

船用大功率动态制动装置研制

刘祥瑞¹, 王秋琦², 刘雪燕²

- (1. 海军驻上海沪东中华造船(集团)有限公司军事代表室, 上海 200129;
2. 七一一研究所, 上海 200090)

摘要: 从结构设计分析、摩擦材料控制及试验、新型制动缸技术、性能试验等方面介绍了船用大功率动态制动装置技术及研制; 实际应用表明, 研制的船用大功率动态制动装置攻克了大能量、高热负荷、高线速度、大比压动态制动的技术难点, 具有较广阔的应用前景。

关键词: 大功率动态制动装置; 结构; 摩擦材料

中图分类号: U664.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2010)06-0041-03

Development of Marine High Power Dynamic Braking Device

Liu Xiangjun¹, Wang Qiuqi², Liu Xuexian²

- (1. Naval Deputy Office of Hudong Zhonghua Shipbuilding Group Co., Ltd., Shanghai 200129;
2. Shanghai Marine Diesel Engine Research Institute, Shanghai 200090)

Abstract: From the aspects of structure design analysis, fractional material control and experiments, new braking cylinder technology and performance tests, marine high power dynamic braking device and its development are introduced. Application results show that the developed braking device could solve the technical difficulties of big power, high thermal load, high linear velocity, as well as big ratio dynamic braking. It has broad prospect in application.

Keywords: high power dynamic braking device; structure; fractional material

1 概述

船用动态制动装置主要用于可逆转中速柴油机(如 PC 机)为主动力的船舶动力装置中, 安装于柴油机和齿轮箱之间, 具有尺寸紧凑、制动力矩大、维护简单等特点。使用该设备后一般不需倒顺离合器等换向装置, 可通过动态制动装置对高速旋转的轴系实施制动, 使主机很快地降速至反向起动转速, 并反向起动, 大大缩短了船舶的换向时间。它不但提高了船舶的机动性和综合性能, 而且解决了没有如此大功率的倒顺离合器及离合器容量有限等问题。

目前德国等先进国家不但能为各类船舶提供性能优良的大功率动态制动装置, 而且在动态制动装置的设计研究方面达到了动态分析计算和设计的水

平。而我国在船用制动技术方面有一定的差距, 许多船舶在设计时就因没有合适的动态制动装置可供选用, 只好降低性能指标, 如靠滑行自然降速, 使机动性大大降低; 或是改变动力装置形式, 不能达到最佳的船机桨匹配, 使船舶的总体技术水平和性能受到严重影响。

本研究以国外先进的钳盘式动态制动装置技术为研究对象, 首次建立了船用大功率动态制动装置动态热负荷计算的方法和温度场计算程序, 并结合试验进行了制动装置总体、关键部件、控制系统的分析设计和整机功能试验, 攻克了始终没能解决的大能量、高热负荷、高线速度、大比压动态制动的技术难点, 为大中型船舶提供了实用的动态制动技术和先进的装备, 填补了我国在船用大功率动态制

动装置研究、设计和装备研制方面的空白,并获实用新型专利。

2 动态热负荷及非稳态温度场的研究

本研究对钳盘式动态制动装置的工作过程进行了分析,建立数字模型,提出了制动装置动态热负荷及制动单元非稳态温度场的计算方法,编制的计算程序考虑了多种影响因素并经考核,能对制动装置的设计进行动态热负荷计算及优化设计,建立了大功率动态制动装置动态计算和设计的新方法。

利用本研究在国内首次建立的大功率动态制动装置动态热负荷计算方法和计算程序,对某船使用的动态制动装置进行了热负荷计算和设计,计算结果表明摩擦块表面动态温升与常规静态计算方法得到的平均温升相差 16.4 倍,为动态设计提供了依据,解决了船用大功率动态制动装置的关键技术。还对某船轴系动态制动装置进行了非稳态温度场计算和摩擦面积、比压、过程控制等优化设计,使设计结果具有最佳的热负荷状况,保证摩擦材料和制动器的性能及可靠性,顺利完成了国内首批船用大功率动态制动装置的研制工作。

