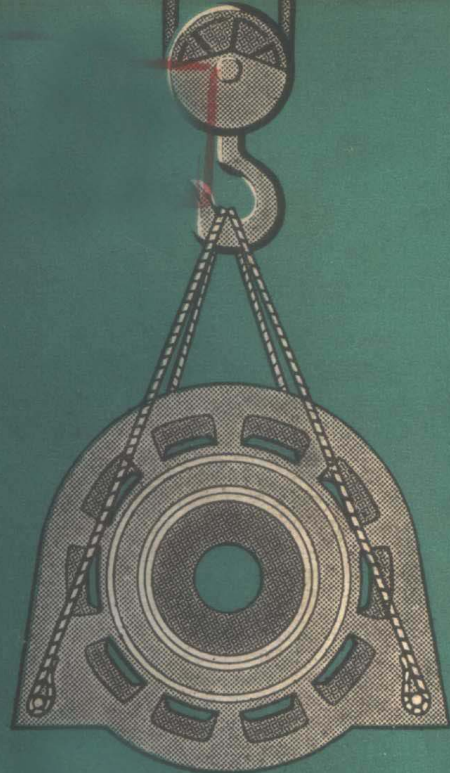




苏联 Л. Б. 李弗林著

大型电机的安装

水利电力出版社

大型电机的安装

苏联Л.Б.李弗林著

邵光楣 張秉道 李延善譯

水利电力出版社

內 容 提 要

本書闡明工业电力驅动用的大型电机(电动机、发电机、交流机)安装的主要問題。研究空气冷却式汽輪发电机的安装。并詳細的敘述了电机干燥的方法和有关电机試驗、起动运行以及調整的知識。

本書供从事电机安装和运行的工程技術人員閱讀，也可作为电机制造工作者以及高等、中等技术学校电机和电力驅动专业学生的參考書。

Л.Б.РИВЛИН

МОНТАЖ КРУПНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1956

大型电机的安装

根据苏联国立动力出版社1956年莫斯科版翻譯

邵光楣 張秉道 李延善譯

*

1933D552

水利电力出版社出版(北京西郊科學路二里溝)

北京市書刊出版業營業許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

*

850×1168 $\frac{1}{2}$ 开本*12 $\frac{1}{2}$ 印張*317千字*定价(第10类)2.00元

1959年3月北京第1版

1959年5月北京第2次印刷(3,601—6,830册)

序 言

大型电机的安装是复杂的工艺过程，它包括一系列的起重、钳工装配等工序以及和电机电气部分有关的工序。

由于有关大型电机安装方面必要书籍的缺乏，促使作者编写了这本书；书中企图系统地阐述关于大型电机安装中的各项问题。

“大型电机”这个术语，作者是指功率约 500 瓩以上的电机而言。照此规定，本书中讨论了工业电力驱动用的大型电机：电动机、发电机、交流机，以及空气冷却的汽轮发电机的安装。

本书共分三篇。

第一篇说明大型电机安装中的一般问题，介绍用于安装工作的测量仪器和工具，公差和配合，起重运输设备，起重工作以及电机基础建筑等的简要知识。

第二篇叙述卧式电机的安装过程，包括安装完毕后电机的干燥工作。因为大型电机零件的安装方法基本上不因电机的型式而异，所以叙述这些零件的安装时，所采取的观点是使这些叙述可以应用于基本型式中的任何一种大型电机。功率在 50,000 瓩以下的空气冷却式汽轮发电机安装的特点有专章叙述。至于功率更大的氢冷式汽轮发电机，以及水轮发电机，因其安装具有很多特点，应由专书论述。

第三篇中阐述有关电机试验，起动运行，以及调整的基本知识。

作者对本书原稿的校阅者——基洛夫“电力”工厂工程师 B.C. 日尔金斯基和 Л. И. 克列依曼提出的宝贵意见表示感谢。

作者

目 录

第一篇 电机安装的一般問題

第一章 电机测量和調整用的

工具和仪器

- 1-1. 概述..... 5
- 1-2. 测量长度、直径和間隙的工具..... 5
- 1-3. 千分表..... 11
- 1-4. 测量振动的仪器..... 12
- 1-5. 水准仪..... 16

