

技工学校教学用书

汽輪机的检修和校整

A·H·斯維尔契珂夫著

培代譯 柳椿生校



中国工业出版社

本书除了介绍汽轮机检修的一般问题外，同时说明了汽轮机各机件损坏的原因、检修方法和安装公差问题，此外还阐明了汽轮机校整工作中的各项重要问题。

本书供汽轮机的检修工程师、技术员及工长等阅读，又可供从事汽轮机运行工作的技术人员参考。

А.Н.СВЕРЧКОВ

РЕМОНТ И НАЛАДКА ПАРОВЫХ ТУРБИН

根据苏联国立动力出版社 (ГОСЭНЕРГОИЗДАТ)

1951年莫斯科俄文第一版翻译

* * *

汽轮机的检修和校整

培代译 柳椿生校

*

水利电力部办公厅图书编辑部编辑 (北京阜外月坛南营房)

中国工业出版社出版 (北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本850×1168毫米·印张15½·插页2·字数410,000

1954年12月北京第一版·1963年6月北京新一版第一次印刷

印数0001—3,940·定价(8-3)1.75元

*

统一书号: K15165·1527(水电-268)

前 言

能够保证汽轮机的检修质量，便可使发电厂不出事故，从而能保证向各个工业部门——决定能否完成国民经济计划的部门——不间断地供给电力。

著者的任务就是要编写这样一本汽轮机检修方面的书籍，俾使担任此项工作的领导人员，能对实际工作中所碰到的问题予以一定的解答，并能以自觉的及确信的态度来妥善地处理。

书内除对汽轮机各机件的解体方法及组合方法加以论述外，尚提供有各项零件连接时的安装公差及容许间隙。

为了提醒检修人员对各种缺陷注意起见，尚说明零件损坏的原因及其必要的预防措施。

书内也介绍了汽轮机的校整问题。为了使检修人员在确定检修所用的材料时有所参考及依据起见，另附选择材料牌号时的具体指示，并引用苏联国家标准 (ГОСТ) 及全苏标准 (ОСТ) 或其他牌号表。

最后著者特向完成本书预先编纂工作的列宁格勒斯大林机械工厂安装科科长，工程师伊·姆·斯傑巴諾夫及曾为该书提供宝贵意见的列宁格勒电业局汽轮机组组长，工程师弗·弗·格利果利耶夫以及奈夫斯基列宁工厂总设计师司·亚·貝欽科夫同志致谢。

诸位读者，请将你们所发现的错误及缺点，函寄下述地址转告著者：列宁格勒奈夫斯基街28号，国立动力出版社。

阿·恩·斯維爾契珂夫

目 录

第一編 汽輪机檢修的一般問題

第一章 測量工具	7
第 1 节 千分尺及桥形千分尺	7
第 2 节 內徑千分尺	9
第 3 节 千分卡尺	10
第 4 节 塞尺	11
第 5 节 千分表	12
第 6 节 水准仪	13
第 7 节 找正平尺及墊尺	16
第二章 輔助材料	18
第 8 节 盘根墊及盘根墊材料	18
第 9 节 磨料	23
第 10 节 熔剂	27
第 11 节 填料	30
第 12 节 焊料(焊条)	30
第 13 节 焊条材料	32
第 14 节 冷却剂	34
第三章 汽輪机檢修时制造零件用的材料	35
第 15 节 材料特性	35
第 16 节 金属牌号的表示法	38
第 17 节 标志金属特性的主要符号	39
第 18 节 汽輪机零件用材料一覽表	43
第 19 节 材料的化学成分及机械强度	57
第四章 起重工具及起重工作	67
第 20 节 起重工具	67
第 21 节 特殊起重器具	75
第 22 节 桥型起重机	77
第 23 节 吊大盖及翻大盖的方法	78
第五章 一般檢修作业	79
第 24 节 螺栓的擰紧	79
第 25 节 水压試驗	87
第 26 节 滾珠及滾柱軸承	89

第六章 检修中的焊接工作	93
第27节 生铁零件的检修	93
第28节 锻钢及轧制钢零件的检修	103
第七章 公差及套装(配合)	108
第29节 基本概念及套装(配合)体系	108
第30节 套装(配合)特性	113
第31节 表面光度, 等级及符号	114

