

光电外观自动检选技术

(内部资料·注意保存)

长春光机学院
应用光学技术研究所

1977.3

前 言

质量检查是任何产品在加工完成后的必经工序，它的内容之一便是外观检查。长期以来，对产品外观质量的检查工作一直靠人工目视进行，这种方法的效率不高，且对工人的视力有损害。随着我国工农业的飞跃发展，继续使用目视方法检验产品已不能适应现代大批和自动化生产的需要。目前，国内外正在研究并利用光电外观自动检测技术进行产品疵病的检验工作。

利用光电法自动检验产品外观在我部有其广阔的发展前途，自动检查首先要求被检产品具有一定的批量，小量生产的产品是不适于自动检查的。我部生产的许多产品，如枪弹、引信、雷管等产量都是很大的，目前都要占用大量人力进行外观检查。在这些产品的加工过程逐渐实现自动化的情况下，外观质量的自动检查正被引起人们的重视。如能对这些产品实现自动检查，不但可以节省大量人力，解放工人的视力，保证产品质量，而且可以为实现生产过程的全部自动化扫除障碍。至于对那些易燃易爆的产品实现自动检查就更具有特殊的意义了。

目前，我部已有不少单位正在开展这方面的研究工作，1975年6月还在沈阳召开了第一次“光电外观自动检测会议”，在会上总结了工作，交流了经验，并进一步明确了会后主攻的方向。

为了适应我部各有关厂开展光电外观自动检测工作的需要，为了普及和推广光电外观检测技术，在部的安排下我院开设了“光电检测技术短训班”。这本讲义就是为这个短训班编写的，内容涵盖

于光电外观自动选技术的光学和电学部分，机械部分不作为重点。

由于我们的思想水平和业务水平不高，又缺乏这方面的成形资料 and 实践经验，仓促成稿，错误之处在所难免，希望读者给予批评指正。

目 录

前 言

引 言	1
-----	---

第一章 自动检选的基本知识	3
---------------	---

§ 1 产品的外观疵病及目视检查	3
------------------	---

§ 2 外观疵病自动检选的方法	5
-----------------	---

§ 3 光学方法的基本原理	6
---------------	---

§ 4 光学方法的各种型式	7
---------------	---

§ 5 自动检选机的质量指标	19
----------------	----

第二章 光源	23
--------	----

§ 1 辐射的基本特性	23
-------------	----

§ 2 热辐射电光源	31
------------	----

§ 3 气体放电光源	41
------------	----

§ 4 激光光源	45
----------	----

§ 5 光源选择原则	47
------------	----

第三章 光电接收器	49
-----------	----

§ 1 光电接收器	49
-----------	----

§ 2 光电导接收器	58
------------	----

§ 3 光生伏特接收器	64
-------------	----

第四章 光学系统	75
----------	----

§ 1 照明系统	75
----------	----

§ 2	接收光学系统	93
§ 3	纤维光学在光电外观自动检选技术中的应用	95
§ 4	几种外观检选装置的光学系统	101
第五章	疵病信号的测试	104
§ 1	原理方案的制定原则	104
§ 2	信号、背景、噪音及信噪比	106
§ 3	提高信号和信噪比的途径	108
§ 4	疵病信号的测试	116
第六章	光电检选技术中的电学系统	126
§ 1	总体考虑	126
§ 2	光电变换电路	128
§ 3	几种调制方法	131
§ 4	应用举例	144
第七章	弹头底部光电外观自动检选机设计	149
§ 1	原理方案的制订	149
§ 2	疵病信号测试	155
§ 3	光学系统	161
§ 4	机械装置	166
§ 5	电学系统	168
§ 6	试验结果及分析	188
§ 7	关于假废品	189

引 言

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，随着近代科学技术的飞跃发展，目前，我国的工业生产正在不断地向着机械化和自动化的方向迈进。在许多行业中，运输、装卸、加工和装配过程的自动化已取得了很大的进展，质量检查中的尺寸自动检验也在不断地发展。然而，到目前为止对产品的外观质量检查基本上还停留在传统的目视检查阶段成为生产自动化的障碍之一。为了适应现代工业生产的需要，近年来，在毛主席“独立自主，自力更生”“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平”的伟大号召指引下，我国工人阶级敢想敢干，大搞技术革新和技术革命，在许多工业部门中已开始研制检查产品外观质量的自动外观检验机，并取得了一定的成绩。

