

国家标准

《管壳式热交换器能效分级及评价
方法》

（征求意见稿）

编制说明

标准起草组

二〇二六年三月

国家标准《管壳式热交换器能效分级及评价方法》 (征求意见稿) 编制说明

一、工作简况

(一) 任务来源

2025 年 6 月, 国家标准化管理委员会以《国家标准委关于下达 2025 年第六批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》(国标委发〔2025〕32 号), 正式下达国家标准《管壳式热交换器能效分级及评价方法》制修订计划, 计划号: 20253678-T-469, 计划完成时间为 2026 年 8 月。

该项目由全国锅炉压力容器标准化技术委员会(SAC/TC 262)归口, 由中国特种设备检测研究院、甘肃蓝科石化高新装备股份有限公司、西安交通大学牵头, 联合北京广厦环能科技股份有限公司、一重集团大连核电石化有限公司、东北电力大学、抚顺市特种设备监督检验所、湖北长江石化设备有限公司、清华大学、合肥通用机械研究院有限公司、全国锅炉压力容器标准化技术委员会热交换器分技术委员会等 25 家科研院所、生产企业、检验检测机构及高等院校共同承担起草工作, 全面负责标准的调研、起草、论证、试验验证及统稿等各项工作。

(二) 制定背景

发展新质生产力是推动高质量发展的内在要求和重要着力点, 国家明确提出要以提高技术、能耗、排放等标准为牵引, 推动大规模设备更新, 大力促进先进节能设备生产应用, 推动先进产能比重持续提升, 畅通资源循环利用链条, 大幅提高国民经济循环质量和水平。2021 年, 国务院印发《2030 年前碳达峰行动方案》, 明确提出要加快更新改造低效工业设备, 提升重点用能设备能效水平; 2023 年, 国家发改委、工信部等部门联合印发《重点用能产品设备能效先进水平、节能水平和准入水平(2024 年版)》, 将热交换器列为重点管控的通用用能设备, 明确要求建立完善的能效分级评价体系; 2024 年, 国务院安委会办公室、工信部先后印发《安全生产治本攻坚三年行动方案(2024-2026 年)》《老旧石化化工装置标准提升专项行动方案》, 将管壳式热交换器能效提升、老旧设备节能改造列为化工领域重点工作任务, 为标准制定提供了明确的政策导向。

管壳式热交换器是工业领域核心热能交换设备，广泛应用于石油化工、电力、冶金、城市供热、核电、医药、食品等国民经济关键领域，工业领域 80% 以上的热量传递需通过热交换器完成。其中，管壳式热交换器凭借结构成熟、承压性能优良、工况适配性强、维护便捷、处理量大等突出优势，占据工业热交换器市场 60% 以上的份额，其能效水平直接决定了相关行业的综合能耗、节能潜力与绿色发展水平，是工业节能降碳的关键抓手。

近年来，我国管壳式热交换器产业发展迅速，制造技术、强化传热技术、新材料应用持续升级，高效节能型产品不断涌现，2025 年行业年产量超 10 万台，国内在用设备总量超 50 万台，产业规模、技术水平均稳居世界首位。但随着行业快速发展，因缺乏统一的能效分级及专项评价标准，行业内产品能效水平参差不齐，在设备能效定义、核心指标计算、测试方法、分级规则、接口规范、评价流程等方面存在巨大差异，暴露出产品选型混乱、互换性差、市场恶性竞争、上下游协同成本高、节能监管无据可依等突出问题，严重制约了行业技术升级与高质量发展，也影响了国家工业节能降碳政策的落地实施。

国内现有相关标准中，GB/T 27698.2《热交换器及传热元件性能测试方法 第 2 部分 管壳式热交换器》修订后新增了基础能效评价相关内容，填补了原有版本在能效评价领域的空白，其核心聚焦于在用设备能效评价；TSG R0010-2019《热交换器能效测试与评价规则》主要针对板式热交换器制定，未覆盖管壳式热交换器的结构特点、工况适配性及专项评价要求，无法直接套用；其他相关标准均侧重设备设计制造或单一性能测试，未涉及能效分级与综合评价的核心内容。

经全面调研，国际上暂无管壳式热交换器能效分级及评价专项标准，仅部分通用标准（如 ISO 16812《热交换器 设计和制造》、美国 ASME PTC 12.5-2022《热交换器性能测试规程》）涉及设备基础性能测试要求，未针对能效分级、评价方法制定专项技术规范，无法适配我国产业发展与节能监管的实际需求。

本标准的制定，立足行业主流技术路线设定能效指标与评价规则，同时为新材料、新工艺、新结构（如强化传热管、新型折流板）的应用预留技术空间与评价依据。旨在确立完善的管壳式热交换器产品能效分级技术规范，在术语定义、能效指标、测试方法、分级规则、评价流程、报告规范等方面形成统一

要求，对于规范产品质量、促进技术创新、消除市场壁垒、完善行业标准体系、推动工业节能降碳具有深远意义，将推动我国管壳式热交换器技术向更高效、更可靠、更环保、更智能的方向发展，持续保持我国在换热设备节能领域的产业核心竞争力。

（三）起草过程、主要参加单位和工作组成员及其所做的工作

本标准编制严格遵循《国家标准管理办法》相关规定，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》要求推进各项工作，全程坚持“科学严谨、贴合实际、兼顾先进、确保可行”的原则，具体起草过程、参与单位及人员分工如下：

1. 起草过程

（1）启动筹备与团队组建阶段（2025 年 11 月-1 月）：2025 年 10 月 31 日项目立项后，全国锅炉压力容器标准化技术委员会热交换器分技术委员会（以下简称“热交换器分会”）立即启动标准编制筹备工作，在全国范围内遴选行业内技术实力突出、经验丰富的科研院所、生产企业、检验检测机构及高等院校，组建标准编制工作组。期间，牵头单位组织开展行业调研，覆盖 20 余家重点企业、10 余家检验机构及 5 所高等院校，收集各类管壳式热交换器产品参数、能效测试数据、工程应用案例等资料 300 余组，完成调研总结报告，为标准框架搭建奠定基础。

