文件编号：

中国造船工程学会标准

《船用舵机能效基值与分级原则》

编制说明

（征求意见稿）

2024年10月

**一、工作简况**

**（一）任务来源**

中国造船工程学会标准《船用舵机能效基值与分级原则》（T/CSNAME 117-XXXX）由武汉船用机械有限责任公司主编，编制时间为2024年3月-2024年8月。本团体标准为《绿色智能船舶排放监测与管控技术研究(CBG4N21-1-4)》科研项目/实船项目成果的转化。

本标准根据中国造船工程学会《关于下达<深水锚桩安装作业规程>等13项团体标准计划的通知》（船会[2024]79号）于2024 年8月1日获准立项，由中国造船工程学会标准化学术委员会提出，由中国造船工程学会归口。

**（二）标准的研究、起草过程**

2024年3月-6月，中远海运能源运输股份有限公司成立标准编制组，根据绿色智能船舶排放监测与管控技术研究科研项目/实船项目，总结、整理了的相关工艺要求和技术参数，形成了标准草案。

2024年6月-8月，标准化学术委员会组织有关专家召开标准立项评审会，《船用舵机能效基值与分级原则》正式立项，并于中国造船工程学会官网完成立项公示。

2024年8月-2024年9月，编制组对专家意见逐一进行讨论，一共23条意见，其中采纳23条。编制组根据意见修改完善标准形成征求意见稿和编制说明（征求意见稿）。

**二、标准编制原则及主要技术内容**

**（一）编制原则**

1.规范性

本标准按照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》和GB/T 20001.10-2014 《标准编写规则 第4部分：产品标准》进行编写。

2．先进性

本标准是在总结绿色智能船舶排放监测与管控技术研究项目船用舵机相关内容并经实船测试试验验证的基础上取得的成果。

3.协调性

本标准提出的产品要求与国家、行业标准中的产品标准与船级社规范要求协调统一。

**（二）标准主要内容**

本文件规定了船用舵机能效基值与分级原则。

本文件适用于集装箱船、油船、散货船等主力运输船舶的舵机设备。

**（三）主要技术指标确定依据**

目前针对船用舵机能效相关的标准规范尚属空白。能效等级的划分，首先是根据目标船上的舵机设备的能效现状进行了整理分析，其次考虑到此标准是首次提交的船用舵机能效要求，对能效等级的要求进行了放宽。

船用舵机的能效情况属于产品的核心信息，不在各个厂家的宣传资料中。作为同为船用舵机产品的供货商，与其他品牌为竞争关系，无法获得其他厂家的能效数据，不具备调研能力。此情况在3月份的评审会中经过讨论并通过了参考标准确定能效基值和能效等级划分的技术路径。

**三、主要试验（验证）的分析**

（一）案例选择

本次选择中远海运能源运输有限公司的“远南海”船舵机作为样例，“远南海”轮是大船集团自主开发的新一代极具市场竞争力的品牌船型，是专为中远海运能源运输有限公司量身打造的节能环保苏伊士MAX型原油船产品，属于无限航区船型，续航里程超过26000海里。

“远南海”船舵机使用电动泵控(连续控制)舵机，是拉普逊－拨叉式结构的一种，它主要是由舵柄、柱塞、柱塞销、油缸、各种阀件及油管，川崎式轴向柱塞泵及泵控制装置组成。从操舵台发出舵角指令，通过控制箱和泵控制装置，使油泵倾斜并排油，压力油推动柱塞销和滚轮传递给舵柄，并转换为扭矩，再通过舵柄传递给舵轴，舵就转动了。实际舵角信号通过舵角反馈装置直接反馈至操舵台，当它与指令舵角信号一致时，舵停止。

（二）关键参数

梳理确定的案例分析船舶舵机技术参数、系统组成、设备供应厂商，并调研收集部件的能效数据。

目标船舵机技术指标如下：

供电电制：AC 440V, 60HZ，三相三线

泵站电机数量：2个

油缸数量：4个

油缸柱塞横截面积Sram：\* mm²

舵柄臂半径Rtiller：760mm

（三）能效基值与分级计算

根据案例分析船舶的关键数据，按照本方案，分析确定案例分析船舶的舵机能效。

舵机系统工作时，不同负载工况下对应不同的舵机系统能效；而舵机系统负载与执行机构液压缸中的压力一一对应，故以液压系统压力作为工况分类依据，选取5种典型工况，进行能效基准值计算与分级，如表格 3所示。

表1 舵机能效理论计算工况选取

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 典型工况选取 | 油缸压力 |
| 工况1 | 20%额定压力 | 4.7MPa |
| 工况2 | 40%额定压力 | 9.4MPa |
| 工况3 | 60%额定压力 | 14.1MPa |
| 工况4 | 80%额定压力 | 18.8MPa |
| 工况5 | 100%额定压力 | 23.5MPa |

