

中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

水系统集成优化 第6部分：煤化工

Guidelines for integration and optimization of water system Part
6: Coal chemical

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2026-06-29）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 水系统现状调查 1

 4.1 一般规定 1

 4.2 调查范围 2

 4.3 调查内容 2

 4.4 水系统参数测试 2

 4.5 现行用水网络图绘制 2

5 水系统集成优化对象及其约束条件的确定 3

 5.1 确定优化对象 3

 5.2 确定约束条件 3

 5.3 确定极限数据 3

6 水系统集成方案设计和优化 4

7 水系统集成优化效果评估 4

附录 A（资料性） 水网络物理模型 5

附录 B（资料性） 水网络优化目标数学模型 6

附录 C（资料性） 水网络约束目标数学模型 7

图 A.1 水网络物理模型 5

前 言

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国节水标准化技术委员会（SAC/TC442）提出并归口。

本文件起草单位：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。

本文件主要起草人：单悦、白雪、吴月、刘桂莲、张忠国、张强、赵华章、孔令斯、代小丽、曾凡夫子、白岩、王明勇、高明、王维珍、李庆文、宋小军、赵丽文、张洪博、杨岑、石晓宇、张世杰、王秀江、李民、王为术、杨孝新、林永辉、余显军、张帅帅、贺颂钧、司文曦、周道康。

水系统集成优化 第6部分：煤化工

1 范围

本文件规定了炼焦、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生产企业水系统集成优化。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

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

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

GB/T 7119、GB/T 1576、GB/T 21534、GB/T 29749、GB/T 30887、GB/T 31428、GB/T 37759、GB/T 42866 界定的术语和定义适用于本文件。

4 水系统现状调查

4.1 一般规定

水系统现状调查的范围应涵盖煤化工企业的全部用水单元和废水再生单元，调查的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。

4.2 调查范围

调查范围应包括：

- a) 主要生产用水：焦化包括备煤、炼焦、煤气净化、化工产品回收等，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；
- b) 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；
- c) 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；
- d) 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；
- e) 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；
- f) 辅助工程废水：锅炉装置排污水、锅炉排污水等；
- g) 其他废水：地坪冲洗水、生活污水等。

4.3 调查内容

调查内容应至少包括：

- a) 用水来源调查，包括地表水、地下水、再生水、蒸汽、矿井水、集蓄雨水等使用情况；
- b) 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；
- c) 各用水单元水的串联使用、循环利用、回用情况；
- d) 用水单元、废水再生单元漏损情况；
- e) 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。

4.4 水系统参数测试

4.4.1 水量测试依据 GB/T 12452。

4.4.2 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。

4.4.3 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。

4.5 现行用水网络图绘制

4.5.1 根据 4.3 的调查结果，绘制现行用水网络图。

4.5.2 现行用水网络图中至少应明确：

- a) 各用水单元进水口处的新水量、再生水量、回用水量及水质；
- b) 各用水单元出水口处的排水量、水质及去向；
- c) 各废水再生单元进水口处的水量、水质及来源；
- d) 各废水再生单元出水口处的水量、水质及去向；

- e) 影响各用水单元循环和串联用水的关键点，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。

注：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

5.1 确定优化对象

5.1.1 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。

注：子系统可以是一个用水单元或多个用水单元。

5.1.2 在各个子系统内确定水源、水阱优化对象，具体方法如下：

- a) 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；
- b) 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。

5.2 确定约束条件

5.2.1 约束条件应包括水质约束条件和经济约束条件，其中，水质约束条件包含浓度约束条件和性质约束条件。

- 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。

注：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：氨氮、氯化物等；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。

5.2.2 经济约束条件应考虑：

- a) 企业进行水系统集成优化设计的成本；
- b) 增设管道和处理设施及改建的投资成本；
- c) 水系统集成优化后的运行及管道维护成本等；
- d) 废水再生成本及排放成本等。

5.3 确定极限数据

5.3.1 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。

5.3.2 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。

5.3.3 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。

5.3.4 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。

5.3.5 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

6.1 煤化工企业宜采用数学规划法进行设计与优化。

6.2 根据企业需求和回用途径构建水网络数学模型，可参考附录 A-C。

6.3 基于数学模型求解，并进行用水网络的优化，确定优化后的用水网络结构图。

6.4 优化途径

- 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；
- c) 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；
- d) 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；
- e) 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；
- f) 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；
- g) 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；
- h) 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。

6.5 用水网络调整

应根据实际情况对用水网络进行调整，并遵循如下原则：

- a) 将其他可能限制回用水的因素考虑在内，校验方案是否可行；
- b) 优先在车间内部进行水量匹配；
- c) 尽可能减少用水单元的供水水源数，对水量相当的水源和水阱优先匹配；
- d) 高温水优先余热回收；
- e) 应满足预期节水目标。

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、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，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。

