



圆形画图仪

摘要：利用普通的塑料材料制成特定形状，通过简单的机械组合，并充分利用圆的性质，实现在同一个工具上能够画出或者测量包括圆、正多边形、平行线、垂线等多种典型的常用的平面几何图形，以达到精简作图工具数量，提高作图效率的目的。

关键词：简单机械，画图综合，圆



北京航空航天大学第二十三届“冯如杯”创意大赛论文

目录

圆形画图仪.....	1
引言	3
1 项目介绍.....	5
1.1 项目研究内容.....	5
1.2 项目特色.....	5
1.3 圆形画图仪组成.....	5
2 画图原理及方法.....	8
——圆的理论与旋转画图法	8
2.1 画圆及圆弧.....	8
2.2 画正多边形（外心画图法）	8
2.3 画平行线与垂线.....	9
3 关键部分的设计.....	10
3.1 伸缩片的设计方案.....	10
3.2 铅笔插孔的设计.....	11
4 圆形底座尺寸设计.....	13
5 可行性分析及应用前景.....	14
5.1 可行性分析.....	14
5.2 应用前景.....	14
【参考文献】	15



引言

在机械、建筑等设计过程当中，往往需要设计人员在设计图纸上画各种图形，这其中就包括平行线、圆弧，还有就是一些规则的几何图形，如圆形、正多边形等。然而在现有的画图工具当中，很少有哪种工具可以同时满足以上的画图需求，欲达目的，在画图过程中就要不停的更换画图工具，由此带来了不便；即使通过现有的一般方法能够画出所需图形，但是往往会因为量取与作图不在同一工具上而造成较大的误差。

一、 经查阅相关资料^[1]发现，有一种画正多边形的铰链装置如下：

如图 1，这个装置满足 $AB = BC = CD = DE$ ，四边形 $ABFG$ 和四边形 $BCHK$ 全等， D 可在 AG 上自由移动， E 可在 BK 上自由移动。这样就保证了在铰链改变形状时， $\angle ABC = \angle BCD = \angle CDE$ 。

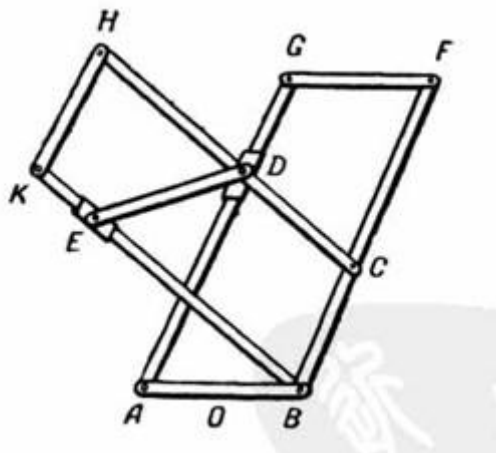


图 1

如图 2，保持 AB 在纸上不动，将 D 、 E 滑动到特定位置，很容易画出 5 到 10 的正多边形。其中，画正九边形时， $\angle Y_5AX = 60^\circ$ ；画正十边形时， $\angle Y_6AX = 36^\circ$ 。画出的正多边形的变长即为 AB 的长度。正确性此处不再赘述。

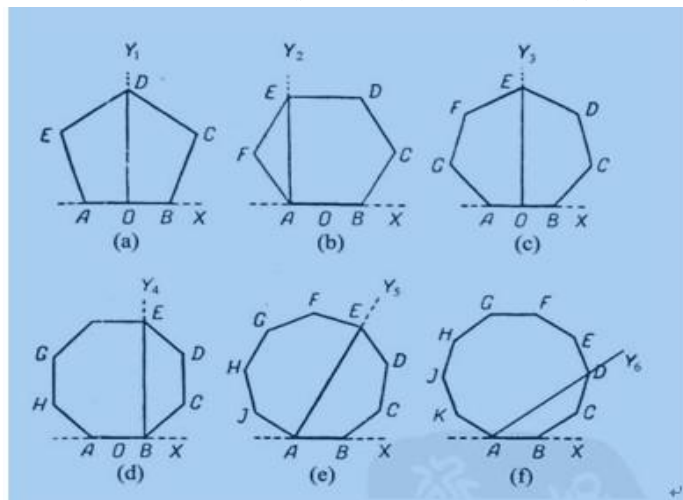


图 2



北京航空航天大学第二十三届“冯如杯”创意大赛论文

从理论上（不考虑机械问题的话）讲它可以画出任意的正多边形。例如，当 A 和 D 重合时可以画出正三角形，当 A 和 E 重合的时候可以画出正方形。若 BF 可无限延长，则可以画出边数任意多的正多边形。正确性非常显然，此处就不再赘述。