3 设计分析

ZQQ-80 型动态制动装置主要功能及参数如下:

主要功能:

- (1) 遥控或现场操纵,可按需切换;
- (2) 状态、联锁、报警信号输出及指示;
- (3) 制动块磨损后间隙自动补偿。

主要参数:

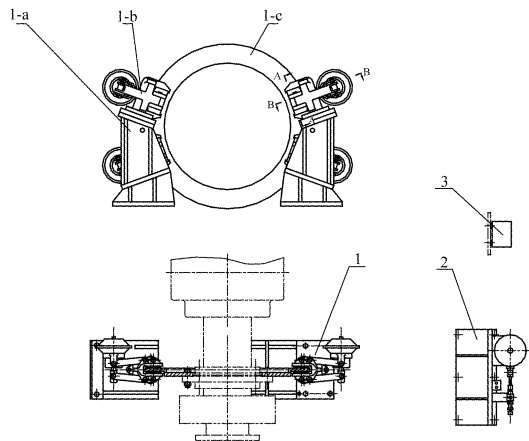
(1) 额定制动转矩 80 kNm, 最大制动转矩 100 kNm;

(2) 制动盘直径为 1 550 mm;

(3) 额定工况下制动线速度为 12 ~ 16 m/s, 紧急工况下制动线速度为 25 ~ 27.6 m/s。

船用动态制动装置如图 1 所示,由本体、气动控制系统、电气控制系统三部分组成。本体中包括制动盘、制动部件、底座等。制动盘一般安装在弹性联轴器和齿轮箱之间;制动部件为钳盘式,压缩空气进入膜板式制动缸后通过杠杆将气缸推力放大,并施加到摩擦块上,在制动盘两侧面产生摩擦力矩,以达到将轴系制动的目的。气动控制系统除保证供气外,具有减压、稳压、气源处理、流量调节、压力报警等功能。电气控制系统具有遥控集控和本机控制两种操纵方式,同时具有状态指示、动作联锁、综合报警、试灯、消音等功能。装置本体

与气动控制系统的接口部件为制动缸,与电气控制系统的接口部件为行程开关,电气控制系统与气动控制系统的接口部件为电磁阀。



1—本体 2—气动控制系统 3—电气控制系统

1-a—底座 1-b—制动部件 1-c—制动盘

图 1 船用动态制动装置示意图

为提高动态制动装置的可靠性,分析动态制动装置各组件单元失效时对整机工作产生的后果,本研究参考“失效模式、影响及危害性分析程序”对大功率船用动态制动装置进行了故障模式和影响分析,对潜在的失效按其严酷度进行分类,通过分析发现缺陷和薄弱环节,定性地找出不希望的初始原因,采取设计、制造、生产质量保证措施,降低致命故障的概率,保证制动装置的可靠性。对制动装置功能、失效模式、失效原因、失效影响、补偿措施进行分析表明:制动装置本体的摩擦块、制动缸、杠杆和夹钳,气动控制系统的电磁阀,电气控制系统中的传感器(行程开关)为重要件,它们的故障将影响船舶机动性,在设计制造中应采取有效措施,提高可靠性。针对摩擦块的失效模式在设计中加强了摩擦材料的试验,从设计和选材上保证了可靠性,并采取摩擦块冗余;对于杠杆和夹钳座等零件在设计时充分考虑了其结构、安全系数和材料选用等因素,确定重要特性,在加工中加以控制并认真检验,保证各零件的可靠性;对于制动缸、电磁阀、传感器等重要件则选用质量可靠的产品(如进口产品),使用时控制系统中设置的综合报警可及时发现问题,排除故障。

4 摩擦材料控制及试验

动态制动装置摩擦块(或称制动块)摩擦材料的选用是动态制动装置设计的关键。除合理设计和控制外,它也是决定制动装置性能是否能达到大能量、高热负荷、高线速度、大比压制动技术要求的