第二章 公差和配合

- 2-1. 基本概念..... 18
- 2-2. 公差和配合制度..... 21

第三章 电机的运输和起重

- 3-1. 概述..... 30
- 3-2. 运输和起重的设备..... 31

- 3-3. 搬运工作的一般規則..... 49

- 3-4. 貨物的移动和起重..... 53

- 3-5. 用繩索系套、电机及其零件的方法..... 62

第四章 电机的厂房和基础

- 4-1. 电机的厂房..... 66

- 4-2. 基础的結構..... 67

- 4-3. 基础的建筑..... 70

第五章 大型电机的結構型式及其安装方式

- 5-1. 电机的結構型式以及按保护和

- 冷却方式的电机分类..... 73

- 5-2. 电机安装的方式..... 75

第二篇 安装工作

第六章 准备工作

- 6-1. 一般的技术組織措施..... 81
- 6-2. 电机部件的存放与備藏..... 84
- 6-3. 送来安装的电机及其部件的开箱和初步驗收..... 86
- 6-4. 电机机房的准备工作和基础檢查..... 88

第七章 基础板和轴承座的安装

- 7-1. 基础板..... 91
- 7-2. 基础板的安装..... 93

- 7-3. 轴承座的安装..... 99

第八章 定子和轉子的安装

- 8-1. 概述..... 107

- 8-2. 轉子套裝于軸上..... 108

- 8-3. 半联轴器套裝于軸上..... 117

- 8-4. 轉子的檢查和預裝..... 113

- 8-5. 整体定子时定子和轉子的安装..... 120

- 8-6. 定子可拆开时定子和轉子的安装..... 127

第九章 相联接的电机的軸綫的調整(找中心)

- 9-1. 概述.....131
- 9-2. 联轴器的型式.....132
- 9-3. 按水平仪調整軸綫.....138
- 9-4. 双支点轉子的找中心.....145
- 9-5. 单支点轉子的找中心.....171
- 9-6. 用齿輪傳动的电机的找中心.....176
- 9-7. 找中心时軸綫的調整.....178
- 9-8. 驗工作状态下机組中心的破坏.....179

第十章 主要零件的最后安装及联轴器的装配

- 10-1. 轉子、定子、基础板和軸承座的最后安装.....181
- 10-2. 联轴器装配.....184
- 10-3. 定子端盖的安装.....187
- 10-4. 基础板和底脚螺杆浇注混凝土.....188

第十一章 軸承及其装配

- 11-1. 軸承裝置.....189
- 11-2. 軸承的工作情况.....195
- 11-3. 軸承的装配.....198
- 11-4. 軸瓦的檢查与研刮.....203

第十二章 軸承油路系統和空气冷却器的安装

- 12-1. 軸承油路系統及其安装.....206
- 12-2. 空气冷却器及其安装.....208

第十三章 导电部分的檢驗与安装

- 13-1. 繞組的内部接綫.....212
- 13-2. 換向器和集电环的檢查与准备.....213
- 13-3. 电樞繞組有无内部损坏的檢查.....215
- 13-4. 搖杆和电刷的安装.....216
- 13-5. 直流电机繞組引出綫联接正确性的檢查.....227
- 13-6. 交流电机繞組引出綫联接正确性的檢查.....242

第十四章 汽輪发电机安装的特点

- 14-1. 概述.....246
- 14-2. 汽輪发电机主要零件的安装和調整. 轉子找中心.....246
- 14-3. 轉子插入定子.....252

第十五章 电机的干燥

- 15-1. 概述.....262
- 15-2. 外部加热干燥法.....266
- 15-3. 用外部电源电流的干燥法.....267
- 15-4. 在发电机方式运行下用短路电流的干燥法.....271
- 15-5. 风損干燥法.....275
- 15-6. 直流电动机在“勵动轉速”下干燥.....275
- 15-7. 定子鉄損干燥法.....284
- 15-8. 定子机壳損耗干燥法.....290

