

BENGZHAN JIDIANSHEBEI DE
ANZHUANG YUNXING YU JIANXIU



泵站机电设备的 安装运行与检修

主 编 单文培 王 兵 单欣安
副主编 李建平 曾冠杰 岳永起 于国安



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

责任编辑 司毅兵 张秀娟
E-mail: syb@waterpub.com.cn



BENGZHAN JIDIANSHEBEI DE
ANZHUANG YUNXING YU JIANXIU

泵站机电设备的安装运行与检修



销售分类: 水利水电工程

ISBN 978-7-5084-5264-7



9 787508 452647 >

定价: 69.00 元

泵站机电设备的 安装运行与检修

主 编 单文培 王 兵 单欣安
副主编 李建平 曾冠杰 岳永起 于国安



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是根据目前国家及行业的相关标准、规程、规范以及当前泵站机电设备的技术发展实际精心编写而成的。本书内容广泛新颖、言简意赅、图文并茂、深入浅出,具有较强的实用性。

本书共分 13 章,内容包括:水泵机组安装的基本工艺与工具,大型轴流泵同步机组的安装、卧式水泵机组、深井水泵、潜水电泵、灯泡贯流式机组、大型轴流泵机组的检修,辅助设备、金属结构,水泵机组运行,水泵机组气蚀、振动与平衡,泵站更新技术,泵站新技术应用等。

本书可供排灌、自来水厂、石化、工业用水、施工工地、矿山等泵站机电设备安装、运行、检修、维护的工程技术人员和管理人员作为工具书查阅、使用,也可作为职工的岗位培训教材,还可供大中专院校相关专业师生学习、参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

泵站机电设备的安装运行与检修/单文培,王兵,单欣安主编.—北京:中国水利水电出版社,2008
ISBN 978-7-5084-5264-7

I. 泵… II. ①单…②王…③单… III. ①泵站—机电设备—设备安装②泵站—机电设备—运行③泵站—机电设备—检修 IV. TV675

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 007057 号

书 名	泵站机电设备的安装运行与检修
作 者	主编 单文培 王兵 单欣安 副主编 李建平 曾冠杰 岳永起 于国安
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 28.75 印张 682 千字
版 次	2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷
印 数	0001—3500 册
定 价	69.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

《泵站机电设备的安装运行与检修》

编写人员名单

主 编 单文培 王 兵 单欣安

副主编 李建平 曾冠杰 岳永起 于国安

参 编 王 笑 王红才 邓平生 严 蕾 君利强

罗 进 邱玉林 刘 强 刘茂福 刘孟华

欧阳微频 刘洪林 吴成林 李桂钧 余 倩

宋莲花 肖海平 张武祥 陈良根 林立清

金选钧 姚国辉 洪余和 唐 强 郭 杨

桂 炜 徐子和 黄 燕 黄启坤 黄洪生

谢敏文 詹 磊 侯荣升 晏贡全 赖旭华

戴岩红 卢小梅 华克夫 史俊华 柯 磊

张 晶

前言

新中国成立 50 多年来，全国已拥有大中型固定排灌泵站 50 余万座，机电排灌动力达 7019.6 万 kW，这些提水设施为农业生产发展提供了重要的物质基础，并在抵御干旱和洪涝灾害、促进农业增产以及解决工业与城市居民用水等方面发挥了巨大作用。泵站作为我国水利工程的重要组成部分，在解决洪涝灾害、干旱缺水、水环境恶化三大水资源问题中起着不可替代的重要作用，承担着区域性的防洪、排涝、灌溉、调水和供水的重任。泵站为我国国民经济可持续发展作出了重要贡献。在全面建设小康社会新的历史时期，党中央、国务院规划 3 条南水北调水利工程。南水北调东线工程中，江苏省江都灌排站、淮安抽水泵站等投入运行，彻底改变了苏北地区干旱缺水的面貌。三条（西线、中线、东线）南水北调工程的实施，需要建设许多梯级大型泵站，将解决我国北方严重缺水的问题，促进该地区经济、人口、资源与环境的协调发展。