主要因素。编制了“摩擦材料试验及控制大纲”,对制动装置选用的摩擦材料进行超载荷试验、配方筛选及摩擦性能试验,测定静、动摩擦系数及磨损量,并与进口摩擦材料进行对比,验证设计参数的正确性和可行性,从而确保摩擦材料的特性能满足大功率动态制动装置的性能要求及使用寿命。试验在离合器(制动器)摩擦元件动态性能试验台上进行。试验工况模拟实船紧急制动工况及正常制动工况,制动频率和散热条件较实船工况恶劣,强化了对摩擦材料的考核。通过对五类二十余种摩擦材料的筛选,选择了三种国产材料和一种进口材料进行试验研究。进一步筛选试验和超载荷试验表明:筛选出的配方在规定工况下摩擦系数能达到 0.24,最高可达 0.40,与进口摩擦材料相当,能满足大功率动态制动装置的特殊要求。

5 新型制动缸技术

本项目研制的样机采用具有自动间隙调整功能的新型膜板制动缸,在工作中能自动保证制动块与制动盘的间隙值,不必定期调整,避免了间隙过大造成制动力矩达不到规定值等不可靠因素。该项技术在国内外均是首次使用,功能领先,不但提高了设备的可靠性,而且减少了日常维护工作。

6 应用情况

通过整机功能试验和部套性能试验等一系列试

(上接第 22 页)

号; 应急停车阀对应故障降速信号、应急停车信号等。

下面是主要程序示例, 管脚定义在此不列出。

```
Startlock = ! lock1&! lock2&! lock3&! lock4&! lock5
```

```
Startfail = ! Timetoolong&! Threetime
```

```
V - start = ! Startlock&! V - Emgstop&! Startfail
```

```
V - ahead = ! Tel - ahead&V - start
```

```
V - astern = ! Tel - astern&V - start
```

```
V - brake = ! brake&! Oil - cut
```

```
V - stop = Tel - stop + V - Emgstop
```

```
V - Emgstop = ! Emgsignal + ! Button - emg
```

5.3 系统验证实现

软件编完后, 对系统进行验证。先检查有无语法错误, 可通过编程系统自带的语法检查功能检查。再仔细检查输入/输出是否对应正确, 主要检查管脚定义和编程定义逻辑符号对应关系是否正确。接下来检查逻辑系统是否符合系统要求, 即编

验研究, 验证了设计的正确性, 提高了电气控制系统、气动控制系统与本体之间的协调和匹配, 保证了各种信号输出、指示、遥控、操纵、报警等功能正确实现及整个装置的可靠性和可维修性。

自 1998 年 10 月试航至今, 研制的首批二套动态制动装置随某船主推进系统运行了十一年, 已经得到了全面的试验和使用考核, 该设备技术状态优良。用户认为: 该设备实现了船舶动态制动, 性能优良, 使主机换向、加减速、紧急操纵性能和船舶的机动性及技术水平大大提高。

该设备还在大功率离合器动态热负荷性能试验台等陆用场合获得应用。

7 结 论

研制成功的动态制动装置的额定制动转矩达到 80 kNm (最大制动转矩为 100 kNm)、正常和紧急制动线速度分别为 16 m/s 和 27.6 m/s、常制动线速度 12 ~ 15 m/s、紧急制动线速度大于 25 m/s, 达到国外同类设备先进水平。经检索和专家鉴定, 设计技术和装船样机均达到国际先进水平, 并获得部级科技进步三等奖。

本项目的研制成功, 不但提供了先进的装船装备, 也标志着我国具有设计和生产国际先进水平的动态制动装置的能力, 在船用和其它场合具有广阔的应用前景。

程的功能和设计是否相符, 最后通过系统软件验证生成机器码文件。

设计实现时, 从芯片至计算机连上电缆(需芯片厂商提供的专用电缆), 芯片须先上电。通过计算机, 将生成的机器码文件直接下载至芯片; 再联上外围电路, 通电试验, 逐个试验设计功能, 验证整个系统运作正常。

6 结 语

某船的运用表明, 该系统稳定可靠。实践证明, 使用 ISP 芯片技术可大大降低工程师的工作量, 也降低了生产成本, ISP 芯片有着较好的应用前景。

参考文献

- [1] 赵不贻等. 在系统可编程器件与开发技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [2] 张有志. 可编程逻辑器件 PLD 原理与应用[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1996.