



中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3538—2005

石油化工机器设备安装工程 施工及验收通用规范

General Specification for Construction and Acceptance of Petrochemical
Mechanical Equipment Installation Engineering

2006-01-17 发布

2006-07-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 机器设备安装准备	3
4.1 技术文件	3
4.2 开箱检验和保管	3
4.3 施工现场	4
4.4 基础检查、复测及处理	4
5 机器设备的安装	5
5.1 放线	5
5.2 有垫铁安装	5
5.3 无垫铁安装	6
5.4 地脚螺栓	7
5.5 就位、找平及找正	7
5.6 灌浆	8
5.7 转子轴对中	9
6 清洗与装配	10
6.1 一般规定	10
6.2 螺栓、键、定位销装配	10
6.3 过盈配合件装配	13
6.4 滚动轴承装配	14
6.5 滑动轴承装配	16
6.6 密封件装配	18
6.7 联轴器装配	21
6.8 传动齿轮、蜗轮、皮带及链条的装配	26
7 附属设备及管道的安装	30
7.1 附属设备安装	30
7.2 油系统、密封系统管道的安装	30
7.3 管道的酸洗、冲洗和吹扫	30
7.4 管道与机器的连接	30
8 试运转	31
8.1 条件及准备	31
8.2 附属设备的试运转	31
8.3 单机试运转	32
9 交工文件	33
附录A (资料性附录) 地脚螺栓的拧紧力矩及轴向拉力值	34
附录B (规范性附录) 压浆法与座浆法放置垫铁规则	35
附录C (资料性附录) 无垫铁安装	36
附录D (规范性附录) 钢丝直径与重锤重量的选配及钢丝自重下垂度	37

附录E (资料性附录) 灌浆用混凝土的配合比及有关资料	39
附录 F (规范性附录) 转子轴对中偏差的计算法	41
附录G (资料性附录) 激光找正方法	43
附录H (资料性附录) 金属表面的常用除锈方法	46
附录I (资料性附录) 清洗液的配方	47
附录J (资料性附录) 脱脂剂	49
附录K (资料性附录) 常用防咬合剂	50
附录L (规范性附录) 螺栓刚度及被连接件刚度的计算方法	51
附录M (资料性附录) 具有过盈的配合件装配方法	53
附录N (规范性附录) 皮带传动拉紧力的调整	54
附录O (资料性附录) 管道酸洗液配合比	55
用词说明	56
附：条文说明	57

前 言

本规范是根据原国家经贸委《关于下达 2002 年石化行业标准制修订项目计划的通知》(国经贸厅行业[2002]36 号),由北京燕华建筑安装工程有限责任公司编制。

本规范共分9章和15个附录,其中附录B、附录D、附录F、附录L、附录N为规范性附录,附录A、附录C、附录E、附录G、附录H、附录I、附录J、附录K、附录M、附录O为资料性附录。

本规范主要包括:

- 规范的适用范围;
- 石油化工机器安装过程的技术要求和规定;
- 石油化工机器零件、部件及组件的装配、步骤和技术要求;
- 联轴器装配和对中;
- 油系统、密封系统管道的酸洗、钝化、吹扫及油冲洗的技术要求;
- 石油化工机器单机试运转的基本规定;
- 交工文件的主要内容。

本规范以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由中国石化集团施工规范管理站淄博分站管理,由北京燕华建筑安装工程有限责任公司负责解释。

本规范在实施过程中,如发现需要修改补充之处,请将意见和有关资料提供给管理单位和主编单位,以便今后修订时参考。

管理单位:中国石化集团施工规范管理站淄博分站

通讯地址:山东省淄博市132#信箱

邮政编码:255438

电 话:0533 - 6295840

传 真:0533 - 7501126

主编单位:北京燕华建筑安装工程有限责任公司

通讯地址:北京市房山区燕山岗北路2号

邮政编码:102502

参编单位:北京泛泰克斯仪器有限公司

通讯地址:北京市朝阳区门外大街18号丰联广场A座2211

邮 编:100020

主要起草人:陈继然 郑占东 罗鸣

本规范为首次发布。

石油化工机器设备安装工程施工及验收通用规范

1 范围

本规范规定了石油化工机器设备安装过程、零部件组装、联轴器装配和对中、油系统、密封系统管道吹扫和油冲洗及单机试运转的技术要求与质量标准。

本规范适用于石油化工建设工程项目机器设备安装工程的施工及验收。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规范的引用而成为本规范的条款。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规范，然而，鼓励根据本规范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，其最新版适用于本规范。

GB 5903 工业闭式齿轮油

GB 7324 通用锂基润滑脂

GB/T 1184 形状和位置公差、未注公差值

GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范

JB/T 5994 装配通用技术要求

SH 3503 石油化工工程建设交工技术文件规定

SH 3505 石油化工施工安全技术规程

SH/T 3536 石油化工工程起重施工规范

3 术语和定义

3.1

机器设备 machine and equipment

通过运动完成石油化工工艺过程的压缩机组、汽轮机组、泵组、搅拌机械、过滤机、风机、干燥机等，包括主机、驱动机和附属设备，主机、驱动机又称机器。

3.2

基础放线 foundation setting out

在基础表面划出机器安装及验收所需的基准线。

3.3

定位基准 positioning datum level

用来确定机器设备安装位置的点、线、面基准。

3.4

就位 lifting in place

指将机器按规定摆放到安装位置的过程。

3.5

初找正 preliminary leveling

指地脚螺栓孔一次灌浆或锚固地脚螺栓固定前的机器安装中心、水平和标高的调整。

3.6

最终找正 final leveling

在机器的地脚螺栓紧固的情况下对机器安装中心、水平和标高的调整。

3.7

一次灌浆 first grouting

机器初找正后对地脚螺栓孔的灌浆。

3.8

二次灌浆 second grouting

对机器最终找正后对底座的灌浆。

3.9

轴对中 shaft alignment

又称联轴器找正，指调整轴线相对于基准轴线的径向位移和轴向倾斜符合规定的要求。

3.10

径向位移 radial displacement

调整轴线相对于基准轴线在径向位置上的偏移量。

3.11

轴向倾斜 axial displacement

调整轴线相对于基准轴线的倾斜程度。

3.12

装配 assembly

按规定的技术要求将若干零件组合成部件或将若干零件和部件组合成机器的过程。

3.13

压入法装配 assembling by pressing in

用静力或冲击力装配零部件的方法。

3.14

温差法装配 assembling by temperature differential

用加热包容件或冷却被包容件的方法来装配过盈配合件。

3.15

抬轴法 axis lifting

测量轴承径向间隙的方法，装好轴承，在轴颈和轴承盖的最高点各打上一只百分表，然后用专用工具缓慢均匀地将轴垂直向上抬起，直到轴承盖处的百分表产生0.005mm读数为止，测得轴颈百分表的数值就是轴承径向间隙。

3.16

压铅法 lead extrusion

测量轴承径向间隙的方法，把轴颈放在轴承下瓦上，在上瓦和轴颈之间放入软铅丝，用螺栓紧固轴承壳，然后打开轴承壳和上轴瓦，测量被压软铅丝厚度，再按公式计算出轴承径向间隙。

3.17

轴承紧力 the tight power of bearing

轴承在工作过程中，为了防止轴承在轴承座内发生转动或轴向移动，使轴承体和轴承座为过盈配合，其过盈量值称之为轴承紧力。

3.18

夹帮 **pinch from both sides**

对开式轴承体中，滚动轴承外圈与轴承座在中分面位置的间隙，不能吸收由于轴承紧力产生的变形，使轴承外圈向内变形过大，对轴承造成损坏。

3.19

修帮 **trimming mid separate of bearing**

装配对开式滚动轴承体时，对轴承盖与底座接合面按照规定要求进行修整。

3.20

刮研 **scraping**

用涂色法检查零部件之间的接触情况，利用刮刀或锉刀对接触面进行刮削，使其接触满足技术要求的方法。

3.21

脱脂 **degrease**

用脱脂剂或其他相适宜的方法除去机器设备、零部件和管路含有的油（脂）。

3.22

酸洗 **pickling**

使用特定的除锈、钝化清洗液，除去金属表面油污、锈皮和氧化层的过程方法。

3.23

油冲洗 **oil flushing**

使用润滑油或其他相适宜的溶液，循环清洗管道内表面的过程方法。

3.24

单机试运转 **solo test run**

检验机器的机械性能、安装质量符合规范和设计文件要求的运转过程。

4 机器设备安装准备

4.1 技术文件

4.1.1 机器设备安装前应具备下列技术文件：

- a) 施工合同及有关会议纪要；
- b) 安装平面布置图、基础图、安装图等；
- c) 制造厂提供的机器出厂质量证明文件、有关重要零件的质量检测报告、装配记录、试运转记录、装配图纸和安装使用说明书及装箱清单等；
- d) 相关规范。

4.1.2 石油化工机器设备安装前应编制施工技术文件。

4.2 开箱检验和保管

4.2.1 开箱检验应有建设单位、监理单位人员参加，按照装箱清单对机器进行下列项目检查，并作出检验记录：

- a) 检查包装箱号、箱数及包装状况；
- b) 核对机器的名称、型号、规格；
- c) 清点随机文件、专用工具；
- d) 进行主机、附属设备及零、部件外观检查，并核实零、部件的品种、规格、数量等。

4.2.2 机器的备品、配件和暂时不安装的零部件，应采取适当的防护措施，妥善保管。

4.2.3 凡与机器配套的电气、仪表等设备及配件，应由各专业人员进行验收。

4.2.4 机器吊装和运输时，应注意吊装标志，起重施工应执行 SH/T 3536 的规定。

4.3 施工现场

4.3.1 机器安装前，施工现场土建工程已基本结束，即基础具备安装条件，基础附近的地下工程已基本完成，场地已平整；施工运输和消防道路畅通。

4.3.2 施工用的水、电、气、汽与安装用的起重运输设备及零、部件、配件存放设施具备使用条件。

4.3.3 施工现场应具备防火、防风、防雨、防冻等安全防护设施。

4.3.4 施工安全技术和劳动保护应执行 SH 3505 的规定。

4.4 基础检查、复测及处理

4.4.1 设备基础的位置、几何尺寸和质量要求，应符合 GB 50204 的规定，并应有验收资料或记录。设备安装前应按表 1 的允许偏差对设备基础位置和几何尺寸进行复检。

4.4.2 基础上应明显地标出标高基准线、纵横中心线及预留孔中心线。在建筑物上应标有坐标轴线及标高线。重要机器的基础应有沉降观测点。

表1 机器基础尺寸及位置的允许偏差

单位：mm

项 目 名 称		允许偏差
坐标位置（纵、横轴线）		20
不同平面的标高		- 20 0
平面外形尺寸		± 20
凸台上平面外形尺寸		- 20 0
凹穴尺寸		+ 20
平面的平整度（包括地坪上需安装设备的部分）	每米	5
	全长	10
垂直度	每米	5
	全高	10
预埋地脚螺栓	标高（顶端）	+ 20 0
	中心距（在根部和顶部两处测量）	± 2
预留地脚螺栓孔	中心位置	10
	深度	+ 20 0
	孔壁的铅垂度	10
带锚板的预埋活动地脚螺栓	标高	+ 20 0
	中心位置	5
	平整度（带槽的锚板）	5
	平整度（带螺纹孔的锚板）	2

4.4.3 基础外观不得有裂纹、蜂窝、空洞、露筋等缺陷。

4.4.4 机器安装前应对基础做如下处理：

- a) 铲出麻面，麻点深度宜不小于10 mm，密度以每平方米内有3个~5个点为宜，表面不应有油污或疏松层；
- b) 放置垫铁或支持调整螺钉用的支撑板处（至周边约50mm）的基础表面应铲平；
- c) 地脚螺栓孔内的碎石、泥土等杂物和积水，必须清理干净；
- d) 预埋地脚螺栓的螺纹和螺母表面粘附的浆料必须清理干净，并进行妥善保护。

5 机器设备的安装

5.1 放线

5.1.1 机器就位前，应按施工图和有关建筑物的轴线及标高线，划出安装的基准线。

5.1.2 有相互连接、衔接或排列关系的设备，应划定共同的安装基准线。

5.1.3 平面位置安装基准线与基础实际轴线或与厂房墙（柱）的实际轴线，其允许偏差为 ± 20 mm。

5.2 有垫铁安装

5.2.1 垫铁组布置应符合下列规定：

- a) 在地脚螺栓两侧各放置一组，应使垫铁靠近地脚螺栓，当地脚螺栓间距小于300mm时，可在各地脚螺栓的同一侧放置一组垫铁；
- b) 相邻两垫铁组的间距，可根据机器的重量、底座的结构型式以及载荷分布等具体情况而定，宜为500 mm~1000 mm；
- c) 对于带锚板的地脚螺栓两侧的垫铁组，应放置在预留孔的两侧。

5.2.2 垫铁表面平整，无氧化皮、飞边等。斜垫铁的斜面粗糙度不得大于 $Ra25\ \mu\text{m}$ ，斜度宜为1：20~1：10，对于重心较高或振动较大的机器采用1：20的斜度为宜。

5.2.3 每一组垫铁的最小面积，可按公式（1）近似计算。

$$A \geq C \times (Q_1 + Q_2) \times 10^4 / Rn \dots\dots\dots (1)$$

式中：

A ——每一组垫铁的最小面积， mm^2 ；

C ——安全系数，宜取1.5~3；

Q_1 ——机器的质量加在该垫铁组上的载荷，N；

Q_2 ——地脚螺栓拧紧后，分布在该垫铁组上的压力，可取地脚螺栓拧紧后所产生的轴向力，可按附录A选用，N；

R ——基础混凝土单位面积抗压强度，可采用混凝土设计强度，MPa；

n ——垫铁组数。

A 值计算出后，可在表2中选用比计算 A 值大的垫铁；当垫铁承载能力有余，而长度不够时，可选较大规格的垫铁。垫铁加工形状见图1。

表2 常用垫铁规格

单位：mm

斜 垫 铁					平 垫 铁		
代号	L	b	c	a	代号	L	b
X1	100	50	≥ 5	4	P1	100	50
X2	120	60	≥ 5	6	P2	120	60

表2 常用垫铁规格(续) 单位 :mm

斜 垫 铁					平 垫 铁		
代号	<i>L</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	代号	<i>L</i>	<i>b</i>
X3	140	70	≥ 5	8	P3	140	70
X4	160	80	≥ 5	8	P4	160	80
X5	200	100	≥ 5	9	P5	200	100

注：垫铁厚度*h*可根据实际情况决定，底层平垫铁的厚度宜不小于10 mm。

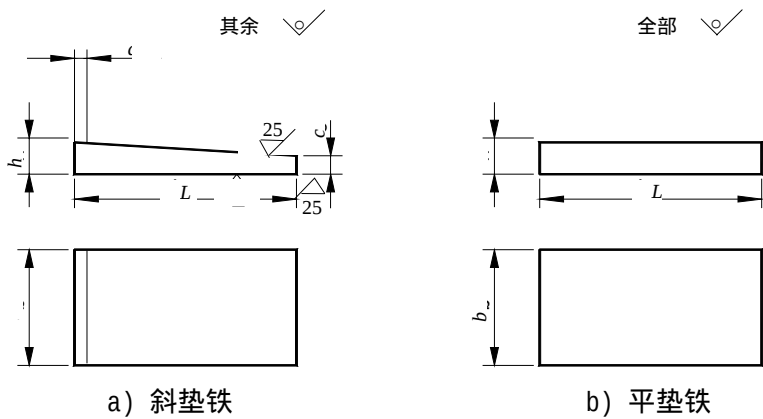


图1 垫铁

- 5.2.4 斜垫铁应配对使用，与平垫铁组成垫铁组时，垫铁的层数宜为三层（即一平二斜），最多不应超过四层，薄垫铁厚度不应小于2 mm，并放在斜垫铁与厚平垫铁之间。斜垫铁可与同号或者大一号的平垫铁搭配使用。垫铁组的高度宜为30 mm ~ 70 mm。
- 5.2.5 垫铁直接放置在基础上，应整齐平稳、接触良好，接触面积应不小于50%。平垫铁顶面水平度的允许偏差为2 mm/m，各垫铁组顶面的标高应与机器底面实际安装标高相符。
- 5.2.6 若采用压浆法或座浆法放置垫铁，放置方法应符合附录B的规定。
- 5.2.7 机器找平后，垫铁组布置应符合下列要求：
- a) 每一垫铁组应放置整齐平稳，接触良好，并应露出底座10 mm ~ 30 mm；
 - b) 地脚螺栓两侧的垫铁组，每块垫铁伸入机器底座底面的长度，均应超过地脚螺栓；
 - c) 机器底座的底面与垫铁接触宽度不够时，垫铁组放置的位置应保证底座坐落在垫铁组承压面的中部；
 - d) 配对斜垫铁的搭接长度应不小于全长的3/4，其相互间的偏斜角 α 应不大于3°（见图2）。
- 5.2.8 机器用垫铁找平、找正后，对垫铁组应做如下检查：
- a) 用0.25 kg或0.5 kg的手锤敲击检查垫铁组的松紧程度，应无松动现象；
 - b) 用0.05 mm的塞尺检查，垫铁之间及垫铁与底座底面之间的间隙，在垫铁同一断面处从两侧塞入的长度总和，不应超过垫铁长（宽）度的1/3。
- 5.2.9 垫铁组检查合格后应在垫铁组的两侧进行层间定位焊焊牢，垫铁与机器底座之间不得焊接。
- 5.2.10 安装在金属结构上的机器调平后，其垫铁均应与金属结构用定位焊焊牢。
- 5.3 无垫铁安装
- 5.3.1 机器采用无垫铁安装时，应根据机器质量和底座的结构确定临时垫铁、小型千斤顶或调整螺钉位置和数量，安装方法参见附录C。

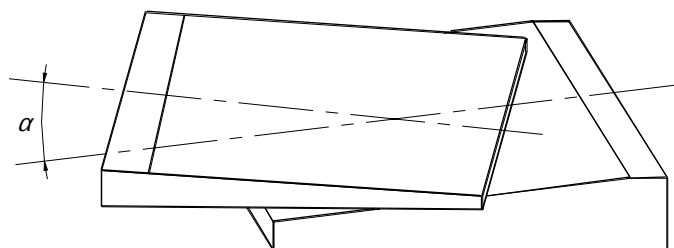


图2 斜垫铁放置位置示意

5.3.2 当机器底座上设有安装用调整螺钉时，应符合下列要求：

- a) 支持调整螺钉用的支承板放置后，其顶面水平度的允许偏差为2mm/m，且与基础接触面积不小于50%，相邻支承板的顶面标高偏差宜小于 $\pm 5\text{mm}$ ；
- b) 调整螺钉支承板的厚度宜大于螺钉的直径；
- c) 作为永久性支承的调整螺钉伸出机器底座的长度，应小于螺栓直径。