我国泵站主机组大多数是 20 世纪 60~70 年代的产品，技术落后、汽蚀严重，主机组严重老化，超役带病运行；电气设备几乎是淘汰产品，控制方式落后。为适应我国泵站发展新形势的需要，国家及水利部陆续颁布了一些新的规程、规范和标准，如 GB/T50265—1997《泵站设计规范》、SL254—2000《泵站技术改造规程》、SL255—2000《泵站技术管理规程》、SL317—2004《泵站安装及验收规范》等，对泵站职工技术要求也越来越高，急需对广大职工和新上岗职工进行技术培训。本书的出版将解决目前缺少全面系统化地叙述泵站机电设备的安装、运行和检修等技能的书籍。本书内容丰富、简明扼要、图文并茂、实用性强，并采用最新规程、规范、标准，介绍开发新泵型、通信技术、信号处理技术、故障诊断技术等，并利用计算机的高速计算能力与逻辑判断功能，方便监视和控制泵站内各种设备的运行与操作、梯级泵站优化调度等，力争反映我国 21 世纪初泵站机电行业的新技术和新水平。

本书内容来源于工程实践，又以服务泵站机电工程为目的。单文培主编于 1967 年主持了江西省万年县陶家电排站（6×210kW）机电安装工程；1987 年主持部下发的江西省南康市泵站技术改造的任务，提高了泵站效率；2005

年主持江西省泵站安全鉴定调研工作，广泛接触基层职工，收集了大量的一手资料，并加以总结。本书较全面地阐述了泵站机电设备的安装、运行与检修技能。在取材方面，对新设备的安装、运行与检修技能作了较全面的介绍，对淘汰设备不介绍，对泵站更新技术改造及新技术在泵站推广与应用，也简明扼要地进行介绍，特别是计算机自动化技术与网络技术的广泛应用，为广大泵站职工提出了新的、更高的要求。

本书在编写过程中，编者查阅了大量资料与文献，并参考和利用了許多单位与个人的研究成果，由于篇幅限制不能一一列举，谨在此向关心与支持本书编写的单位与个人表示衷心感谢！

本书由单文培、王兵、单欣安任主编，李建平、曾冠杰、岳永起、于国安任副主编，参加编写的人员还有：王笑、王红才、邓平生、严蕾、君利强、罗进、邱玉林、刘强、刘茂福、刘孟华、欧阳微频、刘洪林、吴成林、李桂钧、余倩、宋莲花、肖海平、张武祥、陈良根、林立清、金选钧、姚国辉、洪余和、唐强、郭杨、桂炜、徐子和、黄燕、黄启坤、黄洪生、谢敏文、詹磊、侯荣升、晏贡全、赖旭华、戴岩红、卢小梅、华克夫、史俊华、柯磊、张晶。王智园承担全部制图工作。

泵站机电设备涉及专业较广泛，有水泵、电机、电气设备、计算机、金属结构、辅助机械设备等专业。由于编者水平有限，加上本书篇幅限制，书中疏误或不足之处在所难免，敬请广大读者与专家批评指正。

