



大唐吉林发电有限公司
Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.

火力发电厂辅机设备振动管理

金正文



火电旋转设备振动技术管理工作规定（43条）

1. 以振幅为标准（峰峰值pp)

工作转速 (r / min)	优良(A) (μm)	合格(B) (μm)	报警(C) (μm)	打闸(D) (μm)
1500	≤ 30	≤ 50	≥ 70	
3000	≤ 20	≤ 30	≥ 50	≥ 100

2. 以振动烈度为标准（有效值rms)

工作转速 (r / min)	A (mm/s)	B (mm/s)	C (mm/s)	D (mm/s)
600~12000	< 1.8	< 4.6	< 11.2	≥ 11.2



大唐吉林发电有限公司
Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.

火电旋转设备振动技术





大唐吉林发电有限公司
Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.

火电旋转设备振动技术





大唐吉林发电有限公司
Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.

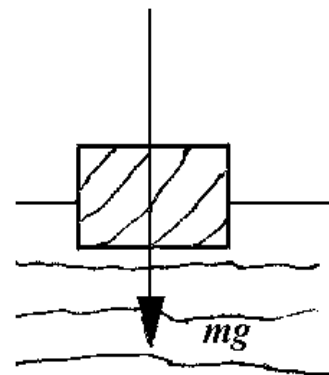
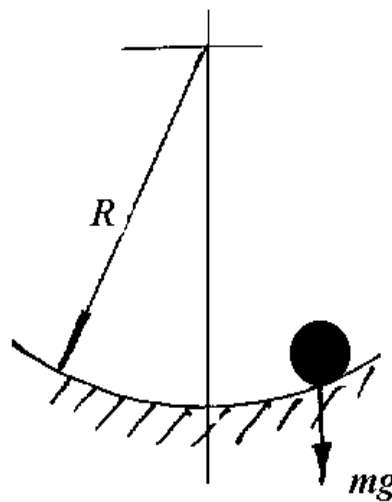
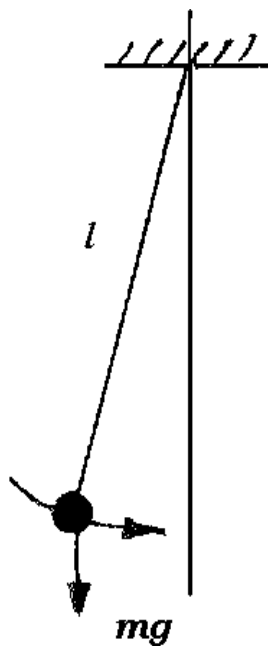
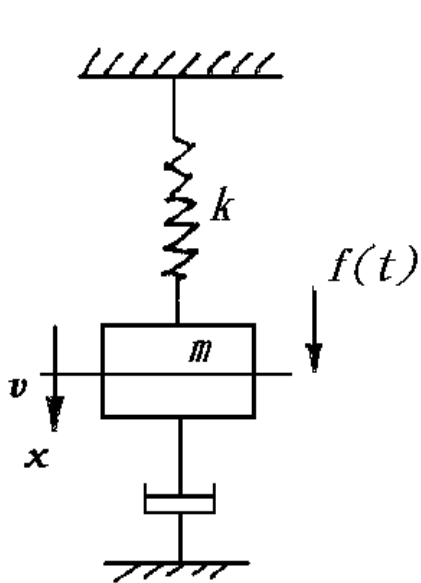
火电旋转设备振动技术





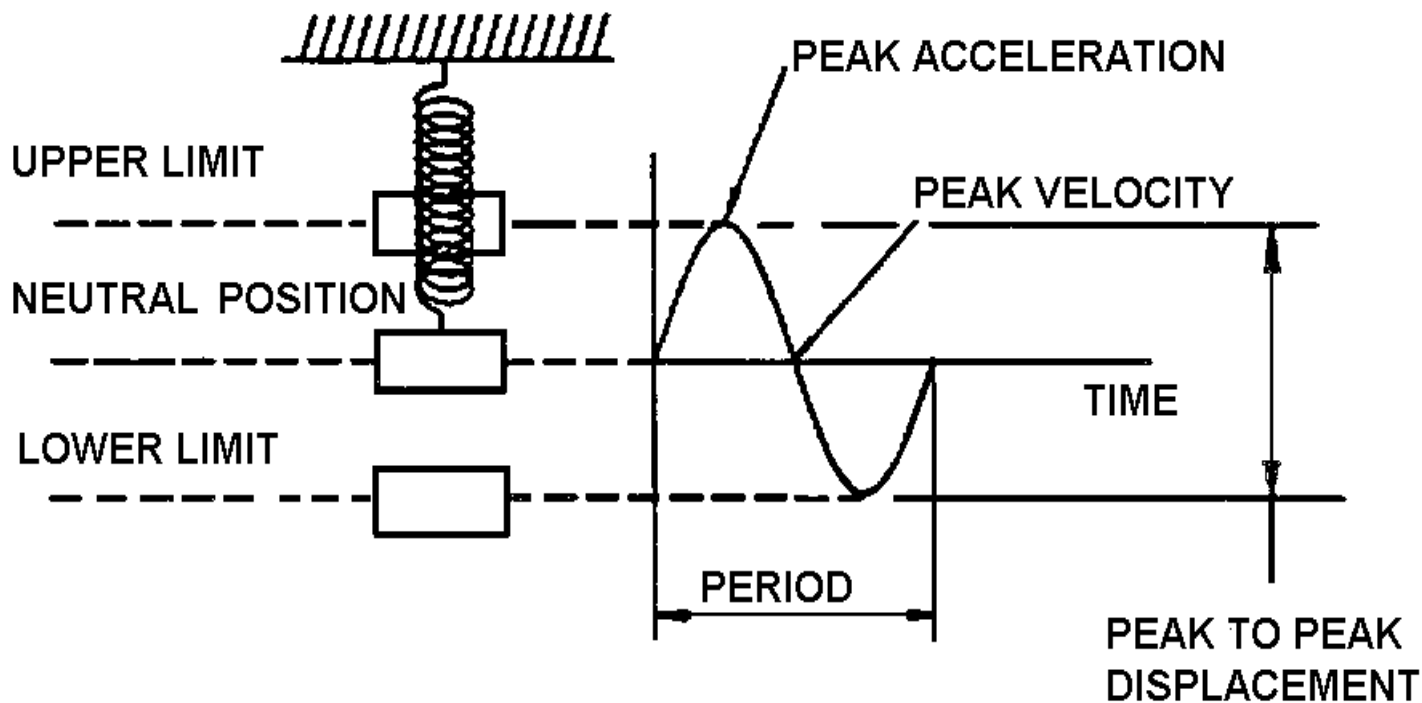
一、振动的基础理论

机械振动是指物体围绕其平衡位置作往复交替的运动。





大唐吉林发电有限公司
Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.



振动的三个要素： 幅值、频率（周期）、相位



大唐吉林发电有限公司
Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.

牛顿第二定律

物体加速度的大小跟作用力成正比，跟物体的质量成反比，且与物体质量的倒数成正比。加速度的方向跟作用力的方向相同。

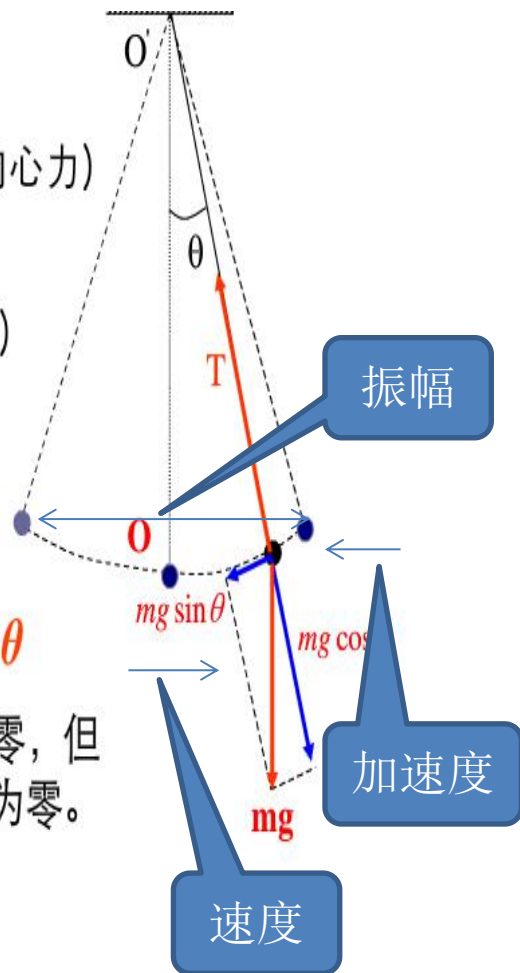
$$F_{\text{合}} = ma$$

法向: $F_y = T - mg \cos \theta$ (向心力)

切向: $F_x = mgsin\theta$ (回复力)

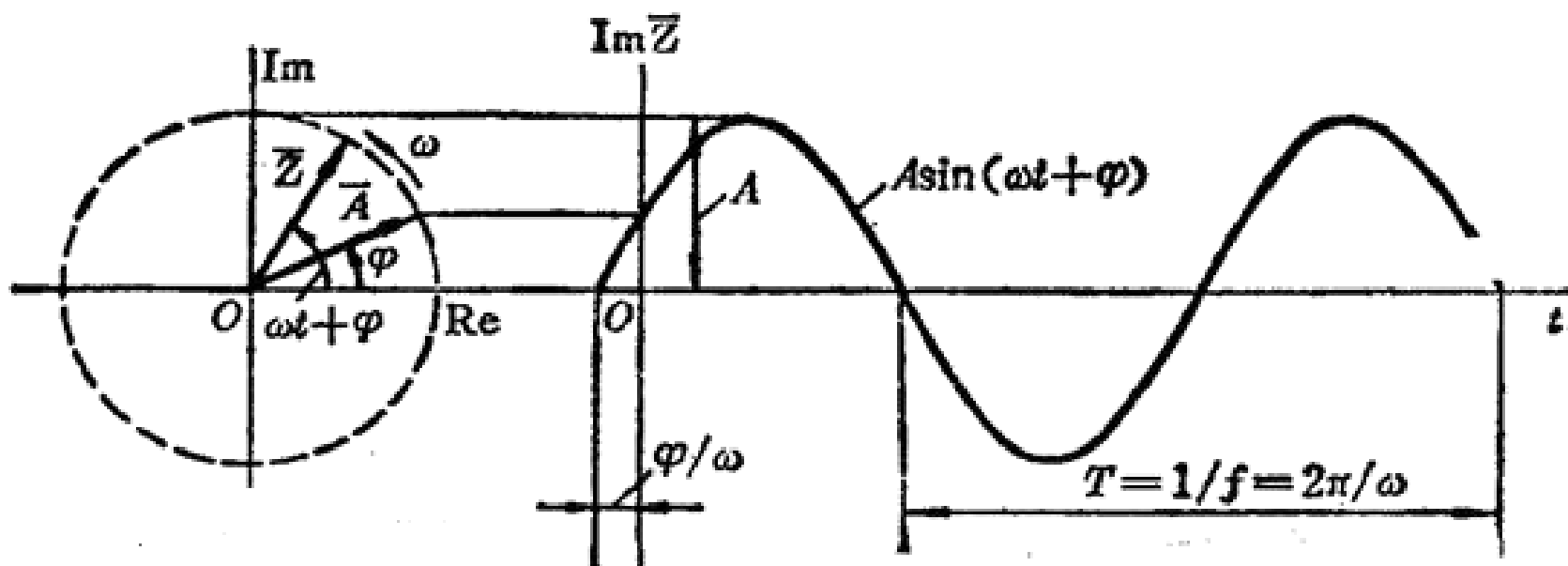
回复力: $F_{\text{回}} = mgsin\theta$

在平衡位置振子所受回复力是零，但合力是向心力，指向悬点，不为零。





●简谐振动是机械振动中最基本、最简单的一种形式，其轨迹可以看作是一个作匀速圆周运动的质点在坐标轴上的投影，可用后面的数学式表示。



• 位移	峰峰值	微米
• 速度	有效值（均方根值）	毫米 / 秒
• 加速度	峰值	米 / 秒 ²



美国的齿轮制造协会（AGMA），曾对滚动轴承提出了一条机械发生振动时的预防损伤曲线，如图 8-2 所示：

图中可见，在低频域（10Hz 以下）是以位移作为振动标准，中频域（10Hz ~ 1kHz）是以速度作为振动标准，而在高频域（1kHz 以上）则以加速度作为振动标准。

从理论证明，振动部件的疲劳是与振动速度成正比，而振动所产生的能量则是与振动速度的平方成正比，由于能量传递的结果造成了磨损和其他缺陷，因此，在振动诊断判定标准中，是以速度为准比较适宜。

而对于低频振动，主要应考虑由于位移造成的破坏，其实质是疲劳强度的破坏，而非能量性的破坏；但对于 1kHz 以上的高频振动，则主要是应考虑冲击脉冲以及原件共振的影响。

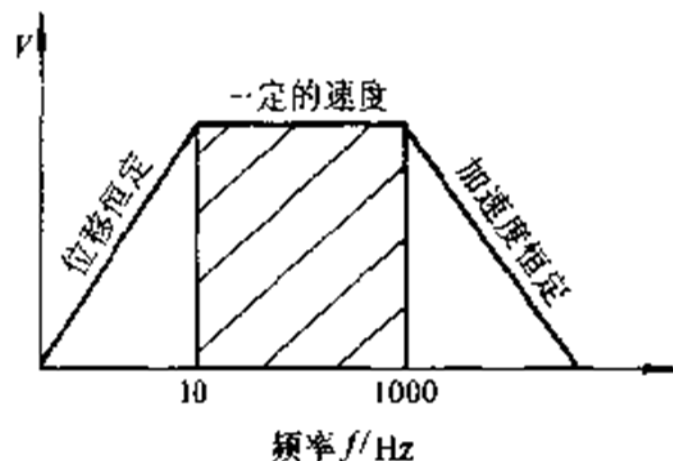


图 8-2 机械预防损伤曲线



大唐吉林发电有限公司
Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.

测试参数的选择原则

位移 X 与频率 f 无关，特别适合低频振动选用。

速度 $V = X \omega$ 与频率 f 成正比，通常推荐选用。

加速度 $A = V \omega = X \omega^2$

频率 f^2 成正比，特别适合高频振动选用。

$$\omega = 2 \pi f$$

振动按频率分类

低频振动: $f < 10\text{Hz}$ 中频振动: $f = 10 - 1000\text{Hz}$

高频振动: $f > 1000\text{Hz}$



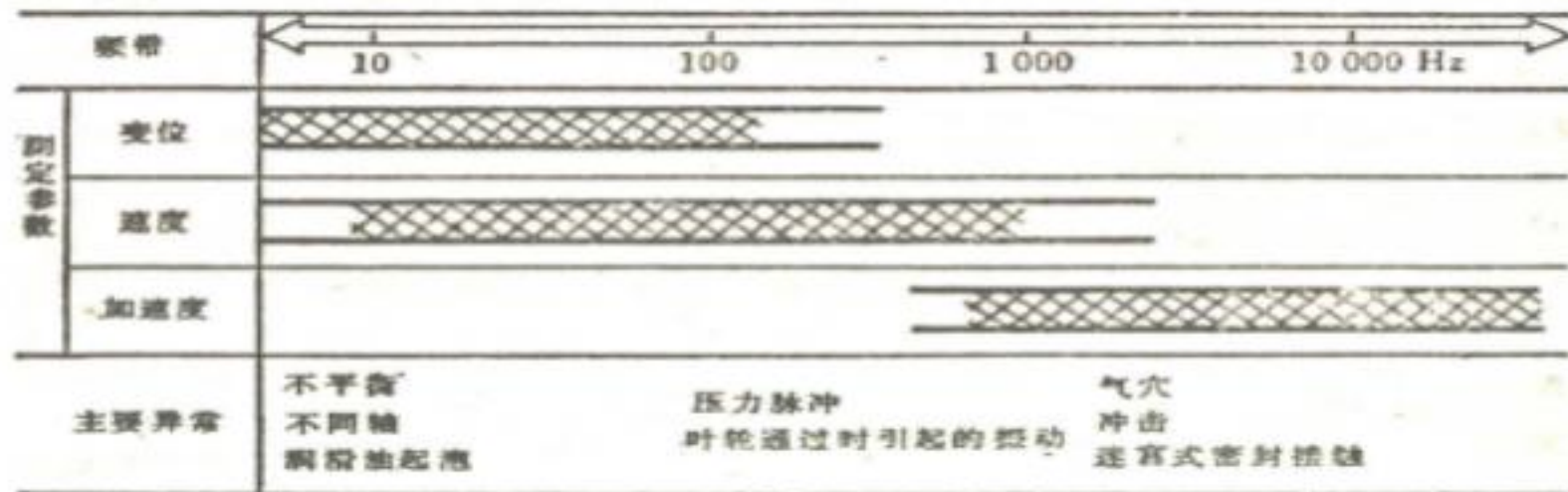


图5.3 按频带选定测定参数的指南

表5.2 适用于各类异常的测定参数

测定参数	异常种类	举 例
位 移	位移量或活动量成为问题的异常	加工机床的振动现象，旋转轴的摆动
速 度	振动能量和疲劳成为问题的异常	旋转机械的驱动
加 速 度	冲击力等力的大小成为问题的异常	轴承和齿轮的缺陷引起的振动



判断标准

绝对判断标准	在同一部位（主要在轴承上）测定的值与“判断标准”相比较，判断的结果为良好/注意/不良
相对判断标准	对同一部位定期测定，按时间先后进行比较，将正常情况的值定为初始值，根据实测值达到的倍数进行判断
类比判断标准	有数台机型相同的机械时，按相同条件将它们进行测定，经过相互比较做出判断



• 状态判定标准的分类

➤ 1) 绝对判定标准

绝对判定标准由某些权威机构颁布实施。

由国家颁布的**国家标准**又称为法定标准，具有强制执行的法律效力。

由行业协会颁布的标准，称为**行业标准**。

由国际标准化协会ISO颁布的**国际标准**。

由大企业集团联合体颁布的**企业集团标准**。

这些标准都是绝对判定标准，其适用范围覆盖颁布机构所管辖的区域。



国际标准、国家标准、行业标准、企业团体标准都是根据某类设备长期使用、观测、维修及测试后的经验总结，并规定了相应的测试方法。因此在使用这些标准时，必需按规定的适用范围和测定方法操作。目前应用较广泛的是：

