汽车维修手册丛书

汽车检测工手册

● 安相璧　马麟丽 主　编
● 马　效　郁一坤 副主编

電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

汽车维修手册丛书

汽车检测工手册

安相璧　马麟丽　主　编
马　效　郁一坤　副主编

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京 · BEIJING

内 容 提 要

本手册系统地介绍了汽车检测的基础知识、汽车的构造与性能、汽车检测技术、检测设备应用与检定、检测站自动控制系统、检测站管理以及汽车检测标准。

本书适用于汽车检测工，同时也可作为汽车维修工、汽车维修技术人员以及有关大专院校师生的参考资料。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

汽车检测工手册/安相璧，马麟丽主编. —北京：电子工业出版社，2005.5
(汽车维修手册丛书)
ISBN 7-121-01169-7

Ⅰ.汽… Ⅱ.①安…②马… Ⅲ.汽车-故障检测-技术手册 Ⅳ.U472.9-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 042785 号

责任编辑：夏平飞 祁 玮
印 刷：北京市顺义兴华印刷厂
出版发行：电子工业出版社
北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036
经 销：各地新华书店
开 本：787×980 1/16 印张：32.5 字数：729 千字
印 次：2005 年 5 月第 1 次印刷
印 数：4 000 册 定价：50.00 元

凡购买电子工业出版社的图书，如有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系。联系电话：(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前　言

随着汽车数量的增加，汽车在国民经济和家庭生活中的作用也越来越大，对其正确的维护和修理就显得十分重要。

为了满足汽车修理行业的迫切需要，培养具有专业知识和检测技能的新一代汽车检测工，以便掌握汽车检测专业知识，更好地适应汽车检测工作，作者根据多年的教学和实践经验，参考了大量的相关资料，编写了本手册。

本手册的特点是内容新，实用性强。将目前已经实用化的新结构、新设备、新技术尽量写到了手册中，以便与飞速发展的汽车技术相适应。

本手册主要对象是汽车检测工，同时也可以作为汽车爱好者或高等学校的教学参考资料。

本手册由安相璧、马麟丽主编，马效、郁一坤任副主编，参加编写的还有赵传利、齐志鹏、张建基、刘建军、但佳璧、陈成法、夏均忠、付敬业、印艺生、李博龙、资新运、刘瑞林、宋兰庭、姜大海、李向雷、刘伍权、邓成林等。本书由杨生辉主审。

由于时间仓促，加之水平有限，书中错漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

作　者

目　录

第一章　检测基础 …… 1
第一节　光学基础 …… 1
第二节　声学基础 …… 9
第三节　仪器仪表常识 …… 22
第四节　测量技术基础 …… 26
第二章　汽车构造与性能 …… 41
第一节　汽车概述 …… 41
第二节　发动机构造 …… 49
第三节　汽车底盘构造 …… 63
第四节　汽车电气设备 …… 73
第五节　发动机性能 …… 76
第六节　汽车性能 …… 78
第三章　检测概述 …… 88
第一节　检测站的类型 …… 88
第二节　检测站的任务 …… 88
第四章　发动机技术状况检测 …… 95
第一节　发动机性能要求 …… 95
第二节　单缸动力性检测 …… 97
第三节　无负荷测功 …… 98
第四节　点火系统波形分析 …… 100
第五节　点火提前角的检测 …… 109
第六节　汽油泵的检测 …… 113
第七节　化油器的检测 …… 113
第八节　电喷发动机供油系检测 …… 114
第九节　柴油机供油系检测 …… 115
第十节　气缸压缩压力检测 …… 122
第十一节　气缸漏气量(率)检测 …… 127
第十二节　曲轴箱窜气量检测 …… 130
第十三节　润滑油品质检测 …… 133
第五章　底盘技术状况检测 …… 145
第一节　传动系技术状况检测 …… 145
第二节　转向系技术状况检测 …… 149
第三节　行驶系技术状况检测 …… 177
第六章　整车性能检测 …… 203
第一节　汽车驱动轮输出功率限值 …… 203
第二节　汽车动力性评价指标 …… 204
第三节　整车动力性国标要求 …… 208
第四节　底盘测功机 …… 209
第五节　底盘测功机检测整车动力性 …… 212
第六节　道路试验的一般条件 …… 217
第七节　路试检测汽车动力性 …… 219
第八节　汽车燃料消耗量检测 …… 226
第九节　制动性检测 …… 236
第十节　滑行性能检测 …… 252
第十一节　排放污染物检测 …… 253
第十二节　汽车噪声检测 …… 279
第十三节　汽车车速表检测 …… 285
第十四节　汽车前照灯检测 …… 289
第七章　检测设备应用 …… 294
第一节　FZ-100 滚筒反力式汽车制动检验台 …… 294
第二节　HPZS 平板制动试验台 …… 301
第三节　汽车前照灯检测仪 …… 309
第四节　汽车排气污染物测量仪 …… 319
第五节　烟度计 …… 326
第六节　汽车底盘测功机 …… 335
第七节　汽车发动机分析仪 …… 355
第八节　发动机台架测试设备 …… 372
第八章　检测设备的检定 …… 390
第一节　检测设备检定常用术语 …… 390
第二节　滚筒反力式制动试验台检定 …… 391
第三节　轴(轮)重仪检定规程 …… 400
第四节　对称性前照灯检测仪检定 …… 405
第五节　滑板式汽车侧滑试验台检定 …… 411
第六节　滚筒式车速表试验台检定 …… 416
第七节　汽油车排气分析仪检定 …… 421
第八节　滤纸式烟度计检定 …… 426
第九节　平板制动试验台检定 …… 430

