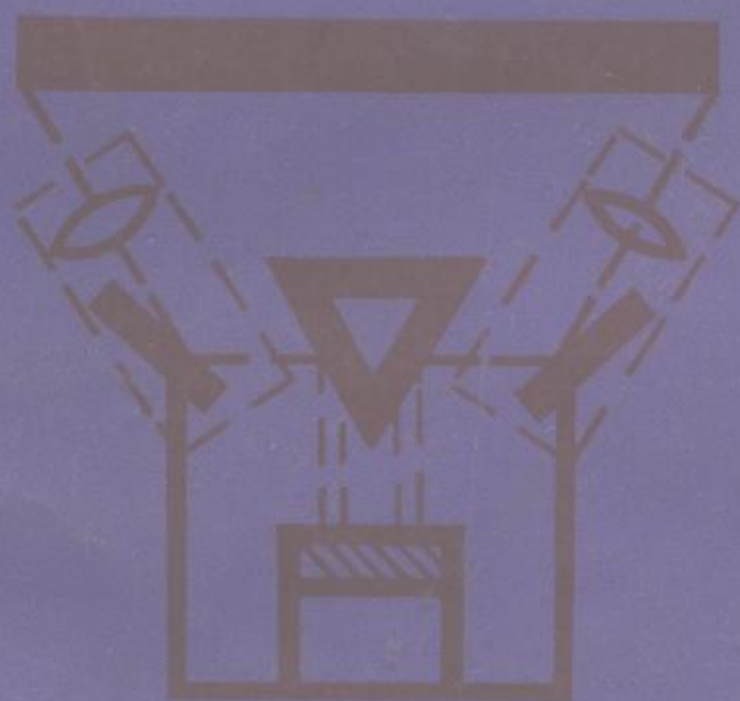


测量电视

CELIANG DIANSHI

天津市电视技术研究所 编译



国防工业出版社



测 量 电 视

天津市电视技术研究所 编译

国防工业出版社

1111651

3601/22

内 容 简 介

本书较系统地讲述了测量电视的各个方面，特别详细讲述了电视传感器及其组成，具体举例说明了各种用途的测量电视装置并给出了检测误差的计算。

本书可供工业电视领域中的工程技术人员以及国民经济各部门、国防、科研和医疗卫生等部门熟悉电视基础的工程技术人员阅读，也是对大、专院校有关专业师生有用的一本参考书。

测 量 电 视

天津市电视技术研究所 编译

责任编辑：李 端

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168 $1/32$ 印张 $7\frac{5}{8}$ 190 千字

1984年5月第一版 1984年5月第一次印刷 印数：0,001—7,200册

统一书号：15034·2631 定价：0.97元

编 译 者 序

测量电视装置，是电视技术和电子计算技术相结合而产生的一种新型自动检测装置。它是国民经济各部门、医疗卫生、科学研究以及国防军事等方面所必需的现代化检测手段。随着我国四个现代化发展的需要，测量电视定会普及推广开来。但目前有关的技术资料，尤其是系统介绍的参考书籍匮乏。为此，天津市电视技术研究所结合测量电视研究课题，组织有关技术人员编译了《测量电视》这本书，奉献给广大读者。

本书的主要部分译自苏联《СВЯЗЬ》1974年出版的В.С. Полоник所著《Телевизионные Автоматические Устройства》(电视自动装置)一书，但对其中某些章节进行了删改和补充。例如，为了适合大家习惯的称呼，把本书名称定为《测量电视》，并改写了绪言部分；按照我国电视制式重写了有关扫描发生器等章节；根据当前国外测量电视发展动向，并参考美、日、英、德等国家发表的近期文献资料，补充编写了比较先进的火焰高温计和有关图形识别的测量电视装置等内容。

本书的论述着重于基础理论的系统性，设备装置发展的历史性，设计制造的指导性以及理论与实践的统一性，全面论述了有关测量电视的各个方面。第一章简要地讲述了电视传感器的基本要求和组成；第二章和第三章分别讲述了测量电视装置所特有的图象信号和背景不均匀性的补偿和各种自动调整系统的原理和装置；从第四章到第七章较系统全面地讲述了各种测量电视装置的工作原理和应用实例；最后一章讲述有关各种电视传感器的检测误差等问题。