附录 A
(资料性)
水网络物理模型

- A.1 用水单元进水包括新鲜水 (F_j^{wi})、其他用水单元来水 ($F_{i,j}$) 以及再生单元来水 ($F_{Rt,j}$)，出水包括排水 (F_j^D)、去往其他用水单元 ($F_{j,k}$)、去往再生单元 ($F_{j,Rt}$) 和水损失 (F_j^{Loss})。
- A.2 再生单元进水全部为用水单元的出水 ($F_{j,Rt}$)，再生单元出水包括水损失 (F_{Rt}^{Loss}) 和去往用水单元的再生水 ($F_{Rt,k}$)。

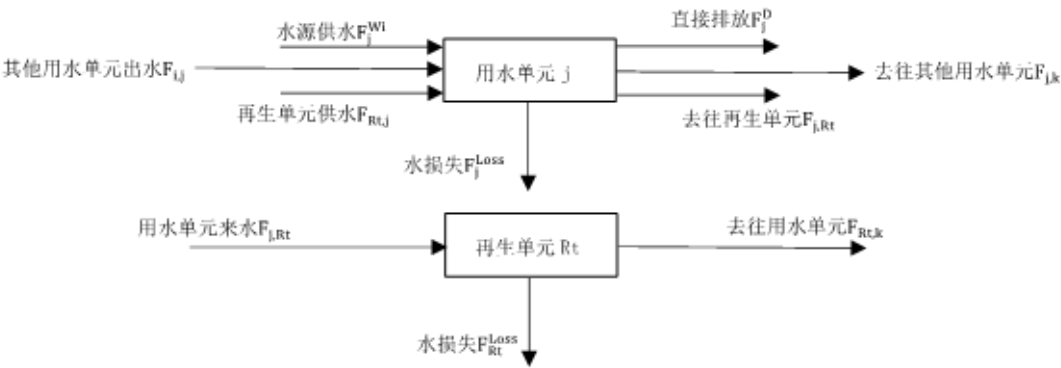


图 A.1 水网络物理模型

附录 B
(资料性)
水网络优化目标数学模型

B.1 以最小新水用量为目标的数学模型

以水系统总新水量最小为目标的数学模型由下式描述：

$$\text{Min} \sum_w \sum_j F_j^w \times I^w \dots\dots\dots (\text{B. 1})$$

式中：

F_j^w —用水单元 j 消耗的新鲜水水源 w 的流量，；

I^w —新鲜水水源 w 的价格权重。

B.2 以最小水网络成本为优化目标的数学模型

以水网络成本最小为优化目标的模型由下式描述：

$$\text{Min} \sum_w (Cost_w \times \sum_j F_j^w) + Cost_R \times \sum_j F_{j, Rt} + Cost_D \times (\sum_j F_j^D + F_{Rt}^{Loss}) \dots\dots\dots (\text{B. 2})$$

式中：

F_j^w —用水单元 j 消耗的新鲜水水源 w 的流量，单位为立方米每天 (m^3/d)；

$F_{j, Rt}$ —用水单元 j 供给再生单元 Rt 的流量，单位为立方米每天 (m^3/d)；

F_{Rt}^{Loss} —再生单元 Rt 损失的流量，单位为立方米每天 (m^3/d)；

$Cost_w$ —新鲜水水源 w 的成本，单位为元每立方米 ($\text{¥}/\text{m}^3$)；

$Cost_R$ —生产再生水成本，单位为元每立方米 ($\text{¥}/\text{m}^3$)；

$Cost_D$ —废水外排成本，单位为元每立方米 ($\text{¥}/\text{m}^3$)。

附录 C

(资料性)

水网络约束目标数学模型

C.1 用水单元约束

C.1.1 用水单元的总进水水量和总出水水量相同，用水单元 j 进出口流率平衡由下式描述：

$$\sum W F_j^W + \sum_{i \neq j} F_{i,j} + F_{Rt,j} = F_j^D + \sum_{k \neq j} F_{j,k} + F_{j,Rt} + F_j^{Loss} \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

$F_{i,j}$ —用水单元 i 排至用水单元 j 的流量，单位为立方米每天 (m^3/d)；

$F_{Rt,j}$ —再生单元 Rt 供给用水单元 j 的流量，单位为立方米每天 (m^3/d)；

F_j^D —用水单元 j 排放的流量，单位为立方米每天 (m^3/d)；

$F_{j,k}$ —用水单元 j 排至用水单元 k 的流量，单位为立方米每天 (m^3/d)；

F_j^{Loss} —用水单元 j 损失的流量，单位为立方米每天 (m^3/d)；

C.1.2 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，用水单元 j 进口杂质 s 的质量平衡由下式描述：

$$\sum W (F_j^W \times C_s^W) + \sum_{i \neq j} (F_{i,j} \times C_{i,s}^{Out}) = (\sum W F_j^W + \sum_{i \neq j} F_{i,j} + F_{Rt,j}) \times C_{j,s}^{In} \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

