

新编职业技能

实用技术丛书

- 职技校生的学习工具
- 高技能人才的上岗通行证
- 广大爱好者的良师益友

高级钳工 实用技术

董原◎编著



双色图文版

内蒙古人民出版社

新编职业技能

实用技术丛书

- 职技校生的学习工具
- 高技能人才的上岗通行证
- 广大爱好者的良师益友

高级钳工

实用技术

董原◎编著

江苏工业学院图书馆
藏书章

内蒙古人民出版社



图书在版编目(CIP)数据

高级钳工实用技术/董原 编著. —呼和浩特:内蒙古人民出版社,

2008. 10

(新编职业技能实用技术丛书)

ISBN 978 - 7 - 204 - 09940 - 5

I. 高… II. 董… III. 钳工—基本知识 IV. TG9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 163815 号

新编职业技能实用技术丛书

编 著 董 原

责任编辑 哈 森

图书策划  腾飞工作室
15301350288

封面设计 腾飞文化

出版发行 内蒙古人民出版社

地 址 呼和浩特市新城区新华大街祥泰大厦

印 刷 北京中创彩色印刷有限公司

开 本 710 × 1000 1/16

印 张 288

字 数 3000 千

版 次 2008 年 12 月第 1 版

印 次 2008 年 12 月第 1 次印刷

印 数 1 - 10000 套

书 号 ISBN 978 - 7 - 204 - 09940 - 5/T · 5

定 价 448.00 元(全 16 册)

如出现印装质量问题,请与我社联系。联系电话(0471)4971562 4971659

内蒙古人民出版社

新编职业技能实用技术丛书

编委会

编著:董原

委员:史明新 李新纯 常青 吕春兰

孙义新 张艳娇 聂圆圆 徐小丽

张敬娜 杨俊峰 刘俊 周海涛

邹云 柳华 徐学成 吕晓滨

杨小立 朱华 王蕾 李奇

刘云龙 王英杰 黄志良 王红媚

前 言

我国是一个工业大国,近年来,随着制造业的不断发展,新技术的广泛应用,科技创新显得尤为重要,科技进步的关键在于提升劳动者的职业技能素质,它是科技成果转化成为生产力的关键环节,是经济发展的重要基础。

我国资源丰富,但唯一的不足是缺乏精湛的技术人员,因此,我国大力强调要把“培养高技能人才”作为重点任务来抓。同时,农村劳动力已经成为产业工人的重要组成部分,提高农村劳动力的职业技能、培养高技能人才是产业结构调整升级的需要,是加快城镇化发展的要求,也是提高农民素质的治本之策。

为此我们采用新的国家标准,力求体现新技术、新工艺、新设备的应用,精心编写了《新编职业技能实用技术丛书》,本书集科学性、实用性、先进性、可靠性于一体,选用了国家最新标准、规范、法规、名词和术语。在内容上,除了着重解决各种职业技能在实际工作中经常遇到的有关技术问题外,也考虑到指导现场施工的技术人员的工作需要。书中内容针对性强,系统连贯,数据资料丰富,实用性强,文字简练,便于学习掌握。

真诚希望通过这本书,有助于科技的进一步发展、优势产业进一步拓展,从而加快城市化的发展。同时,我们也希望通过这本书的出版发行,更有利于广大群众学习、掌握职业技能,提高综合素质,尽快适应现代化发展的需要。

本书可作为职业院校学生的学习教材,高技能人才上岗的随身口袋书,普通老百姓家中的常备实用手册。

本书参考引用了大量的相关文献资料、图表等,在此对这些著作的作者致以衷心的感谢。限于编者水平,加之时间仓促,书中难免会有不足之处,敬请广大读者批评指正,在此深表谢意。

编 者



目 录

Contents

第一章 高精度测量仪器及其应用

第一节 常用精密测量仪器的基本原理	1
一、合像水平仪	1
二、自准直光学量仪	2
三、激光干涉仪	6
四、三坐标测量机	11
第二节 机械装配维修中的精度测量	17
一、直线度误差测量	17
二、平面度误差测量	21
三、垂直度误差测量	23
四、分度误差测量	25
复习思考题	26

