



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 6072.5—2003/ISO 3046-5:2001

## 往复式内燃机 性能 第5部分:扭转振动

Reciprocating internal combustion engines—  
Performance—Part 5: Torsional vibrations

(ISO 3046-5:2001, IDT)

2003-05-19 发布

2003-10-01 实施

中华人民共和国  
国家质量监督检验检疫总局 发布

## 前　　言

GB/T 6072 的本部分等同采用 ISO 3046-5:2001《往复式内燃机　性能　第 5 部分：扭转振动》。编写格式基本与 GB/T 1.1—2000《标准化工作导则　第 1 部分：标准的结构和编写规则》保持一致。

GB/T 6072 在《往复式内燃机　性能》的总标题下，由下列各部分组成：

- 第 1 部分：标准基准状况，功率、燃油消耗和机油消耗的标定及试验方法；
- 第 3 部分：试验测量；
- 第 4 部分：调速；
- 第 5 部分：扭转振动；
- 第 6 部分：超速保护；
- 第 7 部分：发动机功率代号。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国内燃机标准化技术委员会归口。

本部分起草单位：上海内燃机研究所、上海柴油机股份有限公司。

本部分主要起草人：吴炎庭、瞿俊鸣、庄国钢、宋国婵、陈林珊。

## 往复式内燃机 性能

### 第 5 部分: 扭转振动

#### 1 范围

GB/T 6072 的本部分规定了往复式内燃机驱动的机组轴系扭转振动的一般要求和定义。

必要时,可以对特定用途的发动机提出单独要求。

GB/T 6072 的本部分适用于陆用、铁路牵引和船用往复式内燃机驱动的机组,但不包括驱动筑路机械、土方机械、农用拖拉机、工业拖拉机、汽车和载重卡车及飞机用机组。

#### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 6072 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

ISO 2041:1990 振动和冲击 词汇

ISO 2710-1 往复式内燃机 词汇 第 1 部分:发动机设计和运行术语

ISO 2710-2 往复式内燃机 词汇 第 2 部分:发动机维修术语

#### 3 术语和定义

GB/T 6072 的本部分采用 ISO 2710-1 和 ISO 2710-2 及下列条目的术语和定义。

##### 3.1 机组 set

包含一台或数台往复式内燃机与从动机的机械装置的总成。

##### 3.2 轴系 shaft system

与一台机组相连的所有可旋转零部件的总成(见图 1)。

注:在计算扭转振动时,所考虑的是整个轴系。

##### 3.3 扭转振动 torsional vibrations

旋转轴系的振荡角变形(扭转角)。

##### 3.4 扭振振幅 torsional vibration amplitude

欲考虑的角位置与任意给定基准位置间、在垂直于轴系轴线剖面内所测得的最大角位移。

##### 3.5 固有频率 natural frequency

可以由各个无阻尼系统运动方程式求得的参数。  
见 ISO 2041:1990 的 2.80。

注:通常不必计算阻尼系统的固有频率。

##### 3.6 固有矢量 natural vector

系统在按相应固有频率振动时,其所有剖面对任意选作系统基准剖面(此处振幅定为 1)的相对振幅。

3.7

**弹性曲线 elastic line**

各剖面内固有矢量振幅的包络线(见图 2)。

3.8

**振动节点 vibratory node**

弹性曲线在相对固有矢量振幅等于零时的位置点。

3.9

**扭转振动固有模态 natural mode of torsional vibration**

用固有频率及其弹性曲线来表示,以表征各个扭转振动的模态。

注:例如第 1 振动模态或一节点振动模态,或第 2 振动模态或两节点振动模态。

3.10

**激励力矩 excitation torque**

由往复式内燃机或从动机件所产生的、激励轴系扭转振动的周期性扭转力矩。

3.11

**谐波 harmonic**

由激励力矩分解成一系列正弦项(富里叶级数)中的每一项。

见 ISO 2041:1990 的 2.26。

注:理论上这些谐波中的每一项均能在轴系的相应转速时产生共振。富里叶级数项按递增次序表达。第 1 次谐波相当于该级数的第 1 项(即使该项振幅为零)等等(见图 3),常数项为平均力矩。

3.12

**振动谐次 vibration**

与各谐波相对应的每转振荡的次数。

注:对于二冲程往复式内燃机,振动谐次相当于谐波的序列,对于四冲程发动机,可将谐波的序列除以 2 得到相应的振动谐次,如 II /4 表示第 II 振动模态受第 4 次谐波激励时的共振转速。