C_s^W —水源 W 中杂质 s 的浓度，单位为毫克每升 (mg/L)；

$C_{i,s}^{Out}$ —用水单元 i 出水杂质 s 的浓度，单位为毫克每升 (mg/L)；

$C_{Rt,s}^{Out}$ —再生单元 Rt 出水杂质 s 的浓度，单位为毫克每升 (mg/L)；

$C_{j,s}^{In}$ —用水单元 j 进水中杂质 s 的浓度，单位为毫克每升 (mg/L)。

C.1.3 用水单元输入杂质总量加单元产生的杂质质量等于单元排出的杂质总量与损失杂质质量，用水单元 j 进出口杂质 s 的质量平衡由下式描述：

$$\begin{aligned} & (\sum W F_j^W + \sum_{i \neq j} F_{i,j} + F_{Rt,j}) \times C_{j,s}^{In} + M_{j,s} = (\sum W F_j^W + \sum_{i \neq j} F_{i,j} + F_{Rt,j}) \times C_{j,s}^{Out} + F_j^{Loss} \\ & \times C_{j,s}^{Loss} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (C.3)$$

式中：

$M_{j,s}$ —用水单元 j 中杂质 s 的杂质负荷，千克每天 (kg/d)；

$C_{j,s}^{In}$ —用水单元 j 进水中杂质 s 的浓度，单位为毫克每升 (mg/L)；

$C_{j,s}^{Out}$ —用水单元 j 出水中杂质 s 的浓度，单位为毫克每升 (mg/L)；

$C_{j,s}^{Loss}$ —用水单元 j 损失水量中杂质 s 的浓度，单位为毫克每升 (mg/L)。

C.1.4 用水单元的进出口质量浓度不能超过单元的浓度限值，限值通常为设定的常量。用水单元 j 进出口杂质 s 的浓度限制由下式描述：

$$C_{j,s}^{Out} \leq C_{j,s}^{Out, Max} \quad \dots\dots\dots (C.4)$$

$$C_{j,s}^{In} \leq C_{j,s}^{In, Max} \quad \dots\dots\dots (C.5)$$

式中：

$C_{j,s}^{In, Max}$ —用水单元 j 进水中杂质 s 的浓度上限；

$C_{j,s}^{Out, Max}$ —用水单元 j 出水中杂质 s 的浓度上限。

C.1.5 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。用水单元 j 的入口性质约束由下式描述：

$$\sum W(F_j^W \times \psi_p(p_{W,p})) + \sum_{i \neq j} (F_{i,j} \times \psi_p(p_{i,p}^{Out})) + F_{Rt,j} \times \psi_p(p_{i,p}^{Out}) = (\sum W F_j^W + \sum_{i \neq j} F_{i,j} + \sum_{Rt} F_{Rt,j}) \times \psi_{j,s}^{In}$$

式中：

$p_{W,p}$ —水源 W 的性质 p 的值；

$p_{i,p}^{Out}$ —用水单元 i 出口的性质 p 的值；

$\psi_p(p_{W,p})$ —水源 W 的性质 p 的性质算子；

$\psi_p(p_{j,p}^{Out})$ —用水单元 j 出口的性质 p 的性质算子；

$\psi_p(p_{j,p}^{In})$ —用水单元 j 入口处性质 p 的性质算子。

C.1.6 用水单元输入的混合物流性质值和性质算子需在限制范围内。用水单元 j 的性质算子和性质限值由下式描述

$$p_{j,p}^{min} \leq p_{j,p} \leq p_{j,p}^{max} \quad \dots\dots\dots (C.6)$$

$$\psi_{j,p}^{min} \leq \psi_{j,p} \leq \psi_{j,p}^{max} \quad \dots\dots\dots (C.7)$$

式中：

$p_{j,p}$ —用水单元 j 的性质 p 的值；

$p_{j,p}^{min}$ —用水单元 j 的性质 p 的下限值；

$p_{j,p}^{max}$ —用水单元 j 的性质 p 的上限值；

$\psi_{j,p}$ —用水单元 j 的性质算子；

$\psi_{j,p}^{min}$ —用水单元 j 的性质算子下限；

$\psi_{j,p}^{max}$ —用水单元 j 的性质算子上限。

C.2 再生单元约束

C.2.1 再生单元输入流量等于输出流量。再生单元 Rt 进出口流率平衡由下式描述：

$$\sum j F_{j,Rt} = \sum j F_{Rt,j} + F_{Rt}^{Loss} \quad \dots\dots\dots (C.8)$$

C.2.2 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。再生单元 Rt 进口杂质 s 质量约束由下式描述：

$$\sum_j (F_{j, Rt} \times C_{j, s}^{Out}) = \sum_j F_{j, Rt} \times C_{Rt, s}^{In} \quad \dots\dots\dots (C. 9)$$

式中：

$C_{Rt, s}^{In}$ —再生单元 Rt 进水杂质 s 的浓度，单位为毫克每升（mg/L）。

C.2.3 输入再生单元各流股性质算子总和等于输入总流量成入口性质算子值。再生单元 Rt 的入口性质约束由下式描述：

$$\sum_j (F_{j, Rt} \times \psi_p(p_{j, p}^{Out})) = F_{j, Rt} \times \psi_p(p_{Rt, p}^{In}) \quad \dots\dots\dots (C. 10)$$

式中：

$\psi_p(p_{Rt, p}^{In})$ —再生单元 Rt 入口处性质 p 的性质算子。