

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.10.008

玉米全膜覆盖双垄沟播机直插式播种装置设计与仿真^{*}

赵建托¹ 赵武云¹ 任颜华² 牛海华¹

(1. 甘肃农业大学工学院, 兰州 730070; 2. 兰州职业技术学院机电工程系, 兰州 730070)

【摘要】 设计了旱地玉米全膜覆盖双垄沟播机直插式玉米播种装置,采用凸轮和曲柄组合机构控制成穴器,实现播种时间段成穴器水平绝对速度为零。在 ADAMS/View 中用相对轨迹曲线生成实体的方法设计了凸轮,对直插式播种装置进行仿真分析,测试了成穴器的位移、速度、加速度,结果表明该装置满足设计要求。

关键词: 玉米播种机 全膜覆盖 直插机构 设计 仿真

中图分类号: S223.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)10-0040-04

Design and Simulation of Direct Insert Corn Planting Device of Furrow Seeder with Whole Plastic-film Mulching on Double Ridges

Zhao Jiantuo¹ Zhao Wuyun¹ Ren Yanhua² Niu Haihua¹

(1. College of Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China

2. Department of Mechanical and Electrical Engineering, Lanzhou Vocational Technical College, Lanzhou 730070, China)

Abstract

A direct insert corn planting device with whole plastic-film mulching was designed on double ridges in dry land. The horizontal absolute velocity of hole-former was made zero at seeding time by using cam and crank combination mechanism to control it. The direct insert planting device was simulated to measure the hole-former's displacement, velocity and acceleration, with the cam designed based on relative path curves in the ADAMS/View. The simulation results showed that the seeding device met the requirement of design.

Key words Corn planter, Whole plastic-film mulching, Direct insert mechanism, Design, Simulation

引言

旱地玉米全膜覆盖双垄沟播栽培技术,是在传统地膜覆盖技术基础上发展起来的一项集雨、保墒、抗旱新技术^[1]。生产实践表明,全膜双垄沟播技术比普通地膜覆盖栽培单产增幅超过30%,增产效果显著,具有显著的经济效益^[2]。目前,全膜覆盖双垄沟播机具主要有玉米点播器和手推式玉米穴播机。玉米点播器为人工操作,劳动强度高,生产效率低。手推式玉米穴播机,播种时易发生撕膜、空穴等

现象,影响播种质量。

本文在对全膜覆盖双垄沟播机具工作过程和工作原理进行研究的基础上,设计全膜覆盖直插式玉米播种装置,以解决空穴率高、鸭嘴开启不可靠、撕膜等问题^[3],提高播种质量。

1 整机结构及主要技术指标

1.1 整机结构

旱地玉米全膜覆盖双垄沟播机主要由轻型橡胶履带、直插式播种装置、切膜装置、种箱、排种器、柴

收稿日期: 2009-11-10 修回日期: 2010-02-01

* “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2007BAD52B08)

作者简介: 赵建托,硕士生,主要从事农业工程技术与装备研究,E-mail: zhaojiantuo@163.com

通讯作者: 赵武云,教授,主要从事农业工程技术与装备研究,E-mail: zhaowuy@gsau.edu.cn

油机等组成。其主要结构如图 1 所示。

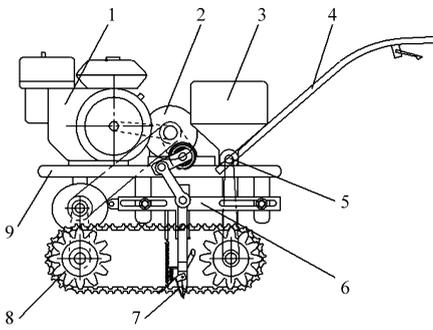


图 1 玉米全膜覆盖双垄沟播机结构简图

Fig. 1 Structure diagram of corn furrow seeder with whole plastic-film mulching on double ridges