ISO 2372 《机器振动的评价标准基础》

ISO 3945 《振动烈度的现场测定与评定》

CDA/MS/NVSH 107 《轴承振动测量的判据》

VDI 2056 《震动烈度判据》（德国标准）

2007 《中国大唐集团公司火电旋转设备振动技术管理工作规定》

GB 11347-89 《大型旋转机械振动烈度现场测量与评定》

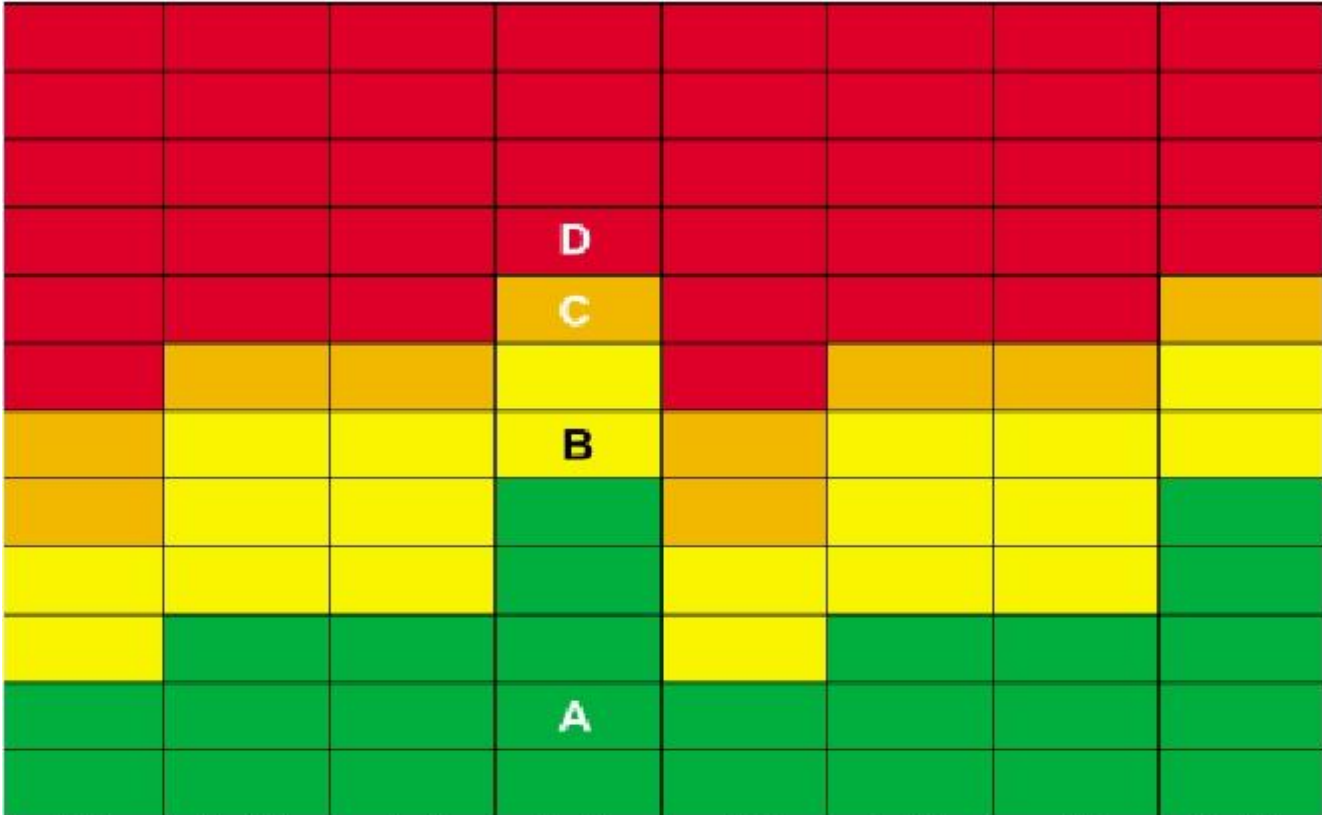
JB/T 8689-1998 《通风机振动检测及其限值》



绝对判断标准

振动强度		ISO 2372				ISO 3945	
分级范围 速度有效值 mm/s		I 级	II 级	III 级	IV 级	刚性基础	柔性基础
0.28	0.28 0.45 0.45 0.71 1.12 1.80 1.80 2.80 2.80 4.50 4.50 7.10 7.10 11.2 11.2 18 28 28 45 45	A	A	A	A	优	优
0.45							
0.71							
1.12		B	B	B	B	良	良
1.80							
2.80		C	C	C	C	可	可
4.50							
7.10		D	D	D	D	不可	不可
11.2							
18							
28							
45							
71							

ISO 10816-3振动监测的评估标准

								Velocity			
								mm/s rms	inch/s rms	10-1000 Hz $r > 600$ rpm 2-1000 Hz $r > 120$ rpm	
	rigid	flexible	rigid	flexible	rigid	flexible	rigid	flexible	11	0.43	Foundation Machine Type Group
									7.1	0.28	
									4.5	0.18	
									3.5	0.14	
									2.8	0.11	
									2.3	0.09	
									1.4	0.06	
									0.71	0.03	
pumps > 15 kW radial, axial, mixed flow				medium sized machines 15 kW < P ≤ 300 kW		large machines 300 kW < P < 50 MW					
integrated driver		external driver		motors 160 mm ≤ H < 315 mm		motors 315 mm ≤ H					
Group 4		Group 3		Group 2		Group 1					

A New machine condition

B Unlimited long-term operation allowable

C Short-term operation allowable

D Vibration causes damage



机器振动测量和评价的区域说明

A	新使用机器的振动区域
B	通常可接受的长期工作的机器振动区域
C	通常不能令人满意的长期工作的机器振动区域
D	振动值落在這個区域的，其振动足以能损坏机器



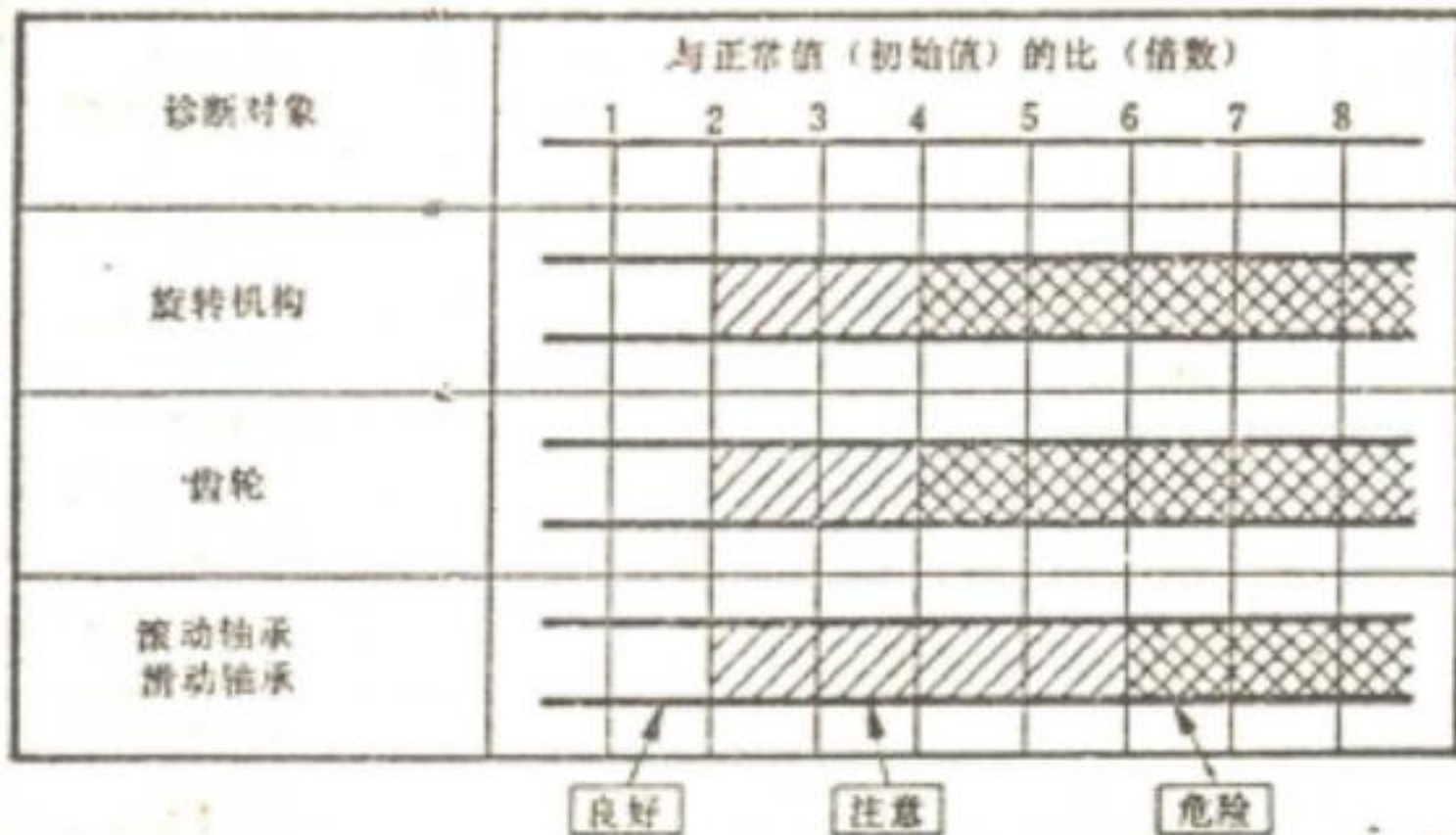
注：

第一类 小型机械（如 15Kw 以下的电机）；第二类 中型机械（如 15~75Kw 的电机以及 300Kw 以下的机械）；第三类 大型机械（刚性基础）；第四类 大型机械（柔性基础）；转速：600~12000rpm；振动测量范围：10~1000Hz。

需要说明的是，ISO2372 标准仅适用于机壳或轴承座的振动；对于复杂振动来说，振动速度有效值（RMS）的测量更为重要，RMS 值说明了设备振动的能量大小；对于 600rpm 以下的设备，可能更关心峰值的测试；振动值是所测量的各个轴承各个方向的最大值；应选取机器在额定转速和各种负荷下的最大振动烈度作为判断依据；所谓刚性基础是指机器支承系统的固有频率高于激振力的频率，柔性支承指机器支承系统的固有频率低于激振力的频率。



相对判断标准





旋转机械相对标准

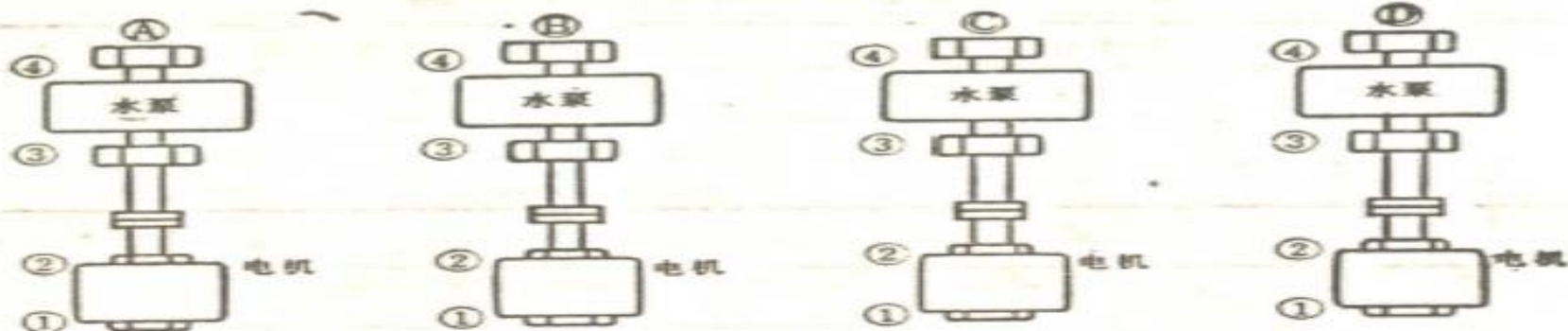
旋转机械振动诊断的相对标准

实测值与初值之比 振动频率	1	2	3	4	5	6	7
低频 ($\leq 1000\text{Hz}$)	良好	注意			危险		
高频 ($> 1000\text{Hz}$)	良好			注意			危险

- 注：1. 本标准的判断依据有二：(1) 实际测量振动值与其初始值之比；
(2) 所测振动信号的频率范围。
2. 标准将设备状态的评判分为三个等级：“良好...注意”、“危险”。



类比判断标准



①—④ 的各位部位的 水平方向 振动记录

测定部位 泵名	速度 [cm/s]			
	① H	② H	③ H	④ H
①	0.06	0.07	0.06	0.07
②	0.06	0.05	0.07	0.06
③	0.06	0.07	0.14	0.17
④	0.06	0.07	0.05	0.07

在 ① ② ④ 的相同部位测出的振动值为（正常设备的）一倍以上时，旋转机构有可能存在异常



类比判断标准

	1000Hz 以下低频	1 000Hz 以上
异常区	1 倍以上	2 倍以上
危险区	2 倍以上	4 倍以上



类比判断标准

当有数台机型相同，规格一致的设备，在相同的条件下对它们进行同等测量时，一般按下列标准判断：

1) 在低频段($\leq 1000\text{Hz}$)测量，其振动值大于其它大多数设备振动值的1倍以上时，判为异常；在高频段($> 1000\text{Hz}$)实测振动值大于正常值的2倍以上时，判为异常。

2) 在低频段测量，若其振动值大于其他设备的2倍以上；或高频段的振动测值大于其他设备4倍以上时，一般判为故障严重，应考虑停机修理。



报警值和停机值的设定——

ISO10816.2 的推荐值

报警设定： 建议报警值一般不要超过区域B/C界限的1.25倍。

停机值设定： 停机限制在区域C或D内。推荐停机值应不超过C/D区域边界的1.25倍。



- 标准不是绝对的：

- 高于限值，发生问题的可能性比较大
- 低于限值，基本可以保证安全

- 其他：

- 新老机器：新机器振动小，运行多年的机器振动略有增加
- 机器大小：大机器轴承间隙大，对轴振的要求可以比小机器宽松些
- 转速：转速越高，对其振幅限制越严格



电动机振动标准

电动机也属于旋转机械。国际标准化组织制订的ISO32373标准和德国标准DIN45665，在内容上是相同的。

ISO32373和DIN45665 电动机振动标准

质量等级	转速 r/min	电动机中心高H=80~400mm，允许最大 Vrms(mm/s)		
		$S \leq H \leq 132$	$132 < H \leq 225$	$225 < H \leq 400$
N（正常值）	600~3600	1.8	2.8	4.5
H（良好级）	600~1800	0.71	1.12	1.8
	1800~3600	1.12	1.8	2.8
S（特佳级）	600~1800	0.45	0.71	1.12
	1800~3600	0.71	1.12	1.8

- 注：1. 电动机按其中心高度(H)分为三个类型，中心高度越大，振动阈值越大。
2. 电动机状态判别分为三个等级：正常、良好、特佳。
3. 本标准是指电动机在空转（不带负荷）条件下的阈值。
4. 诊断参数为速度有效值(Vrms)。



ISO7919-2

A1.陆地安装的汽轮机和发电机组(相对轴振动)

Zone boundary	Shaft rotational speed			
	r/min			
	1 500	1 800	3 000	3 600
	Peak-to-peak relative displacement of shaft			
	μm			
A/B	100	90	80	75
B/C	200	185	165	150
C/D	320	290	260	240



轴承振动评定标准—位移峰—峰值

- 表5-1 水电部1959年颁发的《电力工业技术管理法规》中关于汽轮发电机组轴承的振动标准。
- 要求机组垂直、水平和轴向均满足该标准。

转 速 (r/min)	标 准(μm)		
	优	良	合格
1500	30	50	70
3000	20	30	50



大唐吉林发电有限公司
Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.

火力发电厂设备振动适用标准

电力建设施工及验收技术规范

中国大唐集团公司火电旋转设备振动技术管理工作规定

电站锅炉风机选型和使用导则92

电站锅炉风机选型和使用导则04

通风机振动检测及其限值

大型旋转机械振动烈度现场测量与评定11347-89

珲春电厂设备振动适用标准



电力建设施工及验收技术规范（锅炉机组篇）

7.2.11.8机械部分试运时间应按设备技术文件的规定，一般连续运行时间不少于8小时。

7.2.11.9分部试运过程中，应注意检查机械各部件的温度、振动、及电流表指示不得超过规定值，并详细记录；

7.2.11.10分部试运应符合设备技术文件规定，一般应符合下列要求：

- a) 轴承及转动部分无一次状态
- b) 轴承工作温度应温度，一般滑动轴承不高于65度，滚动轴承不高于80度
- c) 振动一般不超过0.10mm。



JB/T4358-2008电站锅炉离心式通风机

4.3通风机转子需经运转试验，连续运转试运时间在轴承温升稳定后不少于20分钟。当环境温度为0-40度时，轴承温升不大于40度，轴承最高温度不大于80度，当环境温度低于0度时，需要合同特殊规定。

4.4振动速度有效值不大于4.6mm/s



振动故障识别特征矩阵

表 4

振动频率的矩阵点法

原因 现象	喘振	蒸汽波动	油膜振荡	配合面偏斜 非对称型	轴颈不同心	初始弯曲	不平衡	轴不对称	轴线不同心	叶片振动	电磁振动	齿轮磨损	局部窝凹	轴裂纹	接触	振动轴承损伤
低频振动	***														*	
$<0.5f_a$		*****		*	*****										*	
$1, 2f_a$				**											*	
$<1f_a$				*											*	
旋转成分 f_a				*		*****			**					**	*	
$2, f_a$				*				***	**					***		
$3, f_a$				*					*					*		
高次 f_a				*					*					*		
$f_a Z$																
轴一阶危险速度																
2次 f_c															*	
3次 f_c															*	
齿轮齿令数 f_g													**		*	
$2f_a$													**			
$3f_a$													*			
音频区振动											***	**	***	*	***	***

注：“*”号的多少表示相关程度的大小



大唐吉林发电有限公司
Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.

（二）转动设备基础标准



大唐吉林发电有限公司
Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.

大唐吉林发电

附件 10

Q/CDT

大唐吉电

大唐 X X X 电 厂 企 业 标 准

Q/XXX-XXXX XXX XX XXX—20XX

【释义】 轴流风机动叶更损第3条：叶柄端面的垂直度及同心度偏差，依据成都电力机械厂生产的AN系列轴流通风机说明书（2006版）第43页叶柄技术要求部分。

轴流风机动叶片调整第1条：动叶片与机壳之间的最小间隙标准，依据DL/T5210.2-2009电力建设施工质量验收及评价规程第2部分锅炉机组248页，表4.8.23设备安装要求质量标准。

轴流风机动叶片的调整第3条：依据《防止电力生产重大事故二十五项重点要求实施导则》6.3条款要求。



大唐吉林发电有限公司
Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.