二、出上述方法外，传统的尺规作图也可作出正多边形，由于方法步骤较简单，此处不再赘述。

以上即为现如今画出正多边形的方法，分析方法一的优缺点如下：

优点：能够利用一种工具作出任意正多边形；

缺点：装置较复杂，且仅能画正多边形，无法测量，功能较少。

本项目就是为了解决上述问题应运而生的，通过设计制造出一个可同时满足画正多边形、画圆及指定角度的圆弧、画平行线及垂线等需求的工具，降低画图误差，从而提高工作效率。



1 项目介绍

1.1 项目研究内容

为提高作图效率，综合各作图工具于一体，需要全面的分析各个典型平面图形的特征，这些平面图形包括圆、正多边形、平行线和垂线等，找出作图当中共同的规律，并且依此规律设计出相应的形状与器械以满足要求。即研究内容包括两方面：

1. 平面几何图形的特征及作图方法；
2. 简单机械的运动规律。

1.2 项目特色

圆形画图仪是一个以画圆为基础的画图工具，特色为：

- 1.能够以指定点为圆心，画指定半径的圆、指定角度和半径大小的圆弧（在工具规定的尺寸范围内）；
- 2.画指定距离的平行线（在工具规定的尺寸范围内）；
- 3.画任意边长的任意正多边形（在工具规定的尺寸范围内以及材料允许条件下）；
- 4.组成简单，易于制作完成。成本低廉，易于广泛推行。用途多样，满足大多要求。

1.3 圆形画图仪组成

充分利用圆的理论，画图仪的组成很简单，主要包括两个部分：圆形底座和刻度外盘。现分别进行介绍：

1. 圆形底座

作为本画图仪的重要组成部分，圆形底座的大体结构如图 3 所示

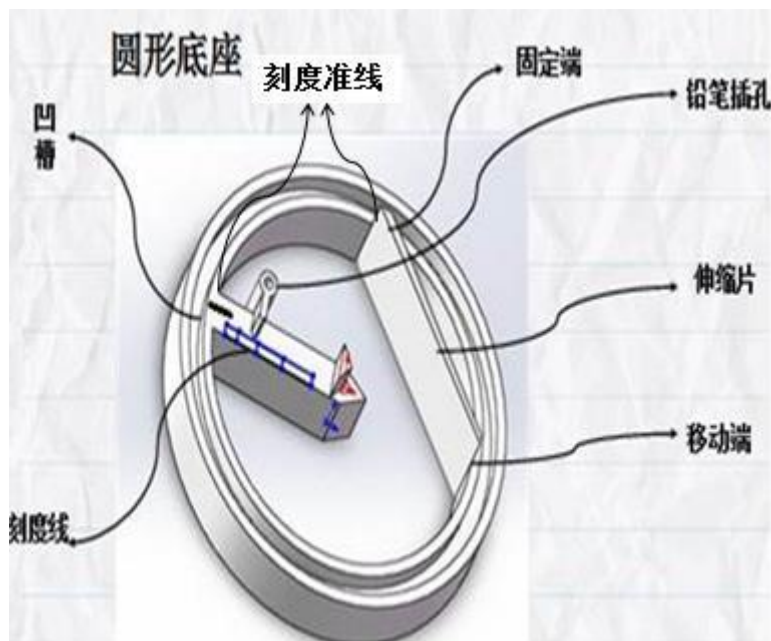
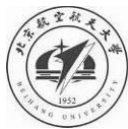


图 3

而对整个圆形底座，又分为伸缩片、刻度尺和带有凹槽的外圆盘。

- 伸缩片为拥有一定塑性与刚度的材料，两端连接于外圆盘上，一端为移动端，可以绕圆周移动，另一端则为固定端。
- 横杆刻度尺一端与圆心重合，另一端与外圆盘固定，在其上还有可以沿半径方向移动的铅笔插孔，插孔内可以放置铅笔。
- 外圆盘圆周上带有凹槽，用以与刻度外盘相配合。