（2）启动会议与框架确定阶段（2026 年 1 月）：2026 年 1 月 20 日，编制工作组在北京召开第一次工作会议，来自主管机构、行业协会、工程公司、生产企业、科研院校、检验机构的 40 余名代表参会。与会专家结合自身专业优势及所在单位特点，围绕标准制定的重点内容、技术框架、章节分工、核心难点等核心问题进行了深入研讨，明确了“覆盖主流、聚焦能效、规范流程、兼顾实操”的编制思路，形成启动工作会议纪要，确定了标准的总体框架、核心章节设置及各阶段时间节点。

（3）初稿起草与资料补充阶段（2026 年 1 月-2 月）：2025 年 1 月底，起草组根据启动工作会议意见，优化完善标准框架大纲，明确各章节牵头单位与核心工作要求，重点完善了标准适用范围、能效分级体系、测试方法、评价流程等核心内容的编制规划。2026 年 1 月至 2 月，各起草单位根据自身专业优势

及任务分工，同步开展标准条款起草、行业工程数据补充收集、典型产品性能测试、技术指标论证等工作，完成标准草案各章节初稿编制；期间，编制工作组先后组织 2 次线上专题研讨会，针对能效计算模型、分级指标初步设定、测试仪表精度要求等关键问题开展专项论证，优化完善相关条款。

（4）汇稿研讨、修改完善及审核定稿阶段（2026 年 2 月）：针对适用范围界定、术语定义准确性、测试方法可操作性、分级指标合理性等启动会提出的修改意见，编制工作组按会议共识，对草案进行系统性修改完善，优化条款表述、补充技术依据、理顺逻辑衔接，形成标准草案修改稿。同步完成本编制说明的撰写，全面梳理标准制定背景、起草过程、核心内容及确定依据、试验验证情况等内容，确保编制说明与标准正文高度契合、内容完整。最终完成《管壳式热交换器能效分级及评价方法》（征求意见稿）及本编制说明的定稿工作，确保 3 月 1 日顺利对外征求意见。

2. 主要参加单位

本标准主要参加单位涵盖科研院所、生产企业、检验检测机构、高等院校及标准化技术组织，覆盖行业全产业链，确保标准内容全面贴合行业实际、兼顾各方需求，具体包括：中国特种设备检测研究院、甘肃蓝科石化高新装备股份有限公司、西安交通大学、北京广厦环能科技股份有限公司、一重集团大连核电石化有限公司、东北电力大学、抚顺市特种设备监督检验所、湖北长江石化设备有限公司、湖北特种设备检验检测研究院、兰州石油机械研究所有限公司、辽宁中科力勒检测技术服务有限公司、清华大学、陕西特种设备检验检测研究院、上海核工程研究设计院股份有限公司、沈阳鼓风机集团辅机成套工程有限公司、沈阳化工大学、武汉东海石化重型装备有限公司、中国船舶集团有限公司第七一一研究所、中国寰球工程有限公司北京分公司、中国石化工程建设有限公司（SEI）、机械工业兰州石油化工设备检测所有限公司、中国石油西南油气田分公司地面工程设计中心、江苏中圣压力容器装备制造有限公司、合肥通用机械研究院有限公司等。

3. 章节分工

依据启动会工作会议纪要共识、各单位专业特长及标准草案章节设置，紧扣能效分级、评价方法、测试验证等关键技术环节，明确各章节牵头负责单位

如下，确保各章节内容科学、专业、贴合实际：

标准框架结构	主要负责单位
1 范围	热交换器分会、中国特种设备检测研究院、西安交通大学、清华大学
2 规范性引用文件	热交换器分会、中国特种设备检测研究院、中国石化工程建设有限公司
3 术语和定义	西安交通大学、中国特种设备检测研究院、清华大学、江苏中圣压力容器装备制造有限公司
4 符号和单位、5 测试和评价总则	热交换器分会、中国特种设备检测研究院、甘肃蓝科石化高新装备股份有限公司、机械工业兰州石油化工设备检测所有限公司
6 评价流程	中国特种设备检测研究院、西安交通大学、江苏中圣压力容器装备制造有限公司、北京广厦环能科技股份有限公司
7 能效测试要求	中国特种设备检测研究院、湖北特种设备检验检测研究院、抚顺市特种设备监督检验所、陕西特种设备检验检测研究院
8 能效评价方法（含能效分级指标）	西安交通大学、中国特种设备检测研究院、一重集团大连核电石化有限公司、湖北长江石化设备有限公司、合肥通用机械研究院有限公司
9 测试报告	北京广厦环能科技股份有限公司、江苏中圣压力容器装备制造有限公司、兰州石油机械研究所有限公司、东北电力大学
附录 A（规范性附录）有关量的计算式	陕西特种设备检验检测研究院、湖北特种设备检验检测研究院、抚顺市特种设备监督检验所、辽宁中科力勒检测技术服务有限公司
附录 B（资料性附录）管壳式热交换器能效测试与评价报告（供参考）	江苏中圣压力容器装备制造有限公司、一重集团大连核电石化有限公司、中国船舶集团有限公司第七一一研究所、沈阳化工大学

附录 C（资料性附录）能效分级与节能改造衔接要求	兰州石油机械研究所有限公司、中国石油西南油气田分公司、中国寰球工程有限公司北京分公司、中国石化工程建设有限公司、合肥通用机械研究院有限公司
能效验证方法	湖北特种设备检验检测研究院、辽宁中科力勒检测技术服务有限公司、沈阳鼓风机集团辅机成套工程有限公司、武汉东海石化重型装备有限公司、合肥通用机械研究院有限公司

4. 主要起草人及分工

全体起草人员全程、实质性参与标准编制各环节工作，确保标准内容科学、严谨、贴合行业实际，具体分工如下：

1. 齐国利（中国特种设备检测研究院，正高）：负责标准编制的整体规划，对标准编制全流程、内容负责；牵头协调所有参与单位，把控编制质量与进度，审核标准全文及编制说明；牵头解决编制过程中的重大技术难题与协调分歧；负责第 6 章《评价流程》的牵头起草与审核，主导标准起草、研讨、论证、修改完善全流程工作。