11-018职业技能鉴定

职业标准

锅炉

电力行业

电力工程
锅炉运行与检修专业



机械设计手册

第五版

第 1 卷

HANDBOOK
MECHANICAL
DESIGN



化学工业出版社

成大先 主编

DL
中国电力行业标准

DL/T 748.5 — 2001

锅炉机组检修导则
：烟风系统检修

boiler unit for thermal power station
maintenance of air & flue system

2001-07-01 实施

国家经济贸易委员会 发布



7.2.11.8机械部分试运时间应按设备技术文件的规定，一般连续运行时间不少于8小时。

7.2.11.10分部试运应符合设备技术文件规定，一般应符合下列要求：

- a) 轴承及转动部分无一次状态
- b) 轴承工作温度应温度，一般滑动轴承不高于65度，滚动轴承不高于80度
- c) 振动一般不超过0.10mm。

电力建设施工及验收技术规范（锅炉机组篇）

4.3通风机转子需经运转试验，连续运转试运时间在轴承温升稳定后不少于20分钟。当环境温度为0-40度时，轴承温升不大于40度，轴承最高温度不大于80度，当环境温度低于0度时，需要合同特殊规定。

4.4振动速度有效值不大于4.6mm/s

轴承温度标准-泵轴承温度标准

GB3215-82

4.4.1 泵工作期间，轴承最高温度不超过80

JB/T5294-91

3.2.9.2 轴承温升不得超过环境温度40，最高温度不得超过80

JB/T6439-92

4.3.3 泵在规定工况下运转时，内装式轴承处外表面温度不应高出输送介质温度20，

最高温度不高于80。外装式轴承处外表面温升不应高出环境温度40。最高温度不高于80

JB/T7255-94

5.15.3 轴承的使用温度。轴承温升不得超过环境温度35，最高温度不得超过75

JB/T7743—95

7.16.4 轴承温升不得超过环境温度40，最高温度不得超过80

JB/T8644—1997

4.14 轴承温升不得超过环境温度35，最高温度不得超过80



质量控制点的实施

- ①交底。将控制点的“控制措施设计”向操作班组进行认真交底，必须使工人真正了解操作要点。
- ②质量控制人员在现场进行重点指导、检查、验收。
- ③工人按作业指导书认真进行操作，保证每个环节的操作质量。
- ④按规定做好检查并认真做好记录，取得第一手数据。
- ⑤运用数据统计方法，不断进行分析与改进，直至质量控制点验收合格。
- ⑥质量控制点实施中应明确工人、质量控制人员的职责。

施工条件

续表 2.0.3

项 目		允许偏差(mm)
凹穴尺寸		+20,0
平面的水平度	每米	5
	全长	10
垂直度	每米	5
	全高	10
预埋地脚螺栓	标高	+20,0
	中心距	±2
预埋地脚螺栓孔	中心线位置	10
	深度	+20,0
	孔壁垂直度	10
预埋活动地脚螺栓锚板	标高	+20,0
	中心线位置	5
	带槽锚板的水平度	5
	带螺纹孔锚板的水平度	2



大唐吉林发电有限公司
Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.

机械设备基础质量国家标准

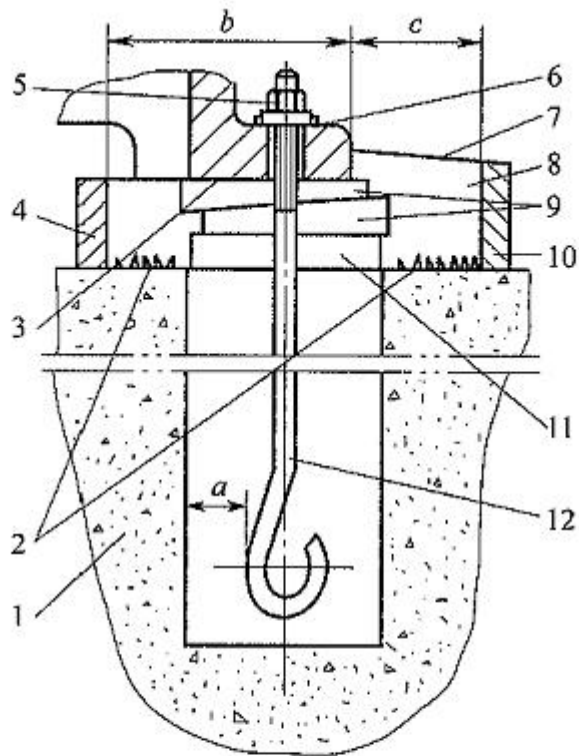


图 4.1.1 安设预留孔中的地脚螺栓

a —地脚螺栓任一部分与孔壁的间距；

b —内模板至设备底座外缘的间距； c —外模板至设备底座外缘

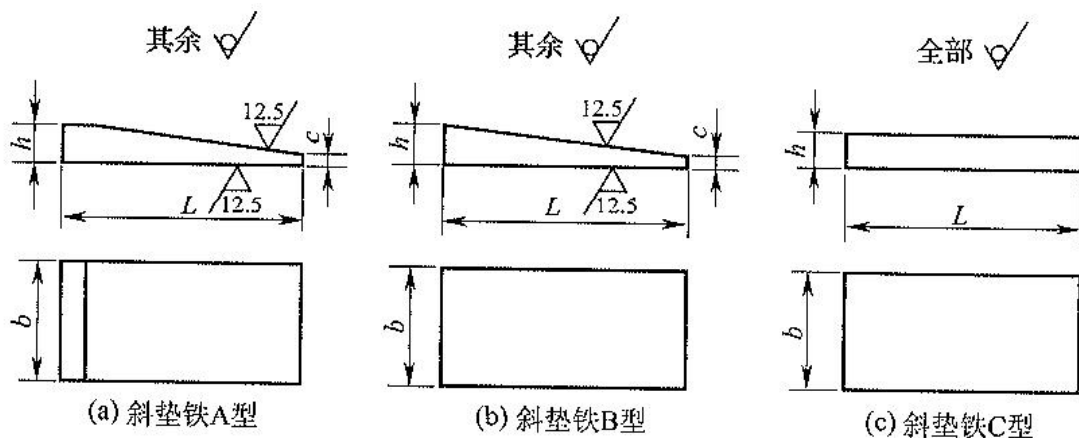
1—基础；2—地坪麻面；3—设备底座底面；4—内模板；5—螺母；

7—灌浆层斜面；8—灌浆层；9—成对斜垫铁；10—外模板

11—平垫铁；12—地脚螺栓



机械设备基础质量国家标准



斜 垫 铁								平垫铁 C 型 [图 A.0.2(c)]		
A 型[图 A.0.2(a)]				B 型[图 A.0.2(b)]						
代号	L	b	C	代号	L	b	C 最小	代号	L	b
斜 1A	100	50	3~4	斜 1B	90	50	3	平 1	90	50
斜 2A	140	70	4~8	斜 2B	120	70	4	平 2	120	70
斜 3A	180	90	6~12	斜 3B	160	90	6	平 3	160	90
斜 4A	220	110	8~16	斜 4B	200	110	8	平 4	200	110
斜 5A	300	150	10~20	斜 5B	280	150	10	平 5	280	150
斜 6A	400	200	12~24	斜 6B	380	200	12	平 6	380	200

- 1.斜垫铁的材料可采用普通碳素钢；
- 2.平垫铁的材料可采用普通碳素钢或铸铁。
- 3.斜垫铁的斜度宜为 $1/10 \sim 1/20$ ；振动或精密设备的垫铁斜度可为 $1/40$ ；
- 4.垫铁的表面粗糙度，应符合左图所示的规定。
- 5.采用斜垫铁时，宜与同代号的平垫铁配合使用。
- 6.斜垫铁应成对使用，成对的斜垫铁应采用同一斜度。

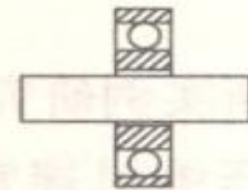
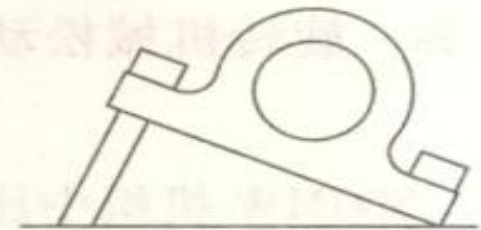
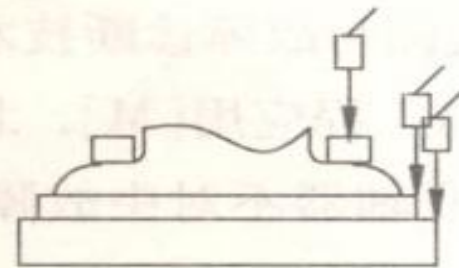
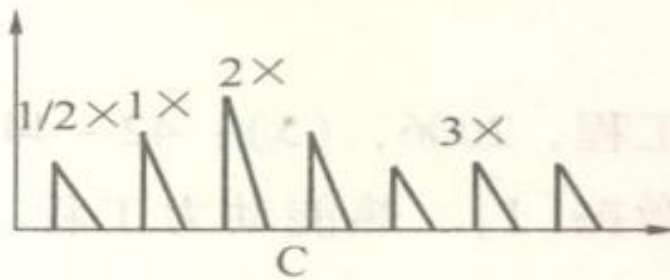
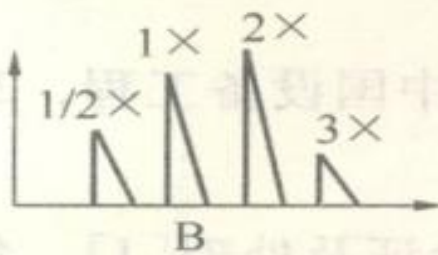
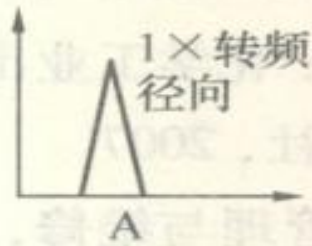


大唐吉林发电有限公司
Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.

机械设备基础质量国家标准

每个地脚螺栓的旁边应至少有一组垫铁。

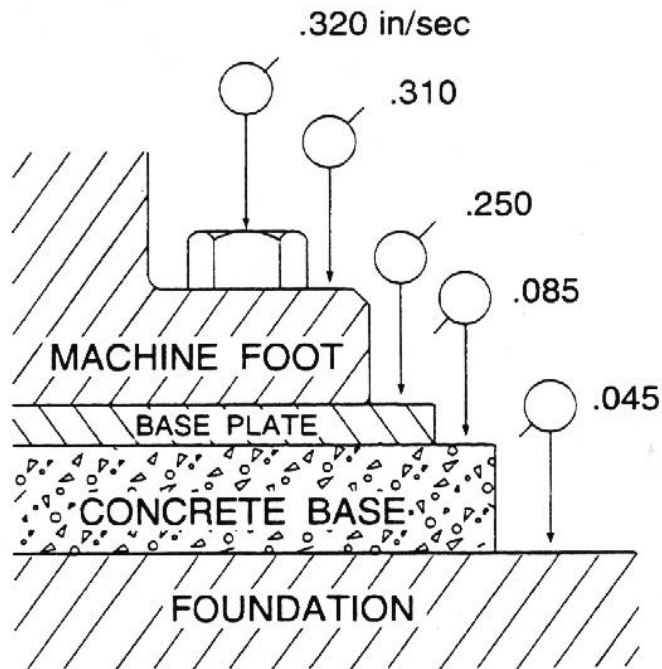
机
械
松
动



心。

松动问题的相位表现

有些机械松动问题，通过振动相位测量是可以发现的，已经可靠紧固的机械部件应该是与其它部件间同步运动，在各个零部件之间不应该存在显著的幅值和相位的变化，如果在相互配合的零部件之间存在振动幅值和相位的变化，那么机械松动问题的存在是值得怀疑的。



在垫板 (BASE PLATE)和支承混凝土基础 (CONCRETE BASE)之间存在着显著的振动幅值和相位的变化，这说明，很可能是由于在两部件间的水泥灌浆不充分所引起的。



机械设备基础质量国家标准

装 配 基本规定

除锈：当机械设备及零、部件表面有锈蚀时，应进行除锈处理；机械设备本体、管道等钢材表面的锈蚀等级和除锈等级，应符合现行国家标准

其清洁度应符合下列要求：

- 1采用目测法时，在室内白天或在15～20W日光灯下，肉眼观察表面无任何残留污物；
- 2采用擦拭法时，应用清洁的白布或黑布擦拭清洗的检验部位，布的表面应无异物污染；
- 3采用溶剂法时，应用新溶液洗涤，观察或分析洗涤溶剂中应无污物、悬浮或沉淀物；
- 4采用蒸馏水局部润湿清洗后的金属表面，应用pH试纸测定残留酸碱度，并应符合其机械设备技术要求。

机械设备基础质量国家标准

机械设备较精密的螺纹连接或温度高于200℃条件下工作的连接件及配合件等装配时，应在其配合表面涂防咬合剂，选用的防咬合剂宜符合下表规定。

表 5.1.10 防咬合剂

防 咬 合 剂	空气中氧化温度(℃)	稳 定 性
二硫化钼粉	≥ 400 (变酸性)	不溶于水及有机溶液
二硫化钨粉	≥ 510 (变酸性)	不溶于水及有机溶液
石墨磷片	≥ 454	在常温下不与酸、碱及有机溶液起反应



机械设备基础质量国家标准

螺栓或螺钉联接紧固，

当有定位销时应从靠近该销的螺栓或螺钉开始均匀拧紧

有锁紧要求的螺栓，拧紧后应按其规定进行锁紧；用双螺母锁紧时，应先装薄螺母后装厚螺母；每个螺母下面不得用两个相同的垫圈

不锈钢、铜、铝等材质的螺栓装配时，应在螺纹部分涂抹防咬合剂

螺栓紧固时有预紧力要求时

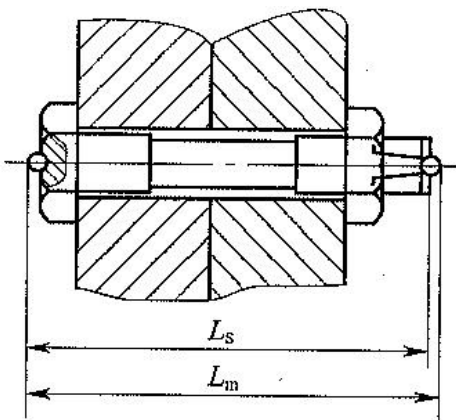


图 5.2.4-1 紧固后的螺栓

L_m —螺栓紧固后的长度； L_s —螺栓与被联接件间隙为零时的原始长度

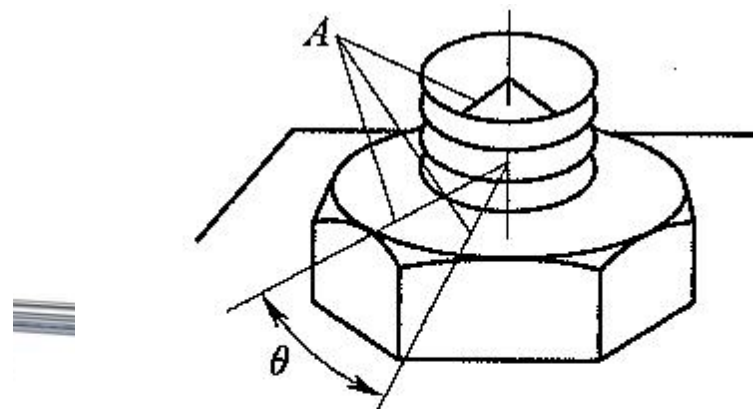


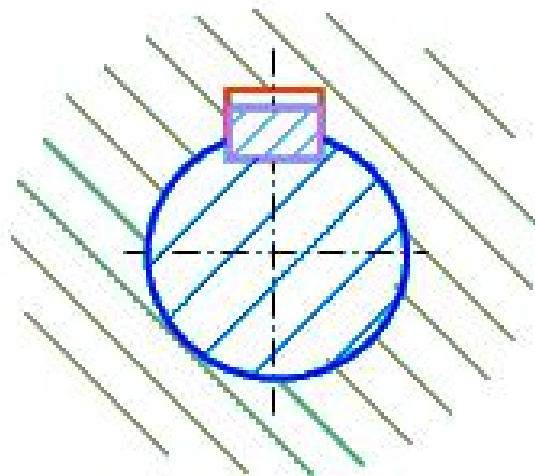
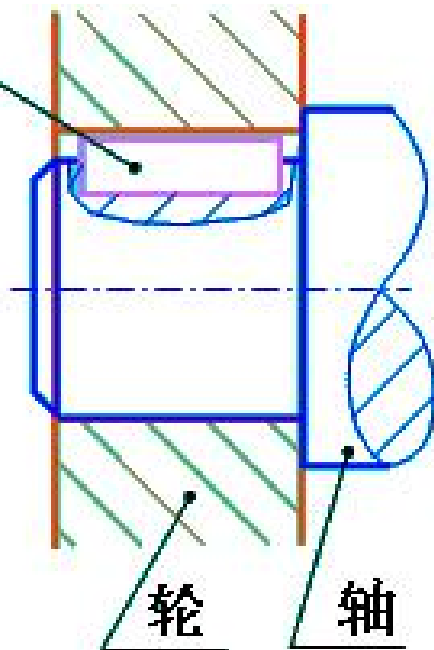
图 5.2.4-2 螺母转角法

θ —螺母转角法的角度值；A—转角标记



键的装配

- 1 现场配制的各种类型的键，应符合现行国家标准《键技术条件》GB/T 1568的有关规定；
- 2 键的表面不应有裂纹、浮锈、氧化皮和条痕、凹痕及毛刺，键和键槽的表面粗糙度、平面度和尺寸在装配前均应检验且符合规定；
- 3 平键装配时，键的键槽两侧面应紧密
- 4 导向键和半圆键，轮毂键槽底面应有
- 5 楔键和钩头楔键的面的接触面积不应于一半；外露部分





冷态安装轴承 (安装不可分离轴承)

纵向过盈联接的装配:

宜采用压装法, 压入力宜按本规范附录G第G.0.1条的规定计算; 压装设备的压力, 宜为压人力的3.25~3.75倍; 压入或压出速度不宜大于5mm/s。压入后24h内, 不得使装配件承受载荷 纵向过盈配合的压入力, 宜按下列公式计算

$$P_{xi} = P_{fmax} \cdot \pi \cdot d_f \cdot L_f \cdot \mu \quad (G. 0. 1-1)$$

$$P_{fmax} = \frac{\delta_{max}}{d_f \left(\frac{C_a}{E_a} + \frac{C_i}{E_i} \right)} \quad (G. 0. 1-2)$$

$$C_a = \frac{1 + q_a^2}{1 - q_a^2} + \nu_a \quad (G. 0. 1-3)$$

$$C_i = \frac{1 + q_i^2}{1 - q_i^2} - \nu_i \quad (G. 0. 1-4)$$

横向过盈连接的装配宜采用温差法；加热包容件时，加热应均匀，不得产生局部过热；未经热处理的装配件，加热温度应小于400℃；经过热处理的装配件，加热温度应小于回火温度；加热和冷却的温度宜按本规范附录G第G.0.3条和第G.0.4条计算；

G.0.2 横向过盈联接采用温差法装配时，其最小装配间隙可按表 G.0.2 的规定确定。

表 G.0.2 最小装配间隙(mm)

配合直径	≤3	>3~6	>6~10	>10~18	>18~30	>30~50	>50~80
最小间隙	0.003	0.006	0.010	0.018	0.030	0.050	0.059
配合直径	>80~120	>120~180	>180~250	>250~315	>315~400	>400~500	—
最小间隙	0.069	0.079	0.090	0.101	0.111	0.123	—

