

# Design of Involute Drawing Plotter

Xingyu Liu, Xuebin Zhang

School of Materials Science and Engineering, Hefei University of Technology, Hefei Anhui  
Email: 508896976@qq.com

Received: May 19<sup>th</sup>, 2019; accepted: June 3<sup>rd</sup>, 2019; published: June 10<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

Aiming at the problem of involute drawing in engineering drawing class and related design drawing, an involute plotter is designed according to the generating principle of involute, and the design of the plotting tracks and key parts is studied. The plotter is mainly composed of gear and rack transmission mechanical system, centering device, and drawing device. By adjusting the centering device and the initial position of rack, the involute with different base circles and different starting positions can be drawn. The plotter has the advantages of simple structure, convenient carrying and high drawing precision. It is a powerful tool in the teaching of involute gear design and drawing.

## Keywords

Engineering Drawing, Plotter, Involute, Structural Design

---

# 渐开线绘图仪设计

刘邢宇, 张学斌

合肥工业大学材料科学与工程学院, 安徽 合肥  
Email: 508896976@qq.com

收稿日期: 2019年5月19日; 录用日期: 2019年6月3日; 发布日期: 2019年6月10日

---

## 摘要

针对工程制图课堂教学和相关设计绘图中渐开线绘制的难题, 根据渐开线的产生原理, 设计一款渐开线绘图仪, 并对绘图轨迹、关键零件的设计进行了研究。该绘图仪主要由齿轮齿条传动机械系统和定心及绘图装置等结构组成, 调节定心装置和齿条初始位置, 可以绘制出不同基圆半径, 不同起始位置的渐近线。绘图仪中结构简单、携带方便、绘制精度高, 是渐开线齿轮设计和绘图教学的得力工具。

## 关键词

工程制图, 绘图仪, 渐开线, 结构设计

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

长期以来, 在工程制图课堂教学和相关设计绘图中, 绘制渐开线齿轮齿廓形状基本依赖经验, 很难表达准确, 而且对绘制人员要求高, 绘制用时长, 精确度低。目前市场上还没有专门用以精确绘制渐开线的教具。文献[1]曾提出了一种弹簧片式渐开线绘图仪, 依靠基圆上弹簧片的弹性展开, 带动绘图笔实现渐开线轨迹。这种绘图仪不能改变基圆的大小, 和渐开线的生成方向, 故应用受到了限制。因此, 设计一种简易的、用于绘制渐开线的绘图仪, 对于方便教师教学、提高教学效率, 具有较好的现实意义。

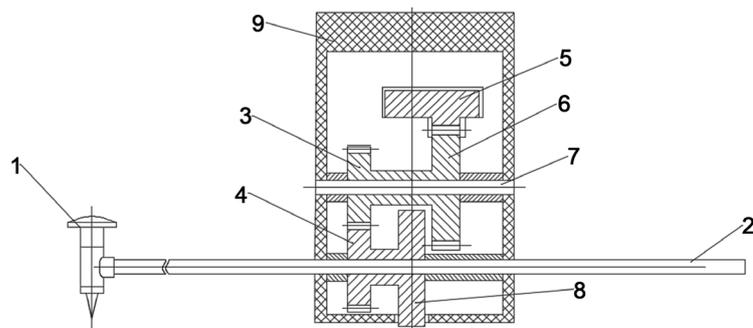
## 2. 渐开线绘图仪的工作原理

### 2.1. 渐开线的产生原理

渐开线的形成是一直线在一个圆周上作纯滚动时, 直线上一个确定的点的运动轨迹[2]。确定点在直线上移动的距离等于圆周上相应确定点在圆周上移动的距离。因此渐开线绘图仪在绘制过程中, 将做滚动的直线转化为齿条, 将直线上确定的一点转化为绘图装置, 再让直线在圆周上滚动起来, 就能实现渐开线的绘制。