1. 柴油机 2. 变速器 3. 种箱 4. 手柄 5. 排种器
6. 直插式播种装置 7. 橡胶履带 8. 带轮 9. 机架

播种机工作时,柴油机经变速器减速,通过链条带动直插式播种装置的凸轮机构、曲柄机构和带轮转动。凸轮机构平衡播种机前进方向的速度,实现播种时成穴器水平绝对速度为零。曲柄连杆机构带动成穴器作入土、出入的上、下往复运动。履带带轮通过链条驱动窝眼式排种器转动,种箱内的种子靠自重进入窝眼轮的型孔内,随窝眼轮转动到排种口投入导种管进入成穴器。在成穴器关闭的时间内流入种子。成穴播种器开始出土时,打开鸭嘴种子落入种穴^[4],完成一次播种。

1.2 主要技术指标

旱地玉米全膜覆盖双垄沟播机主要技术参数如表 1 所示。

表 1 播种机主要技术参数

Tab. 1 Main technology parameter of seeder

参数	数值	参数	数值
配套动力/kW	2.94	整机质量/kg	65
外形尺寸(长×宽×高)/m	1.1×0.8×1.0	作业行数/行	2
行距/mm	500~700	履带数/个	2
株距/mm	300	履带宽度/mm	118
播种深度/mm	50	履带外齿高/mm	25
排种器型式	窝眼轮式	作业速度/km·h ⁻¹	1.8

2 直插式播种装置设计

2.1 工作原理

直插式播种是使种子通过垂直入土和出土的成穴器,直接进入土壤的合适位置,一次完成整个播种过程^[5]。实现垂直入土、出土,必须保证此时成穴器前进方向的绝对速度为零。为此,设计了直插式播种装置,采用凸轮和曲柄组合机构共同控制成穴

器,主要由凸轮、导杆、曲柄、导种管、成穴器、切膜装置组成,如图 2 所示。

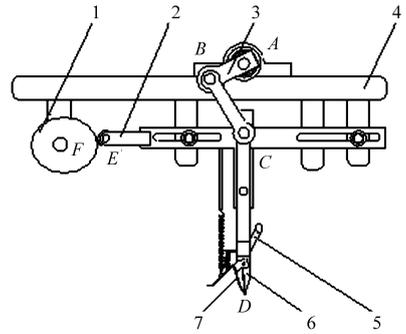


图 2 直插式播种装置结构简图

Fig. 2 Structure diagram of direct insert planting device

1. 凸轮 2. 导杆 3. 曲柄 4. 机架 5. 导种管
6. 切膜装置 7. 成穴器

2.2 运动规律分析

凸轮运动规律应满足:①凸轮导杆的位移、速度、加速度均应连续,避免产生刚性和柔性冲击。②凸轮应是等速运动,以平衡播种机前进方向的速度,保证成穴器入土和出土时水平绝对速度为零,满足直插式播种要求。

为了满足上述要求,凸轮设计为修正等速运动规律^[6],即在等速曲线的两端各加上一段组合简谐曲线作为过渡曲线。设计推程运动角 $\phi_0 = \frac{5\pi}{6}$,远休止角 $\phi_s = \frac{\pi}{6}$,回程运动角 $\phi'_0 = \frac{5\pi}{6}$,近休止角 $\phi'_s = \frac{\pi}{6}$ 。凸轮旋转一周,凸轮转角 ϕ 与导杆 L_{EC} 各段位移 s 函数为

