Education Research Frontier
March 2017, Volume 7, Issue 1, PP.12-17

Design and Practice of Crusher Teaching Model

Hongping Luo[1#], Shunda Zhan[1],Yunya Xiao[2], Lingyu Chen [1], Zhaoqin Yu[1]

1. School of Electromechanical Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, P.R.China

2. School of Physics & Electromechanical Engineering, ShaoguanUniversity, Shaoguan 512005, P.R.China

#Email: luohongping@gdut.edu.cn

Abstract

Teaching models can help students learn engineering principle more easily as they provide a perceptual knowledge on machines structures and their operational principle. This paper introduces the design, manufacturing and assembly of two types of crusher teaching model, i.e. Jaw crusher and cone crusher. Firstly, crusher teaching models are designed according to a principle of simplification and reduction to clearly show the operational principle and key components of the machine. Secondly, teaching models composed of eccentric device, rod mechanism, gear mechanism, transmission mechanism, spring mechanism, electric control circuit etc are manufactured and assembled using techniques of hand working, NC machining, 3D printing and color processing. The established teaching models are characterized with low fabrication cost, good appearance, clear visualization of inner structure of motion mechanism, parameters adjustment as well as demonstration of mechanism movement and mechanical failure, and have played their effectiveness in mechanical classroom teaching.

Keywords: Crusher; Teaching model; Teaching aid; Visualization; 3D printing

破碎机教学模型的设计及其教学实践 *

罗红平[1]，詹顺达[1]，肖耘亚[2]，陈玲玉[1]，于兆勤[1]

1. 广东工业大学机电工程学院，广东省广州市，510006

2. 韶关学院物理与机电工程学院，广东省韶关市，512005

摘要：教学模型可有效增加感性认识，增强学生对机器内部结构、机械运行原理等的理解与掌握。本文以颚式和圆锥式一体式破碎机教学模型为例，介绍了其设计、制造及组装技术。通过对实物机器的缩小与简化，并利用钳工、数控加工、3D 打印、上色处理等技术，实际构建了包括偏心机构、连杆机构、齿轮传动、带传动和弹簧机构、控制电路等于一体的破碎机教学模型，具有外形精美、造价低廉、内部结构清晰，可实现参数调整、机构运动及机械失效过程的演示等特点，在机械类科目的课堂教学实践中发挥了较好效果。

关键词：破碎机；教学模型；教具；可视化；3D 打印

引言

在机械类科目的课堂教学中，学习难点往往源于初学者对所学知识在脑海中无直接成像，没有实际工程经验的学生较难建立起抽象的原理概念。为了增加感性认识，增强学生对机械运行原理、内部结构等知识点的理解与掌握，常采用如下两种课堂教学辅助方式：一种为使用多媒体技术等手段，以影视、图片、动画等方式加深理解；另一种则是设计教具，通过教学模型提高感性认识。与实际生产机械相比，教学模型不仅能将实际机械按比例缩小并适当简化，同时还能通过透明化处理等将实际机械中一些看不见摸不着的内部结构直接呈现而更加具体直观，因而能达到更好的课堂教学效果。天津理工大学许彦等 [1] 在工程训练 中采用教学模型辅助学生学习工艺知识，增加了他们对工程实践的理解；南京农业大学周永清[2]在机械原理的教学中，通过教师自创教具、学生自制学具，再将教具、学具与视频、动画等多媒体素材融合，提高了 学习效果；广东省南方高级技

基金资助：受广东省科技计划项目（2016B040401005）和广东省创新强校工程项目支持资助

工学校欧家明[3] 利用 51 系列单片机进行多自由度机械手教学模型的设计，成功用于自动控制专业学生的单片机课堂教学。利用具体模型和教具进行演示说明，通过教学模型培养学生 的综合能力、激发学习热情 [4]，对处于专业知识学习初级阶段的学生来说十分必要。本文通过对颚式和圆锥式一体化破碎机模型进行设计和实际制作，为机械类科目的课堂教学提供了较高展示度的教学模型。

