

交通系统中等专业学校试用教材

港口叉式装卸车

下 册

(港口机械专业用)

武汉河运学校 张伯贤 主编

人 民 交 通 出 版 社

交通系统中等专业学校试用教材

港口叉式装卸车

下 册

(港口机械专业用)

武汉河运学校 张伯贤 主编

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

本书是水运中专教材《港口叉式装卸车》的下册，主要讲述叉式装卸车在使用过程中发生损伤后的修理工艺。前三章扼要介绍了修理工作的基础知识，以后各章较详细的介绍了叉式装卸车各组成部分的修理方法及常见故障的判断与排除。

本书初稿经初审、修改后，由杨立程、刘凯磊、王致贤、王中山、韩来贵、刘经寰等进行了最后的审定工作。由于编审时间仓促，资料收集不足，编审者水平有限，如有不当，恳请批评指正。

交通系统中等专业学校试用教材

港口叉式装卸车

下 册

（港口机械专业用）

武汉河运学校 张伯贤 主编

人民交通出版社出版

（北京市安定门外和平里）

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张：11.25 字数：280 千

1979年12月 第1版

1979年12月 第1版 第1次印刷

印数：0001—4,100 册 定价：0.93元

目 录

第三篇 港口叉式装卸车的修理工艺

第十九章	修理工作中常用量具的使用	1
第二十章	机械零件在使用过程中的磨损	8
第二十一章	损伤零件的修复方法	12
第一节	机械加工修复法	12
第二节	钳工——机械加工修复法	17
第三节	压力加工修复法	19
第四节	焊接修复法	23
第五节	电火花加工修复法	26
第六节	金属喷镀修复法	29
第七节	电镀修复法	35
第八节	胶补修复法	42
第九节	损伤零件修理方法的选择	44
第二十二章	叉车修理概述	45
第二十三章	曲轴连杆机构	48
第一节	气缸体曲轴箱组的检修	49
第二节	曲轴飞轮组的检修	63
第三节	活塞连杆组的检修	70
第四节	主轴承和连杆轴承的修配	77
第五节	活塞连杆组的总装	81
第二十四章	配气机构	82
第一节	配气机构零件的修理	82
第二节	配气相位的检查与调整	92
第二十五章	燃料供给系	95
第一节	汽油发动机燃料系的修理	95
第二节	柴油发动机燃料系的修理	99
第二十六章	冷却系	109
第一节	水泵的修理	109
第二节	散热器的修理	110
第三节	冷却系的总装	110
第二十七章	润滑系	111
第一节	机油泵的检修	111
第二节	润滑系其他机件的检修	112
第二十八章	点火系与起动系	113
第一节	电源的检修	113

第二节 汽油发动机点火系的修理	120
第三节 起动机的检修	123
第二十九章 发动机的总装、磨合与试验	123
第一节 发动机的总装	123
第二节 发动机的磨合与试验	124
第三节 发动机修复后的常见故障及异响诊断	126
第三十章 离合器	133
第一节 离合器的检修	133
第二节 离合器的装配与调整	136
第三节 离合器常见故障的判断与排除	138
第三十一章 变速器	139
第一节 变速器零件的检修	139
第二节 变速器的装配与试验	143
第三节 变速器常见故障的判断与排除	144
第三十二章 万向传动装置	145
第一节 万向传动装置的检修	145
第二节 万向传动装置的装配	146
第三节 万向传动装置常见故障的排除	146
第三十三章 主动桥	146
第一节 主动桥零件的检验与修理	147
第二节 主动桥的装配与调整	149
第三节 主动桥常见故障的判断与排除	153
第三十四章 转向桥与转向机构	153
第一节 转向桥的检修与调整	153
第二节 转向机构零件的检验与修理	155
第三节 转向机构的装配与调整	157
第四节 转向桥与转向机构故障的判断与排除	159
第三十五章 制动系	160
第一节 气压制动系的检修	160
第二节 液压制动系的检修	165
第三节 手制动器的检修	168
第四节 制动效能试验	168
第五节 制动系统常见故障的判断与排除	170
第三十六章 车轮与轮胎	171
第一节 车轮的检修	171
第二节 轮胎的检修	171
第三十七章 叉车的总装与总检	172
第一节 总装	173
第二节 总检	173
第三节 初期使用时的特点与注意事项	174
附录 关于国际单位制	175

第三篇 港口叉式装卸车的修理工艺

叉式装卸车在使用过程中，由于各种机械零件的自然磨损和其他损伤，将逐渐丧失工作能力。为了迅速恢复叉车的工作能力，必须对叉车的损坏零件或总成进行修理。

正确地组织叉车的修理工作，可以提高叉车的生产率，降低装卸费用。这是因为：

1) 提高叉车的修理质量，延长修理周期，缩短停修时间，就增加了叉车的运行时间，使叉车能完成更多的货物装卸量；

2) 扩大旧件修复的范围，减少叉车配件的消耗，可节省叉车的修理费用，从而降低成本。

本篇的目的，在于使学员初步掌握叉车的修理方法，并获得一些叉车修理的基本理论知识和一定的实际操作能力。

第十九章 修理工作中常用量具的使用

叉车修理工作中所使用的专用和普通工具、量具，名目繁多。对于常用的工具，已于钳工基本功训练时讲过，不再重复。这里仅就修理工作中经常使用的三种量具的构造及正确的使用方法作一简略的阐述。

一、游标量具

修理中常用的游标量具有三种：游标卡尺，游标深度尺和游标高度尺。

(一) 游标卡尺

游标卡尺能直接量出工件的内外直径、宽度和长度等。游标卡尺的测量精度一般为0.02、0.05、和0.1毫米三种规格，其构造如图19-1所示。

使用游标卡尺包括准确读数和正确操作两个方面。

游标卡尺利用主尺和游标尺互相配合进行读数。在卡尺的主尺尺身的一面上，均匀地刻着间距为一毫米的刻线。在游标框上的游标尺上也均匀地刻着刻线。游标尺刻线的间距则随游标尺的精度而定。主尺用来读出被测尺寸的整数部分（毫米），游标尺用来读出被测尺寸的小数部分。这是所有游标量具的共同点。