5.3.3 二次灌浆的要求，应符合本规范5.6条的规定；二次灌浆层达到设计强度的75%以上时，方允许松掉临时垫铁、小型千斤顶或顶丝，取出临时支撑件，同时复测水平度，并将空洞填实。

5.4 地脚螺栓

5.4.1 放置在预留孔中的地脚螺栓，应符合下列要求：

- a) 地脚螺栓的光杆部份应无油污或氧化皮，螺纹部份应涂上少量油脂；
- b) 地脚螺栓在预留孔中应垂直；
- c) 地脚螺栓不应碰孔底，螺栓上的任一部位离孔壁的距离不得小于15mm；
- d) 拧紧螺母后，螺栓应露出螺母，其露出长度宜为2个~4个螺距；
- e) 螺母与垫圈、垫圈与底座间均应接触良好。

5.4.2 拧紧地脚螺栓应在预留孔内的混凝土达到设计强度的75%以上时进行。拧紧力应均匀，拧紧力矩数值参见附录A的规定。

5.4.3 放置带锚板的地脚螺栓，应符合下列要求：

- a) 地脚螺栓的光杆部分及锚板，应刷防锈漆；
- b) 用螺母托着的钢制锚板，锚板与螺母之间应定位焊固定或采取其他防松措施；
- c) 当锚板直接焊在地脚螺栓上时，其角焊缝高度应不小于螺杆直径的1/2。

5.4.4 预埋的地脚螺栓应符合下列要求：

- a) 地脚螺栓的坐标及相互尺寸应符合施工图纸的要求；
- b) 地脚螺栓露出基础部分应垂直，机器底座套入地脚螺栓孔后应有调整余量，每个地脚螺栓均不得有卡涩现象。

5.5 就位、找平及找正

5.5.1 机器安装就位时，基础的强度应达到设计强度的75%。

5.5.2 机器就位后，作为定位基准的面、线和点对安装基准线的平面位置及标高允许偏差应符合表3的规定。

5.5.3 机器安装基准的选择和水平度的允许偏差应符合机器技术文件的规定。无规定时，横向水平度的允许偏差为0.10mm/m，纵向水平度的允许偏差为0.05mm/m。机器找平时，不应用松紧地脚（支脚）螺栓来调整机器水平。

表3 定位基准的面、线、点对安装基准线的允许偏差 单位：mm

项 目	允 许 偏 差	
	平 面 位 置	标 高
与其他设备无机械联系	± 5	± 5
与其他设备有机械联系	± 2	± 1

5.5.4 机器找平及找正时，安装基准测量点应在下列部位中选择：

- a) 机体上水平或铅垂方向的主要加工面；
- b) 支承滑动部件的导向面；
- c) 转动部件的轴颈或外露轴的表面；
- d) 联轴器的端面及外圆周面；
- e) 机器上加工精度较高的表面。

5.5.5 当测量直线度、平行度和同轴度采用重锤水平拉钢丝测量方法时，应符合下列规定：

- a) 宜选用直径为0.35mm～0.5mm的整根钢丝；
- b) 两端应用滑轮支撑在同一标高面上；
- c) 钢丝直径与重锤质量的选配及钢丝自重下垂度应符合附录D的规定。

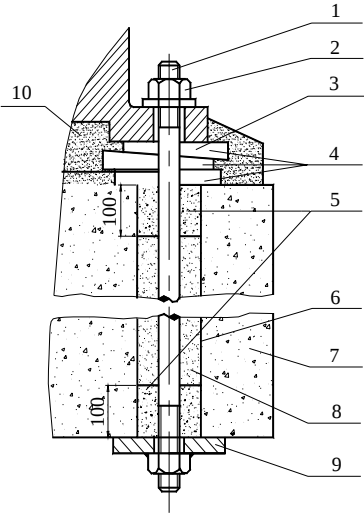
5.6 灌浆

5.6.1 一次灌浆工作，应在机器的初找平、找正后进行。二次灌浆工作，应在隐蔽工程检查合格、机器的最终找平、找正后24h内进行。

5.6.2 在捣实地脚螺栓预留孔中的混凝土时，不得使地脚螺栓歪斜或使机器产生位移。

5.6.3 带锚板的地脚螺栓孔，应按图3的要求进行浇灌：

- a) 锚板应与基础底面平行并紧密接触，保证砂浆不外流和地脚螺栓垂直；
- b) 填充砂应干燥。



1 - 地脚螺栓；2 - 螺母、垫圈；3 - 底座；4 - 垫铁组；5 - 砂浆层；6 - 预留孔；
7 - 基础；8 - 砂填充层；9 - 锚板；10 - 二次灌浆层

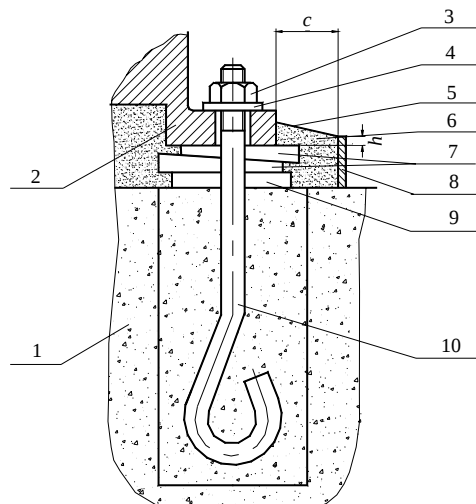
图3 带锚板地脚螺栓孔浇灌

5.6.4 与二次灌浆层相接触的底座底面应清洁无油垢。

5.6.5 二次灌浆层的高度宜为30mm～70mm。

5.6.6 二次灌浆的基础表面应用水冲洗干净,并保持湿润不少于2h,灌浆前1h应吸干积水。当环境温度低于5℃时,灌浆层应采取保温或防冻措施。

5.6.7 二次灌浆前应按图4所示安设外模板,图中 c 值应不小于60mm, h 值应不小于10mm。



1 - 基础; 2 - 底座底面; 3 - 螺母; 4 - 垫圈; 5 - 灌浆层斜面; 6 - 灌浆层;
7 - 成对斜垫铁; 8 - 外模板; 9 - 平垫铁; 10 - 地脚螺栓

图 4 地脚螺栓、垫铁和灌浆

5.6.8 二次灌浆层的灌浆施工必须连续进行,不得分次浇灌。

5.6.9 地脚螺栓预留孔内及二次灌浆层的灌浆用料,宜为细碎石混凝土,其标号应比基础混凝土的标号提高一级,灌浆用的混凝土及水泥砂浆的配合比参见附录E。

5.6.10 采用无收缩混凝土或微膨胀混凝土进行二次灌浆,应在施工前对原材料进行复检和配合比试验。对无垫铁安装,应在二次灌浆时同时制备一组试块。

5.6.11 若要求混凝土早强,可在混凝土内掺入早强剂,早强剂的配合比参见附录E。

5.6.12 灌浆用料必须现配现用,灌浆后应按规定养护。

5.7 转子轴对中

5.7.1 无间隔轴的联轴器调整两轴对中时,应符合下列要求:

- a) 转子轴的对中调整宜采用双表找正法和多表找正法;
- b) 表的量程和精度等级应满足对中找到找正的要求;
- c) 表架应有足够的刚性,并符合机器技术文件的要求;
- d) 两轴应同步转动,并应克服轴向串动的影响。

5.7.2 有间隔轴的联轴器调整两轴对中时,除符合本规范5.7.1条规定外,尚应符合下列要求:

- a) 转子轴的对中调整也可采用单表找正法;
- b) 计算调整量时应考虑找正架自身挠度对表值的影响。

5.7.3 对中偏差的计算方法见附录F的规定。

5.7.4 转子轴对中调整、同心度测量及平面度测量等可采用激光找正,找正方法参见附录G。当采用激光找正法时,应符合下列要求:

- a) 激光发生器、探测器等测量系统元件的安装应稳固;
- b) 预置输入显示器的基本技术参数,应符合机器技术文件的要求;

- c) 转子轴对中调整宜采用三点法 (0° 、 90° 和 270°)，如果机器转子盘车受到限制，不能转动 180° 时，可采用任意三点法找正，轴转动角度至少为 $2 \times 20^\circ$ ；
- d) 读数之前应先粗调整，使激光束完全射入靶区；
- e) 应先调整垂直位移，后调整水平位移，并保证激光束始终全部射入靶区；
- f) 找正过程中，应避免环境因素变化产生的影响；
- g) 应避免激光束直射入眼睛。

6 清洗与装配

6.1 一般规定

6.1.1 整体供货的机器，若需要解体检查和清洗，应符合下列要求：

- a) 审阅机器的装配图、零、部件图和说明书，了解机器拆卸解体和装配的技术要求，填写审图记录；
- b) 机器拆卸解体，应按照技术文件规定的方法和步骤进行，并正确使用各种工具；
- c) 在拆卸过程中，应及时测量拆卸件与有关零、部件的相对位置、尺寸和配合间隙，并做出相应的标识和记录；
- d) 拆卸的零、部件应分类、标识和妥善保管；
- e) 拆卸的零、部件，经清洗、检查合格后，应按技术文件的规定进行装配，并符合技术文件的要求。

6.1.2 对机器设备进行现场组装时，应符合以下要求：

- a) 了解机器结构，对机器内部和需要装配的零、部件、配合面和滑动面，进行清洗处理和外观检查，并复查其配合尺寸、相关精度；
- b) 对机器和零、部件上的油、气孔，应进行彻底的清洗和吹扫，直至无任何异物为止；
- c) 装配应按照技术文件规定的方法和步骤进行，并填写装配记录；
- d) 重要机器在封闭前，应进行相关方检查确认，合格后，方可进行机器封闭，并填写检查确认报告。

6.1.3 机器及零、部件的加工表面如有锈蚀，应进行除锈，常用除锈方法及质量要求参见附录H。清洗零、部件用的清洗液配方和选择参见附录I。

6.1.4 用低压蒸汽吹洗的零、部件，吹洗后必须及时进行干燥处理，彻底清除水分，并应涂润滑油或润滑脂防锈。精密零件及滚动轴承不得用蒸汽直接吹洗。

6.1.5 机器设备加工表面的防锈漆，应采用相应的稀释剂或脱漆剂进行清洗。

6.1.6 在禁油条件下工作的零件、部件、管道及附件应进行脱脂，常用脱脂剂参见附录J，脱脂后应将残留的脱脂剂清洗干净。

6.1.7 机器组装时，各个固定接合面应平整、清洁且无翘曲、铁锈、毛刺等，接合面组装后应用 0.05mm 的塞尺检查，插入深度应小于 20mm ，移动长度应小于检验长度的 $1/10$ ；重要的固定接合面用 0.03mm 的塞尺检查，应不能插入。

6.1.8 在高于 200°C 或具有其他特殊要求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，常用防咬合剂参见附录K。

6.2 螺栓、键、定位销装配

6.2.1 装配螺栓时，应符合下列要求：

- a) 紧固时，不宜使用活扳手，不得使用打击法；

- b) 螺栓头、螺母与被连接件的接触应紧密，对接触面积和接触间隙有特殊要求的，尚应按技术规定要求进行检验；
- c) 有预紧力要求的连接应按装配规定的预紧力进行预紧，可选用机械、液压拉伸法和加热法；钢制螺栓加热温度不得超过400℃；
- d) 螺栓与螺母拧紧后，螺栓应露出螺母2个～4个螺距；沉头螺钉紧固后，钉头应埋入机件内，不得外露；
- e) 有锁紧要求的，拧紧后应按其技术规定锁紧；用双螺母锁紧时，薄螺母应装在厚螺母之内；每个螺母下面不得用2个相同的垫圈。
- 6.2.2 不锈钢、铜、铝等材质的螺栓装配时，应在螺纹部位涂抹润滑剂。
- 6.2.3 有预紧力要求的螺栓连接，其预紧力可采用下列方法测定：
- a) 应利用专门装配工具中的扭力扳手、电动或气动扳手等，直接测得数值；
- b) 测量螺栓拧紧后伸长的长度 L_m （见图5）应按公式（2）计算；

$$L_m = L_s + \frac{P_0}{C} \dots\dots\dots (2)$$

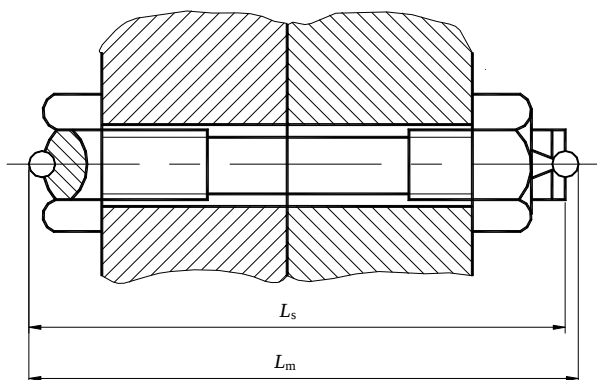


图5 伸长后的螺栓

- c) 对于大直径螺栓，可采用液压拉伸法或加热法，螺栓伸长后的长度可按公式（3）计算；

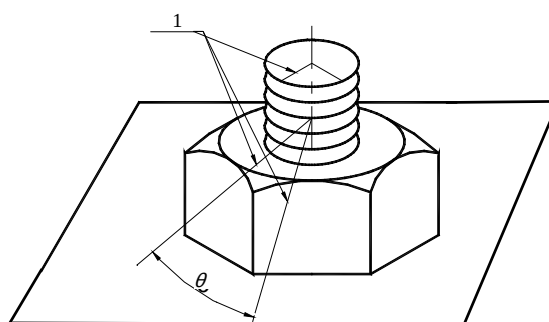
$$L_m = L_s + P_0 \left(\frac{1}{C_L} + \frac{1}{C_F} \right) \dots\dots\dots (3)$$

- d) 多拧进螺母角度达到预紧数值（见图6）其多拧进的角度值按公式（4）计算。

$$\theta = \frac{360}{t} \cdot \frac{P_0}{C} \dots\dots\dots (4)$$

上列式中：

- L_m ——螺栓伸长后的长度，mm；
- L_s ——螺栓的原始长度，mm；
- P_0 ——预紧力为设计或技术文件中要求的值，N；
- C_L ——螺栓刚度，可按本规范附录M的规定计算，N/mm；
- C_F ——被连接件刚度，可按本规范附录M的规定计算，N/mm；
- θ ——多拧进的角度值，°；
- t ——螺距，mm。



1 - 刻度线

图6 螺母多拧进角度示意

6.2.4 装配精制螺栓和高强螺栓前，应按设计文件要求检验螺栓孔直径的尺寸和加工精度，并检查处理被连接件的接合面，保持接合面干燥。

6.2.5 高强螺栓及其紧固件应配套使用。旋紧时，应分两次拧紧，初拧扭矩值不得小于终拧扭矩值的30%；终拧扭矩值应符合设计文件要求，并按公式（5）计算。

$$M = K(P + P)d \dots \dots \dots (5)$$

式中：

M ——终拧扭矩值， $N \cdot m$ ；

K ——扭矩系数，可取0.11～0.15；

P ——设计预拉力， kN ；

P ——预紧力损失值，宜为预拉力值的5%～10%， kN ；

d ——螺栓公称直径， mm 。

6.2.6 现场配制的各类型键，应符合JB/T 5994规定的尺寸和精度。键用材料的抗拉强度不应小于588MPa。

6.2.7 键的装配应符合下列要求：

- a) 检查键与键槽的表面粗糙度、平面度和尺寸，且键的表面应无裂纹、浮锈、凹痕、条痕及毛刺；
- b) 普通平键、薄型平键和半圆键，两个侧面与键槽应紧密接触，与轮毂键槽底面不接触；
- c) 普通楔键和钩头楔键的上、下面应与轴和轮毂的键槽底面紧密接触；
- d) 切向键的两斜面间以及键的侧面与轴和轮毂键槽的工作面间，均应紧密接触；装配后，相互位置应采用销固定；
- e) 机器受力面处的导向键应严密地镶入底座的键槽内，导向键与机器上键槽的配合间隙，应符合机器技术文件的要求。

6.2.8 装配时，轴键槽及轮毂键槽轴心线的对称度应按GB/T 1184的对称度公差7级～9级选取。

6.2.9 销的装配应符合下列要求：

- a) 检查销的形式和规格，应符合设计及机器技术文件的规定；
- b) 有关连接机件及其几何精度经调整符合要求后，方可装销；
- c) 装配销时不宜使销承受载荷，根据销的性质，宜选择相应的方法装入，销孔的位置应正确；
- d) 对定位精度要求高的销和销孔，装配前检查其接触面积，应符合机器技术文件的规定；当无规定时，宜采用其总接触面积的50%～75%；
- e) 装配中当发现销和销孔不符合要求时，应铰孔，另配新销；对定位精度要求高的，应在机器的

几何精度符合要求或空负荷运转试验合格后进行。

6.3 过盈配合件装配

6.3.1 装配前应测量孔和轴配合部分两端及中间的直径，根据实测的平均过盈数值，可按附录M选择适当的装配方法。

6.3.2 在常温下压装或打入的配合件，应先在配合面上涂一薄层润滑剂。装配时，作用力应均匀，不得直接击打装配件。

6.3.3 当采用温差法装配机器零、部件时，热装的最小间隙，可按表4选取，并应符合下列要求：

a) 加热包容件时，加热应均匀，不得产生局部过热，加热温度可按公式(6)计算，并符合下列规定：

- 1) 未经热处理的装配件，加热温度应小于400℃；
- 2) 经过热处理的装配件，加热温度应小于回火温度；

$$T = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_0}{\alpha \cdot d} + T_H \dots\dots\dots (6)$$

式中：

T ——包容件的加热温度或被包容件的冷却温度，℃；

$\sigma_{\max}$ ——实际测量的最大过盈值，mm；

σ_0 ——装配时所需的最小间隙，mm；

α ——包容件的加热线膨胀系数或被包容件的冷却线膨胀系数，可按本规范表5选取，1/℃；

d ——配合直径，mm；

T_H ——环境温度，℃。

表4 冷、热装配的最小间隙

单位：mm

配合直径 d	≤ 3	3 ~ 6	6 ~ 10	10 ~ 18	18 ~ 30	30 ~ 50	50 ~ 80
最小间隙 σ_0	0.003	0.006	0.010	0.018	0.030	0.050	0.059
配合直径 d	80 ~ 120	120 ~ 180	180 ~ 250	250 ~ 315	315 ~ 400	400 ~ 500	—
最小间隙 σ_0	0.069	0.079	0.090	0.101	0.111	0.123	—