原则上讲，对任何产品外观质量的目视检查均可用光电检查方法来代替。然而，由于人眼所具有的对客观外界图象和颜色的良好识别力以及在遇到复杂情况时，思维器官对视觉信息所具有的正断判断能力，并不能为任何光电机构所维妙维肖地摹拟，况且被检产品的表面状况又是千变万化的，所以用光电方法自动检验外观疵病就受到了限制。目前仅在造纸、冶金、机械、选矿、纺织、玻璃器皿、食品等工业部门，应用光电技术对一些形状和包涵比较简单的产品进行自动检验。比如，自动检验白纸、白布、白色透明奶瓶，表面比较光滑的金属带材以及形状比较规则（如图柱形、圆锥形、球形）表面光洁度较高的一些金属零件，又如自动分选矿石和挑出粮食中的杂物。

光电法外观疵病自动检选技术是最近十几年来发展起来的一项光、机、电的综合技术，并综合了扫描和检定技术。在最初阶段着重于基础试验工作，近年来已见到不少检选装置用于生产。为了进一步提高检选性能，许多新技术已被应用到光电外观疵病自动检选技术中来，例如激光、纤维光学、集成电路和电子计算机等。光电外观疵病自动检选技术的进一步发展应当是，它不只能被动地检查产品外观，当用电子计算机控制时，它完全可以主动地、迅速地、定量地输出或显示所出现的各种疵病的大小、种类、数量、方位等数据的变化趋势，人们可以依据这些数据及时地修正加工过程，从而能控制产品质量，或是依据这些数据为产品定等。

当把光电法和其它方法结合起来应用时，尚可以实现对包括尺寸、形状、疵病等多种项目的综合质量检查。

由于光电外观疵病自动检选装置的性能稳定，不象人工目视检选时检选质量受每个人的视力影响，加之检选速度快、精度高，易于实现自动化，因而日益得到人们的重视，并将为愈来愈多的工农业部门和军工生产部门所采用。

第一章 自动检选的基本知识

本章讲述光电外观疵病自动检选技术中的一些基本知识。首先介绍外观疵病的种类以及存在于一些产品中的主要疵病，分析利用目视方法检查产品疵病的优点及其局限性，从而提出了自动检查产品外观疵病的必要性。随后介绍了外观自动检选机的主要组成部分以及根据检查时提取疵病信号的手段不同而提出的几种检查方法。

本章着重讲述利用光学方法检查外观疵病的基本原理及各种可供选择的方式。

最后提出了作为外观自动检选机检选精度的几项技术指标。

§ 1 产品的外观疵病及目视检查

产品的外观疵病系指存在于产品外表面上(透明物体包括里面)，用肉眼或借助于目视光学仪器能够观察到的各种缺陷。外观疵病虽然种类繁多(表1-1列出了各类产品的主要疵病)，但归纳起来不外两大类。

1. 表面的几何形状发生了变化，如凹凸，断裂等。

2. 表面的颜色发生了变化，如锈、污点等。

有着外观疵病的产品不但不美观，更重要它是会影响产品的使用性能及储存年限。例如滚珠轴承的钢球有缺陷，就会大大影响轴承的性能，并缩短使用年限，严重时会导致设备的毁坏。又如发动机上的活塞环，如果有裂纹就可能在使用时出现新裂现象，而造成严重的后果。至于军工产品如枪弹、炮弹、引信、雷管等的表面疵病造成的后果就会更加严重，轻则未能发挥其应有的性能，重则涉

表 1-1 各类产品的外观疵病

被检查物	主要疵病
金属零件及板料	裂纹、凹凸、伤痕、针孔、锈、污点、剥落等
纸、非织品	尘埃、硬杂质、油斑、破洞、皱纹、断裂等
纺织品	薄厚不均、脱线、两根线并上、硬伤、浮织等。
玻璃及器皿	异物、变形、凹凸、伤痕、气泡、条纹、破裂等。

