

指南编号/Guideline No.M-02(201612)



M-02

涡轮增压器

生效日期/Issued date:2016年12月7日

©中国船级社 China Classification Society

前言

CCS 产品检验指南规定了拟申请 CCS 认可/检验的船舶入级产品、授权法定产品的适用技术要求及检验试验要求。

本指南并不限制用户采用其它试验方法和要求,但相关试验方法及要求应不低于本指南的要求。

本指南由 CCS 编写和更新,通过网址 <http://www.ccs.org.cn> 发布,使用相关方对于本社指南如有意见可反馈至 mp@ccs.org.cn。

历史发布版本及发布时间: M-02(201510) 2015 年 10 月 20 日

本版本主要修改内容:

本次修改主要纳入了 UR M73 涡轮增压器型式试验和产品检验程序,型式试验要求适用于 2016 年 7 月 1 日及以后申请发证的新型涡轮增压器,产品检验适用于 2016 年 7 月 1 日及以后申请发证的单台涡轮增压器。

目录

1 适用范围.....	4
2 规范性引用文件.....	4
3 术语及定义.....	4
4 图纸资料.....	5
5 设计技术要求.....	6
6 原材料及零部件.....	8
7 型式试验.....	8
8 单件/单批检验.....	11

涡轮增压器

1 适用范围

1.1 本指南适用于船用柴油机废气涡轮增压器。

2 规范性引用文件

2.1 本指南采用的认可和检验依据如下：

- (1) CCS《钢质海船入级规范》
- (2) CCS《材料与焊接规范》

3 术语及定义

3.1 CCS《钢质海船入级规范》中给出的定义适用本指南。

3.2 本指南有关定义如下：

- (1)涡轮增压器：指利用柴油机排气能量而工作的涡轮，去驱动压气机，使柴油机进气压力提高的机器，它主要由压气机和涡轮组成；涡轮增压器按其所服务的发动机气缸功率之和（额定功率，比如，对于V型柴油机，每列气缸各配置1个增压器，则增压器等级可按柴油机额定功率的一半计算），划分如下三个等级：A级：功率小于等于1000kW；B级：功率大于1000kW并小于等于2500kW；C级：功率大于2500kW。
- (2)特殊试验：指根据用户的特殊要求，在型式试验或出厂试验中附加进行的试验，如冲击、高背压、急停车等；
- (3) 最高允许转速：为增压器出厂铭牌上标明的允许最高转速，即使发动机在超负荷运行时，也不得超过此值。最高转速允许运行1小时；
- (4)最高允许温度：为增压器出厂铭牌上标明的允许最高温度，即使发动机在超负荷运行时，也不得超过此值。最高温度允许运行1小时；

4 图纸资料

4.1 产品审图提交图纸/资料，下列图纸资料应提交审查：

(1) A 级涡轮增压器：

- ① 包容性试验报告；
- ② 横剖面图，包括主要尺寸及零部件名称；

(2) B 级和 C 级涡轮增压器：

- ① 横截面图（包括主要尺寸）和包容性评估的壳体部件材料；
- ② 叶轮碎裂情况下包容性有关的文件（见表 5.1 第 7.6 条）；
- ③ 工作参数和限值，包括最大允许转速、超速报警值、进涡轮前最大允许废气温度、进涡轮前废气温度报警值、最低滑油进口压力、滑油进口压力低报警设定值、最高滑油出口温度、滑油出口温度高报警设定值、最大允许振动值（自身或外部产生的振动）等；（报警值可等于许用限值，但当发动机以 110%功率或超过 110%功率的任何批准间歇超负荷运行时，不应触发报警）
- ④ 润滑系统布置，所有变量在规定范围内；

(3) 除上述（2）规定外，C 级涡轮增压器还应提交如下图纸资料：

- ① 壳体和旋转部件图，包括叶片固定细节；
- ② 上述所有部件的材料规格（化学成分和机械性能）
- ③ 上述部件的焊接细节和焊接程序（如适用）；
- ④ 安全扭矩传递有关的资料；
- ⑤ 预期寿命有关的信息（考虑蠕变、低周疲劳和高周疲劳）；
操作和维护手册。（对系列涡轮增压器选取两个规格）。