G.0.3 横向过盈联接采用温差法装配时，包容件的加热温度可按式计算：

$$t_r = \frac{Y_{\max} + \Delta}{\alpha_2 \cdot d_3} + t \quad (\text{G.0.3})$$

式中 t_r ——包容件的加热温度(℃)；

$Y_{\max}$ ——最大过盈值(mm)；



G.0.4 横向过盈联接采用温差法装配时,被包容件的冷却温度,可按下式计算:

$$t_1 = \frac{Y_{\max} + \Delta}{\alpha_1 \cdot d_3} + t \quad (\text{G.0.4})$$

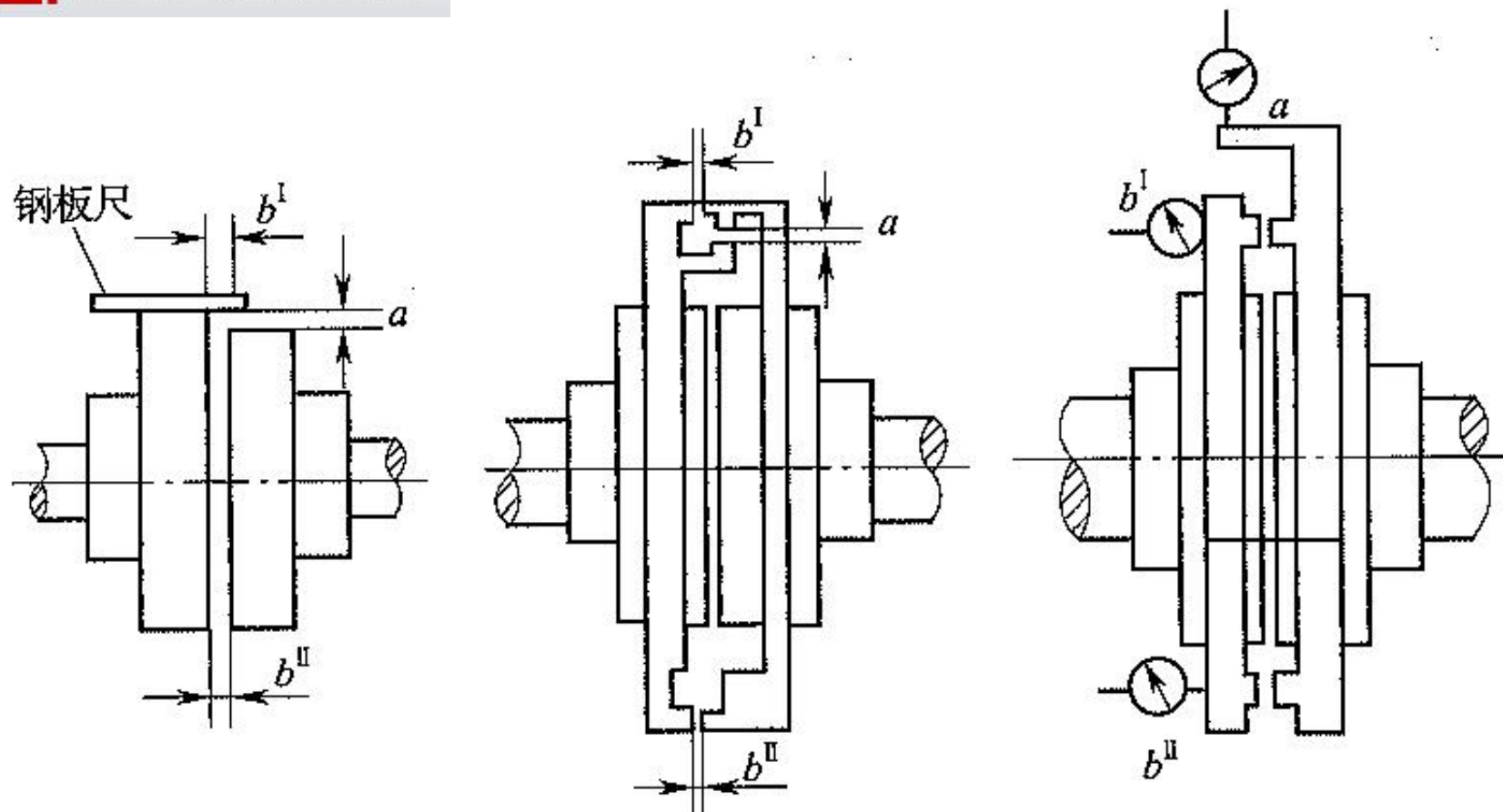
式中 t_1 ——被包容件的冷却温度(°C);

α_1 ——冷却线膨胀系数($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$),可按表 G.0.1-3 的规定确定。

G.0.5 冷却方式可按表 G.0.5 确定。

表 G.0.5 冷却方式

冷却温度(°C)	冷却方式
冷至-78	干冰
冷至-120	液氮
冷至-195	液氮



(a)用塞尺直接测尽 (b)用塞尺和专用工具测量 (c)用百分表和专用工具测量

图 H.0.1-1 联轴器两轴心径向位移和两轴线倾斜测量方法

a —两轴心的径向位移； b^I 、 b^{II} —轴向测量值



H. 0.2 联轴器两轴心径向位移,应按下式计算:

$$a = \sqrt{\left(\frac{a_2 - a_4}{2}\right)^2 + \left(\frac{a_1 - a_3}{2}\right)^2} \quad (\text{H. 0.2})$$

式中 a ——测量处两轴心的实际位移(mm);

a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 ——径向位移测量值(mm)。

H. 0.3 联轴器两轴线的倾斜度应按下式计算:

$$\vartheta = \sqrt{\left[\frac{(b_2^{\text{II}} + b_4^{\text{I}}) - (b_2^{\text{I}} + b_4^{\text{II}})}{2d_4}\right]^2 + \left[\frac{(b_1^{\text{I}} + b_3^{\text{II}}) - (b_1^{\text{II}} + b_3^{\text{I}})}{2d_4}\right]^2} \quad (\text{H. 0.3})$$

式中 ϑ ——两轴线的倾斜度;

b_1^{I} 、 b_1^{II} ~ b_4^{I} 、 b_4^{II} ——轴向测量值(mm);

d_4 ——测点处的直径(mm)。

联轴器装配

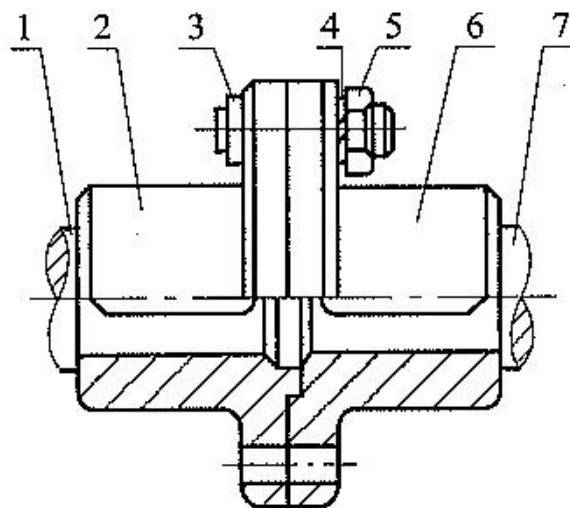


图 5.3.3 凸缘联轴器

1、7—轴；2、6—半联轴器；3—螺栓；4—弹簧垫圈；5—螺母

表 5.3.4 夹壳联轴器装配的允许偏差

轴的转速(r/min)	≤ 500	$> 500 \sim 750$	$> 750 \sim 1500$	$> 1500 \sim 3000$
轴向及径向允许偏差(mm)	0.15	0.10	0.08	0.06

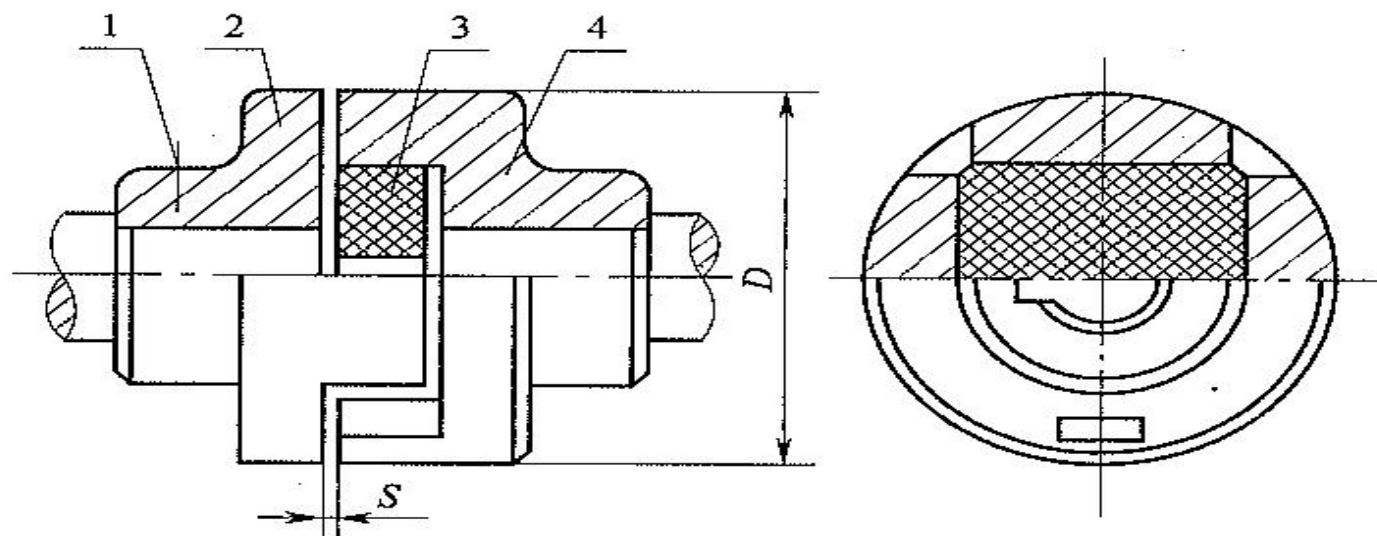


图 5.3.5 滑块联轴器

1—螺钉；2、4—半联轴器；3—滑块

D —联轴器外形最大直径； S —端面间隙

表 5.3.5 滑块联轴器装配的允许偏差

联轴器外形最大直径(mm)	两轴心径向位移(mm)	两轴线倾斜	端面间隙 (mm)
≤ 190	0.05	0.3/1000	0.5~1.0
250~330	0.10	1.0/1000	1.0~2.0

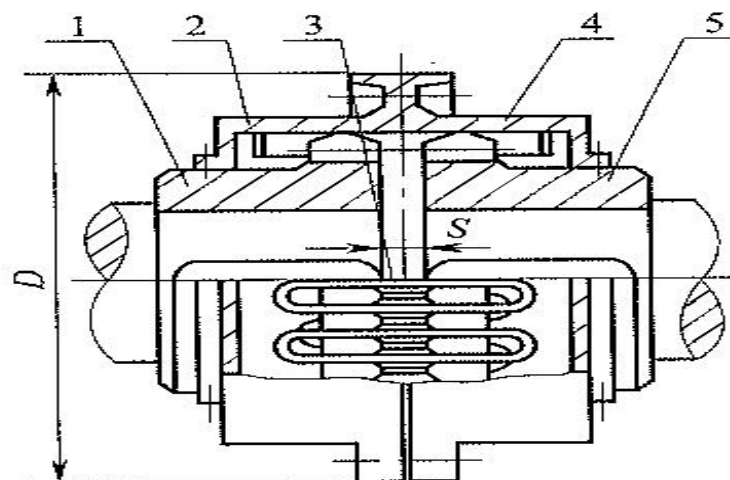


图 5.3.9 蛇形弹簧联轴器

1、5—半联轴器；2、4—罩壳；3—蛇形弹簧

D —联轴器外形最大直径； S —端面间隙

表 5.3.9 蛇形弹簧联轴器装配的允许偏差

联轴器外形最大直径(mm)	两轴心径向位移(mm)	两轴线倾斜	端面间隙 (mm)
≤ 200	0.1	1.0/1000	1.0~4.0
$> 200 \sim 400$	0.2		1.5~6.0
$> 400 \sim 700$	0.3	1.5/1000	2.0~8.0
$> 700 \sim 1350$	0.5		2.5~10.0
$> 1350 \sim 2500$	0.7	2.0/1000	3.0~12.0

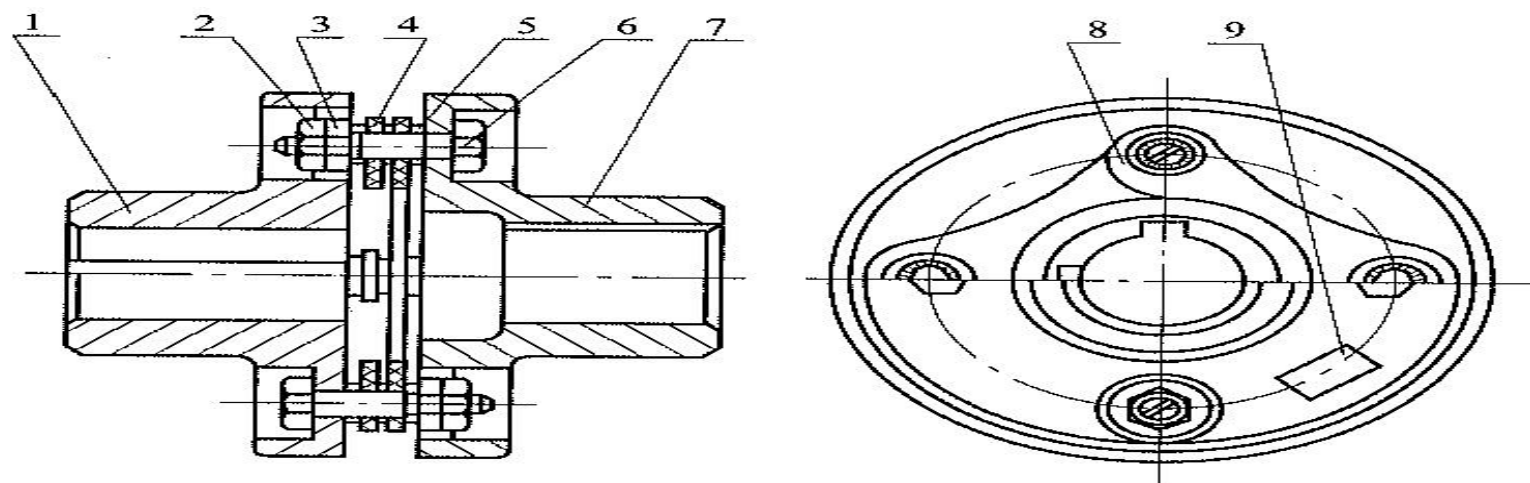


图 5.3.10 膜片联轴器

1、7—半联轴器；2—锁紧螺母；3—六角螺母；4—隔圈；
5—支撑圈；6—六角头铰制孔用螺母；8—膜片；9—标记

表 5.3.10 膜片联轴器的允许偏差

型号	JM I 1 ~ JM I 6	JM I 7 ~ JM I 10	JM I 11 ~ JM I 19	JM II 1 ~ JM II 8	JM II 9 ~ JM II 17	JM II 18 ~ JM II 26	JM II 27 ~ JM II 30
轴向(mm)	0.3	0.5	0.6	0.3	0.8	1.3	2.0
两轴线倾斜	1/1000		0.5/1000	1/1000			
型号	JM I J1 ~ JM I J6	JM I J7 ~ JM I J10	JM I J11 ~ JM I J12	JM II J1 ~ JM II J8	JM II J9 ~ JM II J17	JM II J18 ~ JM II J26	JM II J27 ~ JM II J42
轴向(mm)	0.6	1.0	1.2	0.6	1.6	2.6	4.0
两轴线倾斜	2/1000		1/1000	2/1000			

机械设备基础质量国家标准

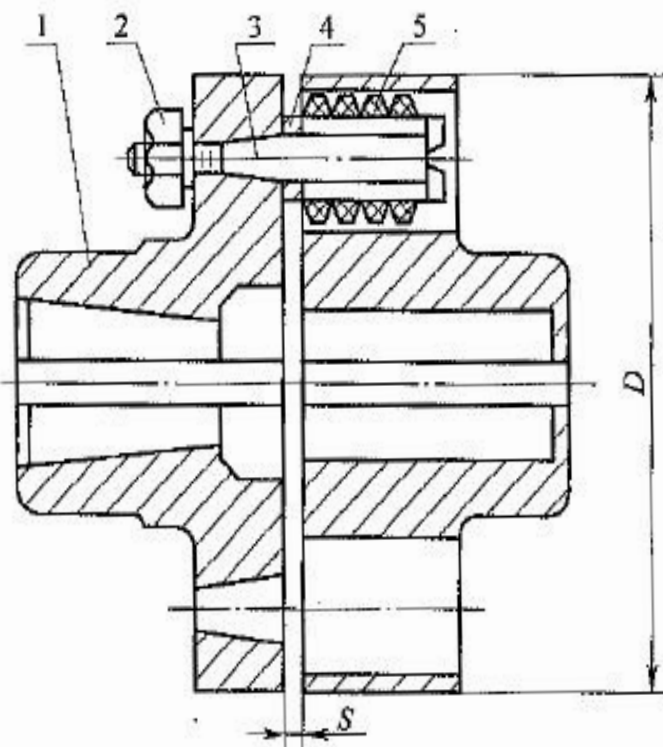


图 5.3.12 弹性套柱销联轴器

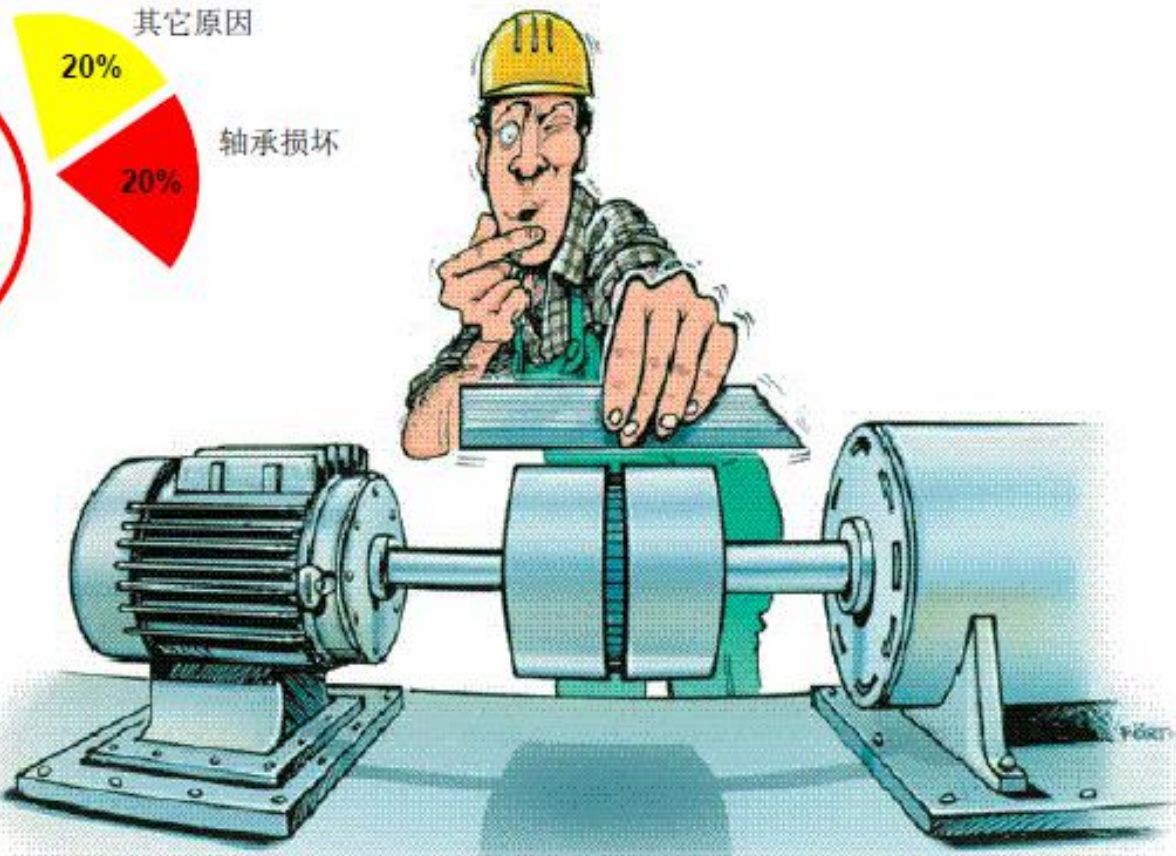
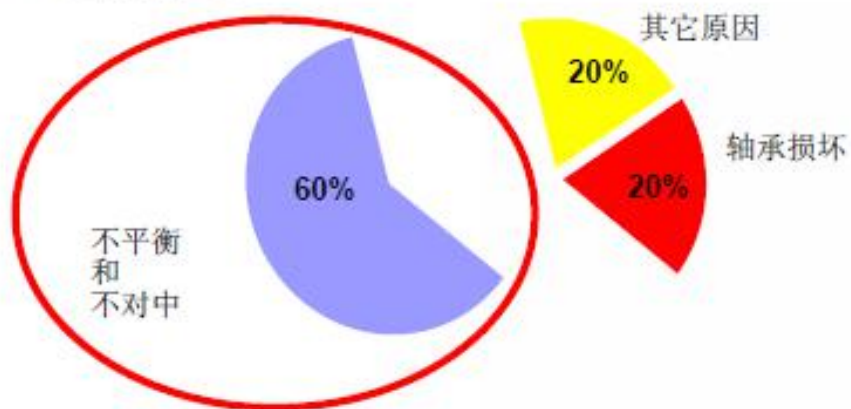
表 5.3.12 弹性套柱销联轴器装配的允许偏差