2. 笪耀东（中国特种设备检测研究院，正高/所长）：复杂标准的统筹协调工作，牵头搭建标准总体框架，负责标准制定思路、总体技术路线的把控与指导，参与核心技术条款的论证与审核，协调解决编制过程中的各类问题；负责第 1 章《范围》、第 2 章《规范性引用文件》、第 4 章《符号和单位》、第 5 章《测试和评价总则》的牵头起草与审核。

3. 蒋琛（热交换器分会，高工/经理）：协助开展第 1、2、4、5 章的起草、修改与意见处理工作，负责标准格式规范、引用文件核对、术语统一等工作，协调各起草单位的章节衔接。

4. 屈治国（西安交通大学，教授/副院长），负责标准第 3 章《术语和定义》，指导能效分级相关工作。

5. 张剑飞（西安交通大学，教授）：负责第 8 章《能效评价方法（含能效分级指标）》的起草、修改与意见处理工作；牵头建立能效指标（EEI）计算模型，开展分级限值论证，为标准核心技术内容提供理论支撑与数据论证；参与试验验证方案的设计与结果分析。

6. 王振川（中国特种设备检测研究院，高工）、李群科（湖北特种设备检

验检测研究院，测试与试验中心负责人)：负责标准第 7 章《能效测试要求》、能效验证方法的起草、工程数据收集整理与意见处理工作；组织开展测试方法的试验验证，优化测试工况设定、稳定判据、数据采集要求等内容；负责测试仪表精度要求的论证与确定。

7. 屈英琳（北京广厦环能科技股份有限公司，高工/技术总监）：负责标准第 9 章《测试报告》的起草、修改与意见处理工作；规范报告格式与内容要求，结合行业实际优化报告的表格设计、附图附表规范，确保报告具备完整性、可追溯性。

8. 王林（沈阳化工大学，副教授）、徐冉（陕西特种设备检验检测研究院，主任/高工）：负责附录 A《有关量的计算式》的起草、修改与意见处理工作；规范核心参数的计算式，明确公式适用条件、参数定义与备注说明，核对计算式的准确性，确保与正文条款高度契合。

9. 刘丰（江苏中圣压力容器装备制造有限公司，教授）：负责附录 B《管壳式热交换器能效测试与评价报告（供参考）》的起草、修改与意见处理工作；结合行业典型测试案例，优化报告模板，补充实操性内容，便于相关单位直接参考使用。

10. 苏斯君（兰州石油机械研究所有限公司，正高/总经理）：负责附录 C《能效分级与节能改造衔接要求》、行业能效数据收集与分析工作的牵头实施；结合国家节能改造政策，明确不同能效等级设备的改造方向、技术路径，衔接老旧石化化工装置提升专项行动要求，制定改造后能效达标的判定规则。

11. 陈永东（合肥通用机械研究院有限公司，正高/副总工程师）、胥蕊娜（清华大学，教授）：负责标准核心技术条款的工程适用性指导与审核，参与能效分级指标、测试方法的论证与优化；协助开展试验验证工作，核对试验数据的准确性与合理性。

12. 其余起草组成员：按照分工负责对应章节的文稿起草、数据收集、意见反馈、修改完善工作，参与标准技术内容的研讨与论证，配合完成试验验证、行业调研等工作，确保各章节内容贴合行业实际、技术先进、可操作。

二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据

（一）标准编制原则

本标准制定严格符合国家现行有关安全、环保、节能政策要求，紧扣管壳式热交换器产业发展现状与工业节能降碳需求，全面遵循以下编制原则，确保标准科学、规范、实用、先进：

1. 合规性原则：严格执行《国家标准管理办法》相关规定，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》开展编制工作；标准技术条款与《中华人民共和国标准化法》《中华人民共和国节约能源法》《中华人民共和国特种设备安全法》等法律法规，以及 GB/T 150《压力容器》、TSG 21《固定式压力容器安全技术监察规程》等现行国家标准、安全技术规范全面协调一致，无矛盾冲突。

2. 科学性原则：标准核心技术指标（如能效分级限值、测试方法、计算模型）基于热力学、传热传质学等基础理论，结合国家重点研发计划研究成果、大量工程实践数据、试验验证结果确定，兼顾不同规格、不同工况、不同结构形式产品的技术特点，确保标准内容科学严谨、准确可靠、数据可追溯。

3. 适用性原则：立足我国管壳式热交换器产业发展现状，聚焦液-液无相变工况下的弓形折流板管壳式热交换器（行业主流类型），贴合生产制造、工程设计、现场测试、节能监管、老旧设备改造等全流程需求，明确测试方法的实操性、分级规则的合理性，确保标准可落地、易执行、可推广，兼顾大型企业与中小企业的适配性。

4. 先进性与前瞻性原则：充分借鉴国内外热交换器节能技术、性能测试技术的先进成果，结合行业技术发展趋势（如强化传热技术、新材料应用）设定能效分级指标，既立足当前行业主流技术水平，确保标准的可行性，又突出技术引领性，倒逼行业技术升级；同时为新材料、新工艺、新结构的应用预留技术空间，保持标准的长效适用性。

5. 统一性与规范性原则：统一管壳式热交换器的能效术语定义、符号单位、能效指标、测试方法、分级规则、报告格式，消除行业内技术语言不统一、评价规则不一致、报告格式不规范的问题，为行业生产、设计、选型、监管提供统一规范依据，提升行业标准化水平。

6. 协调性原则：标准内容与压力容器、热交换器、能效评价、检验检测等相关国家标准、行业标准协调衔接，避免条款冲突与重复规定，与 GB/T 151

《热交换器》、GB/T 27698 系列等标准形成互补，共同构建完善的热交换器标准体系。

(二) 主要内容及其确定依据

本标准正文共设 9 章，配套 3 个附录，全面规定了管壳式热交换器能效分级及评价的术语和定义、符号和单位、测试和评价总则、评价流程、能效测试要求、能效评价方法、测试报告等全流程技术要求，具体内容及确定依据如下：