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

第十节　车轮动平衡机检定 …… 435
第十一节　汽车底盘测功机检定 …… 439
第十二节　汽车制动踏板力计检定 …… 445
第十三节　汽车发动机检测仪检定 …… 446
第十四节　汽车发动机曲轴箱窜气量测量仪检定 …… 452
第十五节　汽车转向盘转向力—转向角检测仪检定 …… 454
第十六节　四活塞联动式油耗仪检定规程 …… 457
第十七节　摩托车轮偏检测仪检定 …… 461
第十八节　声级计检定规程 …… 465
第九章　检测站自动控制系统 …… 475
第一节　基础知识 …… 475
第二节　计算机控制系统技术规范 …… 484
第十章　检测站管理 …… 494
第一节　检测站类型与任务 …… 494
第二节　检测站认证 …… 496
第三节　检测站的建立 …… 501
第四节　检测质量管理 …… 504
第五节　检测站行政处罚规定 …… 508
第十一章　汽车检测标准 …… 510
第一节　标准及其分类 …… 510
第二节　汽车检测相关标准 …… 512
参考文献 …… 514

第一章　检测基础

第一节　光学基础

一、光和光源

人类很早就开始对光进行了大量的观察和研究，并积累了丰富的知识，并使光学成为现代物理学的一个重要分支。众所周知，宇宙间的物体，有的是发光的，有的是不发光的，通常将发光的物体叫做光源。太阳、电灯、点燃的蜡烛都是光源。

光源发出的光可以使物体发热，使照片感光，还可以向一些物体（光、电元件）提供能源，例如太阳能电池就是把太阳的光能转变成电能储存在蓄电池之中的。所有这些现象均表明：光是有能量的，并且可以转换为其他形式的能。

光源在发光时也在进行着能量转换，即把其他形式的能转换为光能。例如发光的电灯就是把电能转换为光能，而燃烧着的蜡烛，则把化学能转变成了光能。

二、光的传播

光能够在其中传播的物质叫做介质或媒质，从光源发出的光，在一种介质中总是沿直线传播的，由于光在介质中是直线传播的，通常研究光的行为时，总是用一条表示光传播方向的直线来表示这束光。

根据光沿直线传播这一特性，如果知道一个发光体S射出的两条光线，只要将这两条光线反向延长，就可以找出发光体的具体位置，见图 1-1-1，这也是现代工程测量的基本原理。

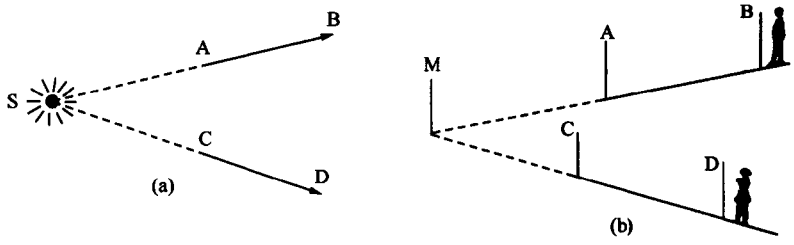
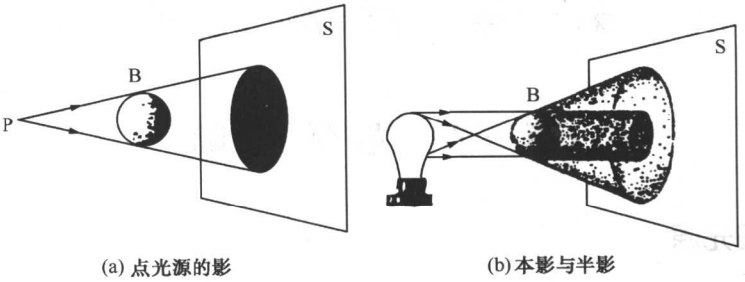


