

# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01121549.6

[43] 公开日 2002 年 8 月 28 日

[11] 公开号 CN 1366174A

[22] 申请日 2001.6.19 [21] 申请号 01121549.6

[71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130022 吉林省长春市人民大街 140 号

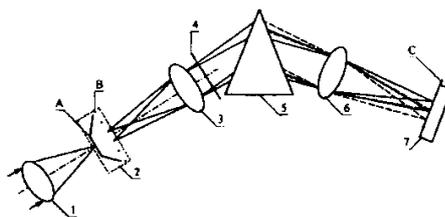
[72] 发明人 向阳

权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图页数 2 页

[54] 发明名称 全视场成象光谱测量方法及装置

[57] 摘要

本发明属于光谱测量技术领域,涉及一种测定二维、三维景物光谱图的方法。本发明的特征是采用图象转换器将二维、三维景物经光学成象系统所形成的象转换成一维象组,采用谱带滤波器选择所需波长范围的物光,采用二维图象接收器采集空间成象光谱图象。本发明的特点是以大视场、高分辨力、高信噪比获得定态、动态和弱辐射景物的光谱图,相应的仪器具有制造容易、稳定性好、使用简便等特色,可广泛用于科学研究和军民应用等领域。



ISSN 1008-4274

## 权 利 要 求 书

1. 全视场成象光谱测量方法，其特征在于：首先采用光学成象系统将二维、三维景物所发出的光会聚在图象转换器入射面上，形成景物的象；利用图象转换器将景物的象转变成一维象组，一维象组由若干个相互平行的一维象构成，一维象的间距使得由各一维象所形成的光谱图之间相互无空间重叠，并使景物象与一维象组象元间具有一一对应关系；利用光学准直系统将由各一维象象元发出的光准直；然后，利用谱带滤波器对准直景物光进行波长范围选择；利用光学色散元件将准直光按波长进行分光；利用光学再成象系统将色散光会聚在全视场成象光谱测量系统的象平面上，形成空间光谱图象；在空间光谱图象中，沿垂直色散方向对应一维象组的空间信息，沿色散方向对应展开长度均为  $W$  的光谱图组；在全视场成象光谱测量系统象平面上放置图象接收器记录空间光谱图象，经过空间复原，得到二维、三维景物的光谱图。

2. 根据权利要求 1 所述方法制造的全视场成象光谱测量装置包括有：光学成象系统 1、光学准直系统 3、光学色散元件 5、光学再成象系统 6，其特征在于：还包括有图象转换器 2、谱带滤波器 4 和图象接收器 7，图象转换器 2 的入射面位于光学成象系统 1 的象面处，图象转换器 2 的出射面与光学准直系统 3 的前焦平面重合，谱带滤波器 4 和光学色散元件 5 位于光学准直系统 3 和光学再成象系统 6 之间，图象接收器 7 置于光学再成象系统 6 的后焦平面上。

3. 根据权利要求 2 所述方法制造的全视场成象光谱测量装置，其特征在于：还包括有背扫镜 8，背扫镜 8 置于光学成象系统 1 的前方。

4. 根据权利要求 1、2、3 所述方法制造的全视场成象光谱测量装置，其特征在于：图象转换器 2 入射面以二维阵列结构排列，出射面排成若干行空间等间隔并相互平行的一维阵列。

5. 根据权利要求 1、2、3 所述方法制造的全视场成象光谱测量装置，其特征在于：图象转换器 2 包含光学折射体，在其后方置有光学系统，光学折射体的入射面由若干个窄条平面组成，各窄条平面按一定夹角空间相连形成折转面并位于光学成象系统 1 的象面上。

6. 根据权利要求 1、2、3 所述方法制造的全视场成象光谱测量装置，其特征在于：图象转换器 2 由光学反射面制成，光学反射面是由若干个窄条平面按一定夹角空间相连形成的折转反射面。



# 说 明 书

## 全视场成象光谱测量方法及装置

本发明属于光谱测量技术领域，涉及一种对测定二维、三维景物光谱图的成象光谱法及光谱层析法的改进。

国际上自二十世纪七十年代末开始研究获取景物光谱图的方法和技术。最先提出并得到各国广泛研究的是利用一个细狭缝将光学成象与分光有机结合在一起的成象光谱法：利用光学成象系统将景物成象在光谱仪的入射狭缝上，利用光谱仪将入射物光按波长（颜色）进行分离，在光谱仪象平面上，沿平行狭缝方向形成景物的空间信息，沿垂直狭缝方向形成景物的光谱信息（即光谱图）。