参加本书编译工作的有杨志维、许保庚、高宽以及陈惠芝、胡克明、刘治安、王敬培等同志。最后全书经许保庚同志审校。

鉴于编译者水平有限，本书不足与错误之处在所难免，盼读者批评指正。

目 录

绪言	1
第一章 电视传感器	7
1.1 总论	7
1.2 光学系统	8
1.2.1 概述	8
1.2.2 物镜	8
1.2.3 差分系统	11
1.2.4 分象系统	14
1.2.5 补偿物体位移的光学系统	16
1.2.6 离散图象的光学系统	18
1.3 光-电信号变换器	20
1.3.1 概述	20
1.3.2 摄像管部分	22
1.3.3 视频通道	29
1.3.4 扫描发生器	31
1.3.5 同步发生器	41
第二章 图象信号和背景的不均匀性	43
2.1 总论	43
2.2 视频信号的不均匀性	44
2.3 图象背景的不均匀性	45
2.4 图象信号和背景不均匀性的补偿方法	46
2.4.1 光学补偿法	46
2.4.2 用改善摄像管和偏转聚焦装置的补偿方法	48
2.4.3 电路补偿法	49
2.4.4 只保持图象中黑-白位差的背景补偿法	50
2.5 飞点扫描系统的补偿	51
2.5.1 概述	51
2.5.2 借助差动放大器的补偿	52
2.5.3 负反馈补偿法	55
第三章 电视传感器中的自动调整	56
3.1 总论	56

3.2 图象清晰度的自动最佳化	56
3.2.1 概述	56
3.2.2 自动光学聚焦	57
3.2.3 自动电聚焦	64
3.2.4 自动复合聚焦	66
3.2.5 自动复合聚焦系统主要参数的计算	67
3.2.6 图象的动态微调聚焦	69
3.3 摄像管工作状态的自动最佳化	69
3.3.1 概述	69
3.3.2 照度自调系统	70
3.3.3 状态自调系统	72
3.3.4 电子束电流的自动调整	77
3.3.5 超正析象管的状态自调系统和电子束电流自调系统	79
3.4 电视传感器中的自动增益控制	79
3.5 光电导管光敏层的自动热稳定	83
3.6 其他参数的自动调整	86
3.6.1 电源电压的稳定	86
3.6.2 摄像管聚焦电流的稳定	87
3.6.3 光栅自动稳定	88
3.6.4 视频脉冲前后沿中点位置的箝位	89
第四章 检测产品尺寸的测量电视装置	91
4.1 总论	91
4.2 半自动装置	94
4.2.1 概述	94
4.2.2 标尺测量法	95
4.2.3 测量物体两个边缘间整个距离的方法	95
4.2.4 测量物体两个边缘图象之间部分距离的方法	96
4.2.5 双摄像机双监视器法	96
4.2.6 双摄像机单监视器法	97
4.2.7 配置成某个角度的双摄像机法	97
4.3 利用脉冲时间原理的测量电视装置	98
4.3.1 概述	98
4.3.2 视频脉冲直流分量法	99
4.3.3 计数行数法	102
4.3.4 电信标法	102
4.3.5 脉冲宽度比较法	107
4.3.6 差分法	113
4.3.7 分象法	118

4.3.8 激光束法	121
4.3.9 扫描方向不垂直法	122
4.3.10 测量面积	123
4.4 光学离散图象的测量电视装置	126
4.4.1 概述	126
4.4.2 单象管法	126
4.4.3 光学标卡法	127
4.4.4 纤维光学法	127
4.5 利用扫描边界电流差的测量电视装置	129
4.5.1 概述	129
4.5.2 扫描变换式检测法	130
4.5.3 跟踪变换式检测法	131
4.5.4 组合变换式检测法	132
4.5.5 实际应用的测量电视装置	134
第五章 检验产品形状和断面轮廓的测量电视装置	142
5.1 总论	142
5.2 检验产品形状的测量电视装置	143
5.2.1 容差线法	143
5.2.2 模板法	145
5.2.3 样件比较法	145
5.2.4 分象法	146
5.2.5 光帘检验法	146
5.2.6 跟踪扫描法	148
5.3 检验产品断面轮廓的测量电视装置	152
5.3.1 概述	152
5.3.2 光电法	152
5.3.3 矩形断面轧件的检验方法	153
5.3.4 光点检验法	154
5.3.5 光断面法	155
5.4 检验轧件断面轮廓的测量电视装置的某些电路和 系统的光学计算	159
5.4.1 分析器的方框图	159
5.4.2 指示器电路	160
5.4.3 光点强度计算	161
5.4.4 光学器件的计算	163
第六章 对视场中的物体进行计数的测量电视装置	165
6.1 总论	165