编者

2008年1月

目 录

前言

第一章 水泵机组安装的基本工艺与工具	1
第一节 吊装的基本要求	1
第二节 设备的清洗与组合	1
第三节 安装常用的工具	2
第四节 水准仪的使用	7
第二章 大型轴流泵同步电动机组的安装	10
第一节 大型轴流泵主要类型及结构	10
第二节 立式同步电动机结构	17
第三节 安装准备	21
第四节 机组的安装程序	27
第五节 机组安装高程	33
第六节 机组固定部件的埋设	37
第七节 轴瓦研刮与镜板研磨	39
第八节 轴流式水泵转轮安装	45
第九节 水泵泵体的安装	50
第十节 主轴、操作油管与受油器安装	52
第十一节 水泵轴承的安装与间隙调整	55
第十二节 同步电动机定子安装与调整	62
第十三节 同步电动机部件的组装	65
第十四节 上、下机架安装与调整	70
第十五节 同步电动机转子安装	73
第十六节 推力轴承安装与调整	80
第十七节 机组轴线测量与调整	87
第十八节 导轴承安装与调整	100
第十九节 励磁机安装	103
第三章 卧式水泵机组	105
第一节 离心泵的结构	105
第二节 混流泵的结构	110
第三节 卧式异步电动机的结构	111

第四节	卧式水泵机组的安装	112
第五节	轴承座的安装及轴瓦研刮	117
第六节	管路的安装	121
第七节	卧式水泵机组的运行	123
第八节	卧式水泵机组的检修	129
第四章	深井水泵	141
第一节	深井水泵的结构	141
第二节	深井水泵的安装	143
第三节	深井水泵的运行与检修	147
第五章	潜水电泵	155
第一节	潜水电泵概述	155
第二节	井用潜水电泵	156
第三节	潜水排污泵	160
第四节	潜水轴流泵	166
第五节	潜水混流泵	170
第六节	潜水离心泵	171
第七节	潜水贯流泵	172
第六章	灯泡贯流式机组	175
第一节	灯泡贯流式机组安装概述	175
第二节	埋设部件安装	177
第三节	主轴与轴承的安装	185
第四节	转轮室与转轮安装	190
第五节	电机的安装	194
第七章	大型轴流泵机组的检修	202
第一节	概述	202
第二节	水泵磨损与汽蚀破坏的修理方法	207
第三节	主轴密封装置的检修	216
第四节	水导轴承的检修	218
第五节	受油器的检修	223
第六节	轴流转叶式水泵轮叶操作机构的检修	225
第七节	轮叶密封机构的检修	230
第八节	同步电动机转子的检修	232
第九节	同步电动机的机架拆装及定子检修工艺	234
第十节	同步电动机轴承的检修	236
第十一节	冷却器与制动器的检修工艺	246
第十二节	主轴法兰的分解与连接	248

第十三节 立式同步电动机绕组的绝缘处理	251
第八章 辅助设备	257
第一节 管道的配置	257
第二节 管道系统的安装	258
第三节 空气压缩机	260
第四节 蝶阀	273
第五节 油系统主要设备	277
第六节 油系统的运行维护	287
第七节 压缩空气系统的运行与维护	292
第八节 水系统的运行与维护	293
第九节 辅助设备自动控制	295
第十节 球阀	302
第十一节 油压装置	306
第九章 金属结构	312
第一节 拦污栅及清理机械	312
第二节 闸门	321
第三节 启闭机	332
第四节 桥式起重机	345
第十章 水泵机组运行	354
第一节 水泵机组的试运行	354
第二节 水泵机组的运行	357
第三节 泵站技术经济指标	369
第四节 泵站节能技术	372
第五节 泵站的经济运行	384
第六节 机组运行中的故障及其处理	391
第七节 大型泵站的机组控制	394
第十一章 水泵机组汽蚀、振动与平衡	399
第一节 水泵的汽蚀与安装高程	399
第二节 水泵机组的振动	405
第三节 水泵转轮静平衡	409
第四节 同步电动机转子动平衡试验	413
第十二章 泵站更新技术	420
第一节 基本情况	420
第二节 我国大中型泵站的地位与作用	422
第三节 我国大中型泵站存在的主要问题	423
第四节 大中型泵站更新改造的必要性和迫切性	425