$$s = \begin{cases} \frac{h}{3} \left(\frac{2\phi}{\phi_0} - \frac{1}{2\pi} \sin \frac{4\pi\phi}{\phi_0} \right) & \left(0 \leq \phi < \frac{5\pi}{24} \right) \\ \frac{h}{3} \left(\frac{4\phi}{\phi_0} - \frac{1}{2} \right) & \left(\frac{5\pi}{24} \leq \phi < \frac{5\pi}{8} \right) \\ \frac{h}{3} \left(1 + \frac{2\phi}{\phi_0} - \frac{1}{2\pi} \sin \frac{4\pi\phi}{\phi_0} \right) & \left(\frac{5\pi}{8} \leq \phi < \frac{5\pi}{6} \right) \\ 100 & \left(\frac{5\pi}{6} \leq \phi < \pi \right) \\ h - \frac{h}{3} \left[\frac{2(\phi - \phi_0 - \phi_s)}{\phi'_0} - \frac{1}{2\pi} \sin \frac{4\pi(\phi - \phi_0 - \phi_s)}{\phi'_0} \right] & \left(\pi \leq \phi < \frac{29\pi}{24} \right) \\ h - \frac{h}{3} \left[\frac{4(\phi - \phi_0 - \phi_s)}{\phi'_0} - \frac{1}{2} \right] & \left(\frac{29\pi}{24} \leq \phi < \frac{13\pi}{8} \right) \\ h - \frac{h}{3} \left[1 + \frac{2(\phi - \phi_0 - \phi_s)}{\phi'_0} - \frac{1}{2\pi} \sin \frac{4\pi(\phi - \phi_0 - \phi_s)}{\phi'_0} \right] & \left(\frac{13\pi}{8} \leq \phi < \frac{11\pi}{6} \right) \\ 0 & \left(\frac{11\pi}{6} \leq \phi \leq 2\pi \right) \end{cases}$$

式中 h ——导杆 L_{EC} 的行程 ϕ ——凸轮转角

2.3 排种器设计

该机采用圆柱型窝眼轮式排种器,型孔的外形设计为半球形,结构如图3所示。窝眼轮转动,种子靠自重落入窝眼轮型孔内,毛刷刮去多余种子,种子随窝眼轮转动,沿护种板转到排种口,靠重力投入导种管。

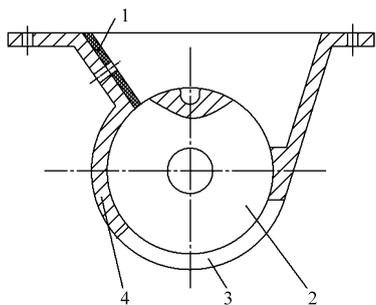


图3 排种器结构简图

Fig.3 Structure diagram of seed metering device

1.毛刷 2.窝眼轮 3.排种口 4.护种板

2.4 切膜装置设计

常见的鸭嘴形状有锥形和楔形2种,锥形鸭嘴入土性能优于楔形鸭嘴^[7],因此选用锥形鸭嘴。目前,成穴器膜上播种时,先撕裂地膜再成穴。改进后的成穴器,在鸭嘴上设计了切片,结构如图4所示。同时,为保证排种顺利,活动嘴开启时,开口尺寸应满足 $1.2 \sim 1.5d_{\max}$ (d_{\max} 为种子最大尺寸)^[8]。播种时鸭嘴切开地膜进入土中,避免了对地膜的拉伸,防止了鸭嘴撕膜的问题,还有利于苗破土时容易从膜下长出。

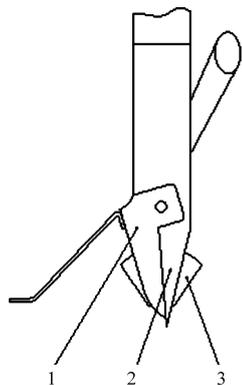


图4 切膜装置结构简图

Fig.4 Structure diagram of cutting plastic-film device

1.活动嘴 2.固定嘴 3.切片

3 直插式播种装置仿真

3.1 直插式播种装置建模

根据播种装置功能要求得到机构参数为:曲柄长度 $L_{AB} = 115 \text{ mm}$, 连杆长度 $L_{BC} = 255 \text{ mm}$, $L_{CD} = 350 \text{ mm}$, 导杆 $L_{EC} = 300 \text{ mm}$ 。在 ADAMS/View^[9] 中设定建模环境之后,创建各个设计点如表2所示。

