

问题思考：自动门如何探测人的靠近？

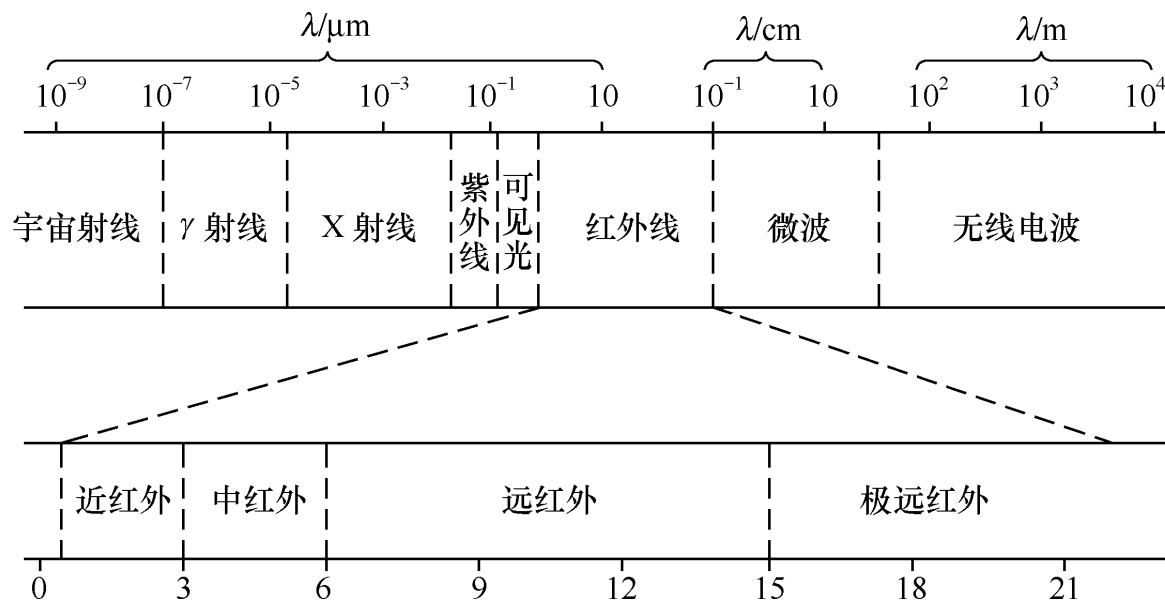


课题二 红外传感器

一、红外辐射的基本特点



1、是一种**不可见光**。 波长范围大致在 $0.75 \sim 1000 \mu\text{m}$ ，相对应频率大致在 $4 \times 10^{14} \sim 3 \times 10^{11}$ HZ 之间。 工程上又把红外线所占据的波段分为四部分， 即近红外、中红外、 远红外和极远红外。



一、红外辐射的基本特点◆

2、红外辐射的物理本质是**热辐射**。一个炽热物体向外辐射的能量大部分是通过红外线辐射出来的。物体的温度越高，辐射出来的红外线越多，辐射能量就越强。自然界中的任何物体，只要温度在绝对零度以上，都有红外线向周围空间辐射（光谱中最大光热效应区）。

3、具有反射、 折射、 散射、 干涉、 吸收等特性，它在真空中也以光速传播，具有明显的波粒二相性。

4、 大气层对不同波长的红外线存在不同的吸收带，红外线在通过大气层时，有三个波段透过率高，它们是 $2 \sim 2.6\mu\text{m}$ 、 $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 和 $8 \sim 14 \mu\text{m}$ ，统称它们为“大气窗口”。这三个波段对红外探测技术特别重要，因此红外探测器（如遥感探测）一般都工作在这三个波段（大气窗口）之内。

