

《水污染治理技术综合评估导则》
(征求意见稿) 编制说明

《水污染治理技术综合评估导则》编制组

二〇二〇年六月

项目名称：流域区域水污染治理模式与技术路线图

项目统一编号：

承担单位：中国环境科学研究院

编制组主要成员：蒋进元、李娇、谭伟、魏健、洪尉淞、李君超、宋永会、刘翔

标准所技术管理负责人：姚芝茂

技术处项目经办人：

目 次

1	任务来源	1
2	标准编制制定必要性、编制依据、编制原则	1
2.1	标准制定必要性.....	1
2.2	编制依据和原则.....	3
3	主要工作过程	3
4	主要技术内容及说明	4
4.1	水污染治理技术评估对象.....	4
4.2	综合评估原则.....	5
4.3	综合评估指标体系构建.....	6
4.3.1	指标体系构建原则.....	6
4.3.2	指标体系构建方法及指标体系框架.....	7
4.3.3	指标层指标筛选方法.....	8
4.4	权重确定方法.....	9
4.4.1	权重确定原则.....	9
4.4.2	权重确定方法.....	9
4.5	综合评估计算方法.....	11
4.5.1	评估指标归一化计算方法.....	11
4.5.2	综合评估模型.....	11
4.6	综合评估结果表示.....	12
4.7	应用案例.....	13
4.8	综合评估报告编制要求.....	35
4.8.1	封面.....	35
4.8.2	扉页.....	35
4.8.3	技术概况.....	35
4.8.4	综合评估方案.....	36
4.8.5	综合评估结果.....	36
4.8.6	结果分析方法.....	36
4.8.7	结论与建议.....	36
4.8.9	附录.....	37
5	标准实施建议	37
6	征求意见及意见处理说明	37

《水污染治理技术综合评估导则》编制说明

1 任务来源

水体污染控制与治理科技重大专项“流域水污染治理与水体修复技术集成与应用”项目组下达任务，正式启动《水污染治理技术综合评估导则（试行）》标准（以下简称“导则”）的编制工作。中国环境科学研究院承担该标准的编制工作。参编单位有。。。。

通过本标准的编制，用于指导水污染治理技术的技术集成与工程应用，推动被评估技术得以应用与推广；评估技术的优势与不足，引导水污染治理技术的创新与发展；评估结果可以指导水污染治理技术的技术集成、技术应用和技术预测；指导水污染治理技术中十四个子领域方法的统一、标准化、规范化，便于技术之间进行比较。

2 标准编制制定必要性、编制依据、编制原则

2.1 标准制定必要性

（1）水专项“十三五”进入综合调控新阶段，需要总结凝练形成流域水污染治理模式

《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020年）》围绕建立创新型国家目标，设立了16个科技重大专项，其中第七专项“水体污染控制与治理”（以下简称“水专项”）重点研究解决制约经济社会发展的水污染重大科技瓶颈问题，建立适合我国国情的水体污染监测、控制与水环境质量改善技术体系，为国家重点流域水污染治理工程提供强有力的技术支撑。到2020年，各不同流域示范区水环境质量明显改善，饮用水安全保障能力显著提高，并为推动经济和技术上可行的流域整治提供科技支撑。

水专项总体目标是在流域层面构建我国流域水污染治理、流域水环境管理以及饮用水安全保障三大技术体系，以控制污染源排放、改善水环境质量、保障饮用水安全、形成监控预警能力领域的技术创新为重点，突破关键技术，特别是要研发高效低耗的水污染控制与治理技术，实现科技创新与技术集成创新；选择重点流域和地区开展关键技术和经济政策综合集成与应用，开展水污染控制与治理

综合示范；构建共性技术研发平台与重点流域、重点地区监管技术平台。水专项确定了“十一五”“控源减排”、“十二五”“减负修复”、“十三五”“综合调控”阶段目标。

水专项“十三五”阶段目标是突破流域水环境“综合调控”关键技术，建立国家水环境“监控预警平台”，保障我国流域水环境安全。以京津冀区域和太湖流域为重点研究示范区域，对流域水污染治理技术体系、流域水环境管理技术体系、饮用水安全保障技术体系进行集成与应用，进行典型流域辽河、淮河、巢湖、滇池的技术完善、验证、应用推广示范。“十三五”水专项需要系统梳理总结已有成果，开展综合调控示范，进一步完善技术体系，非常有必要研究系列关键技术如何在流域区域层面应用和落地，形成流域区域水污染治理模式。

（2）我国流域水污染治理具有复杂性、长期性和艰巨性

我国水资源缺乏、水污染严重和水生态破坏等问题交织叠加，制约着经济社会发展。当前造成我国水污染问题严重的原因，除了废水污染物排放量多之外，另一重要的原因就是水污染治理力度不足，主要表现在以下几方面：首先，在城镇水污染治理方面，存在投入和扶持力度不够、机制不畅和监管不足等问题，尽管污水处理厂建设力度加大，但污水管网不配套等问题使一些污水处理厂运转困难，造成城镇污水的处理效率较低；其次，在工业水污染治理方面，高浓度、难降解、高含盐废水的处理难度大，特别是工业园区废水由于规划和监管等原因使得治理难度更大，由于技术储备不足，造成废水处理效果差；第三，在标准规范方面，我国的排污标准相对较低，不能满足地表水环境质量改善的要求。面对我国水污染严重、治理难度大等问题，除了要加大资金投入，还要加强管理，更要强化治理技术研发与集成应用。总之，经济社会持续发展的压力决定了我国水污染治理任务的艰巨性和长期性。

（3）我国流域水污染治理需要形成自己的模式

我国幅员辽阔、不同区域自然禀赋各异、经济社会发展不均衡，水污染呈现区域差异性，不同流域区域污染特征、污染成因不同，需要针对性强、适用性好的综合治理措施显著。水专项在“十一五”和“十二五”期间突破形成了一批污染治理与生态修复关键技术，在流域区域水污染治理方面积累了海量数据，开展

了不同尺度、不同层面的技术集成与总结，结合工程示范和流域地方的治理实践，提出了“一湖一策”、“一河一策”、“洱海模式”、“辽河保护区治理模式”等。此外，在“水十条”实施过程中，流域地方出现了一批水污染治理效果显著的典型案例，例如山东省的“治用保”和浙江省的“五水共治”等，正逐渐形成具有中国特色的流域（区域）水污染治理和生态修复模式。梳理水专项治理技术成果，紧密结合流域区域治污实践，总结科研和实践经验，凝练提升，用于指导我国的水污染治理，势在必行。

2.2 编制依据和原则

本标准按照《中国环境科学学会标准管理办法（试行）》的要求和规定，确定标准的组成要素。

在标准制定过程中遵循以下几个原则：

- 1) 政策相符原则。导则编制应符合国家相关法律法规、政策文件等。
- 2) 全面覆盖原则。导则适用范围应涵盖水专项领域布局中城市点源治理、面源治理、水体修复和工业源治理等几大技术领域所涉及的水污染治理技术的综合评估。
- 3) 客观公正原则。水污染治理技术综合评估指标的筛选、评估工作等应科学、客观、公正。
- 4) 动态调整原则。导则应该根据国家环境管理工作需要和技术发展适时修订。

3 主要工作过程

（1）成立编制组，制定导则编制大纲

2019年3月，“流域（区域）水污染治理模式与技术路线图”课题中子课题四“流域区域水污染治理关键技术评估与实证”组织课题成员成立导则编制组。

2019年4月，编制组提出编制大纲。

（2）开展调研，全面分析水污染治理技术综合评估指南

编制组组织开展了多个领域的水污染治理技术调研，对现行技术评估体系、指导性、引领性的效果进行了分析和总结，2019年4月29日，“流域（区域）水污染治理模式与技术路线图”课题组组织召开了导则大纲专家咨询论证会议，

邀请来自清华大学、北京师范大学、北京科技大学、北京市环境保护科学研究院、北京市水科学技术研究院等单位的多位专家对导则编制大纲进行咨询论证，进一步明确了指南的目标、框架与重点。

（3）标准草稿

2019年5月~2019年10月：标准起草组召开起草工作研讨会，就标准起草过程中存在的问题进行集中研讨。标准起草组根据水污染治理技术类型和特征，进一步完善技术综合评估方法体系，经过若干次课题组内部研讨会和专家咨询会，形成了标准草稿。

（4）标准立项

2019年10月：标准起草组向中国环境科学学会提交制修订立项申请书。

2019年11月：经中国环境科学学会审议进行立项公示。

2019年12月：经中国环境科学学会审议进行正式立项。

（5）标准征求意见稿

2019年11月~2020年7月：标准起草组召开工作研讨会，通过多次修改和内部讨论，形成《水污染治理技术综合评估导则》（征求意见稿）。

（6）进一步完善形成送审稿

2020年X月X日，编制组根据征求意见结果，进一步修改完善形成标准送审稿，提交中国环境科学学会。

4 主要技术内容及说明

4.1 水污染治理技术评估对象

根据水专项的领域布局，参考国内外水污染治理技术的行业特点，将评估对象即水污染治理技术分为城市源治理技术、面源治理技术、水体修复技术和工业源治理技术，并进一步细分为14个技术子领域。水污染治理技术综合评估应用范围具体见图4.1-1。