6.2 统计计数法	167
6.3 逐个估算法	169
第七章 其他用途的测量电视装置	179
7.1 总论	179
7.2 检测物体上可见变化的测量电视装置	179
7.2.1 得到差异信号的方法	179
7.2.2 检测物体变化的方法	181
7.3 测量物体移动速度的测量电视装置	183
7.3.1 概述	183
7.3.2 测量平均速度	183
7.3.3 测量瞬间速度	184
7.3.4 测量无限长物体的速度	184
7.4 测量火焰高温的测量电视装置	185
7.4.1 概述	185
7.4.2 火焰高温计	185
7.5 识别图形的测量电视装置	188
7.5.1 概述	188
7.5.2 按形状分类产品	190
7.5.3 白细胞分类	193
7.5.4 在肿瘤细胞诊断中的应用	198
7.5.5 晶体管自动组装系统	202
7.6 其他用途的测量电视装置	207
7.6.1 检验曲面	207
7.6.2 角度测量	207
7.6.3 活套长度的检测	208
7.6.4 对接焊管时跟踪引导焊枪	208
7.6.5 检验耐火砖的粒度成分	209
7.6.6 检验轴承球面质量	210
7.6.7 补偿由于光在大气中的折射而引起的天体图象的位移	210
7.6.8 自动检查原子核在感光乳胶中的径迹	211
第八章 电视传感器的误差	213
8.1 总论	213
8.2 由检测方法的机械特性所引起的误差	213
8.2.1 概述	213
8.2.2 单观测器法的误差	213
8.2.3 双观测器法的误差	214

8.2.4	两种方法固有的误差	216
8.2.5	由于被测物体是球面而引起的误差	217
8.2.6	由于被测物体移动而引起的误差	218
8.3	与采用电视技术有关的基本误差	219
8.3.1	概述	219
8.3.2	由于摄像管的结构及摄像管与物镜光轴的相对位置 发生变化而引起的误差	219
8.3.3	由于摄像管电子束扫描的非线性而产生的误差	221
8.3.4	由于光栅尺寸变化及其几何畸变而引起的误差	223
8.3.5	由于视频信号前、后沿伸展而引起的误差	224
8.3.6	由起伏噪声所引起的误差	226
8.3.7	由于脉冲计数不准确而产生的误差	227
8.4	自动计数物体时所产生的误差	229
参考文献		23

绪 言

测量电视装置，是一种新的检测手段，在各种生产过程中可用来迅速、精确、自动地检验产品，此外在科学研究和医疗卫生中也是一种不可缺少的技术装置。

测量电视装置是六十年代初在电视技术和电子计算技术基础上发展起来的，它综合了两者的主要优点：无接触、迅速和高度精确。

尽管它的历史不长，但目前已成功地用于冶金、机器制造、电力、电子、交通运输、生物、医学、天文和其他许多工业、交通和科研部门，为这些部门的自动化作出了贡献。

前几年，国外曾就国民经济各部门对测量电视的需求情况进行过分析并得出如下的结论（图0.1）：冶金和机器制造工业部门特别需要测量电视装置。这是因为在冶金工业部门，对金属进行高温和高速加工过程中，必须快速、精确地检验产品的线性尺寸和断面轮廓，而在机器制造工业部门中，也时常需要对产品的尺寸和形状进行快速和高精度的检验。

