目 录

[引言 2](#_Toc28195027)

[1.MATLAB仿真的优越性 2](#_Toc28195028)

[2.光波干涉 2](#_Toc28195029)

[2.1 双缝干涉 2](#_Toc28195030)

[2.1.1理论基础 2](#_Toc28195031)

[2.1.2双缝干涉仿真 3](#_Toc28195032)

[3.光波衍射 3](#_Toc28195033)

[3.1 单狭缝的夫琅禾费衍射 4](#_Toc28195034)

[3.1.1理论基础 4](#_Toc28195035)

[3.1.2单狭缝的夫琅禾费衍射仿真 4](#_Toc28195036)

[3.2一维光栅衍射 5](#_Toc28195037)

[3.2.1理论基础 5](#_Toc28195038)

[3.2.2一维光栅衍射仿真 6](#_Toc28195039)

[4.结语 6](#_Toc28195040)

[参考文献 7](#_Toc28195041)

[附 录 8](#_Toc28195042)

# 引言

光是人类以及各种生物生活不可或缺的最普遍的要素之一，关于光的认识现在已经有了准确的答案，光是一种电磁波，它具有波粒二象性。关于光的波动性，早在19世纪，托马斯·杨和菲涅尔从实验和理论上建立起来一套比较完整的理论。自从40多年前有了激光之后，使许多技术得到了更精密的测量和控制。在大学物理教学中能够体现光的波动性质的有：光的干涉、光的衍射和光的偏振，能够体现光的波动性的实验有：双缝干涉实验、圆孔衍射实验、单缝衍射实验、光栅衍射实验、光的偏振实验、马吕斯定律的验证和测定玻璃的布儒斯特角。本文从波动光学的基本原理出发，以MATLAB为工具，验证光的波动性。

# MATLAB仿真的优越性

如今，在教学和科研中，使用MATLAB进行计算机模拟正越来越被重视。分析讨论了夫琅禾费衍射以及双光束、多缝和牛顿环的干涉等理论，用MATLAB编写出相应程序后，进行了计算机模拟，这有助于理解和研究衍射和干涉理论。

光的波动性常常表现为干涉、衍射、偏振等现象。虽然关于这些现象的描述及其阐述有好多，但是未能配以精彩的直观形象图形。运用MATLAB获得模拟图形，将定性的语言描述和抽象的数学表示变为生动直观的表现，可以进一步分析和描述有关波动光学的现象和规律等理论，促进科研的发展和提高教学水平。

# 光波干涉

干涉是指因波的叠加而引起强度相长或相消的现象。有分波面、分振幅和分振动面三种干涉类型。

## 2.1 双缝干涉

### 2.1.1理论基础

平行的单色光投射到一个有两条狭缝的挡板上，狭缝相距很近，平行光的光波会同时传到狭缝，它们就成了两个振动情况总是相同的波源称为相干波源，它们发出的光在档板后面的空间相互叠加，就发生了干涉现象，此现象称为双缝干涉。

双光束干涉，有分波面类型的杨氏干涉、劳埃镜干涉、菲涅耳双棱镜和双面镜干涉等，还有分振幅类型的麦克耳孙干涉等。图 2‑1是双缝干涉装置，是分波阵面的双光束干涉的典型实例。下面分析它的干涉原理与干涉条纹特点。

