

ICS 47.020.70
CCS U 40

T/CANSI

中国船舶工业行业协会团体标准

T/CANSI 58—2022

船舶企业循环水系统节能技术要求

Energy-saving technical requirements for water circulating system in
shipbuilding enterprise

2022-10-01 发布

2022-10-01 实施

中国船舶工业行业协会 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。

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。

本文件由中国船舶工业行业协会标准化分会归口。

本文件起草单位：中国船舶集团有限公司综合技术经济研究院、江苏振华海科装备科技股份有限公司。

本文件主要起草人：孙猛、陈进。

船舶企业循环水系统节能技术要求

1 范围

本文件规定了船舶企业循环水系统的系统构成、系统节能技术要求、系统计算、系统验收等。
本文件适用于船舶企业循环水系统（以下简称系统）节能设计、运行和管理。

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 3216—2016 回转动力泵 水力性能验收试验 1级、2级和3级

GB/Z 17625.6 电磁兼容 限值 对额定电流大于16A的设备在低压供电系统中产生的谐波电流的限制

GB/T 33925.1 液体泵及其装置 通用术语、定义、量、字符和单位 第1部分：液体泵

GB/T 33925.2 液体泵及其装置 通用术语、定义、量、字符和单位 第2部分：泵系统

3 术语和定义

GB/T 33925.1和GB/T 33925.2界定的及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

系统偏离率 **system deviation rate**

系统实际运行工况参数与泵产品最佳效率范围运行参数的偏离程度。

3.2

比能耗 **specific energy consumption**

系统输送单位体积液体所消耗的能量。

3.3

循环水系统节能 **energy-saving for water circulating system**

从减小系统偏离率，降低比能耗目标出发，分别对泵组、水质处理、管网、阀门、冷却设备（施）终端设备、自控系统等组成单元进行综合优化设计或改造实现节能。

4 系统构成

系统包含但不限于：泵组、水质处理、管网、阀门、终端设备、换热（冷却）设备（施）和控制系统等单元。

5 系统节能技术要求

5.1 一般规定

5.1.1 系统应满足以下要求：

- a) 应确保安全运行，适应生产工艺和环境工况的变化；
- b) 应确保按小流量大温差的要求运行；
- c) 应满足各终端设备的不同环境工况和生产负荷下的换热工况要求；
- d) 对同一组泵组向多个终端设备并联供水，其中有个别水压要求较高的终端设备宜采用局部增压措施供水；对于水温、水质和水压要求差别大的不同终端设备，宜分别设置系统；
- e) 系统在建设时，应保证泵组与终端设备距离最小；
- f) 应采取合适的水处理工艺，控制水质；
- g) 生产工艺要求持续循环冷却的终端设备或单元，应另设置有应急用柴油机泵组等安全供水保障措施。

5.1.2 系统节能技术包括管网节能技术、水泵站节能技术、终端设备节能技术和冷却塔节能技术等关键技术。

5.2 管网

5.2.1 经济流速

应按经济流速要求设计和改造管网。

5.2.2 管网压力分级

对于压力需求不同的管网系统，应考虑根据以下方法对管网进行压力分级：

- a) 当最高和最低压力之差与最高压力的比值大于50%以上时，应进行管网分级；
- b) 当最高和最低压力之差与最高压力的比值在20%~50%之间时，宜进行管网的分级；
- c) 当最高和最低压力之差与最高压力的比值在20%以内时，可不进行管网的分级；
- d) 当需要进行压力分级时，在5.2.2b)情况下管网分级的压力等级数应为2级~3级，在5.2.2a)情况下应考虑3级以上的分级。

5.2.3 管网阻力

管网在进行设计或改造前，应通过以下措施降低管网自身的阻力：

- a) 宜减少不必要的弯头；
- b) 宜减少不必要的变径；
- c) 宜减少T型三通连接，改为Y型三通连接；
- d) 在保证管网和末端平衡的基础上，应将泵吸口端及出口端的阀门全开，从泵出口阀至用水设备前所有的阀门尽可能开大，减少阀门上的阻力。