1 破碎机教学模型方案的提出

破碎机是矿山、冶金、化工、水泥等工业部门广泛应用的重要工程机械，其涵盖的机构种类多，涉及学科知识点广，是较为理想的教学模型工程实例。

根据工作方式不同，常用的破碎机包括颚式破碎机、圆锥式破碎机、反击式破碎机、立式冲击式破碎机、环锤式破碎机、锤式破碎机、辊式破碎机等多种型式。其中颚式破碎机为平面间歇运动，圆锥式则为空间连续运动，从颚式到圆锥式的转变，伴随着破碎效率的巨大跨越。将这两类破碎机实例转化为教学模型，将涉及机架、连杆机构、螺纹传动机构、带传动机构、锥齿轮传动机构、偏心轴套，电位器控制、电机及其驱动等，与《工程训练》、《机械原理》、《机械设计》、《机电传动控制》等多门课程密切相关。因此，本文选用颚式和圆锥式破碎机来实际构建教学模型，以达到适应课程广、用途多样的目的。

2 破碎机教学模型的设计与制造

2.1 教学模型设计原则及工作原理

所设计的破碎机教学模型（图 1）将颚式和圆锥式模型固定在同一块底板上，两类破碎机模型大小相当，结构互相对比，且模型外壁透明（ 使用亚克力板、管等 ），内部零件涂上区分色，可直接观察到内部结构，方便学生对这两类破碎机模型进行直观的比较和理解。为降低成本，缩小体积，颚破与圆锥破采取 共用电机的方式，选用减速电机作为其共同动力源，该电机转速可调，且电机的转动通过齿轮传动传递到 小带轮，小带轮通过 V 带带动大带轮转动，作为两类破碎机模型的运动输入。

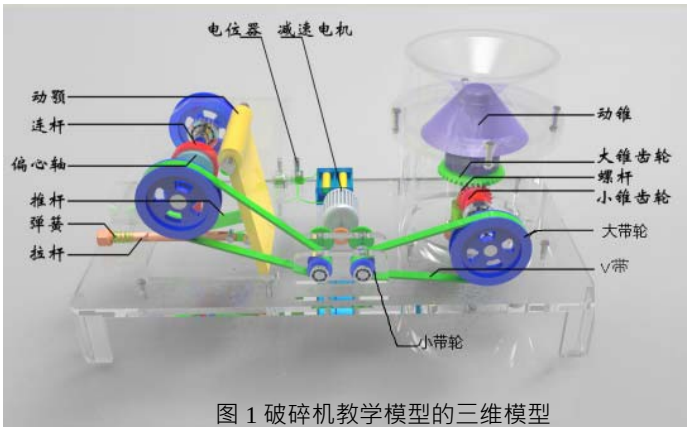
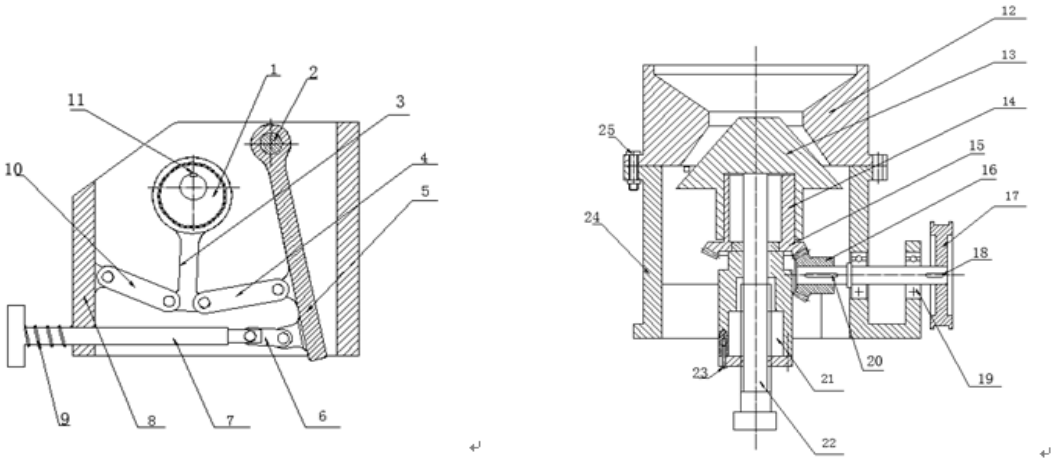