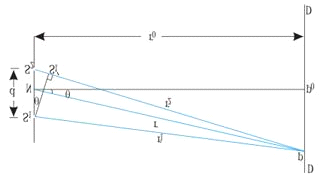


图 2‑1双缝干涉

明、暗纹的位置由两束光的光程差Δ决定

屏上条纹间距

其干涉条纹的特点条纹形状为一组与狭缝平行、等间隔的直线。

屏上干涉条纹强度分布为

### 2.1.2双缝干涉仿真

屏幕宽度为，单边能容纳条亮纹，仿真精度为的万分之一时，得到结果如图2-2所示，可见明暗相间的条纹，这与式（2-1）描述结果相符合。

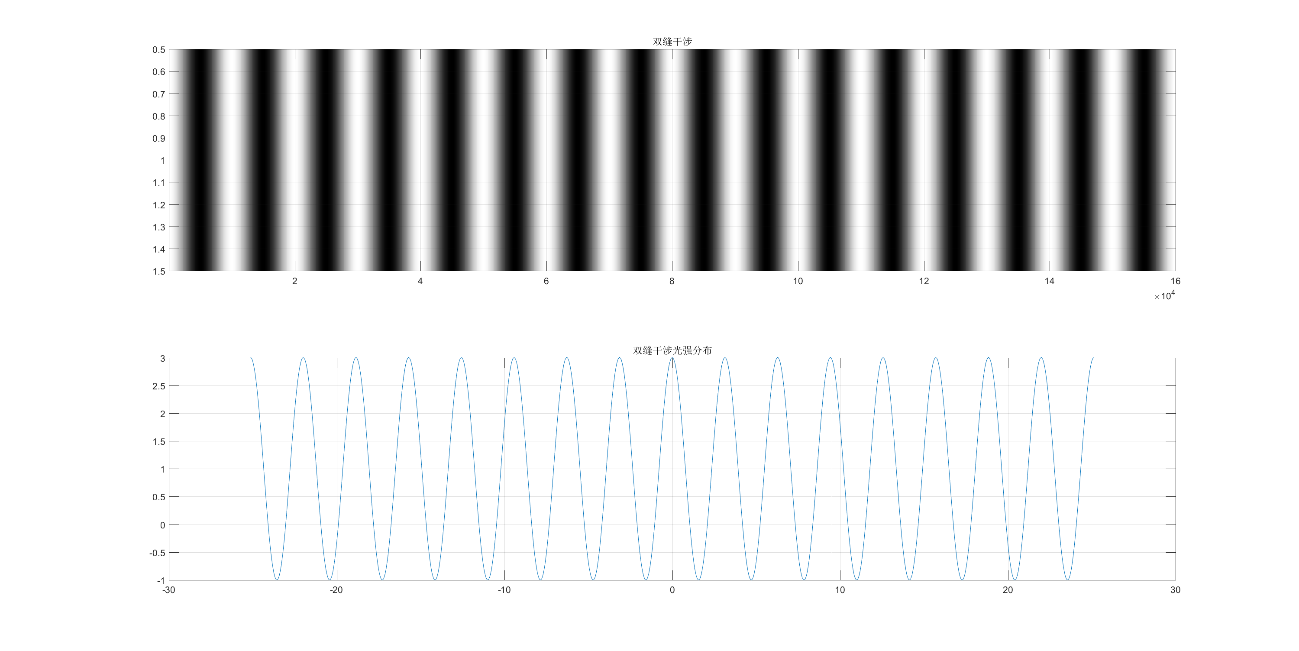


图 2‑2双缝干涉图样和其光强分布

# 光波衍射

凡是不能用反射或折射予以解释的光偏离直线传播的现象，称为光的衍射。通常所研究的是具有各种形状的障碍物的衍射，将这些障碍物称作屏。入射波前在什么方向受到限制，衍射图样就沿该方向扩展，受限制愈严重，在该方向上的扩展也愈厉害。

按光源、衍射屏和接收屏三者之间的相对位置，可将衍射现象分为两种类型：

（1）光源和接收屏或二者之一距离衍射屏为有限远时，所观察到的衍射称为菲涅耳衍射。菲涅耳衍射图样是带有衍射条纹的衍射孔的投影像。

（2）光源和接收屏距离都在无穷远或相当于无穷远，在衍射孔上的入射波及其在各个方向的衍射波都可看成平面波，所观察到的衍射称为夫琅禾费衍射。夫琅禾费衍射的图样是带衍射条纹的光源的投影像，与衍射孔的形状很少相似或者完全不相似。

## 3.1 单狭缝的夫琅禾费衍射

### 3.1.1理论基础

单色点光源发出的球面波照射具有开孔的衍射屏后，衍射场中任一点的光振幅可表示为

式（1-4）即为菲涅耳——基尔霍夫衍射出积分公式。式中和分别为到的矢径和点到点的矢径与点处面元的法线之间的夹角，如图3-1所示。

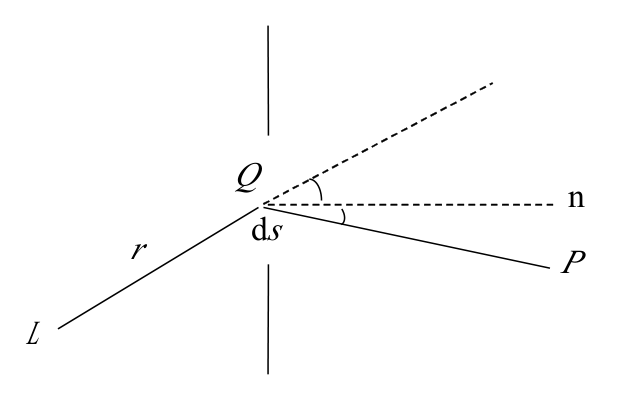


图 3‑1点光源对衍射场中点的作用

在图3-1中，取坐标系的原点在狭缝中心，轴沿系统的光轴，轴沿狭缝的长方向，轴沿狭缝的宽方向。一般而言，当狭缝的长度较宽度大得多的情况下，衍射图样基本上只沿与狭缝垂直的方向扩展。因此，计算接收屏上的夫琅禾费衍射场时，只需考虑轴方向的光振动的复振幅分布，即将它们作为一维问题处理。