第二編 汽輪机各机件的检修及校整

第八章 汽缸	116
第32节 汽缸及轴承外壳的固定	116
第33节 汽缸揭盖	120
第34节 汽缸盖大盖	121
第35节 检修作业	122
第九章 轉子	127
第36节 轉子构造的特点	127
第37节 軸上各种零件的固定	130
第38节 轉子的取出及安装	131
第39节 轉子的检查工作	131
第40节 轉子解体	136
第41节 零件向軸上套装	140
第十章 軸	140
第42节 軸的弯曲	140
第43节 直軸	143
第44节 加热直軸及热处理	147
第45节 坏軸的检修	149
第46节 检修损坏的軸頸	154
第十一章 叶輪	155
第47节 叶輪在軸上的固定	155
第48节 叶輪的拆卸	157
第49节 向軸上套装叶輪	159
第50节 叶輪在軸上松动时的检修工作	166
第十二章 动汽叶	169
第51节 汽叶损坏的原因	170
第52节 寻找汽叶的缺陷	170
第53节 换装汽叶的准备工作	177

第 54 节	汽叶的拆卸	182
第 55 节	汽叶組合通則	183
第 56 节	組合自上方安裝的汽叶	184
第 57 节	有叶根槽的汽叶之安裝	192
第 58 节	裝复环	199
第 59 节	鉚头的捻錐	206
第 60 节	复环及拉金的銀焊	207
第 61 节	取汽叶样品	208
第十三章	隔板	210
第 62 节	隔板的构造及檢修	210
第 63 节	取出在汽缸內楔住的隔板	216
第 64 节	隔板在汽缸內的找中心	220
第 65 节	隔板安裝的一般檢查	231
第 66 节	汽輪机运行时隔板位置的变化	232
第十四章	端部軸封及隔板軸封	233
第 67 节	迷宮軸封	233
第 68 节	水封	253
第 69 节	炭精軸封	255
第 70 节	隔板軸封	260
第 71 节	端部及隔板軸封彈簧的热处理	264
第十五章	通汽部分間隙的檢查	264
第 72 节	間隙的檢查	265
第 73 节	將間隙調整到容許数值的方法	269
第十六章	主軸承(軸瓦)	270
第 74 节	构造特点	270
第 75 节	事故及最常見的缺陷	272
第 76 节	主軸承(軸瓦)內的間隙	275
第 77 节	主軸承(軸瓦)的檢查	276
第 78 节	主軸承的檢修	278
第 79 节	檢查軸承盖对軸瓦的紧力	285
第十七章	推力軸承	287
第 80 节	构造特点	287
第 81 节	推力軸承运行中的事故及最常見的缺陷	294
第 82 节	推力軸承的檢修	301
第十八章	靠背輪	312
第 83 节	彈簧式靠背輪	313
第 84 节	爪式靠背輪	318

第 85 节	齿形靠背輪	320
第 86 节	半固定式靠背輪	321
第 87 节	固定式靠背輪	322
第十九章	蝸母輪組与減速机	323
第 88 节	蝸母輪組	323
第 89 节	減速机	332
第二十章	汽輪机的調速系統	339
第 90 节	調速系統	339
第 91 节	調速系統的安裝	348
第 92 节	調速系統中几个名詞的定义及对調速系統的要求	350
第 93 节	調速系統运行时的不正常現象及其原因	351
第 94 节	調速系統特性曲綫的測取	356
第 95 节	調速系統主要零件的間隙及套裝	360
第 96 节	危急保安器	363
第二十一章	汽輪机找中心	366
第 97 节	找中心的定义	366
第 98 节	轉子在找中心时的移动	369
第 99 节	轉子在汽缸內的找中心	371
第 100 节	轉子根据靠背輪找中心	376
第 101 节	用水平仪及鋼絲檢驗汽缸及軸承外壳的安置	386
第 102 节	用水平仪及桥尺檢驗轉子的位置	393
第 103 节	各类型汽輪机找中心的特点	394
第二十二章	油系統	396
第 104 节	油系統运行时的失常現象	396
第 105 节	主油泵	398
第 106 节	汽动輔助油泵	403
第 107 节	打油冲洗油系統	404
第二十三章	真空系統	406
第 108 节	真空不良运行方面的原因	407
第 109 节	系統不严密	408
第 110 节	抽气器工作的檢查	411
第二十四章	汽輪机的振动	416
第 111 节	振动的定义及其原因	416
第 112 节	汽輪机振动的几个实例	420
第二十五章	轉子找平衡	423
第 113 节	轉子及其零件的找平衡	423
第 114 节	靜平衡(在三棱形軌道上)	424
第 115 节	在平衡台上找动平衡	427
第 116 节	轉子在安裝位置上的动平衡	437