3.13

**共振转速 resonance speed**

整个轴系产生共振时的转速(此时一个振动模态的固有频率等于激励力矩的一个谐波频率)。

见 ISO 2041:1990 的 2.73。

3.14

**综合扭转应力 synthesized torsional stress**

在轴系给定剖面上由各激励力矩的谐波所产生的扭转应力的总和,其中计及各谐波所生应力的幅值和相位。

注:在表达综合扭转应力时,不使用平均力矩。

3.15

**附加扭转应力 additional torsional stress**

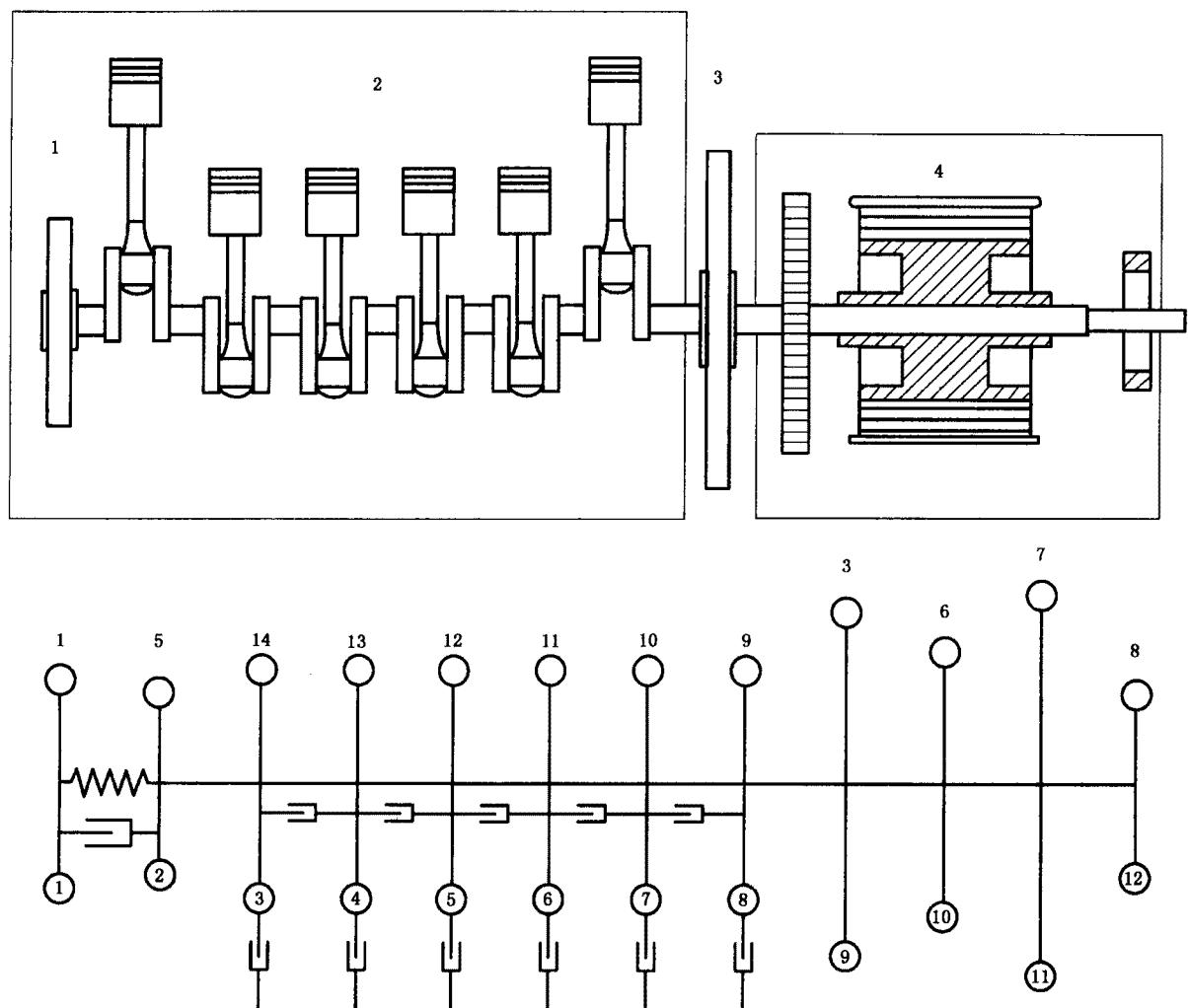
在所考虑的轴系给定剖面处,由给定谐波扭转振动所产生的、叠加在平均传递扭矩扭转应力上的应力。