将入射波前经缝露出部分分为许多平行于缝长方向的等宽窄条带，各带发出的衍射角为方向的次波经会聚于接收屏上的点，因而像方焦面上的一点是与一个衍射方向相对应的。在缝内距原点为的处，取一宽为的窄条带作为积分面元，即，它到点的光程为，按照菲涅耳——基尔霍夫公式，点的光场为式（2-4）。

### 3.1.2单狭缝的夫琅禾费衍射仿真

屏幕宽度为，单边能容纳条亮纹，仿真精度为的万分之一时，得到结果如图3-2所示，可见主级大条纹和次级大条纹，这与式（2-4）描述相符合。

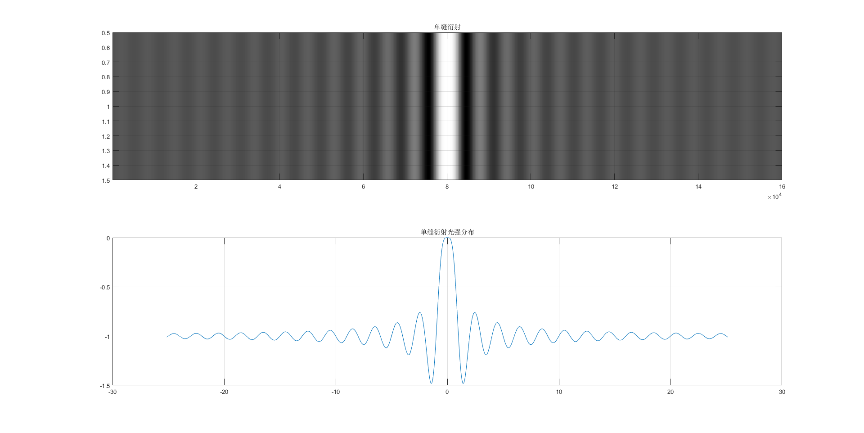


图 3‑2单缝衍射图样和其光强分布

## 3.2一维光栅衍射

### 3.2.1理论基础

有大量等宽度，等间距的平行狭缝组成的光学系统称为衍射光栅。单缝宽度和刻痕宽度之和称为光栅常数。观察到的实验现象中衍射图样的强度分布具有如下一些特征：

（1）与单缝衍射图样相比，多缝衍射的图样中出现一系列新的强度最大值和最小值，其中那些较强的亮线称为主最大，较弱的亮线叫做次最大。

（2）主最大的位置与缝数无关，但它们的宽度随的增大而减小，其强度正比于。

（3）相邻主最大之间有条暗纹和个次最大。

（4）强度分布中保留了单缝衍射的因子，那就是曲线的包迹与单缝衍射强度曲线一样。

光栅衍射条纹，理应是单缝衍射和缝间干涉的共同结果。

设光栅有条狭缝，透镜焦距为，理论分析可以得到，夫琅禾费衍射的光屏上任意一点的光强为

式中

上式的前一部分与单缝衍射的强度相同，它来源于单缝衍射，是整个衍射图样的轮廓，称为单缝衍射因子。后一部分分数可改写如下：因为为相邻两缝对应点到达观察点的光程差（如图所示），这个光程差所引起的相位差为

