标准制定的技术思路

在涵盖识别警源、分析警兆、评判警情、界定警度与预测警情、警情排除等 6 个阶段的预警体系框架指导下，构建基于景气指数的短期预警技术方法。该方法是一种依据经济周期性及其导致的对水环境压力的波动性的原理，在基准警情与影响警情指标体系构建基础上，利用时差相关分析方法，将指标划分为先行、一致指标；进一步基于景气指数（包括扩散指数与合成指数），对流域/区域水环境承载力超载警情进行分析；最后，利用构建的综合预警指数对未来承载状态进行判别，通过界定警度并划分警限，进行预警。



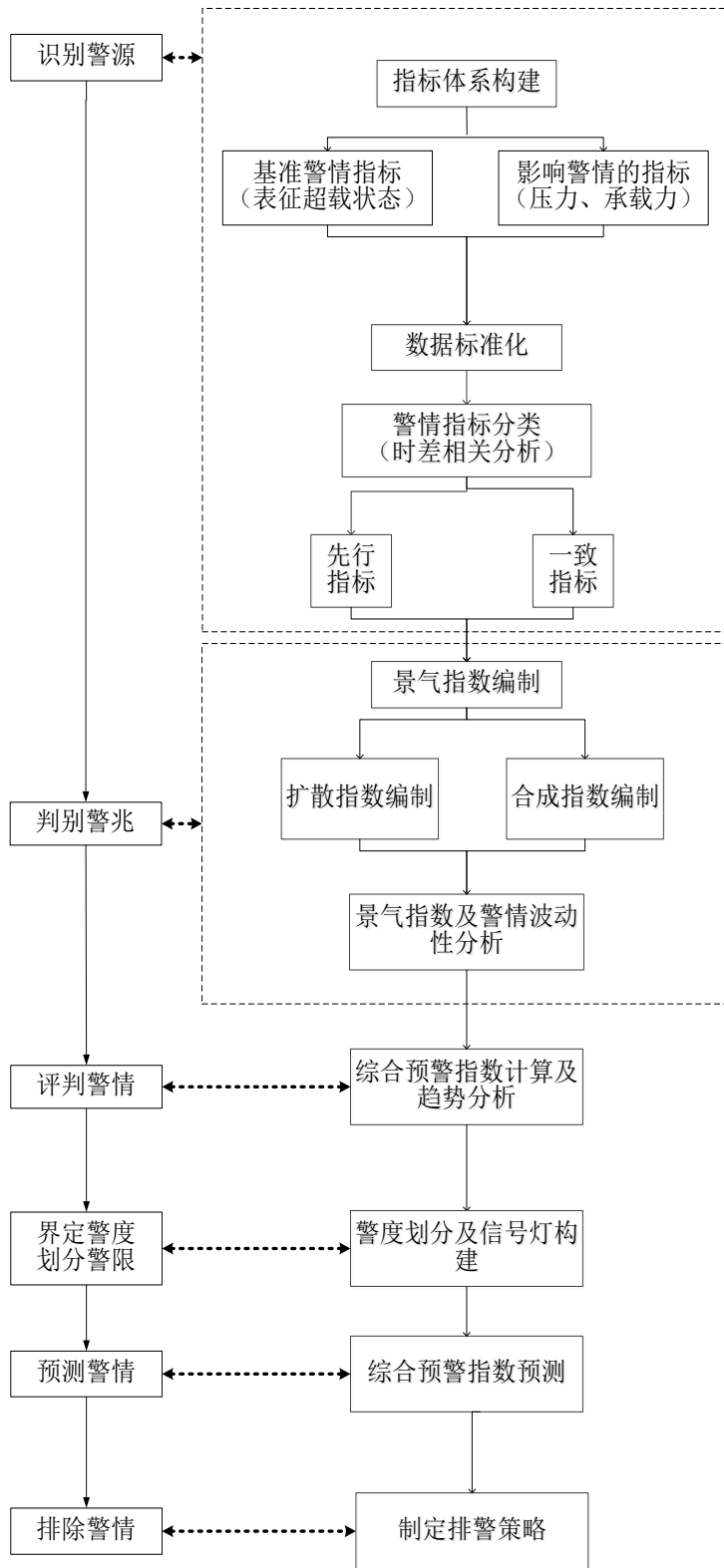


图 12 技术路线

## 6 标准主要内容条文说明

### 6.1 预警指标体系构建

对于水环境承载力系统，随着经济的周期波动，人类活动经济发展导致对水环境造成的压力表现出一定的周期性波动趋势，这种“水环境承载周期性”是水环境承载力预警系统研究的主要理论基础。水环境承载力预警的波动特征能够通过指标的变动体现出来，而指标的变化也是水环境承载力承载状况的微观体现。因此，指标作为测量水环境承载状况变化的指示器，在水环境承载力预警研究中起着至关重要的作用。基于水环境承载力的概念，可从水资源承载力以及水环境承载力两个方面选取水环境承载对经济活动变动敏感的指标，构建水环境承载力预警景气指标体系，如社会经济规模、结构，水资源量及用水量，污染排放及处理，生态系统水源涵养服务等，并同时考虑数据的可获取情况。

此外，由于景气波动的传导和扩散不会同时发生，所以需要选择基准指标，作为后续划分警情指标（先行、一致）的依据。基准指标选取的基础和依据主要是该指标记录时间需足够、周期性好、比较稳定。对应到水环境承载力预警，结合实际情况，选取能反映水环境承载情况的指标作为基准指标，如可表征水环境质量的指标（水质指标）。

### 6.2 警情指标分类

在水环境承载力系统运行中，不同变量不是同时变动的，反映在指标上就是指标的变动存在时间上的先后顺序。例如，有些指标变动与水环境承载情况变动是一致的，有些指标变动是领先于水环境承载情况变动的，这样构建的警情指标可以分为一致指标和先行指标。划分先行、一致指标的方法有时差相关分析法，KL 信息量法，峰谷图形分析法和峰谷对应分析法（BB 算法），其中，时差相关分析为定量方法，具有简单易行的特点。所以建议选用此方法。