借助游标尺能使被测尺寸得到更精确的读数。以精度为0.1毫米的游标卡尺为例，其读数原理如图19-2所示，主尺刻度每格一毫米，而游标尺上的10格等于主尺上的9格，即游标尺上的每格间距为 $\frac{9}{10} = 0.9$ 毫米。主尺与游标尺每格间距相差 $1 - 0.9 = 0.1$ 毫米，这个差就是游标尺的刻度读数值。如图19-2b)所示，当游标尺的“1刻线”与主尺对齐时，游标“0刻线”与主尺“0刻线”之间即相差0.1毫米。依此类推，容易看出当游标尺的“2刻线”、“3刻线”、“4刻线”……与主尺刻线对齐时，游标“0刻线”与主尺“0刻线”之间即分别相距0.2、0.3、0.4毫米……。因此这种卡尺可以精确到0.1毫米。若游标尺刻度每格间

距为1.9毫米时，即游标尺的10格等于主尺的19格时，情况也一样。

同理可知，当主尺刻线间距为1毫米，而游标刻线间距为0.95或1.95，游标上有20个刻度时，游标读数值即为0.05毫米；当游标刻度间距为0.98或1.98毫米，游标上有50个刻度时，游标读数值为0.02毫米。其读数的方法也同前，只要看游标尺上“0刻线”以后的第几刻线与主尺刻线对齐，将其乘以游标读数值，即得被测尺寸的小数部分。如游标读数值为0.05毫米的游标卡尺，测量时将游标尺的“0刻线”以后的第12条刻线与主尺刻线对齐，则其小数部分的读数即为 $0.05 \times 12 = 0.6$ 毫米。一般游标尺的刻线不以顺序编号，而直接以读数编号，如图19-3为游标读数值分别为0.1，0.05和0.02毫米的游标卡尺，读数均为8.6毫米的情况。

游标卡尺的正确使用方法主要应掌握下列几点：

1. 当量爪与被测件接触后，不要用力太大。用力的大小，应恰好使两个量爪接触到被测件的表面。如果用力过大，游标框将会倾斜一个角度（如图19-4），这样测量出来的尺寸要

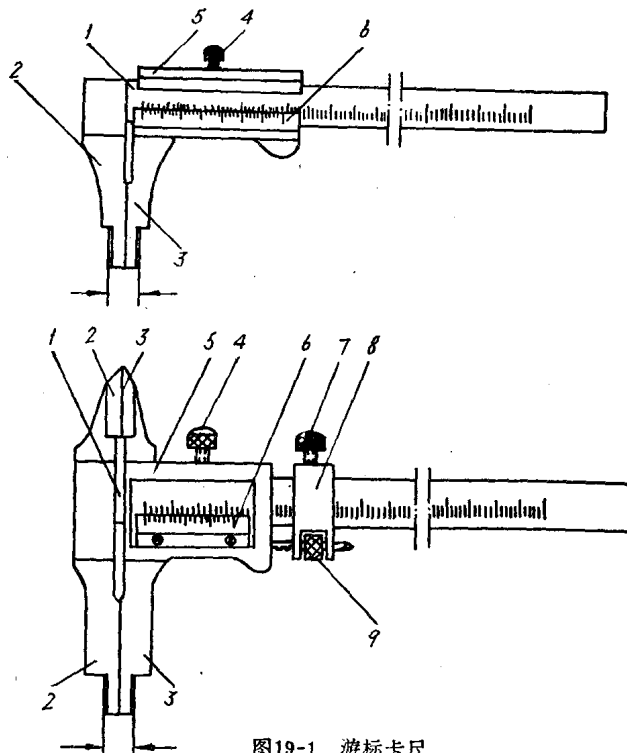
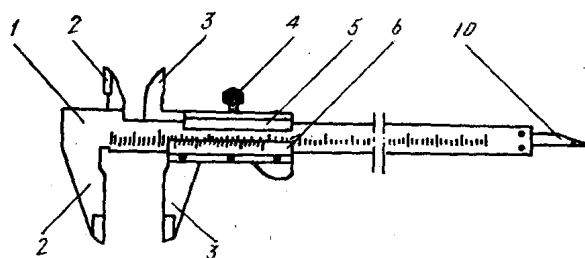