5.2.4 监测与调节要求

5.2.4.1 应在管网的总、支管上安装压力传感器、温度传感器、流量传感器等检测设备，用于实时了解系统的运行状态和负荷状态。

5.2.4.2 应对以下运行参数进行监测：

- a) 每台水泵的出口流量、压力；
- b) 供（回）水总管的温度、压力及流量；

- c) 一级支管的供（回）水温度、压力及流量；
- d) 各换热设备的供（回）水温度、压力以及流量；
- e) 管网各个调节阀门开度。

5.2.4.3 应在管路上安装调节阀，该调节阀可以根据系统运行状态的变化，实时调整阀门的开度，确保流量按需分配。

5.3 水泵站

5.3.1 水泵选型

进行设计或改造前，应确保系统偏离率最小。水泵运行必须满足以下原则：

- a) 除客户有特殊要求外，选用水泵的能效等级应不低于最低能效等级，并按GB/T 3216—2016标准要求进行试验满足要求；
- b) 水泵的运行工况点流量应在额定工况点流量的60%~120%范围内，且应在高效区间内；
- c) 当在季节不同，冷却水量变化较大的情况下，应采用大小水泵并联组合，合理匹配高效运行；
- d) 并联运行的水泵，其流量可以不同，但是扬程应相同或相近，允差在3%以内；同时并联运行水泵的台数不宜超过4台；
- e) 当循环水介质为软水情况下，系统应设计为密闭系统，选用循环水泵时，应考虑板式换热器等热交换设备的高度、阻力和补水压力，不应设为热水池、提升水泵、冷却塔等组成的开式系统。

5.3.2 泵组运行效率

进行设计或改造前，应按以下原则对现有的水泵进行能效判定：

- a) 在设计或改造前，保证工艺参数得到满足的前提下，宜选用效率较高水泵，原则上水泵效率越高，能耗将越低；
- b) 水泵运行时，泵端入口阀门和出口阀门应全开，中间分配水的阀门或末端阀门应进行适度调节，保证终端设备的冷却要求；
- c) 需要定期或者实时检测水泵的运行效率，当水泵实际运行效率低于额定效率15%以上时，需要对水泵进行优化或者更换；
- d) 当系统负荷变化大且频繁时，应安装变频调速控制系统，根据负荷的变化进行调节。

5.3.3 变频器选型

使用变频器的谐波电流发射值应符合GB/Z 17625.6的有关规定。对于电压等级高于1000V的循环水系统，变频器应安装在高压室。

5.4 终端设备

在多支路的管路系统中，大用水量的终端设备需安装调节阀，调节阀推荐安装在终端设备的回水侧。调节阀需自带控制系统或者接入集中监控系统，可根据终端设备的热负荷状况，对水量进行调节。为了提高调节阀的控制精度，宜采用压力无关型调节阀。

5.5 冷却塔

5.5.1 冷却塔间水力平衡

当冷却塔的台数不小于3台时，应考虑冷却塔之间的水力平衡问题。在进行初期设计或节能改造时，在冷却塔的上升管路宜安装调节阀，确保每台冷却塔之间按照冷却容量的比例分配给水量。

5.5.2 冷却塔控制

冷却塔的出水温度不仅受到冷却塔自身的冷却容量、系统流量、来流温度的影响，而且还受到外部环境的温度和湿度的影响。根据冷却塔的降温原理，在冷却塔上宜安装温湿度补偿控制系统，根据环境湿球温度的变化，合理控制冷却塔风机的开启台数或者运行频率，尽可能降低出水温度和冷却塔风机的电耗。

5.5.3 水轮机安装

5.5.3.1 对于最高用水点与冷却塔布水点高差小于10 m的系统，不应在冷却塔上安装水轮机。当上塔水压较大时，宜通过降低水泵扬程等方式直接在水泵侧进行节能改造。

5.5.3.2 对于最高用水点与冷却塔布水高差大于10 m的系统，可根据实际情况安装合适的水轮机拖动冷却塔风机。不应通过提高水泵扬程的方式来维持水轮机正常运行。

5.6 控制系统

5.6.1 一般规定

控制系统一般应符合以下要求

- a) 控制系统包含控制器、电脑、节能控制软件和上位软件；
- b) 节能控制软件内嵌在控制器内；
- c) 上位软件安装在电脑上，用于设备控制及数据显示和监测；
- d) 控制系统应将水泵、管网阀门、终端设备和冷却塔的运行参数都纳入到采集和控制范围内。

5.6.2 系统功能

5.6.2.1 组态

系统控制软件应根据循环水系统设备（泵组、管网阀门、终端设备、冷却塔等）的配置，以组态方式灵活添加或修改受控设备对象，并设置其属性，确保控制系统的通用性和可扩展性。