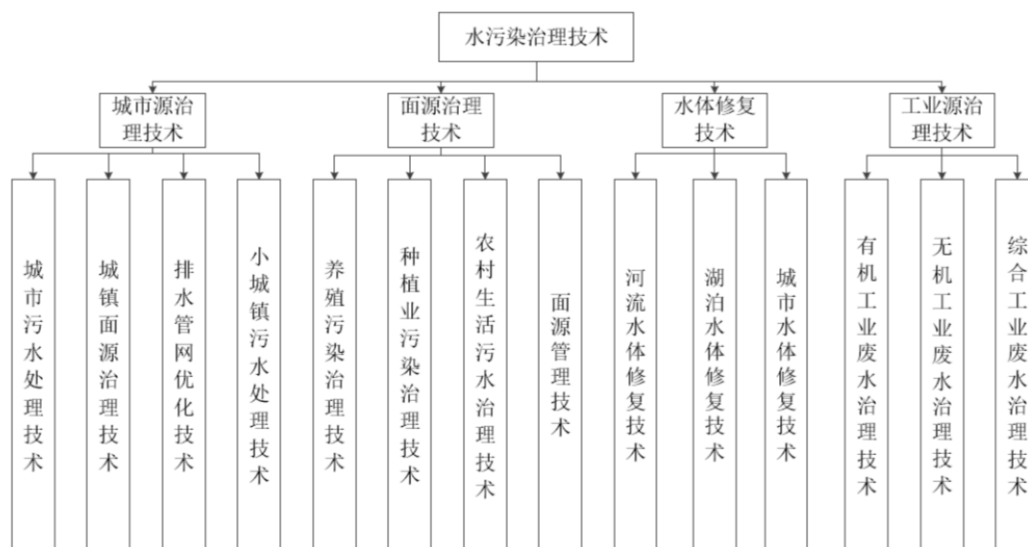


图 4.1-1 水污染治理技术综合评估应用范围图

4.2 综合评估原则

水污染治理技术综合评估遵循以下原则：

(1) 客观性原则：整个水污染治理技术评估过程要做到科学客观，尽可能以量化的形式准确反映被评估对象的各个侧面的特征，以对水污染治理技术作出客观的评价，避免人为或主观的影响。

(2) 综合性原则：水污染治理是一项综合性很强的工作，涉及到技术和管理两个方面，又与水、气、固、土壤、噪声等要求相关，确定其关键控制技术实际上面临诸多难点和挑战，可能是一项或多项技术，因此要注重评估工作的综合性，为技术适用性选择提供参考依据。

(3) 整体性原则：流域区域环境质量的改善是多项技术、工程、管理等措施共同作用的结果，开展评估时要考虑流域区域的整体性，需建立流域区域的特征数据库和技术数据库，便于把技术放在空间和时间两个序列上进行比较，从而反映出被评估技术在技术体系和流域区域的排序位置，以利于指导技术发展方向。

(4) 差异化原则：不硬性推荐套用完全统一的评估指标，因地制宜选择有综合性质、信息量足的评估指标；用尽可能少的指标，有针对性地反映对全局具有关键影响的技术性能、经济成本和环境影响状态。

4.3 综合评估指标体系构建

4.3.1 指标体系构建原则

1) 科学性原则：指标建立应具有充分的科学依据，以量化的形式恰当反映评估对象某方面的特性，以便于对水污染治理关键技术做出客观的评估，避免人为或主观的影响。每个指标、每级指标的命名、表示、设置也要有科学依据，指标的解释要有理有据，严格遵守学术规范。

2) 可比性原则：流域区域水污染治理关键技术评估指标体系应对每一个评估对象是公平可比的。不仅可以某个流域或区域比较，还要方便每种类型技术在全国水平范围内进行比较。不仅能够不同的应用领域进行对比，还要求能够在国际上与相同地区或者类似应用区域的技术进行比较，而后选择适合中国国情和水污染治理状况的先进技术。

3) 可测性原则：符合客观实际、有比较稳定的数据来源，其数据来源易于获取、统计流程规范、统计口径一致，尽可能具有通用性。为了测算结果的准确和客观，应尽量避免使用定性指标。可测性指标的数据易于收集和后期计算，能尽可能减少主观判断造成的误差。要确保技术评估指标的真实性，需要保证指标数据易于收集整理，典型性强，易于同类评估对象的横向对比，能够实现获得，指标无歧义，清晰明了。指标的可测性保证了评估方法的可操作性，是评估结果推广应用的前提。建议从地表水环境质量标准、污水综合排放标准、行业废水排放标准、相关的技术规范导则等正式文件中筛选。

4) 独立性原则：指标间尽可能独立、不重叠，尽量选择有代表性的综合指标和主要指标，辅之以一些辅助指标。对于一个完整的技术评估指标体系，被选用的各个指标之间信息应该是相互独立的。在指标的选用过程中，需要尽可能地选用独立性较强的指标，从而尽可能地增加对于同类技术评估的准确性和科学性。可以将比较特殊的指标作为备用指标，单独对比较重要技术进行评估。各个相对独立的评估指标要构建成一个比较完备的、能够对于通用技术进行客观评估的指标体系，需要尽可能地包含被评估技术的各个方面，从而更加客观全面地反映评估技术对象的实际情况和特征。

5) 确定性原则：评估指标应是确定性的，舍弃不确定性的指标。如，对于有些指标值的优劣并不能通过指标值的高低来衡量，从而使得评估指标具有不确定性，该类指标不应纳入水污染治理技术评估指标体系。

6) 稳定性原则：指标体系内容不宜变动过多、过频，应保持其相对稳定性。在一定时期和范围之内保持先进性和可操作性，在技术变化多样、发展迅速的前提下具有较长的时效性，能够适应一定范畴之内的时代进步和社会发展，选择出来的指标能够作为一段时期内关键技术筛选的评估指标，能够使最终的评估结果具有较长的时效性和先进性。

4.3.2 指标体系构建方法及指标体系框架

基于评估指标体系构建的基本原则，采用层析分析法构建“目标层-准则层-要素层-指标层”的四层级结构的评估指标体系（见图 4.3-2）。第一层为目标层，即水污染治理技术综合评估。第二层为准则层，设置环境指标、经济指标和技术指标三个不同侧面来全面体现综合评估的评估目标。第三层为要素层，将准则层进一步细化分解，将评估同一侧面或同一目标的指标归到一类，优化指标体系，使目的更加清晰。该研究设置六个要素来体现三个准则，其中，环境指标包含环境效果和二次污染两个要素来分别体现环境的正、负效应；经济指标包含技术成本和技术收益两个要素来分别体现技术产生的费用和收益；技术指标由技术可靠性和技术适用性两个要素来体现。第四层为指标层，即用来评估水污染治理技术的具体指标。由于水污染治理技术涉及类型多、数量大，无法提出统一的评估指标来涵盖所有的水污染治理技术类型，因此在六个共性要素的基础上，根据各水污染治理技术类型的特征，再分别提出各技术类型的指标层。

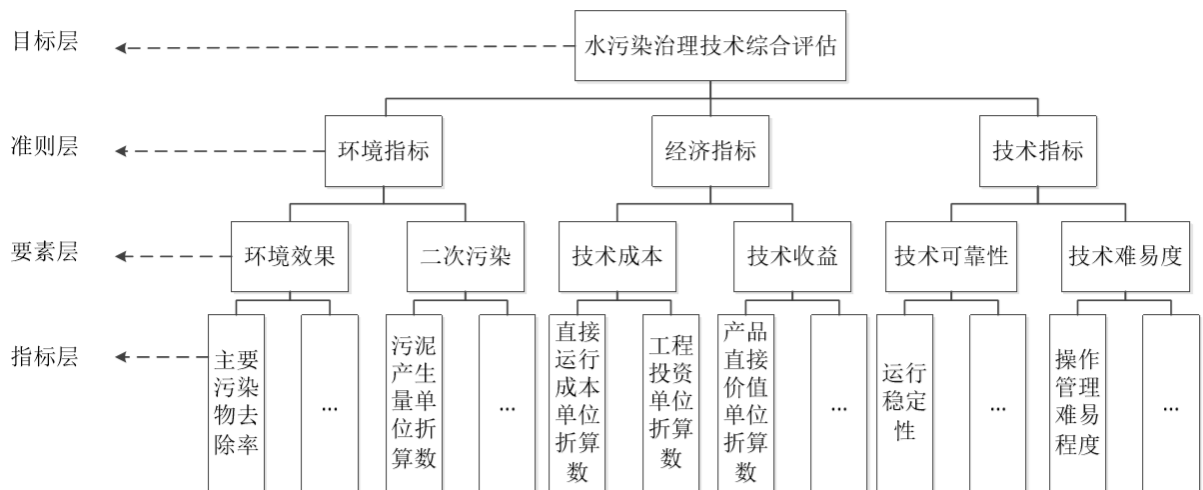


图 4.3-2 水污染治理技术综合评估指标体系框架

4.3.3 指标层指标筛选方法

指标筛选分为初步选取、优化筛选两个阶段。初步选取阶段主要采用频度统计法，即查阅、分析、整理国内外相关文献及水专项相关研究成果，形成指标数据库，统计各指标频度，保留使用频度较高的指标。优化筛选阶段在初步筛选的基础上，依次通过数据采集验证可测性、咨询专家分析指标重要性等，最后确定水污染治理技术综合评估指标。