表5 线膨胀系数 α

单位：1/℃

材 料	$\alpha \times 10^{-6}$	
	加 热	冷 却
碳钢、低合金钢、合金结构钢	11	8.5
灰口铸铁	10	8
可锻铸铁	10	8
非合金球墨铸铁	10	8
青铜	17	15
黄铜	18	16
铝合金	21	20
镁合金	25.5	25

b) 在标准大气压下，常用冷却剂及其冷却温度应符合下列规定：

- 1) 干冰加酒精加丙酮冷却温度可为 - 75℃；

- 2) 液氮冷却温度可为 - 120 ；
- 3) 液氮冷却温度可达 - 195 。

6.3.4 温差法装配时，应按机器技术文件规定检查装配件的相互位置及相对尺寸。加热或冷却均不得使其温度变化过快。

6.3.5 温差法装配时，应采取措施防止发生火灾及人员被灼伤或冻伤。

6.4 滚动轴承装配

6.4.1 装配滚动轴承前，应测量轴承与配合件的配合尺寸，按轴承的防锈方式选择适宜的方法清洗干净；装配的轴承应无损伤、无锈蚀、转动灵活及无异常声响。

6.4.2 滚动轴承的装配方法，应根据轴承的结构、尺寸大小和轴承件的配合性质而定，装配时的压力应直接均匀地作用到轴承座圈的端面上，不能通过滚动体传递压力，装配宜采用专用胎具。

6.4.3 采用压入法往轴上装配轴承时，胎具应顶在轴承内圈上；往孔内装配时，胎具应顶在轴承外圈上；同时往轴与孔上装配时，胎具应同时压紧轴承内外圈。

6.4.4 用温差法装配轴承时，可用机械油加热或工频感应加热（电加热）以及冷却轴承的方法，加热温度宜在100 ~ 120 范围之内；被冷却温度不得低于 - 80 。对于塑料珠架轴承，其加热温度不得超过100 。

6.4.5 承受径向及轴向负荷的滚动轴承座圈应与轴肩或轴承座挡肩靠紧；圆锥滚子轴承和向心推力轴承与轴肩的间隙不得大于0.05 mm，其他轴承的间隙宜不大于0.10 mm。轴承压盖和垫圈应平整。当技术文件有规定时，可按规定留出间隙。若无要求，可根据轴承标准中给出的轴向游隙，留出间隙。

6.4.6 装配径向间隙不可调，且轴向位移是以两端盖限定的滚动轴承，轴承外圈和轴承盖间间隙 c (图7)应符合制造厂技术文件规定。当技术文件无规定时，留出间隙可取0.20mm~0.40mm。当温差变化较大或两轴承中心距 L 大于500mm时，其留出间隙可按公式（7）计算。

$$c = \alpha \cdot L \cdot t + 0.15 \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- c ——轴承外圈与轴承端盖间的间隙，mm；
- α ——轴的线膨胀系数，宜取 α 为 12×10^{-6} ，1/ ；
- L ——两轴承间的距离，mm；
- t ——轴与壳体（轴承体）的温差，可取10 ~ 15 。

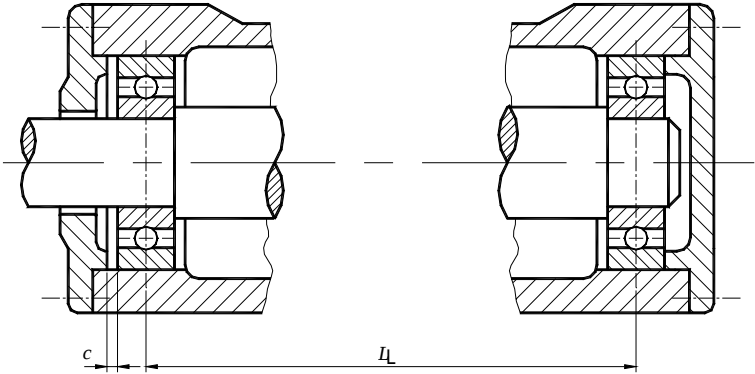
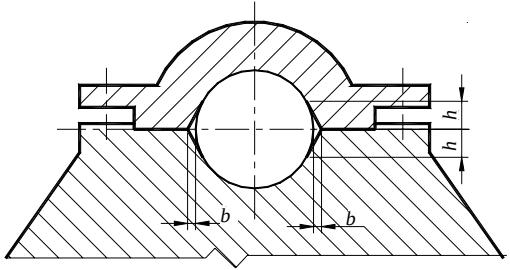


图7 轴承装配间隙

6.4.7 滚动轴承装在剖分式轴承座或对开式箱体上时，轴承盖与底座的接合面应贴合，轴承外圈与轴承座在对称中心线的120 ° 范围内，与轴承盖在对称中心线90 ° 范围内应均匀接触，并应采用0.03mm

塞尺检查，塞入长度应小于外圈长度的1/3。轴承外圈与轴承或开式箱体的各半圆孔间不得有夹帮现象。各半圆孔的修帮尺寸应符合表6的规定。

表6 滚动轴承装配修帮尺寸 单位：mm

轴承外径 D	$b_{\max}$	$h_{\max}$	简 图
$D \leq 120$	0.10	10	
$120 < D \leq 260$	0.15	15	
$260 < D \leq 400$	0.20	20	
> 400	0.25	30	

6.4.8 单列圆锥滚子轴承、向心推力球轴承、双向推力球轴承的轴向游隙应按表7调整；双列圆锥滚子轴承在装配时，应检查其轴向游隙，并符合表8的要求。

表7 滚动轴承的游隙 单位：mm

轴承内径 d	向心推力轴承		单列圆锥滚子轴承		双向推力球轴承	
	轻系列	中及重系列	轻系列	轻宽、中及中宽系列	轻系列	中及重系列
$d \leq 30$	0.02 ~ 0.06	0.03 ~ 0.09	0.03 ~ 0.10	0.04 ~ 0.11	0.03 ~ 0.08	0.05 ~ 0.11
$30 < d \leq 50$	0.03 ~ 0.09	0.04 ~ 0.10	0.04 ~ 0.11	0.05 ~ 0.13	0.04 ~ 0.10	0.06 ~ 0.12
$50 < d \leq 80$	0.04 ~ 0.10	0.05 ~ 0.12	0.05 ~ 0.13	0.06 ~ 0.15	0.05 ~ 0.12	0.07 ~ 0.14
$80 < d \leq 120$	0.05 ~ 0.12	0.06 ~ 0.15	0.06 ~ 0.15	0.07 ~ 0.18	0.06 ~ 0.15	0.10 ~ 0.18
$120 < d \leq 150$	0.06 ~ 0.15	0.07 ~ 0.18	0.07 ~ 0.18	0.08 ~ 0.20	-	-
$150 < d \leq 180$	0.07 ~ 0.18	0.08 ~ 0.20	0.09 ~ 0.20	0.10 ~ 0.22	-	-
$180 < d \leq 200$	0.09 ~ 0.20	0.10 ~ 0.22	0.12 ~ 0.22	0.14 ~ 0.24	-	-
$200 < d \leq 280$	-	-	0.18 ~ 0.30	0.18 ~ 0.30	-	-

表8 双列圆锥滚子轴承的轴向游隙

轴承内径 d mm	内、外圈温度差	
	< 25	25 ~ 30
	轴向游隙 mm	
$d \leq 80$	0.01 ~ 0.20	0.30 ~ 0.40
$80 < d \leq 180$	0.15 ~ 0.25	0.40 ~ 0.50
$180 < d \leq 225$	0.20 ~ 0.30	0.50 ~ 0.60
$225 < d \leq 315$	0.30 ~ 0.40	0.70 ~ 0.80
$315 < d \leq 560$	0.40 ~ 0.50	0.90 ~ 1.00

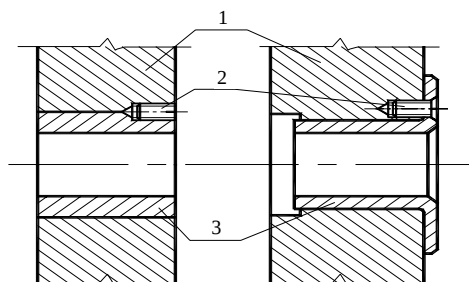
6.4.9 向心轴承、滚针轴承、螺旋滚子轴承装配后应转动灵活。当采用润滑脂的轴承时，装配后在轴承空腔内应加注65%~80%空腔容积的清洁润滑脂，但稀油润滑的轴承，不得加注润滑脂。单列向心轴承、向心推力圆锥滚子轴承、向心推力球轴承装在轴颈上和轴承座内的轴向预紧程度(轴向预过盈量)，

应按轴承标准或机器设备技术文件的规定执行。

6.5 滑动轴承装配

6.5.1 整体式滑动轴承装配宜采用压入法或冷却轴承方法,装配时除应符合本规范6.3条规定外,尚应符合下列要求:

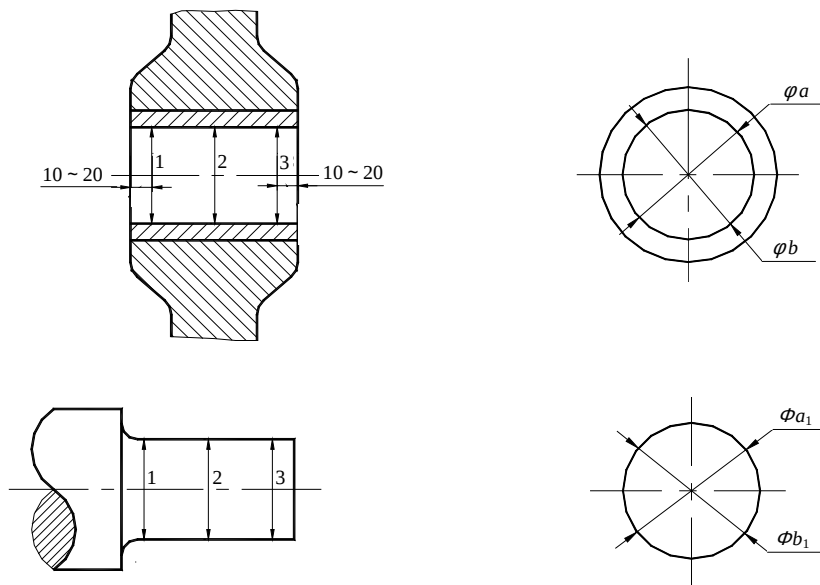
- 检查轴承和轴承体的表面情况、配合过盈尺寸、轴承油孔、油槽及油路,在确认油路畅通后方可进行装配;
- 装配前轴承表面应涂一薄层润滑油,压入时应使用软金属垫和导向轴或导向环;
- 在采用冷却轴承法装配过程中,不得用手直接拿轴承;
- 轴承和轴承体可用紧固螺钉固定(见图8)。



1 - 轴承体; 2 - 固定螺钉; 3 - 轴承

图8 轴承的固定方法

6.5.2 由于轴承与轴承体系过盈配合,装配后轴承内径可能会减小,应检查测量轴承与轴的配合间隙及其圆度和圆柱度(见图9),配合间隙应符合表9中的要求。如果轴承内径减小,可用刮研的方法进行修正,使其达到规定的配合间隙。



注1: ϕa 、 ϕb ——轴承两垂直方向上的内径。

注2: ϕa_1 、 ϕb_1 ——轴颈两垂直方向上的外径。

注3: 1、2、3——测量截面。

图9 轴承和轴颈的测量

6.5.3 对开式滑动轴承轴瓦的合金层与瓦壳应牢固紧密地结合,不得有分层、脱壳现象。合金层表面

和两半轴瓦的中分面应光滑、平整，不得有裂纹、气孔、重皮、夹渣和碰伤等缺陷。

表9 轴承与轴配合间隙

单位：mm

轴 径 d	间 隙	轴 径 d	间 隙	轴 径 d	间 隙
25	0.020 ~ 0.030	60	0.042 ~ 0.072	100	0.070 ~ 0.120
30	0.024 ~ 0.036	65	0.045 ~ 0.078	120	0.084 ~ 0.144
40	0.028 ~ 0.048	70	0.049 ~ 0.084	140	0.098 ~ 0.168
50	0.035 ~ 0.060	80	0.056 ~ 0.096	170	0.119 ~ 0.204
55	0.035 ~ 0.066	90	0.063 ~ 0.108	200	0.140 ~ 0.240

6.5.4 厚壁轴瓦装配应符合下列要求：

- 瓦背与轴承座应紧密均匀贴合，用着色法检查，接触面积不少于50%；
- 轴瓦与轴承座之间紧力，宜控制在（0.00 ~ 0.05）mm范围内；
- 轴瓦与轴颈的接触状况用着色法检查，接触角宜为60° ~ 90°（转速高于或等于1000 r/min时取下限，低于1000 r/min时取上限）。在接触范围内要求接触均匀，接触点宜为每平方厘米2点 ~ 4点；
- 轴瓦间隙应符合机器设备技术文件，无要求时，轴瓦间隙宜符合表10的规定，轴瓦的单侧间隙可为顶间隙的1/2 ~ 2/3。

表10 滑动轴承顶间隙

轴 径 d mm	间 隙 mm	
	转速 < 1000 r/min	转速 ≥ 1000 r/min
$18 < d \leq 30$	0.04 ~ 0.09	0.06 ~ 0.12
$30 < d \leq 50$	0.05 ~ 0.11	0.08 ~ 0.14
$50 < d \leq 80$	0.06 ~ 0.14	0.10 ~ 0.18
$80 < d \leq 120$	0.08 ~ 0.16	0.12 ~ 0.21
$120 < d \leq 180$	0.10 ~ 0.20	0.15 ~ 0.25
$180 < d \leq 260$	0.12 ~ 0.23	0.18 ~ 0.30
$260 < d \leq 360$	0.14 ~ 0.26	0.21 ~ 0.34
$360 < d \leq 500$	0.16 ~ 0.30	0.25 ~ 0.40

6.5.5 薄壁轴瓦与轴颈的配合间隙及接触状况由机械加工保证，其接触面不宜刮研，且装配应符合下列要求：

- 检查薄壁轴瓦间隙时，应符合机器技术文件的规定，若无规定，应符合表11的规定；

表11 薄壁轴瓦顶间隙

转速，r/min	< 1500	1500 ~ 3000	> 3000
顶间隙，mm	(0.8 ~ 1.2) $d/1000$	(1.2 ~ 1.5) $d/1000$	(1.5 ~ 2.0) $d/1000$
注： d —轴颈的公称直径，mm。			

- 瓦背与轴承座应紧密地均匀贴合，必要时，用着色法检查：

- 1) 内径小于180 mm，其接触面积不应少于85%；
- 2) 内径大于或等于180 mm，其接触面积不应少于70%；

c) 装配后,在中分面处用0.02 mm的塞尺检查,不得塞入;

d) 下轴瓦应用螺钉、凹槽或压键定位。

6.5.6 多油楔径向自动调位轴承,轴瓦与轴颈的配合由机械加工保证,其接触面不宜刮研,轴瓦间隙应符合机器技术文件的规定。若无规定,可按 $(1.4 \sim 1.8) d/1000$ 选取(d 为轴颈的公称直径,mm)。

6.5.7 装配时,测量轴瓦间隙的方法,应符合机器技术文件的规定,若无规定,则应根据轴瓦的具体情况,采用相适应的测量方法,并符合下列要求:

a) 对开式薄壁瓦、厚壁瓦、椭圆轴瓦、球形轴瓦等,宜采用压铅法测量其径向顶间隙(见图10),铅丝直径不宜超过顶间隙的3倍,顶间隙可按公式(8)计算;

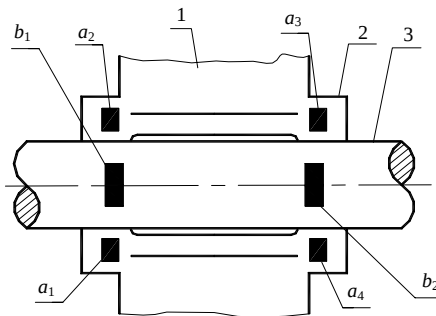
$$\sigma = \frac{b_1 + b_2}{2} - \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}{4} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

σ ——轴承的平均顶间隙,mm;

b_1 、 b_2 ——轴颈上各段铅丝压扁后的厚度,mm;

$a_1 \sim a_4$ ——轴瓦接合面上各段铅丝压扁后的厚度,mm。



1 - 轴承座; 2 - 轴瓦; 3 - 轴

图10 压铅法测量轴承间隙

b) 多油楔径向自动调位轴承,测量轴瓦间隙可采用测量法、压铅法、抬轴法及量棒检查法;

c) 采用抬轴法测量轴瓦间隙,应符合下列要求:

1) 测量表应打在轴的顶点处,应尽量靠近轴承位置;

2) 应使用机器专用抬轴器或千斤顶;

3) 抬轴时,应防止轴左右移动,提升移动均匀,直到轴承盖被抬起0.005 mm且感觉轴受到阻力为止;

4) 测量结果应根据实际情况进行修正。

6.5.8 止推轴承与止推盘应均匀接触,接触面积应不小于75%。止推轴承间隙,应符合技术文件的规定。

6.5.9 轴承在工作状态下,若上瓦也承载时,其接触状况应和下瓦相同。

6.5.10 在上下结合面处用垫片调整间隙或紧力的轴承,垫片应符合下列要求:

a) 两组垫片的厚度应相等;

b) 垫片不应与轴相接触;

c) 垫片不应有卷边、皱折、毛刺等缺陷。

6.6 密封件装配

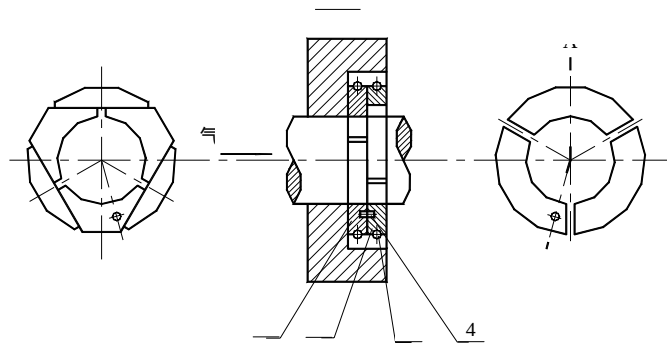
6.6.1 使用密封胶时,应将接合面上的油污、铁锈及其他污物清除干净。

6.6.2 装配压紧填料密封件(软填料),应符合下列要求:

- a) 填料箱应清洗干净，轴表面应光滑，在填料箱内和轴表面涂密封剂或与介质相适应的润滑剂；
- b) 不带润滑添加剂的铝箔包石棉填料，其表面也应涂一层密封剂或与介质相适应的润滑剂；
- c) 压装填料密封件时，将填料圈应切成 45° 的剖口，相邻两圈接口错开角度应大于 90° ；
- d) 填料应逐根装填，不得一次装填几根或作缠绕状；
- e) 填料圈不宜压得过紧，压盖的压力应沿圆周均匀分布。

6.6.3 装配平面硬填料密封件，应符合下列要求：

- a) 装配前，检查杆（轴）的圆度、圆柱度和直线度；
- b) 检查填料圈表面，不得有刻痕、裂纹等缺陷；检查固定弹簧的松紧度；
- c) 用着色法检查密封圈表面的接触情况，接触面积应不少于总面积的80%，并均匀分布；
- d) 检查测量分瓣密封圈结合处的间隙，应为 $(0.02 \sim 0.03)d$ （ d 为杆、轴的公称直径，mm）；
- e) 装配时，逐件测量密封圈与填料盒平面轴向间隙应按技术文件的规定；检查填料盒油孔、排气孔、冷却水孔等应畅通；
- f) 对采用三、六瓣填料密封圈组，应按图11装配，三瓣装在高压侧，六瓣装在低压侧，不得装反。

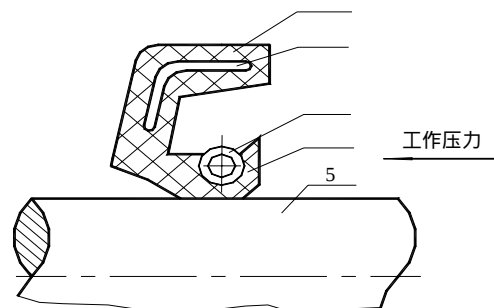


1 - 三瓣式；2 - 六瓣式；3 - 弹簧；4 - 圆柱销

图11 三、六瓣密封圈

6.6.4 装配油封，应符合下列要求：

- a) 油封唇部应无损伤，并在油封唇部和轴表面涂以润滑剂；
- b) 油封装配方向应使介质工作压力把密封唇部紧压在主轴上（见图12），不得装反；
- c) 油封在壳体内应可靠地固定，不得有轴向移动或转动现象。



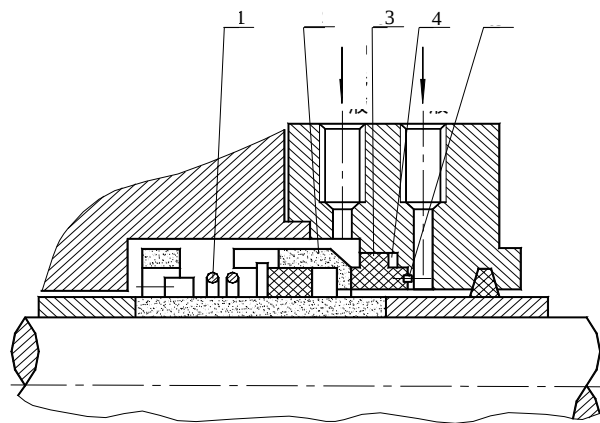
1 - 橡胶皮碗；2 - 金属骨架；3 - 拉紧弹簧；4 - 密封唇部；5 - 主轴

图12 油封结构

6.6.5 装配“O”型密封圈，应符合下列要求：

- a) 密封圈不得有扭曲和损伤，并正确选择预压量；

- b) 当橡胶密封圈用于固定密封和法兰密封时, 其预压量宜为橡胶圈条直径的20%~25%;
- c) 当用于动密封时, 其预压量宜为橡胶圈条直径的10%~15%。
- 6.6.6 装配V、U、Y形密封圈时, 支撑环、密封环和压环应组装正确, 且不宜压得过紧; 凹槽应对着压力高的一侧, 唇边不得损伤。
- 6.6.7 装配机械密封(见图13), 应符合下列要求:
- 机械密封元件不得损坏、变形, 密封面不得有裂纹、刻痕等缺陷;
 - 装配前, 应清洗处理轴(或轴套)表面、密封体内壁、密封端盖内表面; 检查轴的窜动量和径向跳动、密封腔端面与轴的垂直度;
 - 装配时, 应有适宜的工作环境, 动环及静环的密封端面应清洁、无异物; 可在动、静环密封面上、轴上和密封圈上涂以与介质相适应的润滑剂, 不得使用工具敲击密封元件;
 - 动环安装后应压缩自如, 无卡涩现象;
 - 机械密封的压缩量应符合技术文件的规定;
 - 安装后用手盘动, 转子应转动灵活;
 - 动、静环与相配合的元件间, 不得发生连续的相对转动, 不得有泄漏;
 - 机械密封的冲洗系统和密封系统, 应保证清洁无异物。

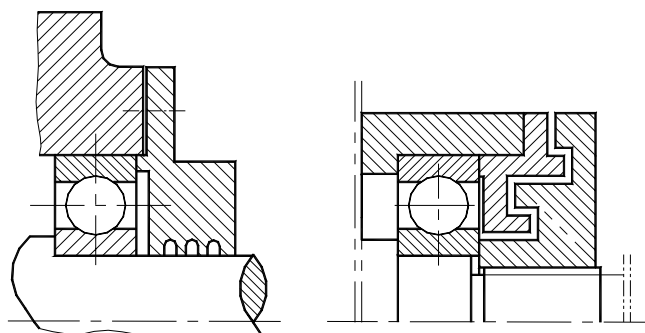


1 - 弹簧; 2 - 动环; 3 - 静环; 4 - 静环密封圈; 5 - 防转销

图13 机械密封结构

6.6.8 防尘节流密封、防尘迷宫密封(见图14)的装配, 应符合下列规定:

- 防尘节流间隙、防尘迷宫间隙内应填满润滑脂(气封除外);
- 密封间隙应均匀。



a) 防尘节流环密封

b) 防尘迷宫密封

图14 防尘节流密封和防尘迷宫密封

6.6.9 迷宫式密封件、浮环密封组件、干气密封组件以及其他形式密封件的装配，应符合机器的技术文件的规定。

6.7 联轴器装配

6.7.1 凸缘联轴器（见图15）装配时，两半联轴器端面应紧密接触，两轴的对中偏差：

- a) 径向位移应小于0.03mm；
- b) 轴向倾斜应小于0.05/1000。

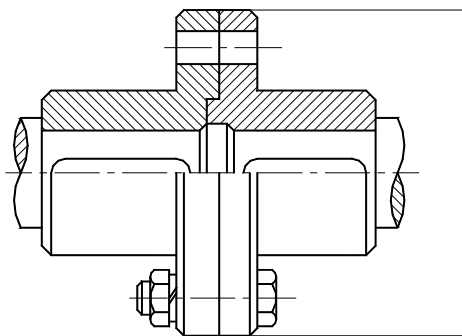


图15 凸缘联轴器

6.7.2 滑块联轴器（见图16）装配时，两轴同心度偏差和联轴器端面间隙，应符合表12规定。

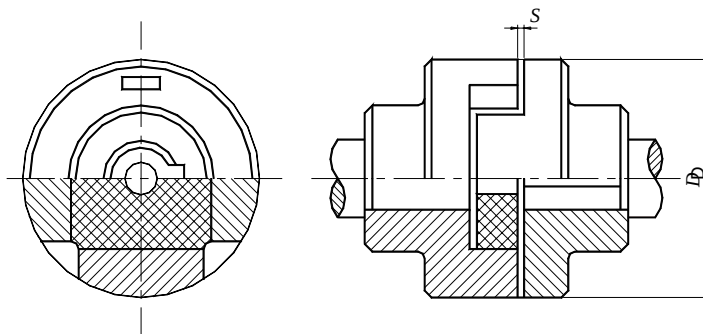


图16 滑块联轴器

表12 滑块联轴器两轴的对中偏差

单位：mm

联轴器外径 D	对中偏差		端面间隙 S
	径向位移	轴向倾斜	
≤ 190	0.05	0.4/1000	0.5 ~ 1.0
250 ~ 330	0.10	1.0/1000	1.0 ~ 2.0

6.7.3 齿式联轴器（见图17）装配时，应符合下列要求：

- a) 两轴的对中偏差及外齿套的端面间隙，应符合表13规定；
- b) 联轴器的内、外齿的啮合应良好，并在油浴内工作，且不应有漏油现象：
 - 1) 小扭矩、低转速的应符合GB 7324的规定；
 - 2) 大扭矩、高转速的应符合GB 5903的规定。

表13 齿式联轴器装配对中允许偏差及外齿套的端面间隙 单位 :mm

联轴器外径 D	对中偏差		端面间隙 S
	径向位移	轴向倾斜	
170 ~ 185	0.30	0.5/1 000	2.0 ~ 4.0
220 ~ 250	0.45		
290 ~ 430	0.65	1.0/1 000	5.0 ~ 7.0
490 ~ 590	0.90	1.5/1 000	
680 ~ 780	1.20		7.0 ~ 10.0

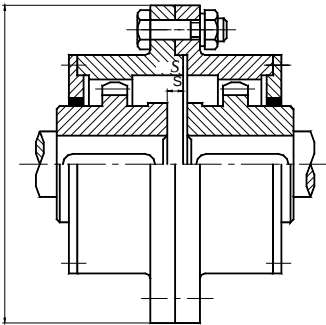


图17 齿式联轴器

6.7.4 弹性套柱销联轴器（见图18）装配时，两轴的对中偏差及联轴器的端面间隙，应符合表14的规定。

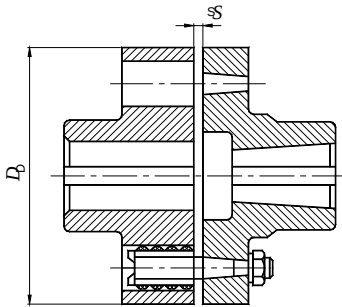


图18 弹性套柱销联轴器

表14 弹性套柱销联轴器对中允许偏差及端面间隙 单位 :mm

联轴器外径 D	对中偏差		端面间隙 S
	径向位移	轴向倾斜	
71 ~ 106	0.04	0.2/1000	2.0 ~ 4.0
130 ~ 190	0.05		2.0 ~ 5.0
224 ~ 250			4.0 ~ 6.0
315 ~ 400	0.08		
475			
600	0.10		

6.7.5 弹性柱销联轴器 (见图19) 装配时, 两轴的对中偏差及联轴器的端面间隙, 应符合表15的规定。

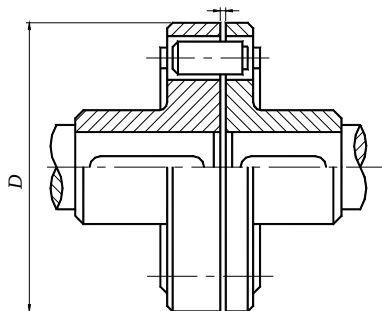


图19 弹性柱销联轴器

表15 弹性柱销联轴器对中偏差及端面间隙

单位: mm

联轴器外径 D	对中偏差		端面间隙 S
	径向位移	轴向倾斜	
90 ~ 160	0.05	0.2/1000	2.0 ~ 3.0
195 ~ 220			2.5 ~ 4.0
280 ~ 320	0.08		3.0 ~ 5.0
360 ~ 410			4.0 ~ 6.0
480	0.10		5.0 ~ 7.0
540 ~ 630			6.0 ~ 8.0

6.7.6 弹性柱销齿式联轴器 (见图20) 装配时, 其径向位移、两轴倾斜和端面间隙的允许偏差应符合表16的规定。

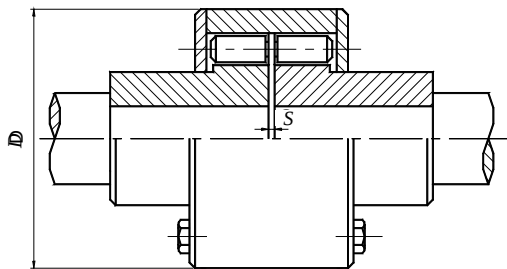


图20 弹性柱销齿式联轴器

表16 弹性柱销齿式联轴器对中允许偏差

单位: mm

联轴器外形最大直径 D	径向位移	两轴倾斜	端面间隙 S
78 ~ 118	0.08	0.5/1000	2.5
158 ~ 260	0.10		4 ~ 5
300 ~ 415	0.15		6 ~ 8
560 ~ 770	0.20		10
860 ~ 1158	0.25		13 ~ 15
1440 ~ 1640	0.30		18 ~ 20

6.7.7 蛇形弹簧联轴器 (见图21) 装配时, 两轴的对中偏差及联轴器的端面间隙, 应符合表17的规定。

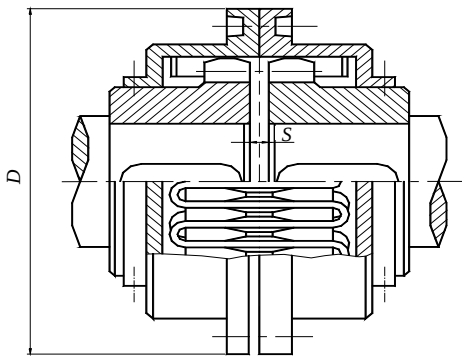
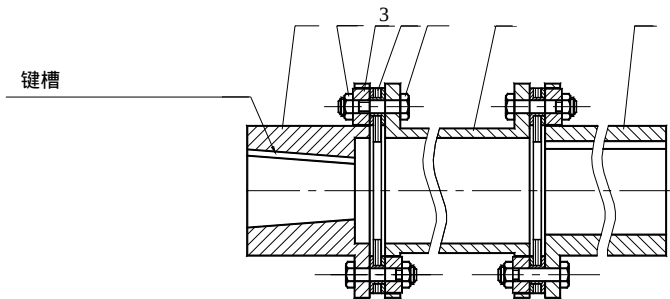


图21 蛇形弹簧联轴器

表17 蛇形弹簧联轴器对中偏差及端面间隙 单位：mm

联轴器外径 D	对中偏差		端面间隙 S
	径向位移	轴向倾斜	
$D \leq 200$	0.10	0.1/1 000	1.0 ~ 4.0
$200 < D \leq 400$	0.20		1.5 ~ 6.0
$400 < D \leq 700$	0.30	1.5/1 000	2.0 ~ 8.0
$700 < D \leq 1\,350$	0.50		2.5 ~ 10.0
$1\,350 < D \leq 2\,500$	0.70	2/1 000	3.0 ~ 12.0

6.7.8 叠片挠性联轴器（见图22）装配时，应符合技术文件规定：



1、7 - 安装盘；2 - 自锁螺母；3 - 衬套；4 - 叠片组件；5 - 螺栓；6 - 间隔轴

图22 叠片挠性联轴器

- a) 检查安装盘内孔和轴表面应清洁、无毛刺，并测量安装盘内孔和轴的外径尺寸；
- b) 装配平直轴安装盘时，应采用机械油加热的方法进行装配，加热温度控制在120 ~ 150 范围内为宜；
- c) 装配锥形轴安装盘时，应用锁紧螺母使安装盘移动到固定位置，并且锁紧；
- d) 装配无键液压安装盘时，应符合机器文件的规定；
- e) 检查测量两安装盘之间的距离，应符合机器技术文件规定；若无规定，两安装盘间距偏差控制在（0 ~ 0.5）mm的范围内为宜；
- f) 装配叠片组件、中间段轴时，应按标记对准，联轴器螺栓、衬套、自锁螺母应成套装配，并按规定扭矩均匀拧紧；
- g) 自锁螺母装配时，应涂少量的中性润滑油；

h) 测量联轴器端面间隙或安装盘端面间距时, 应将两轴置于运转位置;

j) 两轴的对中偏差应符合机器技术文件规定。若无规定, 应符合表18的规定。

表18 叠片挠性联轴器对中偏差

单位: mm

叠片孔数	联轴器外径	对中偏差	
		轴向位移	径向位移
4	90	0.10	0.10
	100	0.15	0.15
	120	0.20	0.20
	130	0.25	0.25
	146	0.25	0.25
	176	0.30	0.30
	196	0.35	0.35
6	114	0.10	0.10
	136	0.15	0.15
	153	0.15	0.15
	174	0.20	0.20
	196	0.20	0.20
	226	0.25	0.25
	230	0.25	0.25
	250	0.25	0.25
	276	0.30	0.30
	296	0.30	0.30
	326	0.35	0.35
	366	0.40	0.40
8	202	0.15	0.15
	235	0.20	0.20
	252	0.20	0.20
	292	0.25	0.25
	340	0.30	0.30
	364	0.30	0.30
	395	0.35	0.35
	428	0.35	0.35
	478	0.40	0.40
	532	0.45	0.45
	592	0.45	0.45

表18 叠片挠性联轴器对中偏差(续) 单位: mm

叠片孔数	联轴器外径	对中偏差	
		轴向位移	径向位移
10	340	0.15	0.15
	364	0.20	0.20
	395	0.20	0.20
	428	0.20	0.20
	478	0.20	0.20
	532	0.25	0.25
	592	0.25	0.25

- 6.8 传动齿轮、蜗轮、皮带及链条的装配
- 6.8.1 装配齿轮、蜗轮前,应对零件进行清洗、去除毛刺,零件的尺寸、几何形状、精度、表面粗糙度应符合规定,齿轮、蜗轮与轴的配合面在装配前应涂润滑油。
- 6.8.2 齿轮、蜗轮装配方法应符合本规范6.3条规定。
- 6.8.3 装配轴心线平行且位置为可调结构的渐开线圆柱齿轮副,其中心距偏差应符合机器技术文件规定。若无规定时,应符合表19的规定。装配中心距可调整的蜗轮副,中心距偏差应符合表20的规定。