及贻误战机或影响战士的人身安全。因而为了保证产品质量，剔除那些有外观疵病的产品是十分重要的。工厂中的外观检查工序就是为了完成这个任务而设置的。

多年来，外观检查一直靠人工目视进行。人眼是一具性能十分优良的光能接收器，它可以感受到微弱的信号，可以察觉到色彩的少量变化，可以辨认出细小的几何缺陷。在照明条件适当，缺陷与背景对比良好的条件下，人眼辨认出的最小缺陷可达 0.01mm 左右。另外，人眼还有伴视效应，这也有助于对产品某些外观疵病的辨认。由于人眼有这些特点，再加上大脑对接收到的多种光信息有综合判断和思维分析的能力，而这些方面是很难被任何机器所摹拟的，这就是为什么长期以来，产品的外观疵病一直用人 工目视检查，而不能为机器所取代的主要原因之一。

虽然在人工目视检查中，人眼可以适应多种多样形状的产品以及千变万化的疵病，但是对产品的这种人工目视检查方法还是存在许多缺点和不足之处的。

1. 由于人工目视检查是个体作业，检查者每人之间都存在着视力上的差别，所以，会出现检查误差，造成产品外观质量很难保持一致性。

2. 随着加工过程的逐渐自动化，单位时间的产量也在逐渐增加，这就要求检查人员不断地提高检查速度。其后果是劳动强度加大，视力容易疲劳，造成误检和漏检现象增多，影响产品质量。

3. 长期进行目视检查的工人视力都会受到不同程度的损伤，特别是对易燃、易爆、具有有毒物质或有辐射线的产品进行外观检查，危险性就会更大。

鉴于目视检查存在着上述问题，同时考虑到生产过程自动化的需要，用外观疵病自动检查选机代替人工目视检查就显得十分必要了。

§ 2 外观疵病自动检查选的方法

外观疵病自动检查选的含义是：在无人参与的情况下，检查装置本身能够完成对识别疵病所必须的一切操作，并能将废品自动剔除（有时在疵病处作标记），或根据疵病的种类，部位将产品进行分类。

外观疵病自动检查选机一般包括以下几个主要部分：

1. 上料装置；
2. 运输装置；
3. 检验装置；
4. 分类装置。

其中检验装置是外观疵病自动检查选机的核心，根据在检验时取得信号

手段的不同，外观疵病自动检选有下面介绍的几种方法。

一、光学方法；

二、电学方法；

1. 接触方法

2. 静电方法

3. 磁电方法

4. 压电方法

三、机械方法；

四、其它方法；

1. 超声波法；

2. 放射线法。

定方案时选用那种方法，要找产品和疵病的特点而定。一般来说，大部分外观疵病自动检选机均采用光学方法，因为用这种方法可以识别出较多的疵病，只有在它不能完成全部识别任务时，才辅以其它的方法，例如，有的纸张外观疵病自动检选机除用光学方法外，为了有效地检查折皱，凹凸等疵病还辅以机械的方法。

本讲义只讲述如何用光学方法检查外观疵病。

§ 3 光学方法的基本原理

利用光学方法检验外观疵病时，检验装置的基本工作原理如图 1-1 所示。光源通过照明光筒中的光学系统把特定型式的光束投射到被检产品的待测表面上，或是被测产品表面被均匀的漫射光所照射，

被产品表面反射或透射的光经过接收光筒中的光学系统收集于光电元件上，光电元件输出的电信号与照射在它上面的辐射通量成正比。当产品的表面无疵病时，反射或透射光束的强度不变，由光电元件输出的电信号是恒定的，若产品表面有疵病，则被产品疵病处反射或透射后照射到光电元件上的光束强度会发生变化，因而，由光电元件输出的电信号便发生相应地变化，利用电信号的这种变化，便可以区分良废品。

为使自动检验成为可能，尚需将光电元件输出的电信号经过放大，幅度鉴别，开关电路等电子线路处理，而后将指令送入分类装置中的执行机构将良废品分别送入各自的通道。

由上述可见，所谓光学方法系指取得信号时用的是光学手段，但为识别疵病尚需将光信号变为电信号，并加以放大，鉴别，记忆等一系列电学手段才能达到自动检验的目的，所以又称外观疵病自动检验中的光学方法为光电法。

