

中华人民共和国国家标准

GB/T 9239.2—2006/ISO 1940-2:1997

机械振动 恒态(刚性)转子平衡品质要求 第2部分:平衡误差

Mechanical vibration—Balance quality requirements for
rotors in a constant(rigid) state—Part 2:Balance errors

(ISO 1940-2:1997, Mechanical vibration—
Balance quality requirements of rigid rotors—
Part 2:Balance errors, IDT)

2006-09-08 发布

2007-02-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 平衡误差源	1
5 误差的评价	2
6 综合误差的评价	4
7 验收规则	5
8 剩余不平衡量的确定	5
附录 A(规范性附录) 误差及其识别和评定的示例	6
附录 B(资料性附录) 检查与第 8 章 b)算法有关的典型数据	11
参考文献	12

前 言

GB/T 9239《机械振动 恒态(刚性)转子平衡品质要求》分为如下两个部分:

——第1部分:规范与平衡允差的检验;

——第2部分:平衡误差。

本部分为 GB/T 9239 的第2部分。

本部分等同采用国际标准 ISO 1940-2:1997《机械振动 刚性转子平衡品质要求 第2部分:平衡误差》(英文第一版)。

本部分是根据 ISO 1940-2:1997 采用翻译法起草的,在文本结构和技术内容方面与 ISO 1940-2:1997 一致。

为便于使用,本部分做了如下编辑性修改:

——为使 ISO 1940-2:1997 与 ISO 1940-1:2003 相协调将标准名称《机械振动 刚性转子平衡品质要求》修改为《机械振动 恒态(刚性)转子平衡品质要求》;

——删除 ISO 前言;

——将资料性附录 C 作为参考文献。

本部分的附录 A 为规范性附录,附录 B 为资料性附录。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国机械振动与冲击标准化技术委员会归口。

本部分负责起草单位:长春试验机研究所。

本部分参加起草单位:上海申克机械有限公司、孝感松林国际计测器有限公司、长春中联试验仪器有限公司、郑州机械研究所。

本部分主要起草人:郭健、王朝荣、柳逢春、邵春平、黄润华。

引 言

在平衡操作期间按 GB/T 9239.1 通过测定剩余不平衡量来评价刚性转子的平衡品质。在测量剩余不平衡量过程中包含了由若干源信号引入的误差,应对包含的这些误差引起重视。经验表明确立转子平衡品质时,将这些误差都考虑在内具有重要意义。GB/T 9239.1 无法详细论述平衡误差,特别不能对平衡误差进行评价。GB/T 9239 的本部分给出了可能发生典型误差的示例并提供了确定这些误差的方法。另外,还描述了在有平衡误差的情况下评定剩余不平衡量的通用方法。

机械振动 恒态(刚性)转子平衡品质要求

第2部分:平衡误差

1 范围

GB/T 9239 的本部分述及了以下内容:

- 恒态(刚性)转子平衡过程中误差的鉴别;
- 误差的评价;
- 考虑误差的准则;
- 在两个校正平面上剩余不平衡量的评价。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 9239 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。

GB/T 9239.1—2006 机械振动 恒态(刚性)转子平衡品质要求 第1部分:规范与平衡允差的检验(ISO 1940-1:2003, IDT)

GB/T 4201 平衡机的描述检验与评定(GB/T 4201—××××¹⁾, ISO 2953:1999, IDT)

ISO 1925:1990 机械振动 平衡词汇

ISO 1925:1990/Amd. 1:1995, ISO 1925:1990 第1号修正案

3 术语和定义

ISO 1925 及第1号修正案确定的术语和定义适用于 GB/T 9239 的本部分。

4 平衡误差源

平衡误差可分类如下:

- a) 系统误差,误差的量值及其相位能通过计算或测量进行评定;
- b) 随机误差,在相同条件下进行若干次测量,误差的量值及相位的变化是不可预见的;
- c) 标量误差,能对误差的最大量值进行评价或估算但无法确定其相位。

平衡误差取决于所使用的机械加工工艺,相同的误差可能被划分为上述的一个或多个类别。4.1、4.2 和 4.3 中列出了可能产生误差源的示例。在附录 A 中对某些误差进行了较为详细的研讨。

4.1 系统误差

系统误差源举例如下:

- a) 平衡机驱动轴的固有不平衡量;
- b) 主轴的固有不平衡量;
- c) 转动轴线上的驱动部件径向和轴向跳动;
- d) 与平衡机转子相配合部件或主轴的径向跳动和轴向跳动;
- e) 在平衡过程中轴颈与支承面间的不同心度;

1) 该标准在制定中。

- f) 平衡机用于支承转子的滚动轴承(不是工作轴承)的径向和轴向跳动;
- g) 平衡后装配的滚动轴承的滚道(及其滚圈)的径向和轴向跳动;
- h) 键与键槽装配的不合理;
- i) 转子或主轴中的剩磁;
- j) 再次安装产生的误差;
- k) 平衡设备和平衡仪表产生的误差;
- l) 工作主轴与平衡心轴之间的差异;
- m) 万向联轴节的缺陷;
- n) 转子平衡后出现的永久性弯曲。

4.2 随机误差

随机误差源举例如下:

- a) 零、部件松动;
- b) 沾染的油污或浮落的灰尘;
- c) 热效应引起的畸变;
- d) 风阻(气阻)效应;
- e) 使用了间隙配合的驱动部件;
- f) 转子稳态时,重力效应引起的卧式转子的瞬态弯曲。

4.3 标量误差

标量误差源举例如下:

- a) 工件平衡处理后,拆卸结合部位时出现的间隙;
- b) 万向联轴节的间隙过大;
- c) 心轴或主轴的间隙过大;
- d) 设计和制造公差;
- e) 平衡机支承工件的滚轮直径与转子轴颈相同或几乎相同或它们二者成整数倍率时而引起的滚轮跳动。

5 误差的评价

5.1 总则

在某种情况下设计的转子材料均匀,机械加工的公差足够小,那么这样的转子在制造后不需平衡。然而,在大多数情况下,转子的初始不平衡量都会超过 GB/T 9239.1 规定的允许值,因而,应对这些转子进行平衡。5.2 到 5.6 述及了在平衡过程中可能产生的平衡误差。

5.2 平衡设备和仪器仪表引起的误差

平衡设备和仪器仪表所产生的误差可随着不平衡量的出现而增大。因此,为了设计一个较为理想的平衡转子宜进行各种尝试。而且,通过对设计阶段不平衡原因的研究表明,某些原因能够完全消除。例如,几个零件组成一个部件或通过减少配合公差而减少不平衡因素等。为减少不平衡原因而加严配合公差的代价必然导致成本增加。当无法消除不平衡原因或无法将它们降低到可忽略的水平时,宜用数学的方法进行评估。

5.3 零部件配合的径向与轴向跳动产生的平衡误差

当一个经过完全平衡的转子组件完成安装时(实指安装后),转子对轴线的偏心将产生静不平衡量 U_s ,其表示式为:

$$U_s = me \dots\dots\dots (1)$$

式中:

m ——转子组件质量;

e ——偏心距。

若转子组件安装的偏心与转子的质心不在一个平面上,则将引起一个附加的不平衡力偶。偏心平面距离质心愈远,产生的不平衡力偶愈大。

如果一个经过完全平衡好的组件安装后其主惯性轴偏离转子轴线,且其质心仍在转子轴线上,此时,对应主惯性轴与转子轴线间的这个小的角位移 $\Delta\gamma$ 产生的不平衡力偶 D_e 约等于通过组件质心横轴惯性矩 I_x 与其主惯性轴惯性矩 I_z 之差乘以 $\Delta\gamma$,以弧度表示,见表达式为(2):

$$D_e \approx (I_x - I_z) \Delta\gamma \quad \dots\dots\dots (2)$$

只有当转子组件呈现匀速转动时,上述结论才正确。公式(2)特别适用于平衡装在心轴上的盘状转子。

在转子组件同时产生径向和轴向跳动时,其在各支承或校正平面上分配值的每一个误差能够分别计算,然后再矢量合成(见 GB/T 9239.1—2006 的图 1)。

5.4 平衡操作过程中的误差评价

平衡的目的是使制造的转子的剩余不平衡量在规定的极限范围内,为此宜对各类误差进行控制并在剩余不平衡量的测量中计算出来,以确保符合限值的规定。

操作平衡机过程中存在各种误差源,即待平衡转子的类型、用于支承或驱动转子的工具、平衡机的支承结构(轴承、摆架等)、平衡机检测系统以及电子设备和指示装置。这些误差源的任一个或全部都能引入误差。逐一识别大量误差的特性就可以集中找出误差的起因,以便校正误差把误差减小到最低限度或通过计算误差的影响将其考虑在剩余不平衡量的评价之中使误差达到最小化程度。

在误差评价中使用的平衡机要符合 GB/T 4201 标准,这样才能有效地消除或校正机器中的全部系统误差并把随机误差限定在 GB/T 4201 中定义的 U_{lim} 。用平衡机评价误差时,如果使用的转子质量或转子测量平面位置与该平衡机检测中所使用的校验转子质量和位置差异较大,宜使用实际工件,在工件规定的测量面上测定其最小可达剩余不平衡量以对平衡机做进一步的检测。

5.5 随机误差的试验评价

如果怀疑存在较大的随机误差时,应进行若干次测量操作以评价这些误差的大小。在进行上述操作时,重要的是要证明每次操作产生的误差都是随机的(即,每次运行启动,转子的位置都会发生变化),利用标准统计技术得出的结果可以评价误差的大小。在大多数情况下利用下面的近似方法评价误差是可行的。

对应全部测量操作标绘出已测得的剩余不平衡矢量并求出平均矢量 $\vec{OA}$ (见图 1)。以 A 为圆心画包围所有测量点的最小圆。矢量 $\vec{OA}$ 代表了对剩余不平衡量的评估,而圆半径上的点代表可能出现的最大允许误差。通常随着平衡机操作次数的增加,这些误差的测量不确定度就会减少。