2. 刻度外盘

刻度外盘结构如图 4（反面）和图 5（正面）所示，为透明材料制成，在反面方向上有凸起的一圈圆轮，用以与圆形底座间隙配合^[2]，也可实现绕圆心旋转，在圆周凸轮的另一侧表面即正面上有两圈 360° 的双刻度线（两起点相隔 90°，同向旋转 360°，分别与底座刻度准线对齐）。

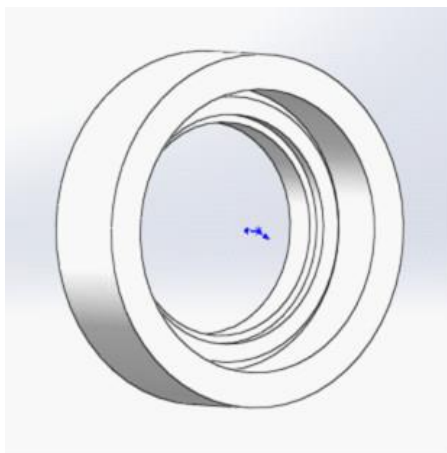


图 4

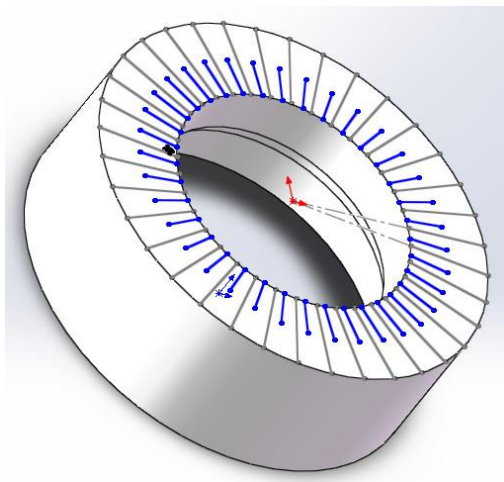


图 5



2 画图原理及方法

——圆的理论与旋转画图法

2.1 画圆及圆弧

原理：围绕一点等距旋转一周的轨迹为圆，圆弧亦可从其上截取。

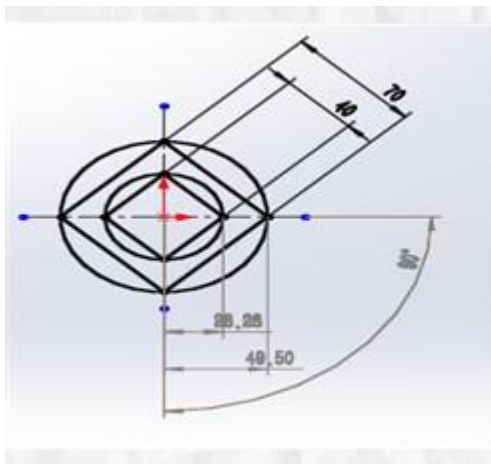
方法：将刻度外盘与圆形底座间隙配合好，并在铅笔插孔内放置并紧固好铅笔，在底座横杆刻度尺上确定半径大小，并将铅笔插孔调节到对应位置固定，然后将圆心移至指定点，一手按住外盘，一手旋转底座横杆，即可画出相应的圆弧与圆周。

注：圆弧角度可通过外盘刻度的起始与终点值读出并相减得到，此方法在比例图分析中画圆形饼柱图时较为方便。

2.2 画正多边形（外心画图法）

原理：凡是正多边形，其外圆过其每一个顶点，且正多边形每一边长所对圆心角之和为 360° ，这就意味着可以利用圆来画出正多边形。

方法：不妨画一个边长为 b 的正 N 边形，首先计算每一边的圆心角 $A=360/N$ ，将伸缩片夹角调为 A (通过刻度外盘读出夹角数)，将底座圆心置于指定点即多边形外圆圆心，沿着伸缩片与纸面的交线依次画出 N 边即可。此时画出的是外圆半径为 R (R 是圆形底座的最大半径) 的正多边形。如需画边长为 c 的正 N 边形，则只需经过简单换算，算出新多边形的外圆半径 $r=cR/b$ ，并画出该同心圆，依次连接圆心与顶点，使其与新画之圆相交，然后再依次连接交点即得到边长为 c 新正 N 边形。(详见图 6 所举例子)



如图所示：

$R=49.5$,

$r=28.28$,

$A=90^\circ$,

$b=70$,

$c=40$,

$N=4$.