第三篇 电机的試驗, 起動和調整

第十六章 起動前的測量和試驗

- 16-1. 电机試驗概述.....292
- 16-2. 繞組絕緣电阻的測量.....292

- 16-3. 繞組电阻的測量.....294
- 16-4. 繞組对电机机壳的电气絕緣强度試驗.....301

第十七章 电机的起动和运行试验

- 17-1. 起动前的准备工作.....303
- 17-2. 空载试验.....308
- 17-3. 振动的测量.....310
- 17-4. 轴承绝缘的完整性的
确定.....313
- 17-5. 绕组匝间绝缘
电气强度的试验.....313
- 17-6. 直流电机的空载试验和
短路试验.....314
- 17-7. 同步电机的空载试验和
短路试验.....316
- 17-8. 感应电动机的
空载试验.....318
- 17-9. 电机的负载试验.....319

第十八章 温升试验

- 18-1. 概述.....323
- 18-2. 试验的方法和温升的
确定.....324
- 18-3. 试验前的准备.....328
- 18-4. 试验的进行和试验
数据的分析.....332
- 18-5. 冷却空气量的测定.....334
- 18-6. 空气冷却器保证数据的
检查.....336

第十九章 直流电机换向的调整

- 19-1. 换向器上跳火花的原因

及其消除法.....338

- 19-2. 按无火花区域法
调整换向极.....341

第二十章 电机的振动及其消除

- 20-1. 振动的原因.....346
- 20-2. 不平衡的种类.
校平衡.....349
- 20-3. 沿圆周巡回试加重物的
校平衡方法.....351
- 20-4. 三次固定试加重物的
校平衡方法.....360
- 20-5. 一次放置试加重物和
确定振动相位的
校平衡方法.....366

附录

I、电机型式试验和检查试验项目
(按ГОСТ183-41).....369

II、在作绕组对机壳的绝缘电气强度
试验时所用的试验电压 (按ГОСТ
183-41).....372

III、当冷却空气的最高容许温度为
+35°C时的容许温升极限 (按ГОСТ
183-41).....374

IV、汽轮发电机的技术条件 (摘自
ГОСТ533-51).....376

V、汽轮发电机转子护环的拆卸和
套装.....378

第一篇 电机安装的一般問題

第一章 电机測量和調整用的工具和儀器

1-1. 概 述

电机安装时，必須測量长度和直徑，測定間隙的大小和調整电机設備。为了完成这些工作，須应用各种相应的測量工具。

下面介紹在电机安装时所需的主要工具和儀器。

用于电气測量的仪表，在本章內不予介紹，因为設想讀者是通曉这些仪表的。

1-2. 測量长度、直徑和間隙的工具

測量精度不高的尺寸，可应用带有刻度的普通鋼尺、摺尺和鋼卷尺。在安装条件下，測量較精确的尺寸可应用通用的測量工具：如游标卡尺，千分尺，千分卡規，內徑量棒；单值的測量工具如各种各样的量規和样板等等应用极少。

游标卡尺(图1-1)适用于測量2,000公厘以下的尺寸。按其測量精度，它被分为下列三級：即 ± 0.02 公厘以下， ± 0.05 公厘以下和 ± 0.1 公厘以下(見ГОСТ166-51)。

游标卡尺可用来測量长度和孔的直徑，因此有一对特殊的卡

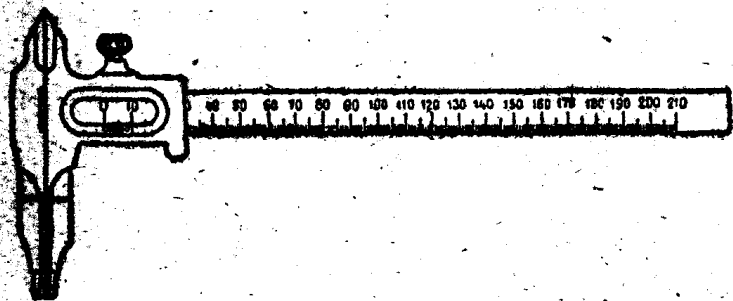


图 1-1 游标卡尺

脚。进行测量时，游标卡尺的卡脚应这样放置，即使它轻轻地接触到被测量的零件上，并且两个卡脚要同时接触零件。用力是不允许的，因为这样一方面会得到不正确的读数(偏小)，另一方面会使工具损坏。