參考資料.....	444
附录.....	445
1. 鋼焊條的化学成分(百分数)	445
2. 电弧焊接用的鋼电焊条	446
3. ОММ-5电焊条	447
4. ОМУ-1电焊条	448
5. ЦМ-7电焊条	449
6. УОНИИ-13/НЖ电焊条	450
7. ЦН-250及ЦН-350电焊条	451
8. УОНИИ-13/55及УОНИИ-13/45电焊条	452
9. 鋼絲繩的拉断应力	453
10. 高压轉子零件的套裝公差	454
11. 低压轉子零件的套裝公差	455
12. 轉子前端零件的套裝公差	456
13. 轉子后端零件的套裝公差	457
14. 叶輪及零件間的套裝公差	458
15. АП-25-2型汽輪机的汽叶特性	459
16А. АК-25-1型汽輪机高压轉子的汽叶特性	461
16Б. АК-25-1型汽輪机低压轉子的汽叶特性	463
17А. АТ-25-1型汽輪机高压轉子的汽叶特性	464
17Б. АТ-25-1型汽輪机低压轉子的汽叶特性	465
18. БК-50-1型汽輪机的汽叶特性	466
19. ВТ-25-4型汽輪机的汽叶特性	467
20. 重裝汽叶应用的精密及輔助工具一覽表	468
21. АК-25-1型汽輪机隔板及动汽叶間的軸向間隙	469
22. АТ-25-1型汽輪机通汽部分的軸向間隙	471
23. АК-50-1型汽輪机隔板及动汽叶間的軸向間隙	472
24. АП-25-1型汽輪机通汽部分的軸向間隙	474
25. АП-25-2型汽輪机通汽部分的軸向間隙	476
26. ВТ-25-4型汽輪机通汽部分的軸向間隙	478
27. БК-50-1型汽輪机通汽部分的軸向間隙	480
28. 透平油	482
29. 油箱及油系統的容量	483
30. 主油泵的特性	483
31. 汽动油泵及电动油泵的特性	484
32. 汽輪机每年中的檢修停用時間标准	485
33. 絲扣鑽头的直徑	486
34. 螺絲扳子的开度	487
35. 螺栓, 絲对及螺絲的通孔	488
36. 鋼絲垂弧的計算图表	489
37. 大修中的文件及设备檢査	490

第一編 汽輪机检修的一般問題

第一章 測量工具

在进行汽輪机的檢查及檢修工作时，采用下述各种測量工具：

千分尺及桥形千分尺；

內徑千分尺；

千分卡尺；

片状塞尺及楔形塞尺；

千分表；

水平仪及水准仪；

比例尺、平尺、內徑規、卡鉗、測深規、角尺等。

第 1 节 千分尺及桥形千分尺

千分尺用于自 0 至 25 毫米，自 25 至 50 毫米等範圍內的測量，其讀数准确度达 0.01 毫米。

用来測 100 毫米以上的千分尺，称謂桥形千分尺。桥形千分尺的測量范围是由 100 至 125 毫米，由 125 至 150 毫米，以至測到 500 毫米及以上。

为了使測量精确起見，应使圓杆(图1)1的零位刻度对准軸柄 2 的零位刻度。为了校驗上述分划是否对正，在測量 50 毫米以上的千分尺上面，附加以度量衡基准。假若两者不能符合，則將螺絲 6 松开，調整頂座 3，直至零位状态吻合时为止，并随即将螺絲紧固。

