

ICS 45.060.10  
S 42

# TB

## 中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 3475.8—2020

代替 TB/T 1383—2011

### 机车、动车组柴油机零部件 第 8 部分：增压器

Components of diesel engine for locomotive and DMU—  
Part 8: Turbocharger

2020-05-29 发布

2020-12-01 实施

国家铁路局 发布

## 目 次

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 前言 .....                         | II |
| 1 范围 .....                       | 1  |
| 2 规范性引用文件 .....                  | 1  |
| 3 术语和定义 .....                    | 1  |
| 4 技术要求 .....                     | 2  |
| 5 检验方法 .....                     | 3  |
| 6 检验规则 .....                     | 5  |
| 7 标志、包装、运输和储存 .....              | 7  |
| 附录 A(规范性附录) 清洁度测定方法 .....        | 9  |
| 附录 B(规范性附录) 增压器性能试验 .....        | 12 |
| 附录 C(规范性附录) 增压器 100 h 试验工况 ..... | 17 |

## 前 言

TB/T 3475《机车、动车组柴油机零部件》分为十四个部分：

- 第1部分：曲轴；
- 第2部分：曲轴扭振减振器；
- 第3部分：连杆；
- 第4部分：活塞；
- 第5部分：主轴瓦及连杆轴瓦；
- 第6部分：铸铁气缸套；
- 第7部分：气缸盖；
- 第8部分：增压器；
- 第9部分：凸轮轴；
- 第10部分：气门；
- 第11部分：燃油电喷控制器；
- 第12部分：喷油泵；
- 第13部分：喷油器；
- 第14部分：波纹金属软管。

本部分为TB/T 3475的第8部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分代替TB/T 1383—2011《内燃机车柴油机用涡轮增压器》。与TB/T 1383—2011相比，除编辑性修改外，主要技术变化如下：

- 修改了压气机进气真空度限值和涡轮排气背压限值(见4.1.4,2011年版的4.3.4)；
- 修改了整铸涡轮应进行无损检测的要求(见4.2.2,2011年版的4.2.2)；
- 修改了清洁度限值(见4.3.2,2011年版的4.3.2)；
- 修改了增压器标定工况点性能参数(见4.3.5a,2011年版的4.3.6a)；
- 删除了耐冲击性能的要求(见2011年版的4.3.11)；
- 修改了等转速线分档中转速间隔区间值(见5.10.2a,2011年版的5.10a)；
- 修改了交替突变转速试验(见5.13b,2011年版的5.13b)；
- 删除了耐冲击试验的试验方法(见2011年版的5.15)；
- 修改了增压器振动试验的试验方法(见5.15,2011年版的5.15)；
- 增加了密封性检验要求(见6.2.3d)；
- 修改了型式试验检验范围(见6.4.1,2011年版的6.4.1)；
- 修改了型式检验判定规则(见6.4.4.1,2011年版的6.4.4.1)。

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这些专利的责任。

本部分由铁道行业内燃机车标准化技术委员会归口。

本部分起草单位：中车大连机车研究所有限公司、中车大连机车车辆有限公司、中车戚墅堰机车有限公司、中车资阳机车有限公司。

本部分主要起草人：刘淑华、张朝毅、班海波、潘翼龙、吕红卫、叶文彪、樊美辰。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- TB/T 1383—1982、TB/T 1383—2003、TB/T 1383—2011；
- TB/T 1384—1982、TB/T 1384—2003。

# 机车、动车组柴油机零部件

## 第8部分：增压器

### 1 范围

TB/T 3475 的本部分规定了内燃机车、动车组柴油机用轴流式涡轮增压器(以下简称“增压器”)的术语和定义,技术要求,检验方法,检验规则,标志、包装、运输和储存。

本部分适用于内燃机车、动车组柴油机用增压器。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 191 包装储运图示标志(GB/T 191—2008,ISO 780:1997,MOD)

GB 253—2008 煤油

GB/T 1786 锻制圆饼超声波检验方法

GB/T 4118—2008 工业用三氯甲烷

GB/T 6402—2008 钢锻件超声检测方法

GB/T 6519 变形铝、镁合金产品超声波检验方法

GB/T 13306 标牌

GB/T 21563—2018 轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验(IEC 61373:2010,MOD)

HB/Z 60 X射线照相检验

HB/Z 61 渗透检验

JB/T 9744 内燃机 零、部件磁粉检测

JB/T 9752.3—2014 涡轮增压器 第3部分:转子平衡品质及校验方法

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**标准大气状况 standard atmosphere conditions**

大气压力为 100 kPa、环境温度为 25 ℃、空气相对湿度为 30%。

#### 3.2

**标定工况 rated conditions**

在标准大气状况下,柴油机在标定功率运行时,其配套增压器所要达到的空气流量、压比、转速和总效率的工况点。

#### 3.3

**折合流量 reference flow**

换算到标准大气状况下增压器的空气流量。

### 3.4

#### 折合转速 **reference speed**

换算到标准大气状况下增压器的转速。

### 3.5

#### 过程检验 **process inspection**

增压器组装完成前的检验。

### 3.6

#### 最高转速 **maximum speed**

数值大于或等于标定转速的 110%，并能安全持续运转 24 h 以上的增压器转速。

### 3.7

#### 涡轮进口最高温度 **maximum gas inlet temperature**

涡轮能长期安全工作的最高温度。

## 4 技术要求

### 4.1 工作环境要求

4.1.1 增压器在下列环境条件下所匹配的柴油机功率不需修正：

- a) 海拔不高于 1 500 m；
- b) 大气环境温度： $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

4.1.2 当增压器使用于海拔 1 500 m 以上地区或大气温度大于  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$  时，应考虑该地区的大气压力和环境温度的影响。