第五节	大中型泵站更新改造的总体目标及更新改造的重点	426
第六节	主机组更新改造的要求	429
第七节	大型泵站调节运行方案	432
第八节	大型泵站空蚀的修复和预防	433
第九节	大型电动机改造技术	435
第十节	拍门断流方式的改造	436
第十三章	泵站新技术应用	437
第一节	综合性能优异的泵型开发	437
第二节	大型泵站经济运行和优化调度	438
第三节	大型泵站运动技术与计算机调度大系统技术	439
第四节	提高大型泵站运行可靠性技术	440
第五节	大型泵站设备在线故障诊断技术	440
第六节	虚拟仪器技术在大中型泵站机组状态监测中的应用	441
第七节	新理论在泵站综合自动化系统中的应用	443
第八节	我国泵站监控系统的现状和趋势	445
参考文献	447

第一章 水泵机组安装的基本工艺与工具

第一节 吊装的基本要求

机组安装工作对起重工作提出了很高要求，根据具体情况，制定先进的吊装措施与合理的吊装方法，与安装工作密切配合、互相协作，是加快安装进度、提高安装质量、实现安全第一的重要保证。吊装工作的基本要求如下：

(1) 认真检查所有使用的起重工具，如钢丝绳、滑车等是否超过报废标准，凡超过报废规定者不准使用。

(2) 捆绑重物钢丝绳与设备棱角的接触点，应垫以钢板或木块护角。起吊时钢丝绳与垂直方向的夹角不应超过 45° 。

(3) 起吊设备前，应先提起少许，检查绳结及各钢丝绳受力情况，通常用木棍或钢撬棍敲打钢丝绳，使其靠紧并检查各钢丝绳受力是否均衡。

(4) 数根钢丝绳的合力线应通过吊物的重心，起吊时应平起平落。

(5) 专用起重机具应经验算和试验，合格后才准使用。

(6) 起重工作要有专人统一指挥。

(7) 两台起重机吊装同一重物时，其重量（包括吊具）不超过两台起重机的公称起重量之和。悬挂点分配应合理。

第二节 设备的清洗与组合

机组设备在安装前，应将零件所涂的防锈漆清扫干净。常用柴油或汽油来溶解防锈漆。对非加工面或非精密加工面可用刮刀、钢丝刷来清扫；对精密加工面，应用铜皮、铝皮等软金属片或竹制刀去除漆皮，然后用酒精、甲苯等清洗，最后用白布或丝绸擦干。

对要求不高的组合螺栓等零件，去除防锈漆可先用火碱煮，再用清水冲洗零件，然后用破布擦干。

机组的环形部件，如座环、顶盖、基础环、底环、控制环、转轮室等，由于运输条件限制，常分成几瓣，安装前应在安装间进行组合。先将组合面防锈漆、毛刺等清扫干净，然后涂上白铅油或酒精漆片进行组合，并测量组合缝间隙。一般要求组合缝不能插入 0.05mm 的塞尺，但允许组合缝间隙不大于 0.1mm ；深度不超过组合缝宽的 $1/3$ 的局部间隙，其总长度不超过其周长的 20% 。组合螺栓拧紧方法：一般用大锤打扳手；或用风动和电动扳手来拧紧不大的螺栓；或把组合螺栓放在油里加温，使螺栓加热伸长，用螺母拧紧，冷却后有紧力。

若运输中使机组部件产生变形,致使组合面错位,处理时应先保证过流面不错位,待组合好后重新配钻铣销钉。一般在组合缝处涂环氧树脂后再组合,以免漏水。

安装人员应掌握钳工技能,会使用钳工设备和量具,对于划线、錾切、锉削、钻孔攻丝套扣、刮削、打大锤等,均应按钳工工艺操作。

第三节 安装常用的工具

一、常用工具

1. 手电钻

手电钻是一种电动工具,主要用于钻孔。通常有手提式与手枪式两种。后者使用方便,其钻孔直径不超过6mm。

2. 手提式砂轮机

手提式砂轮机也是一种电动工具,主要用于大型的、不便于搬动的金属表面的磨削、去毛刺、清焊缝及去锈等加工。还有一种软轴式砂轮机,它由一根软轴把电动机轴的转动传递给工具头。使用时只需握住工具头即可对工件进行加工。由于工具头体积小、重量轻,能适用于复杂的位置加工。工具头可任意更换磨头、铣刀、纱布轮、钢丝轮等工具,以适应特殊加工的需要。