### 6.3 景气指数编制

景气指数可综合反映各指标的情况，分为扩散指数（DI）和合成指数（CI）两种。

扩散指数可以评价和衡量景气指标的波动和变化状态，反映了社会经济对水环境的影响状态。扩散指数是扩散指标与半扩散指标之和占指标总数的加权百分比，其本质是在某一时刻（年、月、日），所有指标中增长指标的数量占比。当扩散指数大于 50，说明半数以上警情指标处于景气状态，即半数以上指标较上一时刻有所增长，半数以上压力指标增长或承载力指标下降；当扩散指数小于 50，说明半数以上警情指标处于不景气状态，即半数以上指标较上一时刻有所减小，半数以上压力指标下降或承载力指标增长；先行扩散指数对一致扩散指数的领先程度（设为时差  $t$ ），可以认为先行扩散指数所预测的

承载状态改变将在  $t$  年后出现。

合成指数是将各敏感性指标的波动幅度综合起来，不仅能反映景气循环的变化趋势，判断变化的拐点，还可以表征社会经济等指标的整体变化程度，反映社会经济对水环境的影响程度。当合成指数上升，说明社会经济对环境的影响过热，水环境污染物有增加的可能，反之亦然。100 是合成指数的临界值，当合成指数大于 100 时，说明处于景气状态；当扩散指数小于 100 时，说明处于不景气状态。先行合成指数对一致合成指数的领先程度（设为时差  $t$ ），可以认为先行合成指数所预测的承载状态改变将在  $t$  年后出现。合成指数不仅能对水环境承载运行的景气状态进行预警，还可以预测承载波动所处的水平。

## 6.4 综合预警指数构建及计算

水环境承载力预警指标体系中每一个指标只能反映水环境承载力某一方面所面临的风险，而要进行全面预警必须构建综合预警指数。首先，选取先行指标反映综合承载情况，并采用极值法将指标标准化，将每个指标对应的时差相关系数与其同类（压力或承载力）指标相关系数之和的比例作为各指标权重；分别计算先行压力指标的预警指数及先行承载力指标的预警指数，并以比值作为综合预警指数。从而确定景气信号灯的输出。