图19-1 游标卡尺

1-主尺；2-主尺量爪；3-游标量爪；4-游框紧固螺钉；5-游框；6-游标；7-微动游框紧固螺钉；8-微动游框；9-微动游框螺母；10-测深直尺

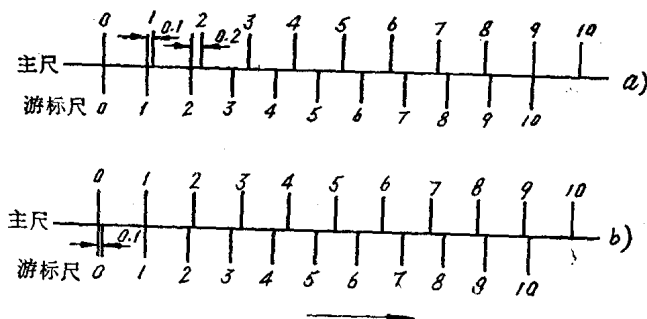


图19-2 游标卡尺读数原理示意图

比实际尺寸小。由图容易看出， s 值越大，所引起的误差也越大。所以在使用游标卡尺时，用力要适当。被测件尽量靠近量爪测量面的根部，以减少 s 值。

2. 要选择量爪的适当部位进行测量，正确的测量方法如图19-5所示。

3. 测量时卡尺的量爪不能歪斜（如图19-6、图19-7）。

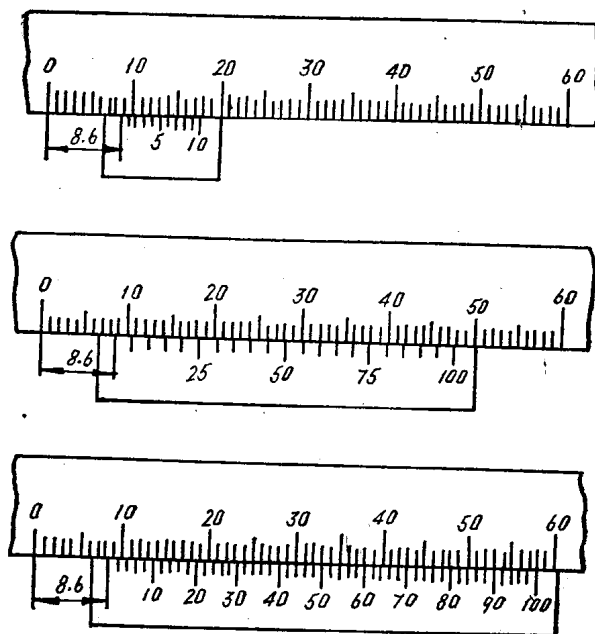


图19-3 读数举例

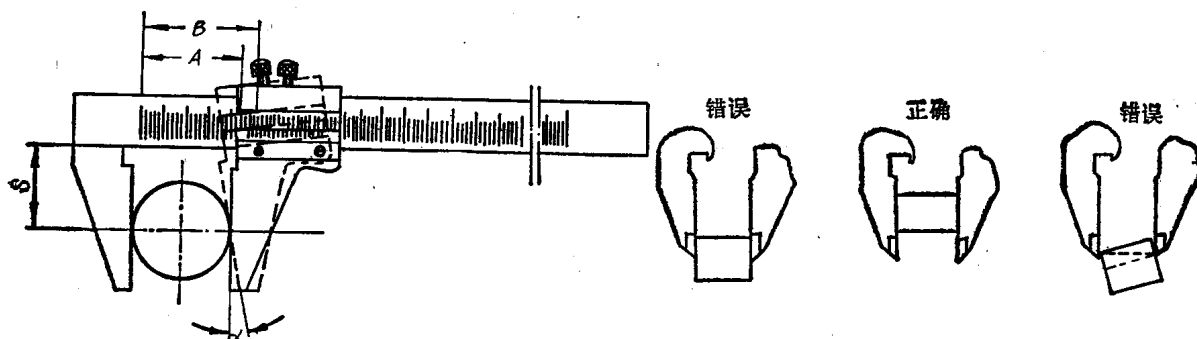
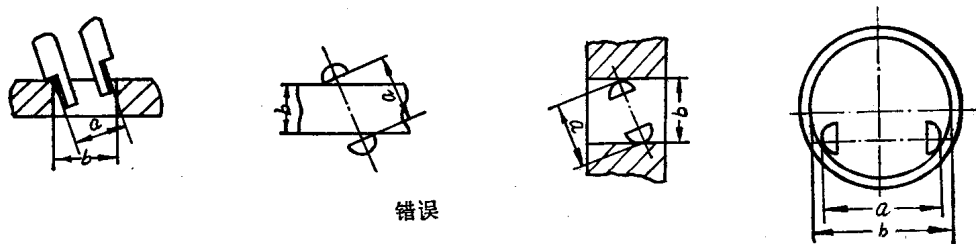


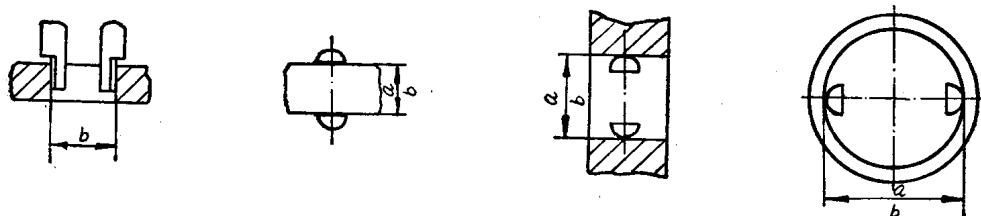
图19-4 测量时用力太大引起的测量误差

图19-5 正确选择量爪的测量部位



错误

图19-6 量爪位置不正确



正确

图19-7 量爪位置正确

4.刀口外测量爪不宜测量大尺寸的零件,以免量爪刀口磨损过快。刀口内测量爪很短,测量时不能用力过大,否则会引起很大的误差。

5.用带测深直尺的卡尺测量零件的深度时,要垂直地放,不要前后左右倾斜(如图19-8)。

(二)游标深度尺

游标深度尺主要用来测量阶梯形孔、不通孔、凹槽等的深度,其构造如图19-9所示。利用主尺沿游标框的滑动,改变主尺测量面与尺座测量面的相对位置来进行测量工件的深度尺寸。

游标深度尺的读数方法和注意事项,与读游标卡尺一样。

(三)游标高度尺

游标高度尺的构造如图19-10所示。它利用游框沿主尺滑动来改变游标量爪与基座底面的相对位置,在平板上测量零件的高度或用来划线。

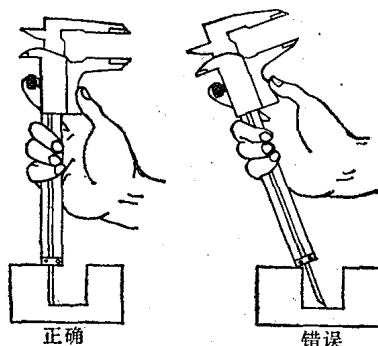


图19-8 测深直尺的正确使用

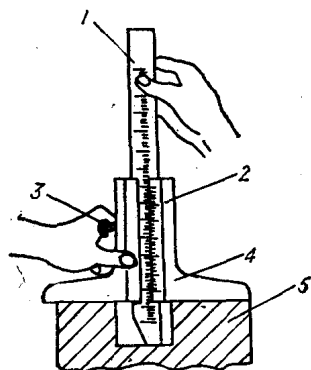


图19-9 游标深度尺及其使用方法

1-主尺; 2-游标尺; 3-游框紧固螺钉; 4-尺座; 5-被测工件

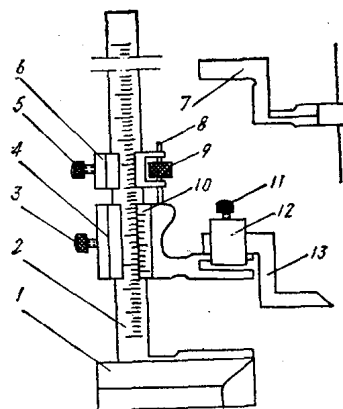


图19-10 游标高度尺的构造

1-基座; 2-主尺; 3-游框紧固螺钉; 4-游框; 5-微动游框紧固螺钉; 6-微动游框; 7-量爪; 8-螺柱; 9-微动螺母; 10-游标; 11-螺钉; 12-框架; 13-划线量爪

二、千 分 尺

千分尺俗称分厘卡,是测量长度尺寸的精密量具。测量精度要求较高的零件时多用千分尺。

修理工作中常用的千分尺有外径千分尺和内径千分尺两种。这两种千分尺除外形不同外,其基本结构与读数原理是一样的。因此,下面将重点介绍外径千分尺的构造与使用方法。

(一)外径千分尺

外径千分尺的测量范围通常制成下列规格: 0~10、0~25、25~50、50~75、75~100、100~125、125~150、150~175、175~200 毫米等许多种尺寸,千分尺的精确度可达 0.01 毫米。