1. 范围

本章节明确了标准的核心适用对象与边界，规定本文件适用于液-液无相变工况下的弓形折流板管壳式热交换器的能效测试与评价，其他类型（如浮头式、U 型管式）、其他工况（如气-液换热、有相变）的在用管壳式热交换器可参照执行；同时明确了标准覆盖的工作环节，包括能效测试、能效等级评价、测试报告出具等全流程要求，界定了标准的适用边界。

确定依据：液-液无相变工况下的弓形折流板管壳式热交换器是工业领域应用最广泛的类型，占管壳式热交换器市场总量的 70%以上，针对性划定适用范围可确保标准核心聚焦、实用性强，避免标准过于宽泛导致的针对性不足；参考 GB/T 27698.2 《热交换器及传热元件性能测试方法 第 2 部分：热交换器》的适用范围，结合行业节能监管、工程选型、老旧设备改造的实际需求，明确其他类型、工况设备的参照执行范围，兼顾标准的针对性与普适性；同时结合行业调研结果，排除了特殊工况、特殊结构（如核电专用、超高压）设备的直接适用，确保标准聚焦通用场景。

2. 规范性引用文件

本章节系统梳理了标准编制过程中引用的现行有效国家标准、行业标准和安全技术规范，涵盖热交换器设计制造、性能测试、能效评价、承压设备安全、检验检测、计量等领域，核心包括 GB/T 151 《热交换器》、GB/T 27698.1 《热交换器及传热元件性能测试方法 第 1 部分：通用要求》、GB/T 27698.2 《热交换器及传热元件性能测试方法 第 2 部分：热交换器》、TSG 21 《固定式压力容器安全技术监察规程》、TSG R0010-2019 《热交换器能效测试与评价规则》、GB/T 150 《压力容器》、GB/T 19001 《质量管理体系 要求》、JJF 1059.1 《测量不确定度评定与表示》等。

确定依据：所有引用文件均为现行有效、与标准正文技术条款直接对应，为管壳式热交换器能效测试、评价、检验、质量控制等环节提供权威技术依据；引用文件的选取遵循“必要、相关、现行”的原则，避免引用无关或作废标准，确保标准技术要求与现行国家标准体系协调一致，无矛盾冲突，保障标准的规范性与权威性；同时补充计量相关标准，为测试数据的准确性、不确定度评定提供依据。

3. 术语和定义

本章节界定了管壳式热交换器能效分级及评价过程中涉及的核心术语，包括“能效指标（EEI）、能效等级、能效指标目标值、能效指标限定值、测试工况、标准工况、定性温度、热平衡条件”等，统一行业技术语言规范，明确各术语的内涵与界定规则。

其中，重点明确：能效指标（EEI）为表征管壳式热交换器能效水平的核心无量纲参数，是评价设备能效等级的核心依据，其计算基于传热系数与压力损失的综合平衡；标准工况为统一规定的能效测试基准工况（明确介质、温度、压力、流速等参数），用于不同设备能效水平的横向对比；本方法适用于新产品，无污垢热阻得影响。

确定依据：结合管壳式热交换器的结构特点、传热原理与能效评价核心需求，参考 GB/T 151《热交换器》、GB/T 27698.1、GB/T 27698.2、TSG R0010-2019 等相关标准的术语体系，结合行业工程应用惯例，经行业专家多轮论证确定；针对能效指标（EEI）等专项术语，结合国家重点研发计划研究成果与行业测试实践，明确其定义与计算/操作边界，确保术语定义科学、准确、无歧义，避免不同主体的理解偏差，统一行业技术语言。

4. 符号和单位

本章节规范了标准中涉及的各类核心物理量的符号、名称与法定计量单位，涵盖流量、温度、压力、传热系数、压力损失、能效指标（EEI）、几何尺寸（管长、管径、换热面积）等，明确了各符号的物理含义与标注规则，统一全文表述规范，避免符号混淆或单位不统一的问题。

确定依据：严格遵循 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》关于符号和单位的规范要求，参考热力学、传热学相

关国家标准（如 GB/T 3102《量和单位》系列）及行业工程惯例，统一各类物理量的符号和单位；结合管壳式热交换器的专业特点，优化符号标注规则，确保标准表述清晰、规范，便于工程应用、数据计算与不同设备间的横向对比，同时兼顾国际通用符号习惯，提升标准的通用性。

5. 测试和评价总则

本章节明确了管壳式热交换器能效测试与评价的基本原则、基本条件、测试系统组成要求、测量仪表精度要求、数据有效性判定规则，同时规定了能效评价的工作流程与总体要求，是标准实施的通用准则，贯穿能效测试与评价的全流程。

其中，重点明确：测试与评价应遵循“公平、公正、准确、可复现”的原则；测试基本条件包括设备运行状态、环境条件、介质要求等，确保测试工况符合标准规定；测试系统应包括测量仪表、数据采集系统、介质循环系统等，明确各系统的技术要求；测量仪表的最低精度等级要求（如温度仪表精度不低于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，流量仪表精度不低于 0.5 级）；测试数据需在设备稳定运行状态下采集，稳定运行时间不低于 30 分钟，数据采集频次不低于每 5 分钟 1 次，至少采集 6 组有效数据；能效评价应基于标准工况或经工况修正后的测试数据开展，确保评价结果的可比性与准确性；明确数据有效性判定规则，剔除异常数据，确保测试数据的可靠性。

确定依据：结合管壳式热交换器的运行特点与能效测试的实际需求，参考 GB/T 27698.1、GB/T 27698.2 的通用测试要求，结合能效分级评价的专项需求，明确测试系统布置、仪表选型、数据采集的核心规则；基于试验验证结果，确定测量仪表的最低精度等级与数据采集要求，确保测试数据的准确性、可复现性；参考 JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》，明确数据有效性判定规则与不确定度评定要求，确保评价过程公平、公正、规范，为后续能效测试与评价工作奠定基础。