(1) 数据收集与频度统计

通过国内外文献调研获取水污染治理技术评估相关指标，形成备选指标库，并统计分析指标在文献中出现的频度。由于该研究评估对象为水专项研究成果中产生的水污染治理关键技术，因此，基础数据从水专项实施以来取得的研究成果中获取。对每项水污染治理关键技术的实际应用案例中涉及到相关的定性或定量指标数据进行收集整理，形成指标筛选基础数据库，并统计分析指标在水污染治理技术的应用案例中出现的频度。

(2) 重要性判断

依据评估指标的重要性并兼顾均衡分布，设计出专家咨询表格。指标的重要性分为“高”、“中”、“低”3个等级，分别用“+++”、“++”、“+”来表示。采用公开征求意见的方式，通过多轮次组织专家对所选指标进行讨论，经过反复

征询、归纳、修改，最终汇总各指标的重要性等级。对于处于“中”“高”等级重要性的指标作为候选指标。通过专家咨询法可以避免漏掉频度低但却十分有价值的指标。

(3) 可测性判断

可测性判断是分析单项指标能否准确、及时地获取，采用现场资料调研和搜集已加工、整理过的次级资料的方式进行检验。如果某项指标依据现有水平不能获取，并且又不重要则舍去。

4.4 权重确定方法

4.4.1 权重确定原则

权重是以某种数量形式对比、权衡评价事物总体中诸因素相对重要程度的量值。技术评估体系各指标权重合理与否，直接关系到评估结果的客观性、公正性、合理性。权重确定遵循以下原则：

(1) 客观性。权重应该真实反映各指标对综合指标值的贡献，应是大家公认的结果值。

(2) 范围性。权重应在一定的范围内变化，不宜变化过大或过小。

(3) 层次性。根据指标体系构成，权重确定时也要有层次性，由高到低、由宏观到微观。

(4) 相关性。指标与评估目标的相关性越大、因果关系越明显，则权重值越大，反之则小。

(5) 比较性。同一层级任意两个或几个指标的权重值具有可比性，比较结果也符合逻辑判断或相关性原则。

4.4.2 权重确定方法

推荐采用层次分析法确定权值。

(1) 构造判断矩阵

采用 1~9 标度法分别对准则层指标间两两比较赋值进行相对重要性分析。已知 A1、A2 两元素，如果两者“同等重要”，标度赋值为 1；如果 A1 比 A2“稍微重

要”，则标度赋值为 3；A1 比 A2“明显重要”，标度赋值为 5；A1 比 A2“非常重要”，标度赋值为 7；A1 比 A2“极端重要”，则标度赋值为 9。反之，A2 与 A1 相比，其赋值则为上述标度值的倒数。若两元素比较结果介于上述两种判断值之间，可用 2、4、6、8 作为中间赋值。相对重要等级见表 4.4-1。

表 4.4-1 标度法相对重要程度等级表

标度	等级类别	内容
1	同等重要	两者对目标作用相同
3	相对重要	一个比另一个稍微重要
5	明显重要	一个比另一个明显重要
7	非常重要	一个比另一个非常重要
9	极端重要	一个比另一个极端重要
2、4、6、8	相邻中间值	

对准则层的指标两两进行相对重要性分析，即构成了判断矩阵。从准则层指标 B1 到 B3 间的相对重要程度分析，可得出判断矩阵 A。

- (2) 根据判断矩阵，利用和积法或几何平均值法求解权向量 W。
- (3) 一致性检验

对构建好的判断矩阵进行一致性检验，计算一致性指标值 $CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$ 和 $CR = \frac{CI}{RI}$ ，其中 λ_{max} 为判断矩阵的最大特征根，n 为矩阵维数，RI 为平均随机一致性指标。如果 $CR < 0.1$ ，则认为判断矩阵合理，否则重新调整判断矩阵的元素取值。多阶判断矩阵平均随机一致性指标 RI 值见表 4.4-2。

表 4.4-2 多阶判断矩阵平均随机一致性指标 RI 值

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

- (4) 层次综合排序

利用层次单排序的结果和方法，重复上述步骤，对要素层指标和指标层指标进行层次综合排序，得出要素层指标权重和指标层指标权重。

4.5 综合评估计算方法

4.5.1 评估指标归一化计算方法

采用标杆法对技术综合评估指标数据进行归一化处理，消除量纲到[0,1]范围内。其中效益型指标（即正向影响指标，如 COD 去除率、产品直接收益等）使用式 4.5-1 进行归一化，成本型指标（即负向影响指标，如建设投资、运行成本）使用式 4.5-2 进行归一化。

$$S_i = \frac{a_i - a_i^{min}}{a_i^{max} - a_i^{min}} \quad (\text{式 4.5-1})$$

$$S_i = 1 - \frac{b_i - b_i^{min}}{b_i^{max} - b_i^{min}} \quad (\text{式 4.5-2})$$

式中， S_i 为归一化后指标 i 距离标杆值的距离； a_i^{max} 为正向指标 i 的标杆值； a_i^{min} 为正向指标 i 的最低点值； a_i 为正向指标 i 的原始数据值； b_i^{max} 为负向指标 i 的标杆值； b_i^{min} 为负向指标 i 的最低点值； b_i 为负向指标 i 的原始数据值；标杆值，基于国内外文献调研和水专项研究成果得到，代表了某类型技术中某项指标最先进的水平。

4.5.2 综合评估模型

各个归一化后的计算结果逐级汇总计算为一个评估得分的计算方法，分别用以下三个公式逐级汇总计算得出某技术的综合评估结果。

$$D_1 = D_{21} \cdot S_1 + D_{22} \cdot S_2 + \dots + D_{2j} \cdot S_n \quad (\text{式 4.5-3})$$

式中， j 为指标层指标数； n 为指标层指标数； D_1 为某技术的综合得分（即三维度上的综合评估结果）； D_{2j} 为某技术准则层第 j 个指标得分； S_n 为某技术准则层第 n 个指标权重。

$$D_2 = D_{31} \cdot S_1 + D_{32} \cdot S_2 + \dots + D_{3i} \cdot S_n \quad (\text{式 4.5-4})$$

式中， i 为要素层指标数； n 为指标层指标数； D_2 为某技术单一维度评估得

分（即每个维度的综合评估结果）； D_{3i} 为某技术要素层第 i 个指标得分； S_n 为某技术要素层第 n 个指标权重值。

$$D_3 = 100 \times (F_1 \cdot S_1 + F_2 \cdot S_2 + \dots + F_n \cdot S_n) \quad (\text{式 4.5-5})$$

式中， n 为指标层指标数； D_3 为某技术要素层评估得分； F_n 为某技术指标层第 n 个指标归一化赋值； S_n 为某技术指标层第 n 个指标的权重值。

4.6 综合评估结果表示

评估结果分两种形式来表达，分别为三维坐标表达式和雷达图表达式。1) 应用三维坐标表达式来表示三个维度的最终评估结果，即将每个技术计算得到的三个维度上的数值以 (x,y,z) 坐标值表示，在三维空间得到体现，从而将每个维度的评估结果可视化（如图 4.6-a）。2) 针对三个维度内包含的每个评价指标在每个维度上的情况，采用雷达图表达式来表达，即将每个维度上各个评价指标的结果集中画在一个圆形图标上来表现某一项技术在不同维度上的各个指标的变动情形及好坏取值。如某项技术中环境维度下氨氮削减效果、TP 削减效果、COD 削减效果和二次污染 4 个评价指标同时在雷达图上表示，直观表达每一指标的情况（图 4.6-b）。

