

国家标准《水系统集成优化 第6部分：煤化工》 征求意见稿 编制说明

一、工作简况，包括任务来源、制定背景、起草过程等

（一）编写目的及任务来源

水是经济社会发展不可或缺的基础性资源、战略性经济资源。我国煤炭资源与水资源呈显著的逆向分布特征，煤炭主产区大多集中在西北、华北等水资源匮乏区域，而煤化工作为国家能源战略重要支柱产业，涵盖炼焦、合成氨、煤制天然气、煤制油、煤制甲醇、煤制乙二醇、煤制烯烃等多个细分领域，属于典型高耗水、高排水、废水成分复杂的行业，生产过程产生高盐、高 COD、高氨氮、含酚含油废水，水资源供需矛盾与水环境压力日益突出，已成为制约煤化工产业绿色可持续发展的核心瓶颈。

近年来，我国煤化工产业规模持续扩大。2025 年仅现代煤化工产业产值达 2200 亿元、煤炭年转化量超 1 亿吨标准煤。然而，我国水资源分布极不均衡，北方地区水资源总量仅占全国的 19%，却承载了全国 85%以上的煤化工产能，形成了“一方水土难养一方产业”的突出矛盾。煤化工平均耗水量大（吨产品耗水 8-12 吨，煤制天然气达 15-20 吨/吨产品），水资源短缺已成为制约产业发展的关键瓶颈。

当前，传统节水措施的潜力已大幅收窄，煤化工水重复利用率

虽已超过 93%，但节水工作已进入深水区，煤化工企业节水多采用局部单元改造、经验性回用等传统模式，缺乏全厂级水系统统筹优化方法，与水资源高效利用战略、“双碳”目标及煤化工产业高质量发展的要求不相适应。

近年来，国家《国家节水行动方案》《关于推进污水资源化利用的指导意见》《减污降碳协同增效实施方案》等政策文件，均明确提出推进企业及园区用水系统集成优化，实施串联用水、分质用水，推动煤化工等行业率先实现“近零”排放。

水系统集成优化技术将整个用水系统视为一个有机整体，通过系统性地合理分配各用水过程的水量 and 水质，使全系统的水重复利用率达到最大，废水排放量最小。该技术已在纺织、炼油、造纸等行业得到一定应用。随着我国煤化工产业的持续发展，对水系统集成优化的系统性、规范性要求日益提高。目前，我国已发布的水系统相关标准多为通用型或单一环节型，如《工业企业水系统集成优化导则》（GB/T 29749）针对各类工业企业，《节水型企业 现代煤化工行业》（GB/T 37759）侧重企业节水评价，《煤化工废水处理与回用技术导则》（GB/T 42866）聚焦废水处理回用技术，尚未制定针对煤化工企业层面、覆盖全流程的水系统集成优化专项指南，导致不同企业水系统优化工作缺乏统一规范，技术路线杂乱、优化效果参差不齐，难以实现企业水资源的最优配置。

因此，制定《水系统集成优化 第 6 部分：煤化工》国家标准，

规范煤化工企业水系统集成优化的术语定义、流程方法、约束条件及效果评估，填补行业专项标准空白，已成为推动煤化工产业节水减污、降本增效、绿色转型的迫切需求，对提升我国煤化工企业水资源集约利用水平、保障生态环境安全具有重要意义。本标准由全国节水标准化技术委员会（TC 442）提出并归口，由北京市科学技术研究院资源环境研究所负责组织起草。

标准立项信息如下：

项目计划号：20256302-T-469

项目名称：水系统集成优化 第 6 部分：煤化工

制/修订：制订

国际标准采用情况：无

上报单位：全国节水标准化技术委员会（TC 442）

起草单位：北京市科学技术研究院资源环境研究所、中国标准化研究院、西安交通大学、山东蓝想环境科技股份有限公司、北京大学、西安热工研究院有限公司、山东大学、自然资源部天津海水淡化与综合利用研究所、北京科技大学、中国水利水电科学研究院、国能包头煤化工有限责任公司、中国神华煤制油化工有限公司、中国石油和化学工业联合会、华北水利水电大学、新疆准能化工有限公司、浙江科维节能技术股份有限公司、德蓝水技术股份有限公司、隆华科技集团（洛阳）股份有限公司、广东览讯科技开发有限公司、华陆工程科技有限责任公司、呼伦贝尔金新化工有限公司。