联轴器外形最大直径(mm)	两轴心径向位移(mm)	两轴线倾斜	端面间隙 (mm)
71	0.1	0.2/1000	2~4
80			
95			
106			
130	0.15		3~5
160			
190			
224	0.2		4~6
250			
315			
400	0.25		5~7
475			
600	0.3		



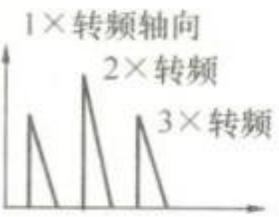
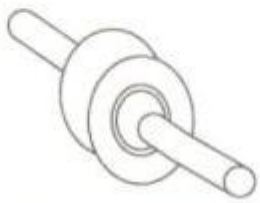
大唐吉林发电有限公司
Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.

机器计划外停机原因





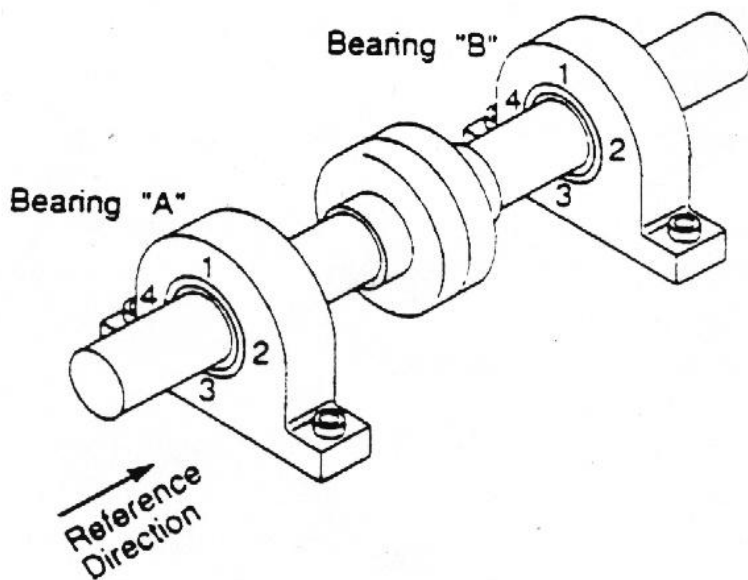
机械设备基础质量国家标准

1 角	1×转频		角不对中的特征是轴向振动大，联轴器两端相位差180°。典型的将有轴向振动，
3 不对中的轴承在轴上摇摆		 1, 2, 3, 4 均匀分布在带轮上, 相位 1 2: 00 2 5: 00 3 8: 00 4 11: 00	摇摆的轴承将产生明显的轴向振动，将引起相位角度的扭转运动，对同一轴承座的轴向方向上下或左右两侧测量时，对中联轴器或松动平衡不能解决这种问题，只能卸下轴承并重新正确安装
平衡			出现类似于机械松动中的高次谐波分量。不对中严重时，联轴器结构影响频率



不对中问题的相位表现

联轴节两侧轴承的振动相位差接近 180° 。振动幅值和相位角的测量应该在联轴节相邻的两个轴承座的4个象限位置进行。

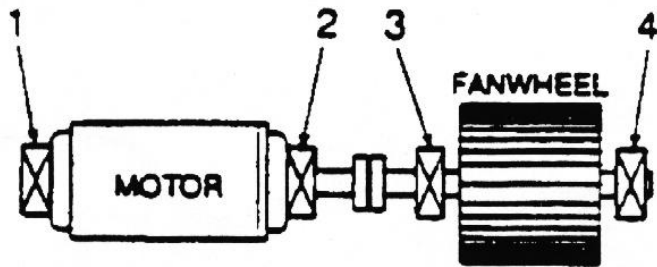


四个测量象限的位置要从同一个参考方向观察确定，避免相位数据的混乱。在轴承座A位置2处所进行的相位测量必须与轴承座B位置2处所进行的相位测量相比较

径向振动相位对轴平行不对中问题比较敏感，而轴向振动相位对轴角不对中问题比较敏感。



不对中问题的相位表现



Bearing 1		Bearing 2		Bearing 3		Bearing 4	
1	90°	1	90°	1	270°	1	270°
2	105°	2	105°	2	270°	2	255°
3	105°	3	90°	3	270°	3	270°
4	90°	4	85°	4	270°	4	270°

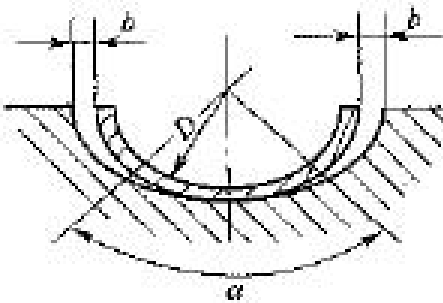
Note: Phase measurements have been corrected for transducer direction.

电机轴承1和轴承2振动方向相互之间一致，轴承3和轴承4也是同相振动，这说明电机转子和风机转子不存在内部不对中、轴弯曲和轴承翘起等问题。在联轴节两端存在180°的相位变化，这说明在轴承2和轴承3之间存在不对中问题。

- 大多数的不对中问题是平行不对中和角不对中同时存在的，单纯的角不对中或平行不对中是很少见的。
- 测量的相差越是接近180°，不对中的可能性就越大，不管这个相位差是轴向测量的还是径向测量的。

滑动轴承装配

表 5.5.2-1 上、下轴瓦的瓦背与轴承座孔的接触要求

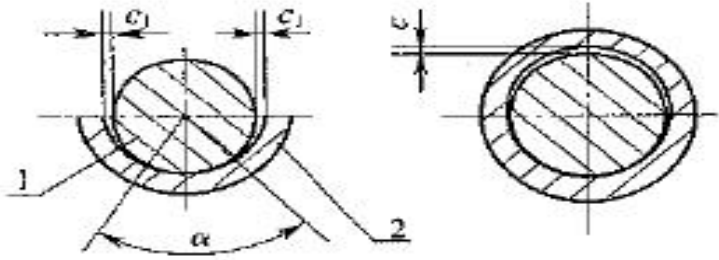
项 目		接 触 要 求		简 图
		上轴瓦	下轴瓦	
接 触 角	稀油润滑	$130^{\circ}\pm 5^{\circ}$	$150^{\circ}\pm 5^{\circ}$	
	油脂润滑	$120^{\circ}\pm 5^{\circ}$	$140^{\circ}\pm 5^{\circ}$	
接触角内接触率		$\geq 60\%$	$\geq 70\%$	
瓦侧间隙		$D\leq 200\text{mm}$ 时, 0.05mm 塞尺不得塞入 $D>200\text{mm}$ 时, 0.10mm 塞尺不得塞入		

注: D 为轴的公称直径, α 为接触角, b 为瓦侧间隙。

表 5.5.2-3 上、下轴瓦内孔与轴颈的接触点数

轴承直径 (mm)	机床或精密机械主轴轴承			锻压设备、通用机械 和动力机械的轴承		冶金设备和建筑 工程机械的轴承	
	高精度	精密	普通	重要	一般	重要	一般
	每 25mm×25mm 内的接触点数						
≤120	20	16	12	12	8	8	5
>120	16	12	10	8	6	5~6	2~3

表 5.5.2-4 上、下轴瓦的油楔最大尺寸

油楔最大尺寸		
稀油润滑	$C_1 = C$	
油脂润滑	距瓦两端面 10~15mm, $C_1 \approx C$	
	中间部位 $C_1 \approx 2C$	

注：1 为轴，2 为上、下轴瓦， C 为轴瓦的最大配合间隙， C_1 为油楔最大尺寸， α 为上、下轴瓦内孔与轴颈接触角。

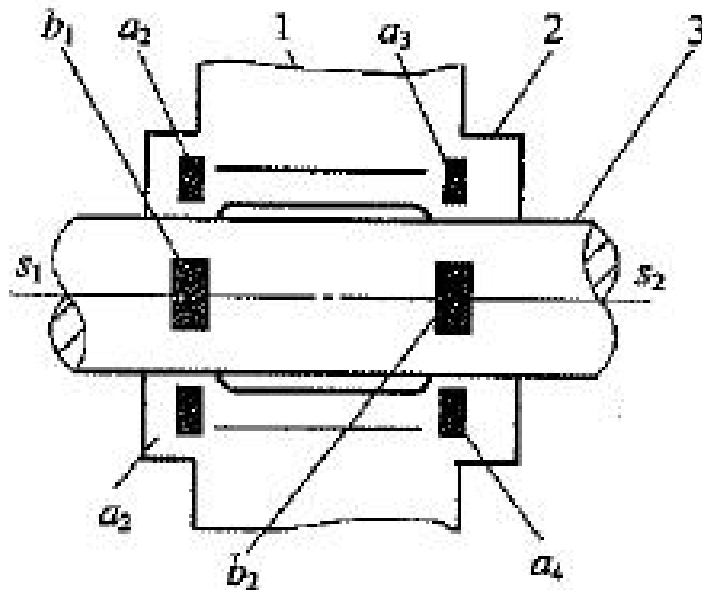


图 5.5.4 压铅法测量轴承顶间隙

1—轴承座；2—轴瓦；3—轴

$$s_1 = b_1 - \frac{a_1 + a_2}{2} \quad (5.5.4-1)$$

$$s_2 = b_2 - \frac{a_3 + a_4}{2} \quad (5.5.4-2)$$



冷态安装轴承 (安装不可分离轴承)

纵向过盈联接的装配:

宜采用压装法, 压入力宜按本规范附录G第G.0.1条的规定计算; 压装设备的压力, 宜为压人力的3.25~3.75倍; 压入或压出速度不宜大于5mm/s。压入后24h内, 不得使装配件承受载荷 纵向过盈配合的压入力, 宜按下列公式计算

$$P_{xi} = P_{fmax} \cdot \pi \cdot d_f \cdot L_f \cdot \mu \quad (G. 0. 1-1)$$

$$P_{fmax} = \frac{\delta_{max}}{d_f \left(\frac{C_a}{E_a} + \frac{C_i}{E_i} \right)} \quad (G. 0. 1-2)$$

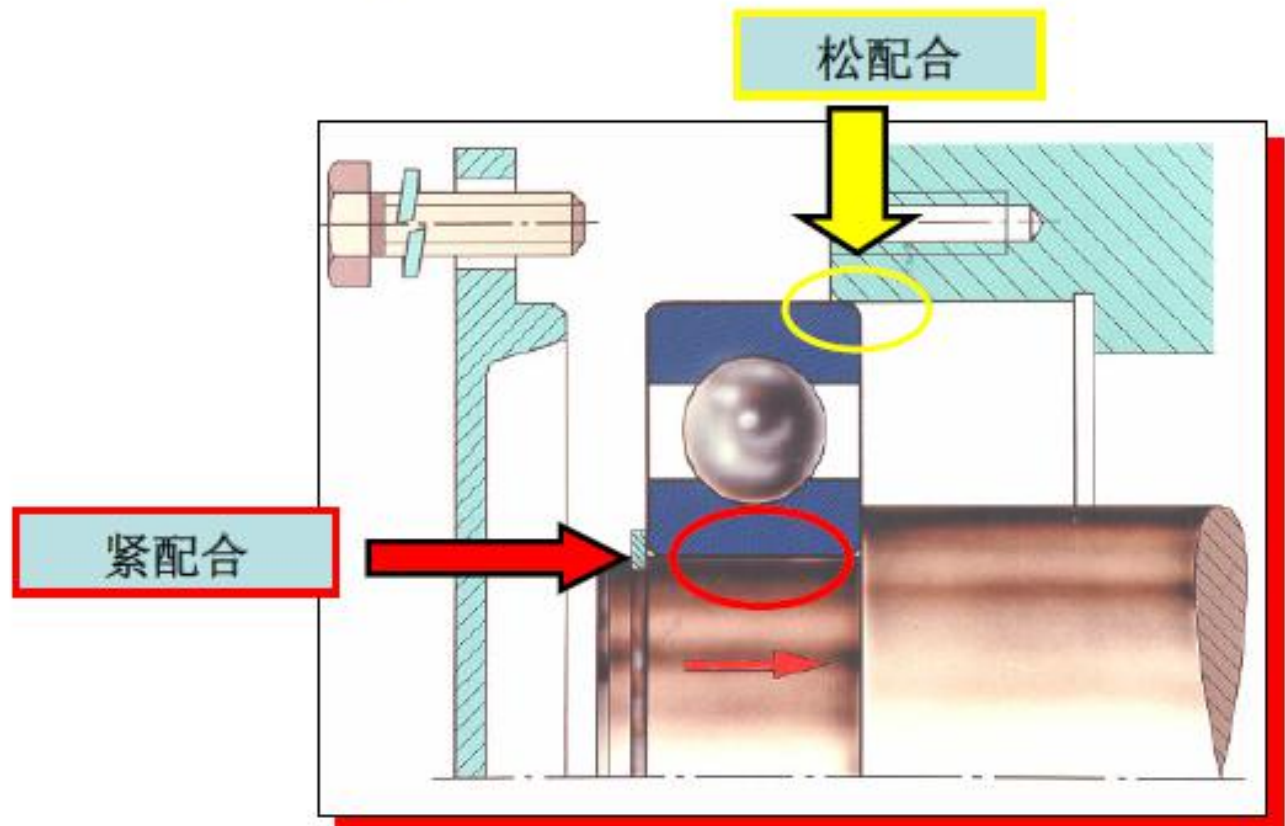
$$C_a = \frac{1 + q_a^2}{1 - q_a^2} + \nu_a \quad (G. 0. 1-3)$$

$$C_i = \frac{1 + q_i^2}{1 - q_i^2} - \nu_i \quad (G. 0. 1-4)$$



冷态安装轴承 (安装不可分离轴承)

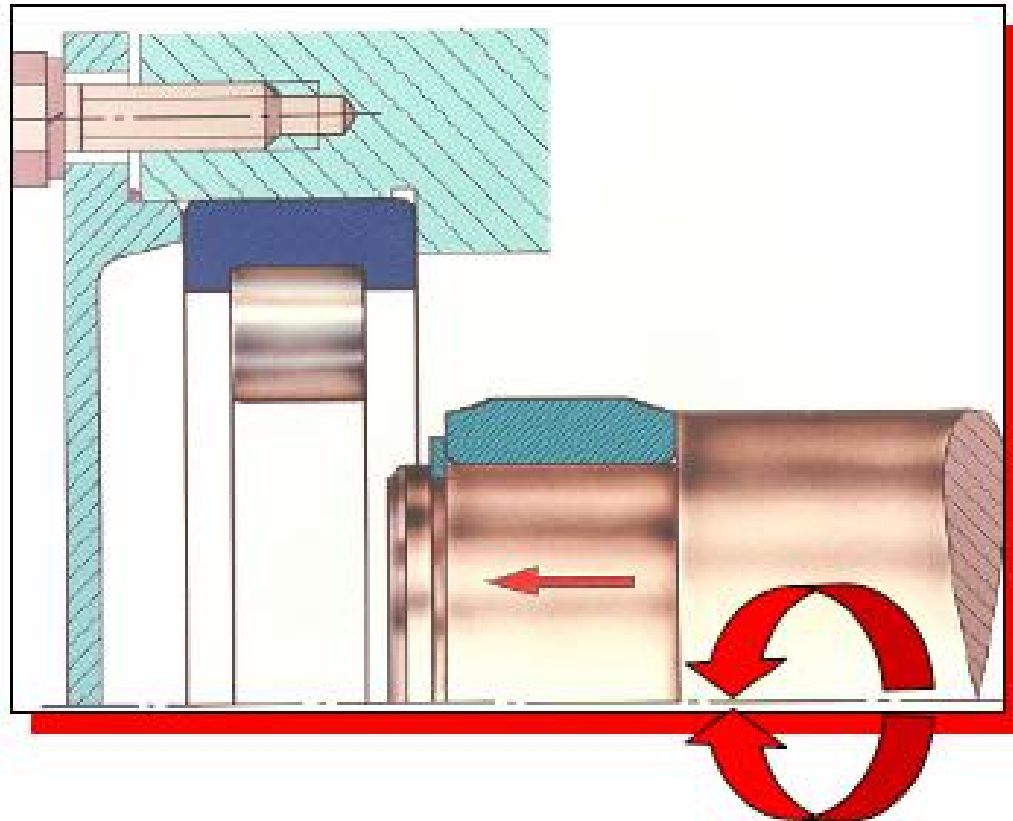
- 安装力必须均衡作用于紧配合的轴承圈上 (通常是内圈 IR)
- 将已经安装好的部件滑入 (采取松配合) 其它元件 (通常是装入一个壳体)