游标卡尺测量的精度小于用千分尺或千分卡规测量的精度。

千分尺和千分卡规 适用于测量长度和外径。千分尺用于测量1,000公厘以下的尺寸，而千分卡规用于测量更大的尺寸。用千分尺和千分卡规测量的精度，在测量125公厘以下的尺寸时为0.002公厘，500公厘以下为0.01公厘，1,500公厘以下为0.1公厘。千分尺如图1-2所示。它由下列零件组成：弓架1，尾座2，固定尾座的止动螺钉3，带有千分螺杆的测轴4，套管5，棘轮6和固定测轴位置的止动环7。拧千分尺的螺杆时，棘轮用来限制和产生恒定的测量力。

一公厘和半公厘的读数，由测轴上的刻度线示出，而公厘的分数由刻于套管斜锥部分的游标线示出。

千分卡规的外形如图1-3所示。

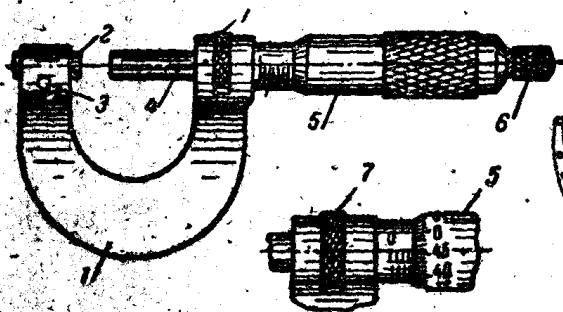


图 1-2 千分尺

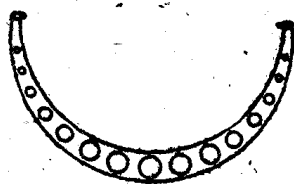


图 1-3 千分卡规

应用千分尺测量之前，必须确信在尾座和测轴的测量面相接触时，套管和测轴的零位刻度线是相重合的。为了得到重合，先松开止动螺钉，移动尾座，待达到重合后再重新固定尾座。为了检查千分尺读数的正确性，可测量一些检验性的样块。正确的测量，是用千分尺的测量面轻轻地夹紧待测尺寸的零件，仅用棘轮

来旋紧千分螺杆，直到它滑轉为止。在測量軸的直徑时，必須使弓架位于和軸綫垂直的平面內，千分尺的測量面1放在軸的表面1(图1-4)。而后，将弓架在和軸綫垂直的平面內摆动，直到測出直徑为止；此时千分杆的軸綫将隨之而轉动，如虛綫所示。

用千分尺測量时，将千分螺杆旋到和測量面相接触后，要再往前轉一些，才得到正确讀数，这时消除了千分尺螺杆的螺紋間隙的影响。此外，为避免千分尺弓架受热以及因热膨脹而致的讀数誤差，不应将其長時間的握于手中。

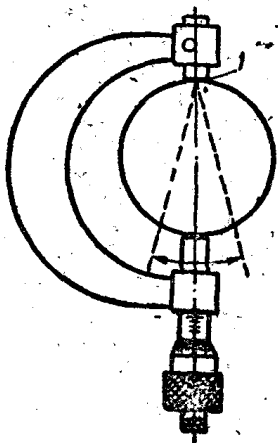


图 1-4 用千分尺測量

从端面測量大长度和大直徑的尺寸，有时应用直綫卡規。

管式直綫卡規表示在图 1-5 中。直綫卡規有时用木料制成(图 1-6)，其上帶有鋼制的測量头。木制卡規的优点，是在測量精度上不受溫度的影响。直綫卡規用千分量棒來校驗。直綫卡規測量的精度不大于0.1公厘。

內徑量棒用于測量內徑或两个表面間的距離。

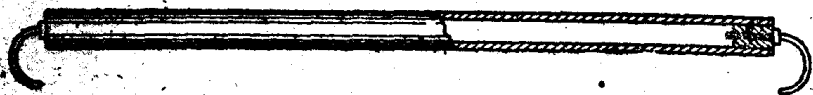


图 1-5 管式直綫卡規

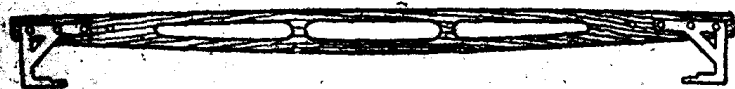


图 1-6 木制直綫卡規

最简单的內徑量棒(图1-7, a)是一根圓形或正方形的杆子，具有修圓而热处理过的端头，它的尺寸用千分尺或千分卡規来精确地測定。这种式样的量棒是一种单值的測量工具，要个别制造，例如，按已知的軸的尺寸搪削联轴器內圓时此用的量棒。