3. 螺栓电阻加热器

螺栓电阻加热器是装配螺栓预加应力的一种专用工具。

4. 千斤顶

千斤顶是一种轻便的易携带的起重工具,可以在一定高度内升起重物,用于校正构件变形和设备的安装位置。千斤顶有螺旋式和油压式两种。前者可以自锁,其重量不超过300kN;后者传动比很大,起重量可达5000kN,起重高度不超过200mm。

5. 风动工具

风动工具有风钻、风镐、风扳、风动砂轮等,其额定压力为0.7MPa。

6. 喷砂枪

喷砂枪是用于清扫一般粗糙机件表面锈污的工具。

二、常用量具

1. 框形水平仪

框形水平仪如图1-1所示,它是测量水平度和垂直度的精密仪器,精度可达0.02mm/m。它在一个密封的略带弧形的玻璃管内(即主、辅水准),装有酒精或乙醚并留有一定长度的气泡。当其测面稍有倾斜时,水准器气泡就向较高的方向移动,由气泡移动的格数,便可知平面的平直度和水平度。使用前应采取掉头测量的方法来检验水平仪自身的精度,即把它放在标准平面同一位置,调头测量两次。若气泡的方向与读数相同,说明仪器准确;否则应对仪器进行微调,调整量应等于两次读数之差的1/2。

在测量前,应把水平仪的测量面与被测面揩干净,以免脏物影响测量精度。使用后应及时擦干净并涂防锈油。

当部件尺寸大、被测平面较粗糙时,直接用框形水平仪测量误差会大。为提高测量精

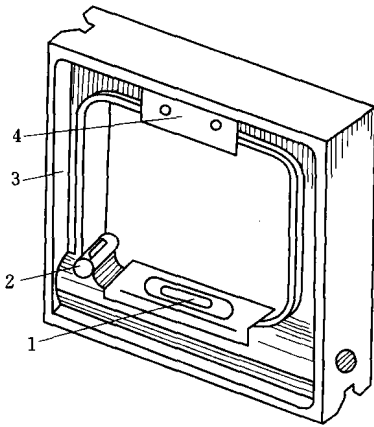


图 1-1 框形水平仪

1—主水准；2—辅助水准；3—框架；4—握手

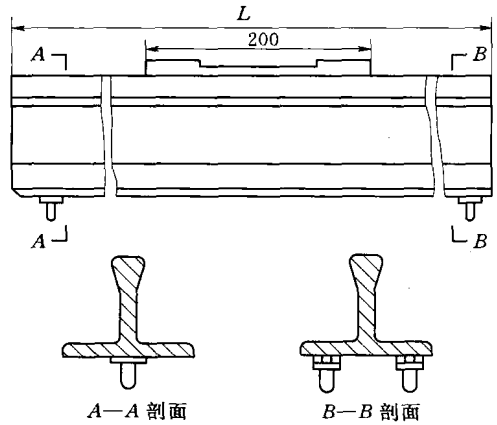


图 1-2 水平梁

度，应采用水平梁和它配合使用的方法。水平梁用 8~12kg/m 的轻钢轨或工字钢制成，如图 1-2 所示。要求水平梁平直并有一定刚度，其长度根据被测平面尺寸所决定，中部有一个精加工平面，梁的一端有一个支点，另一端有两个可调支点。将水平梁放在较平整的面上，通过调节水平梁的可调支点，使水平梁调头 180°，前、后两次用框形水平仪测出气泡的移动格数和方向相同，则水平梁自身调整完毕，将两只可调支点上的并紧螺母并紧。