4.1.3 超出 4.1.1、4.1.2 规定范围时，由供需双方协商确定。

4.1.4 增压器最大进气真空度应小于或等于 4 kPa，增压器最大排气背压应小于或等于 3 kPa（带废气后处理系统除外）。

### 4.2 基本要求

4.2.1 增压器应按规定程序批准的产品图样和技术文件制造，并符合本部分的规定。

4.2.2 增压器主要零部件（主轴、涡轮轮盘、涡轮叶片、整体铸造涡轮、导风轮、压气机叶轮）应进行无损检测，结果应符合技术文件的规定。

4.2.3 带冷却水腔的壳体不应泄漏，且不允许修补。

4.2.4 增压器的喷嘴环出口面积或代号、扩压器进口喉口面积或代号，应符合有关技术文件的规定，将其刻印在指定的位置并记录在出厂文件中。

4.2.5 增压器及主要零部件的装配间隙应符合产品图样或技术文件的规定。

4.2.6 增压器初运转试验后，应无异常。

### 4.3 性能要求

4.3.1 对中心穿孔的压气机叶轮、涡轮轮盘进行常温真空预应力超速试验后，内孔变形量应符合技术文件的规定。

4.3.2 增压器清洁度为每台增压器进出润滑油通道及接触润滑油各零件的表面所含有杂质的总重量，清洁度限值为 400 mg/台。

4.3.3 增压器的导风轮、压气机叶轮、带叶片轴及转子总成动平衡精度应符合产品图样的规定。

4.3.4 增压器的机油进口温度与柴油机所用机油品质有关，应适应所匹配柴油机要求。

#### 4.3.5 增压器标定工况点的性能要求：

- a) 转速小于 20 000 r/min 时,转速偏差应控制在  $\pm 100$  r/min 范围内;转速大于或等于 20 000 r/min 时,转速偏差应控制在规定值的  $\pm 0.5\%$  范围内。
- b) 压比偏差应控制在规定值的  $\pm 1.5\%$  范围内。
- c) 空气流量偏差应控制在规定值的  $\pm 2\%$  范围内。
- d) 增压器总效率应大于或等于规定值,且规定值不应低于 58%。

4.3.6 增压器进行最高转速试验后,不应发生零部件损伤或外观变形,连接处不应出现松动、漏气、漏油或漏水现象。

4.3.7 增压器在标定工况运行时,标定流量和喘振线上等压比下喘振点的空气流量值之比应大于或等于 115% (采用可调喷嘴环或其他调整喘振裕度措施除外)。在柴油机全部牵引工况下增压器不应喘振。

4.3.8 增压器进行惰转试验时,惰转时间应大于或等于 30 s。

4.3.9 增压器在出厂检验和型式检验中转速稳定时,在轴承壳体径向水平位置上的振动加速度应小于或等于  $14.7 \text{ m/s}^2$  (1.5g),或振动速度应小于或等于  $4 \text{ mm/s}$ ;或测量转子轴在轴承附近的振幅应小于或等于主轴与轴承的半径方向间隙的 40%。

4.3.10 增压器耐振动性能应满足 GB/T 21563—2018 中 1 类 B 级设备的规定。

4.3.11 增压器进行 100 h 试验和结构考核试验后,增压器各零部件不应损坏,各零部件变形量、磨损量应符合技术文件的规定,无漏气、漏油或漏水现象。

4.3.12 增压器进行滑油密封试验后,压气机端和涡轮端应无漏油痕迹。

#### 4.4 可靠性要求

增压器可靠性验证试验后进行解体检查,不应出现轴承烧损、转子零部件裂纹或变形、壳体裂损及擦伤等现象。

### 5 检验方法

#### 5.1 无损检测

- 5.1.1 导风轮、压气机叶轮毛坯超声波检验按 GB/T 6519 执行。
- 5.1.2 导风轮、压气机叶轮、涡轮叶片、整铸涡轮成品渗透检验按 HB/Z 61 执行。
- 5.1.3 主轴毛坯超声波检验按 GB/T 6402—2008 执行。
- 5.1.4 主轴成品磁粉检验按 JB/T 9744 执行。
- 5.1.5 涡轮轮盘毛坯超声波检验按 GB/T 1786 执行。
- 5.1.6 涡轮叶片毛坯、整铸涡轮毛坯 X 射线检验按 HB/Z 60 执行。

#### 5.2 常温真空预应力超速试验

中心穿孔的压气机叶轮、涡轮轮盘进行常温真空预应力超速试验,超速转速应大于或等于最高转速的 110%,试验时间不应少于 3 min。

#### 5.3 清洁度检验

按附录 A 进行清洁度检验。

#### 5.4 转子动平衡检验

按 JB/T 9752.3—2014 中第 9 章的规定进行转子动平衡检验。

### 5.5 壳体密封性检验

带冷却水腔的壳体可采用水压或气压进行密封性检验。水压密封性检验时,水压压力不应低于700 kPa,保压5 min;气压密封性检验时,气压压力为工作压力的1.5倍,保压15 min。

### 5.6 初运转试验

增压器利用外风源冷吹或自循环方式进行磨合运转,试验转速为标定转速的25%~30%,持续时间应大于或等于10 min。检查增压器运转情况和各法兰连接处的密封状态,增压器运转应无异常,连接处不应有泄漏现象。

### 5.7 标定工况点试验

冷吹后点火进行热风试验,采用自循环方式,提高增压器转速,达到标定转速时,稳定运行10 min,记录增压器的各项性能参数。运转中不应有异常现象。

### 5.8 最高转速试验

增压器按照最高转速进行试验,运行时间应大于或等于10 min。

### 5.9 惰转试验

在增压器转速为60%标定转速时,逐渐降低机油压力至最低油压,偏差为 $\pm 50$  kPa,切断燃油供给,进行惰转试验,并测定惰转时间。

### 5.10 压气机特性试验

5.10.1 在压气机试验台或增压器试验台上用外风源进行试验,也可采用自循环方法进行试验。按附录B表B.2测试各项参数,按B.5中的计算公式计算压气机的主要性能参数。按附录B图B.1绘制压气机性能曲线。