（二）标准研制过程

1.标准起草阶段

2025 年 1 月，北京市科学技术研究院资源环境研究所作为牵头单位，联合中国标准化研究院等单位，成立《水系统集成优化 第 6 部分：煤化工》国家标准编制组。编制组制定标准制定工作方案，围绕煤化工企业水系统现状调查、优化对象及其约束条件的确定、方案设计和优化、效果评估等内容，系统开展标准研制工作。

2. 标准立项阶段

2025 年 12 月，本标准正式立项，获批计划项目号 20256302-T-469，由全国节水标准化技术委员会（TC442）归口。

3. 资料收集与调研阶段

2025 年 12 月—2026 年 6 月，编制组通过文献调研、企业走访、专家咨询等方式，系统开展全国主要煤化工产业集聚区（包括内蒙古、陕西、宁夏、山西、山东、河南、新疆等）的煤化工企业水系统现状调查，涵盖煤制油、煤制甲醇、煤制乙二醇、煤制天然气、炼焦等主要工艺类型，摸排企业用水来源、水热串联回用、污水处理等现状，梳理行业节水技术、主流回用路径等。

4.征求意见稿编制阶段

2026 年 6 月，基于调研结果，重点分析了煤化工企业用水结构、废水回用现状等，细化水系统调查、约束确定、优化路径等技术条款，召开编制组内部研讨会，对标准框架、核心技术内容进行多轮

论证，形成标准征求意见稿及配套编制说明。

（三）主要起草人员及其所作的工作

标准主要起草单位：北京市科学技术研究院资源环境研究所、中国标准化研究院、西安交通大学、山东蓝想环境科技股份有限公司、北京大学、西安热工研究院有限公司、山东大学、自然资源部天津海水淡化与综合利用研究所、北京科技大学、中国水利水电科学研究院、国能包头煤化工有限责任公司、中国神华煤制油化工有限公司、中国石油和化学工业联合会、华北水利水电大学、新疆准能化工有限公司、浙江科维节能技术股份有限公司、德蓝水技术股份有限公司、隆华科技集团（洛阳）股份有限公司、广东览讯科技开发有限公司、华陆工程科技有限责任公司、呼伦贝尔金新化工有限公司。

标准主要起草人及所作工作：单悦、白雪、吴月、张忠国负责标准技术框架确定、标准调研方案设计、标准研讨以及标准相关文件的编写工作；白岩、王秀江、张世杰、赵丽文、张洪博、杨岑、石晓宇、李民、杨孝新、林永辉、余显军、张帅帅、贺颂钧、司文曦、周道康负责调研、资料收集与整理工作；刘桂莲、孔令斯、代小丽、曾凡夫子、王为术协助征求煤化工企业相关运营单位意见；张强、赵华章、王明勇、高明、王维珍、李庆文、宋小军负责标准调研问卷设计、数学模型构建工作；白雪、孔令斯、白岩同时负责标准规范性指导。

单悦、白雪、吴月、张忠国负责标准技术框架确定、标准调研方案设计、标准研讨以及标准相关文件的编写工作；白岩、王秀江、张世杰负责从煤化工行业管理部门及行业协会调研大纲编写工作；刘桂莲、孔令斯、代小丽、曾凡夫子、王为术协助征求煤化工企业相关运营单位意见，从煤化工工艺设计、运行管理等角度完善标准文本；张强、赵华章、王明勇、高明、王维珍、李庆文、宋小军负责标准调研问卷设计、水系统参数测试方法研究及数学模型构建验证工作；赵丽文、张洪博、杨岑、石晓宇、李民、杨孝新、林永辉、余显军、张帅帅、贺颂钧、司文曦、周道康负责现场调研、数据采集与节水技术验证工作。

二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据，修订国家标准时，还包括修订前后技术内容的对比

（一）国家标准编制依据与原则

依据：煤化工企业用水节水现状及相关标准规范要求。如：《工业企业水系统集成优化导则》（GB/T 29749）、《工业企业水系统集成优化技术指南》（GB/T 30887）、《节水型企业 现代煤化工行业》（GB/T 37759）、《煤化工废水处理与回用技术导则》（GB/T 42866）、《煤化工术语》（GB/T 31428）等。