3.2 凸轮模型设计

在 ADAMS/View 约束库中选择转动副,连接模型各构件。选择导杆 L_{EC} 创建移动副。在导杆 L_{EC} 的移动副上施加一个移动,其名称为 MOTION_3。选择 Motion: MOTION_3 → Modify。

出现 Joint Motion 窗口,点击 Function Builder 图

表2 设计点的坐标值

Tab.2 Coordinate of design points

坐标点	变量名	X/mm	Y/mm
A	MARKER_1	50	100
B	MARKER_2	-50	50
C	MARKER_3	0	-200
D	MARKER_4	0	-550
E	MARKER_5	-300	-200

标,出现 Function Builder 窗口。在 Function Builder 中的 Define a runtime function 栏中,写入上面分析的凸轮导杆位移 s 的 If 函数,得到 If 函数曲线^[10],如图5所示。If 函数为:

If (time - 3/48; 100/3 * (2 * 10 * pi * time/3 / (5 * pi/6) - sin(4 * pi * 10 * pi * time/3 / (5 * pi/6))) / (2 * pi), 16.65, if (time - 3/16; 100/3 * (4 * 10 * pi * time/3 / (5 * pi/6) - 1/2), 83.34, if (time - 1/4; 100/3 * (1 + 2 * 10 * pi * time/3 / (5 * pi/6) - sin(4 * pi * 10 * pi * time/3 / (5 * pi/6))) / (2 * pi), 100.00, if (time - 3/10; 100, 100, if (time - 29/80; 100 - 100/3 * (2 * (10 * pi * time/3 - 5 * pi/6 - pi/6) / (5 * pi/6) - sin(4 * pi * (10 * pi * time/3 - 5 * pi/6 - pi/6) / (5 * pi/6))) / (2 * pi), 83.34, if (time - 39/80; 100 - 100/3 * (4 * (10 * pi * time/3 - 5 * pi/6 - pi/6) / (5 * pi/6) - 1/2), 16.65, if (time - 11/20; 100 - 100/3 * (1 + 2 * (10 * pi * time/3 - 5 * pi/6 - pi/6) / (5 * pi/6) - sin(4 * pi * (10 * pi * time/3 - 5 * pi/6 - pi/6) / (5 * pi/6))) / (2 * pi), 0, if (time - 3/5; 0, 0, 0))))))

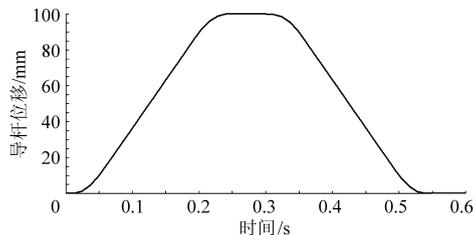


图5 If函数曲线

Fig.5 If function curve

如图6所示,得到凸轮的轮廓曲线^[11],在 ADAMS/View 中零件库中选择拉伸图标,用鼠标左键点击轮廓曲线,得到凸轮实体。

3.3 添加约束

给曲柄 L_{AB} 施加一个转动,修改角速度为 $\left(\frac{10\pi}{3}\right)/s$ 。选择连杆 L_{CD} 创建移动副。在导杆 L_{EC} 与凸轮间创建凸轮副。建立直插式播种装置模型,如图7所示。