4.2 认可提交图纸/资料，下列图纸资料应提交审查：

- (1) 工厂概况：工厂名称、地址、生产历史、生产能力、技术和检验人员、主要产品、隶属关系、产品商标等；
- (2) 申请认可产品明细；
- (3) 主要生产设备清单；
- (4) 主要检测设备清单；
- (5) 申请认可产品的简要生产工艺；
- (6) 质量管理文件或质量体系证书；
- (7) 企业注册登记证明；
- (8) 资质证明和/或生产许可证，如适用；
- (9) 产品质量证明书或合格证样本；
- (10) 质量控制计划；
- (11) 合格供方清单；
- (12) 型式试验大纲。

5 设计技术要求

5.1 涡轮增压器的技术要求见表 5.1。

涡轮增压器的技术要求表 5.1

序号	项目	技术要求	检验依据条款	备注
1	船用环境条件	船用涡轮增压器在船舶横倾 15°、横摇 22.5°、纵倾 5°、纵摇 7.5° 的状况下应能正常工作。	CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇 1.2.1.1	
2	润滑系统	废气涡轮增压器的润滑系统可以是独立的，也可以是与主机共用的。如采用非增压器直接带动的独立循环系统，则应设有单独的备用泵。	CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇 9.6.1.1	

3	仪表及报警装置	B 级和 C 级涡轮增压器应对其转速、每个涡轮增压器进口处的废气温度、涡轮增压器出口处的滑油温度、涡轮增压器进口处的滑油压力设置报警和指示。	CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇 9.6.2.1	
4	滤清器、消声器	涡轮增压器应设有空气滤清和进气消声的措施。	CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇 9.6.3.1	
5	转子止转装置	增压器应设有转子轴止转装置。否则，在涡轮前、后的管道上，应装有旁通管接头或其他有效措施，当增压器损坏时，主机仍能工作。	CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇 9.6.4.1	
6	临界转速	涡轮增压器的转子应进行临界转速计算。对刚性转子轴，其临界转速应不低于其额定转速的 1.3 倍。	CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇 9.6.5.1	
7	转子轴及转子	转子轴采用焊接结构时，应符合下述要求：		
7.1		转子轴在焊接前应均匀地进行预热。在焊接过程中应严格注意保温。预热的温度可根据所选用的材料决定。	CCS《材料与焊接规范》第 3 篇 8.2.1.2	
7.2		施焊前应按经 CCS 同意的焊接工艺规程焊制试件，进行熔敷金属拉伸试验，接头横向拉伸试验，正弯和反弯试验，以及断面宏观组织检查。	CCS《材料与焊接规范》第 3 篇 8.2.2.1	工艺认可试验
7.3		转子轴焊接后应进行适当的热处理。热处理的要求应根据所选用的材料和焊接方法确定，且应经 CCS 认可。	CCS《材料与焊接规范》第 3 篇 8.2.3.1	焊后热处理
		焊缝的内、外部缺陷均应在热处理前修补完毕。	CCS《材料与焊接规范》第 3 篇 8.2.3.2	
7.4		转子轴在精加工前应经磁粉检测或其他有效方法进行表面检查。如发现裂纹及其他缺陷，应予以清除及修补，并进行焊后热处理以消除应力。	CCS《材料与焊接规范》第 3 篇 8.2.4.1	无损检测
7.5		转子全部装配好后，应做动平衡校验。	CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇 9.6.6.3	
7.6	涡轮增压器包容性	涡轮增压器转子破裂时应满足包容性要求，防止任何碎片贯穿涡轮增压器壳体或通过进气口飞出。进行包容性试验或计算验证时，应假定转子以可能的最坏方式破裂。	CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇 9.6.10.1	
		B 级和 C 级涡轮增压器应通过试验或数值分析方法验证其包容性。对于系列涡轮增压器，可选择其中的一台增	CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇 9.6.10.2	