二、红外辐射的基本定律

1、希尔霍夫定律

一个物体向周围辐射能量的同时，也吸收周围物体的辐射能，希尔霍夫定律指物体的辐射发射量 E_r 和吸收率 α 之比与物体的性质无关，总等于同一温度下绝对黑体的辐射能量。

$$E_r = \alpha E_0$$

E_r : 物体在单位面积和单位时间内发射出来的辐射能

α : 物体对辐射能的吸收系数

E_0 : 等价于黑体在相同温度时辐射的能量，为常数

$$\alpha = \frac{\theta_{\alpha}}{\theta_p} \times 100\%$$

θ_{α} : 辐射到物体上的红外光能量

θ_p : 被物体所吸收的红外光能量

黑体: 能全部吸收投射到其表面的红外辐射的物体。是在任何温度下全部吸收任何波长辐射的物体，吸收本领与波长和温度无关，即 $\alpha=1$ ，加热后，发射热辐射与比任何物体都大。

镜体: 能全部反射红外辐射的物体。

透明体: 能全部透过红外辐射的物体。

灰体: 能部分反射或吸收红外辐射的物体。

2、普朗克定律

描述的是黑体辐射发射量的光谱特征，以严格的数学关系给出：

$$E(\lambda) = C_1 \lambda^{-5} \left[\text{EXP} \left(\frac{C_2}{\lambda T} \right) - 1 \right]^{-1}$$

C_1 : 第一辐射常数, 3.741844×10^{-12}

C_2 : 第二辐射常数, 1.438833×10^{-12}

3、斯忒 (tuī) 藩 - 波尔兹曼定律

物体红外辐射的能量与它自身的绝对温度 T 的四次方成正比，并与 ε 成正比。物体温度越高辐射能量越大。

$$E = \sigma \varepsilon T^4$$

E ：某物体在温度 T 时单位面积和单位时间的红外辐射总能量。

σ ：斯忒 (tuī) 藩 - 波尔兹曼常数， $5.6697 \times 10^{-12} \text{w/cm}^2 \text{k}^4$

ε ：比辐射率，即物体表面辐射本领与黑体辐射本领之比。

T ：物体的绝对温度。

4、维恩位移定律

物体峰值波长与物体自身的绝对温度成反比。

$$\lambda_m = \frac{2897}{T} (\mu m)$$

三、红外传感器

用红外线作为检测媒介，来测量某些非电量，这样的传感器叫做红外传感器。

。

与用可见光作为媒介的检测方法相比，红外传感器具有以下几方面的优点：

- (1) 可昼夜测量。
- (2) 不必设光源。
- (3) 适用于遥感技术。

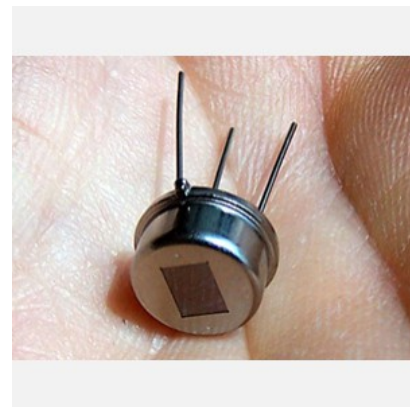


图 7.9 红外传感器

三、红外传感器

- （1）红外辐射计，用于辐射和光谱辐射测量；
- （2）搜索和跟踪系统，用于搜索和跟踪红外目标，确定其空间位置并对它的运动进行跟踪；
- （3）热成像系统，可产生整个目标红外辐射的分布图像，如红外图像仪、多光谱扫描仪等；
- （4）红外测距和通信系统；
- （5）混合系统，是指以上各类系统中的两个或多个的组合。

• 红外传感器的种类

目前，市场上的红外传感器主要有以下两种

:

（1）利用基于黑体辐射的红外能量的吸收而产生的温度变化的加热型红外传感器。包括热释电型红外传感器和热电堆等。

（2）利用因由入射光能量激励的电子而产生的电导率变化或者电动势的量子型红外传感器。包括光敏二极管和光敏电阻器等。

三、红外传感器

红外传感器一般由光学系统、探测器、信号处理电路及显示单元等组成。

(1) 热探测器

热探测器的工作机理是：利用红外辐射的热效应，探测器的敏感元件吸收辐射能后引起温度升高，进而使某些有关物理参数发生相应变化，通过测量物理参数的变化来确定探测器所吸收的红外辐射。主要有四类：热释电型、热敏电阻型、热电阻型和气体型。