成象光谱法存在如下主要缺点：

### （一）只适合于测量静态景物的光谱图

由于必须借助细狭缝来实现空间分辨，成象光谱仪都是线视场的，只有通过沿垂直狭缝方向的空间推扫才能获得二维、三维景物完整的光谱图。因此，成象光谱仪不能用于研究动态景物的光谱图。

### （二）光谱测量信噪比低

因为成象光谱仪将来自地物的光能按波长进行了展开，所以，光谱象比复色象光强低很多，这就产生了低信噪比。对于静止观测情况，通过增加采样积分时间可解决成象光谱仪低信噪比的问题。对于扫描观测情况，采样积分时间受限于地面分辨力，导致成象光谱仪不能获得弱辐射景物的光谱图。

为了克服成象光谱法的局限性，获得二维、三维动态和弱辐射景物的光谱图，九十年代初，国际上提出了将层析成象与光学分光相结合获取景物光谱图的新方法——光谱层析法（又称计算层析成象光谱法）：利用光学成象系统将景物成象在光谱仪无空间遮拦的入射光阑处，利用光谱仪形成景物光谱图的断层投影序列，利用面阵列探测器采集数据，利用计算机进行数据反演，重构出景物的光谱图。按照形成断层投影序列的方式，光谱层析法分为两种。第一种，采用棱镜作分光元件，通过绕光轴旋转光学系统来改变色散方向（Opt. Eng. 32, (1993) 3133~3138）或更换棱镜来改变色散量（Proc. SPIE. Vol.1843, (1991) 315~322）产生光谱图断层投影序列，主要用来获取弱辐射定态景物的光谱图。第二种，采用二维透射光栅作分光元件，借助其双向衍射效

应同时产生多个光谱图断层投影 (Opt. Lett. 16(16), 1277~1279 (1991), Appl. Opt. 36(16), 3694~3698 (1997)), 主要用于获取窄波带动态景物的光谱图。

光谱层析法的主要缺点如下:

(一) 不能以高分辨力获取景物的光谱图

由于断层投影序列与其对应的光谱图之间数理关系非常复杂, 需通过很多次代数迭代或复杂变换才能重构出(即“逼近”)景物原来的光谱图, 所以重构光谱图呈现出很强的“平滑”现象。

(二) 光谱层析仪研制难度大, 使用要求严

为了实现以高分辨力获取二维、三维动态和弱辐射景物的光谱图, 国际上近十几年来在传承成象光谱法谱象分离(一维形成空间信息、一维形成光谱信息)思路的基础上, 相继提出了几种改进方案, 改进之处是用一个将二维象转换成一维象的器件替代原来所用的单狭缝(US Pattern 4678332 (1987), Proc. SPIE. Vol.2198, (1994) 338~349, Proc. SPIE. Vol.2871, (1997) 1179~1186), 由此导致可观测视场显著变小。

本发明的目的是克服已有成象光谱法只适合于测量静态、辐射较强景物的光谱图, 光谱层析仪不能以高光谱分辨力获取景物光谱图, 同时, 两种仪器研制难度大、使用要求严格等主要缺点, 将要提供一种新型的成象光谱测量方法及装置。

本发明所提出的全视场成象光谱测量方法如下: 首先采用光学成象系统将二维、三维景物所发出的光会聚在图象转换器入射面上, 形成景物的象; 利用图象转换器将景物的象转变成一维象组, 一维象组由若干个相互平行的一维象构成, 一维象的间距使得由各一维象所形成的光谱图之间相互无空间重叠, 并使景物象与一维象组象元间具有一一对应关系; 利用光学准直系统将由各一维象象元发出的光准直; 然后, 利用谱带滤波器对准直景物光进行波长范围选择; 利用光学色散元件将准直光按波长进行分光; 利用光学再成象系统将色散光会聚在全视场成象光谱测量系统的象平面上, 形成空间光谱图象; 在空间光谱图象中, 沿垂直色散方向对应一维象组的空间信息, 沿色散方向对应展开长度均为  $W$  的光谱图组; 在全视场成象光谱测量系统象平面上放置图象接收器记录空间光谱图象, 经过空间复原, 得到二维、三维景物的光谱图。