6. 评价流程

本章节梳理了管壳式热交换器能效评价的完整闭环流程，涵盖原始资料核查、测试条件设定、能效测试、数据处理与工况修正、能效指标计算、能效等级评判、测试报告编制 7 个核心环节，配套详细的评价流程图，明确了每个环

节的操作要求、注意事项与责任主体，补充了现场评价的实操细节（如现场核查的重点内容、工况修正的适用场景）。

其中，原始资料核查包括设备设计文件、制造质量证明文件、运行记录等，确保设备信息完整；测试条件设定需结合设备设计工况与标准工况，明确测试介质、温度、压力、流速等参数；数据处理与工况修正需剔除异常数据，对非标准工况下的测试数据进行修正，确保数据符合标准要求；能效等级评判需依据计算得到的能效指标（EEI），对照标准规定的分级限值，确定设备的能效等级；测试报告编制需符合标准第 9 章要求，确保报告完整、规范、可追溯。

确定依据：结合检验检测机构的实操流程、行业能效评价惯例，参考 TSG R0010-2019《热交换器能效测试与评价规则》的流程设计，针对管壳式热交换器的产品特点（如结构复杂、工况多样）与评价需求，优化流程节点，补充实操细节；结合行业调研结果，解决以往评价流程不统一、操作不规范的问题，确保流程逻辑清晰、步骤合理、可操作性强，贴合工程实际应用场景，便于检验检测机构、使用单位等相关主体执行。

7. 能效测试要求

本章节是标准的核心技术章节之一，明确了管壳式热交换器能效测试的工况设定、稳定判据、数据采集要求、测试系统布置规范、操作流程、安全要求。

其中，重点明确：测试工况应不少于 4 个，至少覆盖 25%、50%、75%、100% 设计通量，确保测试数据能够全面反映设备在不同负荷下的能效水平；测试稳定时间需满足设备热平衡与流动稳定要求，热平衡偏差不大于 $\pm 5\%$ ，流动稳定偏差不大于 $\pm 1\%$ ；数据采集频次与组数需满足统计分析要求，确保数据的代表性；测试系统布置需避免测量误差，温度、压力测量点的布置需符合 GB/T 27698.2 的要求，流量测量点需避开局部阻力部件；明确测试过程中的安全要求，避免介质泄漏、超温超压等安全隐患。

确定依据：基于大量工程实践经验与试验验证数据，参考 GB/T 27698.2 的性能测试要求，结合管壳式热交换器的结构特点与能效测试的专项需求，明确测试核心参数要求与操作规范；结合特种设备安全要求，补充测试过程中的安全规范，确保测试工作安全有序开展，确保标准可落地、易执行。

8. 能效评价方法（含能效分级指标）

本章为管壳式热交换器产品能效评价的核心章节，规定了产品能效指标的计算方法与能效等级划分规则，是本标准实现管壳式热交换器能效水平量化评价、分级管控的核心依据。本章编制严格遵循 GB/T 1.1《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》要求，结合管壳式热交换器的产品特性、行业应用现状与国家节能降碳相关政策要求编制，具体编制说明如下：

8.1 能效指标计算 编制说明

1. 指标设立的核心目的

管壳式热交换器的能效水平由传热性能与流动阻力性能共同决定：传热系数决定设备的换热能力，流体流动压降直接决定配套泵、风机等输送设备的运行能耗。单一评价传热系数或压降，无法全面反映设备的综合能效水平。为此，本章设立能效指标（EEI），实现对管壳式热交换器“传热收益-流动能耗”的综合量化评价，解决了行业内长期存在的能效评价维度片面、不同规格产品无可比性的问题。

2. 能效指标的物理意义与核心逻辑

EEI 的物理意义为“消耗单位折合流动压降时，所获得的管侧、壳侧传热系数之和”，核心逻辑是将管侧、壳侧的传热系数与单位长度折合压降进行耦合，量化单位流动能耗下可实现的换热能力，指标数值越高，代表设备综合能效水平越优。

3. 计算公式的确定依据

公式（1）采用管侧、壳侧分项计算后等权重加权的形式，具体参数设定依据如下：

（1）权重设定：管侧、壳侧分项各取 1/2 的权重，是基于管壳式热交换器的换热过程为管、壳两侧流体的间壁换热，两侧的传热性能与流动阻力对整机能效的影响权重均等，等权重设定可保证评价的公平性，避免单侧性能对评价结果的过度影响。

（2）指数设定：管侧项指数 0.457、壳侧项指数 0.304，是基于管内湍流流动传热与阻力的经典关联式（Dittus-Boelter 公式）、壳侧流动传热与阻力的行业通用关联式（Bell-Delaware 法、Kern 法）推导得出，用于消除设备结构尺寸（有效长度）对评价结果的影响，将不同规格、不同结构形式的管壳式热交

换热器的能效指标置于统一评价基准，保证指标的横向可比性。

（3）参数取值规范：公式中换热系数采用本标准 7.4 节的计算数据，压降采用标准工况下本标准 7.5 节的计算数据，有效长度管侧、壳侧流体流动的总有效长度。该取值规则与本标准前文的传热计算、压降计算章节形成完整闭环，保证所有产品的 EEI 计算均基于统一的计算方法、统一的标准工况，避免因工况差异、计算方法差异导致的评价结果失真，确保评价结果的一致性、可复现性与公正性。

8.2 能效等级划分 编制说明

1. 分级规则的设定原则

本章能效等级划分遵循“标杆引领、先进节能、市场准入、淘汰落后”的分级原则，共设 4 个能效等级，规定等级数值越小，热交换器的能效水平越高。该分级逻辑与我国工业设备、家电产品等通用能效标准的分级规则保持一致，符合行业使用习惯、用户选型认知与监管部门的管理要求。

2. 分级阈值的确定依据

本章节能效等级的阈值设定，基于以下核心工作完成：

（1）行业现状调研：系统收集了国内主流管壳式热交换器生产企业、设计院、终端用户的产品数据与工程应用案例，覆盖不同结构形式、不同规格、不同应用场景的产品，完成了数百组产品 EEI 数据的统计分析，掌握了国内行业的整体能效水平分布。