3.16

**转速禁区 barred speed range**

扭转振动应力超过持续运转许用应力值时的转速范围。

注:在此转速范围内禁止持续运转,但允许瞬时通过,只要不使轴系产生危险或招致损坏。



1—减振器；

2—发动机；

3—飞轮；

4—交流发电机；

5—减振器壳体；

6—风扇；

7—发电机转子；

8—励磁机；

9—第 6 缸；

10—第 5 缸；

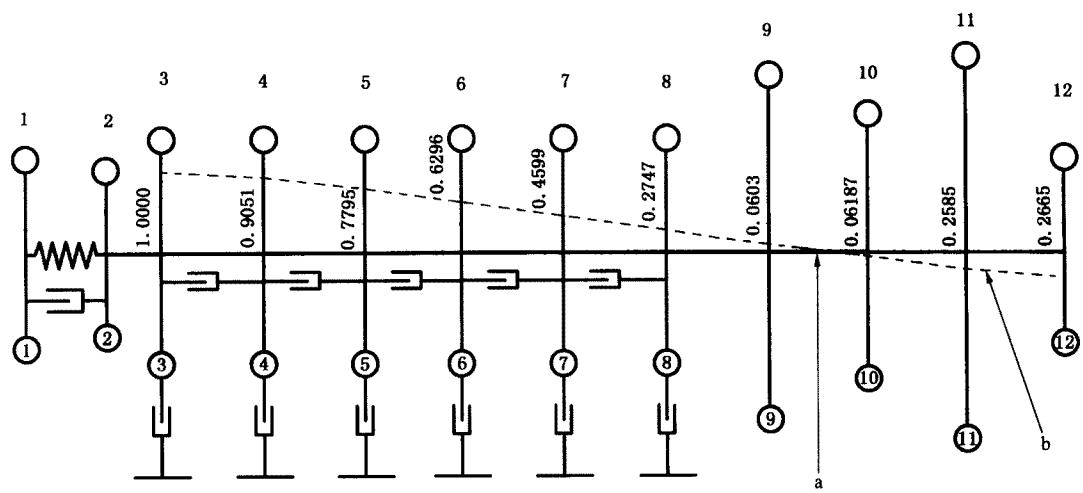
11—第 4 缸；

12—第 3 缸；

13—第 2 缸；

14—第 1 缸。

图 1 六缸柴油机和交流发电机及理想当量系统



- 1——减振器；  
 2——减振器壳体；  
 3——第 6 缸；  
 4——第 5 缸；  
 5——第 4 缸；  
 6——第 3 缸；  
 7——第 2 缸；  
 8——第 1 缸。  
 9——飞轮；  
 10——风扇；  
 11——发电机转子；  
 12——励磁机；  
 a——节点；  
 b——弹性曲线。