5.10.2 转速及流量分挡方式如下:

- a) 按等转速线分挡:最低起始转速不应高于标定转速的40%,然后每隔1 000 r/min~2 000 r/min作一条等转速线,直到最高转速。等转速线不应少于6条;
- b) 按流量测点分挡:从喘振点起,在每一条等转速线上按流量划分,不应少于5个测点。

### 5.11 涡轮特性试验

可在增压器试验台上采用外风源方式或与压气机性能试验相结合,用压气机作测功器,测取压气机和涡轮端各项参数。按附录B表B.2测试各项参数,按B.5中的计算公式计算涡轮的主要性能参数。按附录B图B.2绘制涡轮性能曲线。

### 5.12 滑油密封试验

用外风源吹,试验转速为3 000 r/min(进口油温 $55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,油压为设计值上限),运转10 min后停机,检查压气机端和涡轮端是否有油迹。

### 5.13 100 h 试验

采用自循环方式按附录C的工况进行100 h试验,试验过程中每隔1 h按附录B表B.2测试各项参数一次。

试验按以下工况顺序进行:

- a) 标定工况转速试验 30 h;
- b) 交替突变转速试验 10 h,转速在标定工况转速和 60% 标定工况转速之间交替,前 8 h 每 4 min 交替一次,后 2 h 每 2 min 交替一次,升降速时间不应大于 1 min;
- c) 最高转速试验 24 h;
- d) 交替突变转速试验 10 h,工况同 b);
- e) 标定工况转速试验 26 h。

#### 5.14 结构考核试验

增压器在最高转速下运转,使涡轮进口温度保持在最高温度,运行时间应大于或等于 15 min。

#### 5.15 振动试验

在增压器的振动试验中采用去除转子轴,将转子轴与增压器分离且放置于同一振动试验台来完成振动试验。按照 GB/T 21563—2018 中 1 类 B 级进行振动试验。

振动试验后,增压器装配后重新上台试验,在最高转速下运行 10 min。

#### 5.16 可靠性验证试验

增压器进行 1 040 次交变负荷循环试验,试验转速在最高转速和 50% 标定转速之间循环,每次循环运行时间为 5 min,其中在最高转速运转时间至少为 2 min,试验可以断续进行;或跟随柴油机进行交变负荷试验。试验过程中不应对增压器进行拆检修复。

#### 5.17 解体检查

5.17.1 增压器型式检验后,应进行解体检查,并检查记录如下项目:

- a) 复校转子不平衡量;
- b) 对主轴轴颈及与叶轮衬套配合部位、推力轴承摩擦副进行检验检查;
- c) 轴承、轴颈和减振器装置(若有)的磨损情况;
- d) 各主要配合间隙的变化情况;
- e) 涡轮喷嘴环、涡轮叶片和拉筋(若有)等有无变形、裂纹及其他不正常现象;
- f) 气封擦伤情况和油封效果。

5.17.2 增压器振动试验后,检查壳体是否有裂纹,解体检查压气机端和涡轮端是否有油迹,轴承、轴颈是否有烧损。

### 6 检验规则

#### 6.1 检验分类与检验项目

增压器检验分为过程检验、出厂检验、型式检验。检验项目见表 1。

表 1 检验项目

| 序号 | 检验项目               | 型式检验 | 出厂检验 | 过程检验 | 技术要求对应条款 | 检验方法对应条款 |
|----|--------------------|------|------|------|----------|----------|
| 1  | 无损检测               | —    | —    | √    | 4.2.2    | 5.1      |
| 2  | 常温真空预应力超速试验        | —    | —    | √    | 4.3.1    | 5.2      |
| 3  | 清洁度检验 <sup>a</sup> | —    | —    | √    | 4.3.2    | 5.3      |



表 1 检验项目(续)

| 序号   | 检验项目                 | 型式检验 | 出厂检验 | 过程检验 | 技术要求对应条款    | 检验方法对应条款 |
|--|----------------------|------|------|------|-------------|----------|
| 4  | 转子动平衡检验              | —    | —    | √    | 4.3.3       | 5.4      |
| 5  | 壳体密封性检验              | —    | —    | √    | 4.2.3       | 5.5      |
| 6  | 初运转试验                | √    | √    | —    | 4.2.6       | 5.6      |
| 7  | 标定工况点试验              | √    | √    | —    | 4.3.5       | 5.7      |
| 8  | 最高转速试验               | —    | √    | —    | 4.3.6       | 5.8      |
| 9  | 惰转试验                 | √    | √    | —    | 4.3.8       | 5.9      |
| 10   | 压气机特性试验              | √    | —    | —    | 4.3.5,4.3.7 | 5.10     |
| 11   | 涡轮特性试验               | √    | —    | —    | 4.3.5       | 5.11     |
| 12   | 滑油密封试验               | √    | √    | —    | 4.3.12      | 5.12     |
| 13   | 100 h 试验             | √    | —    | —    | 4.3.11      | 5.13     |
| 14   | 结构考核试验               | √    | —    | —    | 4.3.11      | 5.14     |
| 15   | 振动试验                 | √    | —    | —    | 4.3.10      | 5.15     |
| 16   | 可靠性验证试验 <sup>b</sup> | —    | —    | —    | 4.4         | 5.16     |
| 17   | 解体检查                 | √    | —    | —    | 符合技术文件      | 5.17     |
| <sup>a</sup> 抽检项目。<br><sup>b</sup> 选择性试验。选择性试验由供需双方协商确定。 |                      |      |      |      |             |          |