图 1 破碎机教学模型的三维模型

颚式破碎机教学模型的机构运动简图如图 2（a）所示。大带轮与偏心轴 1 的轴心同轴，从而带动连杆 3 做上下往复运动，进而使两推力杆 4,10 作往复运动，推动动鄂 5 左右往复摆动，破碎腔大小改变，从而实现破碎与泄料。当出现过载现象时，皮带轮发生打滑，实现过载保护。

圆锥式破碎机教学模型的机构运动简图如图 2 （b）所示。大带轮与小锥齿轮 16 同轴，带动小锥齿轮 16 转动，锥齿轮啮合使大锥齿轮 15 转动，进而带动偏心套 14 转动，而动锥 13 罩在偏心套 14 上，随偏心套 14 的四周摆动而摆动，从而使动锥 13 和静锥 12 的距离时大时小，实现破碎与泄料。发生卡料时，可以利用螺纹螺母传动机构 21,22 改变破碎腔的大小，使卡料泄下，恢复工作。过载时皮带轮打滑实现过载保护。



1--偏心轴 2--轴 3，6--连杆 4，10--推力板
5--动颚 7--拉杆 8--机架 9--弹簧 11-平键

（a）颚式破碎机

12--静锥 13--动锥 14--偏心轴套 15--大锥齿轮
16--小锥齿轮 17--带轮 18，20--平键 19--轴
21--螺母 22--螺杆 23--螺钉 24--机架 25--螺栓

（b）圆锥式破碎机

图 2 破碎机教学模型机构运动简图

2.2 破碎机教学模型的设计与选型

2.2.1 电机选型

电动机是标准部件。因为工作环境清洁，运动载荷平稳，所以选择电压 12V，可顺逆/正反转、具有自锁功能、噪音小、扭矩大、电流小、减速比越大、电机运行静音的减速电机工作。电机参数如表 1 所示。

表 1 破碎机教学模型电机参数

参数名	数值
电压	12V
空载转速	300r/min
负载转速	240r/min
额定力矩	0.5Kg/cm
额定电流	300MA
堵转力矩	4Kg/cm
堵转电流	300MA
减速比	100

2.2.2 传动比分配

总传动比为 $i = \frac{nm}{nw} = \frac{300}{15} = 20$，为使传动装置尺寸协调、结构匀称、不发生干涉现象，同时获得较大力矩，现选平带传动比为 $i_{带} = 3.5$；齿轮的传动比为 $i_{齿轮} = 3.8$，锥齿轮的传动比为 $i_{锥齿轮} = 1.5$，转速与传动比如表 2 所示。

表 2 各轴的转速与传动比

轴名	转速(r/min)	传动比
电机轴	300	3.8
小带轮轮轴	79	3.5
大带轮轮轴	23	1.5
主轴	15	

2.2.3 带传动设计

参照带传动设计手册，初选小带轮直径 dd1=18mm，按照设计手册计算出大带轮直径、带速、中心距、基准长度、主动轮包角等，设计流程如图 3 所示，设计结果如表 3 所示。

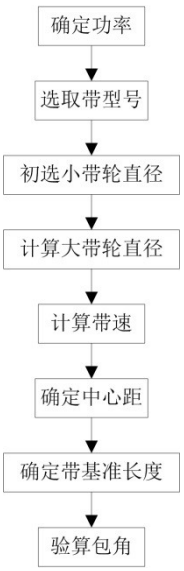


图 3 破碎机教学模型带传动设计流程图

表 3 破碎机教学模型带传动结构参数

参数项目	数值
小带轮直径	18mm
大带轮直径	62mm
带速	0.28m/s
中心距	110mm
基准长度	350mm
主动轮包角	157°

2.3 破碎机教学模型的制造与装配

2.3.1 部件加工

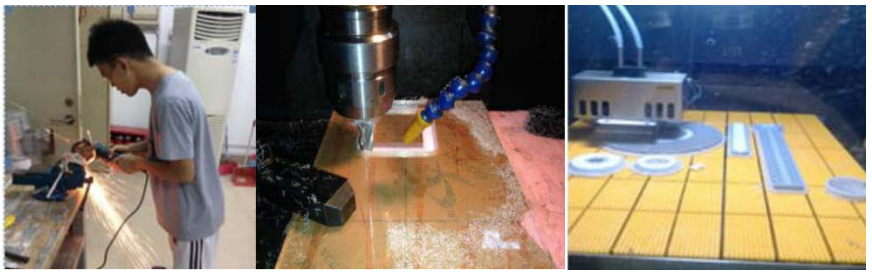
通过自制教具能更好的引导学生制作学具，锻炼动手能力，培养学生的实践能力和创新意识[5]。如图 4 所示，针对不同部件的结构特点，分别采用了传统手工加工，数控技术加工，3D 打印技术加工进行制造。