原则：本文件按照 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》的规定起草。本标准应具有科学性、

先进性、系统性和可行性，同时标准要具有普适性、操作性、规范性。

（二）调研分析

编制组围绕本标准编制目标，分阶段组织调研团队，先后赴河南、安徽、宁夏、内蒙古、山东、山西、新疆等煤化工重点省份开展实地调研与技术座谈。调研范围覆盖炼焦、煤制天然气、煤直接液化、煤间接液化、煤制甲醇、煤制乙二醇等全系列主流煤化工工艺，调研对象包含中央企业、地方国企、民营企业，同时覆盖大、中、小型不同规模生产主体。本次调研样本布局合理、覆盖面广，可真实反映行业整体现状，具备较强代表性。本次调研具体企业、区域及样本分布详见表 1。

表 1 典型煤化工企业调研样本代表性描述

序号	产 品	所属区域	样本数量(家)	企业规模
1	炼 焦	华北	5	大型、中型
2	煤制天然气	西北	3	大型
3	煤直接液化	西北	1	大型
4	煤间接液化	西北	1	大型
5	煤制甲醇	中部、西北	4	大型、中型
6	煤制合成氨	西北、中部	2	中型

调研样本分析如下：

1. 产业布局与水资源矛盾突出

调研样本中，90%以上的企业位于北方水资源匮乏地区，其中内蒙古、宁夏、陕西、山西四省区产能高度聚集。我国水资源分布极不均衡，北方地区水资源总量仅占全国的 19%，却承载了全国 85% 以上的煤化工产能。部分企业反映，水资源短缺已成为制约产业发展的关键瓶颈。例如，宁夏地区煤化工企业主要依赖黄河水和矿井水，水价成本较高（6.0 元/吨，不含税），企业用水压力较大。

2. 取用水结构分析

调研发现，煤化工企业取用水结构呈现以下特点：

（1）水源类型多样：企业水源主要包括地表水（黄河水、长江水、湖水）、地下水、矿井疏干水、雨水等。中部煤化工企业多采用地表水（长江、巢湖等），取水成本偏低（如长江水仅 0.08 元/吨）；西北企业以黄河水、矿井疏干水为水源，部分企业混合使用地表水与疏干水，矿井水因处理工艺复杂，取水及运行成本显著偏高（内蒙古地区某企业疏干水综合成本达 11 元/吨）。多家企业配套雨水收集设施，部分先进企业已实现非常规水源的规模化利用，陕西地区某企业年回收雨水 7-8 万立方米。

（2）循环水占比高：循环冷却水是煤化工企业最大的用水环节，占总用水量的 60%-90%。循环冷却水蒸发损失为最大耗水点，循环水浓缩倍数普遍控制在 2-8 倍不等，先进企业如宁夏地区浓缩倍数达 5-8 倍，显著减少了新鲜水补充量。

3. 用水效率与节水水平

(1) 单位产品取水量：调研企业单位产品取水量差异较大。焦化企业吨焦取水量约为 0.5-0.6 m³，部分企业可低至 0.3 m³；煤制甲醇企业吨甲醇取水量约为 6-8 m³；煤间接液化企业吨油品取水量约为 5.5-7.1 m³；煤制乙二醇企业吨产品取水量约为 9-12 m³。

(2) 水重复利用率：调研企业水重复利用率普遍较高，先进企业达 95%-98%。调研企业中约 60%的企业已实现废水“近零排放”，废水处理后回用。但零排放处理成本较高，普遍在 30-84 元/吨之间。

4. 分工艺用水、产水及水质特征

煤化工工艺生产工序差异大，废水污染物组分、浓度区别显著，直接决定水系统串级回用的约束条件，也是本标准差异化水质指标制定的核心依据：

炼焦工艺：废水含高浓度酚、氰、硫化物，同时 COD、氨氮、悬浮物、氯化物超标；循环水受地表水氯离子波动影响大，部分企业水源氯离子冬夏差值可达数倍，导致循环浓缩倍数受限；干熄焦工艺大幅降低熄焦用水，是主流节水改造方向。