表19 渐开线圆柱齿轮副中心距允许偏差 单位: mm

齿轮副公称 中心距 L_0	中心距 L_0 允许偏差			
	精度5级、6级	精度7级、8级	精度9级、10级	精度11级、12级
$50 < L_0 \leq 80$	± 0.0150	± 0.0230	± 0.0370	± 0.0950
$80 < L_0 \leq 120$	± 0.0175	± 0.0270	± 0.0435	± 0.1100
$120 < L_0 \leq 180$	± 0.0200	± 0.0325	± 0.0500	± 0.1250
$180 < L_0 \leq 250$	± 0.0230	± 0.0360	± 0.0575	± 0.1450
$250 < L_0 \leq 315$	± 0.0260	± 0.0405	± 0.0650	± 0.1600
$315 < L_0 \leq 400$	± 0.0285	± 0.0455	± 0.0700	± 0.1800
$400 < L_0 \leq 500$	± 0.0315	± 0.0485	± 0.0775	± 0.2000
$500 < L_0 \leq 630$	± 0.0350	± 0.0550	± 0.0875	± 0.2200
$630 < L_0 \leq 800$	± 0.0400	± 0.0625	± 0.1000	± 0.2500
$800 < L_0 \leq 1000$	± 0.0450	± 0.0700	± 0.1150	± 0.2800
$1000 < L_0 \leq 1250$	± 0.0525	± 0.0825	± 0.1300	± 0.3300

表20 蜗轮副中心距允许偏差 单位: mm

齿轮副公称 中心距 L_0	中心距 L_0 允许偏差		
	精度7级	精度8级	精度9级
$L_0 \leq 40$	± 0.030	± 0.048	± 0.075

表20 蜗轮副中心距允许偏差(续)

单位: mm

齿轮副公称 中心距 L_0	中心距 L_0 允许偏差		
	精度7级	精度8级	精度9级
$40 < L_0 \leq 80$	± 0.042	± 0.065	± 0.105
$80 < L_0 \leq 160$	± 0.055	± 0.090	± 0.140
$160 < L_0 \leq 320$	± 0.070	± 0.110	± 0.180
$320 < L_0 \leq 630$	± 0.085	± 0.130	± 0.210
$630 < L_0 \leq 1250$	± 0.110	± 0.180	± 0.280

6.8.4 用压铅法检查齿轮副、蜗轮副啮合间隙时, 铅丝的直径不宜超过啮合间隙的3倍, 铅丝的长度不应少于5个齿距; 对于齿宽较大的齿轮, 应沿齿宽方向均匀地放置至少2根铅丝, 传动副啮合侧间隙应符合技术文件的规定。若无规定, 圆柱、圆锥齿轮啮合间隙应符合表21的规定; 蜗杆与蜗轮的啮合间隙, 应符合表22的规定。

表21 圆柱、圆锥齿轮啮合间隙

单位: mm

齿轮副公称 中心距 L_0	$L_0 \leq 50$	$50 < L_0 \leq 80$	$80 < L_0 \leq 120$	$120 < L_0 \leq 200$	$200 < L_0 \leq 320$	$320 < L_0 \leq 500$	$500 < L_0 \leq 800$	$800 < L_0 \leq 1250$
齿轮啮合间隙	0.085	0.105	0.130	0.170	0.210	0.260	0.340	0.420

表22 蜗杆与蜗轮的啮合间隙

单位: mm

传动 中心距 L_0	$L_0 \leq 40$	$40 < L_0 \leq 80$	$80 < L_0 \leq 160$	$160 < L_0 \leq 320$	$320 < L_0 \leq 630$	$630 < L_0 \leq 1250$	$L_0 > 1250$
啮合侧间隙	0.055	0.095	0.130	0.190	0.260	0.380	0.530

6.8.5 用着色法检查传动齿轮、蜗轮啮合的接触斑点(见图23)应符合下列规定:

- 将颜色涂在小齿轮(或蜗干)上, 在轻微制动下, 用小齿轮驱动大齿轮, 使大齿轮转动3转~4转;
- 圆柱齿轮和蜗轮的接触斑点应趋于齿侧面的中部, 圆锥齿轮的接触斑点应趋于齿侧面的中部并接近小端;
- 实际接触斑点的百分率应按公式(9)、公式(10)计算;

$$\psi_L = \frac{a - c}{B} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

$$\psi_h = \frac{h_p}{h_g} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

上列式中:

ψ_L ——齿长方向百分率, %;

a ——基础痕迹极点间的距离, mm;

c ——超过模数值的断开距离, mm;

B ——齿全长, mm;

ψ_h ——齿高方向百分率, %;

h_p ——圆柱齿轮和蜗轮副的接触痕迹平均高度或齿轮副的齿长中部接触痕迹的高度, mm;

h_g ——圆柱齿轮和蜗轮副齿的工作高度或圆锥齿轮副相应于 h_p 处的有效齿高, mm。

- d) 可逆转的齿轮，齿的两面均应检查；
- e) 接触斑点的百分率应符合表23的规定，必要时可用透明胶带取样，贴在坐标纸上保存、备查。

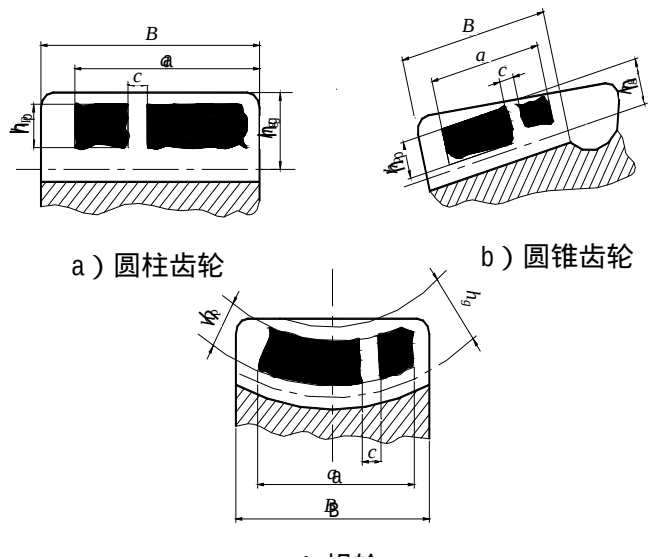


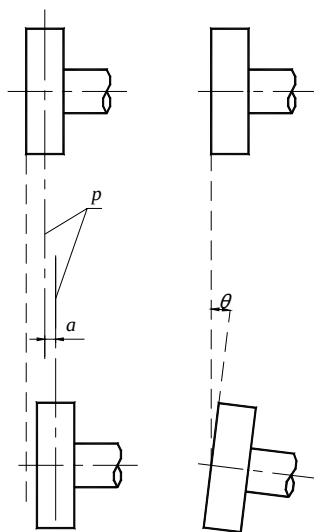
图23 着色法检查传动齿轮、蜗轮啮合的接触斑点

表23 接触斑点百分率 单位：%

齿轮类型	测量部位	精度等级								
		3	4	5	6	7	8	9	10	11
		接触斑点百分率								
圆柱齿轮 (渐开线齿形)	齿高	≥ 65	≥ 60	≥ 55	≥ 50	≥ 45	≥ 40	≥ 30	≥ 25	≥ 20
	齿长	≥ 95	≥ 90	≥ 80	≥ 70	≥ 60	≥ 50	≥ 40	≥ 30	≥ 30
圆柱齿轮 (圆弧齿形)	齿高	-	-	≥ 60	≥ 55	≥ 50	≥ 45	≥ 40	-	-
	齿长			≥ 95	≥ 90	≥ 85	≥ 80	≥ 75		
圆锥齿轮	齿高	-	-	≥ 75	≥ 70	≥ 60	≥ 50	≥ 40	≥ 30	≥ 30
	齿长			≥ 75	≥ 70	≥ 60	≥ 50	≥ 40	≥ 30	≥ 30
蜗杆蜗轮	齿高	≥ 70		≥ 65		≥ 55		≥ 45		≥ 30
	齿长	≥ 65		≥ 60		≥ 50		≥ 40		≥ 30
注：圆弧齿形的圆柱齿轮齿长方向的接触痕迹应同时不小于一个轴节（轴向齿距）；齿高方向系指运转时达到额定负荷前，应经过逐级加载磨合，其磨合后的接触斑点不应小于上表所规定的百分率。										

- 6.8.7 装在花键轴上的齿轮或沿轴向滑动的齿轮，应能在轴上灵活、平稳地滑动。
- 6.8.8 齿轮与齿轮、蜗杆与蜗轮装配后，应盘动检查，转动应平稳、灵活、无异常声响。
- 6.8.9 皮带轮与皮带装配时，应符合下列要求：
- a) 装配皮带轮前，应按图检查皮带轮和轴的尺寸、配合要求，并在配合面上涂以润滑油；装配时，宜采用螺旋压入的方法，若采用锤击装配，则不得用大锤直接敲击轮毂；装配到位后，应在轴端加挡圈，并用螺钉固定；
 - b) 两轮的轮宽中央平面应在同一平面上，其偏移 a （见图24）：

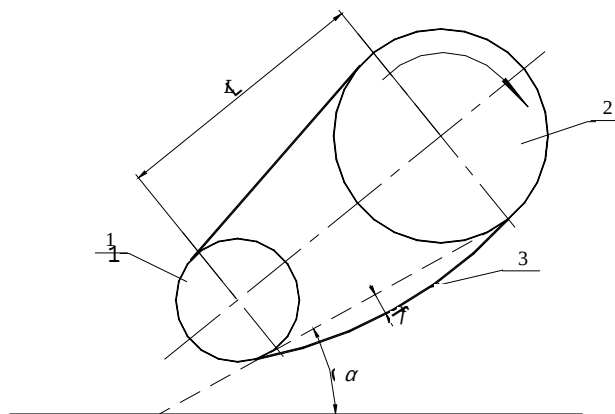
- 1) 三角皮带轮不应超过1.0mm；
- 2) 平皮带轮不应超过1.5mm；



p - 带轮轮宽中心面； a - 两轮中心面的偏移量； θ - 两轮轴线的夹角

图24 每对皮带轮或链轮的位置偏差示意

- c) 两轴的平行度 $\tan \theta$ (见图24)，不应超过0.5/1000；
 - d) 偏移和平行度的检查，宜以轮的边缘为基准；
 - e) 皮带与皮带轮应匹配，皮带传动拉紧力调整见附录N；
 - f) 传动皮带需预拉时，预拉力宜为工作拉力的1.5倍~2倍，预拉持续时间宜为24h。
- 6.8.10 链轮与链条的装配，应符合下列要求：
- a) 两轮的中央平面应在同一平面上，轮齿的中心线应重合，其偏差不得大于两链轮中心距的2/1000；
 - b) 链条工作边拉紧时，非工作边的弛垂度 f (见图25) 应符合设计文件规定；当无规定且链条与水平线夹角 α 小于60°时，可按两链轮中心距 L 的1%~4.5%调整；
 - c) 链条与链轮应润滑充分，啮合良好，运行平稳，无卡涩或撞击现象。



1 - 从动轮；2 - 主动轮；3 - 从动边链条

图25 传动链条弛垂度

7 附属设备及管道的安装

7.1 附属设备安装

7.1.1 附属设备应按照有关的技术文件及相关的国家现行规范的要求进行安装施工及验收。

7.1.2 附属设备安装后，应符合下列要求：

- a) 对介质为油、气的设备，现场试压后，应进行倒空和吹扫，保证腔体清洁、无异物；
- b) 油系统和密封系统的油箱、缓冲器、蓄能器、冷却器、过滤器、密封站及阀门等附属设备和附件，应满足油系统和密封系统的特殊要求，系统内不应有铁锈、灰尘、脱落的漆皮、焊渣、飞边、铁屑等异物；
- c) 对成品实施保护，封闭任何敞口，应避免二次污染。

7.2 油系统、密封系统管道的安装

7.2.1 油系统、密封系统管道焊接应采用氩弧焊打底或氩弧焊焊接；对中低压管道宜采用对接焊式管件，焊前管口部位应打磨光滑，焊后管内应清理干净无异物；安装平焊法兰时，内、外口均应施焊，并对内焊口进行打磨处理。

7.2.2 润滑油系统的水平部分回油管道，应坡向油箱方向，其坡度应不小于25/1000。

7.2.3 油系统和密封系统管道应进行酸洗钝化处理，处理后应及时干燥，采取措施防止污染；酸洗钝化应在试压合格后进行。

7.3 管道的酸洗、冲洗和吹扫

7.3.1 不锈钢材料的液压、润滑和密封管道配制后，应选用除锈钝化清洗剂进行酸洗，以除去施焊过程中产生的氧化物及原管内结垢物。酸洗的方法以槽式加温浸洗为宜，酸洗配方参见附录O。

7.3.2 碳素钢管道采用槽式酸洗时，其酸洗钝化液配方和酸洗工序参见附录O。若管内有油污，应首先进行碱洗。碱洗液配方参见附录I。

7.3.3 采用循环酸洗时，酸洗液配方和酸洗工序可按本规范附录O进行，并符合下列要求：

- a) 回路的构成，应是所有管道内壁全部接触酸液；
- b) 酸洗时应将管内空气排尽，酸洗后应将溶液排净；
- c) 酸洗后应在酸洗回路中应通入中和液，并使出口溶液不呈酸性为止；
- d) 可采用将脱脂、酸洗、中和、钝化四个工序合一的清洗液（四合一清洗液）进行管道酸洗。

7.3.4 油系统管道在酸洗合格后，应采用工作介质或相当于工作介质的液体进行冲洗，且采用循环方式冲洗，并符合下列要求：

- a) 油冲洗时，配制的临时冲洗回路，应与机器的各个润滑点、工作点断开，以冲洗管道为主；
- b) 间断交替对油进行加热，油温不应超过75℃；
- c) 油冲洗的初始阶段，可选用低于系统过滤器等级的临时过滤网，以增加油流速；
- d) 确定冲洗合格，以连续二次检查，冲洗4h后的120目～200目临时过滤网上，不应有任何可见硬质颗粒，每平方厘米可见软颗粒不超过两点或允许有微量软质纤维体为宜。

7.3.5 密封系统管道酸洗后应进行吹扫，且应符合机器技术文件的要求。

7.4 管道与机器的连接

7.4.1 与机器连接的管道，安装前必须将内部吹扫干净。

7.4.2 与机器连接的管道，其固定焊口应远离机器，且应符合下列规定：

- a) 管道与机器的连接前，应在自由状态下，检查配对法兰的平行度和同轴度，其偏差应符合表24的规定；

表24 法兰平行度、同轴度允许偏差

机器转速 V_r r/min	平行度 mm	同轴度 mm
$V_r < 3000$	$\leq D_0/1000$	全部螺栓顺利穿入
$3000 < V_r \leq 6000$	≤ 0.15	≤ 0.50
$V_r > 6000$	≤ 0.10	≤ 0.20
注： D_0 为法兰外径，mm。		

b) 配对法兰面在自由状态下的间距，以能顺利插入垫片的最小距离为宜；

c) 管道与机器最终连接时，应在联轴器上或机器支脚处，用百分表监测转子轴和机器机体的径向和轴向位移：

1) 转速大于6000r/min的机器，位移应不超过0.02mm；

2) 转速小于或等于6000r/min的机器，位移应不超过0.05mm。

7.4.3 管道安装合格后，不得承受设计文件规定以外的附加载荷。

8 试运转

8.1 条件及准备

8.1.1 机器试运转应具备下列条件：

- 主机及附属设备、管道等安装工作应全部完毕，施工记录及资料应齐全；
- 与试运转有关的工艺管道及设备吹扫、清洗、气密完成；
- 保温、保冷及防腐等工作基本结束（有碍试运转检查的部位除外）；
- 与试运转有关的土建、水、气、汽等公用工程及电气、仪表控制系统施工结束；
- 参加试运转的人员，应熟知试运转工艺，掌握操作规程；
- 现场环境应符合机器试运转要求。

8.1.2 试运转前应做下列准备工作：

- 编制审定试运转方案；
- 准备能源、介质、材料、工机具、检测仪器等；
- 布置必要的消防设施和安全防护设施及用具；
- 机器入口处按规定装设过滤网（器）；
- 按设计文件要求加注试运转用润滑油（脂）。

8.2 附属设备的试运转

8.2.1 仪表控制及监视系统调整实验，包括：

- 仪表元件的检验和试验；
- 仪表联锁试验；
- 仪表与电气的联锁试验。

8.2.2 电气及其操作控制系统调整试验，包括：

- 空开模拟试验；
- 热元件保护试验；
- 联锁试验；
- 电机试运转。

8.2.3 附属机器设备试运转，包括：

- a) 水、气、汽、油等系统检查、调试；
- b) 机器试运转和电气、仪表操作控制系统联合调整试验。

8.2.4 各附属系统试运转的验收标准，应符合机器技术文件规定和设计文件的要求。

8.3 单机试运转

8.3.1 单机试运转的目的是检查机器设备和电气、仪表的性能与制造及安装质量。

8.3.2 机器单机试运转的时间应符合机器技术文件规定或设计文件的要求。机器设备的单机试运转时间宜为2h。

8.3.3 机器单机试运转所采用的介质，应根据设计文件及实际条件决定。若无特殊规定，宜以水、空气或氮气为介质。选用试运转介质时，应符合下列要求：

- a) 以水为介质进行试运转所需的功率不得超过额定数值；
- b) 以空气或氮气为介质进行试运转时，所需的功率和压缩后的温升不得超过额定数值；
- c) 若超过额定数值时，应调整试运转参数或采用规定的介质进行试运转。

8.3.4 机器启动前，应符合下列要求：

- a) 按本规范8.2条规定，附属设备试运行合格；
- b) 排气或排污完毕；
- c) 有压力油系统供油的机器，各注油点的油量、油温、油压应达到设计文件要求，用其他形式供油的机器，供油状况应符合其润滑要求；
- d) 盘车灵活，无异常。

8.3.5 在高温或低温条件下工作的机器，启动前必须按机器技术文件的要求进行预热或预冷。与机器连接的高温或低温管道的螺栓必须进行热紧或冷紧。

8.3.6 试运转过程中应符合下列要求并作出记录：

- a) 检查各主要部位温度和各系统压力等参数，应在规定范围内；
- b) 振动值应符合机器技术文件的规定，若无规定，离心式机器应符合表25的规定；

表25 离心式机器轴承处的振动值

转速 V_r r/min	轴承处的双向振幅 mm
$V_r \leq 375$	≤ 0.18
$375 < V_r \leq 600$	≤ 0.15
$600 < V_r \leq 750$	≤ 0.12
$750 < V_r \leq 1\,000$	≤ 0.10
$1\,000 < V_r \leq 1\,500$	≤ 0.08
$1\,500 < V_r \leq 3\,000$	≤ 0.06
$3\,000 < V_r \leq 6\,000$	≤ 0.04
$6\,000 < V_r \leq 12\,000$	≤ 0.03
$V_r > 12\,000$	≤ 0.02