图 6

2.3 画平行线与垂线

原理：由通过利用圆画正多边形的思路可以画出垂线或者指定距离的平行线。

方法：不妨画相距为 $2d$ 的平行线，首先计算伸缩片两端所夹角度 $A = \arccos(d/R)$ ，然后调节伸缩片移动端使其夹角为 A ，画出一条直线，旋转底座 180° ，画出另一条直线即可。若旋转 90° ，所画之线即为垂线，亦可实现中垂线的作图，此处不再赘述。

（详见图 7 所举例子）

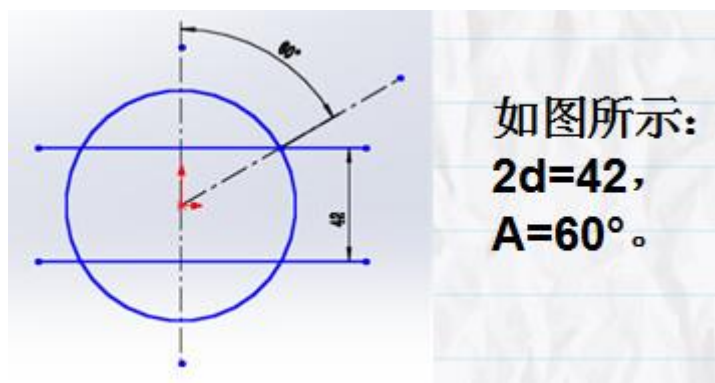


图 7



3 关键部分的设计

3.1 伸缩片的设计方案

伸缩片在该画图仪中属于核心部分，正多边形的画出与否与其直接相关。该伸缩片要满足两点重要的条件：伸缩性能和一定的硬度，以此保证长度变化与直线度。现有两种设计方案如下：

◆ 方案一

采用橡皮筋材料，即橡胶与乳胶的做成的材料，具有伸长率大、回弹性好、价低、使用方便等特点，可在很大程度上满足设计要求。但正是因为其质较软，可能会影响直线度。



图 8

为解决因橡皮筋质软而影响直线度的问题，可从两方面进行考虑：

1. 在橡皮筋的制作过程当中，改变原材料的配比，并适当加入辅助的材料以改变其原有性能，达到预期要求，即任意伸缩而不影响直线度，理论上可以实现趋近零至最大长度范围内的伸缩。
2. 可以就使用普通橡皮筋，不过以其在自然不受力的状态下的很小 L 长度接入圆盘，这样的话，当所画边长 D 大于 L 时，伸缩片处于受拉状态，即可保证直线度。但是，这样做的一大弊端是存在边长盲区，即对于边长小于 L 的多边形无法画出。

综合考虑以上两种橡胶材料作为伸缩片的方式，选取第二种方法较好。因为在实际画图当中，很少会用到边长数超过 10 的正多边形，因此边长也不会趋近于一个十分小的数，只要保证伸缩片自然长度小于或等于正十边形的边长，则在一定的外圆半径大小下，存在边长盲区对于作一般大小的图无影响，是合理的。

◆ 方案二

使用太极伸缩剑的伸缩原理来制作伸缩片。

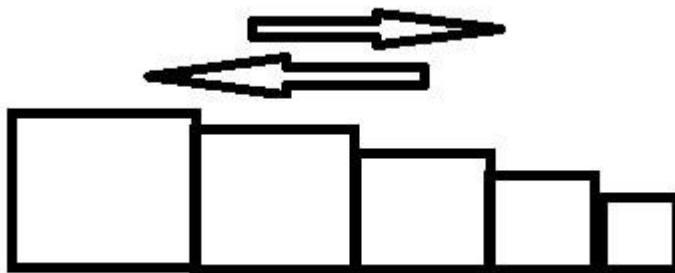


图 9

若利用此原理的伸缩片，则应该在伸缩片固定端用铰链与底座圆盘相连，使其能在圆盘平面内转动，而相应的应该在底座圆盘的内壁标上角度刻度线（根据理论计算只需标止 120° ，即正三角形一边所对圆心角大小），使自由端所伸出部分指向刻度线，即读出边长所对夹角大小，以实现边长的调节。