测量大的直径，应用刚性的管状内径量棒(图1-7, 6)。用这种内径量棒测量的精度可达到0.05~0.1公厘。

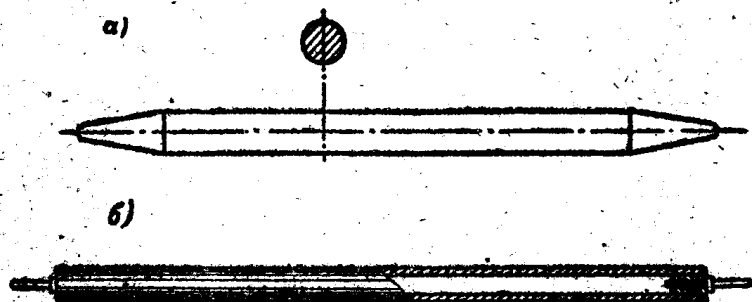


图 1-7 内径量棒

a—实心刚性内径量棒；6—管状的刚性量棒。

有些内径量棒带有千分头，这些量棒称为千分棒。这种量棒如图1-8。它由测量杆和千分头所组成；一般还附有各种长度的成套测量杆；所以说，千分量棒是组合式的。

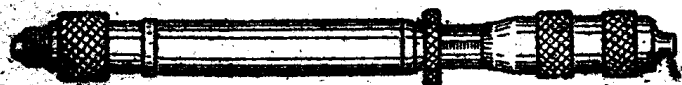


图 1-8 带有千分头的内径量棒

对大孔径尺寸的测量，应用带有千分头的管状可伸缩量棒。这种量棒如图1-9所示。它系由外管1，热处理过的测量头2，和能向外伸出500~1,000公厘长的内管3所组成。量棒的长度决定于内管伸出的长度。在内管伸出的那一端，外管上带有游标分度值的切口4，内管上则带有公厘的刻度线。这样，内管伸出尺寸的精度可达到0.1公厘以下。在内管的自由端上，带有普通的千分头5和热处理过的测量头6，千分头的测量范围在15公厘以内。



图 1-9 可伸缩的管状内径量棒

这样，每一量棒可以测量一定范围以内的长度，例如由1~1.5公尺或由1.5~2公尺等等。

带有千分头的量棒其测量精度可达到0.01公厘，但带有千分头又带有游标的量棒，其测量精度非常低(在0.3公厘以下)。

测量5000公厘以上的长度时，应用特殊型式的量棒。

用内径量棒测量之前，必须检查它零点位置的正确性；这可用外径千分尺，或用它测量已精确知道其长度的物体来检验。在必要的情况下，要这样来调整内径量棒的零点位置，即松开套管将其移动，直到零点刻度线和纵向刻度线重合为止(图1-8)。

进行测量时，内径量棒的测量端安放到两个被测量表面间，与其相接触，并且量棒的一端支持于一点上，而将另一端摆动(图1~10)。测量内径时，当量棒的另一端在垂直于内孔轴线的平面内摆动时，直径的尺寸相当于内径量棒的最大读数(图1-10, a)，而在通过内孔轴线的平面内摆动时，则直径尺寸应取内径量棒的最小读数(图1-10, b)。