式（2-5）的分数部分来源于缝间干涉，叫做缝间干涉因子，可写为

可见，光栅衍射的光强是单缝衍射因子和缝间干涉因子的乘积，即是单缝衍射因子对干涉主最大起调制作用。

### 3.2.2一维光栅衍射仿真

屏幕宽度为，光栅常数，，得到结果如图3-3所示，可见结果为单缝衍射调制双缝干涉的情形，这与式（2-5）和式（2-6）描述结果相符合。

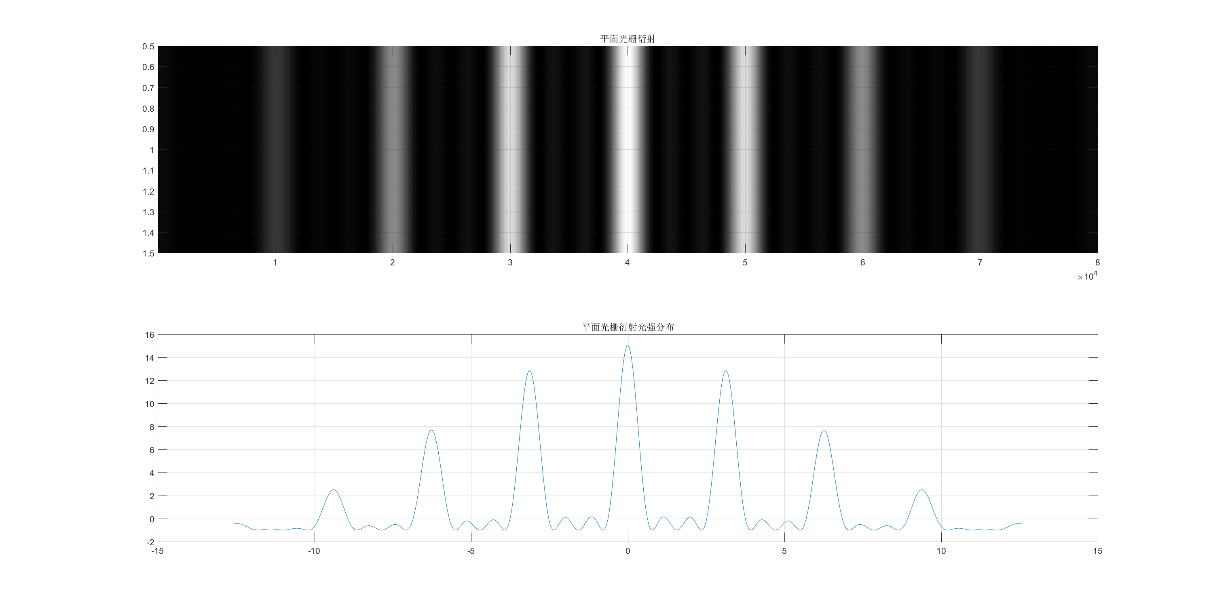


图 3‑3一维光栅衍射图样和其光强分布

# 结语

本文从MATLAB出发，介绍了使用计算机进行光学实验模拟的过程。在光学理论课学习中，从决定干涉和衍射条纹形成的根本性因素光程差出发，对具有代表性的３个光学实验进行了理论分析以及MATLAB仿真。利用MATLAB仿真光学实验，编程简单易学，仿真效果形象逼真，使学生加深了对知识的理解，丰富了学习手段。

# 参考文献

[1] 闻新. MATLAB 科学图形构建基础应用(6.X) (第一版) [M]. 北京: 科学出版社, 2002。

[2] 胡守信. 基于 MATLAB 的数学实验(第一版)[M].北京: 科学出版社, 2004.

[3] 陈扬. MATLAB6.X图形编程与图像处理(第一版)[M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 2002.

[4] 姚启钧. 光学教程 (第三版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.

[5] 郭永康. 光学 (第一版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2005.

[6] 郁道银, 谈恒英. 工程光学(第二版) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2017.

附 录

## 双缝干涉代码

clc;clear;close all;

a=-8\*pi : 0.0001\*pi : 8\*pi;

P=1-sin(2\*a).^2./sin(a).^2;

figure();

subplot(212);

plot(a,P);

title('双缝干涉光强分布');

lgray=zeros(256,3);

grid on;

for i=0:255

lgray(i+1,:)=(255-i)/255;

end

subplot(211);

imagesc(P);

title('双缝干涉');

colormap(lgray);

grid on;

## 单缝衍射代码

clc;clear;close all;

a=-8\*pi : 0.0001\*pi : 8\*pi;

P=(1-sinc(a)).^2;

figure();

subplot(212);

plot(a,-P);

title('单缝衍射光强分布');

lgray=zeros(256,3);

grid on;

for i=0:255

lgray(i+1,:)=(255-i)/255;

end

subplot(211);

imagesc(P);

title('单缝衍射');

colormap(lgray);

grid on;

## 一维光栅衍射代码

clc;clear;close all;

d=-4\*pi : 0.0001\*pi : 4\*pi;

b=d./15;

N=4;

P=1-(sinc(b).\*sin(N\*d)./sin(d)).^2;

%当要求 P 的曲线分布图时

% P=(sinc(b).\*sin(4\*d)./sin(d)).^2;

figure();

subplot(212);

plot(d,-P);

title('平面光栅衍射光强分布');

lgray=zeros(100,3);

grid on;

for i=0:255

lgray(i+1,:)=(255-i)/255;

end

subplot(211);

imagesc(P);

title('平面光栅衍射');

colormap(lgray);

grid on;