合成氨、煤制天然气：废水以高 COD、高氨氮、氯化物、硬度、电导率、酚类等管控指标，产水相对单一。

煤直接液化：废水组分最复杂，富含油类、酚、硫化物、高盐、高 COD、高氨氮，酸性水处理成本极高（综合处理成本超 200 元 / 吨），是行业回用难度最大的水质类型。

煤间接液化：废水重点管控 COD、氨氮、总溶解性固体、氯化物。

煤制甲醇：水质相对简单，主要管控 COD、氨氮、悬浮物、浊度，工艺废水处理难度较低，废水可用于水煤浆制备。

煤制乙二醇：主要管控 COD、氨氮、硝酸盐含量高，同时需严格管控氯化物、pH。

辅助生产用水方面，锅炉用水重点管控硬度、二氧化硅、铁、铜、溶解氧等指标；循环冷却水受氯离子、细菌、浊度影响最大，也是全行业最大的耗水单元。

4. 节水技术应用现状

循环水系统为全厂最大用水单元，多数企业通过优化浓缩倍数、加装在线加药与监测设备、改造闭式冷却塔、增加消雾装置等方式降低损耗；蒸汽及工艺冷凝水回收成为通用举措，回收后用作锅炉补水，部分企业同步实现余热回收，达成水、热双重利用。

气化渣水、洗涤排水、加氢系统排水、催化剂废水等装置产水，经简易预处理后实现单元内部循环，减少外排水量，是各工艺通用的低成本节水方式。

高 COD、高氨氮、高盐废水按比例调配后用于水煤浆制备。

输煤栈桥冲洗水、厂区生活污水、初期雨水等低污染废水，经处理后用于煤场洒水、喷雾抑、道路冲洗等杂用水，实现分质利用。

（三）主要内容说明

1.范围

本文件规定了煤化工企业水系统集成优化的相关术语和定义、水系统现状调查、优化对象及其约束条件的确定、方案设计和优化、效果评估。

本文件适用于以煤为原料，经过煤焦化、煤气化或煤液化过程制取燃料和化工产品的煤化工企业水系统集成优化，涵盖炼焦、合成氨、煤制天然气、煤直接液化、煤间接液化、煤制甲醇、煤制乙二醇、煤制烯烃等多个细分领域。

2.规范性引用文件

主要从两个层面考虑：一是符合国家现有相关规章制度的要求，充分利用现有国家标准的基础；二是充分结合新形势下煤化工行业节水减污、绿色低碳发展提出的具体要求。基于以上两个层面和标准文本中涉及的有关标准内容，列出了该标准引用的主要标准：

GB/T 7119 节水型企业评价导则

GB/T 1576 工业锅炉水质

GB/T 12452 水平衡测试通则

GB/T 21534 工业用水节水 术语

GB/T 29749 工业企业水系统集成优化导则

GB/T 30887 工业企业水系统集成优化技术指南

GB/T 31329 循环冷却水节水技术规范

GB/T 31428 煤化工术语

GB/T 37759 节水型企业 现代煤化工行业

GB/T 42866 煤化工废水处理与回用技术导则

GB/T 50050 工业循环冷却水处理设计规范

其中：引用《煤化工术语》（GB/T 31428）中相关的术语界定，便于标准理解；《水平衡测试通则》（GB/T 12452）为开展水平衡测试提供依据；《工业企业水系统集成优化导则》（GB/T 29749）为水系统集成优化的总体原则、程序和方法提供依据；《节水型企业 现代煤化工行业》（GB/T 37759）为企业用水评价指标体系建立提供依据；《煤化工废水处理与回用技术导则》（GB/T 42866）为废水处理与回用技术提供依据。

3.术语和定义

本标准主要涉及 GB/T 7119、GB/T 1576、GB/T 21534、GB/T 29749、GB/T 30887、GB/T 31428、GB/T 37759、GB/T 42866 中界定的与煤化工企业水系统集成优化相关的术语和定义。

4.水系统现状调查

该章节主要涉及调查的一般规定、调查范围、调查内容、水系统参数测试和现行用水网络图绘制等几个方面，其中：

（1）一般规定

明确水系统现状调查应涵盖煤化工企业的全部用水单元和废水再生单元，调查内容应包括各用水单元进出水水质、水量及流向等相关参数，并可在调查过程中参考以往的水平衡测试结果。