热释电效应：电石、水晶、酒石酸钾钠、钛酸钡等晶体受热产生温度变化时，其原子排列将发生变化，晶体自然极化，在其两表面产生电荷变化的现象称为热释电效应。

用此效应制成的“铁电体”，其极化强度（单位面积上的电荷）与温度有关。当红外辐射照射到已经极化的铁电体薄片表面上时引起薄片温度升高，使其极化强度降低，表面电荷减少，这相当于释放一部分电荷，所以叫做热释电型传感器。

如果将负载电阻与铁电体薄片相连，则负载电阻上便产生一个电信号输出。输出信号的强弱取决于薄片温度变化的快慢，从而反映出入射的红外辐射的强弱，热释电型红外传感器的电压响应率正比于入射光辐射率变化的速率。

(2) 光子探测器

光子效应：入射光辐射的光子流与探测器材料中的电子互相作用，从而改变电子的能量状态，引起各种电学现象。

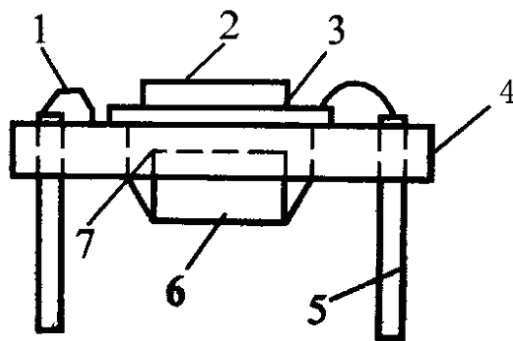
光子探测器的主要特点是灵敏度高，响应速度快，具有较高的响应频率，但探测波段较窄，一般需在低温下工作。

(3) 热释电型红外传感器

热释电型红外传感器是利用热释电效应而制作的红外传感器。由于热释电型红外传感器自身具有的优点，特别是它能在室温条件下工作，所以，它是目前用得最广的红外线传感器。



图 7.11 热释电型红外传感器组件



1 — 内接线；2 — 氧化膜；3 — FZT 组件
4 — 铝件；5 — 接脚；
6 — 场效应晶体管 EFT；7 — 空洞
图 7.12 热释电型红外传感组件的基本结构

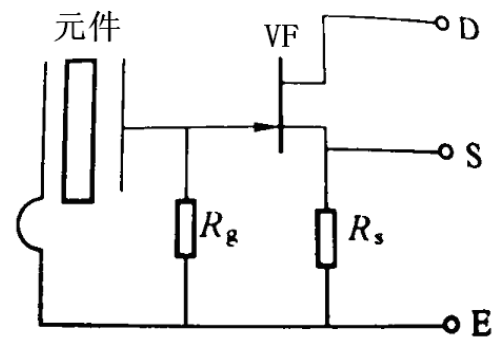
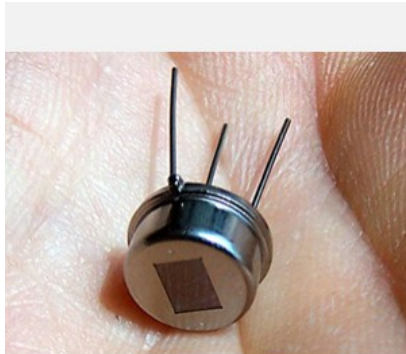


图 7.13 热释电型红外传感组件的等效电路

- 热释电型红外传感器使用注意事项

由于热释电型红外传感器的输入阻抗极高，非常容易引入噪声，因此最好能够对它进行电学屏蔽。在采用金属封装的情况下，因为外壳接地，所以本身就可以作为屏蔽使用，而在塑料封装的情况下，则需要有另外的屏蔽方法。



2、红外探测器基本参数

(1) 响应率

输出电压与输入的红外辐射功率之比。

$$\gamma = \frac{U_0}{P}$$

γ : 响应率; U_0 : 输出电压; P : 红外辐射功率

(2) 响应波长范围

红外探测器响应率与入射辐射的波长的关系。

(3) 噪声等效功率 (NEP)