全视场成象光谱测量装置包括有: 光学成象系统、光学准直系统、光学色散元件、光学再成象系统、图象转换器、谱带滤波器和图象接收器, 图象转换器的入射面位于光学成象系统的象面处, 图象转换器

的出射面与光学准直系统的前焦平面重合，谱带滤波器和光学色散元件位于光学准直系统和光学再成象系统之间，图象接收器置于光学再成象系统的后焦平面上。本发明还包括有背扫镜，背扫镜置于光学成象系统的前方。图象转换器入射端以二维阵列结构排列，出射端排成若干行空间等间隔并相互平行的一维阵列。图象转换器包含光学折射体，在其后方可置光学系统，光学折射体的入射面由若干个窄条平面组成，各窄条平面按一定夹角空间相连形成折转面并位于光学成象系统的象面上。图象转换器由光学反射面制成，光学反射面是由若干个窄条平面按一定夹角空间相连形成的折转反射面。

对于凝视（景物与成象光谱测量系统相对静止）测量情况，增加图象接收器能量积分时间可使图象接收器获得更多的光能，实现高信噪比光谱测量。对于扫描（景物与成象光谱测量系统相对运动，诸如车载、机载、星载等）测量情况，在光学成象系统前安置背扫镜，利用背扫镜将景物光投向光学成象系统，背扫镜的转速由搭载平台的运动速度决定，使景物象在图象接收器积分时间内冻结在图象转换器入射面上，从而使图象接收器能够接收到更多的光能，实现高信噪比光谱测量。

本发明的积极效果如下：

（一）由于本发明采用了独特的图象转换器、谱带滤波器和图象接收器，能够一步（即通过一次能量积分）获得二维、三维景物的光谱图，所以，不仅能获得二维、三维定态景物的光谱图，而且还可获得二维、三维动态景物的光谱图，并研究动态景物光谱图随时间演化的情况，因此，解决了成象光谱法不能获取动态景物光谱图的问题。

（二）由于采用了独特的图象转换器、谱带滤波器和图象接收器，由本发明方法所形成的全视场成象光谱测量系统是全视场的，对于凝视测量情况，通过增加能量积分时间可实现高信噪比光谱测量；对于扫描测量情况，通过采用背扫镜可实现高信噪比光谱测量。因此，全视场成象光谱测量系统以任何一种方式工作都可接收到比成象光谱仪多很多的能量，所以，能以高信噪比获得弱辐射景物的光谱图，克服了成象光谱法不能获得弱辐射景物光谱图的问题。

（三）在全视场成象光谱测量系统象平面上所得到的是由若干一维象所形成的、彼此空间分开的光谱图构成的光谱图组，所以，每个景物象元的光谱图都是空间独立的，只需空间复原，即可得到二维、三维景物的光谱图，因此，光谱和空间分辨力高，克服了光谱层析法光谱图重构过程复杂，不能以高光谱分辨力获取景物光谱图的问题。

(四) 本发明的图象转换器，将二维景物象不是转换成一个一维象，而是转换成由若干彼此平行的一维象构成的一维象组，所以，其观测视场比传统和改进型成象光谱仪大得多，解决了以往遥感光谱观测视场角小不能把握全局的难题。

(五) 与成象光谱仪和光谱层析仪相比，由本发明所制造的全视场成象光谱仪具有制造容易、稳定性高、使用简便等特性。

综上所述，本发明将提供一种能以大视场、高信噪比、高分辨力获得定态、动态和弱辐射景物光谱图的全视场成象光谱测量方法。由本发明所形成的仪器可广泛应用于：地质矿物识别、植被生态研究、海洋海岸水色研究、地表资源调查、大气和地表污染监测、农作物估产、地表森林和草地覆盖面积变化、灾害（如森林火灾、水灾、火山爆发）评估、全球气候变化、城市建设规划、军事应用、政府决策和区域可持续发展等领域。