（2）调查范围

调查范围的完整界定是水系统集成优化工作的基础。调查范围应包括：

主要生产用水：焦化包括备煤、炼焦、煤气净化、化学产品回收等，合成氨包括原料的储运与加工、原料气制备、气体净化、气体压缩、氨合成等，煤制天然气包括备煤、空分、气化、变换、净化、甲烷化、干燥等，煤直接液化过程备煤、催化剂制备、煤直接液化、加氢稳定、加氢改质、轻烃回收、含硫污水汽提、脱硫、硫磺回收、酚回收、油渣成型、煤制氢、空分等，煤间接液化包括备煤、气化、空分、变换净化、费托合成、油品加工、空分等，煤制甲醇包括空分、煤制气、气体净化、甲醇合成、甲醇精制等，煤制乙二醇包含煤气化、变换、净化、羰基化、加氢等，煤制烯烃包括煤气化、甲醇合成、甲醇制烯烃、烯烃分离等。

辅助生产用水：循环水站、氧气站、机修、运输、软水站、空压站、化验、锅炉房、污水处理站、制冷站等。

附属生产用水：办公、绿化、厂内食堂、浴室、保健站、卫生间、维修等。

工艺生产废水：煤气化装置、煤液化装置、净化装置以及各产品生产装置排放的废水。

公用工程废水：给水处理站排污水、循环水站排污水、脱盐水处理站排污水等。

辅助工程废水：锅炉装置排污水等。

其他废水：地坪冲洗水、生活污水等。

（3）调查内容

至少包括用水来源调查（地表水、地下水、再生水、蒸汽、矿井水、集蓄雨水等使用情况）；各用水单元、废水再生单元进水来源、出水去向，以及水质、水温、水压、流量；各用水单元水的串联使用、循环利用、回用情况；用水单元、废水再生单元漏损情况；废水处理状况（包括废水处理工艺、废水回收率、废水排放量及排放成本、废水再生成本等）。

（4）水系统参数测试

水量测试依据 GB/T 12452；水温测试包含但不限于新水、冷却水供水温度、冷却水回水温度、冷却器两侧进出水温度以及软水、蒸汽冷凝水等水温数据；水质测试包含但不限于新水、冷却水、软水、蒸汽冷凝水、回用水水质，以及在各车间排放或回用后的冷却水、冷凝水、各类污水等水质。

（5）现行用水网络图绘制

根据调查结果绘制现行用水网络图，图中应明确各用水单元进水口处的新水量、再生水量、回用水量及水质；各用水单元出水口处的排水量、水质及去向；各废水再生单元进水口处的水量、水质及来源；各废水再生单元出水口处的水量、水质及去向；影响各用水单元循环和串级用水的关键点（包括但不限于关键水质参数、水

量参数、管道连接及材质限制等)。新建煤化工企业宜参照给排水设计图绘制用水网络图。

5. 水系统集成优化对象及其约束条件的确定

该章节主要涉及优化对象的确定、约束条件的确定和极限数据的确定。

(1) 确定优化对象

应根据煤化工企业工艺流程、水质种类及浓度、地理位置布局等因素把拟优化对象划分为若干个子系统，子系统可以是一个用水单元或多个用水单元。在各子系统内，用水水质要求低于其它出水水质的用水单元，应作为水阱优化对象；出水水质能够达到其它用水水质要求的用水单元，应作为水源优化对象。优化对象的选择将直接影响水系统集成优化效果。

(2) 确定约束条件

约束条件应包括水质约束条件和经济约束条件。水质约束条件包含浓度约束条件和性质约束条件。浓度约束条件是指具有质量守恒特性的水质约束条件，例如铁、锰等；性质约束条件是指不具有质量守恒特性的水质约束条件，例如 pH、浊度等。