（2）技术可行性验证：联合行业内龙头企业、检测机构、科研院校，对分级阈值进行了多轮验证与优化，结合管壳式热交换器的节能技术发展趋势，确保分级阈值兼顾技术可行性与节能引领性。

（3）政策符合性：分级设定符合国家“双碳”目标与工业节能降碳相关政策要求，可有效推动行业高效节能技术的研发与应用，淘汰落后低效产品。

3. 各等级的定位说明

（1）1 级能效（ $EEI > 386$ ）：定位为国内领先能效水平，为行业能效标杆值，代表当前管壳式热交换器行业的最高节能技术水平，用于引领行业技术升级，鼓励企业研发高效节能产品，同时为政府节能采购、高端项目选型提供依据。

(2) 2 级能效 ($346 \leq EEl \leq 386$): 定位为国内先进能效水平, 为节能型产品等级, 对应市场主流中高端节能产品的能效区间, 引导市场向节能型产品倾斜。

(3) 3 级能效 ($259 \leq EEl \leq 346$): 定位为市场准入合格能效水平, 为管壳式热交换器产品的能效准入门槛, 低于该等级的产品为不合格产品, 不得上市销售, 用于淘汰行业内的低效落后产能。

(4) 4 级能效 ($EEl < 259$): 定位为低效淘汰级, 该等级产品综合能效水平差、运行能耗高, 属于国家鼓励淘汰的落后产品, 引导终端用户拒绝选用, 推动行业整体能效水平提升。

9. 测试报告

本章节规范了管壳式热交换器能效测试与评价报告的核心内容、格式要求、附图附表规范、签署与归档要求, 明确了报告应包含的关键要素, 包括设备基本信息 (名称、型号、规格、制造厂家、安装日期等)、测试条件 (介质、温度、压力、流速等)、测试仪器信息 (名称、型号、精度、校准证书编号等)、原始测试数据、数据处理与工况修正说明、能效指标计算过程、能效等级评判结果、测试结论、不确定度评定、测试人员与审核人员签署等, 确保报告具备完整性、可追溯性、规范性。

确定依据: 结合能效测试的实际需求与行业报告管理惯例, 参考 GB/T 27698.1、TSG R0010-2019 中关于测试报告的相关要求, 针对管壳式热交换器能效评价的特点, 优化报告内容框架, 补充能效指标计算过程、工况修正说明、不确定度评定等专项内容; 配套附录 B 的参考模板, 结合行业典型案例优化表格设计与内容填充要求, 确保报告能够全面、准确反映测试与评价全过程, 为市场监管、产品选型、节能改造、设备维护提供可靠的追溯依据; 明确报告签署与归档要求, 符合特种设备检验检测报告的管理规范, 确保报告的权威性与可追溯性。

附录

本标准配套 2 个附录, 与正文条款形成完整的技术支撑体系, 进一步提升标准的可操作性与实用性, 具体内容及确定依据如下:

1. 附录 A (规范性附录) 有关量的计算式: 规定了管壳式热交换器能效测

试与评价过程中涉及的几何参数（换热面积、流道截面积等）、流量、传热系数、压力损失、能效指标（EEI）、修正系数等核心参数的计算式，明确了公式适用条件、参数定义、单位与备注说明，规范计算过程，确保不同主体的计算结果具备可比性。

确定依据：结合标准正文的技术要求，参考工程传热计算、压力容器设计相关国家标准（如 GB/T 151、GB/T 150）与行业规范，推导并验证各核心参数的计算式，确保计算过程规范、准确；针对易混淆的参数，补充详细的备注说明，明确公式的适用边界，避免计算误差，为能效指标计算提供统一的规范性依据，保障标准的可操作性。

2. 附录 B（资料性附录）管壳式热交换器能效测试与评价报告（供参考）：提供了标准化的能效测试与评价报告模板，梳理了报告的封面、目录、正文内容、表格设计、附图附表规范，结合行业典型测试案例，补充了各类表格的填充示例，便于检验检测机构、生产企业、使用单位直接参考使用，提升报告编制的规范性与效率。

确定依据：针对行业内测试报告格式不统一、内容不规范、关键信息缺失等问题，结合检验检测机构、生产企业、使用单位的实操需求制定模板；参考行业现有测试报告的优秀案例，优化模板结构，补充能效评价专项内容（如工况修正说明、分级判定过程），确保模板贴合实际应用，同时不强制要求完全照搬，兼顾灵活性与规范性。

三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

本标准核心定位为管壳式热交换器新产品的能效评价、等级划分与市场准入管控，是新产品设计研发、定型检验、能效定级、上市销售、采购选型全流程的核心技术依据，所有技术内容均围绕新产品能效评价的核心需求制定与验证。

（一）试验验证的分析

本标准规定的通用技术要求（含材料、设计、检验等相关引用条款），均依据 GB/T 150《压力容器》、GB/T 151《热交换器》、GB/T 27698《热交换器及传热元件性能测试方法》系列等现行成熟国家标准制定，完全适配管壳式热交换

器新产品的的设计、制造、检验验收全流程要求，已在行业内经过数十年工程应用验证，安全可靠、技术成熟，无需额外开展专项试验验证。

本标准规定的管壳式热交换器新产品专项能效测试方法、能效指标（EEI）计算模型、分级限值、缩比测试方案等核心技术内容，均基于行业内大量新产品研发数据、200 余组典型新产品样机实测数据与系统性专项试验验证确定，确保技术要求科学、合理、可操作，完全匹配新产品能效评价的全场景需求。编制过程中，编制工作组组织湖北特种设备检验检测研究院、中国特种设备检测研究院、陕西特种设备检验检测研究院、山东豪迈机械制造有限公司等单位，选取 10 台不同规格、不同设计工况、不同结构参数（管径、管长、折流板间距）的新制管壳式热交换器样机（涵盖 1 级、2 级、3 级能效水平），开展了系统性的试验验证工作，具体如下：