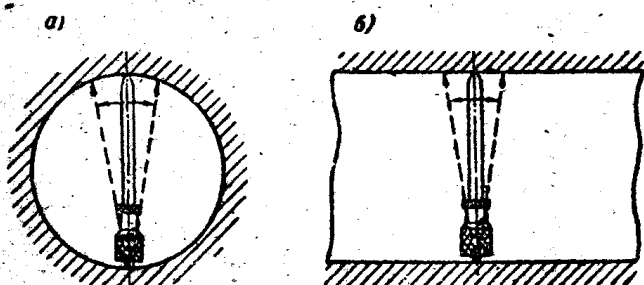


图 1-10 用内径量棒测量内径

- a—当内径量棒在垂直于内孔轴线的平面内摆动；
- b—当内径量棒在内孔轴线通过的平面内摆动。

在应用内径量棒进行测量时，必须按精度要求的程度，考虑到温度的影响，特别是测量大的直径尺寸，当有温度影响时，将会引起误差，此误差值实际可达十分之几公厘或更大一些。在测量大的直径尺寸时，由量棒本身重量所产生的挠度，同样会影响读数的精度。为了消除这一影响，内径量棒在测量时的支持位置

应与校驗时的支持位置完全相同。这些支持点到杆端的距离等于杆子长度的 $2/9$ ，如果杆子支持在这些点上，則由于本身重量所产生的挠度为最小。

塞規用于电机安装时，測量电机机械部分的間隙、找正軸綫中心，以及測量定子与轉子間的間隙。

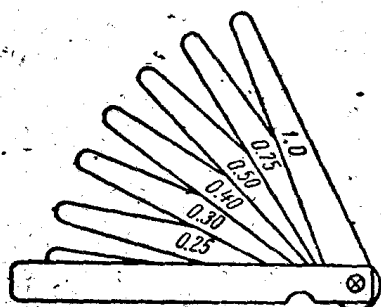


图 1-11 測量間隙的塞規

塞規乃是一套具有一定厚度的薄鋼片 (图1-11)。按照ГОСТ 882-41的規定，塞規鋼片的厚度制成0.03到1.0公厘，鋼片的长度分为50，100，200公厘等种。每套塞規所具有的鋼片数为8到16片。按尺寸精度塞規分为两級。

塞規的誤差值列于表1-1中。

表 1-1

塞規精度等級	塞規厚度的名义尺寸 (公厘)						
	0.03-0.06	0.06-0.1	0.1-0.18	0.18-0.3	0.3-0.5	0.5-0.8	0.8-1.0
	容許誤差 (公忽— 10^{-6} 公尺)						
I	+5	+6	+8	+9	+11	+13	+15
II	+8	+10	+12	+14	+17	+20	+25

測量定子和轉子之間間隙所用的塞規，是一套校准过的、长度不小于250公厘、寬度为6公厘的鋼片；鋼片寬度之所以不寬，是为了測量直徑小的电机的气隙时，达到誤差最小。測量較大的定轉子間的間隙时，可应用特殊的塞規。一种特殊塞規的結構表示在图1-12中。塞規系由固定在两个杆子3和4上的两个楔块1和2所組成。在杆子3上鉚着带有切口的夹圈5，在夹圈的切口处具有游标刻度，而在杆子4上則有刻度綫。測量时将塞規放入間隙內，移动楔块2，直到两个楔块紧放在被測量的間隙內为止，此时按

刻度讀取讀數。

如果沒有特殊的塞規，也可应用一套由直徑为2~3公厘的金屬絲所制成的塞規(图1-13)，这种塞規用游标卡尺檢驗。或者采用两个界限塞規来測量，其中一个塞規等于許可的最小間隙的尺寸(即塞規应在各处都能自由通过)，而另一塞規等于許可的最大間隙的尺寸(即塞規不应在任一处通过)。这种塞規平着放会很容易地进入間隙，进行測量时将它轉过90°，而放成如图1-13所示的位置。