典型的国产外径千分尺的构造如图19-11所示。

千分尺的读数方法和步骤如下：

1. 核对零位，即当千分尺固定测砧和活动测杆的两测量面良好接触后（或测量标准量块时），微分筒棱边应对准固定套管的零刻线，固定套管上纵刻线应对准微分筒上的零刻线。

2. 利用测力装置使两测量面与工件接触。

3. 从固定套管上露出的刻线数读出被测尺寸的毫米整数和半毫米数，再以微分筒上由固定套管纵刻线所对准的刻线读出被测尺寸的小数部分（百分之几毫米）。不足半毫米的小数部分（百分之几毫米）。不足一格时，即千分之几毫米由估计确定。

4. 将整数和小数部分相加，即得被测工件的尺寸。千分表读数方法如图19-12所示。

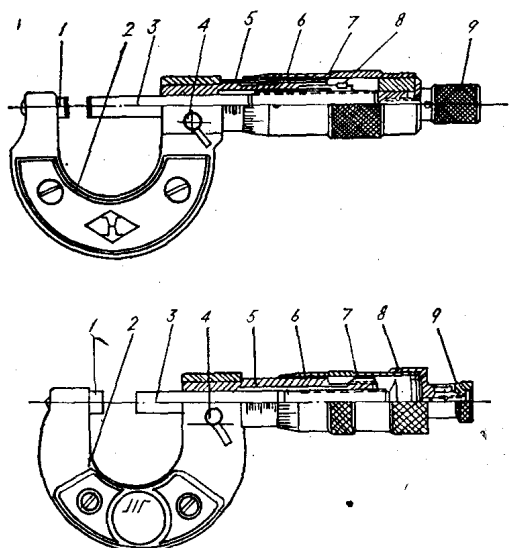
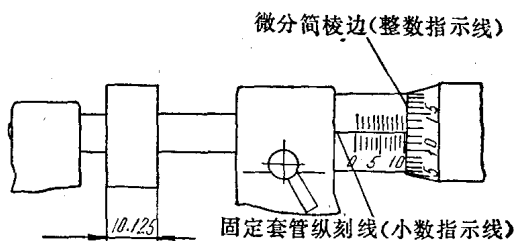


图19-11 外径千分尺的构造

1-固定测砧；2-尺架；3-活动测杆；4-止动器；5-固定套管；6-微分筒；7-调节螺母；8-滚花螺母；9-测力装置

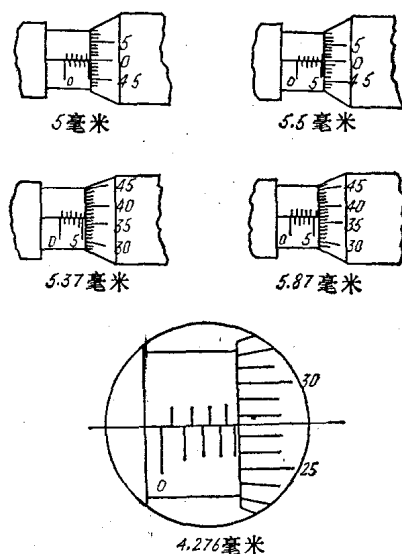


图19-12 千分尺读数图例

在使用千分尺测量前，若核对零位时发现零位不对，则应先进行校正。

使用千分尺测量时，应注意：

1. 当两个测杆的测量面快要与被测件表面接触时，不要再旋转微分筒，而要转动测力装置的棘轮，等到棘轮发出“卡卡”的响声后，即可进行读数。

2. 千分尺测杆轴线要和工件的中心线垂直或平行，不可歪斜，以保证测量结果准确。

3. 为了消除测量误差，可在原来的地方多测几次，取其平均值。

4. 为了测出某些零件的锥度、失圆度，可在零件上不同的地方或方向进行反复测量。

5. 测量时，可以轻轻地晃动千分尺或被测件，使测量面和零件被测表面接触良好。要使测杆整个测量面与被测件表面接触，不要只用测杆测量面的边缘测量。

(二)内径千分尺

内径千分尺的构造原理和读数方法与外径千分尺基本相同，其各部名称如图19-13所示。为了适应测量各种不同大小的孔、沟槽及其他内尺寸，在成套的内径千分尺中，一般都带有

不同尺寸的接长杆。当不用接长杆时，其测量范围一般是75~88毫米，用接长杆时，测量范围最大可达4000毫米以上。每套内径千分尺内接长杆的数目与其测量范围有关。例如测量范围为75~175毫米的内径千分尺有三根接长杆，分别为13、25和50毫米。测量范围为75~575毫米的内径千分尺有六根接长杆，分别为13、25、50、100、150和200毫米。

接长杆的选择，应根据“接长杆的数量越少越好”的原则进行。在选择接长杆时，要先从被测尺寸减去75毫米之后，再依次减去由长至短的接长杆尺寸，直到剩余的尺寸小于13毫米为止。例如用测量范围为75~575毫米的内径千分尺测量 $\phi 436^{+0.25}$ 毫米的孔，接长杆的选择是：

$$436 - 75 = 361(\text{毫米});$$

$$361 - 200 = 161(\text{毫米});$$

$$161 - 150 = 11(\text{毫米}).$$

剩余11毫米，剩余数小于13毫米，所以可选200毫米和150毫米的接长杆各一根，将150、200毫米的接长杆和千分尺三者顺次联接，即可进行测量。

在使用内径千分尺进行测量时，也应首先校对好零位；若零位不正确，必须进行调整。测量时，将千分尺的测量测头轻轻地压在被测孔的壁上不动，右手慢慢转动微分筒，同时沿被测件的轴向和径向小心地摇动微分测头，直到在径向找出最大值和在轴向找出最小值为止（如图19-14）。对较长的孔，应分别在几个不同截面内进行测量，每一个截面内要在互相垂直的方向上进行测量。