千分尺的使用方法如下：將零件置于千分尺測量表面之間，利用手柄回轉千分螺絲 4，零件压住时，切勿产生歪斜。然后将零件輕輕幌蕩一下，并重將千分螺絲向前試擰，直到手柄 7 开始

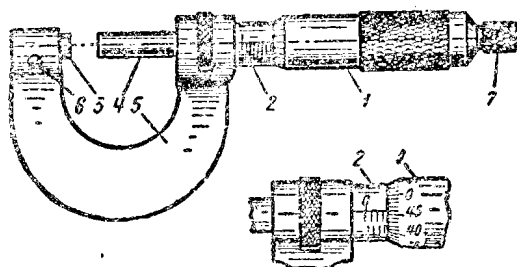


图 1 千分尺

旋轉，而千分螺絲不動時為止。

通常，此時應當遵守的規則，有如下數點：經常須在千分螺絲向前移動的情況下，最後確定尺寸。這是在千分尺零件的所有接合中，特別是在千分螺絲與軸柄絲扣的螺旋間，尚不能全部消除間隙（空回）的緣故。在應用千分尺測量時，不應長久用手握持弧鐵 5（以防受熱）。

在更換葉輪、軸封套、推力盤、靠背輪等時，通常利用橋形千分尺檢驗軸的直徑以及軸頸之橢圓度及圓錐度。

若想利用橋形千分尺精確地測量出尺寸，必須具有熟練的技巧才能勝任。將橋形千分尺的測量面 A 放在軸頸的一側（圖 2）；

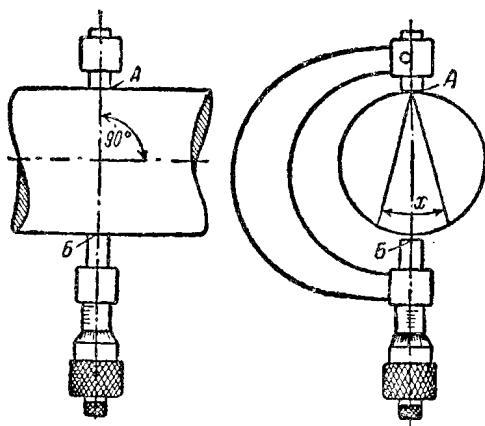


图 2 用千分尺測量

另一測量面 B 貼附于軸，使找到最小直徑。

当桥尺沿压紧的 A 点繞动时， B 点順 α 弧移动。如果尺寸測取正确，則当 B 面順 α 弧移动时，应当輕微地触及測件，同时其接触面亦为最短。

在測量时切記要将桥形千分尺放置在与軸中心綫相垂直的平面內。

第 2 节 內徑千分尺

內徑千分尺用于測量精密度为 0.01 毫米以內的零件內徑及两表面所限定的距离。微分內徑千分尺的最小測量长度通常为 50 毫米。若測量范圍超越这一界限，則在內徑千分尺軸柄的一端，擰上一度量杆，或各种长度的帶有球測面的頂杆；通常每一內徑千分尺配附以一定数量的这种度量杆。

內徑千分尺按照校驗基準，譬如檢驗过的千分尺，进行其零点的安置。将千分尺安置在一定尺寸后，将內徑千分尺置入，俾其与千分尺表面相接触；在此状态下，压紧內徑千分尺的千分螺絲。如果此时內徑千分尺圓杆的零位刻度，与軸柄之纵向刻綫不符，則将圓杆松开（为此，須将护盖拆掉，并擰下紧固螺絲帽），并擰轉圓杆直至零位对准纵向刻綫为止。对正后，即將圓杆紧固，并重新檢查安置的正确性。