3.2 铅笔插孔的设计

铅笔插孔可放置并紧固铅笔，同时也可在刻度横杆上进行移动以确定半径大小。其结构大体如下图 10

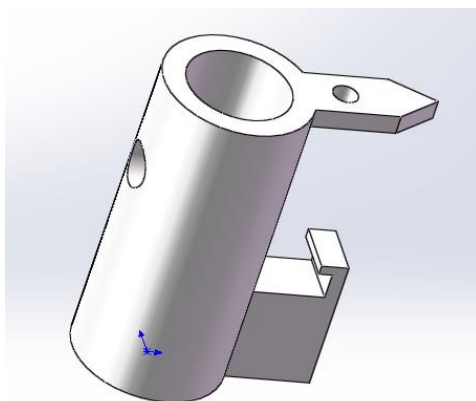


图 10

从图 10 可看出，正中心的较大通圆孔是放置铅笔笔身的，在圆筒的侧边开有螺纹小孔（图中螺纹未画出），配合以螺钉已达到紧固铅笔的目的，而在水平上端的另一螺纹小孔配以螺钉则是为了紧固整个圆筒，在其下的横槽则是与刻度横杆相配合以实现沿横杆的移动。

注：刻度横杆的结构如下图 11，刻度横杆是与刻度圆底盘固连，并非独立。

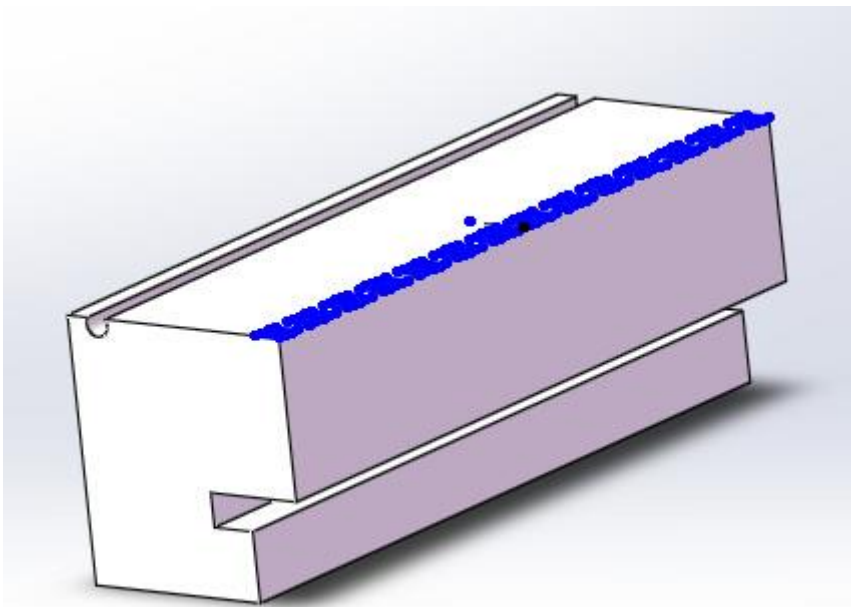


图 11



4 圆形底座尺寸设计

以最大可画半径为 80mm 的圆进行相关计算。

如图 12 所示，横杆半径为 100mm，考虑到铅笔插孔有一定的宽度，不可能画出半径无限小的圆，也不可能画出无限接近底座圆盘的内圆，固取横杆刻度尺上一部分长度为有效画圆半径长度，即图中所示的 80mm 部分。