测量时将水平梁放在被测部件的测点上，再把框形水平仪放在水平梁上，记下水平仪读数 N_1 ，然后将框形水平仪与水平梁一起旋转 180°，再次测量读数为 N_2 ，则部件的水平误差 H 按下式计算

$$H = CD \left(\frac{N_1 + N_2}{2} \right)$$

式中 H ——部件水平误差，mm；

D ——部件的直径或长度，m；

N_1 、 N_2 ——第一、二次测量时仪器气泡移动格数， N_1 与 N_2 同向取“+”，反向取“-”，根据 H 值大小与符号调整安装部件的水平；

C ——框形水平仪精度，mm/(格·m)，常用精度一分为 0.02~0.04mm/m。

框形水平仪除用来测量安装部件的高程，还可代替水平梁来测定座环、底环等部件的安装水平值，精度可达 0.01mm/m。

2. 橡胶管水平器

橡胶管水平器运用连通管原理，用两根长约 200mm、直径 15mm 的玻璃管分别插在橡胶管的两端，橡胶管的长度不得小于被测物体 1.5 倍的距离。使用前，应先排除管内空气，然后将两玻璃管靠近，检查它们的水平面是否在同一水平面上。测量时，将玻璃管的一端液面和一个被测点对齐，玻璃管的另一端靠在另一个被测点处，观察液面和被测点高差就可以测出两被测点的水平度，它的精度为 1mm。它适于测量水平要求较低的项目。

水平尺与水准仪也可以测平面水平。

3. 指示式测量具

指示式测量具如百分表、千分表及量缸表等，用来测定机组摆度、振动值及内孔直径等。百分表工作原理是将测量杆的位移通过齿条与齿轮转化为表盘指针的转动，其结构如图 1-3 所示。

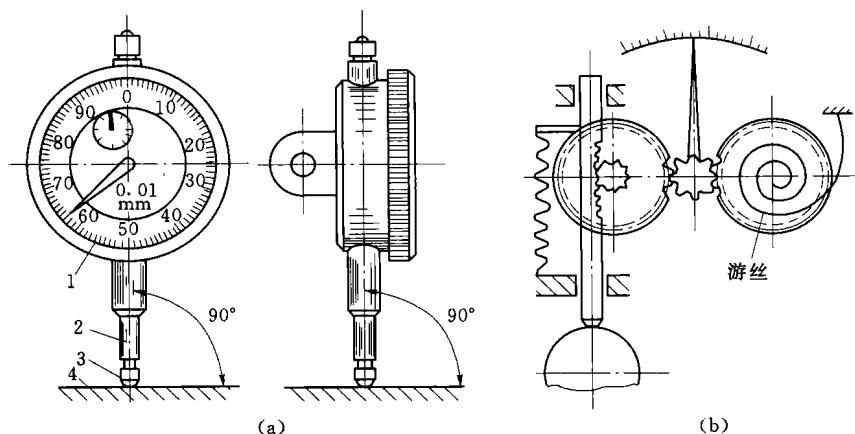


图 1-3 百分表

(a) 外形；(b) 动作原理

1—表面；2—测量杆；3—测头；4—工件

百分表刻线原理：测量杆移动 1mm，表盘上长针旋转一周；将表盘圆周 100 等分，每格为 1/100mm，表盘上短针指示长针旋转圈数，即每小格为 1mm。

千分表刻线原理：测量杆移 0.1mm，长针旋转一周，表盘圆周 100 等分，则每格为 1/1000mm，表盘上短针用来指示长针旋转圈数。

百分表和千分表与磁性表座联合使用。使用时，测量杆的中心应垂直于测量平面且通过轴心，测量杆接触到测点时，应使测量杆压入表内 2~3mm 行程，然后转动表盘，使长针对准“0”位调零。