測量时，內徑千分尺的一端支撑到固定点上，探寻尺寸时，內徑千分尺即相对該点搖幌。如图 3 所示，即为圓筒內徑的測量

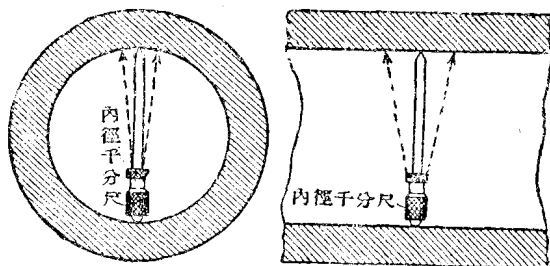


图 3 用內徑千分尺測量圓筒內徑

情形。

測量圓筒的內徑時，要找寻最大的距離，亦即當內徑千分尺與垂直于圓筒縱向中心綫之平面內的垂直直徑相差最小時，在順着圓筒組成綫的方向內，檢驗被測量的尺寸，此時，在一点內探求出圓弧來視其是否最小。套筒，葉輪，蝸母等內徑，應沿長度上選几点在與零件中心綫相垂直的平面內檢查之。

利用內徑千分尺測量兩平行面間距離時，使內徑千分尺就任一方向上搖動；此時，當內徑千分尺輕微地及短促地接觸平面的一点時，即可探求出表面間的最小距離來(圖4)。

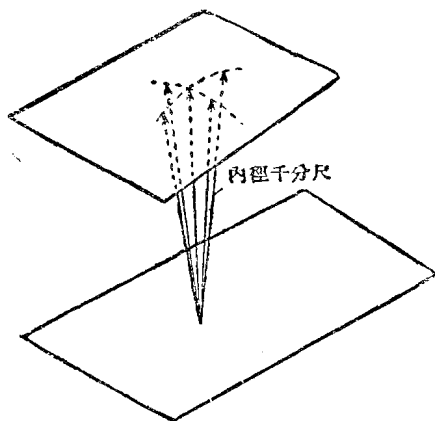


圖4 用內徑千分尺測量兩平面間的距離

第3節 千分卡尺

裝有游標尺的千分卡尺，可按其測量的精密度劃分為三類：0.1毫米以內，0.05毫米以內及0.02毫米以內者。千分卡尺的測量範圍相差得很懸殊：自0.05至1000毫米；其測量的精密度不及千分尺。

千分卡尺使用前合併尺嘴時須注意使其零位對正，用千分卡尺測量時的誤差數值列于第1表內。

第1表 用千分卡尺測量的总誤差
(依据苏联国家标准166-41)

測量範圍(毫米)	游 标 讀 数 值		
	0.02	0.05	0.10
	总 誤 差 (毫米)		
300以內	± 0.02	± 0.05	± 0.10
300—500	± 0.03	± 0.05	± 0.10
500—1000	± 0.04	± 0.05	± 0.10

第4节 塞 尺

苏联国家标准882-41規定有片状塞尺的分类、技术条件及精密度标准。根据这种分类，出产有两种类型的塞尺組，其塞尺片分为七种号碼，每組塞尺片有8~16片。其最小厚度为0.03毫米，最大厚度为1毫米；长度为50100及200毫米，惟有在用于特殊目的的者較长。

塞尺根据度量尺寸的精密度，可划分为两級——I及II級（第2表）。

第2表 塞尺誤差数值

精 密 級	塞 尺 厚 度 的 額 定 尺 寸 (毫米)						
	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 偏 差 (0.001毫米)						
I	+5	+6	+8	+9	+11	+13	+15
II	+8	+10	+12	+14	+17	+20	+25

若用塞尺測量間隙，必需具备熟练的技巧；在塞尺紧紧地深入被测的間隙內时，間隙的两表面可能稍許分开；譬如应用桥尺根据靠背輪找中心时，桥尺具有伸縮彈性，故測量結果較实际間隙