注：振动值应在轴承体上（轴向、垂直、水平三个方向）进行测量。

- c) 齿轮副、链条与链轮啮合应平稳，无异常噪声、声响和磨损；
- d) 传动皮带不应打滑，平皮带跑偏量不应超过规定；

- e) 轴承温度应符合机器的技术文件或设计文件的规定 ;若无规定 ,滚动轴承的温升应不超过40 ,其最高温度应不超过80 ;滑动轴承的温升应不超过35 ,其最高温度应不超过70 ;
 - f) 润滑、密封、液压、气(汽)动、冷却等各辅助系统的工作应正常,无渗漏现象;
 - g) 检查驱动电机的电压、电流及温升等不应超过规定值;
 - h) 各种仪表应工作正常;
 - g) 机器各紧固部位无松动现象。
- 8.3.7 单机试运转结束后,应及时完成下列工作:
- a) 断开电源及其他动力来源;
 - b) 卸掉各系统中的压力及负荷,进行排气、排水或排污;
 - c) 检查各紧固部件;
 - d) 拆除临时管道及设备(或设施),将正式管道进行复位安装;
 - e) 低温机泵用水试运转结束后,必须进行干燥处理;
 - f) 检查机器设备单机试运转系统各阀门开关,应在规定状态;
 - g) 整理试运转的各项记录。
- 8.3.8 对不适宜单机试运转的机器,可在装置联运时考核其性能和安装质量。

9 交工文件

9.1 工程合同对交工文件无规定时,交工文件应符合 SH 3503 规定。

9.2 工程交工时,应具备下列技术资料:

- a) 机器设备开箱检验记录;
- b) 在安装中经修改的零、部件图或说明;
- c) 设计变更的有关文件;
- d) 材料的质量证明文件;
- e) 隐蔽工程施工记录;
- f) 机器设备安装记录;
- g) 灌浆所用混凝土的配合比和强度试验报告;
- h) 试运转记录;
- i) 重大问题及其处理的文件;
- j) 其他有关资料,包括机器或零、部件的受损或缺陷修复报告。

附录A
(资料性附录)
地脚螺栓的拧紧力矩及轴向拉力值

A.1 Q235B钢地脚螺栓的拧紧力矩及轴向拉力应符合表A.1的规定。

表A.1 地脚螺栓的拧紧力矩及轴向拉力

螺栓直径	力矩 N · m	轴向拉力 N
M12	25 ~ 30	9000
M16	60 ~ 70	15 000
M20	130 ~ 140	25 000
M24	230 ~ 240	35 000
M27	340 ~ 350	48 000
M30	450 ~ 470	55 000
M36	800 ~ 820	85 000
M42	1 200 ~ 1 300	115 000
M48	1 900 ~ 1 950	160 000
M56	3 000 ~ 3 100	250 000
M64	4 400 ~ 4 600	300 000

A.2 其他材料的地脚螺栓，可根据材料的许用应力计算拧紧力矩及轴向力值。

附录B
(规范性附录)
压浆法与座浆法放置垫铁规则

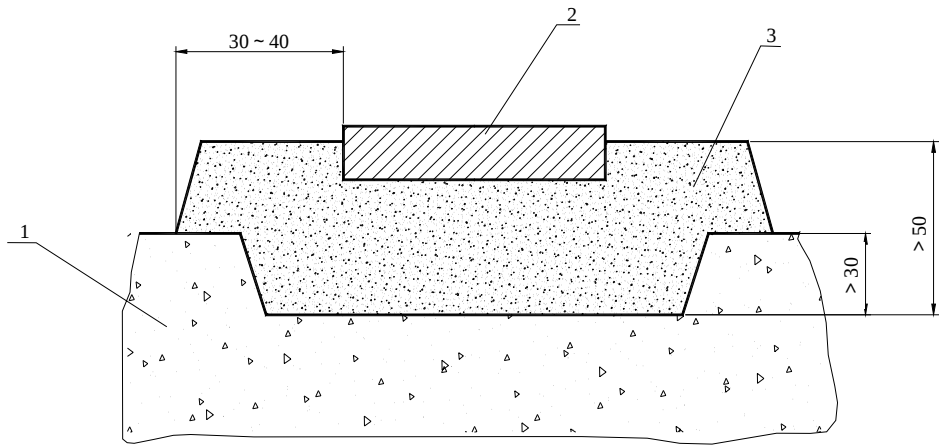
B.1 压浆法放置垫铁

- B.1.1 基础验收合格后，将基础表面处理干净，并在基础上标出垫铁位置，在该位置上凿出比垫铁长宽略大的方坑，然后用水冲洗干净。
- B.1.2 用几组临时垫铁(顶丝或千斤顶)支承机器并经找平、找正合格后，对地脚螺栓预留孔进行灌浆。
- B.1.3 待混凝土达到设计强度的75%以上时，用水冲净放置正式垫铁组位置的基础表面，并清除积水。
- B.1.4 在放置正式垫铁组位置堆积一定量的水泥砂浆。把搭配好的垫铁组放在砂浆上。然后，内外同时推进斜垫铁，挤出砂浆。压浆法放置垫铁用M5水泥砂浆，其配比应符合表B.1的规定。

表B.1 水泥砂浆配比

水	水泥 ^a	砂子 ^b	备 注
0.4	2	2	质量比
^a 水泥标号42.5。			
^b 砂子粒径0.4 ~ 0.5，mm。			

- B.1.5 垫铁四周的砂浆抹成45°的光坡后进行养护。
- B.1.6 当水泥砂浆达到设计强度的75%以上时，拆出临时垫铁，用正式垫铁来调整、复查机器的安装精度，同时打紧垫铁，拧紧地脚螺栓。
- B.2 座浆法放置垫铁
- B.2.1 机器就位之前，在放置正式垫铁组位置凿出比垫铁长宽略大的方坑，然后先用水冲净放置垫铁组位置的基础表面，并清除积水。
- B.2.2 在放置垫铁位置上堆放砂浆，然后放上垫铁组(见图B.1)，使其顶面水平度的允许偏差为2mm/m，顶面标高与机器底面实际安装标高相符，允许偏差为±2mm；
- B.2.3 将垫铁四周的砂浆抹成45°光坡后进行养护。
- B.2.4 当达到设计强度的75%以上时，再将机器就位，并用垫铁组调平。

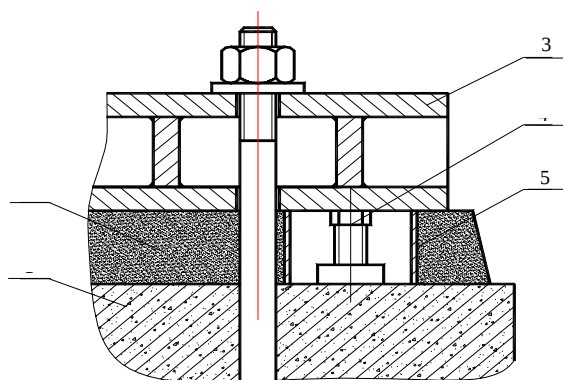


1 - 基础；2 - 垫铁；3 - 水泥砂浆

图B.1 垫铁放置方法

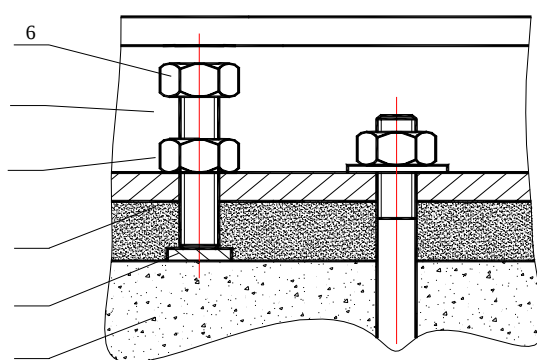
附录C
(资料性附录)
无垫铁安装

- C.1 机器的自重及地脚螺栓的拧紧力均由二次灌浆层来承担的安装方法，称为无垫铁安装。
- C.2 无垫铁安装方法是利用临时垫铁组、小型千斤顶或机器上已有的安装用顶丝来找平机器。
- C.3 用微胀混凝土(或无收缩水泥砂浆)灌注并随即捣实二次灌浆层，待二次灌浆层达到设计强度的75%以上时，取出千斤顶或临时垫铁填实空洞，或者松掉顶丝，并复测水平度。
- C.4 无垫铁安装有调整方便、稳定性好及没有垫铁腐蚀等优点，但二次灌浆工作较烦琐。
- C.5 无垫铁安装的两种常见形式(见图C.1)。
- C.6 无垫铁安装，适用于底座底面较平整的机器。对于转速较高负荷较大的机器，二次灌浆层部分宜采用捣浆的方法。对于一般机器可采用灌注的方法。



1 - 基础；2 - 二次灌浆层；3 - 设备底座；4 - 千斤顶(垫铁)；5 - 模板

a) 临时支撑形式



1 - 基础；2 - 垫板；3 - 二次灌浆层；4 - 固定螺母；5 - 机器底座；6 - 顶丝

b) 调整顶丝形式

图C.1 无垫铁安装的两种形式

附录D

(规范性附录)

钢丝直径与重锤重量的选配及钢丝自重下垂度

D.1 重锤质量和钢丝直径宜按表D.1选配的选择或按公式(式D.1)近似计算。

$$P=756.168d^2 \dots\dots\dots (式D.1)$$

式中：

 P ——水平拉力，N； d ——钢丝直径，mm。

表D.1 钢丝直径与重锤重量的选配

钢丝直径 mm	重锤拉力 N
0.30	69.5
0.35	94.5
0.40	123.4
0.45	156.2
0.50	192.9

D.2 钢丝绳两端应用滑轮支撑在同一标高面上。

D.3 测量点处钢丝下垂度应按表D.2查取或按公式(式D.2)近似计算。

$$f_v=40L_1L_2 \dots\dots\dots (式D.2)$$

式中：

 f_v ——下垂度， μm ； L_1 、 L_2 ——由两支点分别至测量点处的距离，m。

表D.2 钢丝自重下垂度

从测量点到 较近线架间的 距离 m	两线架间的距离 m												
	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10
	钢丝下垂度 μm												
0.5	40	55	70	85	100	110	120	130	140	145	150	155	160
0.6	46	64	82	100	118	130	142	153	164	170	176	182	188
0.7	52	73	94	115	136	150	164	179	188	195	202	209	216
0.8	58	82	106	130	154	170	186	199	212	220	228	236	244
0.9	64	91	118	145	172	190	208	222	236	245	254	263	272
1.0	70	100	130	160	190	210	230	245	260	270	280	290	300
1.1	74	108	142	173	204	225	246	263	280	292	304	315	325
1.2	78	116	154	186	218	240	262	281	300	314	328	340	352
1.3	82	124	166	199	232	255	278	299	320	336	352	365	378
1.4	86	132	178	212	246	270	294	317	340	358	376	390	404
1.5	90	140	190	225	260	285	310	335	360	380	400	415	430

表D.2 钢丝自重下垂度 (续)

从测量点到 较近线架间的 距离 m	两线架间的距离 m												
	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10
	钢丝下垂度 μm												
1.6	92	145	198	236	274	301	328	354	380	401	422	438	454
1.7	94	150	206	247	288	317	346	373	400	422	444	461	478
1.8	96	155	214	258	302	333	364	392	420	443	466	484	502
1.9	98	160	222	269	316	349	382	411	440	464	488	507	526
2.0	100	165	230	280	330	365	365	430	460	485	510	530	550
2.1	—	—	232	286	340	377	414	445	476	503	530	551	572
2.2	—	—	234	292	350	389	428	480	492	521	550	572	594
2.3	—	—	236	298	360	401	442	475	508	539	570	593	615
2.4	—	—	238	304	370	413	456	490	524	557	590	614	638
2.5	—	—	240	310	380	425	470	505	540	575	610	635	660
2.6	—	—	—	—	384	433	482	519	556	592	628	654	680
2.7	—	—	—	—	388	441	494	533	572	609	646	673	700
2.8	—	—	—	—	392	449	506	547	588	626	664	692	720
2.9	—	—	—	—	396	457	518	561	604	643	682	711	740
3.0	—	—	—	—	400	465	530	575	620	660	700	730	760
3.1	—	—	—	—	—	—	534	583	632	673	714	746	778
3.2	—	—	—	—	—	—	538	591	644	686	728	762	796
3.3	—	—	—	—	—	—	542	599	656	696	742	778	814
3.4	—	—	—	—	—	—	546	607	668	712	756	794	832
3.5	—	—	—	—	—	—	550	615	680	725	770	810	850
3.6	—	—	—	—	—	—	—	—	684	733	782	824	866
3.7	—	—	—	—	—	—	—	—	688	741	794	838	882
3.8	—	—	—	—	—	—	—	—	692	749	806	852	898
3.9	—	—	—	—	—	—	—	—	696	757	818	866	914
4.0	—	—	—	—	—	—	—	—	700	765	830	880	930
4.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	836	888	940
4.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	842	896	950
4.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	848	904	960
4.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	854	912	970
4.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	860	920	980
4.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	984
4.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	988
4.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	992
4.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	996
5.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1000

附录 E
(资料性附录)
灌浆用混凝土配合比及有关资料

E.1 普通混凝土配合比应符合表 E.1 的规定。

表 E.1 普通混凝土配合比

单位: kg

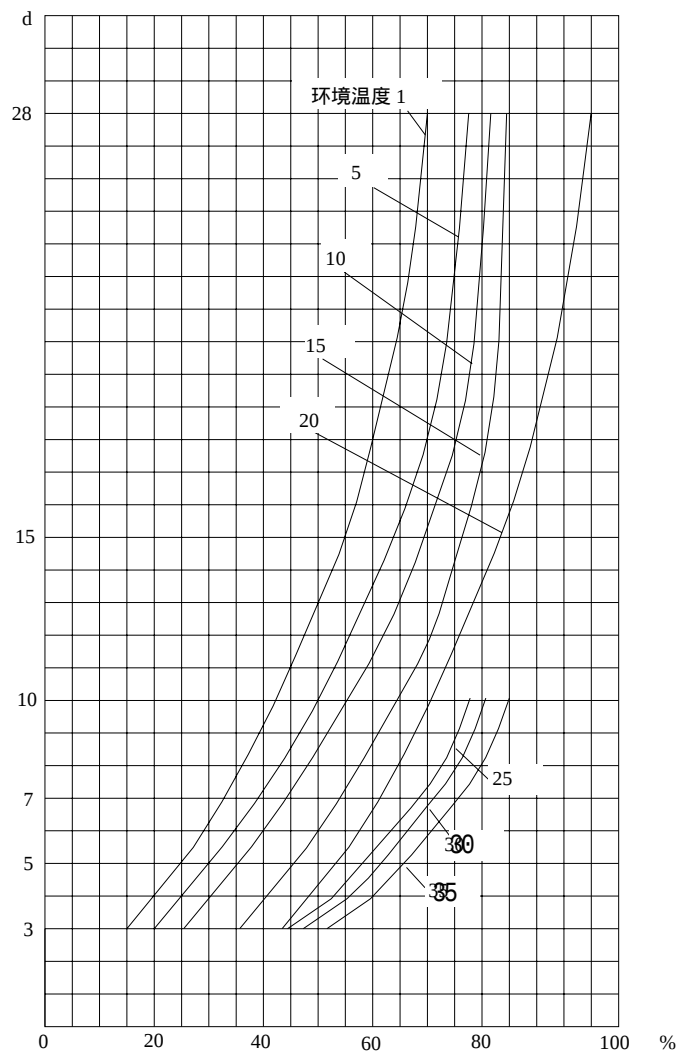
混凝土标号	每立方米混凝土			
	水	普通硅酸盐水泥 ^a	砂子	石子
C15	192	315 (32.5 号水泥)	665	1 238
	191	262 (42.5 号水泥)	702	1 247
C20	203	390 (32.5 号水泥)	659	1 166
	202	326 (42.5 号水泥)	714	1 167
	185	356 (32.5 号水泥)	716	1 164
	184	297 (42.5 号水泥)	754	1 176
C30	204	434 (42.5 号水泥)	625	1 163
	185	394 (42.5 号水泥)	686	1 166
注: 石子的粒径为 5 ~ 15, mm; 砂子的粒径为 0.4 ~ 0.45, mm。				
^a 在浇注后 10h ~ 12 h 开始养护, 养护时间不少于 7d。				

E.2 无收缩混凝土及微膨胀混凝土的配合比按表 E.2 的规定配置。

表 E.2 无收缩混凝土及微膨胀混凝土的配合比

项 目	配合比 kg					实验性能	
	水	水泥	砂子	石子	其他	尺寸变化率	强度 MPa
无收缩混凝土 ^a	0.4	1 (42.5 号硅酸盐水泥)	2	—	铝粉 0.0004	0.7/10 000 收缩	40
微膨胀混凝土 ^b	0.4	1 (42.5 号矾土水泥)	0.71	2.03	石膏 0.02 白矾 0.02	0.4/10 000 膨胀	30
注 1: 砂子粒径 0.4 ~ 0.45, mm; 石子粒径 5 ~ 15, mm。							
注 2: 表中的用水量是指混凝土用干燥砂子情况下的用水量。							
^a 无收缩混凝土搅拌好后, 停放时间应不大于 1h。							
^b 微膨胀混凝土搅拌好后, 停放时间应不大于 0.5h。							