4. 塞尺

塞尺用于检查转动部分和固定部分的间隙和组合缝的接触的紧固程度。检测的最薄片厚度为 0.02mm。也称“厚薄规”或“间隙规”。

5. 游标读数量具

游标读数量具包括游标卡尺、高度游标卡尺、深度游标卡尺及游标量角尺等，用来测量零件的内外径、长度、宽度、厚度和角度等。

通常游标卡尺根据游标上的刻度可读出的最小读数不同，分为 0.1mm、0.05mm 及 0.02mm 三类。一般常用的是读数为 0.1mm 的卡尺，主尺每小格的可读为 1mm，副尺上的游标刻度在 9mm 长度内分为 10 等分，即每格宽度为 $9 \times 1/10 = 0.9\text{mm}$ 。当主尺与游标两刻度的零线（起始线）对准重合时，则游标上最后一条刻度与主尺 9mm 的线重合。

卡尺测量出尺寸后，第一步看主尺上在副尺零线以左的第一个刻度线的整数是多少；

第二步看副尺零线以右方向游标刻度第几格与主尺刻度线重合，然后将两数相加得到所测尺寸，如图 1-4 所示。

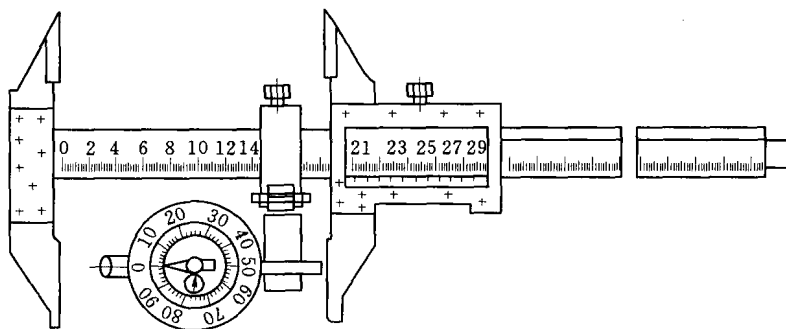


图 1-4 游标卡尺测量装置

6. 螺旋读数量具

螺旋读数量具包括外径千分尺、内径千分尺等，用来测量部件的内外径、宽度、高度等尺寸。内径千分尺带有一套不同长度的接杆，测量大尺寸时，将几节连接起来使用。

要保持量具的精度和工作可靠性，必须要掌握正确的使用方法，做好量具的维护、保养工具。精密量具应定期检验，合格才准使用。

三、自行制造的特殊工具

在机组安装中，可根据特殊要求自行制作一些特殊工具，在机组安装中的测量与调整使用。

(1) 外圆柱面圆度的测量。为检查与处理转轮止漏环与转子的圆度，需要做测圆架帮助测圆。如图 1-5 所示，上端做一个螺栓中心锥，紧顶在轴中心孔内，测圆架的中部与轴抱紧，要求不费力就可转动。在测圆架的下端安放百分表，百分表的测头垂直指向被测表面，转动圆架，百分表上读数就可以反映被测圆柱面的失圆度。