## 6.2 过程检验

6.2.1 应对每台增压器组装完成前进行过程检验。过程检验合格后方可进行组装。

6.2.2 检验内容包括无损检测、常温真空预应力超速试验、转子动平衡检验和密封性检验。

6.2.3 过程检验合格的判定依据：

- a) 主轴、涡轮轮盘、涡轮叶片或整铸涡轮、导风轮、压气机叶轮无损检测全部合格；
- b) 常温真空预应力超速试验中内孔变形量在规定范围内；
- c) 转子不平衡量达到规定要求；
- d) 密封性检验达到规定要求。

6.2.4 增压器清洁度检测为每 2 个月或累计生产 200 台从增压器成品中随机抽查 1 台进行。

6.2.5 在清洁度检验中,检测的杂质重量超过限值的为不合格产品。如果检验不合格,应重新抽取 2 台增压器成品进行复检,复检结果全部合格,则判定该批增压器产品合格。如复检中仍有 1 台及以上增压器不合格,则判定该批增压器不合格。

## 6.3 出厂检验

6.3.1 应对每台增压器进行出厂检验,出厂检验合格后方可出厂。

6.3.2 检验顺序:初运转试验,标定工况点试验,最高转速试验,惰转试验,滑油密封试验。

6.3.3 以下情况可以重新进行出厂检验：

- a) 检验中发现某一检验项目不合格,经调试或修整后；
- b) 在检验中发现零件有裂纹、严重擦伤等缺陷的,更换受损零件后。

## 6.4 型式检验

### 6.4.1 检验范围

属于下列情形之一者,应做型式检验:

- a) 新产品试制完成时;
- b) 转场生产的产品试制完成时;
- c) 产品结构、工艺或材料有重大改变影响性能和安全时;
- d) 连续生产5年(或者生产量1 000台)以上时;
- e) 停产2年后恢复生产时。

### 6.4.2 检验程序

6.4.2.1 做型式检验的增压器,应提供下列检验记录文件备查:

- a) 转子动平衡检验记录;
- b) 主轴、涡轮轮盘、涡轮叶片或整铸涡轮、导风轮、压气机叶轮检验检查记录;
- c) 转子轴向游动量、导风轮和压气机叶轮与罩壳间隙、涡轮叶片与镶套间隙检查记录;
- d) 主轴、涡轮轮盘、涡轮叶片或整铸涡轮、导风轮、压气机叶轮的材料化学成分和力学性能检验报告;
- e) 主轴、涡轮轮盘、涡轮叶片或整铸涡轮、导风轮、压气机叶轮尺寸检查记录;
- f) 增压器过程检验记录;
- g) 增压器出厂检验记录。

6.4.2.2 检验顺序:初运行试验,压气机特性试验,涡轮特性试验,标定工况点试验,100 h 试验,结构考核试验,标定工况点试验(验证),解体检查,振动试验,解体检查。

### 6.4.3 抽样

型式检验时应任意抽取一台出厂检验合格的增压器。做振动试验的增压器与型式检验其他项目的增压器可以不是同一台。

### 6.4.4 判定规则

6.4.4.1 在型式检验中,因非增压器故障(漏气、漏油或漏水)而造成的试验暂停次数不应超过一次,暂停时间不应超过60 min,同时,增压器试验时间应按暂停时间做相应延长。若暂停时间超过60 min,则判定该次型式检验无效。

6.4.4.2 在型式检验过程中,若出现以下情况之一,则判定产品不合格:

- a) 标定工况点性能指标未达到规定指标要求者;
- b) 100 h 试验和结构考核试验过程中,主要部件损坏,而使试验不能继续进行者;
- c) 试验过程中,油、气、水发生泄漏,经处理仍不能恢复者;
- d) 解体检查时发现主要零部件有裂纹或严重擦伤者,油封盘外侧有油迹者。

## 7 标志、包装、运输和储存

### 7.1 标志

每台增压器都应设置标牌,标牌的型式与尺寸应符合 GB/T 13306 的规定,其内容至少应包括:

- a) 产品名称、型号、编号;

- b) 最高转速；
- c) 涡轮最高温度；
- d) 出厂日期；
- e) 净重及制造厂名称或商标。

## 7.2 包装

7.2.1 增压器应采用专用包装箱包装,安装座用螺栓紧固,应采取防潮措施,各系统的接口应做封口处理,并按 GB/T 191 的规定标有“易碎物品、向上、怕雨、禁止翻滚”等储运标志。

包装箱内的文件应包括:

- a) 产品出厂合格证;
- b) 相关检验记录表;
- c) 使用、维护、保养、检修说明书或手册。

7.2.2 包装箱外面至少应注明:产品名称、型号和重量。

## 7.3 运输

增压器在运输中应防磕碰、防雨、防潮。

## 7.4 储存

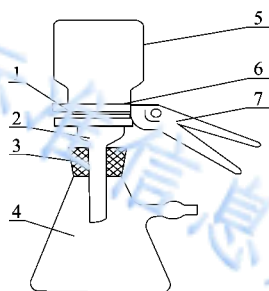
增压器应存放在通风干燥处,切勿倒置。在出厂之日起6个月内应能保证装机正常运用、无锈蚀。

附 录 A  
(规范性附录)  
清洁度测定方法

## A.1 测量器具与清洗液

### A.1.1 仪器

- A.1.1.1 分析天平(感量为万分之一克)。  
 A.1.1.2 真空泵(抽气速率 0.5 L/s,真空度不大于 80 kPa)。  
 A.1.1.3 电热恒温烘箱(温度范围 0 ℃ ~ 150 ℃ 自控)。  
 A.1.1.4 显微镜(带刻度,放大率大于 40 倍),或图像颗粒分析仪。  
 A.1.1.5 M50 型玻璃砂芯过滤装置,见图 A.1。