针对不同煤化工工艺，本标准分别给出了典型水质约束指标：

a) 炼焦：COD、氨氮、悬浮物、氯化物、浊度、酚类、氰化物、硫化物等；

b) 合成氨：COD、氨氮、悬浮物、酚类、氰化物、硫化物等

c) 煤制天然气：COD、氨氮、氯化物、硬度、电导率、总溶解性固体、酚类、油；

d) 煤直接液化：COD、氨氮、油、硫化物、酚类、总溶解固体、浊度等；

e) 煤间接液化：COD、氨氮、总溶解性固体、氯化物；

f) 煤制甲醇：COD、氨氮、悬浮物、浊度等；

g) 煤制乙二醇：COD、氨氮、悬浮物、硝酸盐、氯化物、pH 等；

h) 煤制烯烃：COD、氨氮、油、酚类、总溶解固体

i) 锅炉用水：硬度、二氧化硅、电导率、铁、铜、钠、氯化物、溶解氧、总有机碳、pH 等；

j) 循环冷却用水：硬度、氨氮、氯离子、磷酸盐、总铁、细菌总数、浊度、pH 等。

主要水质指标的合理确定是能否获得较优系统的关键。主要水质指标取得过多，则集成优化过程过于复杂；主要水质指标取得过少，未考虑的水质指标可能对一些单元的操作产生影响。因此，在实际应用中，可以选择对设备影响较大的水质指标作为约束条件，而在初始网络生成后，将其他水质指标作为约束再进行考虑。

经济约束条件应考虑：企业进行水系统集成优化设计的成本；增设管道和处理设施及改建的投资成本；水系统集成优化后的运行及管道维护成本；废水再生成本及排放成本等。

（3）确定极限数据

极限数据的确定应综合考虑原煤品质、工艺装置特性、设备材质及运行经济性等因素，结合企业所采用的水处理技术及专家经验评估，确定其极限浓度和极限水流量数据。不同煤种的灰分、硫分、挥发分等指标会影响气化废水的成分和浓度；不同气化技术（如固定床、流化床、气流床）产生的废水水质差异较大；不同材质对水质的要求不同，如不锈钢设备对氯离子浓度有严格要求；过高的水质要求会增加处理成本，需要在水质和处理成本之间寻求平衡。

对于某用水单元禁止引入的杂质，其入口极限浓度应设为 0；排水因含某种杂质而不能被其他单元再利用的单元，设定其出口极限浓度为所有单元出口浓度的最大值。

对于废水再生单元，应根据企业采用的废水再生工艺设计参数、工艺条件等，结合废水再生成本等因素，确定废水再生单元出口水质约束的极限浓度和进、出口的极限水流量数据。由于再生水处理成本随着再生后水浓度的降低呈现出指数型增长，需要兼顾再生水水质和再生水制水成本。

对于水质约束条件中的性质约束条件，其极限数据需将其换算为守恒量后参与后续优化计算，如 pH 值按 $10^{-\text{pH}}$ 换算。对于无法换算的性质约束，需先确定该性质约束的处理方案，将其作为特殊约束单独考虑。

对于进出口极限浓度难以确定的用水单元，可依据经验值和类似工序为其设定一个估计值。若该用水单元为优化核心控制单元，

应通过实验确定极限进出口浓度。

6. 水系统集成方案设计和优化

该章节主要优化方法的选择、物理模型构建、数学模型构建、模型求解、优化途径以及用水网络调整等几个方面。

（1）优化方法的选择

本标准推荐煤化工企业采用数学规划法进行水系统集成方案的设计与优化。目前，国内外水系统集成优化设计方法众多，主要包括水夹点法和数学规划法两大类。水夹点法形象直观、物理意义明确，能够确定最小新鲜水流量目标并建立用水网络，但由于二维图形的限制，在解决多杂质水系统集成问题上存在困难，设计过程中主要凭借设计者经验，结果不可靠。数学规划法可用于具有多杂质的复杂系统，可通过设定不同的目标及约束条件，使水网络具有所期望的性质；求解结果直接得到目标函数和对应的用水网络结构，不依赖于初值的选取，可借助计算机进行运算求解迅速。考虑到煤化工企业工艺用水复杂、废水种类多、水质约束条件多，更适合采用数学规划法进行设计和优化。

（2）物理模型

根据企业需求和回用途径，构建水网络物理模型，包含各用水单元和再生单元之间所有可能的网络结构。水网络物理模型中，用水单元进水包括新鲜水、其他用水单元来水以及再生单元来水，出水包括排水、去往其他用水单元、去往再生单元和水损失；再生单