測量时，用不大的力将塞規塞入間隙內，用力过小或过大，都会使測量的結果不准确。測量的精度决定于測量人員的技巧。

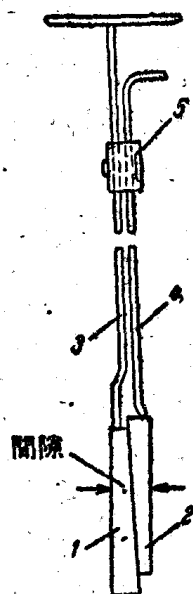


图 1-12 測量定子和轉子之間間隙的特殊塞規
1、2—楔块；3、4—杆子；
5—套箍。

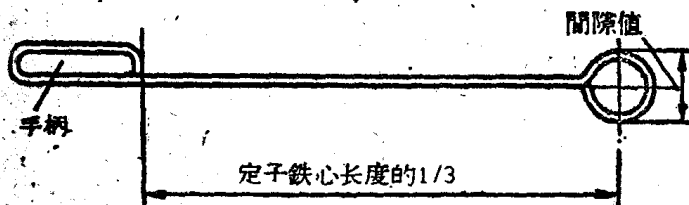


图 1-13 測量定子和轉子之間間隙的金屬絲塞規

1-3. 千 分 表

千分表属于杠杆机械仪器的范畴。电机安装时，主要应用鐘表式千分表。它由互相联系着的杠杆或齿輪系統所組成，这一系統能将微小的运动放大，并能用指針在刻度盘上讀取讀數。千分表1被固定在支杆2上(图1-14)，支杆2被固定于台座4上面的垂直支柱3上，这样千分表能調整到任一角度。千分表用来确定旋轉

部分的摆动,以及作为各种测量装置的测量仪器,例如用于电机轴找中心。千分表也被用来作为确定电机振动值的仪器(見下节)。

一般应用的千分表,其每一刻度值为0.01公厘,并且千分表的

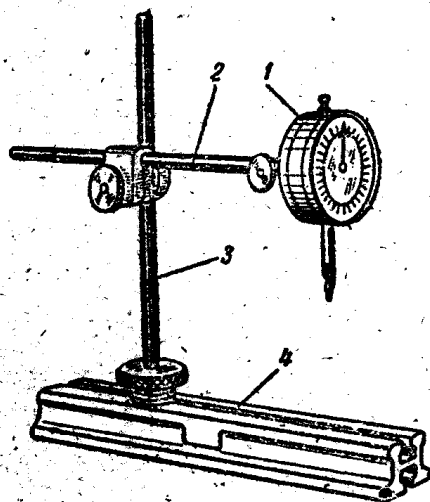


图 1-14 千分表

測軸每移动一公厘,相当于指針旋轉一周。鐘表式千分表每一刻度值也常有0.002公厘甚至到0.001公厘的。

测量时,例如在測定轉軸的摆动时,千分表应放在不論什么样的不受到振动的固定支座上,而測軸放置得垂直于軸的軸綫,并使測軸以不大的力和被測量的表面相接触。在讀取摆动值之前,必須确定千分表放置得正确和固定得牢靠。为此在

讀取讀数之前,輕敲千分表,此时千分表将摆动,如果在輕敲千分表之后,指針仍旧停在原处,則証实千分表是放置得正确的。

1-4. 测量振动的仪器

测量振动可以应用示振仪(記錄仪器)或測振仪。

这些仪器有很多种型式和結構,其区别在于被测振动为各种不同頻率时,其测量的精度不同。但是在电机安装上,常常只利用最简单的測振仪,如我們前面介紹过的鐘表式千分表即可用来作为測振仪。在这种情况下,仪器可以安在一固定地点,并且測定該点的振动值。但是在工作电机的附近没有什么固定点,因此,很难用这种仪器来讀取振动值。为了改善作为振动仪用的鐘表式千分表的工作,使它不需要固定点而能足够精确地測量振动,可将千分表嵌在大块的鋼环或鉛环状的惰性重块內,惰性重块和千分表一起彈性地挂到仪器的框架上,仪器的框架則固定到

需要测量振动的物体上。

惰性(地震的)重块的应用,产生这样的特性,即弹性悬挂的重块在本身的惰性下,当仪器的框架振动时,千分表实际上是不动的。如此,千分表就测出了仪器框架对固定重块的位移值。假如悬挂系统的自然振动频率远小于被测振动的频率时(不大于 $\frac{1}{5}$),即可认为重块与仪器框架相互间是固定不动的。一种结构类似的仪器(哈尔科夫电机制造厂所用的型式)表示在图1-15中。