数控加工是在数控机床上进行零件加工的一种工艺方法，用数字信息控制零件和刀具位移在工件上进行加工。数控加工的零件包括颚破和锥破的外壁、模型的底板。

3D 打印技术就是利用三维建模，把 CAD 数据导入 3D 打印机中，通过成型技术将材料逐层叠加形成建模形状。 3D 打印技术制造零件具有快速低成本、外形美观、可使用透明材料、能加工出复杂内部结构的零件等优点，虽然有时存在零件刚度硬度不足等问题，但由于模型本身并不用于实际生产，故教学模型中一些结构复杂的零件可通过此技术进行制作，包括颚破的连杆、推力板、弹簧杆，锥破的锥齿轮、带轮等。

2.3.2 上色

模型的外壁采用透明的亚克力板材，可以看见内部结构。为了便于区分内部各个部件，同时也为了使整个模型更加美观，对比度更高，使用绘图颜料聚丙乙烯对各零件涂以区分色，如图 5 所示。



(a) 锯切加工　　(b) 数控加工　　(c) 3D 打印

图 4 破碎机教学模型零部件加工方式

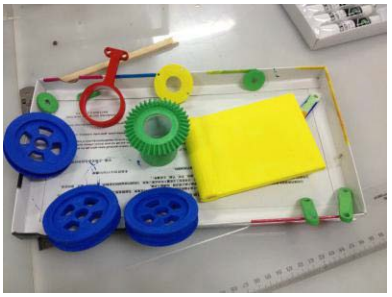
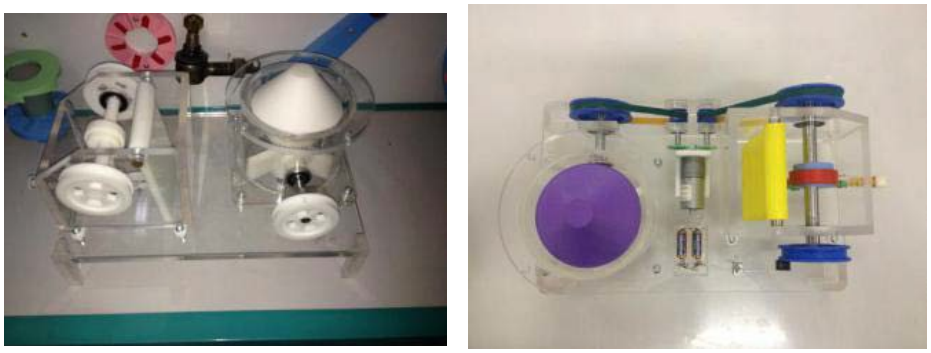
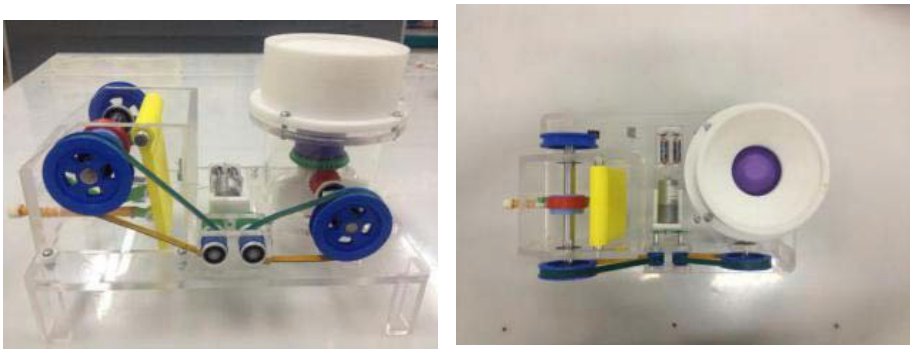