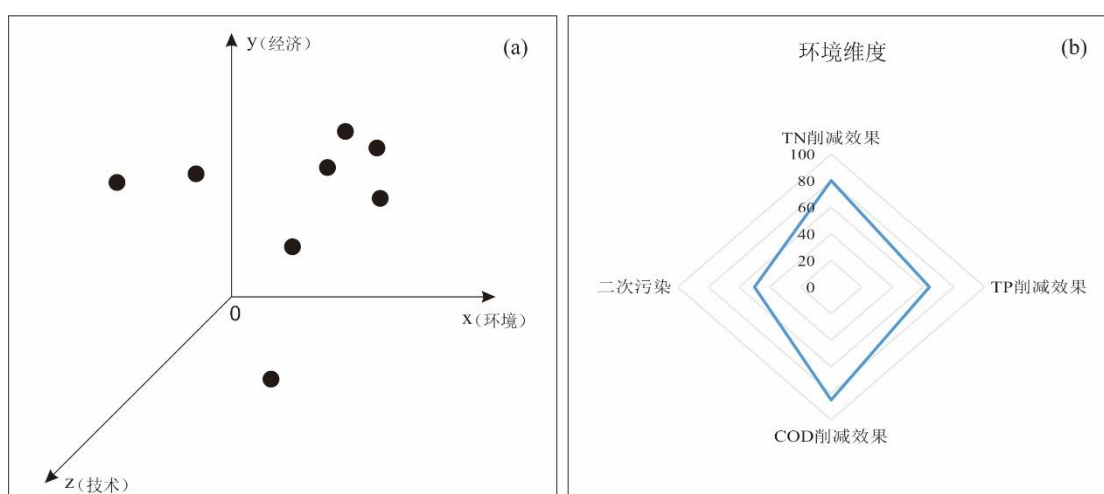


图 4.6-1 综合评估结果表达方式

(a) 综合评估结果在三维空间表达方式

(b) 某一维度下各个评估指标的雷达图表达形式

4.7 应用案例

4.7.1 总体说明

4.7.1.1 评估对象

本案例评估的技术是生物膜处理技术，是城市源治理技术分类中城市污水处理技术的一种子技术。

本案例评估的对象是运用生物膜处理技术的大连市春柳河污水处理厂和沈阳西部污水处理中心。

4.7.1.2 数据来源

本案例使用的是数据是 2017 年辽宁省污水处理厂的环境统计数据（年数据）和全国城镇污水处理管理信息系统辽宁省水质数据（月数据）。

4.7.1.3 其他说明

除已收集到的数据外，因资料缺失本案例中还有很多数据是假定数据（假定数据会在使用中特别说明）。此外，本应请专家利用层次分析法确定权重，但在本案例仅是根据以往经验利用层次分析法确定权重。

因此，本案例仅是展示技术综合评估的方法和过程。

4.7.2 指标体系

4.7.2.1 指标框架体系

本案例采用“目标层-准则层-要素层-指标层”的四层级结构的评估指标体系。

根据水污染城市源治理技术的相关特点、《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918—2002)、实地调研和以往经验，选用 COD 去除率、氨氮去除率、SS 去除率、TN 去除率、TP 去除率、绝干污泥单位产生量、工程投资单位折算数、直接运行成本单位折算数、产品直接价值折算数、运行稳定性和操作管理难易程

度作为指标层指标。各指标的定义与计算公式如下所示，构建的生物膜处理技术综合评估指标框架体系见图 4.7-1。

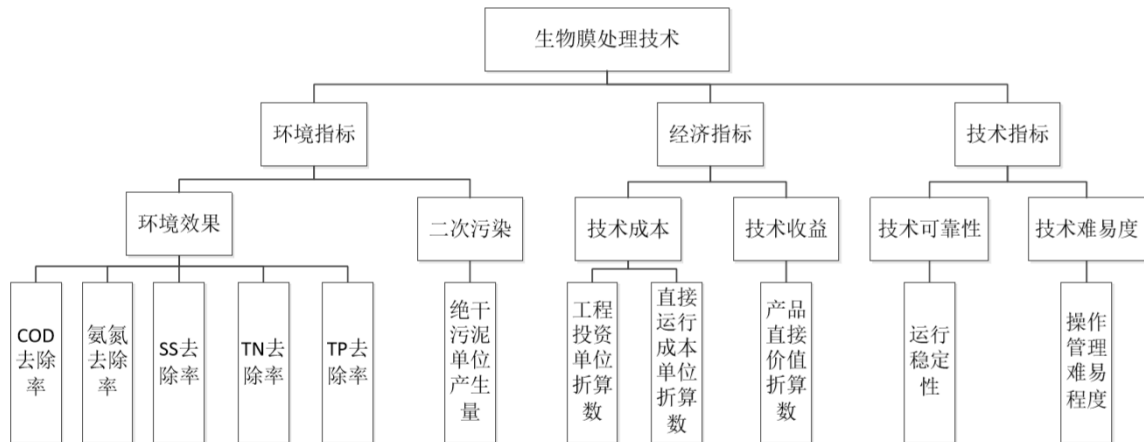


图 4.7-1 生物膜处理技术综合评估指标框架体系

4.7.2.2 指标定义与计算公式

(一) 环境效果

(1) COD 去除率

COD 去除率，定量指标，指水污染治理技术运行稳定后对污染物的去除效果。

计算公式为：

$$S_{COD} = \frac{C_{COD,进} - C_{COD,出}}{C_{COD,进}} \times 100\% \quad (\text{式 4.7-1})$$

式中，

S_{COD} —污染物去除率，%；

$C_{COD,进}$ —污染物进水浓度，mg/L；

$C_{COD,出}$ —污染物出水浓度，mg/L。

(2) 氨氮去除率

氨氮去除率，定量指标，指水污染治理技术运行稳定后对污染物的去除效果。

计算公式为：

$$S_{\text{氨氮}} = \frac{C_{\text{氨氮,进}} - C_{\text{氨氮,出}}}{C_{\text{氨氮,进}}} \times 100\% \quad (\text{式 4.7-2})$$

式中，

$S_{\text{氨氮}}$ —污染物去除率，%；

$C_{\text{氨氮,进}}$ —污染物进水浓度，mg/L；

$C_{\text{氨氮,出}}$ —污染物出水浓度，mg/L。

(3) SS 去除率

SS 去除率，定量指标，指水污染治理技术运行稳定后对污染物的去除效果。

计算公式为：

$$S_{SS} = \frac{C_{SS,进} - C_{SS,出}}{C_{SS,进}} \times 100\% \quad (\text{式 4.7-3})$$

式中，

S_{SS} —污染物去除率，%；

$C_{SS,进}$ —污染物进水浓度，mg/L；

$C_{SS,出}$ —污染物出水浓度，mg/L。

(4) TN 去除率

TN 去除率，定量指标，指水污染治理技术运行稳定后对污染物的去除效果。

计算公式为：

$$S_{TN} = \frac{C_{TN,进} - C_{TN,出}}{C_{TN,进}} \times 100\% \quad (\text{式 4.7-4})$$

式中，

S_{TN} —污染物去除率，%；

$C_{TN,进}$ —污染物进水浓度，mg/L；

$C_{TN,出}$ —污染物出水浓度，mg/L。

(5) TP 去除率

TP 去除率，定量指标，指水污染治理技术运行稳定后对污染物的去除效果。

计算公式为：

$$S_{TP} = \frac{C_{TP,进} - C_{TP,出}}{C_{TP,进}} \times 100\% \quad (\text{式 4.7-5})$$

式中，

S_{TP} —污染物去除率，%；

$C_{TP,进}$ —污染物进水浓度，mg/L；

$C_{TP,出}$ —污染物出水浓度，mg/L。

(二) 二次污染

(6) 绝干污泥单位产生量

绝干污泥产生量，指处理 1 立方米污水平均产生的绝干污泥量，绝干污泥量是指含水率为 0% 的污泥；定量指标，计算公式为：

$$S_{WN} = \frac{d_{WN} \times (1-w)}{Q_d} \quad (\text{式 4.7-6})$$

式中，

S_{WN} —处理 1 吨污水平均产生的绝干污泥量，千克；

d_{WN} —含水率 w 的湿污泥产生量（如果收集到的是年污泥产生量，则需要按实际运行天数进行平均），千克/天；

Q_d —污水实际处理量，立方米/天；

w —污泥平均含水率，%。

(三) 技术成本

(7) 工程投资单位折算数

工程投资单位折算数，指技术一次性建设投资费用与日处理吨水数之比按电耗的折算值；定量指标。计算公式为：

$$F_{TZ} = \frac{(F_D + F_J + F_S)}{Q_d \times F_d} \quad (\text{式 4.7-7})$$

式中，

F_{TZ} —单位建设投资折算数，万千瓦时/吨；

F_D —技术应用所需土地费用，万元；

F_J —技术应用工程费用(包括了土建工程、设备购置、设备安装和其他费用)，万元；

Q_d —日处理污水量，吨/天；

F_d —当地所有电费的平均电价(由当年总耗电费用除以总耗电量)，元/千瓦时。

需要收集的数据有：总投资费用(包括土地费用、土建费用和设备购置费用)、平均每日污水处理量、当地电价。

(8) 直接运行成本单位折算数

直接运行成本单位折算数，指评估技术处理 1 吨废水所需要的直接成本，折算为耗电量表示；定量指标。计算公式为：

$$F_{YX} = \frac{F_{ZJ}}{Q_y \times F_d} \quad (\text{式 4.7-8})$$

式中，

F_{YX} —直接运行成本单位折算数，KW h/t；

F_{ZJ} —直接运行费用(包括药剂费、人工费和其他费用)，元/年；

Q_y —处理污水量，吨/年；

F_d —当地所有电费的平均电价(由当年总耗电费用除以总耗电量)，元/千瓦时。

(四) 技术收益

(9) 产品直接价值折算数

产品直接价值折算数，采用单位水量下污染物削减量表征，当有多种污染物时，可选主要污染物进行加权求和得污染物削减量，定量指标。计算公式为：

$$I_{zj} = \frac{\sum_{i=1}^n Q \times (C_{i,进} - C_{i,出}) \times S_i}{Q} \quad (\text{式 4.7-9})$$