附图说明：

图 1. 本发明的一种实施例原理示意图。

图 2. 本发明景物象和其经图象转换器后形成的一维象组示意图。

图 3. 本发明的一种用于机载星载全视场成象光谱仪示意图。

图 4. 本发明一维象组与其所形成的空间光谱图象间的对应关系。

图 5. 本发明的光纤图象转换器端面示意图。

图 6. 本发明的几种光学图象转换器侧视示意图。

本发明的特色和优点可从本发明实施例及附图中看得更加明显。

图 1 是利用本发明形成的一个全视场成象光谱仪，由光学成象系统 1、图象转换器 2、光学准直系统 3、谱带滤波器 4、光学色散元件 5、光学再成象系统 6、图象接收器 7 等部分构成，光学成象系统 1 将景物成象在图象转换器 2 入射面 A 上，此空间象经图象转换器 2 转换后，在图象转换器 2 出射面 B 变成一维象组，光学准直系统 3 将对图象转换器 2 发出的光准直，谱带滤波器 4 仅让所需波长范围的物光投射到光学色散元件 5 上，谱带滤波器 4 可采用滤光片、干涉滤光片、有色玻璃等。光学再成象系统 6 将色散光会聚在象平面 C 上，图象接收器 7 记录所形成的空间光谱图象，根据图象转换器空间二维和一维象组象元间的对应关系，进行空间复原，从而通过一次能量积分采样就精确获得了二维、三维景物的光谱图。

图 3 描绘了用于机载星载的一个全视场成象光谱仪，即全视场成象光谱仪以扫描方式工作。为了提高全视场成象光谱仪的光谱测量信噪比，在光学成象系统 1 前增加了一个背扫镜 8，以便在图象接收器 7

积分时间内使地面景物在图象转换器 2 入射面 A 上所形成的象保持位置不变，从而使图象接收器 7 能够接收到更多的地物光能，这在昏暗和多云情况下微光飞行光谱观测是十分有效的。当图象接收器 7 积分时间结束后，背扫镜 8 迅速回到初始角位置，开始下一周期背扫。

图 5 举例说明了一个采用光纤制成的图象转换器 2，由一定数目的光纤集成，入射面采用平面或曲面。实际上，光学成象系统的象面完全可以设计成曲面，以降低光学成象系统 1 的设计和加工难度，此时，图象转换器 2 入射面相应为曲面，其面形与光学成象系统象面相匹配；其入射面为二维光纤阵列结构，出射面为由若干空间等间隔并相互平行的一维光纤阵列构成的多列结构。

图 6 举例说明了几种图象转换器 2，它包含光学折射体或光学反射体，在其后方可包含光学系统。光学折射体或光学反射体的入射面采用细长窄带平面组成的折转面。光学折射体的出射面可采用平面。

需要特别指出：上面所描述的两个实施例仅仅是用来说明本发明的两个特例。例如，在本发明上面图例说明中，色散元件 5 采用的是光学色散棱镜，实际上也可以采用衍射光栅或其他类型具有色散作用的光学元件；图象接收器 7 可以是胶片，也可以是面阵 CCD 相机、红外焦平面阵列，以及其他类型面阵列探测器；背扫镜 8 可以采用可旋转平面反射镜；同样，基于本发明的全视场成象光谱光学系统的结构也可以是多种多样的，比如全折射型、折反射混合型、全反射型等等，以适应不同应用目的的需要。