若投射到探测器上的红外辐射功率所产生的输出电压正好等于探测器本身的噪声电压，这个辐射功率就是噪声等效功率。

$$NEP = \frac{U_N}{\gamma}$$

(4) 探测率:

$$D^* = \frac{\sqrt{S \cdot \Delta f}}{NEP} = \frac{\gamma}{U_N} \sqrt{S \cdot \Delta f}$$

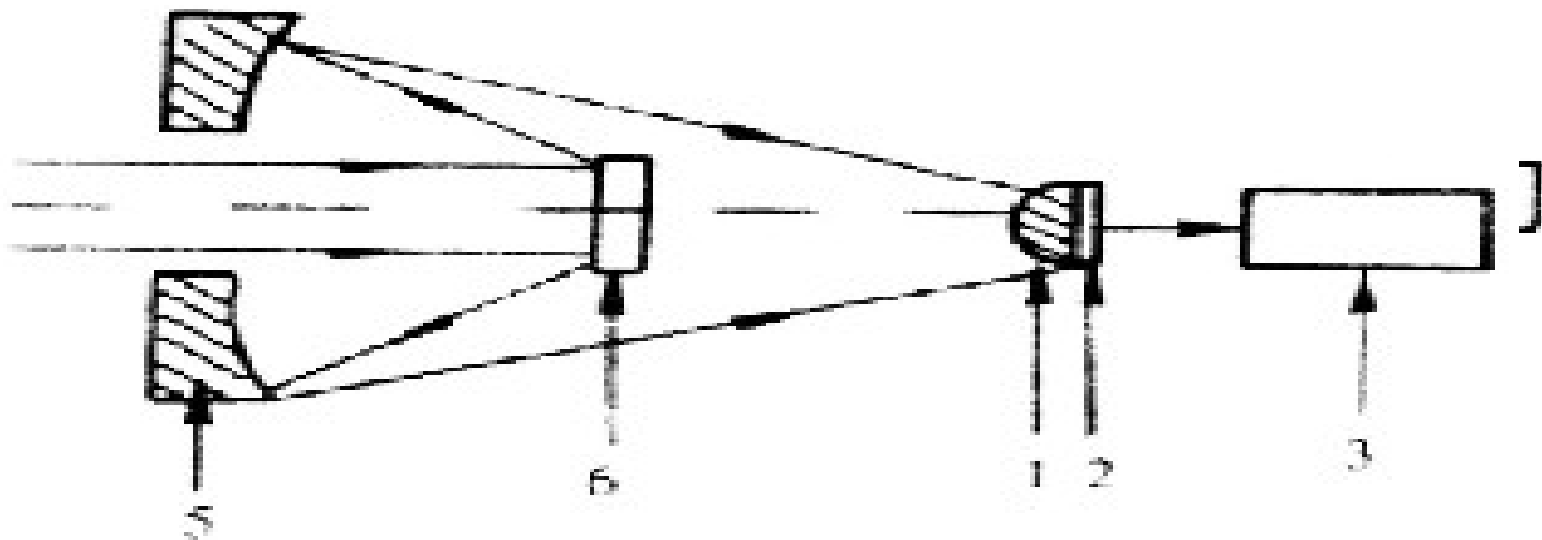
(5) 响应时间

加入或去掉辐射源的响应速度。两种时间相等。

3、红外探测器的组成

红外探测器由**光学系统**，**敏感元件**，**前置放大器**、**信号调制器**组成，光学系统是其重要组成部分，根据光学系统的结构分为**反射式**和**透射式**两种。