冷态安装轴承 (可分离式轴承)

- 分别装配内、外圈
- 边旋转边将内圈/轴滑入外圈/壳体

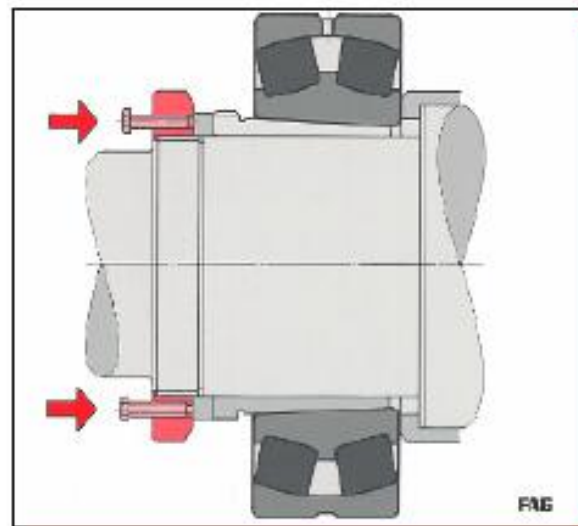
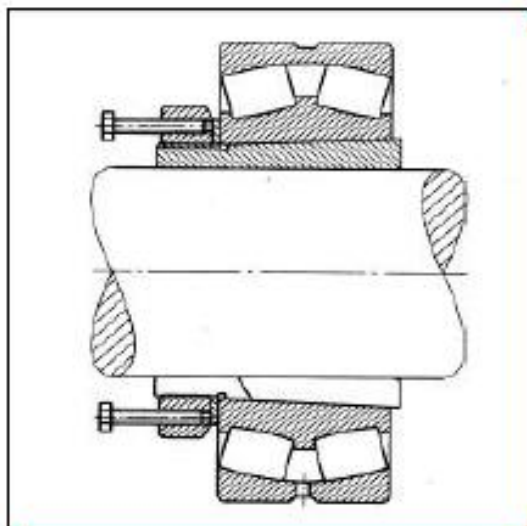
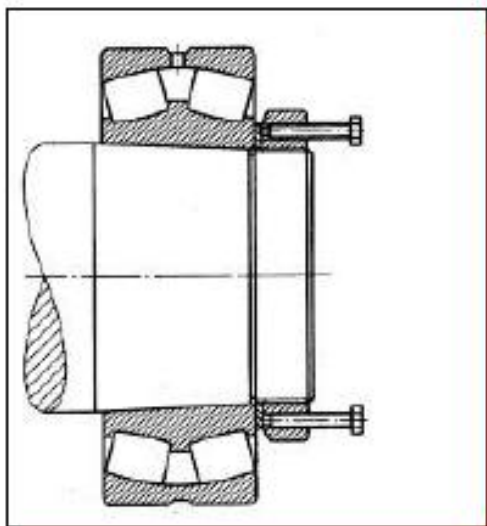




冷态安装轴承 (安装锥孔式轴承)

锁紧螺母及止推螺钉，只适合小到中等尺寸轴承

- 在安装表面稍微涂些油；
- 使用一个安装垫圈，用来保护轴承/轴套端面。

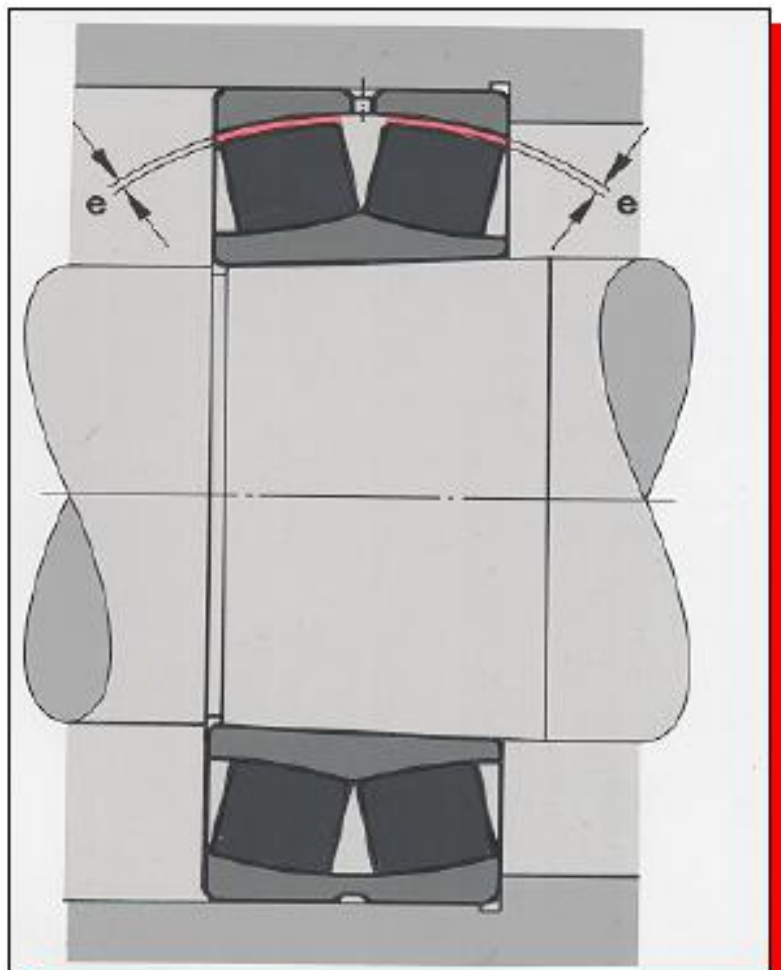




大唐吉林发电有限公司
Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.

拉拔轴承 (三块式夹盘)





使用一个塞尺测量径向游隙（RIC）！

- 小轴承要精确测量比较困难！
- 大轴承的精确测量比较困难.



横向过盈连接的装配宜采用温差法；加热包容件时，加热应均匀，不得产生局部过热；未经热处理的装配件，加热温度应小于400℃；经过热处理的装配件，加热温度应小于回火温度；加热和冷却的温度宜按本规范附录G第G.0.3条和第G.0.4条计算；

G.0.2 横向过盈联接采用温差法装配时，其最小装配间隙可按表 G.0.2 的规定确定。

表 G.0.2 最小装配间隙(mm)

配合直径	≤3	>3~6	>6~10	>10~18	>18~30	>30~50	>50~80
最小间隙	0.003	0.006	0.010	0.018	0.030	0.050	0.059
配合直径	>80~120	>120~180	>180~250	>250~315	>315~400	>400~500	—
最小间隙	0.069	0.079	0.090	0.101	0.111	0.123	—

G.0.3 横向过盈联接采用温差法装配时，包容件的加热温度可按式计算：

$$t_r = \frac{Y_{\max} + \Delta}{\alpha_2 \cdot d_3} + t \quad (\text{G.0.3})$$

式中 t_r ——包容件的加热温度(℃)；

$Y_{\max}$ ——最大过盈值(mm)；



G.0.4 横向过盈联接采用温差法装配时,被包容件的冷却温度,可按下式计算:

$$t_1 = \frac{Y_{\max} + \Delta}{\alpha_1 \cdot d_3} + t \quad (\text{G.0.4})$$

式中 t_1 ——被包容件的冷却温度($^{\circ}\text{C}$);

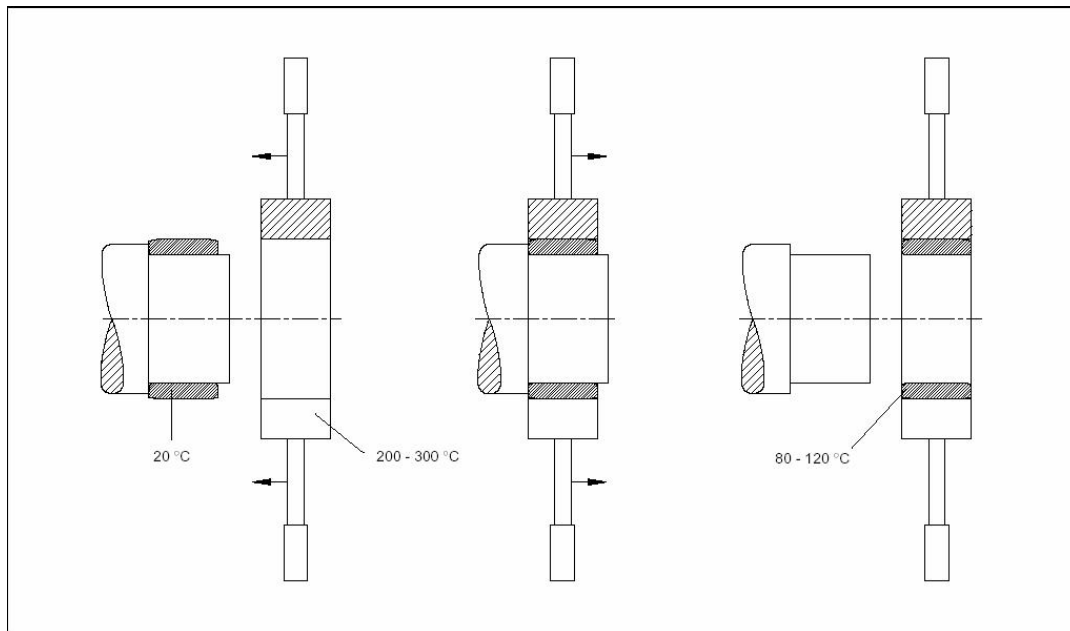
α_1 ——冷却线膨胀系数($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$),可按表 G.0.1-3 的规定确定。

G.0.5 冷却方式可按表 G.0.5 确定。

表 G.0.5 冷却方式

冷却温度($^{\circ}\text{C}$)	冷却方式
冷至-78	干冰
冷至-120	液氮
冷至-195	液氮

热态安装轴承



Technical Information

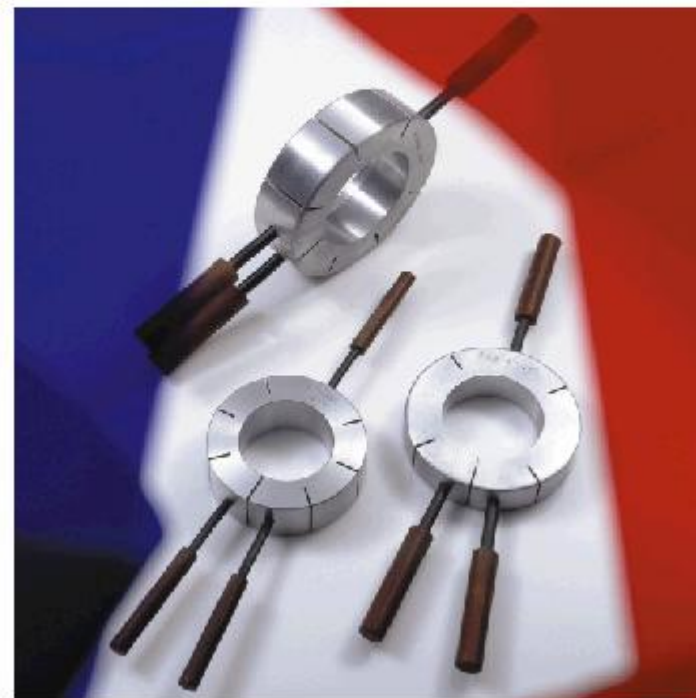
TI No. WL 80 9 E

July 2001



FAG Heating Rings

Uncomplicated devices for extracting cylindrical roller bearing inner rings

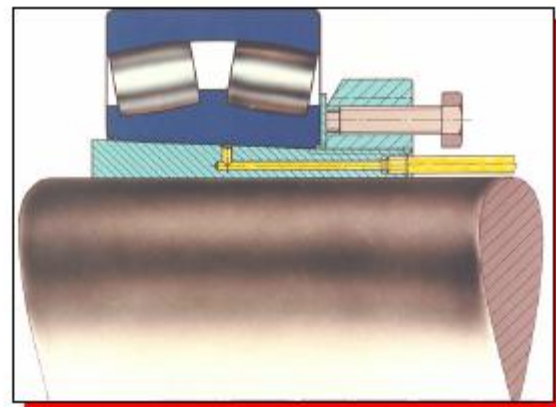
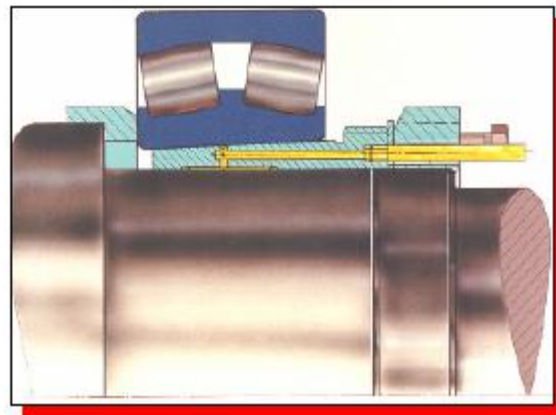
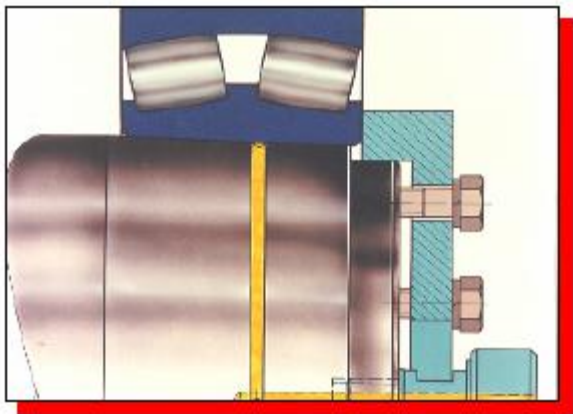




液压安装轴承

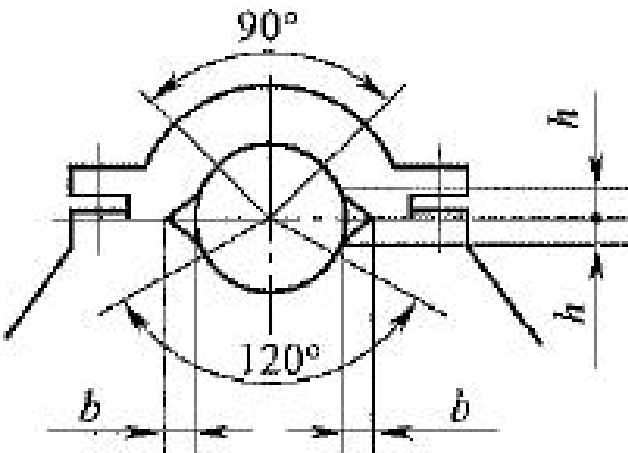
- 液压法用于大型轴承；
- 液压油被注入安装面之间。

在测量径向内部游隙前，将油压卸荷
并排油至少**20分钟**！



滚动轴承装配

表 5.6.3 轴承座孔和轴承盖孔的修整尺寸 (mm)

轴承外径	b	h	简 图
≤ 120	≤ 0.10	≤ 10	 The diagram shows a cross-section of a bearing housing. A central circle represents the bearing bore. Two horizontal lines extend from the center to the left and right edges, labeled 'b'. Two vertical lines extend from the center to the top and bottom edges, labeled 'h'. The top edge is marked with a 90° angle, and the bottom edge is marked with a 120° angle. The housing has a flange on the left and a mounting flange on the right.
$> 120 \sim 260$	≤ 0.15	≤ 15	
$> 260 \sim 400$	≤ 0.20	≤ 20	
> 400	≤ 0.25	≤ 30	

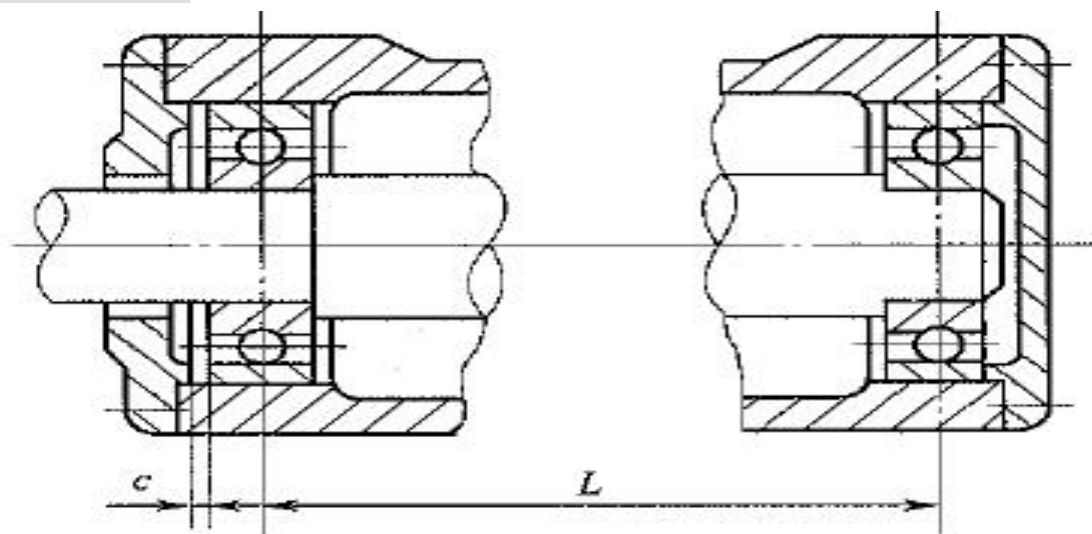


图 5.6.5 向心轴承装配间隙

L ——两轴承的中心距； c ——轴承外座圈与端盖间的间隙

$$c = L\alpha\Delta t + 0.15 \quad (5.6.5)$$

式中 c ——轴承外座圈与端盖间的间隙(mm)；

L ——两轴承的中心距(mm)；

α ——轴材料的线膨胀系数，按本规范附录 G 中表 G.0.1-3 的规定选取；

Δt ——轴工作时的最高温度与环境温度的差值(℃)；

0.15——轴热胀后应剩余的间隙(mm)。

试运转的条件

机械设备的试运转，应具备下列条件：

- 1机械设备及其附属装置、管线等均已安装完毕；
- 2机械设备的安装水平已调整至允许的范围；
- 3与安装有关的“几何精度”经检验合格；
- 4试运转需要的动力、介质、材料、机具、检验仪器，应符合“试运转”的要求；
- 5润滑、液压、冷却、水、气（汽）和电气等系统，应符合系统单独调试和主机联合调试的要求；
- 6对人身或机械设备可能造成损伤的部位，相应的安全设施和安全防护装置应设置完善；
- 7对大型、复杂和精密设备，编制的试运转方案或试运转操作规程，应经有关技术主管批准和同意；
- 8试运转机械设备周围的环境应清扫干净，不得产生粉尘和较大的噪声。