稍大；相反地，塞尺比較松的通过时，則測量結果較实际間隙为小。

当需使用几个塞尺片迭合一起測量时，这些塞尺片即具有彈性，以致測量結果改变，塞尺片探入被測間隙內的作用力，約等于200~400克。

在汽輪机檢修中，使用楔形塞尺(图5)測量通汽部分的間隙較适宜。楔形塞尺的測量范围为1至8~10毫米。其測量的精密度的不如片状塞尺。

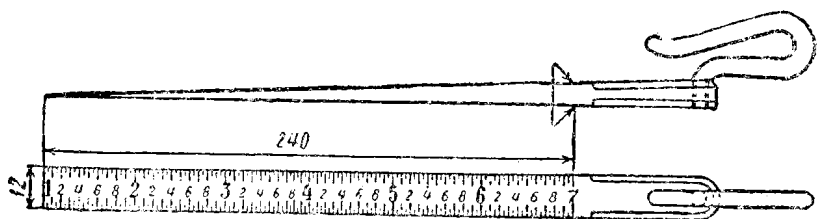


图5 楔形塞尺

使用帶有游标尺的楔形塞尺时，游标尺順楔尺滑动，借以指示塞尺探入間隙內的程度。但若使用沒有游标尺的楔形塞尺測量时，則于每次測量前，在塞尺上涂以藍青或顏料，并按照涂色位置上的标记，判定塞尺探入間隙內的数值。

第5节 千分表

檢修时通常应用装有刻度盘的千分表；这种千分表刻度盘上每一格数值大多数等于0.01毫米。

应用千分表測量时的附加外力，不得超过250克，但起始的附加外力，不应低于100克。

在使用千分表以前，必須檢查跳杆移动时是否挂住，以及千分表是否牢靠地紧固在支脚杠杆上，此支脚不应有搖幌現象。千分表的主要好处，就在于非常便于携带，測量精确，并且即或使用者缺乏經驗，亦能測得准确的結果。

第6节 水准仪

目前，在汽轮机检修中，使用地质勘测部门制造的精密水准仪者极为广泛。“地质勘测”水准仪配有千分螺絲头，其上有能测每长200毫米揚起0.02毫米或0.1/1000毫米的刻度值(指示之精确度)，即千分螺絲头圓筒上的一格，相当于每公尺长揚起0.1毫米，也正好等于水准仪气泡玻璃上的一格。

这种水准仪，除在千分螺絲头圓筒上有上述刻度外，尚带有一垂直的刻度，根据此一刻度，讀取千分螺絲的全轉數。因为在装配汽轮机时，不会采用象5~10毫米那样大的揚度，故仅在特殊情况下才使用垂直的刻度。

1.“地质勘测”水准仪的构造 在水准仪之外壳8上(图6)，装以立杆1，千分螺絲2在其中圍繞自身中心綫回轉，而螺絲帽5为防止千分螺絲2順中心綫移动。螺絲2的上部为一小型的圓錐体，其上用螺絲帽9将千分圓筒4紧固。带有垂直刻度的套筒3擰到螺絲2上。借助螺絲帽10，将套筒3与其中安置有气泡玻璃的外套管7的卡板6联結起来。

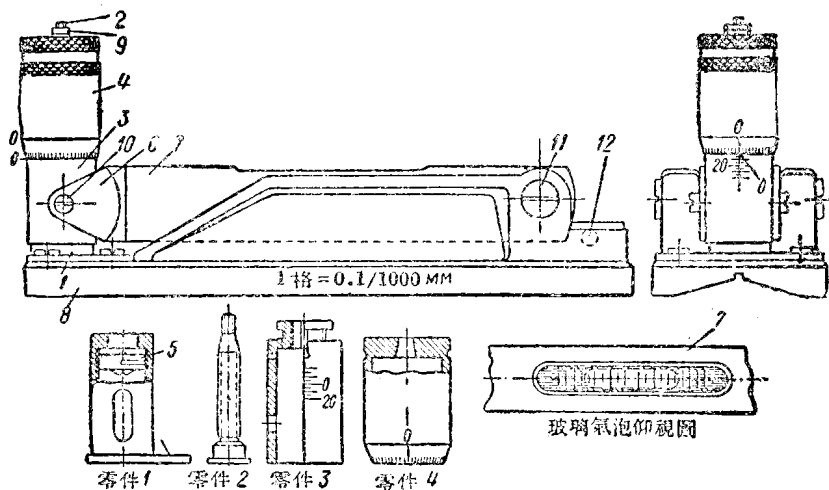


图6 “地质勘测”水准仪

在千分圓筒 4 下部的外圍刻着分格。外套管的內部裝着氣泡玻璃，一端與套筒 3 相聯，另一端用螺絲 11 與水準儀外殼相聯，所以在千分圓筒 4 回轉時，氣泡玻璃外套管便能上升或下降一定的角度。