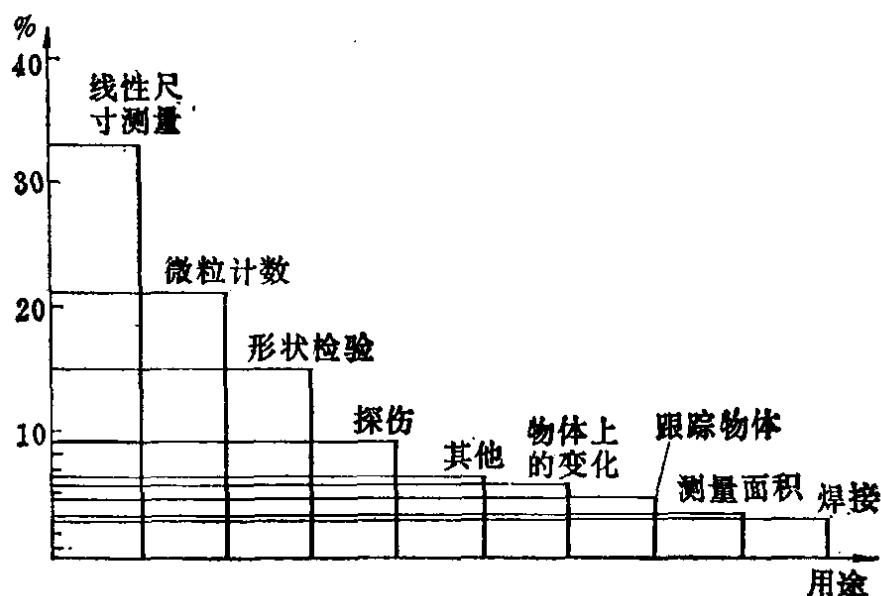


图0.1 国民经济各部门对测量电视装置的需求情况

1111651

在许多工业和科学研究部门中，常常需要对显微镜视场内的微粒进行自动计数，并求出不同尺寸微粒的分布情况，还需要跟踪物体、观测物体上的可见变化和识别图形等，因此需要各种用途的测量电视装置。今后，随着测量电视装置的不断发展，测量电视装置将在大部分视觉检验性工作中，逐渐代替人进行工作，从而实现检验工作自动化。另外，由于人的视觉检验速度仅为每秒几十个二进制单位，所以不易提高效率，也难于避免事故。检测发电站水表玻璃管的水位就是这种情况的一个例子。

测量电视装置与一般光电测量装置比较，它除了具有光电装置的所有优点外，还有下列一些明显的优点。

1. 它不是对被检测物体总合的总光通量起反应，而是对视场内的光通量随时间和空间的静态及动态的分布情况起反应，因而消除了光电装置本身所固有的高灵敏度与广视场之间的不相容性；

2. 测量电视装置的信息处理速度比分解力相当高的机械扫描式光电装置高得多，从而使测量精度与被测物体的运动速度无关；

3. 工作情况与被测物体上的照度变化无关；

4. 可同时检测几个物体；

5. 可远距离直观监视和测量物体。

测量电视装置，按其功能可分成六种类型：

1. 用于测量线性尺寸和面积等的测量电视装置。例如，在冶金工业部门中用来测量轧制中的金属板的宽度；在剪裁衣服和鞋面时用来测量所用织物的面积；求复杂形状的板状金属构件的重量；求木料的体积等。

2. 用于检验形状的测量电视装置。例如检验螺钉的平均直径、齿轮的齿形和检验轧件的断面轮廓。

3. 用于对微粒进行计数的测量电视装置。这种测量电视装置可同时对尺寸相差悬殊、形状不一的物体进行自动计数，并给出按物体大小的分布规律。有的还可测量任意给定的某一个物体

的面积。这在水泥、陶瓷、粉末冶金和其他一些工业部门中都很需要。在医学和生物学等研究中，还可利用这种装置根据尺寸不同来确定微生物成分。

4. 能自动跟踪物体的测量电视装置。这类测量电视装置能跟踪天体的运动，跟踪零件在传送带上的移动。

5. 用来检测物体上可见变化的测量电视装置。属于这一类测量电视装置的是检测零件在传送带上的位置和警戒电视装置等。

6. 能识别图形的测量电视装置。这是一种很有发展前途的测量电视装置，在生产和科研自动化中，它将起越来越大的作用。以它为基础，可研制出“具有人工视觉智能的机器人”，它为“自学电视装置”的应用开辟了一条新的途径。

识别图形的测量电视装置，是把被检测物体的特征与存贮在其记忆装置中的标准样件的特征进行核对、比较来识别物体的。而“自学电视装置”与识别图形的电视装置不同，它能根据得到的信息进行记忆和逻辑处理，以便适应新的变化了的情况。