E.3 混凝土强度增长率见图 E.1。



图E.1 混凝土强度增长率

E.4 混凝土早强剂配比应符合表 E.3 的规定。

表 E.3 混凝土早强剂配比

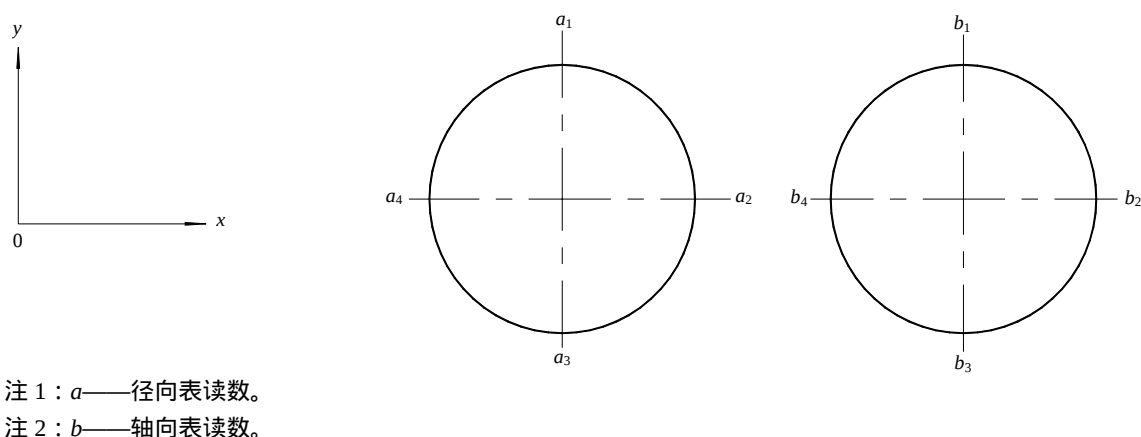
类 别	早强剂名称	掺量 ^a %	适用范围	效 果
1	三乙醇胺	0.05	常温硬化	3 d ~ 5 d 可达到设计强度 70%
2	三异丙醇胺 硫酸亚铁	0.03 0.5	常温硬化	5 d ~ 7 d 可达到设计强度 70%
3	硫酸钠 亚硝酸钠	0.5 ~ 1.5 1.0	低温硬化	在 - 5 条件下, 28d 可达到设计强度 70%
4	三乙醇胺 氯化钠 亚硝酸钠	0.05 0.3 ~ 0.5 1 ~ 2	低温硬化	在 - 10 条件下, 1 月 ~ 2 月可达到设计强度 70%
注 1: 常温是指 15 ~ 17 。				
注 2: 以上配比在有钢筋的情况下也可以使用。				
^a 与水泥质量比。				

附录F
(规范性附录)
转子轴对中偏差的计算法

F.1 双表找正时, 轴向、径向百分表的读数 (见图F.1) 应符合公式 (式F.1)、公式 (式F.2)。

$$a_1 + a_3 = a_2 + a_4 \dots\dots\dots (式F.1)$$

$$b_1 + b_3 = b_2 + b_4 \dots\dots\dots (式F.2)$$



图F.1 对中记录示意

F.2 在联轴器互成 90° 的四个位置测得两轴的径向测量值 a 和轴向测量值 b , 应按下列方法计算出对中偏差数值:

a) 两轴线径向位移量应按公式 (式F.3)、公式 (式F.4)、公式 (式F.5) 计算;

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} \dots\dots\dots (式F.3)$$

$$a_x = \frac{a_2 - a_4}{2} \dots\dots\dots (式F.4)$$

$$a_y = \frac{a_1 - a_3}{2} \dots\dots\dots (式F.5)$$

上列式中:

a ——两轴线的实际径向位移, mm;

a_x ——两轴线沿X轴径向位移, mm;

a_y ——两轴线沿Y轴径向位移, mm;

$a_1 \sim a_4$ ——百分表分别在 0° 、 90° 、 180° 、 270° 四个位置上径向表读数, mm。

b) 两轴线轴向倾斜应按公式 (式F.6)、公式 (式F.7)、公式 (式F.8) 计算。

$$\theta = \sqrt{\theta_x^2 + \theta_y^2} \dots\dots\dots (式F.6)$$

$$\theta_x = \frac{b_1 - b_3}{d_0} \dots\dots\dots (式F.7)$$

$$\theta_y = \frac{b_2 - b_4}{d_0} \dots\dots\dots (\text{式F.8})$$

上列式中：

θ ——两轴线的实际轴向倾斜，mm；

θ_x ——两轴线沿X轴的轴向倾斜，mm；

θ_y ——两轴线沿Y轴的轴向倾斜，mm；

$b_1 \sim b_4$ ——百分表分别在0°、90°、180°、270°四个位置上轴向表读数，mm；

d_0 ——轴向百分表触头的回转直径，mm。

附录G
(资料性附录)
激光找正方法

G.1 激光找正仪的主要功能：

- a) 转子轴对中测量；
- b) 直线度测量；
- c) 平行度测量；
- d) 平面度测量；
- e) 直角和铅垂度测量；
- f) 同心度测量。

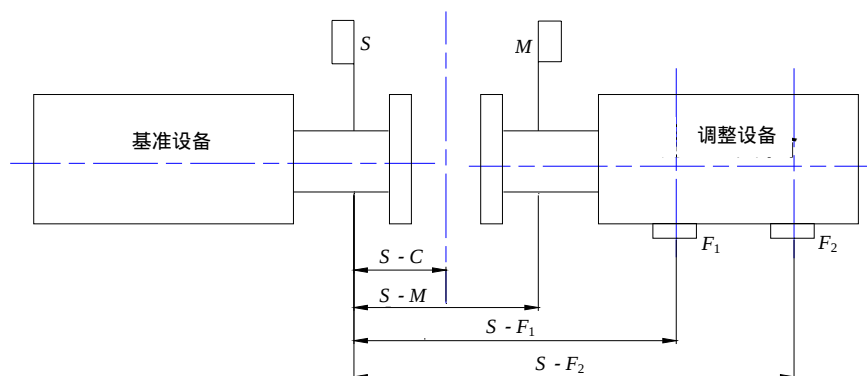
G.2 激光找正法特点：

- a) 可避免计算法和绘图法产生的误差，提高测量精确，最高精度达到0.001mm；
- b) 采用激光找正方法调整同时，实时显示偏差的变化量，实现即时调整；
- c) 采用任意三点法进行对中找正，只需将轴转动至少2个20°即可得到测量结果，转子轴不必转动360°，适合应用在机器盘车受到一定条件限制的境况；
- d) 激光仪的测量距离可为20m，适合应用在长中间轴联轴器的对中找正；应用在同心度和平面度测量的激光仪，测量距离可为40m；
- e) 可对2个~10个机器设备（9个联轴节）进行轴对中测量，并实时显示测量值的变化；
- f) 用于偏置轴对中，能够显示两个旋转轴不对中的角度和偏移值，并进行动态测量；
- g) 用于机组冷态对中，可以补偿两个机器设备在热态时的平行偏差和角度偏差；
- h) 可以通过打印机输出测量结果，或输入计算机，储存大量信息，并能制作含有图形和数据的测量报告，实现文件信息化管理。

G.3 典型激光找正方法：

a) 轴对中找正：

- 1) 按图G.1所示，将找正用的相关基本参数输入显示器内；



F_1 ——调整设备前支脚； F_2 ——调整设备后支脚； $S-C$ ——探测器S基准线到联轴器中心的距离；

$S、M$ ——激光探测器； $S-M$ ——探测器S基准线到探测器M基准线之间的距离；

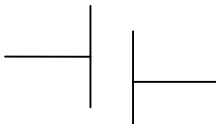
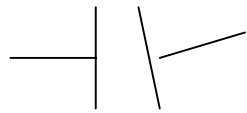
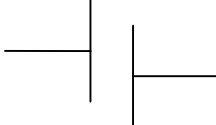
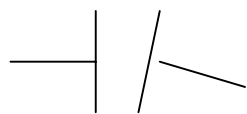
$S-F_1$ ——探测器S基准线到调整设备前支脚的距离； $S-F_2$ ——探测器S基准线到调整设备后支脚的距离

图G.1 机器设备找正示意

- 2) 调整激光探测器，使激光束完全射入靶区；

3) 从调整端向基准端看，旋转联轴器，分别在0°、90°、270°位置读取数值，显示器根据读取的数值进行计算，并显示计算结果（见示例）；

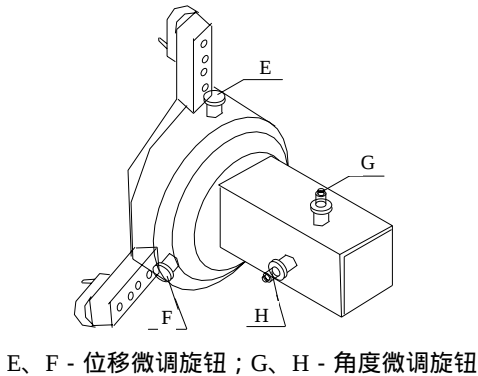
示例： 单位：mm

项 目		显示器读数	
水平方向	位移偏差		- 0.564
	角度偏差		0.034/100
	前支脚F ₁ 调整量	0.904	
	后支脚F ₂ 调整量	0.568	
垂直方向	位移偏差		- 0.768
	角度偏差		0.094/100
	前支脚F ₁ 调整量	0.665	
	后支脚F ₂ 调整量	0.898	

4) 根据显示的调整量，即时调整设备的前后支脚位置的水平偏差和垂直偏差，直到显示的数值符合技术文件要求为止；

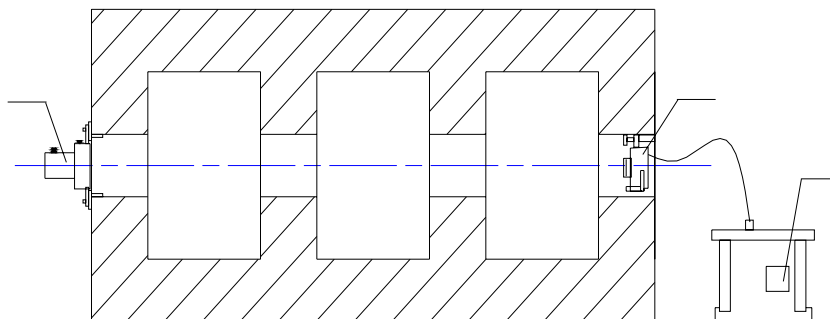
b) 同心度测量：

1) 同心度测量用激光发射器（见图G.2）有三个带磁性的刚性支撑杆，支撑杆可调节以适应不同直径的测量对象。E、F旋钮可调整激光束水平和垂直方向的位移，G、H旋钮可调整激光束发射角度；



图G.2 激光发射器示意

- 2) 图G.3为激光找正仪测量机器设备同心度的示意图，发射器安装在设备边孔端面，探测器放置在测量孔内；



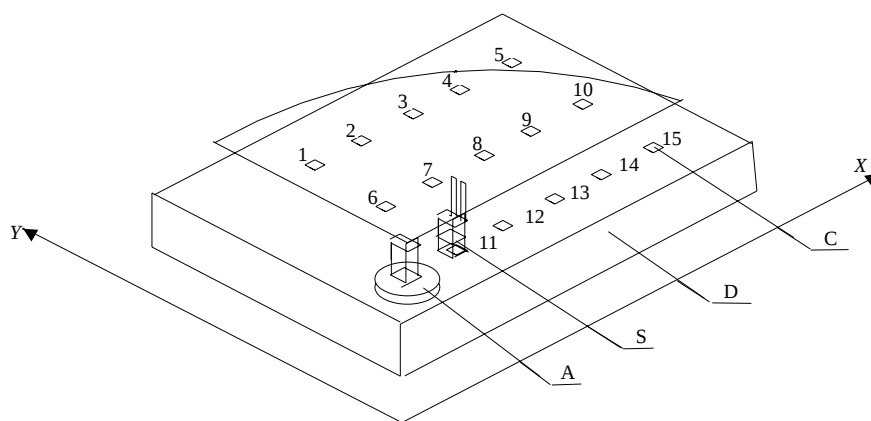
A - 发射器；B - 显示器；S - 探测器

图G.3 同心度测量示意

- 3) 调节E、F、G、H旋钮使激光束大致在孔中心位置，并完全射入探测器靶区；
- 4) 输入测量孔的个数和孔之间的距离，并将探测器放置在测量位置；根据调整后激光束为参考，测出每一孔圆心相对激光束的位移量和偏差方向；
- 5) 以其中任意两点为基准，计算出每一个孔相对基准的偏差量和方向。

c) 平面度测量：

- 1) 图G.4为激光测量平面度示意图，激光发射器通过磁性固定，激光束可以旋转360° 测量精度为0.005mm；
- 2) 将发射器的二维水平调整到零位；
- 3) 输入测量点数及坐标尺寸；
- 4) 按程序依次测量设置点的平面高度；
- 5) 选择基准点，得出其他点的相对偏差。



A - 发射器；S - 探测器；C - 测量点；D - 测量平板

图G.4 平面度测量示意

附录H
(资料性附录)
金属表面的常用除锈方法

金属表面的常用除锈方法与其粗糙度有关，可按表H.1选取。

表H.1 常用除锈方法

金属表面粗糙度 R_a μm	常用除锈方法
> 50	用砂轮、钢丝网、刮具、砂布、喷砂或酸洗除锈
50 ~ 6.3	用非金属刮具、油石或50号的砂布沾机械油擦拭或进行酸洗除锈
3.2 ~ 1.6	用细油石或150号 ~ 180号砂布沾机械油擦拭或进行酸洗除锈
0.8 ~ 0.2	先用180号或240号砂布沾机械油擦拭，然后用干净的绒布沾机械油和细研磨膏的混合剂进行磨光

附录I
(资料性附录)
清洗液的配方

I.1 碱性清洗液配方见表I.1。

表I.1 碱性清洗液参考配方

序号	成 分	质 量 比 %	适 用 范 围
1	氢氧化钠	0.5 ~ 1	碱性较强,能清洗矿物油、植物油和钠基脂,适用于一般钢铁件
	碳酸钠	5 ~ 10	
	硅酸钠	3 ~ 4	
	水	余量	
2	氢氧化钠	1 ~ 2	同上
	磷酸三钠	5 ~ 10	
	硅酸钠	3 ~ 4	
	水	余量	
3	氢氧化钠	0.5 ~ 1.5	适用于铜及其他合金件
	碳酸钠	2 ~ 5	
	硅酸钠	1 ~ 2	
	磷酸钠	3 ~ 7	
	水	余量	
4	磷酸三钠	5 ~ 8	碱性较弱,适用于铜和铝合金件
	磷酸二氢钠	2 ~ 3	
	硅酸钠	5 ~ 6	
	烷基苯磷酸钠	0.5 ~ 1	
	水	余量	

I.2 石油类清洗液见表I.2。

表I.2 石油类清洗液

名 称	适 用 范 围	使 用 温 度
溶剂煤油	清洗带油垢的钢和有色金属件	≤ 65
轻柴油		≤ 65
航空洗涤汽油		≤ 40
常用润滑油		≤ 120

I.3 常用金属清洗剂见表I.3。

表I.3 常用金属清洗剂

型号规格	工 艺 参 数			适 用 范 围	使 用 要 求
	清洗液浓度 %	使用温度	清洗方法		
FCX - 52 固 态粉末或颗粒	2 ~ 3	15 ~ 40	浸洗 刷洗 擦洗	代替汽油、煤油和三氯乙烯清洗 金属零部件上的润滑油（脂）和 防锈油	清洗后在脱水防锈剂中浸泡 1 min即可防锈
32 - 1棕黄色 粘稠液	3 ~ 5	50 ~ 80	刷洗 擦洗	代替汽油、煤油和三氯乙烯清洗 各种机电产品零部件、轴承和齿 轮等金属制品上的油污和防锈油 等	清洗中应视使用情况，经常 补充清洗剂，以保持其浓度
TM - 1淡黄 色透明液体	5	40 ~ 50	浸洗 刷洗 擦洗	清洗钢铁材料及制品或铝、铜及 合金制品上的润滑油（脂）、内 燃机积碳、沥青质污垢和机械润 滑油等	清洗合金件时，可在配液中 加入0.01%苯丙三氮唑
SS - 2	10 ~ 12	50 ~ 60	刷洗 擦洗	铜钢、铝合金和铜合金制品上的 机械油、油污和润滑脂等	轻油污可在室温下清洗
注：清洗液浓度为质量比。					

附录J
(资料性附录)
脱脂剂

表J.1给出了常用脱脂剂。

表J.1 常用脱脂剂

脱脂剂名称	适用范围	使用要求
工业四氯化碳 (CCl ₄)	黑色金属、铜和非金属件	在水和金属共同存在时,发生水解生成微量盐酸,与某些热金属能起强烈的分解反应,甚至爆炸,且有毒
工业三氯乙烯 (C ₂ HCl ₃) ^a	金属件	含稳定剂的纯三氯乙烯对一般金属无腐蚀,但有毒
工业酒精 (C ₂ H ₅ OH) ^b	脱脂要求不高的设备和零部件	脱脂能力较弱
浓硝酸 (HNO ₃) ^c	浓硝酸装置的耐酸管件和瓷环	强氧化剂能溶解和腐蚀某些金属
碱性脱脂液 ^d	形状简单、易清洗管件和零部件	不宜用于精密件、形状复杂、多孔深孔部件和铆接件,以及具有表面转层的金属组合件
金属清洗剂	形状简单、易清洗的钢铁、铝等制件	宜用于精密件及油脂污染不太严重的制件
^a 产品必须含稳定剂。 ^b 浓度不低于95.6%。 ^c 浓度不低于98%。 ^d 即碱性清洗液,配方参见附录I。		

附录K
(资料性附录)
常用防咬合剂

常用防咬合剂的种类宜按表 K.1 进行选择，使用时可根据使用条件，采用不同的润滑油（脂）或其他调和剂进行调制。

表 K.1 常用防咬合剂的种类和性能

种 类	空气中氧化温度	稳定性
二硫化钼粉 MoS_2	≥ 400 (变酸性)	不溶于水及有机溶液
二硫化钨粉 WS_2	≥ 510 (变酸性)	不溶于水及有机溶液
石墨鳞片 C	≥ 454	在常温下不与酸、碱及有机溶液起反应

附录L

(规范性附录)

螺栓刚度及被连接件刚度的算法

L.1 螺栓刚度 C_L 及被连接件刚度 C_F 可按公式(式L.1)、公式(式L.2)计算。

螺栓刚度 C_L

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{E} \left[\frac{L_1}{A_1} + \frac{L_2}{A_2} + \dots + \frac{L_n}{A_n} \right] \dots\dots\dots (\text{式L.1})$$

被连接件刚度 C_F

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{A} \left[\frac{L}{E} + \frac{L}{E} \right] \dots\dots\dots (\text{式L.2})$$