图 1-1-1　确定物体位置的方法

点光源发出的光，向四周散射，它照到不透明的物体上时，在背光面的后面就形成了

一个光线照射不到的黑暗区域，这就是物体的影。如果把物体放在点光源和一个屏幕之间，物体就会在屏幕上留下清晰的投影，见图 1-1-2。



(a) 点光源的影　　(b) 本影与半影

图 1-1-2　本影和半影

如果用一个发光面比较大的光源代替点光源，影的情形就与点光源时影的情形不同，通常把成影区不受光源影响的区域的影叫做本影，本影的周围有一个受光源发出一部分光照射的区域叫做半影，本影区的大小与光源发出的发光面有关，发光面越大，本影区就越小，现代医院做手术用的无影灯就是这方面应用的一个典范。

起初人们认为，光传播不需要时间，后来经过科学实验，发现光传播是需要时间的，在一般情况下，光在真空中的传播速度为 3 000 000km/s，由此可见，光的传播速度是很快的，它 1s 通过的距离，在数值上相当于地球赤道周长的七倍半。

光在透明物体中的传播速度比在真空中传播速度小，在水中的传播速度是真空中的传播速度的四分之三。在空气中的传播速度比在真空中的传播速度小 67km/s。由于该数值比光速本身的数值小得多，故可以近似认为，光在空气中与在真空中的传播速度是相同的。

三、光的折射与反射

光除了在空气中沿直线传播以外，它还具有反射和折射现象。当光从一种介质进入另一种介质时，就会产生两种现象：一部分光经界面的反射后又重新回到原来的介质中继续传播但是改变了原来的传播方向；一部分光则通过界面进入另一种介质中传播，不但改变了传播方向，而且也改变了传播速度。前一种现象叫做光的反射现象，后一种现象叫做光的折射现象。

光的反射和折射遵循一定的规律，参见图 1-1-3，这就是光的反射定律和折射定律。

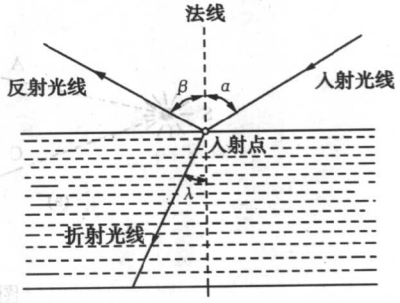


图 1-1-3　在两种媒质界面上的光现象

图中入射光线与法线之间的夹角，叫做入射角，把反射光线与法线之间的夹角 β 叫做反射角，位于入

射点且和反射平面垂直的直线叫做法线，折射光线和法线之间的夹角 λ 叫做折射角。

反射定律为：

（1）反射光线总是在入射光线和法线所决定的平面里，并且跟入射光线分居在法线两侧。

（2）反射角等于入射角。

平行光线如果射在光滑的界面上形成反射后，会沿着某一方向反射出去，并且反射光线也是平行的，它们之间遵循光的反射定律，光的这种反射称为单向反射。

平行光线如果射在粗糙的界面上形成反射后，反射出去的光线并不是平行光线，而是射在各个不同的方向，虽然每束光线在物体上某点遵循光的反射定律，但是反射后的光线并不是单向反射，这种现象叫做光的漫反射。

折射定律为：

（1）折射光线总是在入射光线和法线所决定的平面内，并且分居在法线两侧。

（2）不管入射角怎样改变，入射角的正弦跟折射角的正弦成正比，对于所给定的两种媒质来说，总是一个常数，即：

$$n = \sin\alpha / \sin\lambda$$

这就是光的折射定律。这个常数就叫做光线由第一种媒质射入第二种媒质时的折射率。此外，人们经过研究后发现在反射和折射现象中的光路是可逆的。

由于光的折射，我们把一根筷子放入水中后会发现筷子在媒质界面出现变弯现象。这就是由于光的折射现象造成的。

四、镜及其成像

镜在日常生活中用得较多，它们有平面镜、球面镜，球面镜有两种：一种是利用球面镜的里面做反射面镜面的，这种镜叫做凹面镜，汽车大灯里面的反光面就是这种镜；另一种是利用球面镜的外面做反面的，这种镜叫做凸面镜，汽车上的后视镜面就是这种镜。无论何种镜它都有一定的成像机理，经过研究，人们已经了解到了它的特点，并且广泛用于各个行业中。