式中，

J_{zj} —产品直接价值折算数，处理 1 吨水各污染物加权后的总重量，g/t；

n —污染物种类；

Q —日均处理水量，立方米/天；

S_i —第 i 种污染物去除率的权重，无量纲；

$C_{i,进}$ —第 i 种污染物的进水浓度，mg/L；

$C_{i,出}$ —第 i 种污染物的出水浓度，mg/L；

(五) 技术可靠性

(10) 运行稳定性

运行稳定性，指工艺运行稳定程度，用各污染物去除率变异系数的均值来表示；定量指标。计算公式为：

$$W = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n SD_i \div Mean_i}{n} \quad (\text{式 4.7-10})$$

式中，

W —运行稳定性，无量纲；

n —污染物种类；

S_i —第 i 种污染物去除率的标准差，%；

$Mean_i$ —第 i 种污染物去除率的均值，%。

(六) 技术难易度

(11) 操作管理难易程度

技术难易度为技术指标准则层下属的要素层指标，表示被评估技术使用的难易程度。技术难易度下属的指标层指标为操作管理难易程度。

操作管理难易程度，与废水处理技术是否能够广泛开展密切相关，且直接影响出水的稳定达标性；定性指标。针对定性指标，采用专家评判法对其进行赋值，赋分范围为 0~100 分，操作管理越容易分数越高，反之则分数越低。

本研究统一采用五级法，分为差、较差、中、良、优五个等级，每个等级的赋值范围如表 4.7-1 所示。

表 4.7-1 五级赋值表

级别	差	较差	中	良	优
赋值	0~20	21~40	41~60	61~80	81~100

4.7.3 指标数据

4.7.3.1 环境指标数据

(一) 环境效果

环境效果指标有 COD 去除率、氨氮去除率、SS 去除率、TN 去除率和 TP 去除率。

使用 2017 年全国城镇污水处理管理信息系统辽宁省水质数据统计出每个月各污水处理厂各污染物进出口浓度，进一步计算出各污染物每个月的去除率。计算每个月各污染物去除率的均值，得到各个污染物去除率的指标数据。

(二) 二次污染

二次污染指标为绝干污泥单位产生量。

使用 2017 年辽宁省城镇污水处理厂环境统计数据，污水处理厂年污泥产生量和年实际处理污水量。而城镇污水处理环境统计数据中污水处理厂污泥含水率均为 80%，因而可以根据绝干污泥量计算公式计算得出绝干污泥量的指标数据。

4.7.3.2 经济指标数据

(一) 技术成本

技术成本指标为工程投资单位折算数和直接运行成本单位折算数。

使用 2017 年辽宁省城镇污水处理厂环境统计数据，得到污水处理厂累计建设投资金额、年运行费用、各污水处理厂运行天数、年实际处理污水量。因为没有污水处理厂 2017 年总电费数据，故在网上查询《关于合理调整电价结构有关事项的通知》（辽价发<2017>57 号），取辽宁省 2017 年居民生活用电（不满 1 千伏）电价 0.5 元/千瓦时为污水处理厂所有电费的平均电价。因此，可以计算得出工程投资单位折算数和直接运行成本单位折算数的指标数据。

(二) 技术收益

技术收益指标为产品直接价值折算数。

使用 2017 年辽宁省城镇污水处理厂环境统计数据,得到污水处理厂各个污染物的进出水浓度和年实际处理污水量。而各个污染物的权重由 4.7.5 中计算得出。因此,可以计算得出产品直接价值折算数的指标数据。

4.7.3.3 技术指标数据

(一) 技术可靠性

技术可靠性指标为运行稳定性。

使用 2017 年全国城镇污水处理管理信息系统辽宁省水质数据,得到各污染每月进出水浓度,进而可以求得每个月各污染物去除率。使用这 12 个月各污水处理厂各污染物去除率,求得各污水处理厂各污染的均值和总体标准差。因此,可以计算得出运行稳定性的指标数据。

(二) 技术难易度

技术难易度指标为操作管理难易程度。

操作管理难易程度为定性指标,可直接利用专家判断法进行赋值。本案例中是根据以往经验进行赋值。

4.7.3.4 指标数据计算结果

将各个指标的指标数据汇总,如下表 4.7-2 所示。

表 4.7-2 指标数据

环境指标					经济指标				技术指标	
环境效果					二次污染	技术成本		技术收益	技术可靠性	技术难易度
COD 去除率	SS 去除率	氨氮去除率	TN 去除率	TP 去除率	绝干污泥产单位生	工程投资单位折算	直接运行成本单位	产品直接价值折算	运行稳定性	操作难易程度

						量	数	折算	数		
大连市春柳河污水处理厂	88.23	90.93	87.51	55.90	82.01	0.014	0.345	1.044	53.375	0.979	75.0
沈阳西部污水处理中心	80.34	91.46	46.55	28.95	66.11	0.021	0.333	1.397	33.596	0.846	75.0

4.7.4 指标数据归一化

4.7.4.1 指标分类

各个指标层指标可分为效益型指标和成本型指标。

效益型指标有：COD 去除率、氨氮去除率、SS 去除率、TN 去除率、TP 去除率、产品直接价值折算数、运行稳定性和操作管理难易程度。

成本型指标有：绝干污泥单位产生量、工程投资单位折算数和直接运行成本单位折算数。

4.7.4.2 最大值和最小值

进行归一化的过程中需要使用最大值和最小值。本案例中最大值和最小值均为假定数据，如下表 4.7-3 所示。

表 4.7-3 标杆值

	COD 去除率	SS 去除率	氨氮去除率	TN 去除率	TP 去除率	绝干污泥单位产生量	工程投资单位折算数	直接运行成本单位折算	产品直接价值折算数	运行稳定性	操作难易程度

								数			
max	94.58	99.04	92.72	90.41	98.13	0.430	6.62	5.78	300.0	0.98	93.0
min	50.38	61.27	45.71	15.71	27.86	0.001	0.01	0.37	5.0	0.82	65.0

4.7.4.3 指标数据归一化结果

将污水处理厂各指标数据进行归一化，如下表 4.7-4 所示。

表 4.7-4 归一化结果

	环境指标						经济指标			技术指标	
	环境效果					二次污染	技术成本		技术收益	技术可靠性	技术难易度
	COD 去除率	SS 去除率	氨氮去除率	TN 去除率	TP 去除率	绝干污泥单位产生量	工程投资单位折算数	直接运行成本单位折算数	产品直接价值折算数	运行稳定性	操作难易程度
大连市春柳河污水处理厂	0.814	0.785	0.774	0.467	0.771	0.968	0.949	0.875	0.164	0.995	0.357
沈阳西部污水处理中心	0.584	0.799	0.016	0.050	0.544	0.952	0.951	0.809	0.097	0.160	0.357

4.7.5 权重确定

4.7.5.1 准则层权重

准则层各指标权重本应由专家使用层次分析法确定，在此按照以往经验利用层次分析法确定。

构建准则层判断矩阵，如下表 4.7-5 所示。

表 4.7-5 准则层判断矩阵

三维	环境	经济	技术
环境	1	2	6
经济	1/2	1	5
技术	1/6	1/5	1

准则层指标共有环境、经济、技术三个，将这三个指标构建成一个三阶判断矩阵。判断矩阵的最大特征值为 3.029，根据最大特征值求得 CI 值为 0.015，查表得到三阶矩阵的 RI 值为 0.58；通过 CI 值和 RI 值计算得到 CR 值为 0.025，CR 值小于 0.1，故该矩阵通过一致性检验。