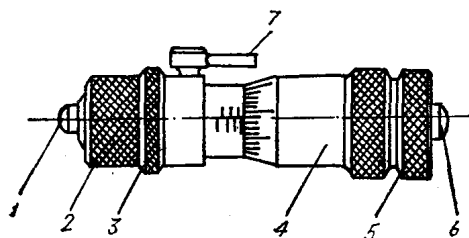


图19-13 内径千分尺的各部名称

1-测量测头；2-螺母；3-固定套管；4-微分筒；5-后盖；
6-微分测头；7-止动器

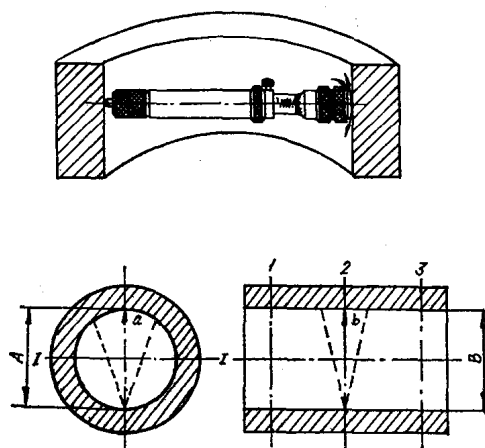


图19-14 内径千分尺的测孔方法

内径千分尺没有测力装置，因此要凭经验来控制测量力。而且在孔内两个不同的截面内摆动千分尺时，很难准确地把它调到中间位置（即找到最大值和最小值）。所以为了保证测量精度，必须不断提高操作技能。

三、百分表

百分表是一种齿轮传动式的测微量具，其工作原理如图19-15所示。

由图可见，百分表是一种二级齿轮传动系统。它通过测杆的直线位移，经齿轮传动和放大，变为指针在刻度盘上的转动，从而读出被测尺寸（或误差）的大小。

百分表按测量范围一般有 0~3、0~5、0~10 毫米三种，特殊的有 0~20 和 0~30 毫米的。读数的精确度一般为0.01毫米，估读可到千分之一毫米。

百分表是一种灵敏度很高的测量仪器，使用前要仔细检查，以免产生测量误差。检查的主要内容是：

1. 灵敏度。测杆的移动要灵活，指针与度盘无摩擦，度盘不能有晃动。如果测杆运动有卡住或表针有跳动现象，就不能使用。

2. 稳定性。多拨动几次测头，检查指针是否能回到原位。如果不能回到原位，说明表的稳定性不好，稳定性不好的表也不能使用。

使用百分表时还应注意：

1. 测量时应将百分表牢固地夹装在表架或其他支架上，以免造成测量结果不准或将表摔坏。

2. 测量平面时，百分表的测杆要与平面垂直，否则不仅测量误差大，而且会使测杆卡住不能活动，损坏百分表（见图19-16b）。

3. 测量圆柱形零件时，测杆的中心线要垂直地通过工件的中心线（见图19-16a）。

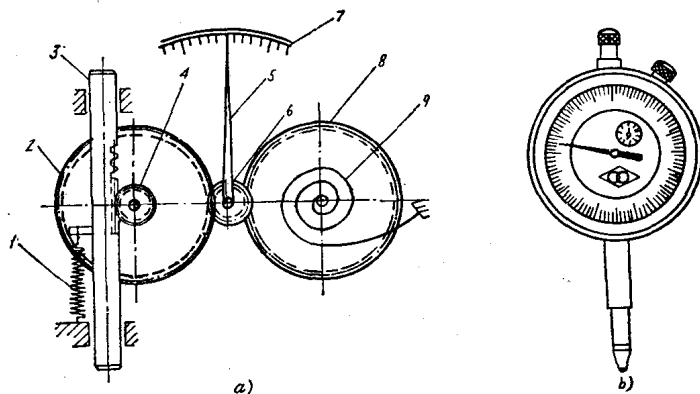


图19-15 百分表及其工作原理示意图

1-回位弹簧；2-齿轮 $Z=100$ ；3-测杆；4-齿轮 $Z=16$ ；5-长指针；6-齿轮 $Z=10$ ；7-刻度盘；8-补偿齿轮 $Z=100$ ；9-游丝

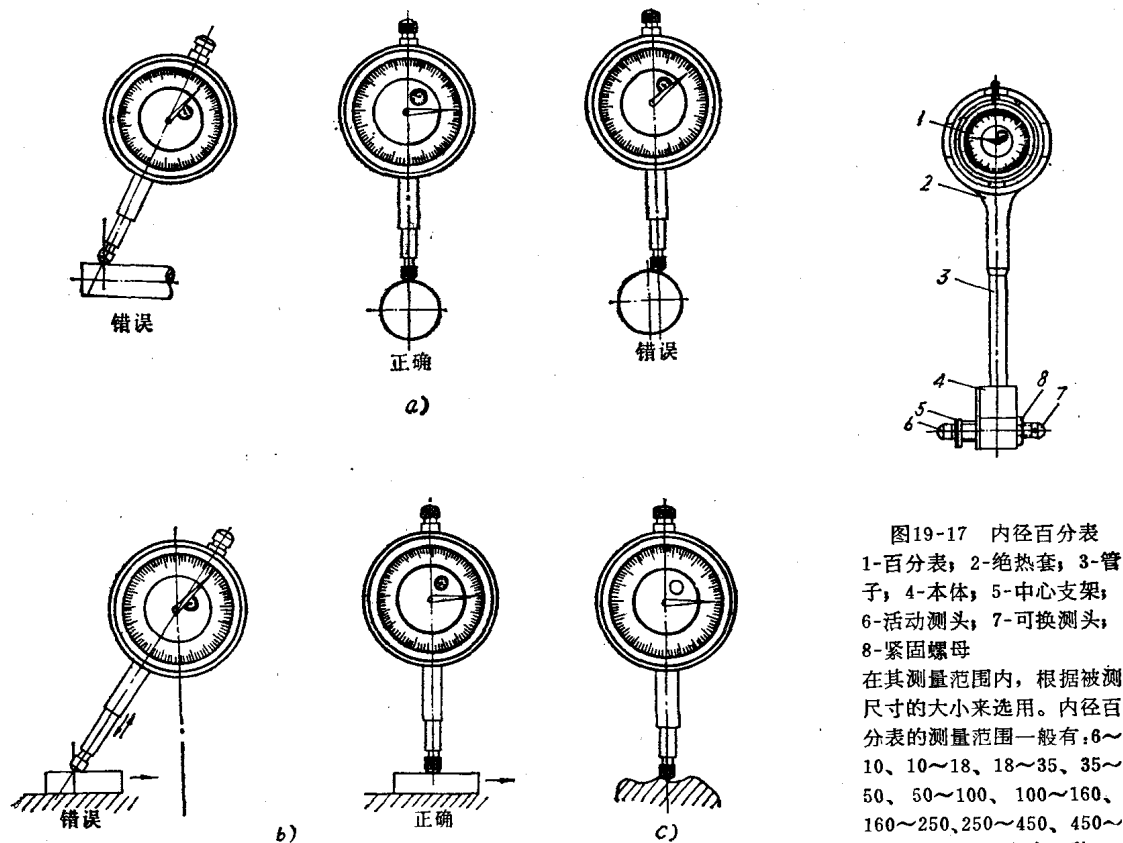


图19-16 百分表的正确使用

图19-17 内径百分表
1-百分表；2-绝热套；3-管子；4-本体；5-中心支架；6-活动测头；7-可换测头；8-紧固螺母
在其测量范围内，根据被测尺寸的大小来选用。内径百分表的测量范围一般有：6~10、10~18、18~35、35~50、50~100、100~160、160~250、250~450、450~700、700~1000毫米几种。