图 5 零部件上色

2.3.3　装配



(a) 初装配斜视图　　(b) 初装配上色俯视图



(c) 再装配斜视图　　(d) 再装配俯视图

图 6 破碎机教学模型装配过程图

图 6（a）为未上色时进行初装配，进行整体观察，根据颜色搭配表以及机构之间的关联性选择区分上色。上色后的俯视图如图 6（b）所示，上电后可清晰观察到左边圆锥破做空间连续运动，右边颚破做平面间歇运动。加静锥后的整体图如图 6（c）所示，俯视图如图 6（d）所示。整套教具装配简单，装配后的模型外观精美，学生也可自主进行拆装，提升认识。

3 破碎机教学模型的实践效果

（1）通过工程案例来提高理论教学效果。工程教育的实际目的除了让学生掌握工程知识之外，更重要的是能够让学生学以致用，通过用工程理论知识解决工程案例中切实发生过的问题。以工程实例作为设计的起点符合工程训练的教学需求，开展有针对性的教学，也符合复合型人才培养的要求。

（2）促进学生对过载保护的理解。机械失效在实际工程并不易见，因为实际中的设计都是为了避免失效的发生，而作为模型却可以故意将它展示出来。传动带轮用 V 带连接，当物料卡住破碎腔时，模型内部无法运转，外部的带轮与皮带发生相对运动而打滑，加深了学生对过载保护的理解。

（3）适用于多门课程教学。破碎机模型涉及多个学科知识点，适用于《工程训练》、《机械原理》、《机械设计》、《机电传动控制》等多门课程的辅助教学。

4 结语

破碎机教学模型的设计与制作旨在提高学生学习效率，开拓学生创新精神，可将其当成众多机械领域中的典型教具代表，进而去发现、设计出适合其他领域的教具模型，达到优化机械课堂教学结构的效果。

5 致谢

本文所设计的破碎机教学模型已在广东工业大学及韶关学院的工程训练、机械设计等相关机械课堂中获得成功应用并曾获广东省机械创新设计大赛一等奖，感谢广东工业大学工程训练中心和韶关学院相关老师、同学的辛勤付出以及大力支持与帮助。

REFERENCES

[1] 许彦, 王鹏, 田维通.工业工程专业实验教学模型设计与应用.实验技术与管理.2014,31(2): 203-205

[2] 周永清.机械原理创新教具学具进课堂.实验技术与管理.2016(2): 11-13

[3] 欧家明.基于 51 单片机多自由度机械手教学模型的设计.科学视野.2014(16): 229

[4] 孙亚波.浅论机械基础教学中教具的作用.职业.2013(2):114-115

[5] 朱秋青, 吕鸣几. “自制教具”开启机械设计基础教学的密码.科技创业家.2013(4):179 [6] 于玮,赵南生等工程训练微课程教具设计.实验技术与管理.2015(10):100-104

【作者简介】



[1] 罗红平（1978-），男，汉族，博士，讲师，主要研究方向为特种加工技术及装备、微加工技术。2009 年博士毕业于湖南大学机械工程专业，2007-2008 年在美国康涅狄格大学公派联合培养博士。Email:luohongping@gdut.edu.cn

[2] 詹顺达（1992-），男，汉族，广东工业大学机电工程学院硕士生，研究方向为特种加工技术及装备，2015 年毕业于韶关学院物理与机电工程学院。Email: 1018580784@qq.com

[3] 肖耘亚（1971-），男，汉族，博士，副教授，研究方向为机电系统集成及智能化，2014 年博士毕业于湖南大学机械工程专业。Email: 13826379720@139.com

[4] 陈玲玉（1992-），女，汉族，广东工业大学机电工程学院硕士生，研究方向为微细特种加工技术，2015 年毕业于韶关学院物理与机电工程学院。Email:1447739251@qq.com

[5] 于兆勤（1960-），男，汉族，学士，教授，主要研究领域为特种加工及实验教学、实验室管理，1982 年毕业于北京理工大学机械制造工艺及设备自动化专业。Email: zqyu@gdut.edu.cn