元进水全部为用水单元的出水，出水包括水损失和去往用水单元的再生水。

（3）数学模型

结合企业需求，构建水网络数学模型，包括水网络优化目标和约束目标。

优化目标可选择以最小新水用量为目标或以最小水网络成本为目标。以最小新水用量为目标的数学模型由用水单元消耗的新鲜水流量乘以价格权重之和的最小值描述；以最小水网络成本为目标的模型由新鲜水成本、再生水生产成本和废水外排成本之和的最小值描述。

约束目标包括用水单元约束和再生单元约束。用水单元约束包括：进出口流率平衡（用水单元的总进水水量和总出水水量相同）；进口杂质质量平衡（用水单元的各流股带来的杂质总量等于总流率乘单元进水浓度）；进出口杂质质量平衡（用水单元输入杂质总量加单元产生的杂质量等于单元排出的杂质总量与损失杂质量）；进出口浓度限制（用水单元的进出口质量浓度不能超过单元的浓度限值）；入口性质约束（用水单元的各流股性质算子总和等于输入总流量乘入口性质算子值）。再生单元约束包括：进出口流率平衡（再生单元输入流量等于输出流量）；进口杂质质量约束（输入再生单元的各流股带来的杂质总质量等于输入总流量乘入口浓度）；入口性质约束（输入再生单元各流股性质算子总和等于输入总流量乘入

口性质算子值)。

(4) 优化途径

本标准结合煤化工行业特点，给出了具体的优化途径示例：

a) 输煤栈桥冲洗水经处理后，可回用于煤场洒水、栈桥冲洗、喷雾抑尘等；

b) 水煤浆气化时，其他装置产生的高 COD、高氨氮、高盐废水，与新水按比例调配后可直接作为水煤浆配浆用水；

a) 气化渣水、洗涤塔排水经处理后，可回用于气化工段；气化炉冷却排水经处理后，可回用于气化炉的冷却系统，或回用于其他需要热水的用水单元；

b) 净化装置的变换冷凝液经处理后，可回用作为循环冷却水补水、气化装置洗涤塔用水、机械密封水等生产用水；

c) 加氢反应器冷却系统排水经处理后，可回用于加氢反应器冷却系统；加氢精制系统排水经处理后，可回用于加氢精制注水和冷却系统；

d) 脱盐浓水在氯离子在不高于循环冷却水排污水限值时，可直接回用于循环冷却水系统；

e) 循环冷却水旁流过滤以及排污水、锅炉排污水、脱盐浓水、生活污水经处理后可回用于循环冷却水系统；

f) 煤制油装置催化剂制备废水经处理后，可回用于催化剂制备。

上述优化途径涵盖了煤化工企业主要用水环节和废水产生环

节，企业可根据自身实际情况选择适用的优化途径。对于未列出的其他用水单元或废水类型，企业可参照类似工艺的优化途径进行设计。

7.水系统集成优化效果评估

根据水系统集成优化结果，依据 GB/T 7119 和 GB/T 37759，从基本要求、管理考核指标、技术考核指标等三方面建立企业用水评价指标体系。技术考核指标主要包括：单位产品取水量、水重复利用率、废水回用率、蒸汽冷凝水回用率、间接冷却水循环率、用水综合漏失率等。将优化前后的指标进行对比和评估，并与同类企业的水平进行比对或对标自检，持续挖掘企业节水潜力。

8.附录

本标准设有三个资料性附录。附录 A（资料性）为水网络物理模型，给出了用水单元和再生单元之间所有可能的网络结构示意图；附录 B（资料性）为水网络优化目标数学模型，给出了以最小新水用量为目标和以最小水网络成本为目标的数学模型；附录 C（资料性）为水网络约束目标数学模型，给出了用水单元约束和再生单元约束的详细数学表达式。附录为煤化工企业开展水系统集成优化提供了可参考的数学建模框架，具有较强的实用性和指导性。