第二章 编制工艺规程

第一节 工艺过程的概述	27
一、机械制造工艺过程	27
二、装配工艺过程	27



三、生产纲领	28
第二节 机械加工工艺规程的编制	28
一、编制机械加工工艺规程的过程	28
二、零件图的工艺分析	29
三、毛坯的选择	31
四、基准的确定	31
五、拟定加工工艺过程	34
六、工序具体内容的确定	36
七、工艺尺寸链及其应用	37
八、尾座壳体的加工工艺实例	43
第三节 装配工艺规程的编制	45
一、编制装配工艺规程的过程	45
二、减速器的装配工艺实例	46
三、保证装配精度的方法	51
四、装配尺寸链及其应用	54
复习思考题	62

第三章 钳工装配工艺分析

第一节 装配工作的基础知识	63
一、概论	63
二、装配工作的特点	63
三、装配工作的内容	65
四、装配精度的概念	67
五、装配尺寸链的应用	69
第二节 精密部件的装配工艺	78
一、静压导轨和注塑导轨的装配调整	78
二、滚珠丝杠副的装配调整	89
三、过盈联接的装配工艺	92
四、数控车床主轴组件的装配调整	99
复习思考题	108



第四章 机器运行时的振动和噪声

第一节 振动的概述	109
一、旋转机械的振动	109
二、振动的基本特性	110
三、机床的振动	113
第二节 旋转机械的振动标准	115
一、轴承振动的评定标准	115
二、轴振动的评定标准	117
第三节 振动测量	118
一、测量轴承振动	118
二、测量轴振动	119
三、频谱分析的概念	120
第四节 油膜振荡	122
一、油膜振荡的过程及危害	122
二、油膜振荡的频谱图	122
三、轴承工作的稳定性	123
第五节 噪 声	124
一、声压和声压级	124
二、噪声的测量	125
三、降低噪声的途径	129
复习思考题	131

第五章 高速、精密和大型机械的装配调整

第一节 高速机械的装配调整	132
一、转子	132
二、轴承	136
三、联轴器	140
四、轴系找中	142
五、润滑	147



六、试车	148
第二节 精密机械的装配调整	149
一、传动链的误差	150
二、提高传动链精度的方法	152
三、精密机床蜗杆副的修整工艺	156
四、精密机床床身导轨的修整	163
第三节 大型机械设备的装备调整特点	166
一、大型机床多段拼接床身的修整工艺	166
二、大型机床立柱的安装工艺	171
三、大型机床蜗杆蜗条的修整	173
复习思考题	175

第六章 典型金属切削机床的装配、空运行及负荷试验

第一节 T4163 型坐标镗床的装配与调整	176
一、T4163 型坐标镗床的组成、主要参数与传动系统	176
二、T4163 型坐标镗床主要部件的装配与调整	182
三、T4163 型坐标镗床的空运转试验	209
四、T4163 型坐标镗床的工作精度检验	209
五、T4163 型坐标镗床的几何精度检验	211
六、T4163 型坐标镗床常见故障及其消除方法	212
第二节 Y7131 型齿轮磨床的装配与调整	213
一、Y7131 型齿轮磨床的组成、主要参数与传动系统	213
二、Y7131 型齿轮磨床主要部件的装配与调整	216
三、Y7131 型齿轮磨床的空运转试验	236
四、Y7131 型齿轮磨床的工作精度检验	237
五、Y7131 型齿轮磨床的几何精度检验	238
复习思考题	239



第七章 数控机床

第一节 数控机床的特点及组成	240
一、数控机床的特点	240
二、数控机床的组成	241
第二节 数控机床的基本工作原理	241
一、数控机床的基本工作原理	241
二、数控系统的分类	242
三、插补的基本原理	243
第三节 数控车床	245
一、数控车床的组成	245
二、数控车床的床身和导轨布局	245
三、数控车床的刀架	245
四、TND360 型数控车床简介	246
第四节 加工中心机床	250
一、加工中心的特点	250
二、加工中心的组成	251
三、加工中心的分类	251
四、JCS-018 型立式加工中心简介	252
第五节 数控机床的编程	257
一、编程的步骤	257
二、数控机床的坐标系	257
三、数控车床的程序编制	259
复习思考题	270
答 案	271



第一章 高精度测量仪器及其应用

第一节 常用精密测量仪器的基本原理

一、合像水平仪

合像水平仪的结构和工作原理如图 1-1 所示。与普通水平仪相比,合像水平仪具有测量读数范围大的优点。当被测工件的平面度误差较大或因放置的倾斜度较大而又难于调整时,若使用框式水平仪就会因其水准气泡已偏移到极限而无法测量,而合像水平仪,因水平位置可以重新调整,所以能比较方便地进行测量,而且精度较高。