4. 毛坯或有显著凹凸不平的工件不要用百分表去测量, 否则将损坏测头(见图19-16c)。

5. 作绝对测量或比较测量时, 如需对零位, 则可依选定的基准, 转动刻度盘, 使刻度盘上的零位线与长指针对齐。

修理工作中常用的内径百分表(俗称量缸表), 是一种用相对测量法测量内尺寸的测量仪器。如图19-17所示, 它是由表头和表架构成的。表头是一般的百分表, 表架是一个管子内装有杠杆等机构的装置。每种内径百分表均带有一套可换测头。

内径百分表经一次调整后, 可连续测量公称尺寸相同的一批零件且测量精度较高, 操作简便, 所以用内径百分表测孔时要比内径千分尺方便得多。

内径百分表的使用方法及注意事项参看百分表及内径千分尺。

第二十章 机械零件在使用过程中的磨损

在叉车使用过程中, 尽管我们遵循技术条件的规定正确加以使用, 定期地进行各种技术保养, 叉车零件的正常配合状态仍然不可避免地会遭到破坏。产生这种现象的主要原因, 是由于各种动配合零件在相对运动中产生摩擦, 使接触表面产生磨损。结果, 改变了零件的形状、尺寸和表面组织, 最后使零件丧失工作能力。

如果零件磨损迅速, 将增加叉车的检修和调整次数, 缩短大修间隔周期。因此提高零件的耐磨性, 对于提高叉车的工作可靠性和延长叉车的使用寿命具有特别重要的意义。零件的耐磨性主要取决于零件表面的性质和材料。而了解零件磨损的一般规律, 将使我们在修理过程中能正确地选取零件表面的性质和所需用的材料, 确定合理的修理工艺, 以保证零件的使用寿命。同时, 也只有在了解了磨损的一般规律以后, 才能在使用过程中采取合理的技术措施, 防止零件出现早期磨损。

摩擦磨损是一个极其复杂的问题, 它是一系列的物理、化学、机械现象的综合。目前尚未建立一套完整的理论足以解释在实验中所观察到的全部现象。这里仅一般性的介绍一些磨损的基本概念。

一、磨损的发生过程

摩擦与磨损是在法向载荷作用下的两个接触物体作相对运动时, 在接触表面上所发生的同一现象的两个方面。或者说, 磨损是伴随摩擦而产生的。实验证明, 两个作相对运动的接触物体间的摩擦系数与两物体的磨损量之间, 并不存在某种规律性的关系。例如在边界摩擦(指摩擦表面润滑条件使两摩擦表面间仅存在一层几个分子厚的薄油膜时的摩擦情况)中, 摩擦系数比干摩擦(摩擦表面完全没有润滑油或其他润滑介质)小数倍, 而磨损却小一千倍甚至更多。这说明, 外界条件对磨损的影响是十分复杂、十分强烈的。

摩擦表面在相对移动的过程中, 表面金属的直接接触, 将主要产生两种作用: 机械性的相互作用——嵌入, 和分子间的相互作用——吸引和粘附。即由于金属表面存在微观不平, 相互接触时凸起部分将互相嵌入和咬合。相对移运时, 使相互嵌入的部分金属发生弹性或塑性变形, 从而使表层金属强化, 导致机械剥落; 另一种是分子间的相互作用——吸引和粘附, 即摩擦件在相对运动过程中, 表层金属互相接近至相距的距离接近原子间的距离时, 分子间的相互吸引力将使接触处产生粘附现象。相对运动继续时, 金属表面那些发生粘附的地方将被撕裂, 产生机械性破坏。

除此而外, 由于摩擦介质的化学腐蚀作用, 金属的表面氧化, 形成金属脆性氧化物, 使其在摩擦中脱落。

摩擦表面产生的机械变化、化学变化和结构变化, 随着摩擦条件的不同, 其程度是不同的, 因而摩擦表面的破坏过程和破坏形式也各不相同。有人将磨损过程分成五类: 粘附磨损、热磨损、氧化磨损、磨料磨损和麻点磨损。

粘附磨损 粘附磨损的实质是在滑动摩擦过程中两接触表面产生金属联系, 相对移动的结果使联系部位破坏, 从而使摩擦表面遭受强烈的破坏。

当滑动摩擦的相对移动速度较小, 单位压力超过磨擦表面实际接触部位的金属的屈服极限时, 接触部位的表面金属产生严重的塑性变形。接触点互相嵌入使该部位的氧化膜破坏, 呈现出新的金属表面。在分子吸引力的作用下, 接触部位便产生金属联系。继续的相对移动就使强度较小的表面金属挖走或将被强化的金属表面擦伤。从一个表面挖走的金属粘附在另一个表面上, 形成金属瘤, 而在挖走金属的部位产生应力集中, 随后形成显微裂纹和裂缝, 继续发展便引起疲劳破坏。粘在表面上的金属细粒在很大的传动力作用下, 引起局部的塑性变形和高度的强化, 使其硬度提高。摩擦过程中产生的细粘附粒便起着磨料的作用, 使另一个表面遭到破坏和变形。粘附磨损的继续发展, 会使摩擦表面遭到严重的损伤, 甚至咬死。

据研究, 发动机有20%的零件的主要磨损形式属于此类, 它的磨损速度最大。

热磨损 热磨损为另一种性质的粘附磨损。当滑动摩擦以很大的相对速度和很大的单位压力进行时, 将产生大量的热, 使摩擦表面的温度急剧增高, 局部点可达 1500°C 。摩擦表面在高温的影响下塑性增加, 机械性能变坏。表层受热的结果, 可能引起表层金属的回火、软化, 甚至发生熔化, 破坏表层的吸附膜和氧化膜。这时在受热软化的接触表面间便形成金属联系。表面相对运动的结果, 即产生粘附磨损。热磨损的破坏形式, 取决于表层的温度。可能是以颗粒状态自较软的部位脱落并粘附在强度较高的金属表面上, 也可能是以熔化的金属薄层自表面带走的方式产生破坏。