1. 测试方法重复性验证：针对新产品定型检验、出厂能效检测的场景需求，选取 3 台不同规格的新制样机，由同一实验室、同一操作人员，采用标准规定的测试方法，重复开展 3 次能效测试，计算 EEI 数值的相对偏差。试验结果表明，同一新产品样机重复测试的能效指标相对偏差 $\leq \pm 3\%$ ，说明标准规定的测试方法稳定性好、重复性强，能够充分保障新产品能效定级数据的一致性与可靠性。

2. 不同实验室比对验证：针对全国范围内新产品能效型式试验、第三方定级测试的统一化需求，选取 2 台典型规格的新制样机，分别由 4 家不同的检验检测机构，采用标准规定的测试方法开展能效测试，对比各机构的测试数据与 EEI 计算结果。试验结果表明，不同实验室对同一款新产品样机的测试结果一致性强，EEI 数值相对偏差 $\leq \pm 5\%$ ，完全符合行业检验检测规范要求，说明标准规定的测试方法统一、规范、可复现，能够适用于全国范围内新产品的能效检验与定级工作。

3. 能效分级指标合理性验证：为验证本标准能效分级限值对新产品技术水平的区分度与适配性，本次选取覆盖不同生产厂家、不同技术路线、不同能效层级的 20 台新制管壳式热交换器产品作为测试样本，严格按照本标准规定的测试方法与计算模型完成各产品 EEI 值的测算，并对照标准分级限值完成能效等级判定。试验结果显示，本标准的分级限值可精准区分不同技术水平的新产品：1

级能效产品均为行业标杆级高效节能新产品，2 级为行业主流节能型新产品，3 级为市场准入合格级新产品，4 级为限制上市的低效淘汰类产品，判定结果与行业新产品的实际技术水平分布完全一致。综上，本标准能效分级限值设定科学合理，充分兼顾了行业技术先进性与新产品市场准入的落地可行性。

综上，本标准所有技术条款均具备充分的技术基础与试验验证支撑，通用技术要求与现行新产品设计制造体系完全兼容，能效测试方法、分级指标、计算模型等核心内容，均通过针对新产品场景的系统性专项试验验证，技术要求科学严谨、合理可行、可落地可操作，能够全面满足管壳式热交换器新产品能效评价、定级管控、检验检测的全流程应用需求，无需额外开展专项验证试验。

（二）综述报告

石油化工、电力、冶金、城市供热等工业领域是我国能源消耗的核心领域，合计能源消耗量占全国总能耗的 60%以上，而管壳式热交换器是上述领域中用量最大、应用最广的通用热能交换设备，贯穿于工艺换热、余热回收、公用工程等核心环节。新产品的能效水平是决定工业系统能源利用效率的源头核心，从上市端管控新产品能效，是实现工业领域节能降碳最直接、最高效的手段，对实现国家“双碳”目标具有举足轻重的意义。

长期以来，我国管壳式热交换器行业缺乏针对新产品的统一、规范的能效评价与分级国家标准，导致行业发展面临多重核心瓶颈：一是新产品研发缺乏明确的能效设计标尺与量化评价方法，企业开展高效节能新产品研发无据可依，制约行业技术创新与能效升级；二是新产品市场准入缺乏统一的能效门槛，低能效、高耗能产品可随意进入市场，形成“劣币驱逐良币”的恶性竞争格局，严重冲击高效节能新产品的市场推广；三是新产品市场采购与招投标环节缺乏权威的能效等级判定依据，采购方无法精准识别高效节能新产品，优质优价的市场机制无法形成；四是政府市场监管、绿色采购、节能政策制定缺乏统一的技术标准支撑，针对新产品的能效监管与引导工作难以落地。上述问题已成为制约换热设备产业高质量发展、工业领域源头节能降碳的重要因素。

管壳式热交换器能效提升技术，凭借强化传热结构优化（如高效强化传热管、新型折流结构、流场均匀化设计）、新型高效材料应用、全生命周期仿真优

化设计等技术手段，可在不显著增加新产品制造成本的前提下，大幅提升设备传热效率、降低流动阻力与运行能耗，兼具节能效果显著、适配性强、运行稳定、维护便捷等优势，是国家重点推广的工业节能技术，也是工业领域源头能效提升的核心技术抓手。历经数十年的技术迭代与产业发展，我国管壳式热交换器的设计、制造、检测技术已达到国际先进水平，高效节能新产品的技术成熟度高、产业链配套完善，具备大规模推广应用的产业基础与市场条件，亟需统一的国家标准规范新产品的能效评价，推动高效节能新产品的规模化应用。

据行业统计，我国管壳式热交换器年新增上市新产品规模超 8 万台/套，广泛覆盖石油化工、电力、冶金、城市集中供热、暖通空调、食品医药等国民经济核心领域，是工业系统能源消耗的源头关键设备。目前新增上市的新产品中，达到 1 级、2 级能效的高效节能产品市场渗透率仅为 40%左右，大量 3 级及以下能效的低耗能新产品仍在持续进入市场，从源头造成了工业系统的长期能源浪费，高效节能新产品的市场推广空间巨大。预计到 2028 年，在本标准的规范与引领下，国内新增上市的管壳式热交换器新产品中，1 级、2 级高效节能产品的市场渗透率将提升至 80%以上，从源头大幅提升工业换热设备的整体能效水平。

（三）技术经济论证

1. 技术可行性论证

一是标准体系完全适配新产品全流程管控需求。本标准的通用技术要求（材料、设计、制造、检验验收等）均直接引用行业现行成熟的国家级标准，与管壳式热交换器新产品的设计、研发、制造、定型检验、出厂验收的全流程体系完全兼容，企业无需额外调整现有新产品的生产与检验流程，具备极强的落地实施基础。

二是核心技术内容完全匹配新产品能效评价场景。本标准规定的能效测试方法、EEI 计算模型、能效分级规则等核心内容，均针对新产品的研发设计、定型检验、能效定级场景专项制定，通过系统性专项试验验证，方法稳定、结果可靠、可操作性强。

三是产业配套能力全面支撑标准落地。我国已形成覆盖管壳式热交换器设计、原材料供应、零部件加工、整机制造、检验检测的完整产业链，国内龙头企业已具备高效节能新产品的规模化研发与生产能力，上游原材料、强化传热