测量电视装置除了上述六种类型外，还有一些测量物体温度及其分布、测量物体运动速度，以及能进行表面无损探伤的测量电视装置等。

测量电视装置的组成如图0.2所示。

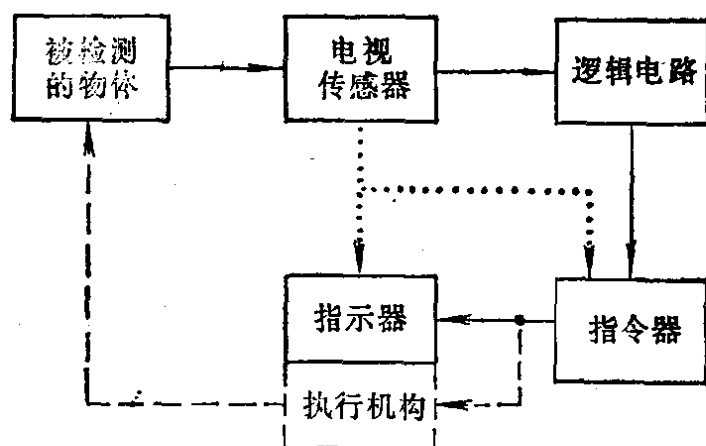


图0.2 测量电视装置的组成

任何一种测量电视装置都是由电视传感器、信息处理器和指示器组成的。

最简单的测量电视装置的组成如图中的点线所示，信息经电视传感器后，直接送给指令器甚至指示器。

为了使生产自动化，可按图中虚线所示，在测量电视装置的输出端除了接有指示器外再接一个执行机构，使它作用于被检测物体，从而构成反馈式电视自动装置。

电视传感器是测量电视装置的主要组成部分。现代电视传感器，可以用存贮式摄像管、析象管、飞点扫描管和固体摄像器件构成。由这些成象器件构成的电视传感器都有各自的优点。例如，在许多情况下，瞬间动作的析象管式电视传感器具有一些无可置疑的优点：简单、可靠、工作寿命长和在很宽的照度范围内线性特性好等。

但在多帧测量电视装置中，特别是必需在照度很差的条件下同时还要用肉眼进行检验时，就必须用光电导管——存贮式摄像管，因为它具有足够的灵敏度。

电视传感器应能工作在无人操作的条件下，并要求几何畸变小、偏转电流的线性好、光栅尺寸和中心的稳定度高、放大通道的线性度和稳定性好，以及能在很宽的照度范围内工作。只有在这种情况下，电视传感器才能给出多次重复一致的、可靠的数据。

高精度数字扫描式电视传感器颇有前途，它可按照任意给定的规律去扫描图象。此时，以采用静电偏转式摄像管为宜。

电视传感器要有很高的对比灵敏度，这是特别重要的，因为在大多数工业、医学、生物学的实际应用中，须观察对比度小的物体。提高对比灵敏度，可通过改善摄像管和光电倍增管的特性和提高放大通道的信杂比来达到。提高信杂比的另一个可靠途径，是利用参量放大器和多元孔径系统以及借助于光学机构来补偿物体的位移以增长积累时间。

但是，由于各种摄像管的光敏层存在着背景不均匀性，因而

限制了电视传感器的应用。

对物体尺寸和坐标的测量精度，取决于所采用的测量方法。利用差分法、边界电流法和光学离散图象法可以提高检测精度。在差分法中，把对物体整个长度的测量转变成只测量该物体的两个边缘的位置。采用边界电流法可以消除扫描非线性电流的影响。在光学离散图象法中，由于采用了纤维光学和固体析象器(scanner)，从而使精度提高1~2个数量级。

除了电视传感器的上述技术特性外，视频信号的逻辑处理也很重要。例如，在对视场内的物体进行计数时，采用扫描束扫过物体的简单计数方法的误差，比用相邻两行信号的逻辑比较法大4~5倍。

从电视信号中抽取被测物体的信息，是用电视信息处理设备来完成的。在一般的情况下，这个设备是用来检出信息、找出物体、确定物体参数和识别物体。

对信号处理的繁简程度也不尽相同，有的比较简单，只要用一些简单的装置就可以完成，例如用基座法测量高对比度物体长度的情况；有的则很复杂，要用电子计算机进行多次复杂的运算和分析才能完成，例如对血液中的白细胞进行自动分类的情况。

由于标准电视制式的电视信号处理设备，很难处理由2~3百万个二进制信息单位组成的大容量电视信息（当然，即使用电子计算机，也难以处理这样大容量的信息），因此现在要采用各种方法和设备来压缩信息，以减小输入电子计算机的信息量。