5.6.2.2 参数设置

参数设置功能包括：

- a) 参数设置功能包括运行参数设置和保护参数设置；
- b) 运行参数设置包括自动控制时的初始参数设置和手动控制参数设置；
- c) 控制软件应能对冷却水供水温度、压力、阀门开度以及电机电流等影响节能与安全运行的参数进行上下限值设置。

5.6.2.3 监测与显示

监测与显示功能包括：

- a) 监测与显示的对象应包括水泵、变频器、冷却塔、阀门和各类传感器；
- b) 监测与显示的内容除了应包括运行状态以及运行参数外，还需要根据各传感器、各设备运行情况和总能耗情况等正确绘制系统能效曲线，系统各组成部分能耗情况，并能查询和显示。

5.6.2.4 数据处理

数据处理功能包括：

- a) 数据处理功能包括数据记录、数据存储、数据输出和数据删除；

b) 数据记录包括能耗记录、操作记录、故障记录和基本参数的记录。

5.6.2.5 安全保护

控制系统应配备电机过流保护、终端温度高温保护以及变频器故障保护等安全保护功能。

5.6.2.6 故障报警

故障报警功能包括：

- a) 控制系统应能对故障报警进行分类记录，以供分析原因及排查故障；
- b) 故障报警宜同时包含声光提示报警和显示器画面报警；
- c) 所有报警直至引发报警的条件消失（如运行参数恢复正常）或经操作人员检视并处理后，可消除报警。

5.6.2.7 系统管理

系统管理功能包括：

- a) 系统管理功能包括用户管理和设备管理；
- b) 用户管理应具有“用户验证”、“用户管理”和“权限管理”功能，以实现对用户操作人员的管理，防止无关人员的随意操作，确保循环水系统运行管理的安全性；
- c) 设备管理应可根据水泵、变频器、控制器以及调节阀的累计运行时间及运行参数变化，在上位机上对这些设备给出维护提示；用户对设备进行维护后，可在设备维修记录表上对维护情况进行记录，以备今后追溯或查询。

5.6.3 控制技术要求

系统应提供以下控制技术：

- a) 终端设备按需分配控制 系统能根据终端设备的实际需求，实时调整冷却水分配至各终端的流量，实现终端按需分配，保持系统始终处于经济运行状态；
- b) 管网阻力优化控制 系统能实时监控管网上各压力无关型调节阀开度，在阀门开度改变时，通过技术手段重新调节阀开度，保持管网工作在低阻力状态；
- c) 冷却塔高效冷却控制 系统能实时监控各冷却设备（冷却塔）的实际冷却效果，合理分配各冷却塔的流量；根据工艺运行要求，基于环境湿球温度，合理开启风机台数或者变频运行，保持高效冷却；
- d) 水泵高效运行控制 系统能实时监控各水泵运行工况、能耗、效率；根据终端实际所需流量，控制各水泵运行在高效区，保持系统处于低能耗状态运行。

5.6.4 控制模式

系统控制模式包括：

- a) 控制系统应具备自动控制和手动控制两种模式，这两种模式可以通过软件或者控制柜按钮进行切换；
- b) 系统正常工作时，建议采用自动控制模式。

5.7 系统运行

5.7.1 系统投运前，应全面检查运行条件，符合要求后才能按开车程序依次启动各系统。

5.7.2 系统在运行过程中，应保持水泵入口阀门和出口阀门全开。

- 5.7.3 系统投运后应尽快切换到自动控制状态，工况发生变化时，应通过自动调节保证正常运行。
- 5.7.4 运行过程中应认真观察各参数变化情况，重点保证单位换热量电耗指标在合理范围内。
- 5.7.5 当季节发生变化或者负荷发生较大变化时，避免通过阀门来调整系统流量，尽可能通过大小泵搭配或者变频的方式来调整。