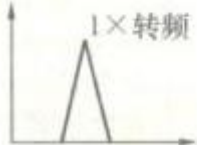
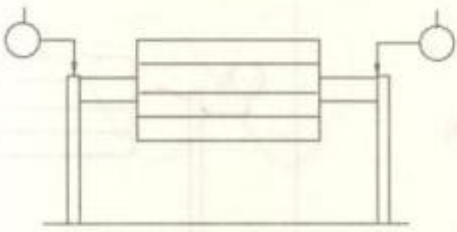
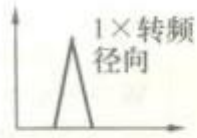
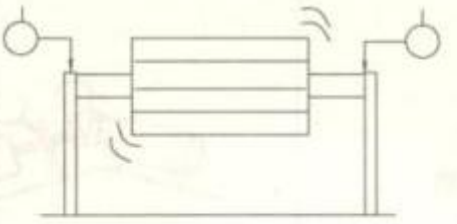


机械设备基础质量国家标准

- 1主运动机构和各运动部件应运行平稳，应无不正常的声响；摩擦面温度应正常无过热现象；
- 2主运动机构的轴承温度和温升应符合有关规定；
- 3润滑、液压、冷却、加热和气动系统，有关部件的动作和介质的进、出口温度等均应符合规定，并应工作正常、畅通无阻、无渗漏现象；
- 4各种操纵控制仪表和显示等，均应与运行实际相符，工作正常、正确、灵敏和可靠；
- 5机械设备的手动、半自动和自动运行程序，速度、进给量及进给速度等，均应与控制指令或控制带要求相一致，其偏差应在允许的范围之内。

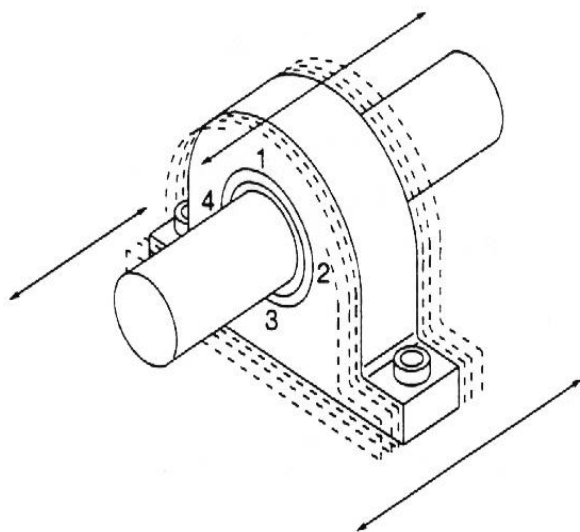


机械设备基础质量国家标准

故障源	典型的图谱	相位关系	说 明
1 力不平衡	 1×转频		力不平衡特征为同相位且转速稳定, 不平衡幅值按转速的平方增大(转速增加3倍, 则振动增加9倍)总存在1×转频分量, 并在频谱中占优势。在转子重心平面稍加一个平衡重量, 可修正此力不平衡
2 力偶不平衡	 1×转频 径向		力偶不平衡在轴两端相位相反, 总存在1×转频分量且在频谱中占优势, 幅值随增高转速的平方变化, 可能会引起轴向和径向振动, 至少在两个平面内加平衡重量修正力偶不平衡

振动诊断中利用相位分析

轴承座是做前后振动，还是做扭转振动：测量轴向1、2、3、4点上的振动相位



PHASE

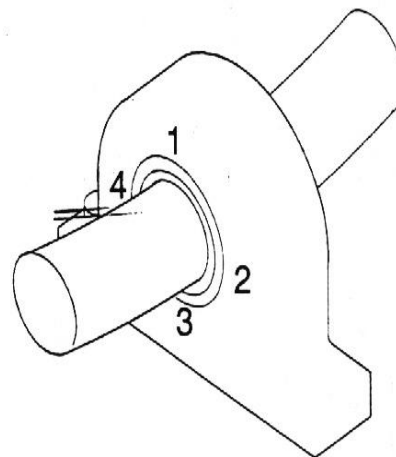
1 150°

2 150°

3 150°

4 150°

相位显示轴承座是在做平面运动



PHASE

1 60°

2 150°

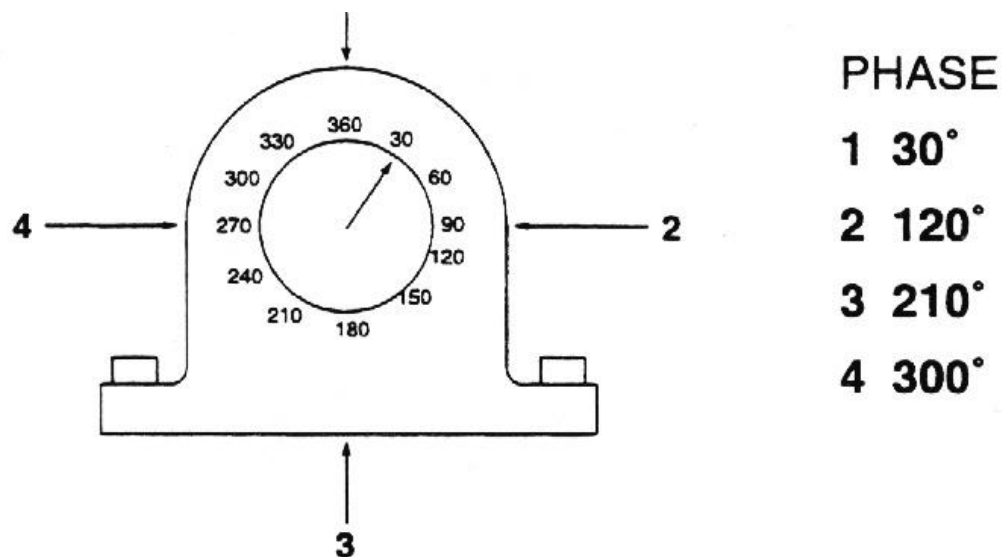
3 240°

4 330°

如果，1、3两测点相位相差180度，说明轴承存在上、下翘起，

如果在测点2、和测点4之间的相位相差180度，说明轴承座左右扭曲振动，可能是由于轴弯曲或轴承翘起引起。

不平衡的相位表现



- 径向振动相位测量，分析不平衡问题
 - 在相邻且位置相差90度的测点上，测得的振动相位相差约90度
 - 如果此相位角较大地偏离90度，意味着存在着一个除不平衡以外的其它问题。

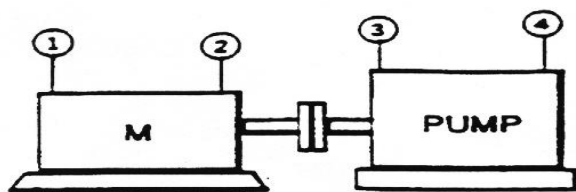


TABLE A
PHASE AT 1X RPM FOR A MACHINE WITH DOMINANT STATIC UNBALANCE

DIR.	1	2	3	4
A	60°	*70°	60°	*80°
H	30°	25°	30°	40°
V	120°	110°	120°	135°

* Corrected phase values accounting for 180° orientation of accelerometer

TABLE B
PHASE AT 1X RPM FOR A MOTOR WITH DOMINANT COUPLE UNBALANCE

DIR.	1	2	3	4
A	60°	*70°	60°	*80°
H	30°	210°	200°	180°
V	120°	295°	280°	300°

* Corrected phase values accounting for 180° orientation of accelerometer

TABLE C
PHASE AT 1X RPM FOR A MACHINE WITH DOMINANT STATIC UNBALANCE

DIR.	1	2	3	4
A	60°	*70°	60°	*80°
H	30°	90°	80°	70°
V	120°	180°	170°	165°

* Corrected phase values accounting for 180° orientation of accelerometer

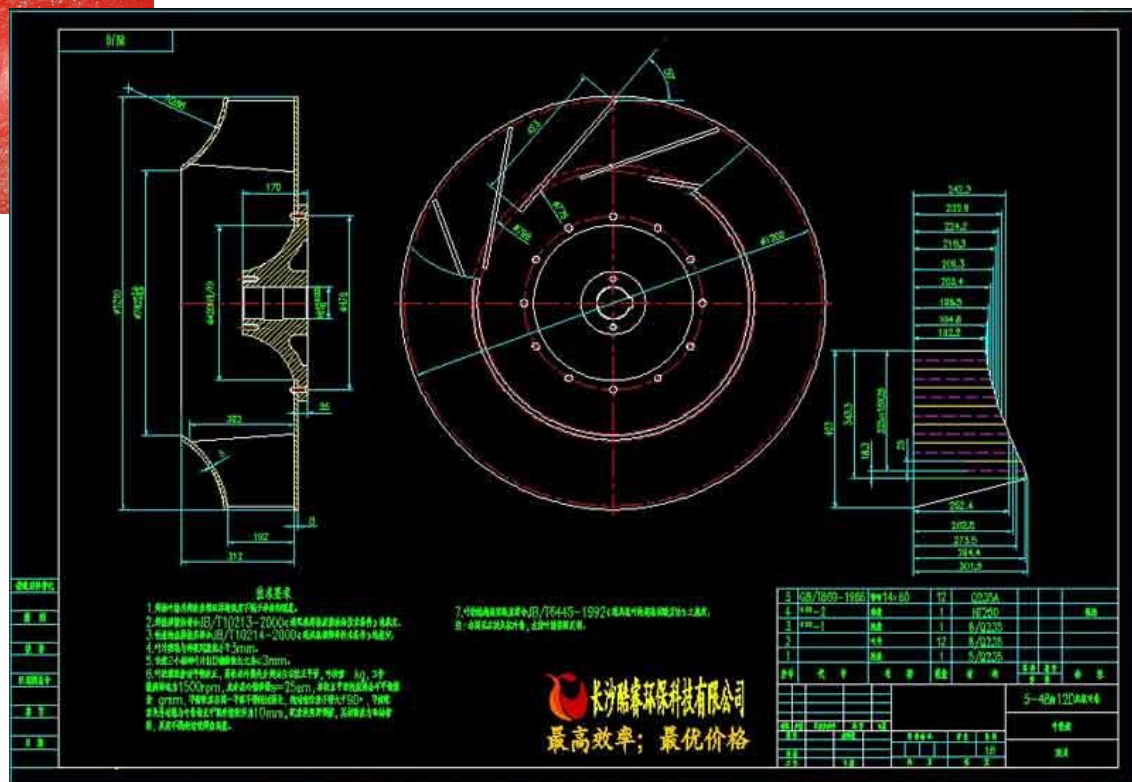
不平衡的相位表现

- 比较转子两端轴承座上水平和垂直相位差，确认不平衡
- 确定定1XRPM振动幅值是较高的，并且在两个轴承座上水平方向的振动相位差等于垂直方向的振动相位差($\pm 30^\circ$)。这说明，转子的运动状态在水平方向和垂直方向是相同的，否则，其主要问题可能就不会是不平衡问题了。



大唐吉林发电有限公司
Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.

(二) 设备振动实例讲解





大唐吉林发电有限公司
Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.

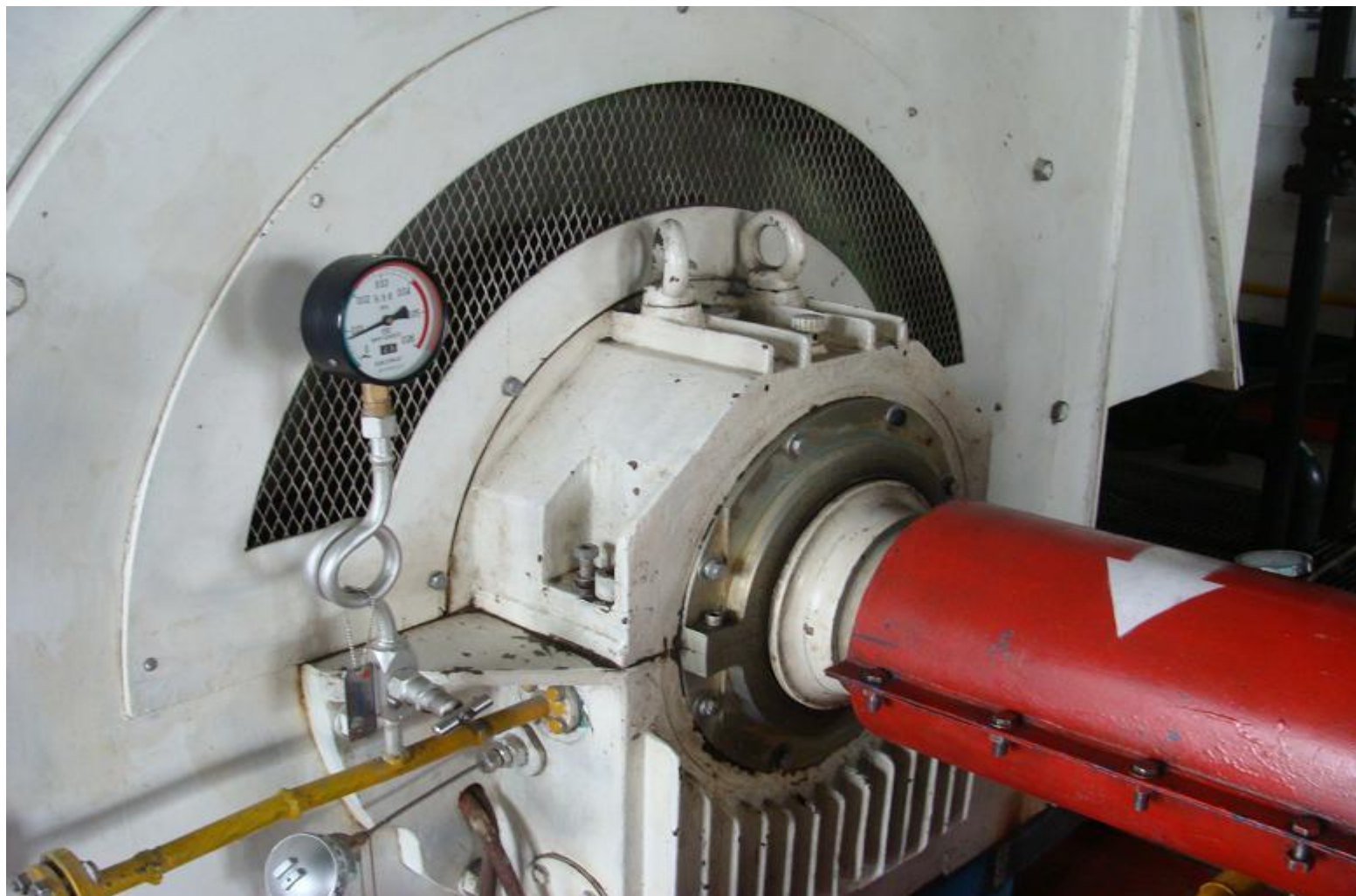
(二) 设备振动实例讲解





大唐吉林发电有限公司
Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.

(二) 设备振动实例讲解





大唐吉林发电有限公司
Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.

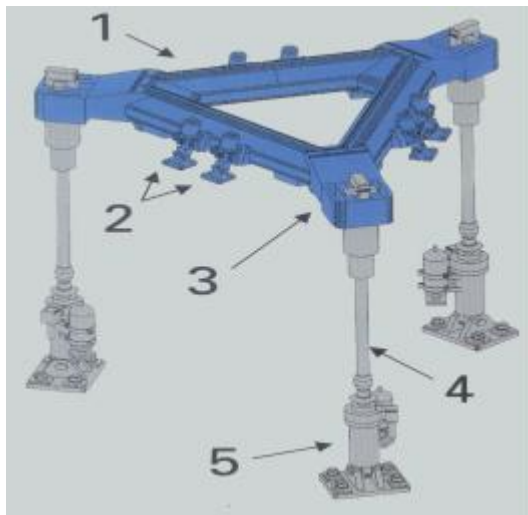
(二) 设备振动实例讲解





大唐吉林发电有限公司
Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.

(二) 设备振动实例讲解





（三）设备振动点检趋势分析

诊断设备的选定、测定参数的选择、测定周期的确定、判断标准的确定、劣化监控表的制作、点检趋势诊断实例

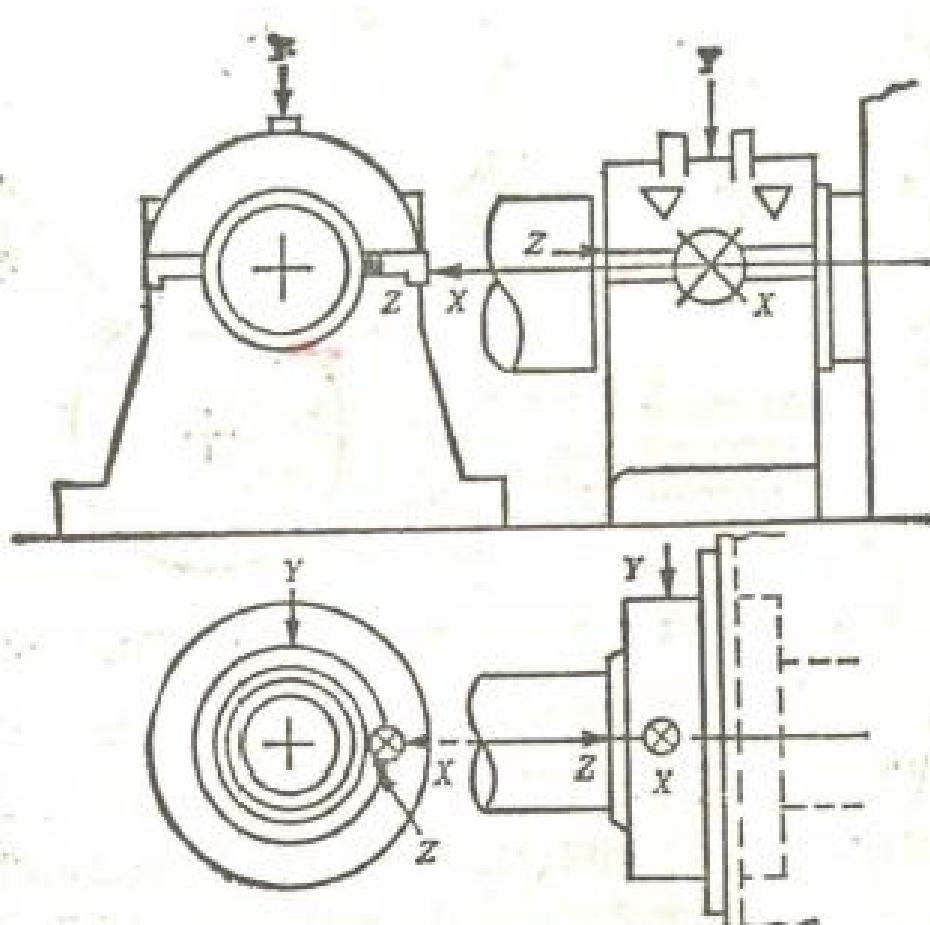


图5.4 振动测定位置和方向

不平衡在水平方向上

不同轴在轴向上

松动在垂直方向上

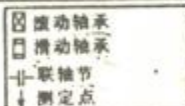


大唐吉林发电有限公司

Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.