注:在某些情况下,特别是当有一点与其他各点的差别显著大时,则评估出来的误差可能会大得使人难以接受。在这种情况下,为了确定误差应做一个更详细的误差分析。

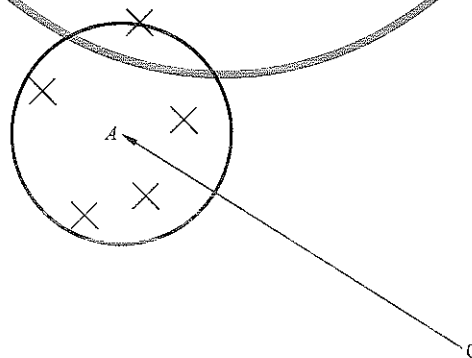


图 1 测得的剩余不平衡矢量(随机误差)标绘图

5.6 系统误差的试验评价

在许多情况下,通过以下步骤,使用转位平衡的方法能够发现大多数系统误差。对特定的误差源项目在 0° 和 180° 的位置分别安装转子。在两个位置分别测量不平衡量若干次。

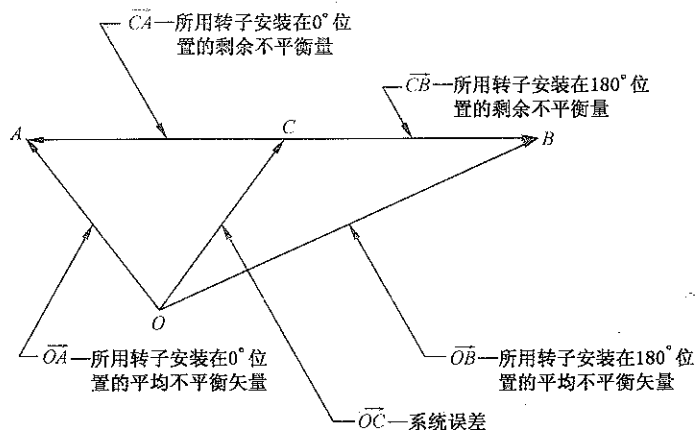


图2 测量的剩余不平衡矢量和系统误差的标绘图

如图2所示,设 $\vec{OA}$ 和 $\vec{OB}$ 分别代表所安装转子在 0° 和 180° 位置的平均不平衡矢量,根据每个测量平面能作出矢量图,点C是距离AB的中点。矢量 $\vec{OC}$ 代表特定的系统误差,矢量 $\vec{CA}$ 和 $\vec{CB}$ 分别代表转子在 0° 和 180° 位置的剩余不平衡量。

注:在上述情况下已假设转子是相对于参考相位进行转动的。但是如果参考相位相对转子是固定不变的,则:

- 矢量 $\vec{OC}$ 代表转子的剩余不平衡量;
- 矢量 $\vec{CA}$ 和 $\vec{CB}$ 分别代表在 0° 和 180° 参考相位上特定的系统误差。

6 综合误差的评价

振幅和相位已知的系统误差是可以消除的。例如,在平衡过程中加到平衡工具和转子上的临时校正质量和数学修正结果。如果这些方法中的任一个都无法或不可能对系统误差进行修正,它们宜合成为下述的随机误差和标量误差。

设 $|\Delta \vec{U}_i|$ 是由任意源引入的一个未修正误差量值,最好估计是有足够的置信区间。 ΔU 是未修正的综合误差量值,下面式(3)是最安全的误差评价公式之一。

$$\Delta U = \sum |\Delta \vec{U}_i| \quad \dots\dots\dots (3)$$

式(3)保证即使是最不利的误差合成的条件下,只要满足第7章的准则,转子就是合格的。公式 $\Delta U = \sum |\Delta \vec{U}_i|$ 是基于全部未修正误差的角度方向相同并且是在它们的绝对值相加这样最不利的假设条件下建立的。在应用式(3)后将 ΔU 值代入第7章给出的公式中,若发现综合的未修正误差会引起转子超差,则建议设法减小较大的误差。

在某些情况下,可以使用一种较为实际的方法,该方法考虑到各种误差源的角度位置不可能同向,故综合误差 ΔU 可用“平方和求根公式”进行评价,即表达式为:

$$\Delta U = \sqrt{\sum |\Delta \vec{U}_i|^2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

对于每个测量平面宜按上述程序执行。

在适当的条件下,可以通过测定有代表性的转子样品来对误差进行评价。因而可以假设:用同样大小的误差来代表所有那些以相同的方法制造和组装的相似转子的误差。

对于做过质量校正的转子,供需双方需要商定一个确定综合误差的统计方法。

7 验收规则

对于每个测量平面,设:

U_{per} 是根据 GB/T 9239.1—2006 获得的许用剩余不平衡量的量值;

U_{m} 是对已知量值和相角的系统误差进行修正后测得的单个读数的剩余不平衡量的量值;

ΔU 是第 6 章定义的综合误差量值。

若满足如下条件,制造者应考虑接受转子平衡的结果:

$$U_{\text{m}} \leq U_{\text{per}} - \Delta U \quad \dots\dots\dots (5)$$

当 ΔU 小于 $5\%U_{\text{per}}$ 时,可以将其忽略。

当用户进行平衡复查时,若满足了式(6)的条件,应接受转子平衡的结果。

$$U_{\text{m}} \leq U_{\text{per}} + \Delta U \quad \dots\dots\dots (6)$$

如果不满足上述条件,则需进一步观察或重复平衡程序。

注:若预料到转子在运输过程中不平衡量会发生变化,宜将此变化也考虑进去。

8 剩余不平衡量的确定

GB/T 9239.1—2006 第 10 章描述了确定恒态(刚性)转子剩余不平衡量的方法,其中最重要的方法是:

- a) 该标准 10.3 表述的方法,该方法要求平衡机要符合 GB/T 4201;
- b) 该标准 10.4 表述的方法,该方法要求测量仪器要能够读取不平衡幅值和相位值。双面平衡时要求附加平面分离程序。例如:用影响系数法进行解算。附录 B 提供了此算法程序的典型数据。

注:在大多数实际情况下,上述的 a)、b)两种方法就足够了。然而,若对有关方法产生怀疑,则可在两个平面的不同角度位置使用已知的试加质量以获得较高的精度。提高精度可能有许多方法,GB/T 9239.1—2006 中 10.4 所述及的是一种适合于双面平衡机的方法。当关注不平衡响应曲线的线性,选用不同量值的试加质量时,该过程应能重复。

7 验收规则

对于每个测量平面,设:

U_{per} 是根据 GB/T 9239.1—2006 获得的许用剩余不平衡量的量值;

U_{m} 是对已知量值和相角的系统误差进行修正后测得的单个读数的剩余不平衡量的量值;

ΔU 是第 6 章定义的综合误差量值。

若满足如下条件,制造者应考虑接受转子平衡的结果:

$$U_{\text{m}} \leq U_{\text{per}} - \Delta U \quad \dots\dots\dots (5)$$

当 ΔU 小于 5% U_{per} 时,可以将其忽略。

当用户进行平衡复查时,若满足了式(6)的条件,应接受转子平衡的结果。

$$U_{\text{m}} \leq U_{\text{per}} + \Delta U \quad \dots\dots\dots (6)$$

如果不满足上述条件,则需进一步观察或重复平衡程序。

注:若预料到转子在运输过程中不平衡量会发生变化,宜将此变化也考虑进去。

8 剩余不平衡量的确定

GB/T 9239.1—2006 第 10 章描述了确定恒态(刚性)转子剩余不平衡量的方法,其中最重要的方法是:

- a) 该标准 10.3 表述的方法,该方法要求平衡机要符合 GB/T 4201;
- b) 该标准 10.4 表述的方法,该方法要求测量仪器要能够读取不平衡幅值和相位值。双面平衡时要求附加平面分离程序。例如:用影响系数法进行解算。附录 B 提供了此算法程序的典型数据。

注:在大多数实际情况下,上述的 a)、b) 两种方法就足够了。然而,若对有关方法产生怀疑,则可在两个平面的不同角度位置使用已知的试加质量以获得较高的精度。提高精度可能有许多方法,GB/T 9239.1—2006 中 10.4 所述及的是一种适合于双面平衡机的方法。当关注不平衡响应曲线的线性,选用不同量值的试加质量时,该过程应能重复。