§ 4 光学方法的各种型式

在应用上述光学方法检查产品外观疵病时，依据照明光学系统，接收光学系统和待测产品之间的相互位置配置可以分成以下几种型式：

一、反射式

1. 正反射式

2. 非正反射式（漫反射式）

二、透射式

若依据检验时，光学系统中有无扫描元件，又可以分成光学扫描式和非扫描式两种，下面分述之。

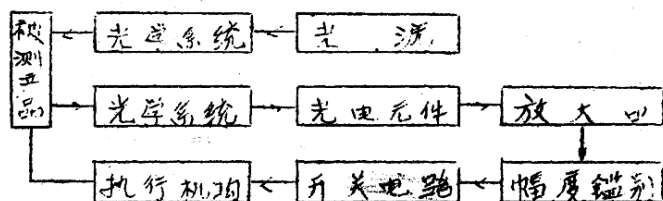


图 1-1

一、反射式与透射式

反射方式的原理如图 1-2 所示，照明、接收光学系统位于被检查物的同一侧。由照明光学系统投射到待检表面上的光经过反射或漫射后进入接收光学系统中的光电元件，当被检物移动时，光电元件将反射光量的变化转换为电量的变化，再经过电子线路识别经过疵病时的光量变化，取出疵病信号。

由于有些疵病信号对入射和反射光的角度十分敏感，因而在选择这些角度时，要视疵病的种类和特征而定。在采用这种方式时，被检查物的表面必须具有一定的反光能力。

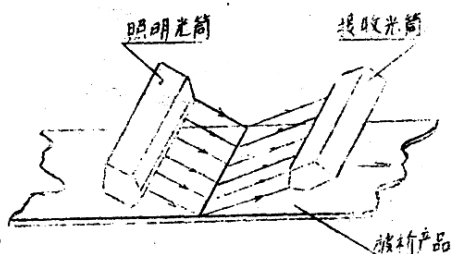


图 1-2

因而适用于检查金属制品。

透射方式如图 1-3 所示，照明和接收光学系统位于被检查物的两侧。在被检查物移动时，光电元件接收透过被检查物的光量变化，根据接收到的光量变化来识别被检查物的表面或内部缺陷。

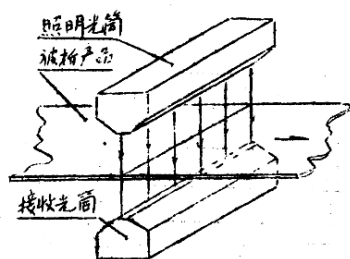


图 1-3

透射方式的优点在于它不但能检查产品的表面疵病，而且能检查内部缺陷。不足之处是只能用这种方法检查具有透光性的材料，所以应用场合有限。

二、正反射式与非正反射式（漫反射式）：

在利用反射方式检查产品表面疵病时，依据照明与接收光学系统的光轴与产品表面之间的几何位置安排可分为正反射与非正反射两种方式。

正反射方式如图 1-4 所示，照明光学系统的光轴与被测表面法线所形成的入射角 I 等于接收光学系统的光轴与同一条法线所形成的反射角 I' 。用这种方式时，

由于接收光筒的光轴与产品表面的镜反射方向一致，接收到的光能多，因而由光电元件输出的波形如图 1-5 所示。

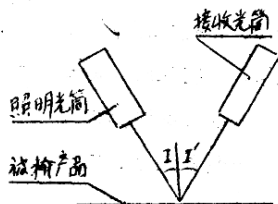


图 1-4

表面正常部分的输出最大，而疵病（属于几何形状发生了变化之类）部分则由于光的漫反射，使射入光电元件的光能减少，相应地输出也减小。

在用反射方式检查疵病时，一般均用正反射式，这种方式的灵敏度高，图1-6绘出了一

种正反射方式的光路结构示意图，此时 $I = I' = 0$ 。

非正反射式采用入射角与反射角不相等的布置（图1-7），由于接收光筒的光轴与被测表面反射方向不一致，因而对应表面正常部分的反射，光电元件接收到的光能不强，输出较弱（当表面光洁度较高时，输出则更少）。在遇到疵病时，由于光的漫反射作用，进入光电元件的光能会

