

团 体 标 准

T/CSNAME 119—2024

船用换热器能效基值与分级原则

Base value and classification principle for energy efficiency of marine heat exchangers

2024-12-28 发布

2025-03-28 实施

中国造船工程学会 发 布

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。

本标准由中国造船工程学会标准化学术委员会提出。

本标准由中国造船工程学会归口。

本标准起草单位：中远海运能源运输股份有限公司、武汉理工大学、中船双瑞(洛阳)特种装备股份有限公司。

本标准主要起草人：凌志远、汪涵、王献忠、李栓柱、耿佳东、臧俊勇、蒋凝懿、秦攀峰、董早鹏、高星宇、梅良骊、黄为北。

本标准为首次发布。



引 言

本文件是为了对船用换热器进行能效分级，衡量船用换热器能效水平而制定的。

本文件的发布机构提请注意，声明符合本文件时，可能涉及到6.1～6.2与“ZL202311318509.6 一种船舶辅机设备能效优化管控系统及设备”“ZL202211494860.6 一种船用智能能效管理系统”相关的专利使用。本文件的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利持有人已向本文件的发布机构承诺，他愿意同任何申请人在合理且无歧视的条款或条件下，就专利授权许可进行谈判。该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。相关信息可以通过以下联系方式获得：

专利持有人姓名：中远海运能源运输股份有限公司。

地址：中国上海市虹口区东大名路670号。

请注意除上述专利外，本文件的某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。



船用换热器能效基值与分级原则

1 范围

本文件规定了船用换热器(以下简称换热器)的能效基值与分级原则和能效计算。
本文件适用于集装箱船、油船、散货船等船舶的可拆卸板式换热器的能效评价。

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 151 热交换器
- GB/T 27698 热交换器及传热元件性能测试方法
- NB/T 47004.1 板式热交换器 第1部分:可拆卸板式热交换器
- TSG R0010-2019 热交换器能效测试与评价规则

3 术语和定义

GB/T 151、GB/T 27698、NB/T 47004.1和TSG R0010-2019界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

换热器能效基值 energy efficiency benchmark value of heat exchanger
船用换热器行业产品能效分布情况确定的基值。

3.2

换热器能效 energy efficiency index; EEI
衡量船用换热器耗能水平的指标,物理意义为消耗单位折合流动压降下所获得的总传热系数。

4 符号和定义

表 1 列出的符号和定义适用于本文件。

表 1 符号和定义

符号	定义	单位	符号	定义	单位
A	换热面积	m^2	Q	冷、热流体平均热负荷	Pa
c_{pc}	冷流体定压比热容	$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	Q_c	冷流体侧计算热负荷	W
c_{ph}	热流体定压比热容	$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	Q_h	热流体侧计算热负荷	W
K	换热器的总传热系数	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$	q_{mc}	冷流体质量流量	kg/s
L_c	冷流体在换热器内的流动长度,等于角孔纵向中心距	m	q_{mh}	热流体质量流量	kg/s
L_h	热流体在换热器内的流动长度,等于角孔纵向中心距	m	t_{c1}	冷流体进口温度	$^{\circ}\text{C}$
p_{c1}	冷流体进口压力	Pa	t_{c2}	冷流体出口温度	$^{\circ}\text{C}$
p_{c2}	冷流体出口压力	Pa	t_{h1}	热流体进口温度	$^{\circ}\text{C}$
Δp_c	冷流体压力降	Pa	t_{h2}	热流体出口温度	$^{\circ}\text{C}$

表 1（续）

符号	定义	单位	符号	定义	单位
p_{h1}	热流体进口压力	Pa	Δt_1	换热器大端传热端温差	°C
p_{h2}	热流体出口压力	Pa	Δt_2	换热器小端传热端温差	°C
Δp_h	热流体压力降	Pa	Δt_m	平均温差	°C
∇p	冷、热流体流经单位流动长度的压力降	$\text{Pa} \cdot \text{m}^{-1}$	—	—	—