附 录 A
(规范性附录)
误差及其识别和评定的示例

A.1 辅助设备产生的误差

以下述及了与剩余不平衡量相关且来源于辅助设备误差的示例,并概述于表 A.1。见图 A.1、图 A.2、和图 A.3。

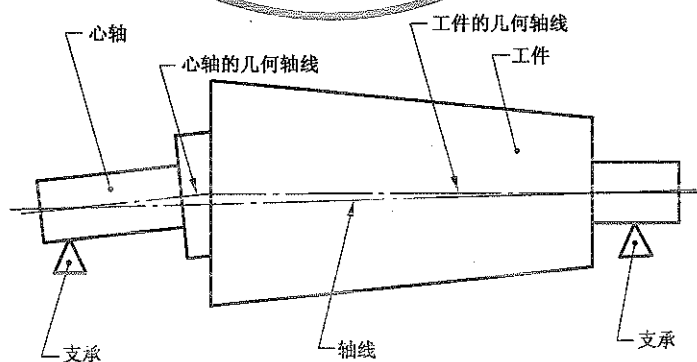
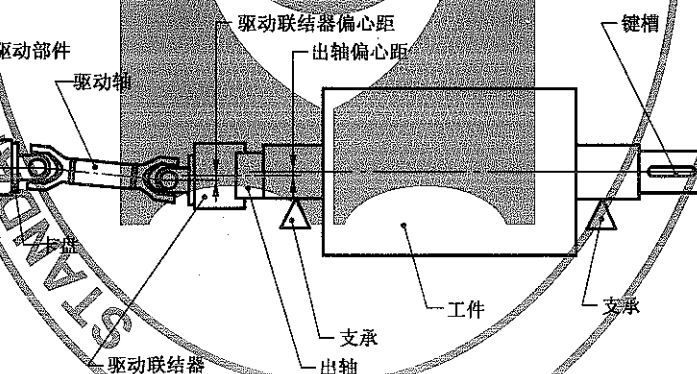
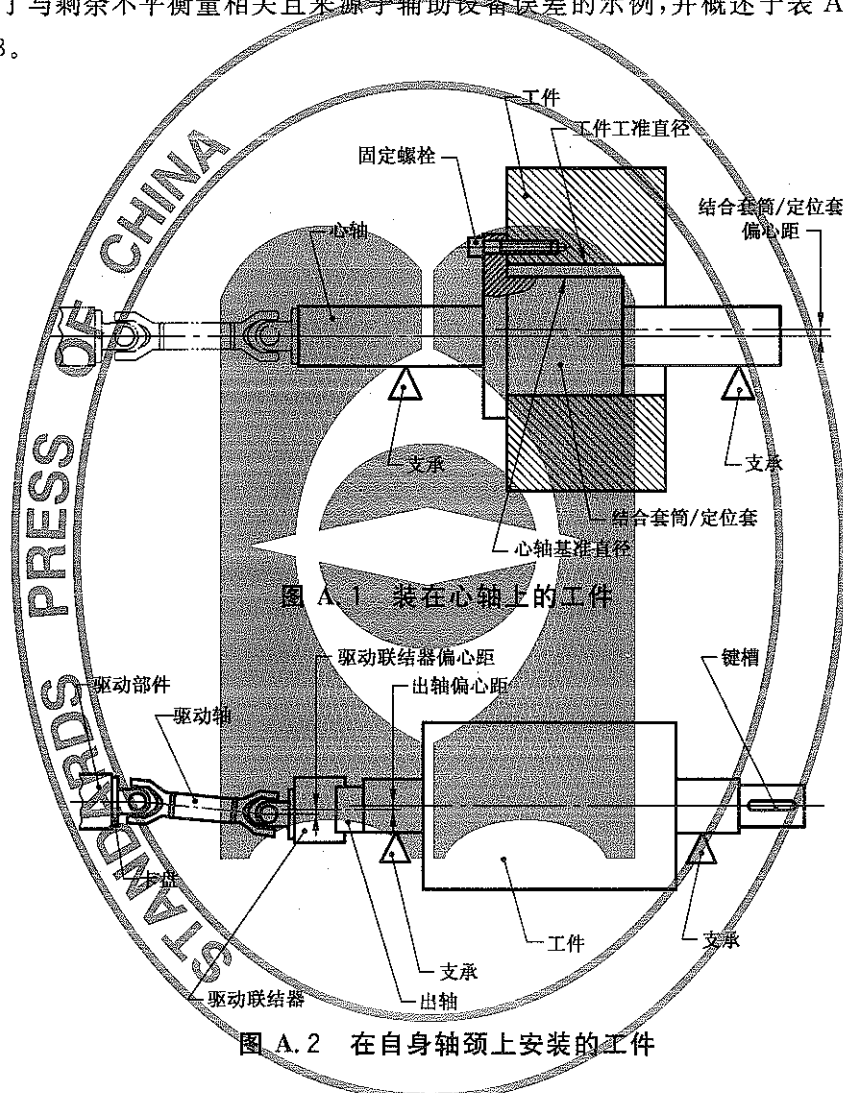


表 A.1 误差示例及减少和评价误差的方法

误差来源	误差源的描述	减少不平衡误差的方法	不平衡误差的评价			相关条款
			实验方法 (用于系统误差)	实验方法 (用于随机误差)	其他方法	
平衡机	测量设备的系统与随机误差	检查机器的校准和操作;必要时进行修正,重新校准或修理机器			见 GB/T 4201 ^a	5.2 5.4~5.6
辅助设备	驱动部件不平衡	平衡辅助设备	可使用,将转子相对驱动部件	有可能使用,但转位平衡法更经济适用	通过对项目分别平衡,测量误差量值和相位 ^b	A.1.1 A.1.3
	心轴(或端轴)引起的不平衡	更精细地平衡心轴(或端轴)或其他辅助设备,减轻辅助设备的质量	或心轴转位180°,实验获得的误差量值和相位是综合的			
	驱动部件的径向与轴向跳动	平衡或修理驱动部件				
	心轴(或端轴)的径向与轴向跳动	用偏置质量或补偿器修正或补偿				
	从动轴和轴承的偏摆	适当地用工作轴承平衡;若要转子组件装入轴承座,则要对轴承内圈和轴标上匹配标记	可适用,转位180°时再重新装配轴承			A.1.2
转子	部件松动:如压缩机转子叶片	进行多次启动—停止操作,取不平衡量读数的平均值,并校正该平均不平衡量		可适用,每次操作要在不同的停止位置上启动转子		A.2.1
	有沾染的油污或浮落的灰尘等液体或固体	去除油污或灰尘,若无法实现,进行多次启动—停止操作并校正其平均不平衡量		可适用,每次运行操作之间要大约停机30 min ^c		A.2.2
	热效应和重力效应	平衡前运行转子达到稳态。不允许转子在平衡机上长期保持静止状态		可适用,尽最大可能减少这些效应 ^c		A.2.3
	风阻效应	封闭转子、盖住通风口或反向转动转子			在不同的运行转速下进行比较测量	
	磁效应(例如,已磁化的转子)	对转子退磁,选择较高的平衡转速使磁化效应降至最小			测量在低速下运行误差的量值和相位	A.2.7
	工作滚珠轴承的倾斜	矫正轴上的轴承座圈,重新加工轴肩。若可能,减少保持架对球面运动的阻力			在不同的运行转速下进行比较测量	A.2.4