说明:

- 1——玻璃砂芯;  
 2——漏斗座;  
 3——橡皮塞;  
 4——抽滤瓶;  
 5——漏斗;  
 6——滤膜;  
 7——金属夹。

图 A.1 M50 型玻璃砂芯过滤装置示意

### A.1.2 工具

- A.1.2.1 玻璃称量瓶(直径 50 mm ~ 70 mm)、干燥器。  
 A.1.2.2 白色尼龙刷、冲洗瓶。  
 A.1.2.3 塑料杯、玻璃烧杯、漏斗。  
 A.1.2.4 带盖的杯、盘、盆、桶等洁净容器。  
 A.1.2.5 磁铁、放大镜、镊子(端部扁平无齿)。

### A.1.3 过滤元件

规格为 5 μm 的专用白色微孔滤膜,其直径为 50 mm。

#### A. 1.4 清洗液

采用符合 GB 253—2008 规定的煤油或 GB/T 4118—2008 规定的三氯甲烷。

#### A. 2 取样

A. 2.1 随机抽选已清洗干净的零件,进行清洁度测定的取样工作,取样可在生产现场进行。

A. 2.2 取样用的清洗液应预先过滤处理,容器及工具应清洗干净。

A. 2.3 取样方法应使用以下两种:

- a) 冲洗法取样:适用于油道取样。宜采用沿机油或燃油的实际工作流向进行反复冲洗,使用漏斗等容器,收集冲洗后带杂质的清洗液。
- b) 刷洗法取样:适用于除油道以外的其他部位。将成品居中放进桶内,使之不触及桶边。使用清洗液一边冲刷零件外表面和内部孔道,一边使用尼龙刷反复刷洗。

A. 2.4 取样时,应防止带有杂质的清洗液飞溅到容器之外。

A. 2.5 取样结束,将所有带杂质的清洗液分别收集好,并做好标记,内容包括取样日期、零件号及取样部位。

#### A. 3 测定准备工作

A. 3.1 清洁度测定工作应在专用清洁度检测室内进行。该室应干净整洁(降尘量 24 h 内不大于  $60 \text{ mg/m}^2$ ),通风良好,并有可靠的安全设施。

A. 3.2 操作人员应穿戴清洁的衣、帽、鞋,操作前应洗净双手。

A. 3.3 所有测量器具及工作台面应清洗干净。

A. 3.4 取样容器应清洗干净,确保没有灰尘和杂质。

A. 3.5 用于检测的清洗液应经  $5 \mu\text{m}$  滤膜过滤。

A. 3.6 过滤元件的恒重处理如下:

- a) 用镊子将滤膜放入开盖状态的称量瓶中,连瓶盖一起置于已升温至  $90 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  的电热恒温烘箱内,保温  $10 \text{ min} \sim 15 \text{ min}$ ;
- b) 合上称量瓶盖,将其取出放入干燥器中冷却  $10 \text{ min}$  后,降至室温;
- c) 在分析天平上称量,并记下滤膜重量;
- d) 重复此全过程,直至前后两次烘干称量之差值不大于  $0.4 \text{ mg}$  为止;
- e) 两次称量的平均值即为滤膜的恒定重量值。

A. 3.7 按 A. 3.6 的方法称量  $5 \mu\text{m}$  干净滤膜的恒定重量  $G_1$ 。

#### A. 4 测定方法

##### A. 4.1 杂质过滤

将 A. 2 过程收集的带杂质的清洗液按如下过程进行过滤:

- a) 将 A. 3.7 已称量的干净滤膜用镊子从称量瓶中取出,在滤净的清洗液中润湿后,然后紧贴地放置在 M50 型玻璃砂芯过滤装置的玻璃砂芯上,用金属夹夹住砂芯的对接处,置于抽滤瓶上(见图 A.1),接好真空泵;
- b) 将带有杂质的清洗液倒入漏斗内进行真空抽滤;

- c) 全部脏液抽滤完成后,用清洗液冲洗漏斗内壁和滤膜数次,确保所有的杂质被过滤;
- d) 待清洗液挥发后,将带杂质的滤膜用镊子放入原称量瓶内待称量。

#### A. 4. 2 杂质称量

按 A. 3. 6 的方法对带杂质的滤膜进行恒重处理,测得其恒定重量  $G_2$ 。

#### A. 5 测定结果

##### A. 5. 1 清洁度值

清洁度值按公式(A. 1)计算。

$$X = G_2 - G_1 \dots\dots\dots (A. 1)$$

式中:

$X$ ——清洁度值,单位为毫克(mg);

$G_1$ ——过滤前滤膜的恒定重量,单位为毫克(mg);

$G_2$ ——过滤后带杂质滤膜的恒定重量,单位为毫克(mg)。

##### A. 5. 2 最大颗粒尺寸

用显微镜或图像颗粒分析仪测量杂质的最大颗粒尺寸( $\mu\text{m}$ )。

#### A. 6 检测报告

清洁度检测报告至少应包括下列内容:

- a) 杂质重量(mg);
- b) 最大颗粒尺寸( $\mu\text{m}$ );
- c) 最大颗粒的投影照片。

**附录 B**  
(规范性附录)  
**增压器性能试验**

**B.1 试验内容****B.1.1 压气机**

测取压气机进、出口空气温度、压力和流量等参数,计算折合转速、折合流量、压比、压气机效率和功率等参数。绘制压气机性能曲线。

**B.1.2 涡轮**

测取涡轮进、出口燃气温度、压力和流量等参数,计算膨胀比、功率、燃气马赫数、理想速度、当量通流面积和涡轮效率等参数。绘制涡轮性能曲线。

**B.1.3 增压器总效率**

根据压气机和涡轮的测试参数和计算参数,计算出增压器总效率。

**B.2 试验设备****B.2.1 试验装置构成**

增压器试验装置由空气系统、燃气系统、机油系统、水系统、测试系统及控制系统构成。

**B.2.2 测量用仪器仪表**

测量用仪器仪表见表 B.1。

**表 B.1 测量用仪器仪表**

| 测量参数        | 测量用仪器仪表          | 准确度   | 备注            |
|-------------|------------------|-------|---------------|
| 转速          | 电磁感应测头和电子计数式频率计  | 0.5 级 | 或准确度相当的其他仪器仪表 |
| 机组振动        | 振动仪              | 3 级   |               |
| 压气机和涡轮进出口压力 | 皮托——总压管及(或)压力变送器 | 0.5 级 |               |
| 冷却水和机油压力    | 压力表              | 2.5 级 |               |
| 大气压力        | 空盒式气压计           | 0.5 级 |               |
| 压气机进出口温度    | 铂电阻温度传感器         | A 级   |               |
| 涡轮进出口温度     | 热电偶温度传感器         | II 级  |               |
| 冷却水和机油温度    | 温度计              | 2 级   |               |
| 环境温度        | 温度计              | 0.5 级 |               |
| 空气湿度        | 空气相对湿度计          | —     |               |
| 空气流量        | 孔板流量计或涡街流量计      | 1 级   |               |
| 冷却水和机油流量    | 浮子流量计测量或称重法      | —     |               |

## B.3 测试参数

增压器性能试验的测试参数见表 B.2。

表 B.2 增压器性能试验测试参数记录

| 增压器型号 _____           |         | 大气压 _____                      | 试验日期 _____ |   |   |   |   |   |
|-----------------------|---------|--------------------------------|------------|---|---|---|---|---|
| 增压器编号 _____           |         | 大气温度 _____                     | 记录者 _____  |   |   |   |   |   |
| 制造厂 _____             |         | 相对湿度 _____                     |            |   |   |   |   |   |
| 测量项目                  |         | 单位                             | 1          |   | 2 |   | 3 |   |
|                       |         |                                | 1          | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 转速 $n$                |         | r/min                          |            |   |   |   |   |   |
| 压<br>气<br>机           | 进口压力    | kPa                            |            |   |   |   |   |   |
|                       | 出口压力    | kPa                            |            |   |   |   |   |   |
|                       | 进口温度    | ℃                              |            |   |   |   |   |   |
|                       | 出口温度    | ℃                              |            |   |   |   |   |   |
|                       | 孔板流量计压差 | kPa                            |            |   |   |   |   |   |
|                       | 孔板前压力   | kPa                            |            |   |   |   |   |   |
| 涡<br>轮                | 进口压力    | kPa                            |            |   |   |   |   |   |
|                       | 出口压力    | kPa                            |            |   |   |   |   |   |
|                       | 进口温度    | ℃                              |            |   |   |   |   |   |
|                       | 出口温度    | ℃                              |            |   |   |   |   |   |
|                       | 孔板流量计压差 | kPa                            |            |   |   |   |   |   |
|                       | 孔板前压力   | kPa                            |            |   |   |   |   |   |
| 滑<br>油                | 进口压力    | kPa                            |            |   |   |   |   |   |
|                       | 进口温度    | ℃                              |            |   |   |   |   |   |
|                       | 出口温度    | ℃                              |            |   |   |   |   |   |
|                       | 滑油流量    | kg/s                           |            |   |   |   |   |   |
| 冷<br>却<br>水           | 进口水压    | kPa                            |            |   |   |   |   |   |
|                       | 进口水温    | ℃                              |            |   |   |   |   |   |
|                       | 出口水温    | ℃                              |            |   |   |   |   |   |
|                       | 水流量     | kg/s                           |            |   |   |   |   |   |
| 振动加速度<br>或振动速度<br>或位移 |         | m/s <sup>2</sup><br>mm/s<br>mm |            |   |   |   |   |   |
| 惰转时间                  |         | min(s)                         |            |   |   |   |   |   |

## B.4 试验方法

试验方法按 5.10 和 5.11 执行。试验中每一工况应稳定 5 min 后方可进行测量,每一工况点应测量 2 次,测量数据填入表 B.2 中。



**B.5 数据计算**

**B.5.1 计算公式**

**B.5.1.1** 试验时的环境状况与标准大气状况有差异时,应按公式(B.1)进行修正。

标准大气状况下的增压器转速按公式(B.1)计算。

$$n_{np} = n \sqrt{T_0} / \sqrt{T_1} \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

$n_{np}$ ——标准大气状况下的转速,单位为转每分钟(r/min);

$n$ ——实测转速,单位为转每分钟(r/min);

$T_0$ ——标准大气温度,取值 298,单位为开尔文(K);

$T_1$ ——压气机进口处温度,单位为开尔文(K)。

标准大气状况下的增压器流量按公式(B.2)、公式(B.3)计算。

$$G_{np} = G_K P_0 \sqrt{T_1} / (P_1 \sqrt{T_0}) \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

$G_{np}$ ——标准大气状况下的质量流量,单位为千克每秒(kg/s);

$G_K$ ——实测流量,单位为千克每秒(kg/s);

$P_0$ ——标准大气压力,取值 101,单位为千帕斯卡(kPa);

$P_1$ ——压气机进口处压力,单位为千帕斯卡(kPa)。

$$Q_{np} = G_{np} / \gamma_0 \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

式中:

$Q_{np}$ ——标准大气状况下的容积流量,单位为立方米每秒( $m^3/s$ );

$\gamma_0$ ——标准大气状况下的空气密度,取值 1.17,单位为千克每立方米( $kg/m^3$ )。

**B.5.1.2** 压气机压比按公式(B.4)计算。

$$\pi_K = P_K / P_1 \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

式中:

$\pi_K$ ——压气机压比;

$P_K$ ——压气机出口处压力,单位为千帕斯卡(kPa)。

**B.5.1.3** 压气机绝热效率为空气的绝热压缩功与实际功之比,按公式(B.5)计算。

$$\eta_K = T_1 (\pi_K^{(K-1)/K} - 1) / (T_K - T_1) \quad \dots\dots\dots (B.5)$$

式中:

$\eta_K$ ——压气机绝热效率;

$K$ ——空气绝热指数,取值 1.4;

$T_K$ ——压气机出口处温度,单位为开尔文(K)。

**B.5.1.4** 压气机等熵功率按公式(B.6)计算。

$$N_K = G_K K (K - 1)^{-1} R (T_K - T_1) / 102 \quad \dots\dots\dots (B.6)$$

式中:

$N_K$ ——压气机等熵功率,单位为千瓦(kW);

$R$ ——空气气体常数,取值 287.14,单位为焦耳每千克开尔文[ $J/(kg \cdot K)$ ]。

**B.5.1.5** 涡轮膨胀比按公式(B.7)计算。

$$\pi_T = P_T / P_2 \quad \dots\dots\dots (B.7)$$

式中:

$\pi_T$ ——涡轮膨胀比;

$P_T$ ——涡轮进口处压力,单位为千帕斯卡(kPa);

$P_2$ ——涡轮出口处压力,单位为千帕斯卡(kPa)。

**B. 5. 1. 6** 涡轮等熵功率按公式(B. 8)计算。

$$N_T = G_T K_T (K_T - 1)^{-1} R_T (T_T - T_2) / 102 \quad \dots\dots\dots (B. 8)$$

式中:

$N_T$ ——涡轮等熵功率,单位为千瓦(kW);

$G_T$ ——涡轮进口流量,单位为千克每秒(kg/s);

$K_T$ ——涡轮燃气绝热指数,取值 1.36;

$R_T$ ——燃气气体常数,取值 286.45,单位为焦耳每千克开尔文[J/(kg·K)];

$T_T$ ——涡轮进口处温度,单位为开尔文(K);

$T_2$ ——涡轮出口处温度,单位为开尔文(K)。

**B. 5. 1. 7** 涡轮燃气马赫数按公式(B. 9)计算。

$$M_a = \frac{u_{cp}}{a_T} = \frac{\pi D_{cp} n}{60 \sqrt{KgRT_T}} \quad \dots\dots\dots (B. 9)$$

式中:

$M_a$ ——涡轮燃气马赫数;

$u_{cp}$ ——涡轮平均直径处圆周速度,单位为米每秒(m/s);

$a_T$ ——涡轮进口处音速,单位为米每秒(m/s);

$\pi$ ——圆周率,取值 3.141 6;

$D_{cp}$ ——涡轮平均直径,单位为米(m);

$g$ ——重力加速度,取值 9.81,单位为米每二次方秒( $m/s^2$ )。

**B. 5. 1. 8** 涡轮燃气理想速度按公式(B. 10)计算。

$$C_0 = \sqrt{2H_T} = \sqrt{2K_T (K_T - 1)^{-1} R_T T_T [1 - \pi_T^{-(K_T-1)/K_T}]} \quad \dots\dots\dots (B. 10)$$

式中:

$C_0$ ——涡轮燃气理想速度,单位为米每秒(m/s);

$H_T$ ——涡轮绝热膨胀功,单位为焦耳(J)。

**B. 5. 1. 9** 涡轮当量通流面积按公式(B. 11)计算。

$$\mu_F = \frac{G_T}{\gamma_2 C_0} = \frac{G_T R_T T_T \pi_T^{-(K_T-1)/K_T}}{P_2 C_0 10^3} \quad \dots\dots\dots (B. 11)$$

式中:

$\mu_F$ ——涡轮当量通流面积,单位为平方米( $m^2$ );

$\gamma_2$ ——涡轮出口处燃气密度,单位为千克每立方米( $kg/m^3$ )。

**B. 5. 1. 10** 整机平台试验中用压气机作为涡轮负载,用热力学方法间接计算涡轮效率,涡轮效率按公式(B. 12)计算。

$$\eta_T = \frac{G_T K (K - 1)^{-1} R (T_k - T_1)}{G_T K_T (K_T - 1)^{-1} R_T T_T [1 - \pi_T^{-(K_T-1)/K_T}]} \quad \dots\dots\dots (B. 12)$$

式中:

$\eta_T$ ——涡轮效率。

注:计算涡轮效率时,已包括下列附加损失:

- a) 涡轮进气壳和出气壳的压力损失;
- b) 涡轮出气壳冷却水带走的能量;
- c) 轴承损失;
- d) 气封漏气损失。

B.5.1.11 增压器总效率为压气机的等熵功率与涡轮膨胀等熵功率之比,按公式(B.13)计算。

$$\eta_{TK} = \frac{G_K K (K-1)^{-1} R T_1 (\pi_K^{(K-1)/K} - 1)}{G_T K_T (K_T-1)^{-1} R_T T_T [1 - \pi_T^{-(K_T-1)/K_T}]} \dots\dots\dots (B.13)$$

式中:

$\eta_{TK}$ ——增压器总效率。

B.5.2 绘制性能曲线

在数据整理时,应取两次测量的平均值,对于不正常或不稳定的数据应予以剔除。根据试验测试参数,分别计算出压气机、涡轮性能参数和增压器总效率。按图 B.1 绘制压气机性能曲线;按图 B.2 绘制涡轮性能曲线。