图 2 典型矢量图

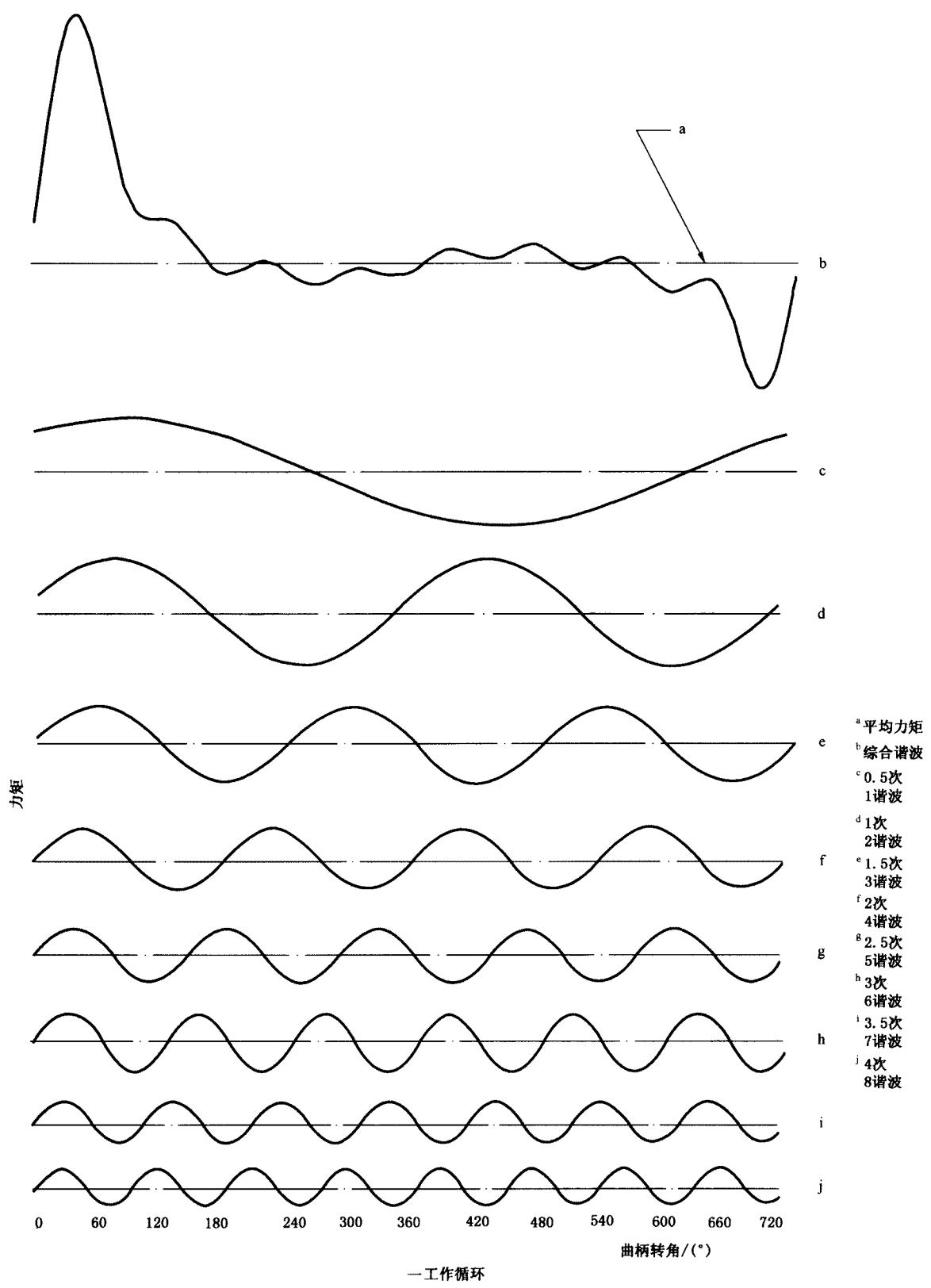
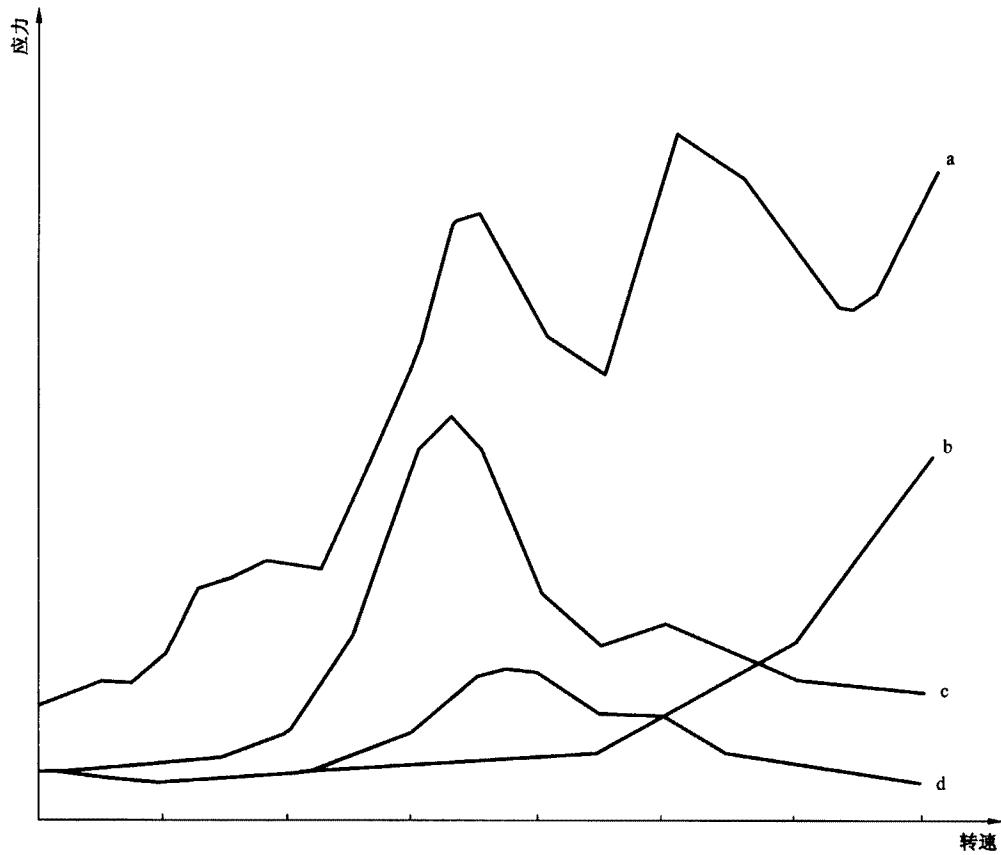