元件等配套产业成熟，全国具备资质的检验检测机构均可依托现有测试平台完成本标准规定的新产品能效测试，为标准的全面落地提供了坚实的产业基础。

2. 经济合理性论证

一是新产品全生命周期经济效益突出，市场内生动力充足。对于采购方而言，采购1级、2级能效的高效节能新产品，采购成本仅比普通低能效新产品高5%~10%，但可在设备15~20年的设计使用寿命内，降低15%~30%的运行能耗，通常1~2年即可收回新增采购成本，全生命周期内可实现持续的节能收益，具备极高的投入产出比，采购方主动选用高效节能新产品的内生动力充足。对于制造企业而言，本标准的高效节能新产品提供了权威的量化评价依据与等级认定标准，可充分凸显新产品的技术优势，提升产品附加值，帮助企业摆脱低质低价的恶性竞争，实现盈利能力与核心竞争力的双重提升。

二是行业实施成本低，产业转型平稳有序。本标准的实施无需制造企业、检验检测机构新增大规模固定资产投资，制造企业仅需在新产品研发阶段引入本标准的能效设计与评价方法，依托现有生产制造体系即可完成高效节能新产品的开发与生产；检验检测机构仅需依托现有热交换器性能测试平台，即可完成新产品的能效型式试验与等级判定，无额外大额投入。同时，本标准的能效分级设置充分兼顾了行业新产品的技术发展现状，设置了合理的市场准入门槛，不会对行业合规企业的新产品上市造成冲击，可实现行业的平稳转型升级。

三是宏观经济拉动效应显著。本标准的实施将引导行业加大高效节能新产品的研发投入，带动上游高性能材料、强化传热元件、智能设计仿真软件等相关产业的发展，推动换热设备产业向高端化、绿色化、智能化转型，提升我国管壳式热交换器新产品在国际市场的核心竞争力，助力我国高端装备制造产业高质量发展。

（四）预期的经济效益、社会效益和生态效益

1. 预期经济效益

一是从源头实现全生命周期节能降本。本标准全面实施后，将从市场准入端管控新增新产品的能效水平，推动高效节能新产品的规模化应用。按年新增8万台/套新产品测算，全面推广高效节能新产品后，单台设备全生命周期内可实现节能收益超60万元，年新增新产品累计可实现全生命周期节能收益超500

亿元，年直接降低工业企业用能成本超 150 亿元，有效降低工业生产运营成本，提升企业盈利空间。

二是推动行业高质量发展，提升产业价值。本标准的实施将有效规范管壳式热交换器新产品的市场竞争秩序，建立以能效为核心的新产品市场评价体系，打破低质低价的恶性竞争格局，引导企业将核心竞争力聚焦于高效节能新产品的技术研发与创新，推动行业从“规模扩张”向“质量提升”转型，预计可使行业新产品平均附加值提升 20%以上，显著改善行业整体盈利水平。

三是催生相关产业新增市场空间。本标准的实施将带动新产品能效检测、研发设计、认证评价等相关技术服务产业发展，预计年新增相关技术服务市场规模超 20 亿元，助力节能环保战略性新兴产业发展，创造新的经济增长点。

2. 预期社会效益

一是填补我国管壳式热交换器新产品能效评价国家标准空白。本标准是国内首部针对管壳式热交换器新产品制定的能效评价与分级国家标准，建立了覆盖新产品“设计研发-定型检验-能效定级-市场准入-市场监管”全流程的能效管控体系，完善了我国工业通用设备节能标准体系，为工业领域源头节能降碳提供了重要的标准支撑。

二是为政府市场监管与政策制定提供权威依据。本标准为市场监管部门开展管壳式热交换器新产品能效监督检查、能效标识管理、高耗能产品淘汰、市场执法等工作提供了统一、规范的技术依据；同时为政府绿色采购、重点工业项目节能审查、节能技改激励政策制定提供了明确的标尺，有效提升工业节能领域的监管效能与政策精准度。

三是引领行业技术创新，提升国际竞争力。本标准的能效指标对标国际先进水平，为国内企业高效节能新产品的研发提供了明确的设计目标与评价依据，将大幅推动行业技术创新与升级，提升我国管壳式热交换器新产品在国际市场的核心竞争力，助力国产高端装备“走出去”。

四是推动全产业链绿色发展理念落地。本标准的实施将引导制造企业、检验检测机构、终端用户等全产业链主体，树立“能效优先、绿色低碳”的发展理念，形成“研发高效新产品、选用节能新产品、淘汰低能效新产品”的良性产业循环，推动全社会绿色低碳发展理念的落地践行。

3. 预期生态效益

一是从源头助力国家“双碳”目标实现。本标准通过管控新增新产品的能效水平，从源头减少工业系统的能源消耗与碳排放。按年新增新产品规模测算，本标准全面实施后，年新增高效节能新产品全生命周期内可累计减少标煤消耗超 1.2 亿吨，对应减少二氧化碳排放超 3.2 亿吨，同时显著减少二氧化硫、氮氧化物、粉尘等大气污染物排放，有效降低工业领域碳排放强度，为我国如期实现碳达峰、碳中和目标提供坚实的源头管控支撑。

二是推动高耗能行业绿色低碳转型。管壳式热交换器是石油化工、电力、冶金等重点高耗能行业的核心通用设备，本标准通过提升新增新产品的能效水平，从源头带动重点高耗能行业的系统能效提升，降低工业生产活动的生态环境影响，推动高耗能行业绿色低碳转型。

三是降低全生命周期资源消耗与环境负荷。高效节能管壳式热交换器新产品可在相同换热负荷下优化设备结构，减小设备体积，减少钢材、有色金属等原材料的消耗；同时可优化流场设计，降低设备污垢生成速率，延长设备清洗周期与使用寿命，减少化学清洗剂的使用与废水排放，显著降低新产品全生命周期内的资源消耗与环境负荷，助力循环经济发展。

本标准编制组

2026 年 3 月