说明书附图

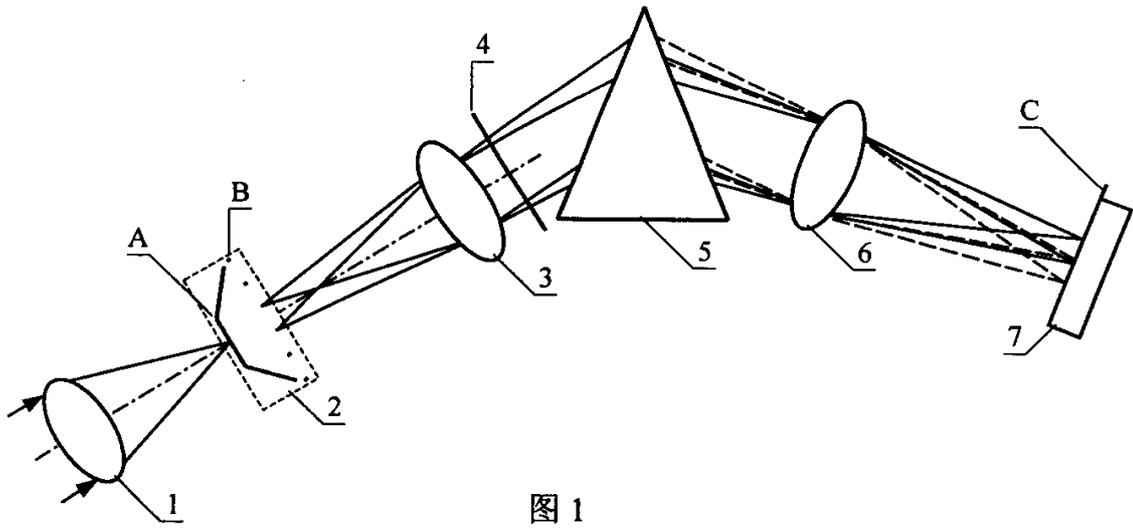


图 1

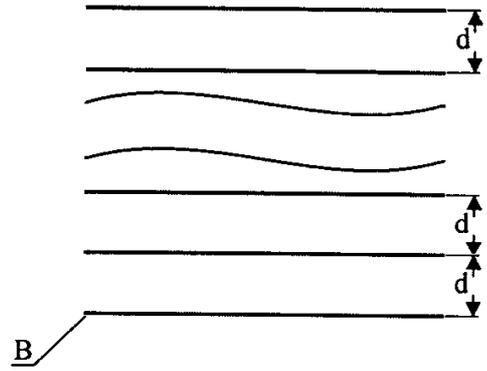
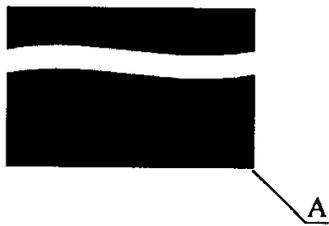