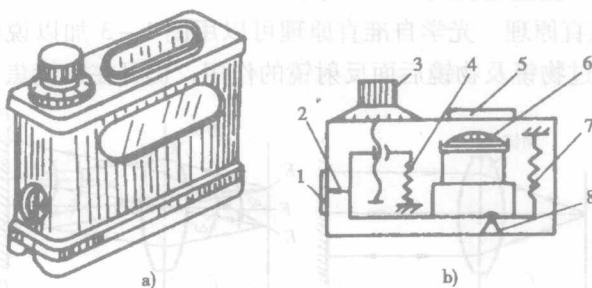


图 1-1 合像水平仪

a) 外观图 b) 结构原理图

1—指针观视口 2—指针 3—调节旋钮

4、7—弹簧 5—目镜 6—水准器 8—杠杆

合像水平仪的水准器 6 安装在杠杆 8 上,转动调节旋钮 3 可以调整其水平位置。气泡两端圆弧通过光学零件反射到目镜 5,形成左右两个半像。当水平仪处于水平位置时,A、B 两部分像就重合(见图 1-2a)。若水平仪不在水平位置,A、B 两部分像就不重合,如图 1-2b 所示。



合像水平仪主要用于直线度、平面度误差的测量。例如，一平面被测量后，指针观察窗口所

指刻度为 1mm，调节旋钮所示的刻度值为 35 格，则被测平面在 1000mm 长度上相对水平面的倾斜误差为 1.35mm。若旷面只有 400mm 长，则在此长度上的误差为

$$\Delta H = (1.35\text{mm}/1000\text{mm}) \times 400\text{mm} = 0.54\text{mm}$$

合像水平仪的国产型号有 CH66，其刻度值为 0.01mm/1000mm。

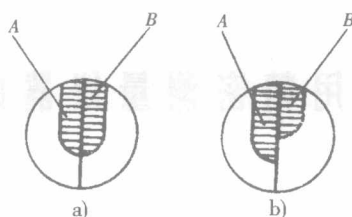


图 1-2 合像水平仪气泡图

a) 重合 b) 不重合

二、自准直光学量仪

自准直光学量仪是根据光学的自准直原理制造的测量仪器，有自准直仪、光学平直仪、测微准直望远镜及经纬仪等多种。

1. 光学自准直原理 光学自准直原理可以用图 1-3 加以说明。即在物镜焦平面上的物体通过物镜及物镜后面反射镜的作用，仍可在物镜焦平面卜形成物体

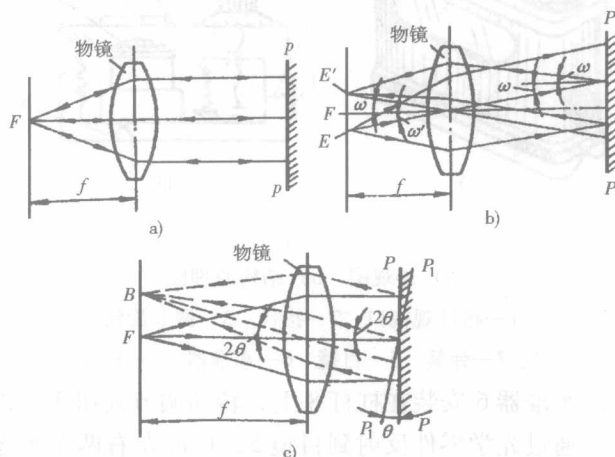


图 1-3 光学自准直原理



的实像。

如图 1-3a 所示, 在物镜的焦点 F 发出的光束经物镜折射后, 变成平行于光轴的光束, 再经垂直于光轴的平面反射镜 PP 反射后, 光束仍按原路反射回来, 经物镜后仍会聚在焦点 F 上, 即 F 点和它的像 F' 完全重合。

如图 1-3b 所示, 在物镜焦平面上任意一点 E 发出的光束经物镜折射后 (假设 E 点和物镜主点的连线与光轴的夹角 ω), 变成与光轴成 ω 角的平行光束。当遇到垂直于光轴的平面反射镜 PP 后, 根据反射定律, 光束以反射角 ω 反射回来, 经物镜后会聚在物镜焦平面上的 E' 点。 E' 点就是 E 点的像, 并且和 E 点相对于光轴完全对称。设物镜焦距为 f , 则 $E'F = EF = f \tan \omega$ 。