表 A.1 (续)

误差来源	误差源的描述	减少不平衡误差的方法	不平衡误差的评价			相关条款
			实验方法 (用于系统误差)	实验方法 (用于随机误差)	其他方法	
转子	轴颈表面加工粗糙, 润滑不足	重新加工轴颈, 重加润滑剂				
	不对中(转子的支承多于二个)	仅在两个支承(每个支架上一个)上平衡 或将转子安装在多支承的刚性支架上				
	键与键槽	按 GB/T 16908—1997 配上半键				
	驱动夹具接口的轴向与径向跳动	重新加工表面或采用皮带驱动				A. 2. 6
装配	万向联轴节的间隙	紧固万向节, 替换驱动轴或换成圈带驱动	若对每次启动可确定是零间隙, 则此方法可行	可适用, 在不同相位位置拆装怀疑的联轴节做二次平衡操作		A. 1. 3 A. 2. 5
	装配时不正确的过盈配合	拆除并重新装配, 重新确定过盈量	测量轴向跳动			
		重新考虑安装尺寸		检查可重复性		
a 工件质量或测量面位置与 GB/T 4201 描述的试验中所用的校验转子差异较大, 宜进一步进行试验以便测定工件和(或)转子本身在规定测量平面的最小可达剩余不平衡量。 b 一般情况下, 能够对已知量值和相位的误差进行校准。然而, 当这些误差超过 U_{per} 时, 可以在继续平衡操作前采取其他可行的方法来减少它的量值。 c 宜分析检查获得的结果以避免混淆沾附污染物杂质效应和热效应的影响。						

A.1.1 机器的固有不平衡、驱动部件及心轴偏心等引起的误差

由机器的固有不平衡量、驱动部件及心轴偏心等引起的误差可以用转位平衡法加以评价。由于机械装配的不可重复性(见 A.1.3)和工件误差(见 A.2), 可使该评定程序变得复杂。

A.1.2 轴承引起的误差

平衡机中装配了滚动轴承, 当进行平衡操作时将引入一个与偏心或轴承座圈(和其滚圈)的角度误差及与转子质量成比例的误差, 这些误差可通过将轴承座圈在其安装表面转位 180° 进行测定。

注: 在与本条相关文本中, 假设偏心距由径向和(或)轴向跳动产生。

A.1.3 机械装配产生的误差

机械装配可能是一种潜在的误差源。例如: 重新组装可引起不平衡量的变化。

机械装配可能产生许多误差源, 例如: 若存在着径向间隙、过盈太大或连接螺栓与插端和(或)导径错位等, 由装配的不可重复性而引起的分散性宜通过反复地在不同角度位置以各个变化的间隙重新组装进行测定。然后, 读取每次的不平衡量的读数并计算其平均值。

A.1.4 与平衡设备的平衡质量有关的误差

在平衡过程中宜将旋转的平衡工具(但不一定是心轴)的质量减至最小, 以降低由插端和(或)导径

间隙或跳动引起的误差。减小心轴的质量将会提高软支承平衡机的灵敏度,但通常对硬支承平衡机益处不大。

A.2 工件引起的误差

以下讨论与剩余不平衡量有关且来源于工件的误差示例,并概述于表 A.1。见图 A.2。

A.2.1 零件松动引起的误差

零件松动引起的误差可通过启动或停止转子发现。这是由于零件松动时,每次运行启动平衡机都会使转子的角度位置发生变化并拾取一个新的读数。用 5.5 描述的方法能够测出误差和平均不平衡量。在一定条件下改变旋转方向可能是有益的但是要慎重操作。应注意的是在实际工作条件下某些平衡机受零件松动的影响可能是显而易见的。

A.2.2 由沾染的油污或浮落的小粒灰尘引起的误差

出现沾染油污或浮落灰尘的情况是推测的和不可避免的,在这种情况下易使转子 0° 位置朝上保持一段时间,再启动,然后读取一个读数。依次让转子的 90°、180° 和 270° 的位置也朝上重复上述操作。应用 5.5 的方法可以找出误差和其平均不平衡量值。

必须对试验结果进行分析研究,以避免与转子静止了一段时间所产生的热效应(见 A.2.3)相混淆。

A.2.3 热效应引起的误差

长型或空心转子由于温度不均匀引起的变形和产生的不平衡量是特别显而易见的。

这些误差能够通过相对短的一段时间内不让转子在平衡机内保持静止状态或运行转子直到不平衡矢量趋于稳定才能得以减少,如让转子在 5 r/min~10 r/min 非常低的转速下运行。