比正常部分时为多，输出也较强。非正反射方式的输出波形如图1-8所示。非正反射方式的光路结构示意图见图1-9。

非正反射方式是在检查涂油产品时，为使涂油表面与油面的反射光分开而设计的。因为，在产品表面涂油的情况下，若用正

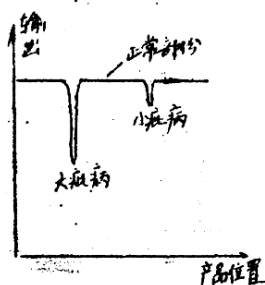


图1-5

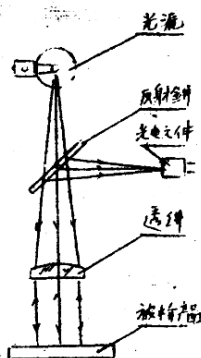


图1-6

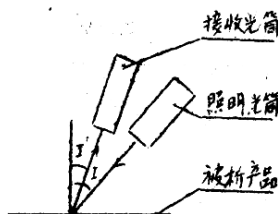


图 1-7



图 1-8

反射法，从油膜表面反射的光十分强。因此，当油膜不均匀时，进入光电元件的入射光量会产生很大的变化，成为光导背景噪音而引起误检。再者，由于表面反射光这么强，正常部分和疵病部分反射光量的微小变化很可能被淹没，使检出率降低。采用非正反射法时，从油膜表面反射的光是离开光电元件的方向前进的，因而就排除了油层不均匀的不良影响，但是，这种方式不适于反射方向性较强的材料，另外对于厚度变化大的涂油不均匀的情况，由于油层表面反射光的反射方向摆动很大，也会给检查造成困难，目前，为消除产品表面油层的影响已采用将油层表面反射光完全除去的方法，应当

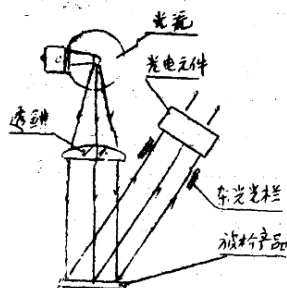


图 1-9

能被淹没，使检出率降低。采用非正反射法时，从油膜表面反射的光是离开光电元件的方向前进的，因而就排除了油层不均匀的不良影响，但是，这种方式不适于反射方向性较强的材料，另外对于厚度变化大的涂油不均匀的情况，由于油层表面反射光的反射方向摆动很大，也会给检查造成困难，目前，为消除产品表面油层的影响已采用将油层表面反射光完全除去的方法，应当

指出，非正反射方式对于凹凸之类疵病还是比较敏感的，当产品表面只存在这一类疵病时，还是可以考虑使用非正反射方式的。

三、光学非扫描方式与扫描方式：

利用光学方法检查时，依据光学系统中有无扫描元件可以分成光学非扫描方式与扫描方式。

(一)非扫描方式

光学系统不动，只是靠工件运动来实现对产品整个表面检查的谓之非光学扫描方式，这种方式又称为光源——光电元件固定排列式。图1-2和图1-3就是这种方式的原理图，此时，许多光电元件沿着与产品移动相垂直的方向排成一行，每个光电元件“盯”住表面的一小部分，当产品运动时，便可以实现对整个产品表面的检查。

光学的非扫描方式有时只需一个点光源及与其对应的一个光电元件，但这时需要使被测产品的运动复杂。如外圆柱体的表面检查（见图1-10），此时照明与接收光筒不动，在任何瞬间只有表面的一小部分（这块面积由照明与接收光筒中的光栏限制）受到检查，当圆柱零件绕轴线旋转并沿轴向移动时，光点就对整个圆柱面进行扫描检查。这种扫描现象不是靠光学系统运动完成的，而是靠产品自身运动来实现的，其效果虽然与下面讲到的光学扫描相同，但

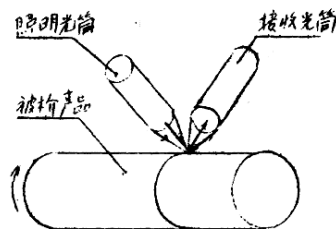


图1-10