5 能效基值与能效分级

参考 TSG R0010-2019 的能效分级原则，换热器的能效基值与能效分级的规定见表 2。

表 2 换热器能效基值与能效分级

能效等级	能效基值
1 级	227
2 级	191
3 级	168

6 能效计算

6.1 能效边界

船用换热器类设备能效输入的边界为换热器冷、热侧进口，输出的边界为换热器冷、热侧出口。换热器能效边界图见图 1。

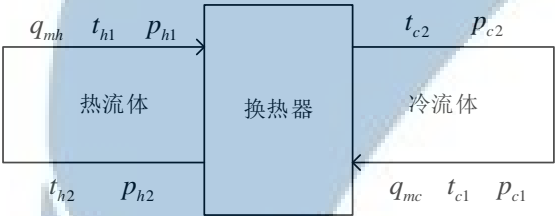


图 1 换热器能效边界

6.2 计算过程

参考 TSG R0010-2019，换热器能效按公式(1)计算。

$$E_{EI} = \frac{K}{\nabla p^{0.31}} \dots\dots\dots (1)$$

换热器总传热系数K按公式(2)计算。

$$K = \frac{Q}{\Delta t_m \times A} \dots\dots\dots (2)$$

冷、热流体流经单位流动长度的压力降 ∇p 按公式(3)计算，其中 $\omega_c = 0.5, \omega_h = 0.5$

$$\nabla p = \frac{\omega_c \Delta p_c}{L_c} + \frac{\omega_h \Delta p_h}{L_h} \dots\dots\dots (3)$$

冷、热流体流经换热器热量交换过程的计算热负荷及平均热负荷按公式(4)~(6)计算。

$$Q_c = q_{mc} c_{pc} (t_{c2} - t_{c1}) \dots\dots\dots (4)$$

$$Q_h = q_{mh} c_{ph} (t_{h1} - t_{h2}) \dots\dots\dots (5)$$

$$Q = \frac{Q_c + Q_h}{2} \dots\dots\dots (6)$$

平均温差 Δt_m 按公式(7)及(8)计算。

当 $(\Delta t_1 / \Delta t_2 > 1.05$ 或 $\Delta t_1 / \Delta t_2 < 0.95)$ 时:

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln(\Delta t_1 / \Delta t_2)} \dots\dots\dots (7)$$

当 $(0.95 \leq \Delta t_1 / \Delta t_2 \leq 1.05)$ 时:

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{2} \dots\dots\dots (8)$$

6.3 计算示例

船用换热器能效计算示例见附录A。



附录 A
(资料性)
船用换热器能效计算与能效分级示例

A.1 换热器参数

某换热器运行数据见表A.1，结构参数见表A.2。

表A.1 某换热器运行数据

海水体积流量 m ³ /h	淡水体积流量 m ³ /h	海水进口温度 ℃	海水出口温度 ℃	淡水进口温度 ℃	淡水出口温度 ℃	海水进出口压差 kPa	淡水进出口压差 kPa
585	590	32	45.7	49.5	36	46.6	46.6

表A.2 某换热器对应结构参数

冷流体角孔纵向中心距 m	热流体角孔纵向中心距 m	换热面积 m ²
1.939	1.939	328.6

A.2 能效计算

根据 6.2 规定的公式，计算过程如下：

a) 冷、热流体流经换热器热量交换过程的计算热负荷及平均热负荷计算。

$$1) Q_c = q_{mc} c_{pc} (t_{c2} - t_{c1}) = 164.9 \times 4.03 \times (45.7 - 32) = 9104 \text{ kW}$$

$$2) Q_h = q_{mh} c_{ph} (t_{h1} - t_{h2}) = 162.4 \times 4.18 \times (49.5 - 36) = 9164 \text{ kW}$$

$$3) Q = \frac{Q_c + Q_h}{2} = \frac{9104 + 9164}{2} = 9134 \text{ kW}$$

b) 平均温差 Δt_m 计算。

$$1) \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = \frac{4}{3.8} = 1.053 > 1.05$$

$$2) \Delta t_m = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln(\Delta t_1 / \Delta t_2)} = \frac{4 - 3.8}{\ln(4 / 3.8)} = 3.9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

c) 换热器总传热系数 K 计算。

$$K = \frac{Q}{\Delta t_m \times A} = \frac{9134 \times 1000}{3.9 \times 328.6} = 7127 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

d) 冷、热流体流经单位流动长度的压力降 ∇p 计算，其中 $\omega_c = 0.5, \omega_h = 0.5$ 。

$$\nabla p = \frac{\omega_c \Delta p_c}{L_c} + \frac{\omega_h \Delta p_h}{L_h} = \frac{0.5 \times 46600}{1.939} + \frac{0.5 \times 46600}{1.939} = 24033 \text{ Pa}$$

e) 换热器能效计算。

$$E_{EI} = \frac{K}{\nabla p^{0.31}} = \frac{7127}{24033^{0.31}} = 312.6$$

A.3 能效分级

根据表 2 的要求，该换热器能效为 1 级。