三、预期的经济效益、社会效益和生态效益

本标准对各地区、各类型煤化工企业开展水系统集成优化具有重要的指导意义，经济效益、社会效益和生态效益显著。

经济效益方面：通过水系统集成优化，降低取水成本：标准全面推广后，全行业新鲜水消耗量持续下降，尤其对于西北水资源紧缺、取水成本偏高的煤化工产区，可大幅削减外购水、矿井水处理费用，直接降低企业生产运营成本。。

社会效益方面：本标准的实施将推动煤化工行业节水技术进步，提升行业整体节水管理水平，促进水资源高效利用。通过树立节水示范标杆，增强全社会节水意识。同时，减少对公共供水系统的压力，保障水资源的可持续利用，对黄河流域等水资源匮乏地区的水安全保障具有重要意义。

生态效益方面：通过水系统集成优化，减少水资源开采，减少地表水、缓解北方地区地表径流衰减等生态问题，保护区域水文生态。节水同步实现节能，降低煤化工行业碳排放，推动产业绿色低碳转型，契合国家减污降碳协同增效总体要求。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

目前国际上尚无专门针对煤化工行业的水系统集成优化相关标准。

五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因；

本文件制定过程中不存在采标的问题。

六、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本文件遵循《工业企业水系统集成优化导则》（GB/T 29749）规定的通用框架、原则、程序和方法，是其在煤化工行业的具体细化和落地标准。GB/T 29749 规定了工业企业水系统集成优化的通用要求，适用于各类工业企业，但缺乏针对煤化工行业工艺特点、水质特征和优化途径的具体指导。

本文件衔接《工业企业水系统集成优化技术指南》（GB/T 30887）、《纺织染整企业水系统集成优化实施指南》（FZ/T 07024）、《火力发电企业水系统集成优化实施指南》（T/CACE 041）等标准，共同构成我国工业企业水系统集成优化标准体系。

本文件配套煤化工取水定额系列国家标准（GB/T 18916.35~40）以及《黄河流域工业用水定额 第3部分：煤制烯烃》（GB 45669.3），为定额目标的实现提供了技术路径。取水定额标准规定了煤化工企业单位产品取水量的限额指标，本文件通过水系统集成优化技术，指导企业优化用水网络、提高水重复利用率、减少新鲜水取用量，从而支撑企业达到取水定额标准要求的先进值或限定值。

本文件支撑《煤化工废水处理与回用技术导则》（GB/T 42866），强化了废水分质回用的系统集成逻辑。GB/T 42866 规定了煤化工废水处理与回用的技术要求，侧重于废水处理工艺和回用水质。本文件从水系统整体优化的角度，指导企业合理配置各用水单元的水量 and 水质。

本文件为《节水型企业 现代煤化工行业》（GB/T 37759）和《节

水型企业评价导则》（GB/T 7119）的实施提供了技术支撑。GB/T 37759 规定了节水型企业的评价指标体系。本文件通过指导企业开展水系统集成优化，帮助企业达到节水型企业的评价要求。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准遵循各方参与原则，制定时充分吸收了有关领域专家的意见，无重大分歧意见。

八、涉及专利的有关声明

本标准未接到任何涉及相关专利或知识产权争议的信息、文件。

九、实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议

本标准对各地区、各类型煤化工企业开展水系统集成优化具有重要的指导意义。随着煤化工产业的持续发展，企业节水工作已进入深水区，亟需标准引导企业系统提升水利用效率。建议标准发布后，针对标准的使用者（煤化工企业、设计单位、咨询机构等）进行培训和宣传。建议标准发布后六个月实施。

十、公平竞争审查结论

经对照《公平竞争审查条例》逐一审查，该标准不含影响公平竞争的有关内容。不含有限制或者变相限制市场准入和退出、限制或者变相限制商品要素自由流动、影响经营者生产经营成本、影响经营者生产经营行为的内容，不适用《条例》第十二条规定。

十一、其他应说明的事项

本标准立项阶段牵头单位为北京市科学技术研究院，现根据实际组织分工，由北京市科学技术研究院资源环境研究所作为牵头单位负责标准的具体研制工作。北科院资环所是北京市科学技术研究院的院属二级单位，长期从事工业节水、水系统集成优化及废水处理与回用等领域的技术与标准制定工作，具备扎实的科研基础和丰富的标准编制经验，能够确保本标准研制工作的科学性、规范性和可操作性。

标准起草组

2026 年 5 月