1．平面镜

反射面是平面的镜叫做平面镜。它在日常生活中应用最广，人们在这种镜子中总能看到自己的影或周围其他物体的像，其成像原理见图 1-1-4。

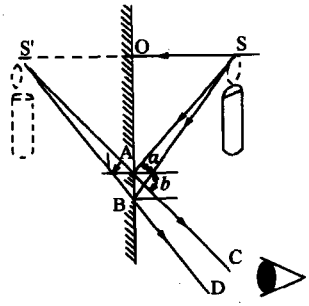


图 1-1-4　平面镜成像

图中由 S 点发出的三条光线：SO 跟镜面是垂直的，根据光的反射定律，它的入射光线跟反射光线是重合的；SA 及 SB 也可以由光的反射定律确定出它的反射光线分别为 AC 和 BD，这一束光线反射到人的眼里，看上去好像光线是从镜里面 S′点发出的光一样，S′点叫做 S 点的像，其实点 S′只是点 S 的几条反射光线反向延长后的交点，所以平面镜成的像是虚像，

像的大小和物体相等，并且和物体对称。

2．球面镜

在球面镜中，把连接球面的顶点与球心的直线叫做球面镜的主轴，参见图 1-1-5。从图中可以看出，跟主轴平行的光线射到凹面镜上时，经镜面折射后汇聚于主轴上一点，这点叫做凹面镜的焦点。跟主轴平行的光线射到凸面镜上后，光线经镜面折射后向四面发散，若把每条折射光线反向延长，它将汇聚于镜面后方的一点，看起来好像光线是从这一点发出的一样，这点也在主轴上，这个点叫做凸镜的虚焦点。

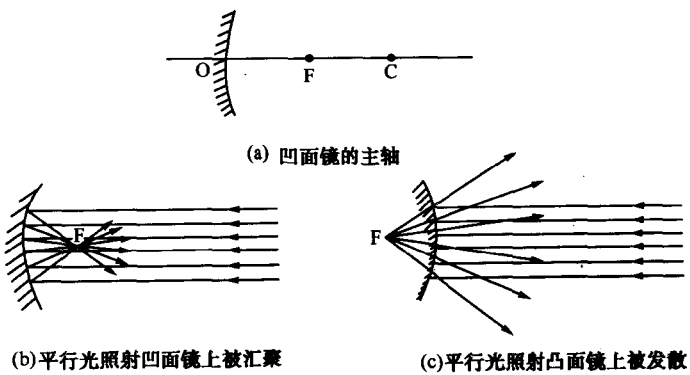


图 1-1-5　球面镜

跟平面镜相似，物体放在凹面镜前也能成像，参见图 1-1-6。

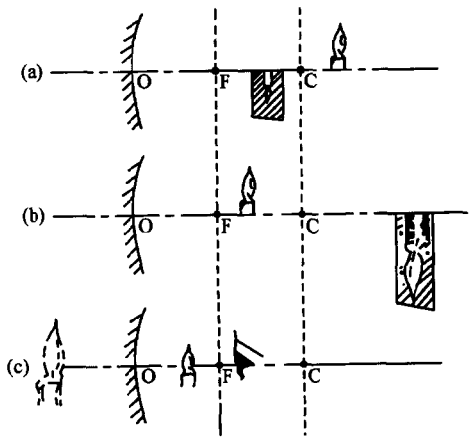


图 1-1-6　凹面镜成像

图中 1-1-6（a）是在镜面的同侧两倍焦点以外的光轴上放一支点燃的蜡烛，在物体和镜面之间放一个光屏，并移动它的位置，就可以在光屏上看到有一个缩小的蜡烛的倒像出

现；如果把蜡烛沿光轴向焦点位置靠近，若要使像成在光屏上，就必须把光屏向后移动，这时成的像是一个倒立的放大的实像，见图 1-1-6（b）；如果继续把蜡烛移动到球心以内，则无论把光屏移到任何位置，都找不到它所成的实像，只有用眼睛看着凹面镜时可以在镜面里看到一个放大的、正立的虚像，见图 1-1-6（c）。