通过焊接或加热的机加工方法进行不平衡校正会使转子产生明显的变形。通常需要采用局部散热和(或)一定的稳定运行时间来均衡转子的温度并恢复其正常的形状。

A.2.4 支承引起的误差

运行中滚动轴承座圈与转子之间宜保持它们在平衡操作过程中所形成的角度位置关系。否则就会出现与 A.1.2 所描述相类似的误差。

无论软支承平衡机还是硬支承平衡机都能在诸如旋转止推面的轴向跳动、滚珠轴承相对于轴线的偏斜或弯曲转子等情况下产生寄生的偶不平衡。

通过在不同转速 n_1 、 n_2 下运行转子能够证实这些影响的存在,并对误差能够进行评价如下:

a) 对于硬支承平衡机,用 $\Delta \vec{U}_{1L}$ 、 $\Delta \vec{U}_{1R}$ 不平衡量表征转速为 n_1 时可测定的轴向跳动影响:

$$\Delta \vec{U}_{1L} = \frac{1}{1 - (n_1/n_2)^2} [\vec{U}_{1L} - \vec{U}_{2L}] \quad \text{..... (A.1)}$$

$$\Delta \vec{U}_{1R} = \frac{1}{1 - (n_1/n_2)^2} [\vec{U}_{1R} - \vec{U}_{2R}] \quad \text{..... (A.2)}$$

式中: $\vec{U}_{1L}$ 、 $\vec{U}_{1R}$ 、 $\vec{U}_{2L}$ 、 $\vec{U}_{2R}$ 分别表示平衡转速为 n_1 和 n_2 时在左平面和右平面上,模拟轴向跳动影响的不平衡量之和引起的读数;用 $\vec{U}_L$ 、 $\vec{U}_R$ 表示左、右平面的剩余不平衡量。平衡机宜在每一转速下和每个平面上以相同的不平衡量单位进行校准。

b) 对于软支承平衡机,模拟轴向跳动影响的不平衡量取决于软支承平衡机悬挂系统的振动质量,因此与速度的平方成反比。故导出上述相同公式。

在这些计算中,假设由旋转止推面的轴向跳动引起的硬支承平衡机作用到的轴承上的压力与转速无关,而软支承平衡机由不平衡量产生的轴承振动也与转速无关。

上述公式仅在充分避开转子和(或)平衡机临界转速的某一转速条件下进行测量时才适用。

当轴颈弯曲的转子安装在敞开式滚轮上,或带有平滚轮的支承在垂直方向没有自由度时,在很低的平衡转速下能观察到类似的现象。通过适当设计平衡机的支承结构能够使这些误差达到最小化。在某些情况下,通过调整平衡机的止推轴承可以避免由止推面的轴向跳动引起的误差。

A.2.5 机械装配引起的误差

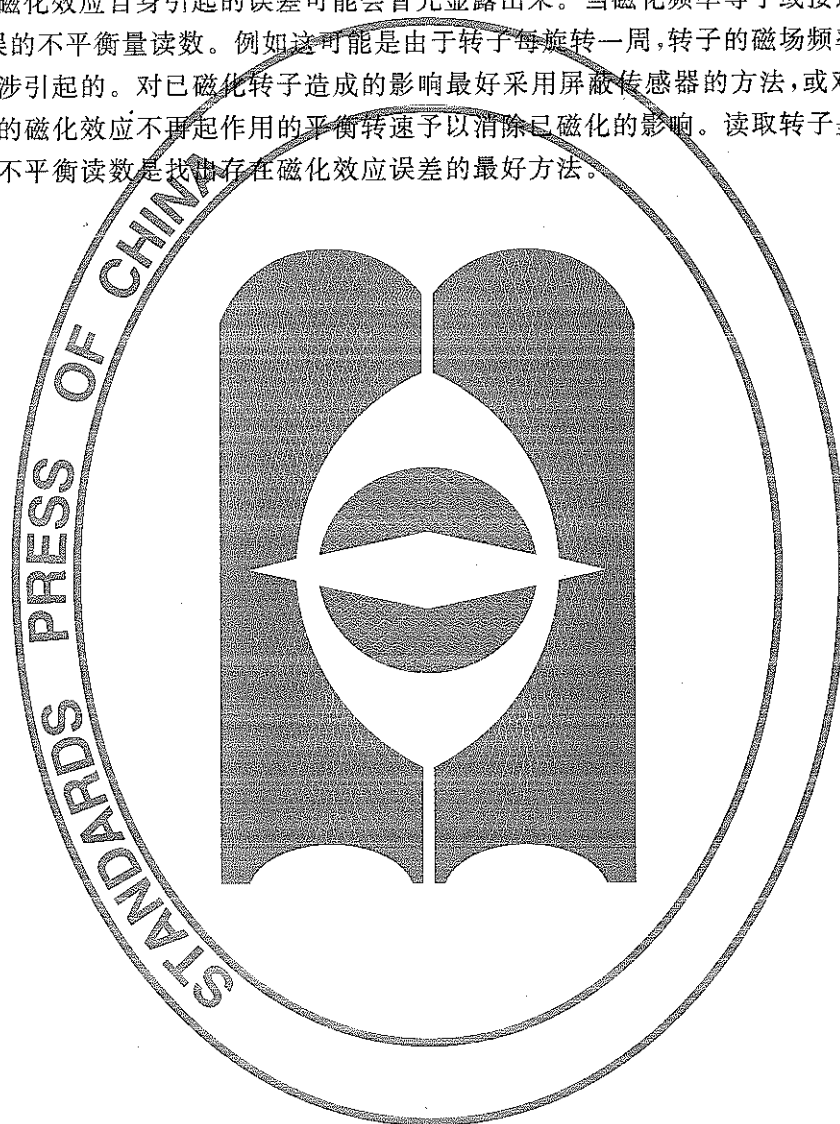
由于设计或不合理组装,在平衡机运行过程中不平衡量可能会发生变化。经过平衡以后的转子如果被拆卸成零部件并重新组装其不平衡量也会发生变化(见 A.1.3)。