通过简单计算，伸缩片的最大长度为画正三角形时的边长，为 196.06mm，而画正十边形时的边长为 61.80mm。

其他尺寸如下：槽宽 10mm，槽深 8mm，底盘边缘宽度 20mm，高度 20mm，横杆宽 12.99mm，高为 20mm。

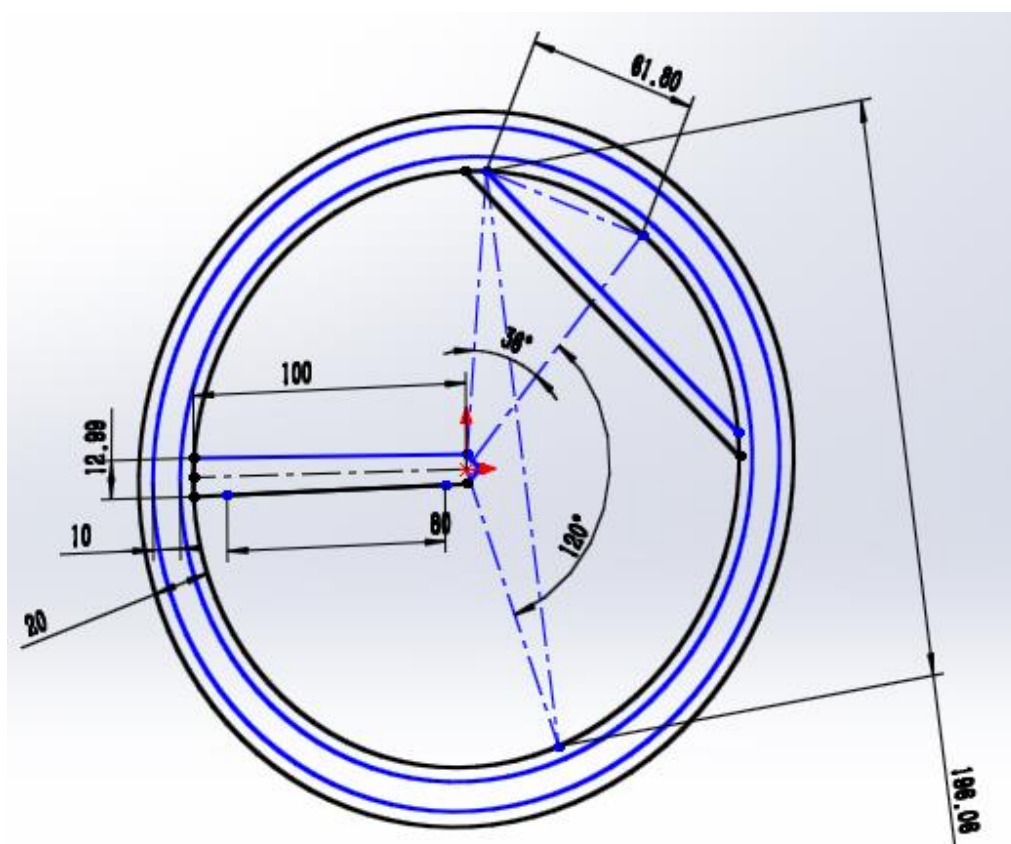


图 12

注：仅着重标示圆形底盘尺寸，是因为在此尺寸设计当中包括了设计其他组成部分是应该考虑的因素，故其他组成部分尺寸按照相应的方法可以设计出来，此处不再赘述。



5 可行性分析及应用前景

5.1 可行性分析

- 使用圆形画图仪：能够在同一工具上进行多种作图过程，简化了平常作多种图形的繁琐步骤。另外，画图仪的最大亮点在于能够简单的作出正多边形，这是传统尺规作图方法难以比拟的。
- 使用铰链装置：理论上能够画出任意正多边形，但是结构与操作均比较复杂，并且市场上并无相关的产。
- 使用传统的尺规作图：能够画出任意的图形，但同样比较复杂。

将上述三种方法相比较，发现圆形画图仪具有相当大的竞争力，它既弥补了以往的复杂作图方法，又着重解决了画正多边形的问题，同时兼具作其他普通常用图形的功能。同时，由于这是一种简单机械，制造工艺相对容易，可以大量生产。综上，这种既有针对性，又能满足普通需要的新型工具可行性很好。

5.2 应用前景

- ✧ 一定程度上取代传统的尺规工具，成为工程制图设计人员手工作图时手上的新工具。
- ✧ 面对校园，理工科类的学生与老师均将成为其使用者。在此，针对教学，可将此圆形画图仪与黑板相结合，制造出新的具有画图功能的黑板，即新型画图黑板（如果圆形画图仪得以顺利推广，则将进一步促进新型黑板的研发）。



北京航空航天大学第二十三届“冯如杯”创意大赛论文

【参考文献】

- [1] 柯尔捷姆斯基. 莫斯科智力游戏: 359 道数学趣味题 [M]. 叶其孝. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [2] 李喜桥. 加工工艺学 [Z]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2009.5