上列式中：

C_L ——螺栓刚度，N/mm；

E_L ——螺栓材料弹性模量，N/mm²；

$L_1 \sim L_n$ ——螺栓各段长度(图L.1)，mm；

$A_1 \sim A_n$ ——螺栓各段剖面面积(图L.1)，mm²；

C_F ——被连接件刚度，N/mm；

A_F ——连接件(包括垫片)的当量受压面积(见图L.1)，mm²；

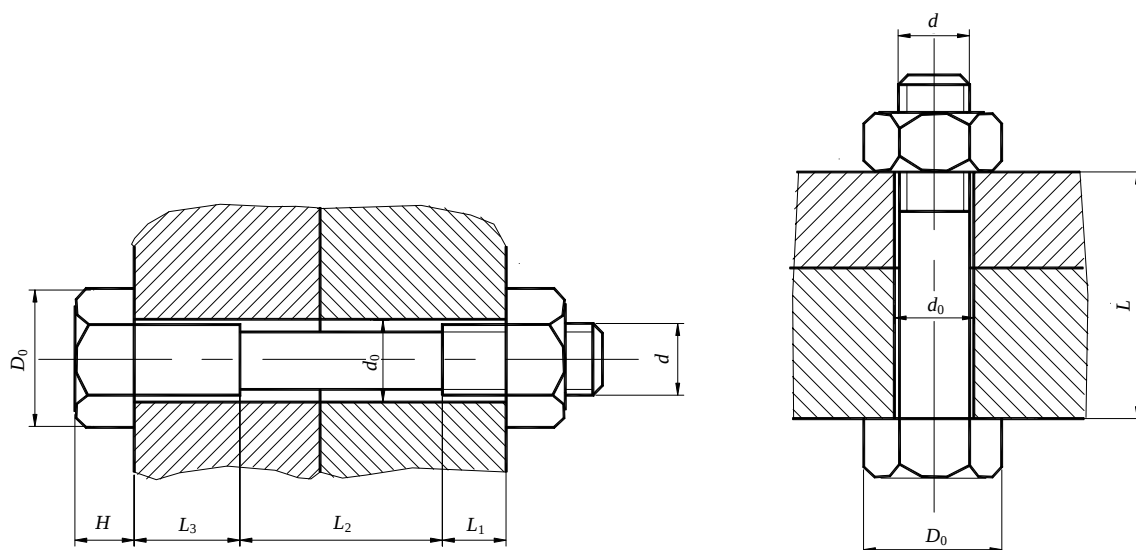
L_F ——被连接件受压总厚度，mm；

L_d ——垫片厚度，mm；

E_F ——被连接件材料弹性模量，N/mm²；

E_d ——垫片材料弹性模量，N/mm²。

L.2 连接件的当量受压面积 A_F 及当量外径 D_0 可按公式(式L.3)、公式(式L.4)计算。



图L.1 螺栓连接

$$A_F = \frac{\pi}{4} (D_0^2 - d_0^2) \dots\dots\dots (\text{式L.3})$$

$$D_0 \approx (1.5d + al) \dots\dots\dots (\text{式L.4})$$

上列式中：

A_F ——连接件当量受压面积， mm^2 ；

D_0 ——被连接件当量外径， mm ；

d_0 ——被连接件当量内径， mm ；

d ——螺栓直径， mm ；

a ——被连接件材料系数，钢取0.1；铝合金取0.17；铸铁取0.125；

l ——被连接件厚度， mm 。

附录M

(资料性附录)

具有过盈的配合件装配方法

装配具有过盈的配合件时，可按表M.1选择装配方法。

表M.1 具有过盈的配合件装配方法

配合	配合制		配合特性	装配方法
	基孔制	基轴制		
过渡配合	$\frac{H_7}{h_6}$	h_6	用于稍有过盈的定位配合，例如用于消除振动用的定位配合	用木锤装配
	$\frac{H_7}{h_6}$	$\frac{N_7}{h_6}$	用于有较大过盈的更精密定位	用锤或压力机装配
过盈配合	$\frac{H_7}{h_6}$	$\frac{P_7}{h_6}$	小过盈配合，用于定位特别重要、能以最好的精度达到部件的刚性及同轴度要求，但不能用来传递摩擦负荷，需要时易拆卸	用压力机装配
	$\frac{H_7}{h_6}$	$\frac{S_7}{h_6}$	中等压入配合，用于钢制或铁制零件的半永久性和永久性装配，可产生相当大的结合力	用压力机装配，对于较大尺寸和薄壁零件需用温差法装配
	$\frac{H_7}{h_6}$	$\frac{U_7}{h_6}$	具有更大的过盈，依靠装配的结合力传递一定负荷	用温差法装配

附录N
(规范性附录)
皮带传动拉紧力的调整

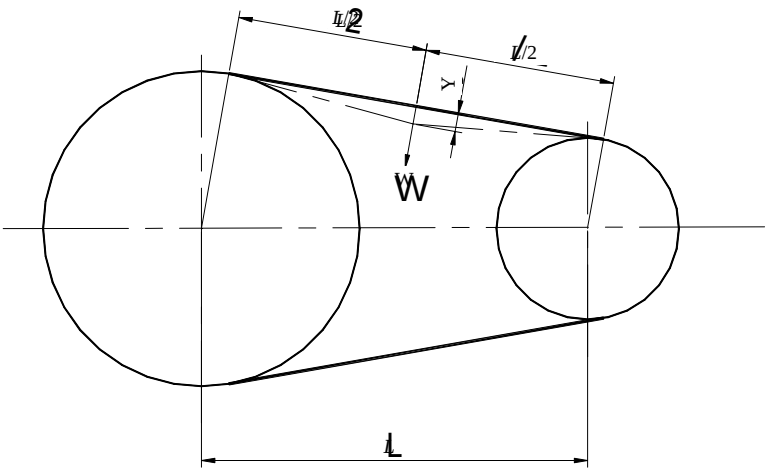
在皮带传动中，通过在皮带与两皮带轮的切点间皮带（切边长 L ）的中间位置且垂直皮带边加一载荷 W （见图N.1）而使皮带产生规定的挠度 y 来控制拉紧力的大小。拉紧力 F_0 和载荷 W 关系见公式（式N.1）公式（式N.2）。

$$F_0 \approx \frac{WL}{4Y} \dots\dots\dots (式N.1)$$

$$Y=1.6L/100 \dots\dots\dots (式N.2)$$

上列式中：

- F_0 ——拉紧力，N；
- W ——施加的载荷（见表N.1），N；
- Y ——皮带的挠度，mm；
- L ——皮带在两皮带轮切点间的长度（切边长），mm。



图N.1 皮带拉紧力的测定示意

表 N.1 调整三角皮带拉紧力所需的 W 值 单位：N

皮带型号	载荷 W
O	5.0 ~ 6.0
A	9.0 ~ 12.0
B	14.0 ~ 18.5
C	30.0 ~ 36.0
D	60.0 ~ 75.0
E	100.0 ~ 125.0

附录 0
(资料性附录)
管道酸洗液配合比

0.1 槽式酸洗法的脱脂、酸洗、中和、钝化液配合比，应符合表 0.1、表 0.2 的规定。

表 0.1 脱脂、酸洗、中和、钝化液配合比

溶 液	成 分	浓度 %	温度	时间 min	PH 值
脱脂液	氢氧化钠	8 ~ 10	60 ~ 80	240 左右	—
	碳酸氢钠	1.5 ~ 2.5			
	碳酸钠	3 ~ 4			
	硅酸钠	1 ~ 2			
酸洗液	盐酸	12 ~ 15	常温	340 ~ 360	—
	乌洛托品	1 ~ 2			
中和液	氨水	8 ~ 12	常温	10 ~ 15	8 ~ 10
钝化液	亚硝酸钠	1 ~ 2	常温	2 ~ 5	10 ~ 12
	氨水				

表 0.2 不锈钢管道酸洗液配合比

溶 液	分 子	浓度 %	温度	时间 min
硝酸	HNO ₃	15	49 ~ 60	15
氢氟酸	HF	1		
水	H ₂ O	84		

0.2 循环酸洗法的脱脂、酸洗、中和、钝化液配合比，应符合表 0.3 的规定。

表 0.3 脱脂、酸洗、中和、钝化液配合比

溶 液	成 分	浓度 %	温度	时间 min	PH 值
脱脂液	四氯化碳	—	常温	30 左右	—
酸洗液	盐酸	10 ~ 15	常温	120 ~ 240	—
	乌洛托品	1			
中和液	氨水	1	常温	15 ~ 30	10 ~ 12
钝化液	亚硝酸钠	10 ~ 15	常温	25 ~ 30	10 ~ 15
	氨水	1 ~ 3			

0.3 槽式酸洗法操作程序为脱脂→水冲洗→酸洗→水冲洗→中和→钝化→水冲洗→干燥→喷防锈油(剂)→封口。

循环酸洗法操作程序为水试漏→脱脂→水冲洗→酸洗→中和→钝化→水冲洗→干燥→喷防锈油(剂)。

用 词 说 明

对本规范条文中要求执行严格程度用的助动词，说明如下：

（一）表示要求很严格、非这样做不可并具有法定责任时，用的助动词为“必须”（must）；

（二）表示要准确地符合标准而应严格遵守时，用的助动词为：

正面词采用“应”（shall）；

反面词采用“不应”或“不得”（shall not）。

（三）表示在几种可能性中推荐特别合适的一种，不提及也不排除其他可能性，或表示是首选的但未必是所要求的，或表示不赞成但也不禁止某种可能性时，用的助动词为：

正面词采用“宜”（should）；

反面词采用“不宜”（should not）。

（四）表示在标准的界限内所允许的行动步骤时，用的助动词为：

正面词采用“可”（may）；

反面词采用“不必”（need not）。

中华人民共和国石油化工行业标准

石油化工机器设备安装工程 施工及验收通用规范

SH/T 3538—2005

条 文 说 明

2005 北 京

目 次

1 范围	59
3 术语和定义	59
4 机器设备安装准备	59
4.1 技术文件	59
4.2 开箱检验和保管	59
4.3 施工现场	59
4.4 基础检查、复测及处理	60
5 机器设备的安装	60
5.1 放线	60
5.2 有垫铁安装	60
5.3 无垫铁安装	60
5.4 地脚螺栓	60
5.5 就位、找平及找正	60
5.6 灌浆	60
5.7 转子轴对中	60
6 清洗与装配	61
6.1 一般规定	61
6.5 滑动轴承装配	61
6.6 密封件装配	61
6.7 联轴器装配	61
7 附属设备及管道的安装	61
7.1 附属设备安装	61
7.3 管道的酸洗、冲洗和吹扫	61
8 试运转	62
8.3 单机试运转	62

1 范围

强调规范的通用性,只是对石油化工机器设备安装施工进行规范。本规范所列之条款,是对各类石油化工机器的安装及验收所提出的基本技术要求。各类石油化工机器在安装过程中,除执行本规范规定外,尚应执行石油化工机器安装工程相应专项规范(简称“专项规范”)的规定。如果机器技术文件有特殊安装要求时,应执行机器技术文件的要求。

3 术语和定义

本章给出了机器安装和装配时一些常用术语和定义。特别是其中的一些术语,如轴承紧力、夹帮、修帮、刮研等都是专业性很强的行业用语,非专业人员难懂其意,所以在规范中第一次作为规范性术语,并给以定义,帮助大家理解规范内容。

4 机器设备安装准备

4.1 技术文件

4.1.1 本条提出了安装前应具备的技术文件是基于以下考虑:

- a) 设计单位提供的技术资料,是安装机器的依据;设计交底是施工单位了解设计意图关键环节;没有设计文件不得进行施工;
- b) 建设单位提出的合理要求的内容,一是合同中要求的内容,如是否需要解体检查,执行标准规范的版本等;二是会议中形成决定的技术要求;
- c) 制造厂应提供机器的出厂有关重要零件和部件的制造装配等质量检验证书及机器的试运转记录是制造厂必须保证的内容;总装配图、主要部件图、易损零件图、安装使用说明书及机器的装箱清单是机器安装、维修、开箱检验的重要依据;没有机器技术文件不得进行作业。

4.1.2 对大中型、特殊、复杂的机器设备安装工程应编制施工组织设计或施工方案,以求做好施工准备,使安装工程能顺利进行。大中型、复杂机器安装工程的划分,应随施工单位技术水平、机具装备和施工环境条件而定。工程规模较大、工期较长或第一次施工者应在施工前编制施工组织设计或方案全面规划施工的各项工,做好充分的施工准备。工程规模比较小,工期较短或过去已经施工过的工程,可按其特殊条件及重要工序,在施工前制订施工方案。施工方案编制前应进行图纸会审,将施工图纸要求与机器安装的技术要求进行对比,审核是否有差错;施工前施工技术人员应向施工人员的交底,认真说明施工方法、施工程序等,并做好记录。

4.2 开箱检验及保管

4.2.1 开箱检验工作必须有建设单位参加,由于机器安装后,最终要交给建设单位使用,且将制造与安装单位责任分清。如有缺、损件应有建设单位去解决。

4.2.2~4.2.3 机器开箱后直至交工的保管由施工单位负责,所以施工单位应有机器及零部件的存储设施,做好防止变形、损坏、锈蚀或丢失的工作,并有专人负责,责任落实到人。专用工具及随机技术资料待交工后移交建设单位,并办理移交手续。

4.2.4 机器吊装和运输时,除应按起重规程进行运输吊装外,还应注意吊装标志。

4.3 施工现场

本条内容是安装施工必要条件,也是安装施工过程中常见发生问题的地方,目的是保证施工能顺利进行。

4.4 基础验收及处理

4.4.1~4.4.3 机器的基础工程，一般由建筑单位施工，其质量要求应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定，并应由建设单位对建筑单位进行工程验收。

机器安装前，应按本规范的要求，复检基础的位置、标高、几何尺寸及预埋部分的位置几何尺寸是否符合要求。如有超差不符合要求的，应由建筑单位进行返修。

4.4.4 基础处理是为了保证垫铁放置和灌浆的质量。

5 机器设备的安装

5.1 放线

5.1.1 机器安装基准线应以划定的基准线为准，而不能以实际中心线和标高为准。

5.1.2 有相互连接、衔接或排列关系的设备，应划定共同的安装基准线，而不能单台机器画线。

5.1.3 编写该规定的目的就是便于安装过程中相互借位调整。

5.2 有垫铁安装

每一组垫铁的最小面积可由计算确定，并选用大于最小面积的规格垫铁。有垫铁的安装方法还可以采用压浆法或座浆法放置垫铁，该方法使垫铁与基础接触可达到100%，安装时建议推荐上述两种方法。对安装在金属结构上的机器，要求垫铁应与金属结构用定位焊焊牢。

5.3 无垫铁安装

无垫铁安装方法，是机器的重量及地脚螺栓拧紧力等均由二次灌浆层来承担的方法。由于混凝土配比技术的进步，机械安装的灌浆料目前有了很大发展，对大型高转速机械的安装十分有利，在条件允许情况下，建议推广使用。使用时要认真分析灌浆料的使用条件、方法，对新产品应在实验后使用，同时注意养护工作。

5.4 地脚螺栓

5.4.4 机器基础浇注预埋的地脚螺栓由于要求地脚螺栓位置准确，故应用少，但具备一定条件时，如有机器底座地脚螺栓孔位置模板，采用预埋地脚螺栓就可以省掉一次灌浆的工作程序及一次灌浆的养护时间，加快安装速度。

5.5 就位、找平及找正

5.5.4 机器安装精度的偏差，应考虑下列因素：

- a) 能补偿受力或温度变化后所引起的偏差；
- b) 能补偿使用过程中磨损所引起的偏差；
- c) 不增加功率消耗；
- d) 使转动平稳；
- e) 使机件在负荷作用下受力较小；
- f) 能有利于有关部件的连接、配合；
- g) 有利于提高被加工件的精度。

5.5.5 采用水平拉钢丝找正机器或部件的方法是安装中常用的测量方法。

5.6 灌浆

该工作一般应由专业人员完成。

5.7 转子轴对中

5.7.1~5.7.2 无间隔轴的联轴器在石油化工装置中主要用于各类风机、往复式机泵及各类小型机泵，与有间隔轴的联轴器调整两轴对中的方法和要求不同，且石油化工装置中，主要以有间隔轴的联轴器的

机泵为主。根据机器的安装要求和方法，有必要将两种联轴器的对中调整分开编写。

5.7.4 随着安装技术的进步，对机器对中技术和施工方法的要求越来越高，世界各国普遍推行的激光找正，在国内得到应用，逐渐被大家接受，所以有必要将激光找正方法和技术要求写入规范。

因为，激光找正在国内尚属发展阶段，没有相应的标准和规范，此次，规范中技术要求条款，是由北京泛泰克斯公司专门从事激光找正技术开发和推广应用的专家编制，主要依据是该公司最先进的 Easy-Laser找正技术。

6 清洗与装配

6.1 一般规定

6.1.2 本条对机器和零、部件上的润滑油孔、密封油孔、密封冲洗孔、密封隔离气进出孔以及干气密封气进出孔，必须进行彻底的清洗和吹扫做出了规定，主要是强调对该部位清洗和吹扫的重要性。另外提出重要机器的封闭记录，目的是保证机器装配的质量符合技术要求。

6.5 滑动轴承装配

6.5.5 本条规定了下轴瓦应用螺钉、凹槽或压键定位，目的是规定下轴瓦应定位，防止轴向串动和转动。另外，薄壁瓦与轴承座的接触情况是由其加工精度来保证，一旦发现瓦有变形，就应检查瓦背接触情况，如果接触面积不符合要求时，应进行修整或更换。

6.6 密封件装配

6.6.3 随着石油化工事业的发展，传动设备的类型越来越多样，平面硬填料密封已被广泛应用，特别是各种小透平和高压往复泵，大都采用平面硬填料密封，所以，有必要将其列入规范，目的是为了规范装配方法，保证装配质量。

6.7 联轴器装配

6.7.8 由于金属叠片挠性联轴器在石化行业应用最为普遍，本条是依据无锡创明工程有限公司（原中国航空工业第六一四研究所传动公司）提供的金属叠片挠性联轴器设计文件和技术资料以及大连苏尔寿泵及压缩机有限公司提供的金属叠片挠性联轴器说明书编写。规范中的对中允许偏差值是通过调研创明工程公司，并参阅其设计文件后编制而成。

7 附属设备及管道的安装

7.1 附属设备安装

7.1.2 本条是规定了密封站和对成品实施保护，封闭任何敞口，避免二次污染，更确保了附属设备的清洁。

7.3 管道的酸洗、冲洗和吹扫

7.3.1 现在常用的液压、润滑和密封管道均采用不锈钢材料配制，适宜采用槽式加温浸洗的方法，使用除锈钝化清洗剂进行酸洗，可以缩短钝化时间，且处理效果符合使用要求。

7.3.4 油系统管道主要包括液压、润滑和密封等系统，对管道清洁度的要求非常高，特别压缩机组和液压设备，管道是否清洁，将直接影响机器设备能否运转和正常运行。所以，在酸洗合格后，均要用工作介质或相当于工作介质的液体进行冲洗，并采用循环方式冲洗。

8 试运转

8.3 单机试运转

8.3.8 石油化工装置建筑安装施工中，经常遇到不宜或不能单机试运转的机泵或机组设备，只能与建设单位协商，争得建设单位同意的情况下，在装置联运时进行该机器的单机试运转，考核其机械性能。