简易诊断数据卡

机械简图



生产队号: _____ 设备编号: _____ 原机编号: _____

工厂名称: NO.4 高炉

设备名称: NO.2 煤气鼓风机

主要参数: 电动机转速: 2555 rpm
电动机轴数: _____
轴承型式: 滚动轴承
轴径: 80 mm

初期值 测定条件: 低速负荷运转 上段: 速度 下段: 加速度

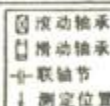
测定位置	1	2	3	4	5	6
H (水平)	0.13	0.12	0.11	0.12		
V (垂直)	0.09	0.03	0.027	0.065		
A (轴)	0.1		0.12			

检测周期	速度 [cm/s]						加速度 [G]				备注
	① H	② H	③ A	④ H	⑤ A	⑥ H	① V	② V	③ V	④ V	
2/20	0.13	0.12	0.1	0.11	0.12	0.12	0.09	0.03	0.027	0.065	
3/10	0.15	0.12	0.11	0.16	0.12	0.11	0.09	0.055	0.028	0.077	
4/6	0.12	0.12	0.1	0.06	0.1	0.11	0.05	0.012	0.05	0.6	
5/30	0.11	0.12	0.1	0.09	0.08	0.1	0.025	0.016	0.05	0.67	
7/26	0.1	0.12	0.1	0.08	0.04	0.11	0.038	0.015	0.065	0.7	
9/7	0.08	0.13	0.1	0.1	0.04	0.12	0.05	0.015	0.07	0.65	
10/24	0.19	0.27	0.12	0.26	0.06	0.35	0.08	0.03	0.1	1.1	
11/24	0.23	0.29	0.13	0.35	0.07	0.46	0.06	0.034	0.1	0.65	12月: 鼓风机
1/8	0.12	0.13	0.1	0.1	0.07	0.14	0.08	0.04	0.07	0.7	修理叶轮
1/31	0.07	0.09	0.13	0.06	0.04	0.08	0.05	0.04	0.06	0.9	
2/28	0.1	0.13	0.07	0.07	0.04	0.1	0.04	0.02	0.06	0.65	
4/4	0.12	0.14	0.2	0.1	0.08	0.12	0.06	0.04	0.06	0.85	
5/19	0.12	0.15	0.12	0.11	0.07	0.11	0.09	0.03	0.07	0.9	
6/14	0.12	0.15	0.12	0.1	0.05	0.12	0.07	0.04	0.06	1.0	
7/28	0.12	0.14	0.13	0.1	0.06	0.15	0.06	0.03	0.07	1.3	
9/12	0.15	0.15	0.28	0.1	0.07	0.25	0.05	0.02	0.09	1.2	调平衡
9/16	0.02	0.02	0.03	0.09	0.04	0.09	0.12	0.11	0.15	0.09	
9/39	0.06	0.06	0.06	0.06	0.04	0.11	0.05	0.02	0.08	1.2	
10/8	0.07	0.07	0.07	0.06	0.05	0.1	0.03	0.03	0.06	1.3	
11/6	0.06	0.06	0.05	0.07	0.04	0.09	0.04	0.03	0.07	1.0	

简易诊断

趋向管理卡

机械简图



生产队号: _____ 设备编号: _____ 原机编号: _____

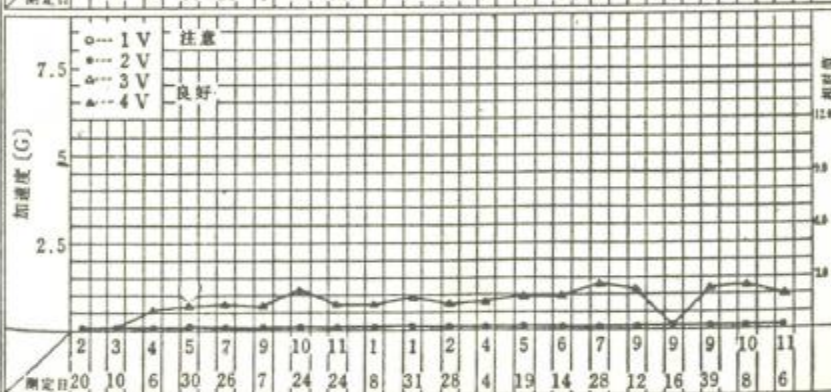
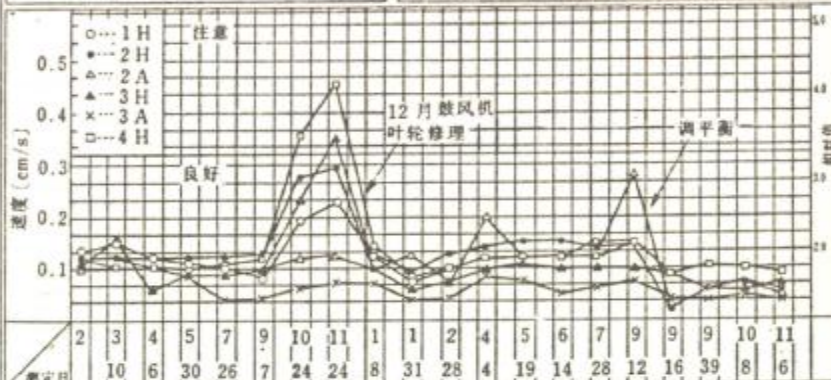
工厂名称: NO.4 高炉

设备名称: NO.2 煤气鼓风机

主要参数: 电动机转速: 2555 rpm
电动机轴数: _____
轴承型式: 滚动轴承
轴径: 80 mm

初期值 测定条件: 低速负荷运转 上段: 速度 下段: 加速度

测定位置	1	2	3	4	5	6
H (水平)	0.13	0.12	0.11	0.12		
V (垂直)	0.09	0.03	0.027	0.065		
A (轴)	0.1		0.12			





大唐吉林发电有限公司

Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.

简易诊断数据卡

生产线号: 设备编号: 原有编号: 主要规格: 电动机转速: 800 rpm
轴承型式: 轴径 80 mm

工厂名称: 第二热轧工厂

设备名称: 热金属输送辊道辊子

机械简图:

初期值: 测定条件 低速启动运转 上段: 速度 下段: 加速度

测定位置	1	2	3	4	5	6
H (水平)						
V (垂直)	0.2	0.33				
A (轴)	0.1	0.05				

点检周期	速度 (cm/s)		加速度 (G)		备注
测定日	① V	② V	① V	② V	
9/9	0.2	0.33			
10/3	0.5	0.4			
10/20	0.2	0.3			
11/4	0.4	0.2			
12/2	0.2	0.5			
12/24	1.0	0.2			
1/23	2.5	5.5			
2/6	1.0	5.1			
2/23	0.9	4.8			2/27 紧固螺栓
3/7	0.15	0.5			3/1 更换传送皮带
3/13	0.2	1.0			3/1 电机螺栓松动
4/5	0.2	0.4			3/15 联轴器的螺栓已紧固
5/9	0.2	0.4			
6/5	0.2	0.5			
7/13	0.15	0.5			
8/7	0.2	0.4			
9/10	0.15	0.4			
10/5	0.15	0.4			
10/30	0.15	0.4			
11/20	0.1	0.4			

简易诊断 趋向管理卡

生产线号: 设备编号: 10石24号 主要规格: 电动机转速: 800 rpm
轴承型式: 轴径 80 mm

工厂名称: 第二热轧工厂

设备名称: 热金属输送辊道辊子

机械简图:

初期值: 测定条件 低速启动运转 上段: 速度 下段: 加速度

测定位置	1	2	3	4	5	6
H (水平)						
V (垂直)	0.2	0.33				
A (轴)	0.1	0.05				

LO/值

速度 (cm/s)

注意 危险

3/1 更换传送皮带

2/27 紧固螺栓

危险

注意

加速度 (G)

9/9 10/3 10/20 11/4 12/2 12/24 1/23 2/6 2/23 3/7 3/13 4/5 5/9 6/5 7/13 8/7 9/10 10/5 10/30 11/20



二、常见故障诊断图表

附表 2-1 振动原因及振动特征

振动原因		主要频率											电的			主要振幅的方向和位置									
		0 ~ 40 % 工频	40% ~ 50% 工频	50% ~ 100% 工频	1 倍 工频	2 倍 工频	高阶 工频	0.5 倍工 频	0.25 倍工 频	低阶 工频	奇数 频率	极高 频率	线频	多倍 线频	差频	垂 直	水 平	轴 向	轴	轴 承	箱 体	基 础	管 道	联轴 节	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	初始不平衡				90	5	5									40	50	10	90	10					
2	转子永久弓形变形或 转子上碎块飞出(叶片)				90	5	5									40	50	10	90	10					
3	转子临时呈弓形				90	5	5									40	50	10	90	10					
4	箱体随温度而变 (箱体永久变形)	—	10	—	80	5	5									40	50	10	90	10					
5	基础变形		20		50	20					10					40	50	10	40	30	10	10	10		
6	密封碰磨	10	10	10	20	10	10			10	10	10				30	40	30	80	10	10				
7	转子轴向碰磨	—	20	—	30	10	10			10	10	10				30	40	30	70	10	20				
8	不对中				40	50	10									20	30	50	80	10	10				
9	管道力				40	50	10									20	30	50	80	10	10				
10	轴颈和轴承偏心				80	20										40	50	10	90	10					
11	轴承损坏	10	10	—	40	20										30	40	30	70	20	10				
12	轴承和支座的振动刺 激(油膜等)	40	40	10	6											40	50	10	50	20	20	10			
13	不相等轴承刚度(水平 —垂直)					90	10 临 界转速									40	50	10	40	30	30				



振动原因		主要频率											电的			主要振幅的方向和位置								
		0 ~ 40 % 工频	40% ~ 50% 工频	50% ~ 100% 工频	1 倍 工频	2 倍 工频	高阶 工频	0.5 倍工 频	0.25 倍工 频	低阶 工频	奇数 频率	极高 频率	线频	多倍 线频	差频	垂直	水平	轴向	轴 轴	轴 承	箱 体	基 础	管 道	联轴 节
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
14	过盈不足	主要频率出现在低频或共振频率																						
	转子红套	40	40	10							10					40	50	10	60	20	20			
	轴承—衬瓦	90	—								10					40	50	10	80	10	10			
	轴承—箱体	90	—								10					40	50	10	70	20	10			
	箱体和支承	50	—								50					40	50	10	50	20	30			
15	齿轮不精确						20				20	60				30	50	20	80	10	10			
16	联轴器不精确或损坏		20		20	60	(10)									30	40	30	70	20				10
17	转子和轴承系统临界				100											40	50	10	70	30				
18	推力轴承损坏			90								10				20	30	50	60	20	20			
19	联轴器临界				100											20	40	40	10	10				80
20	悬臂部分临界				100											40	50	10	70	10				20
21	结构共振																							
	箱体		10		70	10		10					30	30	30	40	50	10		40	40	10	10	
	支座		10		70	10		10					30	30	30	40	50	10		20	50	20	10	
	基础		20		60	10		10					30	30	30	30	40	30		10	40	40	10	
	压力脉动				大多数故障与共振有关										100		30	40	30	可激起 涡动和 共振	30	30	40	
22	电刺激力振动													100		30	40	30	40		40	20		
23	传动设备刺激振动										90					30	40	30			40	40	20	
23	阀门振动											100				30	40	30			80	10	10	
24	问题的名称	以下各项可用来区别基本原理																						



大唐吉林发电有限公司

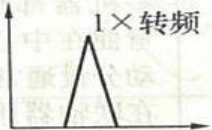
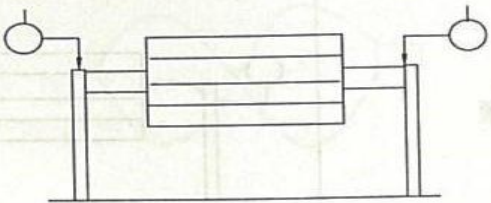
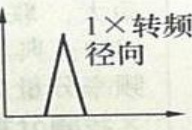
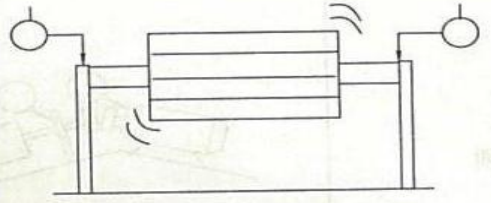
Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.

附表 2-2 振动时振幅与转速关系

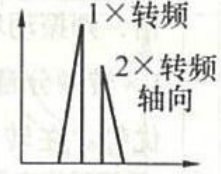
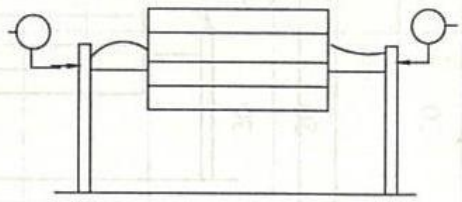
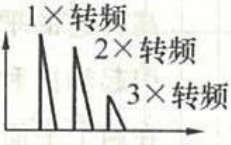
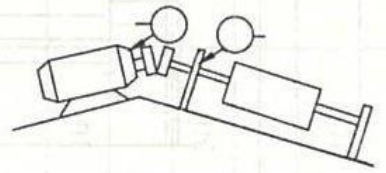
振动原因		振动时振幅与转速关系											
		不变的振幅	随转速增加	随转速下降	出现峰值	突然上升	突然下降	不变的振幅	随转速增加	随转速下降	突然上升	突然下降	
		开 车 期 间					停 车 期 间						
		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
1	初始不平衡		100		峰值在临界转速					100			
2	转子永久弓形变形或转子上碎块飞出(叶片)		100								100		
3	转子临时呈弓形	30	60	5		5		30	5	50	5	10	
4	箱体随温度而变(箱体永久变形)	30 40	50 60	5		5	10	30 40	5	50 60	5	10	
5	基础变形	20	80					20		80			
6	密封碰磨	10	70			10	10	10		70	10	10	
7	转子轴向碰磨	10	40			20	20	10		50	20	20	
8	不对中	20	30			20	20	20		40	20	20	
9	管道力	20	40			20	20	20		40	20	20	
10	轴颈和轴承偏心	40	50	10				40	10	50			
11	轴承损坏	10	50	10		20	10	10	10	50	10	20	
12	轴承和支座的振动刺激(油膜等)		10			90				40		10	
13	不相等轴承刚度(水平—垂直)		40		50	10				40		10	



附表 2-3 故障诊断图谱表

故障诊断图谱表			
故障源	典型的图谱	相位关系	说 明
1 力 不 平 衡			力不平衡特征为同相位且转速稳定, 不平衡幅值按转速的平方增大(转速增加 3 倍, 则振动增加 9 倍)总存在 $1 \times$ 转频分量, 并在频谱中占优势。在转子重心平面稍加一个平衡重量, 可修正此力不平衡
2 力 偶 不 平 衡			力偶不平衡在轴两端相位相反, 总存在 $1 \times$ 转频分量且在频谱中占优势, 幅值随增高转速的平方变化, 可能会引起轴向和径向振动, 至少在两个平面内加平衡重量修正力偶不平衡



故障源	典型的图谱	相位关系	说明
轴弯曲			轴弯曲问题会引起很高的轴向振动，同时相位差在同一机器部件上趋向于 180°。弯曲在中心附近占优势的振动分量通常为 $1 \times$ 转频，弯曲在联轴器附近占优势的振动分量为 $2 \times$ 转速(请注意，若改变传感器的方向，请考虑每次轴向测量的传感器的定位)。
角不对中			角不对中的特征是轴向振动大，联轴器两端相位差 180°。典型的将有轴向振动，频率分量为 $1 \times$ 转频分量和 $2 \times$ 转频分量。然而，还常见 $1 \times$，$2 \times$，$3 \times$ 转频分量占优势。这些特征也是联轴器有故障的指示

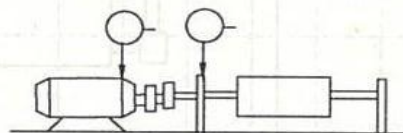
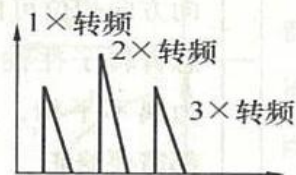


大唐吉林发电有限公司

Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.

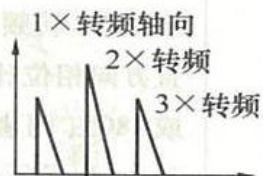
不对中

2 平行不对中
力不平衡



偏置不对中的特征是轴向振动大，联轴器两端的相位差约 180° ， $2\times$ 转频分量大于 $1\times$ 转频分量。但是 $2\times$ 转频分量的高度与 $1\times$ 转频分量高度比的大小由联轴器类型和结构决定。角不对中和平行不对中严重时，在较多阶谐波出现很高幅值振动，甚至出现类似于机械松动中的高次谐波分量。不对中严重时，联轴器结构影响频率

3 不对中的轴承在轴上摇摆

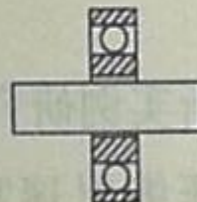
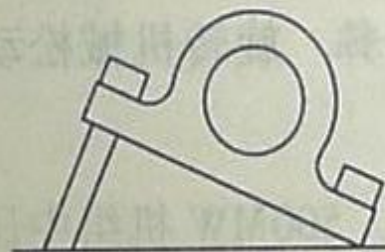
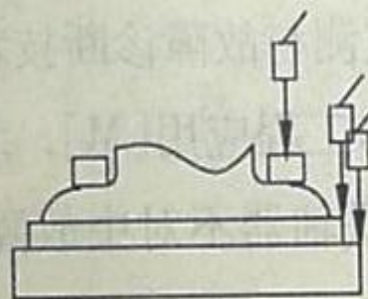
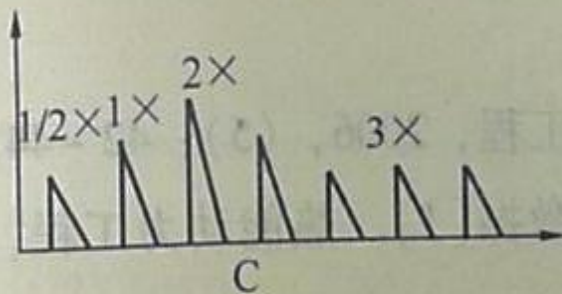
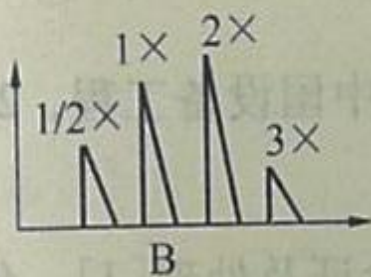
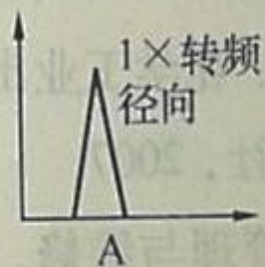


1, 2, 3, 4 均匀分布在带轮上，
相位 1 2:00 2 5:00
3 8:00 4 11:00

摇摆的轴承将产生明显的轴向振动，将引起相位角度的扭转运动，对同一轴承座的轴向方向上下或左右两侧测量时，对联轴器或松动平衡不能解决这种问题，只能卸下轴承并重新正确安装



机
械
松
动





大唐吉林发电有限公司
Datang Jilin Power Generation Co., Ltd.

谢 谢