## 6.5 景气信号灯及预警界限构建

预警信号灯是选取重要的先行指标作为信号灯体系的基础，从这些指标出发评判经济发展对环境承载情况，给出承载状态的判断。借鉴类似于交通信号灯的方法，预警信号灯系统用“绿”、“黄”、“橙”、“红”等 4 种颜色代表整个承载状况中“无警”、“轻警”、“中警”“重警”等 4 种情形，所以预警信号灯给人的印象直观易懂；当预警信号灯出现“黄”色时，可以预先知道承载状况已经偏离了正常运行情形，从而可以提前采取一些调控手段防止“超载”情形的发生。

综合预警指数是由压力预警指数与承载力预警指数的比值，所以 1 作为恰不超载状态，以 0.5 为一档，构建预警界限。

## 6.6 综合预警指数预测

综合预警指数的预测模型中，下一时刻的综合预警指数与下一时刻的合成指数变化率及前两时刻的综合预警指数有关；且由于合成指数变化率呈周期性变化，下一时刻的合成指数变化率可用时间序列模型进行预测。分别对下一时刻的压力预警指数和承载力预警指数进行预测，并按照综合预警指数计算公式，得到下一时刻的综合预警指数。

## 6.7 制定排警措施

排警决策基于对警源、警兆、警度的分析，同时应考虑手段的可行性和措施成本。在实际操作中，可从双向调控角度提出水环境超载状态的缓解对策，从提高水环境承载力和降低社会经济活动对水环境的压力两个方面入手，从流域的水环境全过程控制角度将措施细分为前端、过程和末端三个方面考虑调控措施，考虑研究区的特性，对可行的手段进行筛选；进一步的，可基于排警决策情景对排警后的系统进行模拟仿真，考察警情是否能得到排除。理论上，如排警决策的实施无法使系统回到安全（无警）的状态，应该采取进一步的措施。而在实际操作中，可采取的措施往往受到社会经济发展以及时间空间上的限制，此时需对排警的结果进行详细的分析和讨论，并提出对今后决策的展望。

## 7 标准实施的环境效益与经济技术分析

水环境承载力预警技术指南的发布与推广应用，将提升国家与地方、流域与区域水环境监管决策、水污染控制与水环境治理产业的发展水平，以及流域或区域水环境规划与水系统建设能力，为促进我国水环境精准管理提供的技术支撑作用。此外，若通过将流域或区域水环境承载力预警技术纳入国家、地方与流域水污染防治年度计划与制定过程中，根据水环境承载力预警结果，在双向调控理念指导下，从社会经济发展规模结构与用水规模结构优化调控，增容与减排“两手抓、两手硬”手段，确保生态基流的水质水量联合调度技术，以及人工湿地与河道生态修复等水生态干预措施等方面，提出排警方案，最大限度地人类生活活动与生产活动控制在水环境承载力范围之内，减缓流域或区域水环境承载力超载程度，促进流域或区域水系统持续、健康、安全发展。

通过发布水环境承载力预警技术指南，进行宣传培训，对技术进行产业化推广，提升我国流域或区域水环境承载力预警理念关于技术创新能力与市场竞争力。不仅可以提升我国流域或区域水环境监管与水环境规划时评，促进水系统健康、安全、持续发展；同时，还将创造的可观的直接和间接经济效益和社会效益。

## 8 标准实施建议

### 8.1 明确流域/区域水环境承载力具体问题，构建科学合理的预警指标体系。

应针对工作区的具体的水环境问题，在明确水环境承载力预警概念内涵与警义基础上，从水环境承载力承载状态（人类活动给水系统带来的压力超过水系统自身承载力的程度）角度出发，兼顾组成水系统的水资源、水环境，构建科学合理的、可以客观表征水环境承载力预警的水环境承载力预警指标体系。

## 8.2 建立健全预警指标的监测与发布机制，确保水环境承载力预警的时效性

警情指标及基准指标的时效性是影响预警准确性的关键，需通过信息化手段、相关管理部门联合调度等机制健全预警指标的监测，并制定及时发布的方案等，确保预警指标对水环境承载状况及时、有效的预测及警报。

## 9 其他需要说明的事项

无