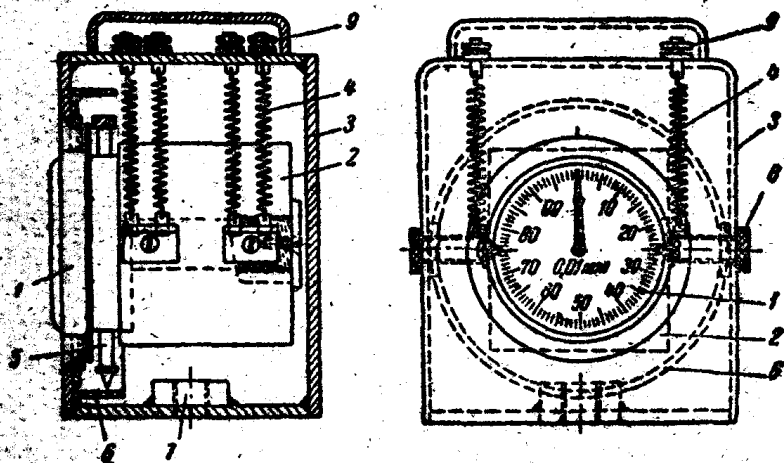


图 1-15 测振仪

千分表1嵌在惰性重块2内,利用八根垂直的圆柱弹簧4将惰性重块悬挂在框架3上。千分表的测轴5支于框架的圆环6上。千分表是这样固定在惰性重块内的,即它可以在垂直平面内转动,以便测量该平面内任何方向的振动,测量方向则决定于千分表测轴的方向。在框架上有一螺孔7,用来将仪器固定到被测量的平面上。不工作时,用螺钉8掣住惰性重块。螺帽9是用来调整弹簧拉力的。

基于同一原理的另一形状的测振仪(国营沙图拉地方发电站的型式)表示在图1-16中。它仅适用于测量垂直的振动。该测振仪系用笨重的铅制支座1,衬在支座下部的弹簧2,和紧密地嵌在支座内孔的千分表3所组成。测量振动时,将仪器安放在要

測量振動的表面上，千分表測軸的端頭4應與彈簧端面處於同一平面內。當有振動時，彈簧將被壓縮和拉伸，但是帶有千分表的笨重支座，由於慣性的作用，實際上依然是不動的。

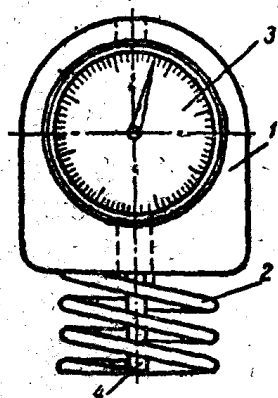


圖 1-16 國營沙圖拉地方
發電站型式的測振儀

在其它同款式樣的儀器中，主要是在振動輸入處使用軟橡皮做的阻尼器來代替彈簧，固定到慣性重塊上。

用來建立人造固定點的慣性重塊也可以由觀察者的手來代替。因為當測量振動時，由於手的慣性，它也不會追隨高頻振動。最簡單的手攜式測振儀的結構，是應用鐘表式千分表固定到有附加重量的笨重金屬手柄上。

應當指出，上面所介紹的帶有千分表的測振儀，在試驗台和運行試驗時的使用証明了，當所測量振動的頻率大約等於12赫芝時（約750轉/分），可以得到令人滿意的精度。當振動頻率較高時，使用這種儀器將會得到很大的測量誤差。

對於手攜式示振儀，這裡僅介紹蘇聯國產的BP1型的示振儀。該式儀器具有足夠的精度，使用非常輕便，它已廣泛地作為電機安裝或運行時測量電機振動之用。測量振動的額定範圍，按頻率規定為5~100赫芝。實際上當用來測定轉速高於750轉/分的機組的振動時，這種儀器也能得到令人滿意的結果。

這種示振儀系由聯動的杠桿機構，用以傳動紙帶和計時的機構所組成。

杠桿裝置表示在圖1-17中。在中心軸1上裝有接觸到被測振動表面的測軸2，中心軸利用小球3和能繞中心軸5轉動的鋼片4相聯接。為了在測軸和振動表面間得到必要的接觸，裝有彈簧6，彈簧的拉力可以調整（在記錄快速振動時，應增大彈簧的拉力）。振動曲線的記錄，是利用鋼針划痕於塗有腊層的紅紙帶7上。紙帶借助於帶有彈簧發條的鐘表式機構以一定的速度移動。