凹面镜成像特点可以总结如下。

物体放在凹面镜焦点以外的地方，成的像是倒立的实像，物体放在凹面镜焦点以内的地方，成的像是正立的虚像，虚像总在镜面的另一侧，而实像总是同镜面处在同一侧。

物体放在凹面镜焦点以外、球心以内的时候，成的像是放大的实像，物体放在凹面镜球心以外的地方，成的像是缩小的实像。

同上述方法一样，用一支点燃的蜡烛，放在凸面镜的面前，无论如何移动光屏，在它上面均找不到蜡烛的像，只能从凸面镜里面看到一个正立的缩小的虚像。这就是凸面镜成像的特点，见图 1-1-7。

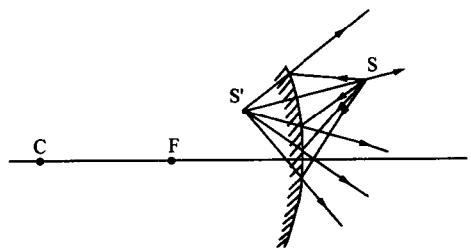


图 1-1-7　凸面镜成像

球面镜成像在汽车上的应用有：汽车大灯就是利用在凹面镜的焦点处放置一个光源，灯发出的光线经反射后会形成一束平行光射出去的原理将发散光变成平行光源的。另外，汽车上的后视镜就是采用了这种凸面镜成虚像比物体小，视野比平面镜开阔的特点，可以让驾驶员更清晰地看到车辆的前、后及车内的情况，以增大驾驶员的视野，提高行车的安全性。

3. 反射镜

汽车灯反射镜的作用是尽可能多地反射来自前照灯灯泡的光，达到尽可能大的范围，并影响光在道路上的分布以满足法规要求，另外还要满足一些前照灯整体的设计要求。

过去抛物面广泛用于反射镜，而上述要求在一些情况下是相互矛盾的，只有今天采用的阶式反射镜、自由形成区或新前照灯设计才能满足要求。

一般来说，孔口面积越大，前照灯照的范围越大。此外，反射镜达到的立体角越大，照明效率越高。

4. 滤色镜

汽车灯必须按照其功能（如转向信号灯、驻车灯），在颜色协调方面满足精确的规范。利用滤色镜即能满足，因为滤色镜可以减弱可见光谱中某些部分的光。

五、光度学简介

1. 光度学

光度学是从能量的观点，来研究光的发射、传播和照射等现象的，在工厂和日常生活中，照明和采光都是人们比较关注的问题，这都要涉及光度学方面的知识。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

2. 发光强度

我们知道，不同的光源，发出光的强弱不同。即使同一个光源，沿着不同的方向，它的发光强弱也是不同的，发光强度就是表示光源发光强弱程度的物理量。

光源发光的强度的单位是用烛光表示的，国际照明委员会把一盏特殊构造的电灯，在规定电压下向着一定的方向的发光强度规定为 1 烛光，如图 1-1-8 所示，竖直的细灯丝，在规定电压下，沿箭头所指的方向的发光强度是 1 烛光。

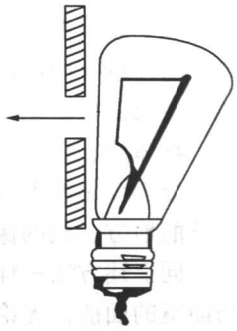


图 1-1-8　发光强度的规定

3. 光通量

光源发光时，总要消耗其他形式的能，所以光源也是一种把其他形式的能转换为光能的装置。光源发出的光，不断地向四周散射，设光源在 t 时间内，总共射出的光能是 A，则把辐射出来的光能跟辐射所经历的时间之比叫做光源的光通量。

如果在 t 时间内通过物体某一面积的光能是 A，把通过这一面积的光能与照射时间之比叫做通过这一面积的光通量（用 F 表示）。

$$F=\frac{A}{t}$$

光通量的单位是流明。

流明是这样规定的：首先以空间一点为球心，以 r 为半径做一个球体，再以球心为顶，以球面的一部分 S 为底截下来一个圆锥体，参见图 1-1-9，这个圆锥体内的空间叫做立体角 ω，如果截取的面积正好是球半径的平方倍，则这部分球面所对应的立体角就规定为一个单位的立体角，因为球的面积为 $4\pi r^2$，所以整个球面所包围的立体角总等于 4π 个单位立体角。