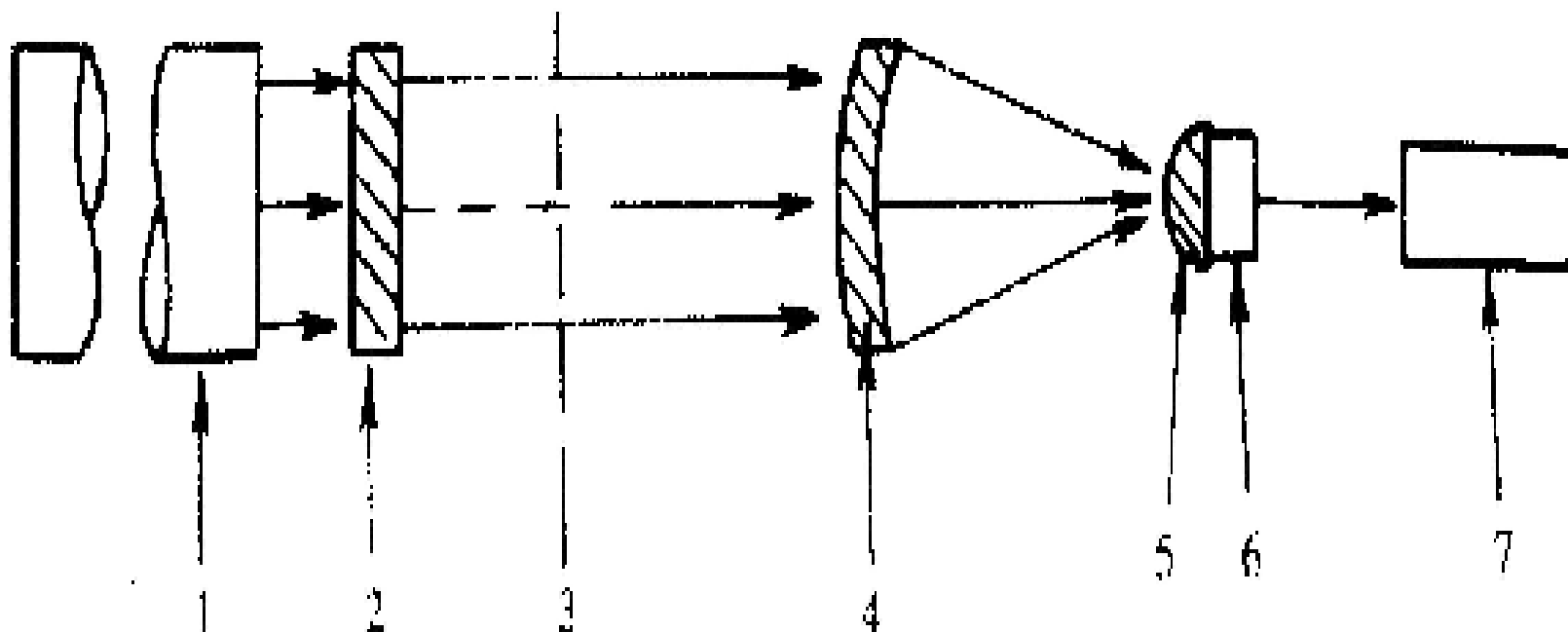
(1) 反射式红外探测器



(b)

- | | | | |
|-----------------|---------|----------|------|
| 1. 浸没透镜
乙烯薄膜 | 2. 敏感元件 | 3. 前置放大器 | 4. 聚 |
| 5. 次反射镜 | 6. 主反射镜 | | |