根据判断矩阵算得准则层环境指标权重为 0.534、经济指标权重为 0.385、技术指标权重为 0.081。

4.7.5.2 要素层权重

要素层各指标权重本应由专家使用层次分析法确定，在此按照以往经验利用层次分析法确定。

因为有三个准则层指标，所以要分别对三个准则层指标下属的要素层指标构建判断矩阵以确定权重。

表 4.7-6 环境准则下要素层判断矩阵

环境	环境效果	二次污染
环境效果	1	3
二次污染	1/3	1

环境准则中要素层指标有环境效果和二次污染两个指标，将这两个指标构建二阶判断矩阵。二阶矩阵具有一致性所以不用进行一致性检验。

根据判断矩阵算得环境准则中环境效果权重为 0.750、二次污染权重为 0.250。

表 4.7-7 经济准则下要素层判断矩阵

经济	技术成本	技术收益
技术成本	1	4
技术收益	1/4	1

经济准则中要素层指标有技术成本和技术收益两个指标，将这两个指标构建二阶判断矩阵。二阶矩阵具有一致性所以不用进行一致性检验。

根据判断矩阵算得经济准则中技术成本权重为 0.800、技术收益权重为 0.200。

表 4.7-8 技术准则下要素层判断矩阵

环境	技术可靠性	技术难易度
技术可靠性	1	5
技术难易度	1/5	1

技术准则中要素层指标有技术可靠性和技术难易度两个指标，将这两个指标构建成二阶判断矩阵。二阶矩阵具有一致性所以不用进行一致性检验。

根据判断矩阵算得技术准则中技术可靠性权重为 0.833、技术难易度权重为 0.167。

4.7.5.3 指标层权重

因为有六个要素层指标，所以要分别确定六个要素层指标下的指标层指标权重。

由于要素层指标二次污染、技术收益、技术可靠性和技术难易度下属的指标层指标只有一个，所以这四个要素层指标下的指标层指标权重均为 1。

因此，仅需要确定要素层指标环境效果和技术成本下属的指标层指标权重。

(一) 环境效果

环境效果下属指标层指标有 COD 去除率、SS 去除率、氨氮去除率、TN 去

除率和 TP 去除率。

在此权重本应由专家构建判断矩阵后计算得出。本案例中这五个指标的权重由专家直接给出。

表 4.7-9 环境效果各指标权重

	COD 去除率	SS 去除率	氨氮去除率	TN 去除率	TP 去除率
权重	0.25	0.1	0.25	0.2	0.2

(二) 技术成本

技术成本下属指标层指标有工程投资单位折算数和直接运行成本单位折算数。

本案例中工程投资单位折算数和直接运行成本单位折算数的权重由生命周期法计算得到。

使用 2017 年辽宁省 138 个有代表性的城镇污水处理厂环境统计数据,得到各个污水处理厂的年运行费用和累计建设投资。求得各个污水处理厂的年运行费用均值为 1315.398 万元和累计建设投资均值 11751.976 万元。假设一般污水处理厂使用年限为 20 年,则 20 年总运行费用为 26307.96 万元。因此污水处理厂总费用为 38059.36 万元(暂不考虑通货膨胀等经济影响),用累积建设和总运行费用分别在污水处理厂总费用中的比例代表各自的权重。经过计算,工程投资单位折算数的权重为 0.309、直接运行成本单位折算数的权重为 0.691。

(三) 指标层指标权重

指标层各指标权重汇总见下表 4.7-10。

表 4.7-10 指标层指标权重

准则层	要素层	指标层	指标层权重
环境	环境效果	COD 去除率	0.250
		SS 去除率	0.100
		氨氮去除率	0.250
		TN 去除率	0.200
		TP 去除率	0.200

	二次污染	绝干污泥单位产生量	1.000
经济	技术成本	工程投资单位折算数	0.309
		直接运行成本单位折算数	0.691
	技术收益	产品直接价值折算数	1.000
技术	技术可靠性	运行稳定性	1.000
	技术难易度	操作管理难易程度	1.000

4.7.6 各层权重汇总

将准则层、要素层和指标层各指标的权重汇总，如下表 4.7-11 所示。

表 4.7-11 各层指标权重汇总

准则层	准则层权重	要素层	要素层权重	指标层	指标层权重
环境	0.534	环境效果	0.750	COD 去除率	0.250
				SS 去除率	0.100
				氨氮去除率	0.250
				TN 去除率	0.200
				TP 去除率	0.200
		二次污染	0.250	绝干污泥单位产生量	1.000
经济	0.385	技术成本	0.800	工程投资单位折算数	0.309
				直接运行成本单位折算数	0.691
		技术收益	0.200	产品直接价值折算数	1.000
技术	0.081	技术可靠性	0.833	运行稳定性	1.000
		技术难易度	0.167	操作管理难易程度	1.0

4.7.7 评估结果

将得到的各层指标权重和各污水处理厂归一化结果的均值计算，得到各综合评估得分、各准则层指标得分和各要素层指标得分，如表 4.7-12 所示。用三维图表示各污水厂三个维度上的得分（图 4.7-2），用雷达图表示各污水厂六个要素上

的得分（图 4.7-3）。

表 4.7-12 评估结果

目标层	综合评估得分	准则层	准则层得分	要素层	要素层得分
大连春柳河污水处理厂生物膜处理技术	80.53	环境指标	83.18	环境效果	78.63
				二次污染	96.84
		经济指标	75.10	技术成本	89.77
				技术收益	16.40
		技术指标	88.83	技术可靠性	99.46
				技术难易度	35.71
沈阳市西部污水处理中心	57.29	环境指标	53.73	环境效果	39.92
				二次污染	95.19
		经济指标	70.20	技术成本	85.33
				技术收益	9.69
		技术指标	19.27	技术可靠性	15.99
				技术难易度	35.71

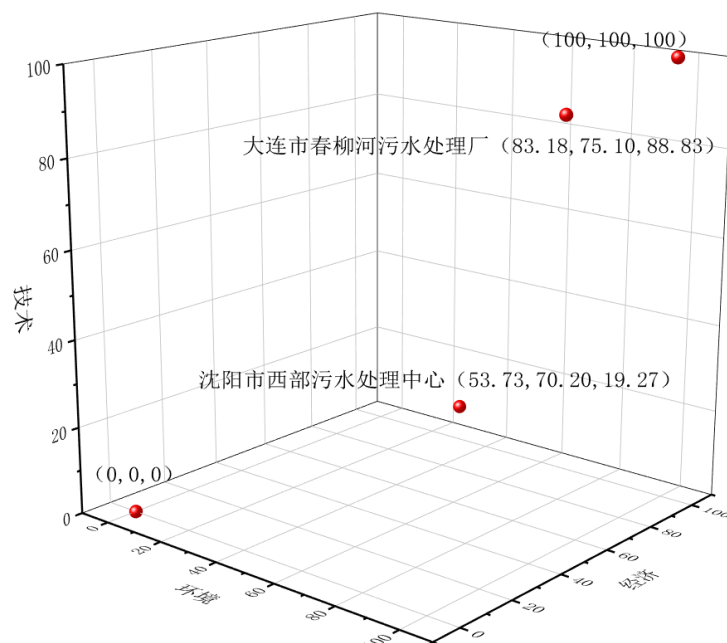


图 4.7-2 三维图

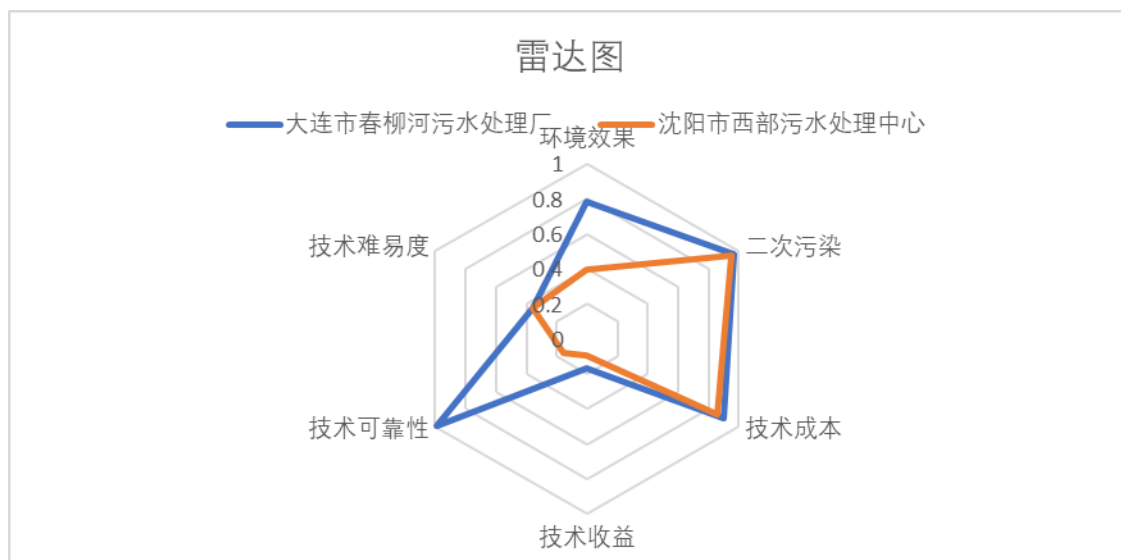


图 4.7-3 雷达图

4.7.8 刻度值计算

4.7.8.1 单项性能评估刻度建立方法

单项性能评估是专门针对技术的适用性、可集成和先进性而提出，采用基准比较法。第一步，收集基础数据，(1)环境指标基础数据：1)国家和地方对污水、地表水等方面的环境标准要求，2)统计分析得出国家和地方污水处理厂或地表水处理前的进水浓度一般值(地表水将根据技术分类体系中的基本要求来定)(可参考污染源普查系数手册)，3)按国家推荐标准《城市污水处理工程项目建设标准(2001年修订)》设定出五种污水处理厂规模并以下限为计算基础数计算污染物量，4)污泥产生量采用行业统计平均值，后期以国家环境统计数据平均值计；(2)经济指标基础数据：统计分析或采用国家或行业推荐的行业经济指标(投资和成本数据)，无新数据时采用《城市污水处理工程项目建设标准(2001年修订)》；(3)技术指标基础数据：1)可靠性：调研得出本领域稳定性的基础数据，未来以国家统计数据计算出的平均数、最高值、最低值为基础数据；2)技术难易度：第一步，调研得出本技术领域的技术难易度并赋分，即以本领域所有的技术进行比较后赋分。第二步，将以上基础数据按公式转换为指标数据。第三步，输入指标数据，按综合性能评估步骤、权重、公式逐步计算出要素层、准则层和目标层得分。第