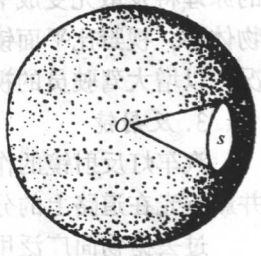


图 1-1-9　流明的规定方法

1 烛光的点光源，在单位立体角内所发射的光通量就叫做 1 流明（lm）。发光强度是 1 烛光的光源，它所发出的总光通量是 π 流明。如果光源的发光强度是 1 烛光，那么这个光源所发出的总的光通量是：

$$F=4\pi$$

4. 照度

在日常生活中，我们能不能看清楚一个物体或能不能辨别物体上极细微的部分，这都与物体表面被照射的程度有关，为了表明物体被照明的程度常用照度来衡量。

物体被照明的程度，显然与照射到物体表面上的光通量有关，如果物体的表面积一定，照射在表面上的光通量不同，这个物体的照明程度就不一样；如果相同的光通量，照在表面积大小不一样的物体上时，那么这两个物体的照明程度也不一样。

把物体表面上所得到的光通量跟这个被照射面积之比，叫做这个表面的照度。如果用 F 表示物体表面所得到的光通量，S 表示被照射的面积，E 表示这个表面的照度，则

$$E = F/S$$

这个定义反映了实际情况，当物体表面积一定时，表面得到的光通量越多，表面的照度就越大；如果表面得到的光通量是一定的，在均匀照射情况下，被照射面积越大，则照度就越小。

照度的单位是勒克斯（lx）。被均匀照射的物体，$1m^2$面积上所得到的光通量是1lm时，它的照度就是1lx。

在工作和学习的时候，保持合适的照度，对提高学习和工作效率是十分有用的，有时候为了充分利用光源，常在光源上加上一个反射装置，使得某些方面能得到更多的光通量，以增加这一方面被照射面积上的照度，例如探照灯、汽车大灯、手电筒、工作台灯等都是这方面的例子。物体表面被照明的程度，跟哪些因素有关？它与光源的关系怎样？人们能通过实践得出以下结论。

在点光源垂直照射的情况下，被照面上的照度，跟光源的发光强度成正比，跟光源到被照面的距离平方成反比，这称之为照度第一定律。

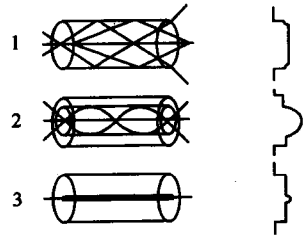
在平行光线照射的情况下，被照面上的照度跟光线的入射角余弦成正比，即：$E = E_0\cos\theta$，这称之为照度第二定律。

太阳光投射到地球表面上，使地球有一定的照度，随着季节、地区和时间的不同，也就是说地球和太阳的位置不同，导致光线的入射角的不同，相应的照度也不同。在春分或秋分的正午，太阳正好垂直照射在赤道地区上，这时候，太阳并不是垂直照射在其他地区，所以这时候赤道上的照度比其他地区的照度要大。

六、光导纤维

1. 结构

光导纤维传输紫外线（UV）、可见光和红外线（IR）频谱范围的电磁波。它们是用石英、玻璃或聚合物制造的，通常呈有心的纤维状态，心部的折射率高于包层的折射率。因此，进入心部区域的入射光由于折射或反射被保留在该区域内。根据折射率的剖面，光导纤维可分为三种类型，如图1-1-10所示。



(a) 纤维图　　(b) 折射率剖面

图1-1-10　光导纤维的类型

1-阶跃折射率纤维；2-变折射率纤维；3-单模态纤维

（1）阶跃折射率光导纤维，在心部和包层之间有明显的界限。

（2）变折射率光导纤维，在心部区域折射率曲线为抛物线。

（3）单模态光导纤维，具有很小的心径。

阶跃折射率和变折射率纤维为多模态纤维，光波可在其中以不同的轨道传播，通常与纤维轴线成斜角。单模态纤维，传播只能用基本模态。聚合物纤维都是阶跃折射率纤维。

2. 特性

光导纤维只能吸收限于从角度范围 θ 来的光。数值孔径 $NA = \sin(\theta/2)$ 作为这个范围的计算基础，见表 1-1-1。

表 1-1-1 光导纤维的特性（光波导管）

纤维类型		直径/μm		波长/nm	NA	衰减（dB/km）	带宽（MHz·km）
		心	包层				
阶跃折射率纤维	石英玻璃	50～1 000	70～1 000	250～1 550	0.2～0.87	5～10	10
	聚合物	200～（>1 000）	250～2 000	450～850	0.2～0.6	100～500	<10
变折射率纤维		50～150	100～500	450～1 550	0.2～0.3	3～5	200～1 000
单模态纤维		3～10	100～500	805～1 550	0.12～0.21	0.3～1	2 500～15 000