### 2.2. 渐开线绘图仪的结构原理

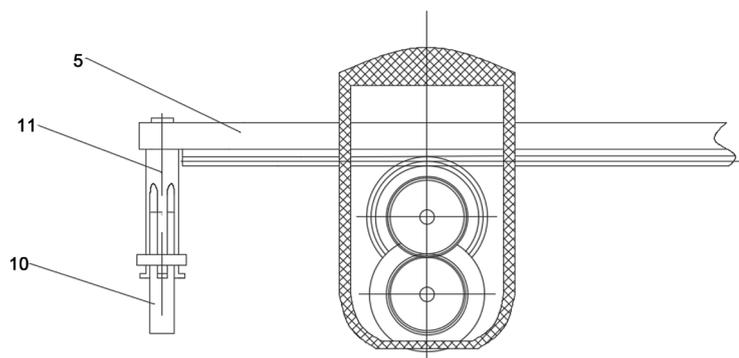
渐开线绘图仪的结构原理如图 1、图 2 所示, 绘图笔安装在绘图笔架上, 绘图笔架和齿条连接在一起。齿条与固定在短轴 7 上的齿轮 6 啮合, 滚动轮 8 和齿轮 4 是双联结构, 并通过齿轮 4 驱动第双联齿轮 3 和 6, 进而驱动齿条 5 的运动。令齿轮 4 与齿轮 5 的齿数相同, 滚动轮 8 的直径等于齿轮 6 节圆直径, 则齿条的横向运动位移与滚动轮的滚动距离相等, 也就是等于滚过的基圆弧线长度。



1-定心装置; 2-径向杆; 3-齿轮; 4-齿轮; 5-齿条; 6-齿轮; 7-短轴; 8-滚动轮; 9-手持盒

Figure 1. Axis profile diagram of plotter

图 1. 绘图仪的轴剖面示意图



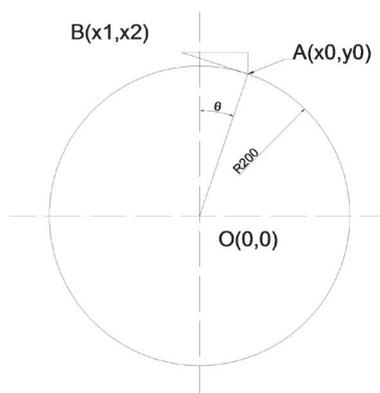
5-齿条; 10-粉笔; 11-笔夹

**Figure 2.** Cross section diagram of plotter**图 2.** 绘图仪的横断面示意图

在绘制过程中, 通过移动径向轴来改变渐开线基圆的半径, 然后左手用圆心定位装置 1 确定圆心, 右手手持手持盒 9, 沿圆周运动, 并用滚动轮 8 滚动通过齿轮机构带动齿条 5 切向移动, 绘图笔的运动是圆周运动和切向运动的复合运动, 且两种运动线速度相等, 符合渐开线的生成原理, 其轨迹是属于上述基圆的渐开线。在手持盒运动的同时保持绘图笔笔尖与图纸充分接触, 即可在纸上或黑板上画出渐开线, 采取不同半径的基圆可以画出不同大小渐开线[3]。

### 3. 绘图轨迹计算

将渐开线绘图仪抽象为简单的几何关系, 如图 3 所示。图中 O 为圆心定位针的位置, 即基圆圆心, A 为手持盒滚动轮位置, B 为齿条上绘图笔位置, 假设 OA 距离为 R, 初始时刻, A、B 间距离为 L0, 滚动轮沿着圆周顺时针滚过  $\theta$  弧度, 可以通过几何计算得到滚轮以及绘图笔的位置。

**Figure 3.** Geometric relation diagram of plotter**图 3.** 绘图仪几何关系示意图

$$x_0 = R \cdot \sin(\theta) \quad (1)$$

$$y_0 = R \cdot \cos(\theta) \quad (2)$$

$$L = R \cdot \theta + L_0 \quad (3)$$

$$x_1 = d_0 \cdot \sin(\theta) - L \cdot \cos(\theta) \quad (4)$$

$$y_1 = d_0 \cdot \cos(\theta) + L \cdot \sin(\theta) \quad (5)$$

当  $\theta$  从 0 到 0.8 连续变化, 取  $R = 200 \text{ mm}$ ,  $L_0 = 20 \text{ mm}$ , 在 MATLAB 软件进行编程计算, 可以计算出 A 点运动轨迹为基圆弧线 1, B 点的运动轨迹为渐开线 2, 如图 4 所示。