5.8 系统维护

- 5.8.1 系统的维护应纳入全厂的维修保养计划中，并制定系统装置的维护保养规程。
- 5.8.2 运行管理人员和维护人员应熟悉维护保养规程。
- 5.8.3 维护人员应根据保养规程定期检查、更换或维修必要的部件，做好维护保养记录。
- 5.8.4 维护保养应包括正常运行时的日常检查、滤网的清洗更换、固定螺栓的紧固、设备灰尘的清扫、电解电容的激活、小修、中修、大修。
- 5.8.5 对于变频器、电机、泵组等大功率设备，应重视其停运期间的保养。
- 5.8.6 夏季环境温度较高时，应保证变频器良好的通风散热条件。
- 5.8.7 现场特别潮湿时，测量变压器绕组绝缘，如达不到绝缘要求，需进行干燥处理，直到符合绝缘要求为止。
- 5.8.8 变频器长期停机时，半年左右应通高压电一次，持续最少 1 h，以防电解电容发生漏电流增加、耐压降低的劣化现象。
- 5.8.9 设备检修时应做好安全防范，切断设备电源，在检修门、电控柜处挂“警示牌”。

6 系统计算

6.1 系统效率偏离率计算

6.1.1 总则

应将系统分解为可以进行计算能耗的独立子系统，以恒定工况下泵实际运行效率与泵允许工况点效率的偏离率来评价系统。

6.1.2 系统功率计算

6.1.2.1 系统功率包含水泵消耗的水力功率（ P_u ）和轴功率（ P_e ）。

6.1.2.2 系统各独立子系统泵消耗的水力功率的计算，见公式（1）。

$$P_u = \rho \times Q \times H / 367242 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- P_u ——水力功率，单位为千瓦（kW）；
- ρ ——介质密度，单位为千克每立方米（ kg/m^3 ）；
- Q ——流量，单位为立方米每时（ m^3/h ）；
- H ——扬程，单位为米（m）。

6.1.2.3 三相交流供电的系统各独立子系统水泵消耗的轴功率计算，见公式（2）。

$$P_e = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos\psi \times \eta_m \times \eta_D / 1000 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

P_e ——轴功率，单位为千瓦（kW）；

U ——电压，单位为伏特（V）；

I ——电流，单位为安培（A）；

$\cos\psi$ ——功率因素；

η_m ——电机效率，（%）；

η_D ——传动效率，（%）。

注：电机功率因素、效率应根据电机的实际试验的特性曲线相对应的性能点进行查取，如系统中没有传动装置，该传动效率为100%。

6.1.3 系统效率计算

6.1.3.1 系统的总效率按公式（3）计算。

$$\eta_{\text{总}} = \frac{P_{\text{出总}}}{P_{\text{e总}}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

6.1.3.2 系统各独立子系统的效率按照公式（4）计算：

$$\eta_i = \frac{P_u}{P_e} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

6.1.4 系统效率偏离率计算

系统效率偏离率按公式（5）计算。

$$\Delta_{\tau\eta} = \frac{\eta_d - \eta_{\text{op}}}{\eta_d} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$\Delta_{\tau\eta}$ ——效率偏离率，（%）；

η_d ——泵规定工况点效率，（%）；

η_{op} ——系统泵实际运行工况点的泵效率，（%）。

6.2 比能耗计算

6.2.1 在恒定流量的系统中，比能耗按公式（6）计算。

$$E_s = \frac{P_e \cdot t}{V} = \frac{P_e}{Q} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

E_s ——比能耗，单位为千瓦时每立方米 ($\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$)；

t ——表示时间，单位为小时 (h)；

P_e ——为驱动机的输入功率，单位为千瓦 (kW)；

V ——体积，单位为立方米 (m^3)；

Q ——流量，单位为立方米每时 (m^3/h)。

6.2.2 在变流量系统中， E_s 为流量 (Q) 的函数，因此其关系式并不固定。

6.2.3 通过制造商提供的不同负载和转速下的泵、电机和驱动参数来计算 E_s 。

6.2.4 在计算出 $E_s = f(Q)$ 后，将计算后的信息结合系统负载数据即可得到运行成本。可根据泵的数量和不同的调制方式对系统设计进行对比。

6.3 节能率计算

节能率按式 (7) 计算。

$$E = \frac{E_{s0} - E_{s1}}{E_{s0}} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

式中：

E ——节能率。

7 系统验收

7.1 验收条件

系统验收应具备以下条件：

- a) 已经新建或者改造完毕；
- b) 软硬件都调试完成并工作正常；
- c) 正常运行，系统效率偏离率 $\leq 30\%$ 。

7.2 验收要求

验收分为型式验收和指标验收两部分：

- a) 型式验收是指检查管网、动力设备、终端设备、冷却塔和控制系统是否符合本文件第5章的技术要求；
- b) 指标验收就是对效率偏离率、比能耗及节能率的验收。