在 UV 范围内传导性受雷利散射限制，而 IR 范围内受分子吸收限制。玻璃光导纤维在 UV 到 IR 范围有高透明度。在波长为 0.85μm、1.3μm 和 1.55μm 时，阻光度特别低。合成纤维吸收 0.85μm 以上和 0.45μm 以下的光波。

由于不同形式的散射和传播时间的差别引起的光脉冲加宽随纤维长度加长而增加，从而限制了带宽。

光导纤维可用于－40～135℃的温度范围，特殊型可用于高达 800℃的范围。

3. 应用范围

主要应用范围是数据传输。合成纤维适用于 LAN（本地网）方面。变折射率纤维最适用于中间范围。只有单模态纤维用于远程数据传输。

光导纤维在传感器技术领域日益重要。光导纤维传感器既不产生散射场，也不产生火花，而且本身对这类干扰也不敏感。它们通常主要用于有可能产生爆炸的场合以及医疗和军事方面。

在用激光束的材料加工、显微外科和照明工程方面，能的传输是头等重要的。

七、全息摄影

传统的影像记录（摄影、摄像机）是将三维影像变成二维显示。在储存影像时，影像中包含的立体信息丢失了。当观看图像时，立体感是从错觉得到的。

用全息摄影，三维信息可以储存并再现。为了记录信息，需要相干光波列。

在全息摄影时，分光器将激光束分成物像光束和参考光束。得到的物像波和参考波在记录介质（全息摄影底板）上形成干涉图像。该图像作为衍射光栅储存在底板上。

激光器的扩展光束照在全息底板上并重建全息图。全息图的衍射光栅使激光波变形，从而使观者得到这样的感觉，

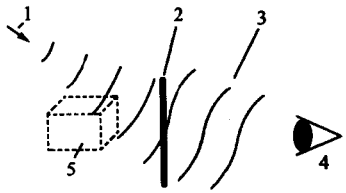


图 1-1-11 全息摄影的再现
1-重建波；2-全息图；
3-变形波；4-观察者；5-虚像

即全息摄影拍摄的物体呈现在全息底板的后面，如图 1-1-11 所示。

应用举例：

——记录瞬时光程偏差；

——用全息的干涉测量法测量远低于光波长的变形和振动幅值；

——精密制造的全息测量和试验（如燃油喷射部件）；

——生产防伪造的文件；

——全息元件用于示例。

八、液晶显示器

液晶显示器（LCD）是一种被动显示元件，产生的对比差别要靠外来的光照才能看见。用得最广的液晶显示器是扭绞的向列管，即 TN 管，其工作原理如图 1-1-12 所示。

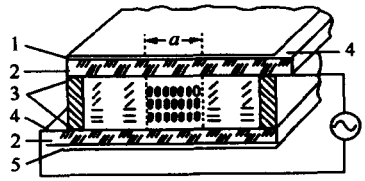


图 1-1-12　液晶显示器的工作原理
1-偏振器；2-玻璃；
3-定位及绝缘层；4-电极；
5-偏振器（及反射器）；a-片段区

液晶物质处于两个玻璃板之间。这些玻璃板显示部分的面积上覆盖透明的导电层，电场可加在它们之间。附加的定向层能使通过 TN 管的光偏振平面转动 90°。当彼此成直角作用的偏振器加在两个外表面上，TN 管开始是透明的。在两个相反电极的区域，液晶分子按施加电压形成的电场方向排列。此时，偏振平面的转动受到抑制，显示面积变成不透明。

九、发光二极管

发光二极管（LED）是主动显示元件（自身发光）。它包含具有 PN 结的半导体元件。在正向运行中载流子（自由电子和空穴）再结合。当采用某种半导体材料时，其结果是释放的能量转变成电磁辐射能。

常用的半导体材料是：砷化镓（红外线）、砷磷化镓（红到黄）和磷化镓（绿）。

第二节　声学基础

声音在人类生活中有着重要的作用，语言是由不同的声音组成的。依靠它，人们才可以交流思想，相互了解。声学也是物理学的一个重要分支，它主要研究声音是如何产生的，它具有什么特性及它是怎样传播的等。