气门、凸轮轴凸轮、齿轮、气缸和曲轴颈等零件, 在工作过程中都会产生热磨损。

氧化磨损 在磨损过程中, 氧吸附在摩擦表面, 并向表层内扩散。在表面塑性变形的同时, 表面形成氧的化学吸附膜、氧的固熔体及金属氧化物。在切向力与正向压力的作用下, 这些脆性氧化物薄层便与表面分离, 使表面逐渐损耗。

滑动摩擦和滚动摩擦的过程都能产生氧化磨损, 在滑动的干摩擦与边界摩擦中, 氧化磨损可能是主要的磨损形式。

氧化磨损时, 若单位压力超过润滑油膜破坏的临界值, 即达到足以使摩擦表面的吸附膜和氧化膜完全破坏的数值, 就会产生粘附磨损。伴随摩擦过程产生的温度达一定值后, 将促使氧化磨损加速发展。

发动机的主轴颈、连杆轴颈、气缸、活塞销、齿轮啮合表面、球轴承和滚子轴承等叉车零件在工作过程中均能产生氧化磨损。

磨料磨损 滑动摩擦时, 若在摩擦部位存在磨料, 摩擦表面便在磨料的作用下产生显微变形或被切割, 形成磨料磨损。

磨料磨损仅与摩擦表面是否存在磨料物质有关。它可以存在于任何滑动速度和单位压力作用的磨擦表面上。摩擦表面间的磨料可能是有外界落入的, 可能是磨损过程中的产物, 也可能是早已存在于摩擦表面上的。如铸铁零件、镀铬和金属喷镀零件的表面都存在有磨料颗粒。磨料磨损的速度取决于摩擦表面的性质、磨料的性质、滑动速度和单位压力。

麻点磨损 麻点磨损发生在滚动摩擦中。滚动摩擦的单位压力超过表层金属的屈服点时,接触部位的表层金属就产生显微塑性变形,使表层金属强化。随着摩擦过程的进行,表层塑性变形逐渐积累,并使表层金属产生很大的残余压应力。由于载荷的反复作用,表层金属产生疲劳现象,引起表层金属的破坏,形成显微裂纹。某处第一条显微裂纹形成后便继续发展,并形成新的显微裂纹和裂缝。润滑油的油楔作用及金属的腐蚀,加速裂纹的扩大和形成新的裂缝,结果使表层金属形成凹坑剥落,这样的凹坑将成为继续破坏的中心。

在所有磨损形式中,塑性变形是基本的过程,接触表面金属的其他机械、物理、化学变化都与塑性变形过程密切相关。滚动摩擦与滑动摩擦的塑性变形是不同的,前者主要是由于作用在摩擦表面的正压力造成的,后者则主要是由于切向力作用的结果。滚动摩擦的塑性变形不会促使摩擦表面粘附现象的发展,只会使接触表面产生特殊的疲劳破坏。

任一对摩擦副在工作中都可能同时发生几种磨损过程,但在一定的条件下,将有一种起主要的作用。这一起主要破坏作用的磨损形式,即决定了该零件的耐磨性。

由于叉车零件的工作条件很复杂,除了摩擦磨损外,零件表面还可能发生与零件的摩擦磨损没有直接关系的损坏现象,如气缸和活塞环的气体腐蚀等各种腐蚀现象。

二、影响磨损的因素

影响摩擦的因素按其性质可分为三类,即:外部的机械因素、摩擦表面之间的介质、摩擦副的材料和性质。

摩擦表面外部的机械作用对磨损过程起着重要的影响。这类影响因素中主要包括:摩擦种类,摩擦表面相对运动的速度,摩擦表面间的压力特性和数值。

摩擦种类 摩擦种类对摩擦表面层的塑性变形特性产生强烈的影响,从而使表面层的磨损过程发生根本的变化。滚动摩擦所引起的塑性变形造成麻点磨损,滑动摩擦所引起的塑性变形则造成粘附磨损和氧化磨损。

速度和压力 当其他摩擦条件一定时,摩擦副相对移动速度的变化不仅使磨损过程产生量的变化,而且产生质的变化。摩擦表面的温度与速度的平方根成正比,因此摩擦表面的温度随速度的增加而提高。当表面温度达到 $150\sim 200^{\circ}\text{C}$ 时,摩擦表面的润滑油膜便遭到破坏,摩擦性质即从边界摩擦转变为干摩擦,使零件迅速磨损。在更高一些的温度下,表面层软化,从而促进表面滑动。若软化状态比较稳定时,则软化可以扩大到相当的深度,使磨损加剧。在磨损过程中,表层金属的结构和性质会因温度的作用而改变,从而改变破坏的形式。

图20-1表示滑动速度与磨损强度(绝对磨损量与摩擦距离之比)之间的关系。

从图可知,当相对速度很少时(0.4米/秒),由于摩擦所产生的热量小,表层金属塑性变形程度小,不可能产生接触粘附磨损。磨损量随速度的增长达到最高值,然后便随速度的增加而逐渐降低(图中 BC 段)。速度继续增加时,促进了氧化过程,这种氧化过程可以消除由于粘附所产生的深度撕扯破坏,而使磨损局限在很薄的表层,磨损过程转变为氧化磨损,磨损量达到最小(图中 CD 段)。继续增加速度,接触表层温度升高,使表层金属处于热塑性状态,接触部位发生粘附现象,形成热磨损(图中 DE 段),磨损量又有所上升,随速度的增长而增加到最高值后,便又随速度的增长而逐渐降低。这是因为在更高的滑动速度时,摩擦表面产生很高的温度,使金属与空气中的氧发生作用,表层金属被氧化所致。