千分圓筒 4 回轉時，帶動千分螺絲 2，它使套筒 3 上下移動，而套筒 3 本身又改變着氣泡玻璃的位置。為了將水準儀正確地安置在軸上，于外殼內設置一小型的橫水平儀。

2. “地質勘測”水準儀的使用法 水準儀使用前，必須用抹布將其下部承力表面及被放置水準儀的表面擦淨。

僅應根據水準儀千分螺絲頭上的刻度，讀取測出的指示值。玻璃上的分格是供概略估計水平儀與零位相差的數值及將水平儀安置于零位而設的，依據玻璃內的氣泡，便可確定出揚起的方向來。

在進行測量時，首先將水準儀的圓筒刻度安置在零位（千分圓筒刻度上的零位應與套筒 3 上垂直刻度的零位相符合圖 7，A）。在此狀態下，將水準儀放置于零件的平面上，並根據其玻璃氣泡確定揚起的方向。為了校驗水準儀是否準確起見，需掉轉 180°，然後再根據玻璃氣泡確定揚起的方向，假若指示正確，則後一揚起的方向必定與前者一致。

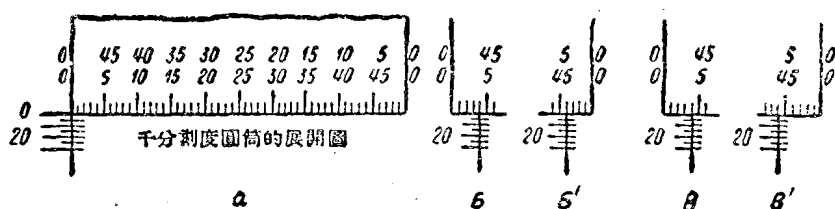


圖 7 “地質勘測”水準儀的刻度

依照上述方法確定出揚起的方向後，開始測取零件的揚度，為此，將水準儀放置在零件上面，回轉圓筒 4，使玻璃氣泡位于中間位置（零位）；然後再將水準儀掉轉 180°，重複上述步驟後，即可依據圓筒刻度上的分格，測取讀數（記錄分格讀數）。

在实际使用水准仪时，可能遇到下列情况：

(1) 在檢查零件揚起的方向以后（水准仪掉轉 180° 后玻璃气泡所指示的揚起方向相同），用水准仪进行两次測量（其中一次掉轉 180° ）；此时，揚度（圓筒刻度上的分格讀数 a_1 及 a_2 ）一次位于垂直刻度的左側（图 7，B），一次位于垂直刻度的右側（图 7，B'）。

在此情况下，可运用下列公式平均的求出零件揚起的数值（格数）：

$$\frac{a_1 + a_2}{2}, \quad (1)$$

式中 a_1 及 a_2 ——水准仪的格数。若 $a_1 = a_2$ ，則水准仪的指示是准确的。

(2) 在两次測量中（水准仪的玻璃气泡所指示的揚度是同一方向），揚度（圓筒刻度上的讀数 a_1 及 a_2 ）一次位于垂直刻度的左側（图 7，B）一次位于垂直刻度的右側（图 7，B'）。

此时，按照公式 (1) 亦可求出零件的揚度。假若零件揚度的讀数不同，証明玻璃气泡的中間位置与圓筒刻度的零位不相符合。

(3) 在初次檢查揚度及水准仪掉轉 180° 时（如果垂直刻度与圓筒刻度上的零位对正），水准仪的指示方向不符，亦即玻璃气泡表示两个不同的揚起方向。在此情况下，按照下述公式計算揚度：

$$\frac{a_1 - a_2}{2}, \quad (2)$$

式中 a_1 ——两次測量中的較大指示数。此时，采取水准仪玻璃气泡的指示数与中間位置具有較大偏差的一側，視為揚起的方向。

应用水准仪必須注意下列事項：

(1) 摆放水准仪的位置可能加工不当；因此，在水准仪掉轉 180° 之前，需用鉛笔順四周标記其所占据的位置，以便在掉轉后，仍能將水准仪准确地摆放在原来的位置上。

用水准仪在找正平尺上进行測量时，最好做四次測量，也就