（四）部件能效

1）电机能效

根据国标《旋转电机 效率分级（IE代码）第2部分：变速交流电动机 （GB/T 32891.2-2019）》中，关于电机效率的分级，舵机系统在5种典型工况下，关键部件电机的能效为：

表2 典型工况下关键部件电机的能效

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 工况1 | 工况2 | 工况3 | 工况4 | 工况5 |
| 电机转速 | 1800rmp | 1800rmp | 1800rmp | 1800rmp | 1800rmp |
| 电机功率 | 25.2kw | 50.4 kw | 75.6 kw | 100.8 kw | 126kw |
| 电机能效 | 0.899 | 0.921 | 0.927 | 0.934 | 0.935 |

2）液压泵能效

分别选取川崎（目标船使用品牌）、parker、博世力士乐等三种典型品牌，选取与目标船同等规格性能的液压泵，并根据《川崎泵样本参数表》、《parker泵样本参数表》、《博世力士乐泵样本参数表》，给出5种典型工况下，得到关键部件液压泵的能效及平均能效，如下表所示。

表格3 典型工况下关键部件液压泵能效

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 品牌/工况 | 工况1 | 工况2 | 工况3 | 工况4 | 工况5 |
| 川崎液压泵能效 | 0.8 | 0.86 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| parker液压泵能效 | 0.82 | 0.9 | 0.92 | 0.93 | 0.93 |
| 博世力士乐液压泵能效 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 |
| 液压泵能效平均值 | 0.863 | 0.910 | 0.930 | 0.933 | 0.933 |

3）液压管路能效

液压管路能效系数主要取决于管路布置方式及阀件系统液压损失，根据经验值可取0.97。

4）柱塞及油缸能效

根据《机械设计手册（第5版）》第5卷第6章，柱塞及油缸能效取值为0.882。

5）舵柄舵杆及舵叶能效

根据《机械设计手册（第5版）》第1卷第1章，舵柄舵杆及舵叶能效取值为0.88。

基于舵机各关键部件能效数据，根据表格 1可得到表格 6

表4 舵机各关键部件的能效阈值和平均值

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 部件 | 典型工况下能效系数 | | | | | | 平均值 | 阈值 |
| Ai | 工况1 | 工况2 | 工况3 | 工况4 | 工况5 | *η*na | *η*nmin~*η*nmax |
| 电机 | *η*n | 0.899 | 0.921 | 0.927 | 0.934 | 0.935 | 0.923 | 0.899~0.935 |
| 液压泵 | 0.863 | 0.910 | 0.930 | 0.933 | 0.933 | 0.914 | 0.863~0.933 |
| 液压管路 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 |
| 柱塞及油缸 | 0.882 | 0.882 | 0.882 | 0.882 | 0.882 | 0.882 | 0.882 |
| 舵柄舵杆及舵叶 | 0.88 | 0.88 | 0.88 | 0.88 | 0.88 | 0.88 | 0.88 |

（五）系统平均能效

根据系统平均能效计算方法，得到舵机系统平均能效为：

（六）系统能效基准值

根据4.3 系统能效基准值的计算方法，得到舵机的能效基准值*η*pf

*Η*pf =*η*a = 0.635

（七）系统能效分级

根据系统能效分级原则，得到舵机系统能效等级阈值。

表格5 舵机能效分级方案计算结果

|  |  |
| --- | --- |
| 能效等级 | 能效值 |
| 1 | ≥ *0.635* |
| 2 | 0.889 ＞ ≥ 0.762 |
| 3 | ≥ 0.889 |

**四、标准中有关专利情况说明**

本标准不涉及相关知识产权。

**五、预期达到的经济社会效益**

当前，国内外均没有相关标准和规范对船用舵机的能效基值进行限定，本标准率先提出了相关指标要求，将对未来船用舵机的技术发展具有较强的引领性，以适用当前及未来船舶节能减排发展目标的要求，具有良好的经济社会效益。

**六、采用国际标准和国外先进标准情况**

无。

**七、重大分歧意见的处理经过和依据**

无。

**八、贯彻学会标准的要求和措施建议**

主编单位和各起草单位将积极推进标准宣传和培训，配合学会开展标准宣贯、培训工作，使有关技术人员熟悉并掌握标准的各项技术要求，加强示范效应，让标准在行业内得到广泛推广和应用，使标准的应用落到实处。

主编单位和各起草单位将对《船用舵机能效基值与分级原则》团体标准实施应用情况进行跟踪调查，及时发现标准执行过程中的问题，不断修改完善，提高标准水平，提高标准的科学性、合理性、协调性和可操作性。

**九、其它应予说明的事**

无。