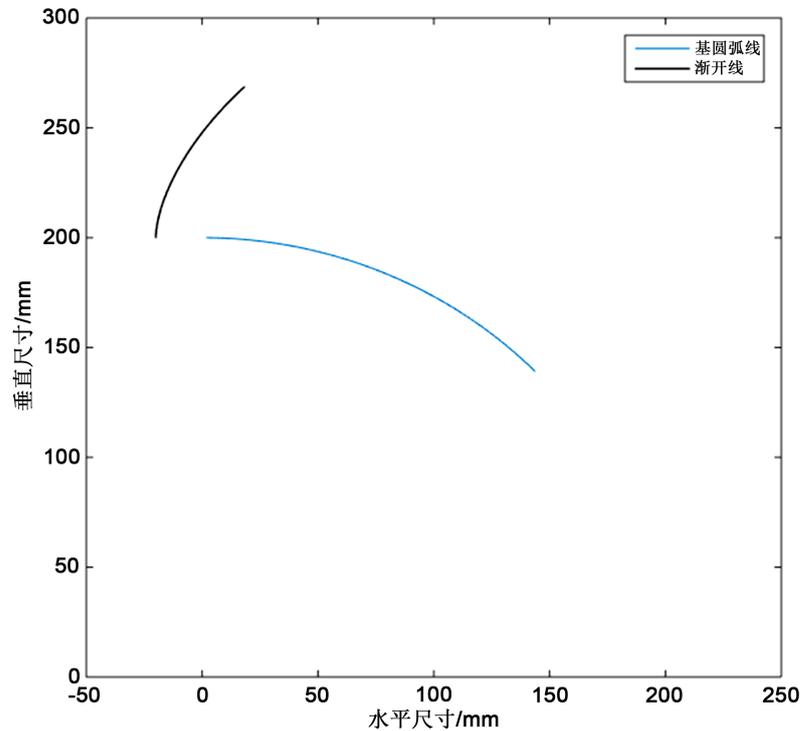


Figure 4. Drawing trajectory calculation

图 4. 绘图轨迹计算

## 4. 渐开线绘图仪的结构设计

### 4.1. 齿轮传动部分设计

各齿轮和齿条用铝合金加工而成, 齿轮 3 和齿轮 4 采用相同的齿数和模数, 滚动轮直径  $d_8 = d_6$ , 因此滚动轮的线速度与齿条线速度相等。各传动件主要尺寸参数见表 1。

Table 1. Design parameters of gear transmission

表 1. 齿轮传动设计参数

零件	模数/mm	齿数	压力角/ $^\circ$	长度/mm
齿轮 1	1	20	20	—
齿轮 2	1	20	20	—
齿轮 3	1	30	20	—
齿条	1	100	—	314

齿轮 4 和滚动轮 8 设计成双联结构, 内孔和径向杆间隙配合, 手持盒上相应的开孔和径向杆也是间隙配合, 保证径向杆可以轴向移动, 实现基圆半径的调节。滚动轮表面覆盖一层橡胶, 以提高摩擦力, 防止打滑。齿轮 3 和齿轮 6 设计成双联齿轮, 内孔和短轴间隙配合, 保证双联齿轮的灵活转动。齿轮结构设计, 如图 5、图 6 所示。

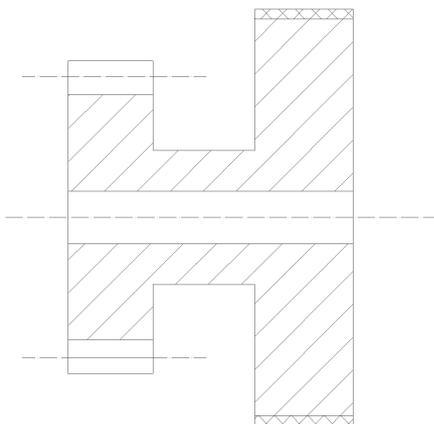


Figure 5. Rolling wheel gear pair  
图 5. 滚动轮齿轮双联件

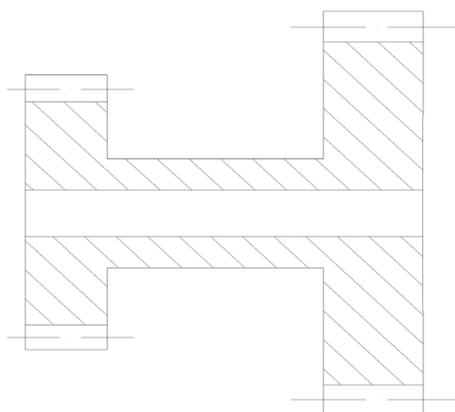


Figure 6. Duplex gear  
图 6. 双联齿轮

齿条的横截面形状为上宽下窄的阶梯形状, 在手持盒壳体上开有相应形状的开孔, 并留有一定间隙, 形成齿条切向滑动的导轨副, 为齿条提供支撑和导向。在齿条的两端, 距离左边和前后端 6 mm 处分别加工两个直径 6 mm 的通孔, 用于安装绘图笔架。并保证绘图笔与滚动轮在处在手持盒中心线位置。即在基圆的同一条切线上。齿条结构如图 7 所示。