图 3 四冲程发动机力矩的谐波分析图



- a 综合；  
 b 3.5 次；  
 c 6 次；  
 d 5.5 次。

图 4 典型扭转振动应力

## 4 扭转振动计算

### 4.1 概述

已知轴系的动态特征,可以计算:

- a) 固有频率和振型;
- b) 轴系的激励响应。

经协议预先同意,机组供应商应负责使用经有关各方同意的常规方法进行扭转振动计算,必要时也可简化计算。

### 4.2 计算方法

#### 4.2.1 自由振动

计算无阻尼轴系线性方程组的特征值(固有频率)和特征矢量(固有矢量)。

#### 4.2.2 强制振动

求轴系一侧为发动机激励力矩,和必要时还有其他零部件不可忽略的激励力矩时的微分方程解。

### 4.3 计算资料

轴系扭转振动计算所需计及的资料有:每一零部件的极惯性矩、扭转刚度、零部件的激励力矩、运转

转速范围、具体运行参数以及必要时还有扭转振动阻尼等(见 5.4)。

发动机和从动机的制造厂应提供所交设备(如螺旋桨)的一切有关资料,以便机组供应商能进行扭转振动计算。

#### 4.4 计算结果

利用 4.2.1 和 4.2.2 所述方法求得的结果,连同其他资料可以得到下列数据:

- a) 固有频率,固有矢量和共振转速;
- b) 轴系扭转应力;
- c) 弹性联轴节的振动力矩和这些力矩对其他机件的影响;
- d) 轴线给定点的振幅;
- e) 联轴节和其他阻尼源产生的热能。

如有必要还可利用该结果,求得齿轮的振动加速度。

#### 4.5 计算报告

如果协议要求有扭转振动计算报告,则该报告应由机组供应商提供,其内容应包括往复式内燃机的主要数据、轴系布置和按 4.4 规定的必要计算结果,如果机组供应商已将计算转包,亦应在报告中阐明。

### 5 扭转振动的测量

#### 5.1 概述

如协议规定,为验证计算,机组供应商应进行轴系扭转振动测量,则协议中应规定测量方法和测量位置的选择,以评价该位置的振幅。

#### 5.2 测量方法

可使用以下设备作为扭振拾振器:

- a) 电涡流探头(非接触式);
- b) 应变式传感器;
- c) 光学传感器。

如经客户和机组供应商同意,亦可采用其他方法测量。

#### 5.3 测量参数

根据测量方法,应测取下列参数,并将其记录在测试报告中:

- a) 轴系转速;
- b) 发动机功率;
- c) 扭转振动振幅;
- d) 应变;
- e) 测试现场的环境温度;
- f) 固有频率和临界转速范围。

可能影响扭转振动的附加参数:

- g) 往复式内燃机气缸的发火次序。

经客户和机组供应商商定,还可测量其他参数。

#### 5.4 测试报告

如协议要求,机组供应商应提供扭转振动测试报告,其内容应包括往复式内燃机的主要数据、轴系布置、按 5.3 规定(根据需要)的测量参数和测试现场。此外还应记录测量设备的型式、准确度和校验方法,以及位移传感器的位置等,如果机组供应商已将扭转振动测量转包,亦应在测试报告中阐明。

当测量条件与协议规定的条件不符时,应对不同条件所产生的影响和对结果的修正达成一致意见后方可开始测量。

如果实测振幅与计算振幅差异较大,应根据测量值重新评定计算结果(见 4.3)。

## 6 一般要求

### 6.1 机组供应商

机组供应商可以是发动机制造厂或从动机制造厂或协议第三方,如果买方从一家制造厂购买了一台发动机,从另一家制造厂购买了从动机,则该买方就被认为是机组的供应商。

### 6.2 质量保证

机组供应商可根据需要向客户承诺,只要严格遵循机组安装和维修说明书的指示,就能从扭转振动的观点确保机组安全运行。

### 6.3 职责范围

6.3.1 如需计算整个轴系的扭转振动,机组供应商应对计算负责,即使已将其转包。

6.3.2 如需对整个轴系的扭转振动进行补充验证,应由机组供应商负责进行测量,即使已将其转包。特别是,机组供应商须与客户或代表他们的检测机构商定后方可选择所用的测量方法。

6.3.3 如果机组存在可能引起振动损坏的转速区,机组供应商应与其他各方商定后,采取必要步骤消除临界振动或避开这些转速区。

6.3.4 任何为修改轴系而采取的必要纠正措施均应由机组供应商负责进行,并应经零部件制造厂及其他各方协商同意。

---