压缩信息是根据图象的统计特性来实现的。为此，可利用像素间、行间、帧间的统计关系和考虑邻近像素间关系的面积编码，来压缩信息。至于有关信息量小的课题，最好采用坐标法，它能最大限度地压缩信息。

对含有物体特征的图象部分，如果预先进行分析、分离后，再输入电子计算机，则可以提高电子计算机和视频信号处理设备的利用率。

预先检出信息是很有意义的。为了反衬图象，可采用预畸

变，以便突出和加重轮廓。为了提高灵敏度，也可利用空间积累，来分出点状物体和消除造成轮廓隐现的扰动。

图形识别，是测量电视装置最复杂的任务。在识别图形之前，要先选定被识别物体的特征。在最大限度地压缩信息之后，分离出单独的（点、点群）和长度大的物体，并确定其参数。在必要时，可对图象进行统计分析。在分析过程中，积累物体上那些被识别的特征。其实，识别过程就是综合研究特征，并将这些特征与预先给定的特征进行逻辑比较。所有上述这些运算都是由辅助记忆装置和电子计算机，按着给定的计算方法进行的。

总之，测量电视装置是一种新的自动检测装置，它可解决工业和科学研究中的大量问题。

第一章 电视传感器

1.1 总 论

电视传感器，是测量电视装置中最重要的组成部分。它把被检测物体的光学图象变换成含有能精确求出该物体参数所需信息的电信号（视频信号），或者变换成适于进一步处理的信号。

电视传感器与一般的电视装置不同，它的主要作用是提供以适当方式处理过的上述信号，而不是提供图象。因此，对它的基本要求是能精确地把被检测物体的参数变换成电信号，因为这是最原始的信息，以后的设备无论怎么处理，也不能恢复已失去的信息。

在设计和制造电视传感器时，首先要考虑到由于采用了电视测量法而产生的许多特有的误差因素，同时还要注意由于各种机械松动、基座因受温度影响而变形以及被测产品不可控制的位移等所引起的一系列误差。

完全消除这些误差是不可能的，但可以把它们减小到能被接受的最低限度，这是设计电视传感器的基本任务之一。

电视传感器的输出电信号，分模拟和数字两种形式。

模拟式信号的优点是在信号需要进一步处理时电路工作速度快、容易实现、使用简便，而且可以与指示或执行机构直接连接等。缺点是它的处理精度有限（ $0.1\sim 0.01\%$ ），难以按复杂的数学关系处理信号。因此，输出这种信号的电视传感器，只能用在比较简单的测量电视装置中。

数字式信号易于得到更多的信息，在必须以很高的精度、按复杂的数学关系来进一步处理信息时，它最适宜。它的缺点是必需有较复杂的编码器和解码器，以便把连续的输入量变换成数码，然后再把经过处理的数码变换成连续的物理量或指令。

电视传感器主要是由光学系统和光-电信号变换器两部分组成的。

1.2 光学系统

1.2.1 概述

电视传感器所用的光学系统是各式各样的，从一般的物镜到复杂的遥控机械装置或经编码的光导纤维。在许多情况下，正确地选择光学系统，不仅可以大大简化整个测量电视装置，同时也可提高检测精度。

1.2.2 物镜

物镜是电视传感器中最常用的光学系统，能够满足实际需要的物镜参数是：焦距 F 、相对孔径 A 、视场角 2β 、图象平面内视场对角尺寸 d 、分辨力 S 、透射系数 T 、光谱特性和图象边缘照度的不均匀性等。

应当指出，物镜的分辨力与光阑的大小有关，在相对孔径为 $1:4\sim 1:8$ 时，分辨力最高。

在选择物镜型号时，要注意如下几点：

1. 电视传感器物镜到被测物体的距离：

$$L = l \frac{F}{0.9 h}$$

式中， l ——物体在垂直于电视传感器轴线的平面内的大小；

h ——摄象管光敏层上光栅的高度。

2. 摄象管光敏层上的照度 E_p ，可用物体上的照度 E_o 来表示：

$$E_p = E_o \frac{T \sigma A^2}{4}$$

式中， σ ——物体的反射系数。某些物体的反射系数是：

白粉：	0.95	铜：	0.36
抹墙泥灰：	0.65	铅：	0.26
胶合板：	0.45	混凝土：	0.25