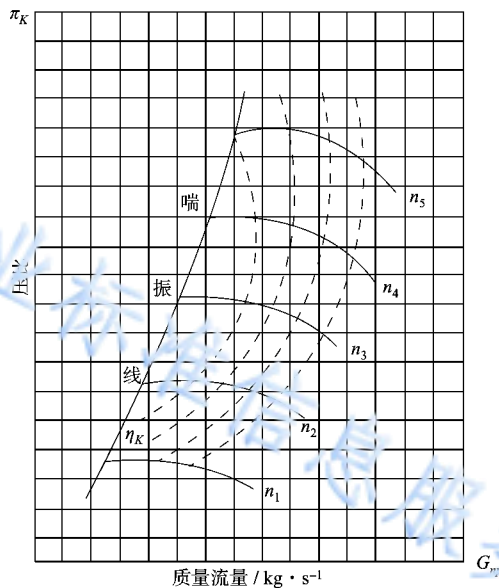


图 B.1 压气机性能曲线示意

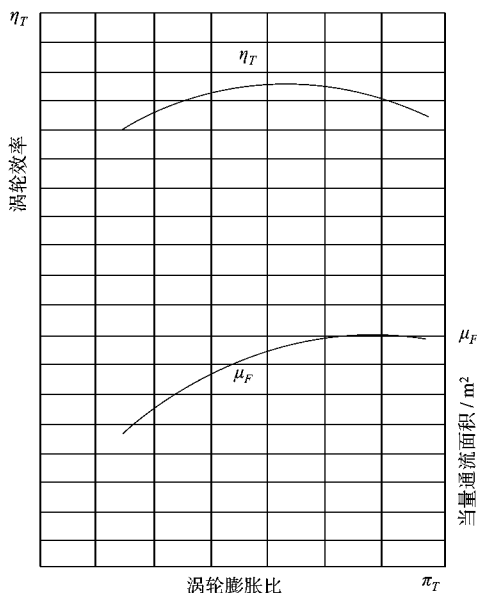


图 B.2 涡轮性能曲线示意

附录 C  
(规范性附录)  
增压器 100 h 试验工况

增压器 100 h 试验工况示意图,如图 C.1 所示。增压器 100 h 试验中的交变转速 10 h 试验工况示意图,如图 C.2 所示。

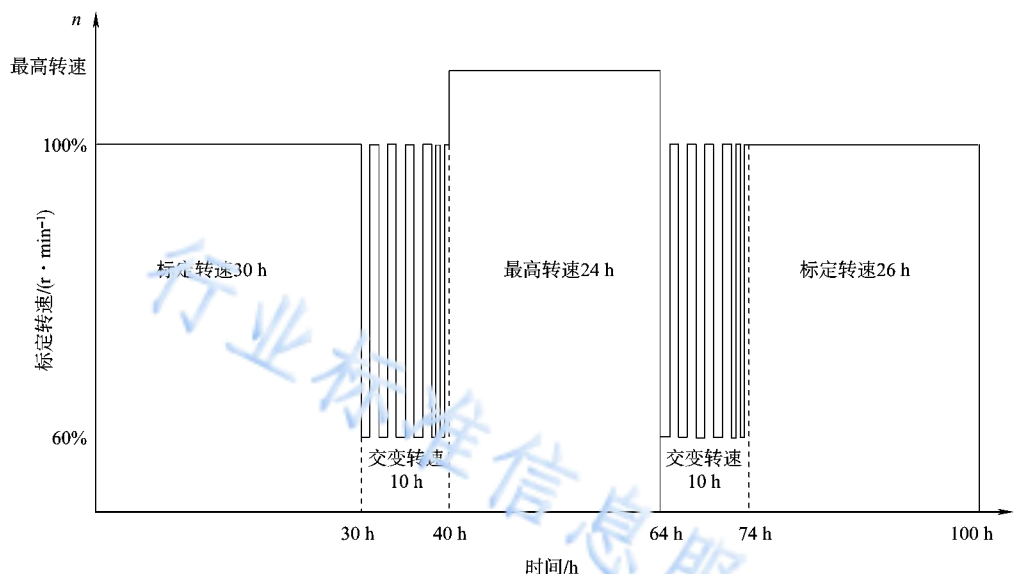


图 C.1 增压器 100 h 试验工况示意

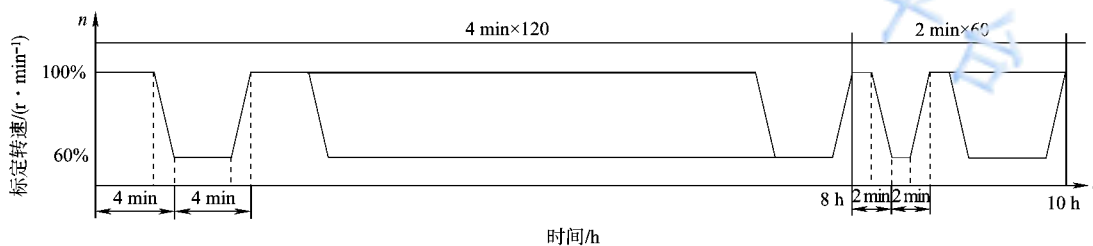


图 C.2 增压器交变转速 10 h 试验工况示意

行业标准信息服务网

中华人民共和国  
铁道行业标准  
机车、动车组柴油机零部件  
第8部分：增压器

Components of diesel engine for locomotive and DMU—

Part 8: Turbocharger

TB/T 3475.8—2020

\*

中国铁道出版社有限公司出版、发行  
(100054,北京市西城区右安门西街8号)

读者服务部电话:市电(010)51873174,路电(021)73174

北京建宏印刷有限公司印刷

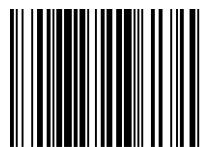
版权专有 侵权必究

\*

开本:880 mm×1 230 mm 1/16 印张:1.5 字数:34千字

2020年8月第1版 2020年8月第1次印刷

\*



151136064

定价:15.00元