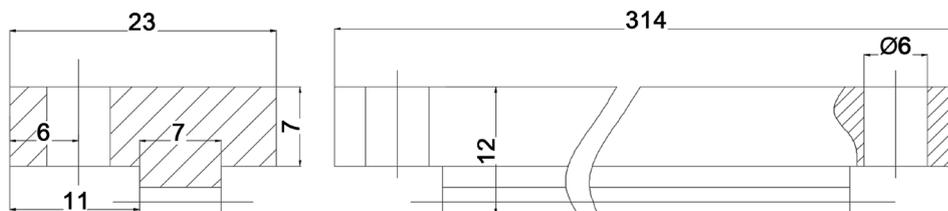
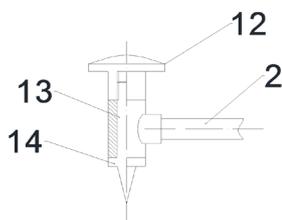


Figure 7. Rack structure  
图 7. 齿条结构

#### 4.2. 径向轴及圆心定位装置设计

如图 8 所示, 定心装置由手柄 12、支架 13 和定心针 14 组成。三者装配在一起, 并通过螺纹紧固, 便于拆装和维修。径向杆 2 安装固定在支架上。



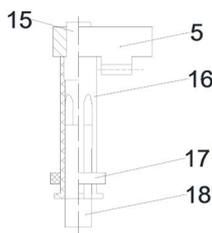
2-径向杆; 12-手柄; 13-支架; 14-定心针

Figure 8. Centering device structure

图 8. 定心装置结构

### 4.3. 笔架部分设计

笔架部分的结构如图 9 所示, 笔夹 16 通过阶梯轴 15 安装固定在齿条上, 紧固箍 17 可以把绘图笔 18 固定在笔夹 16 内。



5-齿条; 15-阶梯轴; 16-笔夹; 17-紧固箍; 18 绘图笔

Figure 9. Drawing pen fixing device

图 9. 绘图笔固定装置

## 5. 虚拟样机的制作

在 solidwork 三维建模平台上, 可以对渐开线绘图仪进行虚拟样机建模, 如图 10(a)、图 10(b)所示。为了能够画出两个方向的渐开线, 在齿条两侧都安装了笔架, 当手持盒顺时针转动, 用手控制左侧的笔按下, 与图板接触, 刻画出左面的渐开线, 当手持盒逆时针转动, 用手控制右侧的笔按下, 与图板接触, 刻画出右面的渐开线, 如图 10(c)所示。

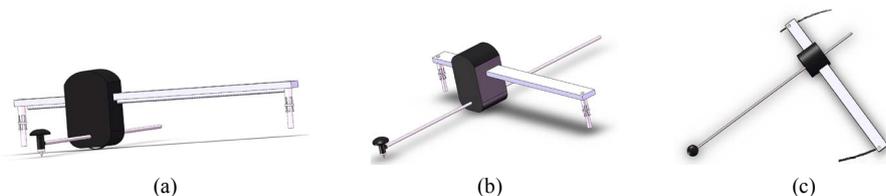


Figure 10. Virtual prototype of involute plotter

图 10. 渐开线绘图仪虚拟样机

## 6. 结论

- 1) 渐开线绘图仪实现工具绘制渐开线, 改变现有手描方法绘制的缺陷, 且绘图步骤简单、方便快捷、精确度高, 是教学和学习的理想绘图工具。
- 2) 通过原理设计、轨迹计算和虚拟样机, 对设计原理进行了验证, 所设计绘图仪结构简单, 使用方便, 可绘制双向的渐开线。

---

## 参考文献

- [1] 唐晓莲, 陈辽军. 一种弹簧片式渐开线绘图仪[P]. CN203282915U, CN201320341818.0.
- [2] 魏军, 邱志敏. 基于 ProE 精确创建渐开线齿轮的基本原理及要求[J]. 现代设计与制造技术, 2007, 36(15): 35-37.
- [3] 刘邢宇, 张学斌. 合肥工业大学渐开线绘图仪[P]. CN108454280A, CN201810194249.9.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2167-6631, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [met@hanspub.org](mailto:met@hanspub.org)