第四步，按第一步中所有可能情景重复第一步至第三步得 N 个目标层得分，对 N 个目标层得分进行排序形成单项性能评估的“标尺”，每一个目标层得分为一个“刻度”。第五步，将技术综合性能得分与“标尺”进行比较后分别提出技术最适用的“刻度”、达到最优用途需集成的要素、预测该技术最应发展的短板，从而实现对技术的适用性、集成性和预测性的分析。

4.7.8.2 刻度值

使用 2017 年辽宁省城镇污水处理厂环境统计数据，剔除数据不齐全的污水处理厂，得到 138 个污水处理厂各污染物进出水浓度、运行天数、年运行费用、累计完成投资金额、年污泥产生量和年污水处理量。

把各污水处理厂各污染物的进水浓度的均值作为各个刻度各个污染物的进水浓度。把城镇污水处理厂污染排放一级 A、一级 B、二级、三级标准中各污染物的出水浓度作为各个刻度的出水浓度。分别计算得出各刻度各污染物的去除率，将这些去除率作为指标各污染物去除率的刻度值（当排放标准对某污染物出水浓度没有要求时，将该污染物的去除率按 0 处理；当某污染物进水浓度小于某排放标准的要求时，也将该污染物的去除率按 0 处理）。

利用各污水处理厂年均污泥产生量和年均处理污水量，计算得出各刻度指标绝干污泥单位产生量的刻度值。

利用《城市污水处理工程项目建设标准》（2001 年修订版）中的投资估算指标，取建设规模 I、II、III、IV、V 的污水处理厂的建设投资分别为 745、867.5、1010、1185、1422.5 元/（立方米·天），因缺少数据，故取辽宁省 2017 年居民生活用电（不满 1 千伏）电价 0.5 元/千瓦时为辽宁省所有污水处理厂所有电费的平均电价，计算得出各刻度指标工程投资单位折算数的刻度值。

利用《城市污水处理工程项目建设标准》（2001 年修订版）中污水处理厂电耗指标，取污水处理厂处理每立方米污水电耗为 0.28kW h，考虑到一般污水处理厂直接运行费用是电费的两倍，故取 0.56 kW h 为各刻度指标直接运行成本单位折算数的刻度值。

把各污水处理厂各污水物年均进水浓度作为各刻度的进水浓度、城镇污水处

理厂污染排放一级 A、一级 B、二级、三级标准中的各污染物的出水浓度作为各刻度的出水浓度（当排放标准对某污染物出水浓度没有要求时，将该污染物的进出水浓度按 0 处理；当某污染物进水浓度小于某排放标准的要求时，也将该污染物的进出水浓度按 0 处理），利用 4.7.5 中各污染物去除率的权重，计算得出各刻度指标产品直接价值折算数的刻度值。

利用各污水处理厂各污染物的进出水浓度计算得出各污染物的去除率，再使用运行稳定性计算公式，得到各刻度指标运行稳定性的刻度值。

根据以往经验，将 75 分定为各刻度定性指标操作管理难易程度的刻度值。

各刻度各指标刻度值汇总如表 4.7-13。

表 4.7-13 各刻度各指标刻度值

准则层		环境指标					经济指标			技术指标		
要素层		环境效果					二次污染	技术成本		技术收益	技术 可靠 性	技术 难易 度
标准	规模	COD 去除 率	SS 去 除率	氨氮 去除 率	TN 去 除率	TP 去 除率	绝干污泥产生量	工程投资 单位折算 数	直接运行 成本单位 折算数	产品直接 价值折算 数	运行 稳定 性	操作 难易 程度
一级 A	I	81.66	93.38	78.86	55.19	86.72	0.042	0.149	0.56	78.780	0.854	75
	II	81.66	93.38	78.86	55.19	86.72	0.042	0.174	0.56	78.780	0.854	75
	III	81.66	93.38	78.86	55.19	86.72	0.042	0.202	0.56	78.780	0.854	75
	IV	81.66	93.38	78.86	55.19	86.72	0.042	0.237	0.56	78.780	0.854	75
	V	81.66	93.38	78.86	55.19	86.72	0.042	0.285	0.56	78.780	0.854	75
一级 B	I	77.99	86.76	66.18	40.26	73.44	0.042	0.149	0.56	73.430	0.854	75
	II	77.99	86.76	66.18	40.26	73.44	0.042	0.174	0.56	73.430	0.854	75
	III	77.99	86.76	66.18	40.26	73.44	0.042	0.202	0.56	73.430	0.854	75

	IV	77.99	86.76	66.18	40.26	73.44	0.042	0.237	0.56	73.430	0.854	75
	V	77.99	86.76	66.18	40.26	73.44	0.042	0.285	0.56	73.430	0.854	75
二级	I	63.32	80.14	0	0	20.31	0.042	0.149	0.56	55.421	0.854	75
	II	63.32	80.14	0	0	20.31	0.042	0.174	0.56	55.421	0.854	75
	III	63.32	80.14	0	0	20.31	0.042	0.202	0.56	55.421	0.854	75
	IV	63.32	80.14	0	0	20.31	0.042	0.237	0.56	55.421	0.854	75
	V	63.32	80.14	0	0	20.31	0.042	0.285	0.56	55.421	0.854	75
三级	I	55.99	66.9	0	0	0	0.042	0.149	0.56	48.268	0.854	75
	II	55.99	66.9	0	0	0	0.042	0.174	0.56	48.268	0.854	75
	III	55.99	66.9	0	0	0	0.042	0.202	0.56	48.268	0.854	75
	IV	55.99	66.9	0	0	0	0.042	0.237	0.56	48.268	0.854	75
	V	55.99	66.9	0	0	0	0.042	0.285	0.56	48.268	0.854	75

4.7.8.3 刻度得分

利用 4.7.4 中的标杆值、4.7.5 中的各层权重、以及评估模型、上述刻度值，计算出刻度得分，见表 4.7-14。

表 4.7-14 各刻度得分

目标层		准则层			要素层					
刻度	综合得分	环境指标	经济指标	技术指标	环境效果	二次污染	技术成本	技术收益	技术可靠性	技术难易度
一级 A 规模I	74.58	76.60	82.50	23.66	72.02	90.35	96.87	25.01	21.25	35.71
一级 A 规模II	74.55	76.60	82.41	23.66	72.02	90.35	96.76	25.01	21.25	35.71
一级 A 规模III	74.51	76.60	82.30	23.66	72.02	90.35	96.63	25.01	21.25	35.71
一级 A 规模IV	74.46	76.60	82.17	23.66	72.02	90.35	96.46	25.01	21.25	35.71
一级 A 规模V	74.39	76.60	81.99	23.66	72.02	90.35	96.24	25.01	21.25	35.71
一级 B 规模I	66.94	62.53	82.14	23.66	53.25	90.35	96.87	23.20	21.25	35.71
一级 B 规模II	66.90	62.53	82.05	23.66	53.25	90.35	96.76	23.20	21.25	35.71
一级 B 规模III	66.86	62.53	81.94	23.66	53.25	90.35	96.63	23.20	21.25	35.71
一级 B 规模IV	66.81	62.53	81.81	23.66	53.25	90.35	96.46	23.20	21.25	35.71
一级 B 规模V	66.74	62.53	81.63	23.66	53.25	90.35	96.24	23.20	21.25	35.71
二级规模I	50.56	32.72	80.92	23.66	13.51	90.35	96.87	17.09	21.25	35.71
二级规模II	50.52	32.72	80.83	23.66	13.51	90.35	96.76	17.09	21.25	35.71
二级规模III	50.48	32.72	80.72	23.66	13.51	90.35	96.63	17.09	21.25	35.71
二级规模IV	50.43	32.72	80.59	23.66	13.51	90.35	96.46	17.09	21.25	35.71
二级规模V	50.36	32.72	80.41	23.66	13.51	90.35	96.24	17.09	21.25	35.71
三级规模I	46.83	26.08	80.43	23.66	4.66	90.35	96.87	14.67	21.25	35.71
三级规模II	46.80	26.08	80.34	23.66	4.66	90.35	96.76	14.67	21.25	35.71