如图 1-3c 所示, 如果平面反射镜在子午面内对光轴偏转 θ 角, 根据反射定律, 经平面反射镜 P_1P_1 反射后光束偏转 2θ 角, 这时自准像相对于物点产生了偏移, 偏移量的大小为 $BF = f \tan 2\theta$ 。

以上说明, 如果焦平面上物体完全对称, 而且平面反射镜与物镜光轴垂直, 那么物体在焦平面上的成像就会与物体完全重合; 如果平面反射镜与物镜光轴不垂直, 物体在焦平面上的成像就会与物体自身产生偏移。因此, 将平面反射镜作为目标反射镜置于被测物一体的平面上, 通过测量物镜焦平面上成像的偏移量就可测量出被测物体平面与基准平面的误差。

2. 自准直仪 自准直仪又称为自准直平行光管, 其工作原理如图 1-4 所示。

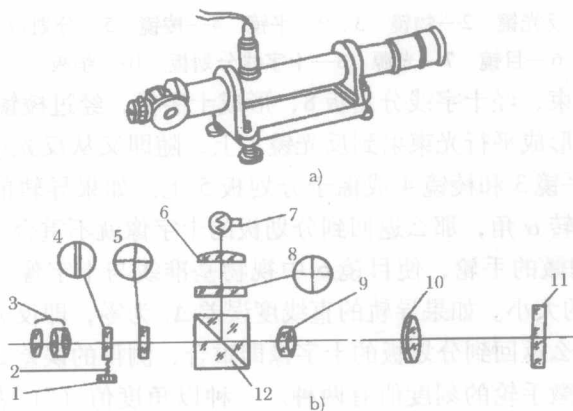


图 1-4 自准直仪工作原理图

a) 外观图 b) 工作原理图

1—鼓轮 2—测微丝杆 3—目镜 4、5、8—分划板

6—聚光镜 7—光源 9、10—物镜组

11—目标反射镜 12—棱镜

从光源 7 发出的光线, 经聚光镜 6 照亮分划板 8 上的十字线, 由半透明棱镜 12 折向测量光轴, 经物镜 9、10 成为平行光束射出, 再经目标反射镜 11 反射回



来,使十字线成像于分划板5、4的刻线面上。旋转鼓轮1带动测微丝杆2移动,对准双刻线(刻在可动分划板4上),由目镜3观察,使双刻线与十字线重合,然后在鼓轮1上读数。

自准直仪可用于直线度、平面度、垂直度等误差的测量。

自准直仪的国产型号有42J、JZC等,其主要技术参数大致相同,测微鼓轮示值读数每格为 $1''$,测量范围为 $0' \sim 10'$,测量工作距离为 $0 \sim 9\text{m}$ 。

3. 光学平直仪 光学平直仪是由平直仪本体(包括望远镜和目镜等)和反射镜组成,其工作原理如图1-5所示。

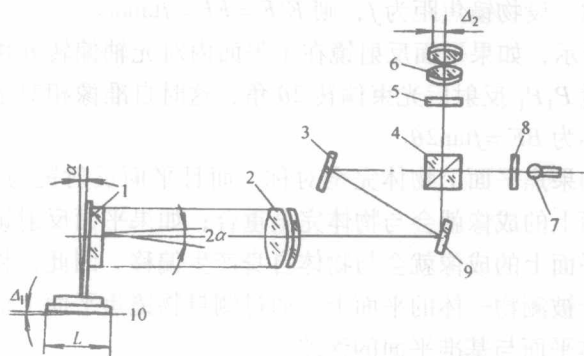


图1-5 光学平直仪工作原理图

- 1—反光镜 2—物镜 3、9—平镜 4—棱镜 5—分划板
6—目镜 7—光源 8—十字线分划板 10—垫板

光源7射出光束,经十字线分划板8,形成十字像,经过棱镜4、平镜3、平镜9和物镜2后,形成平行光束射到反光镜1上,随即又从反光镜1反射到物镜2上,经平镜9、平镜3和棱镜4成像于分划板5上。如果导轨的直线度误差为 Δ_1 ,而使反光镜偏转 α 角,那么返回到分划板的十字像就不重合,而且相差一个 Δ_2 的距离。调节测微的手轮,使目镜6中视物基准线与十字像对正,测微手轮的调整量就是 Δ_2 的大小。如果导轨的直线度误差 Δ_1 为零,即反光镜的平面与物镜的光轴垂直,那么返回到分划板的十字像即重合,测得的误差 Δ_2 也就为零。