图 2

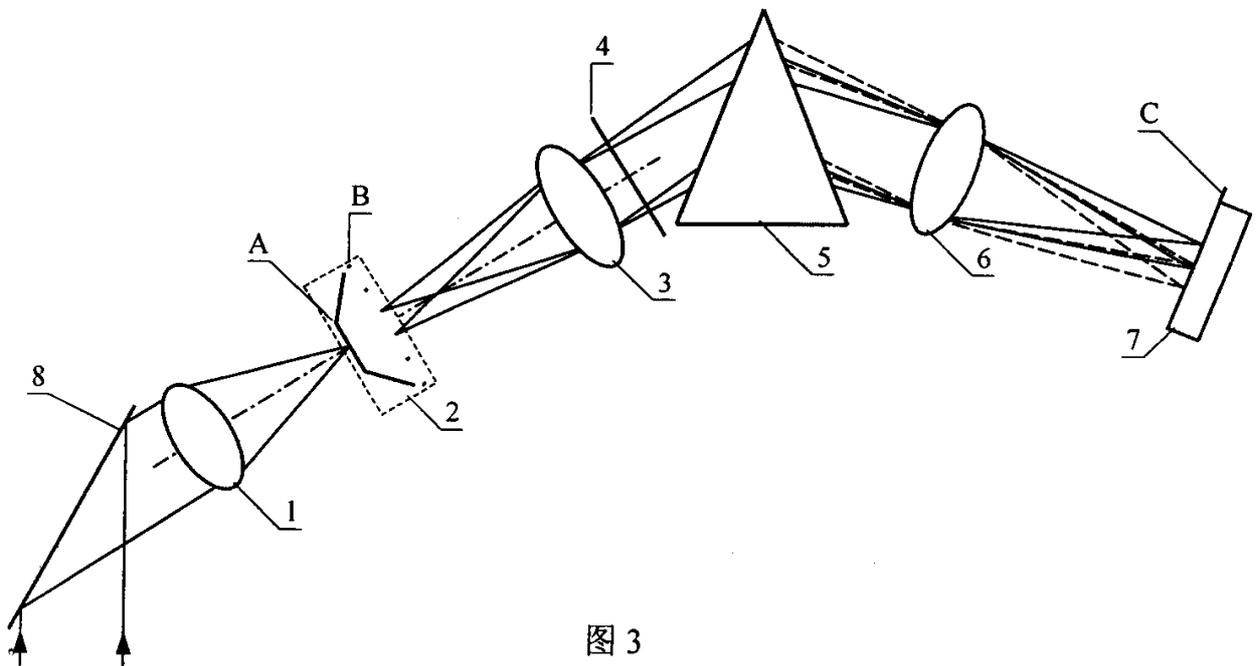


图 3

说明书附图

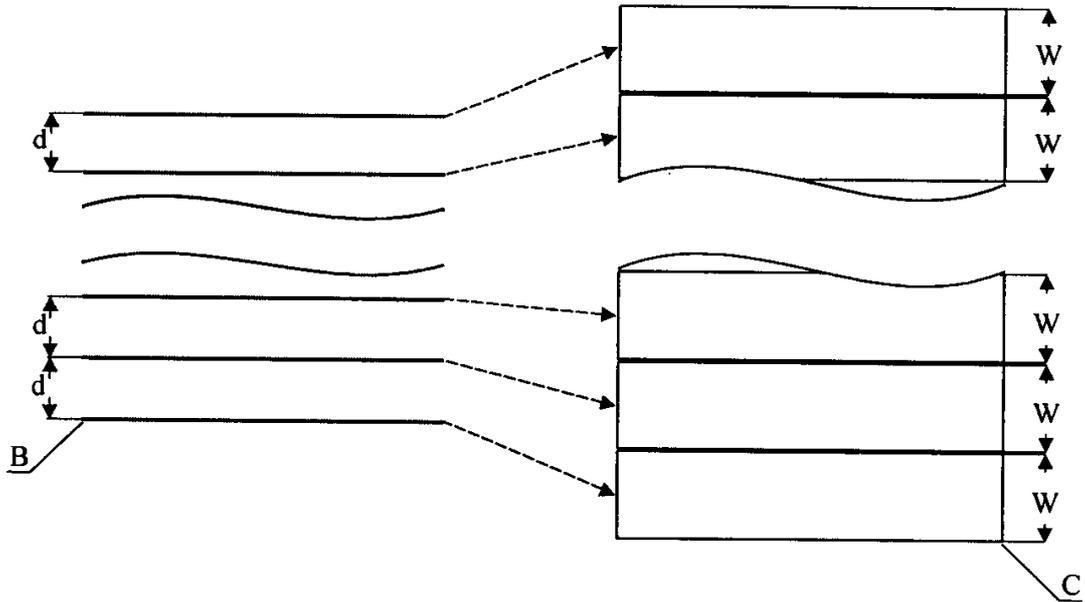


图 4

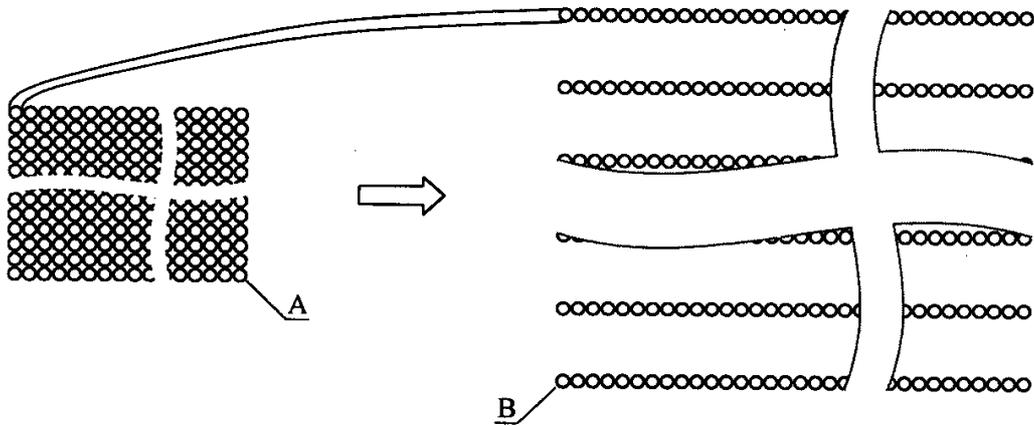


图 5

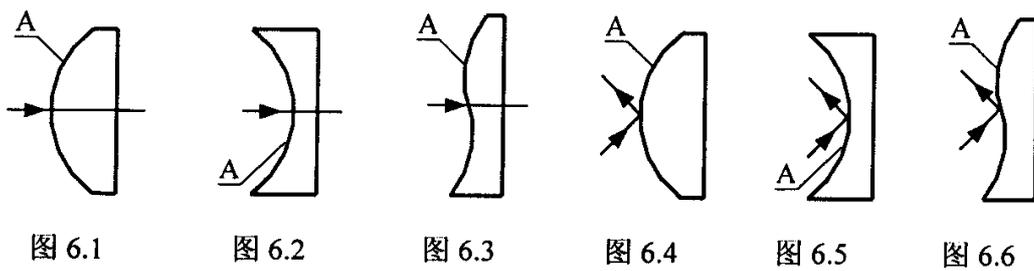


图 6