(2) 测量机组轴颈。测量外径用的测量架用于测电动机转子外径，如图 1-6 所示。

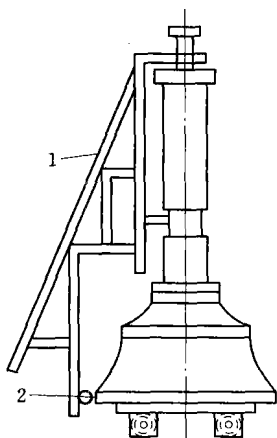


图 1-5 转轮测圆架
1—测圆架；2—百分表

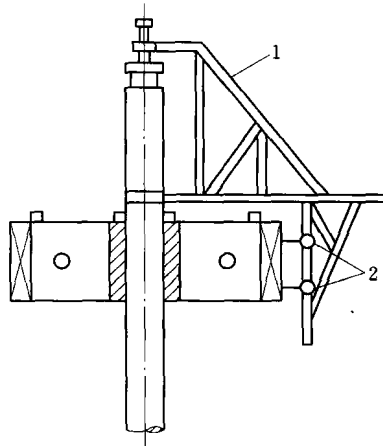


图 1-6 转子测圆架
1—测圆架；2—百分表

- (3) 调整高程与间隙用的楔子板。
- (4) 紧固连接螺栓用的专用扳手等。

(5) 测量机组中心用的工具，包括中心架、求心器、测杆、重锤及油桶等。中心架用槽钢和角钢焊制，其长度可根据支点的跨度确定。要保证整个中心架有足够刚度。在中心架中间设有螺孔，以固定求心器。如图 1-7 所示。确定了中心的钢琴线（直径为 0.3~0.5mm）绕在求心器卷筒上，钢琴线的一端拴在卷筒轮缘上，另一端通过求心器底座圆孔垂下。调整钢琴线的位置，使其与基准中心一致。求心器上有 4 个中心调整螺杆可调卷筒的位置。

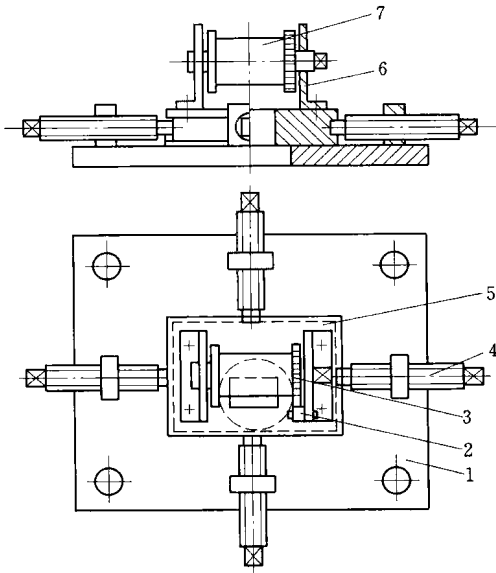


图 1-7 求心器

- 1—底板；2—棘爪；3—棘轮；4—调节螺杆；
- 5—中心滑板；6—支承；7—卷筒

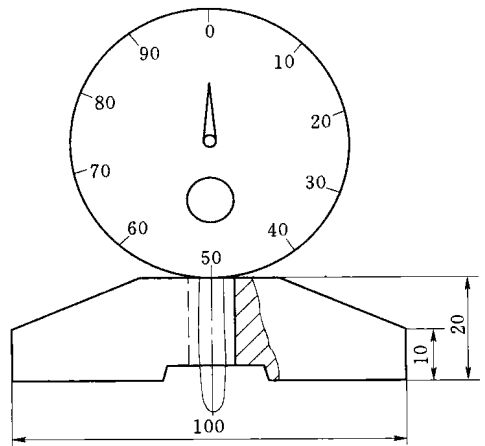


图 1-8 测螺丝伸长工具

为了拉直测中心的钢琴线，在琴线末端拴以重锤，重锤是用铁板焊成的有底圆筒，其中灌以水泥浆（或砂），锤的外缘四周焊成 4 个叶片，将锤放在黏性大的油中，可减少琴线摆重。重锤高度与直径比值是 2~2.5，重量 10kg 左右。

(6) 测螺丝伸长度工具。应保证主轴法兰连接螺栓有足够的紧度。连接螺栓是中孔，在此孔拧入测量杆，再用如图 1-8 所示工具与千分表放入测杆上，用大锤打紧螺丝后，随时检查，直至螺栓伸长至要求值时为止。使用此工具时，前后两次工具放的位置应一致。

- (7) 主轴垂直测量工具。

四、起重工具

- (1) 滑车轮。有三面、二面和单面三种形式。滑车轮技术参数见表 1-1。
- (2) 葫芦。其相关参数见表 1-2。