光学平直仪测微手轮的刻度值有两种。一种以角度值($''$)表示,即测微手轮的一圈是60格,每格刻度值为 $1''$ 。另一种从线值表示,即测微手轮的一圈是100格,每格刻度值为 $0.005\text{mm}/1000\text{mm}$ 。

光学平直仪是一种精密光学测角仪器,通过转动目镜,可同时测出工件水平方向和与水平垂直的方向的直线性,还可测出滑板运动的直线性。用标准角度块进行比较,还可以测量角度。光学平直仪可以应用于对较大尺寸、高精度工件和机床导轨的测量和调整,尤其适用于各种导轨的测量,具有测量精度高、操作简便的优点。



4. 测微准直望远镜 测微准直望远镜是根据光学的自准直原理制造的测量仪器, 主要用来提供一条测量用的光学基准线。图 1-6 所示为凹透镜调焦测微准直望远镜的光学系统, 物镜 1 固定在镜管上, 调焦透镜 2 可移动, 设置于物镜 1 的后面, 5 为保护玻璃, 平行平板玻璃 6 和 7 组成测微通过调焦透镜的作用,

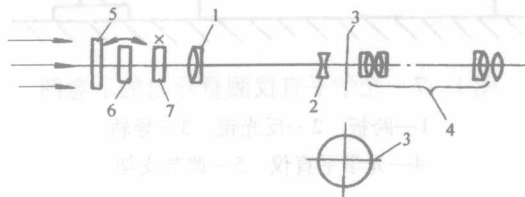


图 1-6 测微准直望远镜工作原理图

1—物镜 2—调焦透镜 3—十字线平衡 4—透镜

5—保护玻璃 6、7—平行平板玻璃

可使物镜前的目标聚焦在十字线平板 3 上, 形成倒立的像。通过后面的四个透镜 4, 用来使十字线平板上的倒立像形成正像, 透镜中的第四个透镜将正像放大。

国产 GJ101 型测微准直望远镜的示值读数每格为 0.02mm。测微准直望远镜的光轴与外镜管口间轴线的同轴度误差不大于 0.005mm, 平行度误差不大于 3"。这样, 以外镜管为基准安装定位时, 即严格确定了光轴位置, 也即确定了基准线位置。

建立测量基准线的基本方法, 是依靠光学量仪提供一条光学视线; 同时合理选择靶标, 并将靶标中心与量仪光学视线中心周至重合, 此时在量仪和靶标之间, 建立起一条测量基准线。装配中可将测量对象旋转, 在量仪与靶标之间进行测量和校正。

5. 自准直光学量仪的使用调整方法, 以光学平直仪测量导轨直线度误差为例介绍其使用调整方法。图 1-7 为光学平直仪测量导轨的示意图。

将反光镜 2 放在导轨 3 一端的跨板 1 上 (跨板必须与导轨配刮研), 在导轨另一端外放一个升降可调的调节支架 5, 在其上固定着光学平直仪 4。移动反光镜跨板, 使其接近光学平直仪。左、右摆动反光镜, 同时观察目镜, 直至反射回来的亮“十字像”位于视场中心为止。然后再将反光镜跨板移至原来的端点, 再观察“十字像”是否仍在视场中, 否则需重新调整光学平直仪和反光镜 (可用薄纸片垫塞), 使其达到上述要求。调整好以后, 光学平直仪就不许移动。此时将反光镜用橡皮泥固定在跨板上, 然后将反光镜及跨板一起移至导轨的起始测量位置, 转动手轮, 使目镜中指出的黑线在亮“十字像”中间, 记录下微动手轮刻板上的读数值。然后, 每隔 200mm 移动反光镜跨板一次, 记下读数值, 直至测量完导轨全长。根据记下的读数值, 可采用作图或计算的方法就能求出导轨

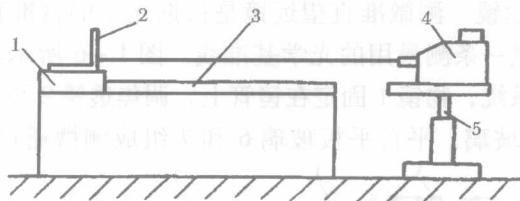


图 1-7 光学平直仪测量导轨的示意图

1—跨板 2—反光镜 3—导轨

4—光学平直仪 5—调节支架

的直线度误差。

图 1-8 为目镜观察视场图。其中, 图 *a*、*b* 为测量导轨在垂直平面内的直线度误差情况, 图 *c*、*d* 为测量导轨在水平平面内的直线度误差情况。测量导轨在水平平面内的直线度误差时需将目镜旋转 90°。图 *a*、*c* 为“十字像”重合情况, 表示在此段 200mm 长度内导轨没有误差, 图 *b*、*d* 为“十字像”不重合情况, 距离一个 Δ_2 , 表示在此段 200mm 长度内导轨有误差。