(2) 透射式红外探测器



- 1. 光谱
- 2. 保护窗口
- 3. 光栅
- 4. 透镜
- 5. 浸没透镜
- 6. 敏感元件
- 7. 前置放大器

四、红外传感器应用

1. 红外测温仪

在非典时期，为了防止感染，测温不得靠近人体。在这样的特殊要求下，就可以采用非接触式的温度监测器，它也是由热释电型红外传感器作为温度检测传感器。



图 7.14 非接触式温度检测器

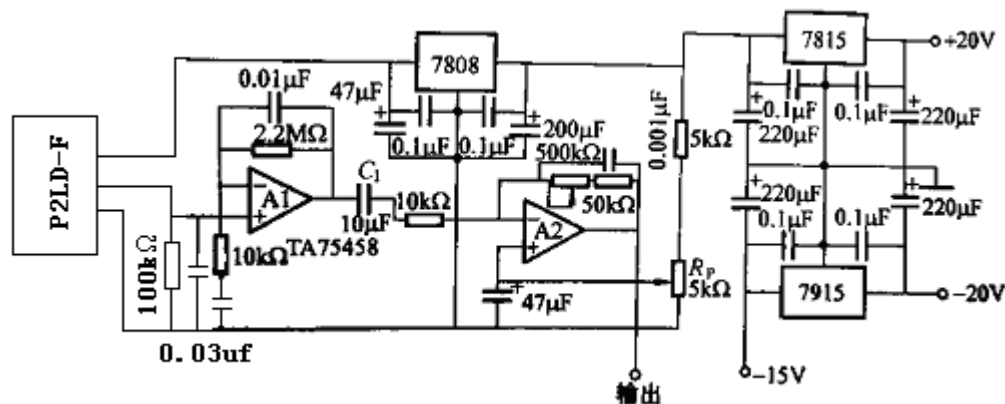


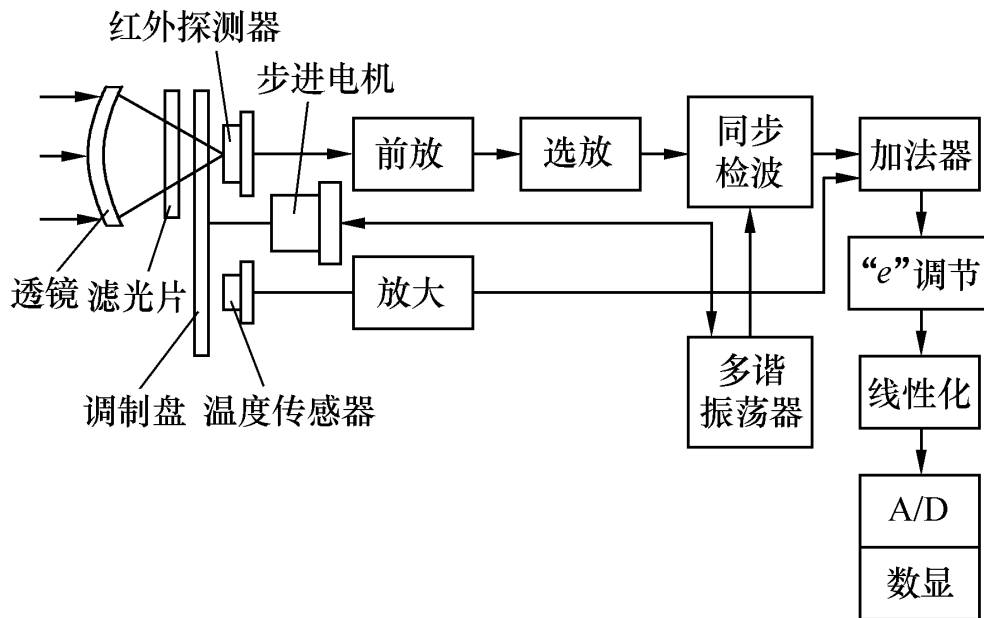
图 7.15 非接触式温度检测电路

1. 红外测温仪

利用热辐射体在红外波段的辐射通量来测量温度的。当物体的温度低于 $1\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，它向外辐射的不再是可见光而是红外光了，可用红外探测器检测温度。