A.2.6 轴端驱动安装面跳动引起的误差

若转子端部的插端和(或)导径偏心时,与平衡机驱动轴端部连接后,将会引入误差,该误差不可能用转位平衡的方法检测到。只能计算有效的驱动质量及插端和(或)导径相对于转子轴线的偏心距矢量。如需要,能够在平衡过程中以合适的相角予以临时补偿。

A.2.7 磁化效应引起的误差

在平衡机中由磁化效应自身引起的误差可能会首先显露出来。当磁化频率等于或接近于转动频率时,将产生一个错误的平衡量读数。例如这可能是由于转子每旋转一周,转子的磁场频率对平衡机传感器形成的交叉干涉引起的。对已磁化转子造成的影响最好采用屏蔽传感器的方法,或对硬支承平衡机选用一个足够高的磁化效应不再起作用的平衡转速予以消除已磁化的影响。读取转子呈刚性状态时各种工作转速下的不平衡读数是找出存在磁化效应误差的最好方法。



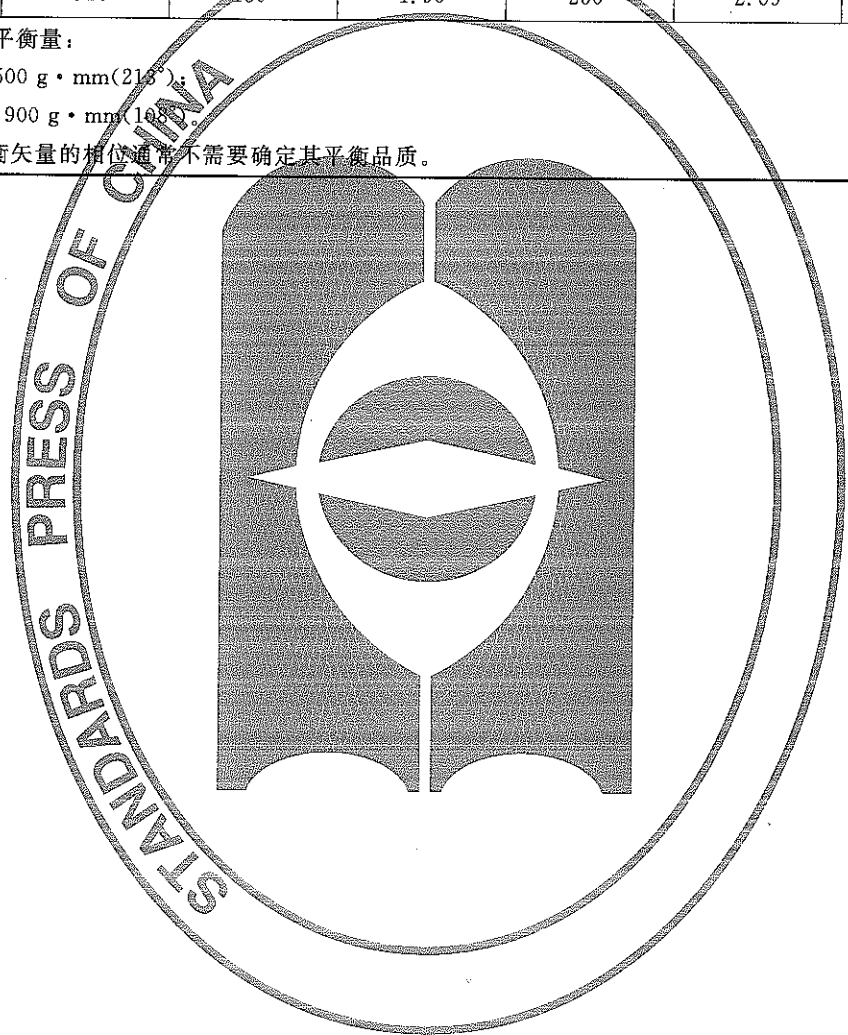
附录 B

(资料性附录)

检查与第 8 章 b) 算法有关的典型数据

表 B.1 检查与第 8 章 b) 有关算法的典型数据

传感器序号	不加试验质量		在平面 1 上加试验 质量 30 000 g · mm, 0°		在平面 2 上加试验 质量 20 000 g · mm, 0°	
	幅值	相位	幅值	相位	幅值	相位
1	1.50	0°	3.10	60°	2.11	320°
2	2.10	130°	1.90	250°	2.09	90°
最终的剩余不平衡量: ——平面 1: 6 500 g · mm (215°); ——平面 2: 18 900 g · mm (168°); 注: 剩余不平衡矢量的相位通常不需要确定其平衡品质。						



参 考 文 献

- [1] GB/T 16908—1997,机械振动 轴与配合件平衡的键准则(idt ISO 8821:1989)。
-