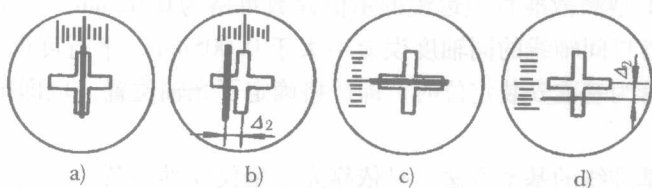


图 1-8 目镜观察视场图

6. 经纬仪的结构和工作原理 经纬仪的光学原理与测微准直望远镜没有本质的区别。它的特点是具有竖轴和横轴, 可使瞄准望远镜管在水平方向做 360° 的方向转动, 也可在垂直面内做大角度的俯仰。其水平面和垂直面的转角大小可分别由水平度盘和垂直度盘示出, 并由测微尺细分, 测角精度为 2"。

经纬仪在机床精度检查中是一种高精度的测量仪器, 主要用于坐标镗床的水平转台, 万能转台以及精密滚齿机和齿轮磨床的分度精度的测量, 常与自准直光学量仪组成光学系统来使用。

三、激光干涉仪

由于激光具有良好的方向性、单色性和能量集中、相干性强等优点, 因而用激光作光源, 以激光稳定的波长作基准, 利用光波干涉计数原理对大尺寸进行精密测量, 已经得到了广泛的应用。

1. 单频激光干涉仪 单频激光干涉仪的测量原理, 为干涉计数法, 即将同



一激光器发出的激光光波经分光镜分成两束频率相同的参考光波和测量光波，这两束相干光波分别被固定的参考镜和同一工作台上的测量镜反射，两束光波在分光面重新会合而产生干涉，测量镜随工作台每移动一个半波长，干涉场的信号变化一个周期，相应的被测长度，对应于一定的信号变化次数，通过光电转换和电路处理，求得相应被测长度值。因此，被测长度 L 是以干涉条纹的数目 K 来计量的，即： $1 = K\lambda/2$ ，这是光波干涉测长的基本公式。此公式可以用光波的多普勒效应来解释。

当光波接收装置相对光源作相对运动时，单位时间内接收装置所接收的光波数（即频率 f ）与光源实际发出的光波数量（即频率 f_0 ）随着光源与光波接收装置之间相对速度 v 的不同而改变，这种现象称为光波的多普勒效应。多普勒效应是声、光、电中普遍存在的现象。

设光源固定不动，接收装置以速度 v 趋向于光源，即接收装置迎着光波的传播方向移动，则相当于光波以 $(c+v)$ 的速度射向接收装置， c 为光波的传播速度。因此，单位时间内到达接收装置的光波数（即频率 f ）为

$$f = (c+v) / \lambda = (c+v) / (cT)$$

因为

$$f_0 = 1/T$$

则

$$f = f_0 (1 + v/c) \quad (1-1)$$

式 (1-1) 说明，接收装置接收到的光波频率等于光源发出的光波频率的 $(1 + v/c)$ 倍。当接收装置以目标的速度远离光源时，运动速度 v 规定为负值，式 (1-1) 仍然成立。

如图 1-9 所示，激光束被分光镜分成两路后，一路从固定不动的参考镜返回，另一路从可动的测量镜返回。当测量镜以速度 v 移动时（不一定是恒速），光波接收装置收到由测量镜返回的光束，由于多普勒效应，其光波频率将发生变化，即

$$f = f_0 + \Delta f = f_0 (1 + 2v/c) \text{ 所以}$$

$$\Delta f = f - f_0 = (2v/c) f_0 \quad (1-2)$$

因为激光波长 $\lambda = c/f$ ，代入式 (1-2) 得

$$\Delta f = 2v/\lambda \quad (1-3)$$

频率为 f_0 的参考信号与频率为 $(f_0 + \Delta f)$ 的测量信号叠加后，发生“拍”的现象（即光波干涉）， Δf 就是它的拍频（即单位时间内的干涉次数）。当测量镜静止不动时，拍频为零，干涉场上光强无变化；反之则有亮暗的起伏。设在时间 t 内干涉场上发光强度亮暗变化的次数为 R ，则