		压器进行试验以确定整个系列涡轮增压器是否满足要求（一般选择大机型进行试验，因为这样对于系列内的小机型而言更为安全）。不管怎样，应提供资料说明所选试验机组确实能代表整个系列（例如通过计算）。		
8	液压试验	涡轮增压器冷却腔应进行液压试验，试验压力为 1.5 倍最大工作压力或 0.4Mpa，两者取其较大值，历时至少 5 分钟，应无渗漏现象。	CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇 9.6.12.3（6）	

6 原材料及零部件

产品原材料及零部件应按照我社现行规范相关要求进行了控制；转子轴（整锻）、涡轮盘、涡轮叶片、压气机叶轮、导风轮、涡轮机壳和压气机壳等主要零部件应纳入合格供方清单，且未经本社批准不得变更原材料和零部件。C 类增压器的旋转部件和壳体应持有本社船用产品证书。

7 型式试验

7.1 典型样品的选取

7.1.1 初次认可时，所选样机应覆盖工厂的加工能力、制造水平等，一般应按照申请认可的每一个系列产品选大叶轮、大扩压器，最高增压比的增压器作为样机进行型式试验；如产品系列性能范围很窄，也可以仅选择最大叶轮直径的增压器作为样机。在选取样机时，可考虑到制造厂的市场销售及库存状况和已选定的试验场所的试验设备条件等情况；

7.1.2 重新认可时，可在每一系列产品中仅选取一个最具代表性的或市场需求量最大的型号作为样机。

7.2 型式试验项目应包括：

- (1) 主要零部件原物理性能试验；
- (2) 主要零件无损探伤；
- (3) 主要零件关键尺寸检查；

- (4) 增压器循环载荷试验；
- (5) 增压器运转的耐久性试验；
- (6) 热运行试验；
- (7) 叶轮超速试验；
- (8) 试验后的拆检。

7.3 型式试验的方法和要求

7.3.1 主要零部件原物理性能试验

转子轴（整锻）、涡轮盘、涡轮叶片、压气机叶轮、导风轮、涡轮机壳和压气机壳等重要部件均需要进行原物理性能试验，如采购的原材料或铸件系持有我社产品证书的除外。

7.3.2 主要零件无损探伤

转子轴（整锻）、涡轮盘、涡轮叶片、压气机叶轮、导风轮应按设计图纸和技术文件规定进行无损探伤检查。

7.3.3 主要零件关键尺寸检查

扩压器、喷嘴环的喉口面积应作测量记录。

7.3.4 增压器循环载荷试验

涡轮增压器应在工作范围内进行至少 500 次的循环载荷试验。如涡轮增压器与发动机一起已进行了低周疲劳试验，则本试验可免除。

7.3.5 增压器运转的耐久性试验

增压器的耐久试验工况转速为最高转速的 90%，涡轮机进口温度为低于最高温度 30~50℃。测量项目见附录 1。

- (1) 耐久试验时间：

①对新设计、通流部分或轴承部分有重大改进及转厂生产的增压器为 100 小时；

②对引进产品，时间为 75 小时；

③对压气机叶轮直径大于 350mm 的大型增压器，试验时间和试验项目可由制造方与 CCS 协商确定。

(2)耐久性试验中，待工况稳定后，每隔 2 小时测量一次参数。试验中增压器不允许出现故障，若出现非增压器原因而停车，不得超过两次，每次停车不得超过 1 小时。

重新认可时的耐久试验时间可由制造方与 CCS 协商确定。

7.3.6 热运行试验

在涡轮机进口最高允许温度和最高允许转速下至少进行 1 小时热运行试验，试验后增压器应拆检。

7.3.7 申请型式认可的涡轮增压器，如制造商具有在发动机上进行试验的设备，可以接受一小时的超负荷（额定输出功率的 110%）运转试验代替热运行试验。

7.3.8 叶轮超速试验

所有压气机叶轮超速试验，试验时间至少 3min，试验时可选如下两种工况之一进行：

(1) 室温条件下，120%转速报警值；

(2) 在进气温度为 45℃和相应压比条件下，110%转速报警值；

7.3.9 拆检

增压器在型式试验后应进行拆检，拆检时转子部套不解体，消音器总成不解体，其他主要件都应在解体后检查，项目如下：

(1)装配间隙的变化情况；

- (2)复校转子动平衡，并进行无损探伤；
- (3)轴承、减振装置磨损及配合间隙的变化情况；
- (4)喷嘴环、涡轮壳体、叶片扩压器等的变化情况；
- (5)涡轮机动叶片的变化情况；
- (6)气封、油封使用情况。