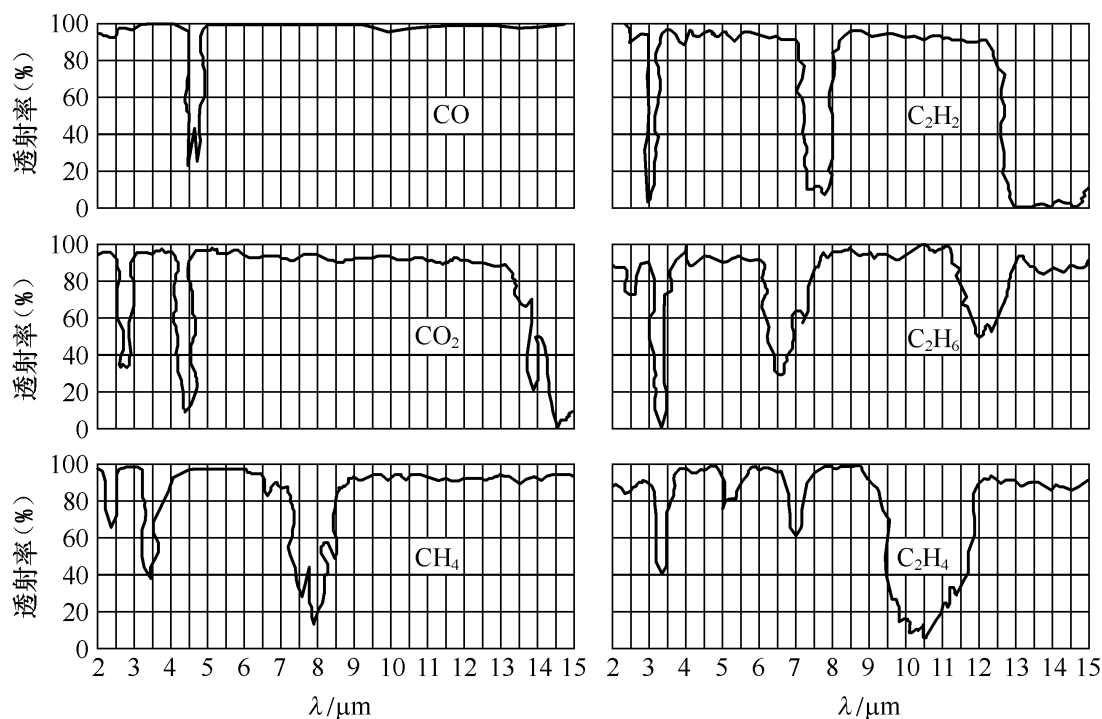
(a) 红外测温仪实物图



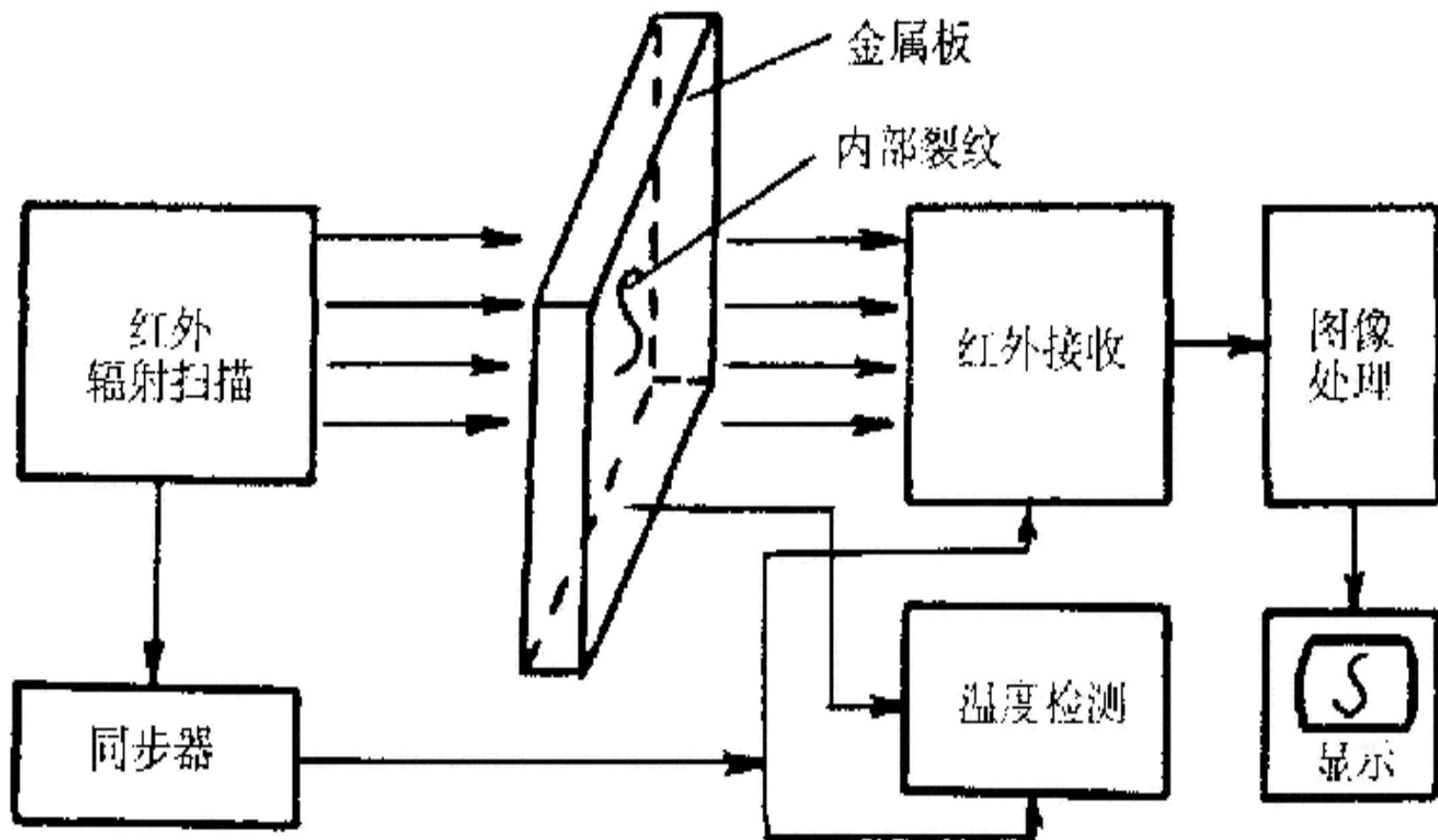
(b) 红外测温仪方框图

2. 红外线气体分析仪

- 根据气体对红外线具有选择性的吸收特性来对气体成分进行分析的。不同气体的吸收波段（吸收带）不同。



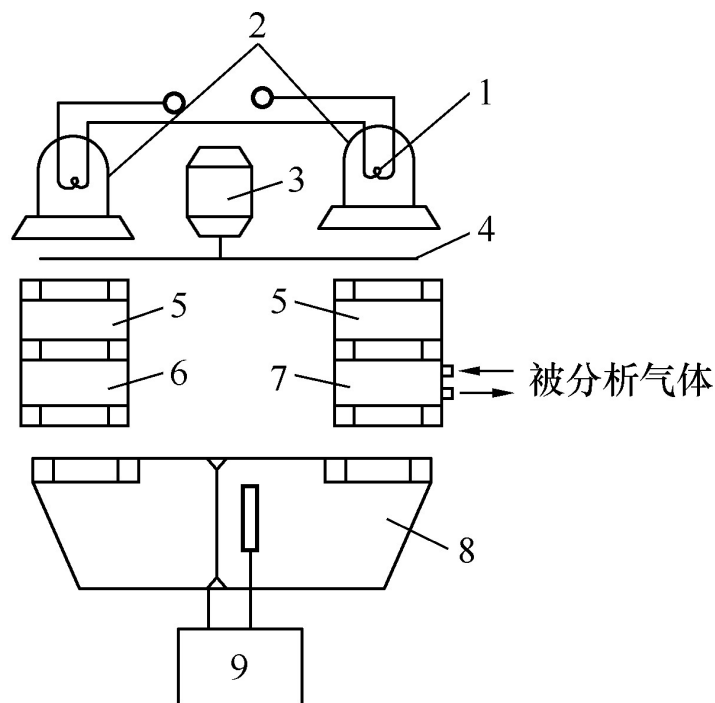
3、红外无损探伤仪



4、工业用红外线气体分析仪



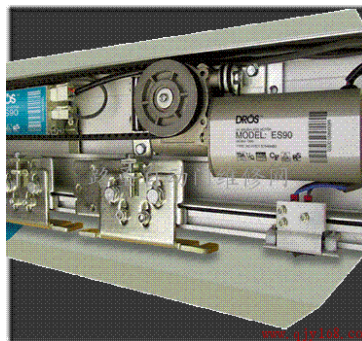
(a) 红外线气体分析实物图



(b) 红外线气体分析仪结构原理图

1—光源 2—抛物体反射镜 3—同步电动机 4—切光片 5—滤波气室
6—参比室 7—测量室 8—红外探测器 9—放大器

问题思考：自动门如何探测人的靠近？



三、课题小结

在本课题中，要理解红外传感器的定义；熟悉其基本工作原理；熟练运用热释电型红外传感器，了解其相应的型号和外型，分析其相应的工作电路。

课间休息！！