在所有情况下,增加单位压力都将使磨损强度和速度增加,图20-2为实验所得的钢磨损量与单位压力之间的关系。由图可见,单位压力增加到一定值后,磨损量会突然增加。这表

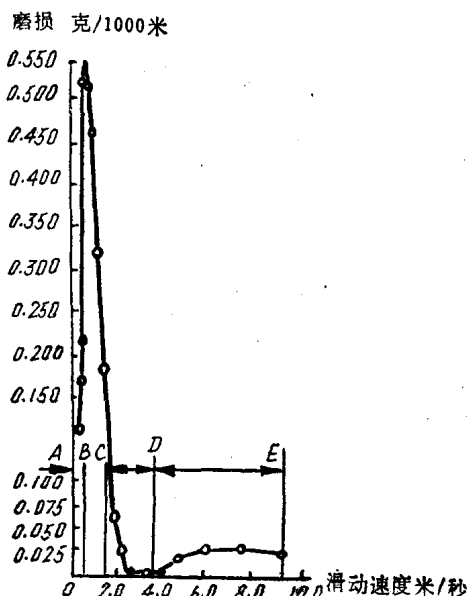


图20-1 钢的磨损强度与滑动速度的关系

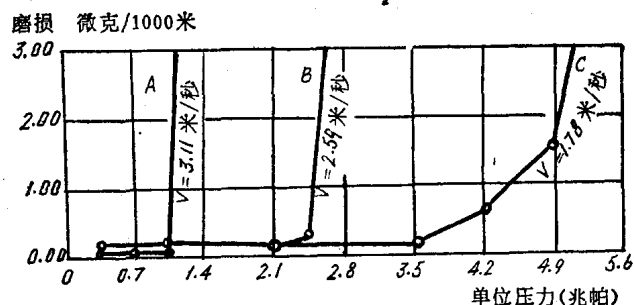


图20-2 不同滑动速度时钢的磨损量与单位压力的关系

明磨损性质已由氧化磨损转变为热磨损。滑动速度不同时，磨损过程产生质的变化的单位压力值也不同，转变的激烈程度也不一样。在高的滑动速度下，小的单位压力就足以使磨损过程产生质的变化。

润滑油 叉车摩擦零件的表面之间，一般以润滑油作介质。润滑油的基本任务，在于消除摩擦表面的直接接触，使摩擦表面不发生干摩擦和相应的磨损。此外，润滑油还具有散热、排除磨损过程中产生的磨屑等作用。故润滑油的性质对磨损过程起着很大的影响，它应具有适当的粘度和足够的化学稳定性，不含酸类和机械杂质，以保证在摩擦表面能形成坚固的稳定的润滑油膜。

在液体摩擦中，润滑油膜的油楔作用保证润滑油具有一定的厚度和承载能力，防止摩擦表面不平处相互嵌入。在液体摩擦条件下，摩擦表面不会产生磨损。但在个别情况下，摩擦表面也可能互相接触，形成边界摩擦。

在边界摩擦的条件下，摩擦表面为润滑油膜所隔开，故在滑动速度很小时，不会形成粘附磨损。滑动速度很大时，摩擦表面的高温使润滑油膜破坏，可能形成粘附磨损。因此提高润滑油膜的强度，保证摩擦表面可靠地为润滑油膜隔开，是降低零件磨损的有效措施。

摩擦副的材料和表面性质 在各种磨损形式中，粘附磨损（包括热磨损）是最严重的一种。为了防止这种磨损的发生，应使表面的分子的互相作用限制在最小的程度内，使压力均匀分布，提高材料的硬度，并使用润滑油或保护性的薄膜使摩擦表面不发生金属接触。磨料磨损也是最严重的磨损破坏形式，应尽量避免。最理想的情况是磨损以显微的破坏形式在很薄的表层进行。因此，应使表层应力不超过材料的疲劳极限，提高材料抵抗塑性变化的能力，以提高耐磨性。

在叉车制造和修理工作中，根据零件的具体工作条件，常采用一些工艺措施来提高零件的耐磨性，如镀铬、表面强化处理等。

磨擦表面的宏观几何形状和微观几何形状对磨损过程也产生很大的影响。在每一个具体的摩擦条件下，都有一个磨损量最小的微观几何形状的配合问题。在实际工作中，我们常使摩擦副的表面光洁度等级达到一致，以取得尽可能使磨损量限制在适当的范围内的效果。

第二十一章 损伤零件的修复方法

在使用过程中, 会因磨损、腐蚀、机械损伤等原因使叉车的某些零件失去工作能力, 从而使整个叉车无法使用。为此必须更换或修复这些受损伤的零件, 恢复其工作能力。在叉车修理工作中, 使大量的损伤零件通过修复重新使用, 不仅可以克服配件供应不充分的矛盾, 而且可以降低修理成本, 为国家节约大量的资源和人力。

零件的修复方法, 根据零件损伤的性质和使用材料的不同, 其修复方法亦不相同, 各种修复方法可归纳如表21-1所示。

第一节 机械加工修复法

一、修理尺寸法

修理尺寸法的实质是将零件的不均匀磨损部分的表面层进行机械加工, 使零件具有规定的几何形状、表面光洁度和新的尺寸(即所谓的修理尺寸)。对于轴类零件, 修理尺寸小于名义尺寸; 对于孔类零件, 修理尺寸则大于名义尺寸。若配合副中的一个零件以修理尺寸加工, 则另一零件也应按相应于这个修理尺寸来选配加工, 从而保证配合副具有技术条件规定的配合特性。

当使用修理尺寸法修理零件时, 首先应确定零件的修理尺寸。以图21-1所示的轴类零件为例, 若轴颈断面的名义尺寸为 d_H , 使用一定时间后, 轴颈磨损, 其尺寸由 d_H 减小到 d_1 。轴颈的磨损是不均匀的, 其磨损后的截面成椭圆形, 一边磨损较小 (δ'_1), 另一边磨损较大 (δ''_1)。若轴的结构允许, 则磨损轴颈可以按 d_{P1} 尺寸加工。在保证轴的中心位置不变的条件下, 考虑轴颈的加工余量 Δx , 则第一次修理尺寸 d_{P1} 可按式确定:

$$d_{P1} = d_H - 2(\delta''_1 + \Delta x) \quad (21-1)$$

式中 δ''_1 的值是很难测量的, 故难以直接应用这个公式。为此直接测量出 d_1 值, 据此求得轴颈的总磨损量:

$$\delta_1 = d_H - d_1 = \delta'_1 + \delta''_1 \quad (21-2)$$

设轴颈磨损的不均匀系数为 ρ , 且

$$\rho = \frac{\delta''_1}{\delta_1} \quad \text{则 } \delta''_1 = \rho \cdot \delta_1 \quad (21-3)$$

当轴颈磨损均匀时, 则

$$\delta'_1 = \delta''_1 \quad \delta_1 = 2\delta'_1 = 2\delta''_1$$

由此,

$$\rho = \frac{\delta''_1}{\delta_1} = \frac{\delta''_1}{2\delta''_1} = 0.5$$

当轴颈完全单面磨损时, 则

$$\delta'_1 = 0 \quad \delta_1 = \delta''_1$$

因此,

$$\rho = \frac{\delta''_1}{\delta_1} = 1.0$$