检查结果如发现主要零部件损坏，试验失效。

8 单件/单批检验

8.1 对获得 CCS 型式认可 B 的制造厂的单件/单批检验：

8.1.1 对获得 CCS 型式认可 B 的制造厂的单件/单批检验应按照已在认可时获得批准的产品检验计划（质量控制计划中相关内容）进行，一般包括以下内容：

- (1) 热运行试验：在增压器最高允许温度、最高允许转速下运行 20 分钟；
- (2) 振动值；
- (3) 惰转时间：在增压器 60% 最高转速下，采用自循环运行方式，突然关闭燃油阀，直至增压器停转，记录所经历的时间；
- (4) 特殊试验：如用户对抗冲击、高背压、急停车有特殊要求时，应进行相应的试验；

8.1.2 检验计划中的试验项目可以由制造厂独立完成并出具完整的试验报告提交验船师审核；

8.1.3 验船师应按照每批至少抽验 1 台的原则随机选取该批增压器中的产品进行上述试验项目的复验或在制造厂进行试验时现场见证；

8.1.4 每次申请单件/单批检验时应同时提交该批产品的以下出厂技术文件，由 CCS 验船师进行审核：

- (1) 出厂合格证;
- (2) 主要零部件原材料质量证明文件;
- (3) 旋转部件材料的化学成分;
- (4) 旋转和壳体材料试样的机械性能;
- (5) 旋转部件的超声波检测和裂纹检测;
- (6) 旋转部件的尺寸检查;
- (7) 转子动平衡试验;
- (8) 冷却腔液压试验报告 (如适用);
- (9) 所有压气机叶轮超速试验, 试验时间至少 3min, 试验时可选如下两种工况之一进行:
 - 室温条件下, 120%转速报警值;
 - 在进气温度为 45° C 和相应压比条件下, 110%转速报警值。

如锻制叶轮通过认可的无损检测方法控制质量, 则超速试验可免除。

- (10) 出厂台架试验报告。

8.2 对获得我社型式认可 A 的制造厂的单件/单批检验:

8.2.1 检验方式主要以报告审核为主, 所有试验项目应由制造厂独立完成; 制造厂应在交付产品前提交产品检验申请, 并同时提交产品检验计划中明确的所有试验/检验项目的报告/记录/文件等, 由我社验船师进行报告审核;

8.2.2 获得我社型式认可 A 的制造厂应按照《规范》第一篇第 3 章第 4 节的要求, 按时申请我社进行定期审核。

8.3 对未获得我社认可的制造厂的单件/单批检验:

8.3.1 检验内容应包括审图和型式试验:

- (1)审图:制造厂应按照本指南要求准备图纸/技术资料,并提交 CCS 批准/备查。
- (2)型式试验:对申请产品检验的增压器,应每批/每规格进行本指南所要求的全部型式试验项目;

附录 1 试验测量项目

序号	测量参数	试验类型		
		出厂试验	压气机性能试验	耐久试验
	大气压力、温度、湿度	√	√	√
	转速	√	√	√
	扭矩		√	
	压气机流量	√	√	
	压气机进口温度和压力	√	√	√
	压气机出口温度和压力	√	√	√
	涡轮机进口温度和压力	√		√
	涡轮机出口温度和压力	√		√
	冷却水进口温度和压力	√		√
	冷却水出口温度	√		√
	润滑油进口温度和压力	√	√	√
	润滑油出口温度	√	√	√
	润滑油流量		√	
	增压器振动值	√	√	√
	惰转时间	√		
	噪声值		√	√
	用户与制造厂协议的项目	√	√	√