一、基础知识

1．*声*

声是在弹性介质中的机械振动和波动，尤指音频范围内（16～20 000Hz）的波动。

2. 超声

人耳能够听到声音的频率大约在20Hz到上万赫兹之间。低于20Hz和高于20 000Hz的声音，人们都是听不见的，频率低于20Hz的声波叫做低声波；频率高于20 000Hz的声波叫做超声波。

超声波是自然界中存在的现象，有些动物像蝙蝠能发出超声波。人类在对超声波的研究中取得了很大进展，相继开发出了利用超声波探测海洋深度的超声波测深仪；在工业上开发了超声波探伤仪用来检查金属内部的气孔、夹渣、裂纹等缺陷。

3. 声的产生

物体在振动时发出声音，如日常生活中的胡琴、琵琶主要是依靠弦的振动发声，笛、箫主要依靠空气柱发声，而锣、鼓则依靠皮的振动发声。通常把振动的物体叫做声源。不但固体振动能够发出声音，气体和液体也能够振动发出声音。

4. 声的传播

由源振动而发出的声音，假如没有物质帮助它们传播，我们也没有办法听到，所以在我们的听觉器官与声源之间必须有传播声音的媒质——空气。如果没有空气，声音就不会传播。这可以用处在一只玻璃罩内的钟表来验证，参见图1-2-1。当罩内的空气没有抽空时，钟表的滴答声听得比较清楚，当空气被逐渐抽出时，钟表的滴答声就逐渐减弱，当罩内的空气被完全抽出时，钟表的滴答声就减弱到几乎听不到的程度，如果再放入空气，就又可以清楚得听到钟表的滴答声。

(a) 没有空气的空间不能传播声音　　(b) 铃声在空气中的传播

图1-2-1　声的传播

当钟表发出滴答声时，它把振动传递给了与它紧挨着的空气分子，使空气分子产生振动，这些空气分子又将振动传递给紧挨着它们而相距又更远的空气分子……于是由近及远的使空气分子依次振动起来，这样就形成了由声源向外传播的声波。声波是纵波，空气分子的振动方向与波的传播方向相同。

不但空气能够传播声音，其他气体以及固体也可以传播声音。例如在桌面上放一只钟表，把耳朵贴近桌面比在空气中听来更清楚。把耳朵贴在铁轨上听火车的声音比在空气中听起来更清楚。实践证明：在不同的媒质中，声音的传播速度是不同的。即使在同一媒质中，由于温度不同，声音传播的速度也不同。表1-2-1是几种媒质在0℃时传播声音的速度。

表 1-2-2 是不同温度下干燥空气中的声速。

由上两表可以看出：水中的声速很大，大约是空气中声速的四倍半；金属中的声速比水中的声速更大。

一般来讲，温度每升高 1℃，空气中的声速约增加 0.6m/s。

表 1-2-1 几种媒质在 0℃时传播声音的速度

媒质	声音的速度（m/s）	媒质	声音的速度（m/s）
空气	332	铝	5100
水	1450	铁、钢	5000
火油	1330	金	1743
橡胶	30～50	铜	3800
酒精	1275	铅	1300
玻璃	5000～6000	松木	3320

表 1-2-2 不同温度下干燥空气中的声速

温度（℃）	声音的速度（m/s）	温度（℃）	声音的速度（m/s）
-30	313	10	338
-20	319	20	344
-10	325	30	349
0	332	100	386

二、声响的评价指标

1．*声压*

当声波在介质中运动时，使介质的压力在稳定压力附近增加或减少，这个压力的变化量，称为声压（它是声波作用在单位面积上的压力值），单位是 Pa。

正常人耳在声波频率为 1000 Hz 时，能听到最小声压为 2×10^{-5}Pa，称为听阈声压；当声压为 20Pa 时，使人耳产生疼痛，称为痛阈声压。

声压大小是表示声音强弱。声压大，则声音强（响）；声压小，则声音弱（低）。

2．*声功率 W*（W）

声功率 W 是表示声源在单位时间内所辐射的声能（声压）大小，即

$$W=P/t \quad (\mathrm{W})$$

3．*声强 I*（$\mathrm{W/m^2}$）

声强是单位时间内在与声波垂直方向单位面积上的能量，即单位面积通过的声功率。

$$I=W/S \quad (\mathrm{W/m^2})$$

式中 S——声波的作用面积（$\mathrm{m^2}$）。

痛阈声压所对应的声强为 $1\mathrm{W/m^2}$。

4．*声压级*

人的听觉器官——耳朵——具有独特的生理机能。人耳从听阈到痛阈声压的绝对值相

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com