三级规模III	46.75	26.08	80.23	23.66	4.66	90.35	96.63	14.67	21.25	35.71
三级规模IV	46.70	26.08	80.10	23.66	4.66	90.35	96.46	14.67	21.25	35.71
三级规模V	46.64	26.08	79.92	23.66	4.66	90.35	96.24	14.67	21.25	35.71

4.7.9 讨论与分析

(1) 大连市春柳河污水处理厂

大连市春柳河污水处理厂综合评估得分为 80.53 分，超过一级 A 规模I刻度综合得分（74.58 分），说明大连市春柳河污水处理厂总体性能。

从准则层得分分析：大连市春柳河污水处理厂环境指标得分和技术指标得分超过相应一级 A 规模I刻度得分，而经济指标得分不及一级 A 规模I刻度得分。结果说明在该刻度上大连市春柳河污水处理厂在环境准则和技术准则上适用性良好，而在经济准则上适用性还有待提高。

从要素层得分分析：大连市春柳河污水处理厂技术收益得分和技术难易度得分低于相应一级 A 规模I刻度得分。结果说明大连市春柳河污水处理厂在提升技术收益方面和降低技术难易度方面有改进空间。

从污水处理厂规模分析：大连市春柳河污水处理厂日均实际处理污水量为 7.88 万吨，对应的规模应为IV级。大连市春柳河污水处理厂综合评估得分不但超过一级 A 规模IV刻度综合得分还超过了一级 A 规模I刻度综合得分。说明大连市春柳河污水处理厂可以在保持总体性能和适用性不变的情况下扩大运行规模。

(2) 沈阳市西部污水处理中心

沈阳市西部污水处理中心综合评估得分为 57.29 分，介于一级 B 规模V刻度综合得分（66.74 分）和二级规模I刻度综合得分（50.56 分）之间。说明沈阳市污水处理中心总体性能一般，适用性仅达到二级规模I刻度标准。

从准则层得分分析：沈阳市西部污水处理中心环境指标得分、经济指标得分和技术指标得分均未达到相应一级 B 规模V刻度得分。说明在该刻度上沈阳市西部污水处理中心在环境准则、经济准则和技术准则上适用性不佳。

从要素层得分分析：沈阳市西部污水处理中心环境效果得分、技术难易度得

分、技术收益得分和技术可靠性得分低于相应一级 B 规模V刻度得分。说明沈阳市西部污水处理中心在提高环境效果、技术收益、技术可靠性和降低技术难易度方面有很大改进空间。

从污水处理厂规模分析：沈阳市西部污水处理中心日均实际处理污水量为13.70万吨，对应的规模应为III级。沈阳市西部污水处理中心综合评估得分超过二级规模I刻度综合得分但没达到一级 B 规模V刻度综合得分，更没达到一级 B 规模III刻度综合得分。说明沈阳市西部污水处理中心可以通过减小规模提高适用性以达到一级 B 规模V刻度的标准。

4.8 综合评估报告编制要求

综合评估报告要对评估方案、评估结果进行描述，明确提出综合评估结果，并有结论与建议，使报告使用者掌握评估的核心内容，便于对综合评估的过程、结果和结论有全面的了解，支撑综合评估的正确性与否的判断，有利于综合评估结果的应用，主要包括以下内容。

4.8.1 封面

描述技术名称、报告编制时间、技术评估时间、评估报告编制单位和技术持有单位，盖评估报告编制单位公章。

4.8.2 扉页

分为两段进行描述，第一段描述技术持有情况，技术名称、技术持有单位名称、联系人、联系电话；第二段描述技术评估情况，评估单位名称、评估单位法人、评估技术负责人（签字）、评估任务负责人（签字）、评估期间邀请的跟踪专家（签字）、评估起止时间。

4.8.3 技术概况

分两部分描述，第一部分为技术名片和技术成熟度等主要内容；第二部分主

要有，技术说明，技术路线，技术优缺点，技术应用效果，技术适用条件，工艺开发或示范工程简介（照片必须作为附录），相关证明材料。

4.8.4 综合评估方案

列出所采用的水污染治理技术综合评估的名称与编号，便于报告采用者复核；并列出具综合评估目标、综合评估方法和综合评估指标体系等主要内容。

4.8.5 综合评估结果

分别从技术、经济和环境三个维度罗列出综合评估的结果。

4.8.6 结果分析方法

从三个维度比较分析被评估技术在技术小类里的位置，提出拟开发的方向。

分析数据信息：通常可能会用到的数据分析和转化方法，如：计算、统计、图形、指数、合并、加权、层次分析、模糊综合评估等。也可采用综合评估方法，如目标渐近法、熵权赋值法、加权综合计算法、雷达图法等，不同评估内容可在研究国内外相关分析方法的基础上，结合评估对象，确定相应的数据分析方法。

评估结果分析：当评估结果应用于技术集成和应用，要以物质流为基础，采用污染物全过程控制理论，依据被评估技术的适用条件，以对应国家或地方污染物排放或环境质量等标准为基准，综合分析水污染治理技术应用场景和集成可能性；当评估结果应用于技术发展预测时，应利于雷达图、主成分分析和变异系数分析等结果，表达技术本身和在技术小类中的优缺点，提出技术发展方向。

改进措施建议：针对环境质量改善技术需求，结合各细分领域技术评估结果，提出未来水污染治理技术改进建议。

4.8.7 结论与建议

提出综合评估的分项和总体结论，并分别从不同方面提出技术改进的建议。

数据质量改进：对数据质量进行自检，通过提高数据准确性、优化数据采集

方法等方式，改进数据的可靠性和可得性。

分析能力改进：优化数据分析方法，不断改进评估指标现有数据的分析技术与方法，提高评估的可信性和有效性。

评估内容改进：对评估内容的科学性和效果进行自检，修正评估不足之处。不断扩充完善评估数据和指标。削弱或者去掉重复和难以比较的评估内容，修正评估中的错误。

4.8.9 附录

主要包括引用或参考的文件，相关的附图、附表和参考资料等。

5 标准实施建议

本导则是为指导水污染治理技术综合评估而编制的导则，是为指导水污染治理技术的技术集成与工程应用，推动被评估技术的应用与推广；找出被评估技术的优缺点，引导水污染治理技术的创新与发展。

本标准是由课题四提出、项目组指导，汇总了项目组所有人员智慧，建议在项目组内部使用，然后推广到国家整个水污染治理技术评估中。

6 征求意见及意见处理说明

编制小组分别于2019年4月28日组织召开“流域区域水污染治理关键技术评估技术导则”专家咨询会，于2019年5月5日组织召开“流域区域水污染治理关键技术评估导则”讨论会，征求相关专家意见。除文字及格式调整等意见外，共整理了主要意见13条，编制组对这些意见逐条研究，采纳后并对相关部分进行了修订。

表 6-1 征求意见及处理情况

序号	意见内容	单位或专家	处理意见及理由
一、专家咨询意见			
1	进一步明确编制技术导则的指导对象	周凤保、周北海、	采纳。对相关部分进行了修订。
2	进一步完善评估原则，细化指标体系	王圣瑞、赵淑霞、	采纳。对相关部分进行了修订，在评估指南中落实。

序号	意见内容	单位或专家	处理意见及理由
3	进一步优选典型案例	刘操	采纳。对相关部分进行了修订，在评估指南中落实。
4	加强与项目内其他课题的衔接		采纳。组织了项目内其他课题骨干召开交流讨论会。
二、讨论会意见			
5	导则中专业术语定义要与其他课题保持一致	课题骨干	采纳。对相关部分进行了修订。
6	在导则中明确权重确定方法		采纳。对相关部分进行了修订。
7	建议将国内外文献调研获得的评价层指标库放在导则附录中		采纳。将备选指标库已放入附录
8	导则中增加一个数据审核要求，审核有问题数据。		采纳。在相关部分增加了该内容。
9	建议将评估导则的名字改为“水污染治理技术综合评估指南”。	刘翔	采纳。
10	目前导则给出了思路和指标的选择、权重的确定、评估方法，定出 12 个评价指标，需进一步明确如何将 12 个指标值计算得到环境、经济和技术 3 个维度值，即三个坐标值；对结果的应用也要进行解释，阐明评估结果是如何来实现评估目的（即技术集成、技术应用、技术预测）。		采纳。在编制说明说进行了详细阐述。
11	导则中 4.2 提出原则处，在第一条增加“客观性原则”，体现本研究以往研究的特色之处是更具客观性；7 节处，筛选指标原则增加“确定性原则”，模棱两可的指标不作考虑，确保指标数据的客观。		采纳。在相关部分增加了该内容。
12	明确权重计算方法，可分定量和定性指标分别确定。定性指标若用打分法给出一定的原则来约束；定量指标给出具体明确的方法。		采纳。对相关部分进行了修订。
13	数据复核在技术名片环节研究，导则中提出技术名片阶段应数据复核即可。		采纳。在相关部分增加了该内容。