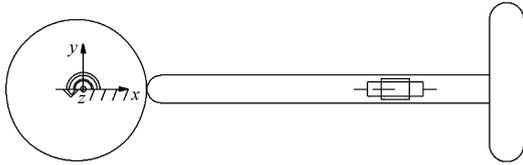


图 6 凸轮轮廓曲线

Fig. 6 Cam contour curve

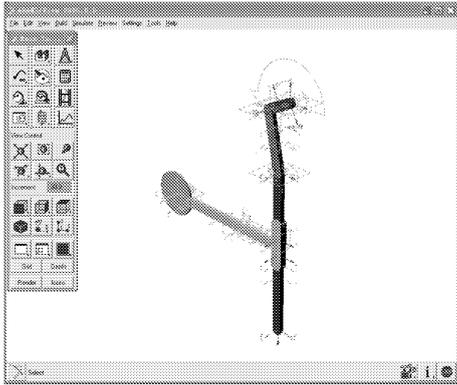


图 7 直插式播种装置仿真模型

Fig. 7 Simulation model of direct insert planter device

3.4 仿真结果与分析

对直插式播种装置进行仿真分析,输出成穴器上点 MARKER_4 位移、速度、加速度曲线,如图 8 ~ 10 所示。从点 MARKER_4 水平速度曲线,可以测得成穴器在入土段(0.062 ~ 0.187 s)与出土段(0.362 ~ 0.487 s)水平方向作等速运动且速率等于 0.5 m/s。成穴器在入土段水平速度与播种机速度相等,方向相反,则水平绝对速度为零,实现了直插式播种。由 MARKER_4 点垂直位移曲线(图 11)所示,测得成穴器垂直方向的最高点为 -766 mm 与最低点为 -966 mm,两者差为成穴器垂直位移。改变

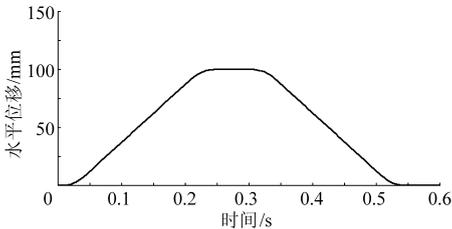


图 8 MARKER_4 点水平位移曲线

Fig. 8 Horizontal displacement curve of MARKER_4 point

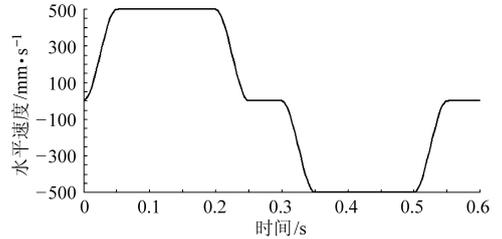


图 9 MARKER_4 点水平速度曲线

Fig. 9 Horizontal velocity curve of MARKER_4 point

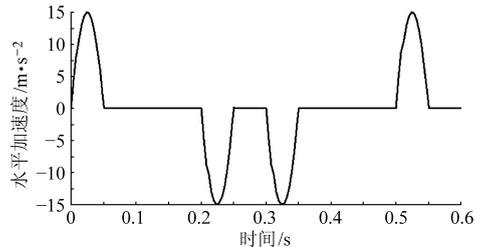


图 10 MARKER_4 点水平加速度曲线

Fig. 10 Horizontal acceleration curve of MARKER_4 point

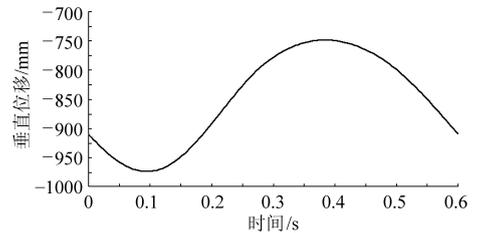


图 11 MARKER_4 点垂直位移曲线

Fig. 11 Vertical displacement curve of MARKER_4 point

曲柄机构的连杆长度,可以适应不同的播种深度。

4 结论

(1) 设计了全膜覆盖直插式玉米播种装置,解决了现有机型空穴率高、鸭嘴开启不可靠、撕膜等问题,提高了播种质量。

(2) 在 ADAMS/View 中用相对轨迹曲线生成实体的方法设计了凸轮,避免了传统凸轮设计中数学计算量大的不足。

(3) 对直插式播种装置进行了仿真,得到了成穴器位移、速度、加速度曲线。仿真结果表明,播种时成穴器水平绝对速度为零,满足直插式播种要求。

参 考 文 献

- 1 赵凡. 旱地玉米全膜覆盖双垄面集雨沟播栽培技术[J]. 甘肃农业科技,2004(11):22~23.
Zhao Fan. Cultivation technique for the double ridges whole film rainfall harvesting and planting in catchment furrows of dry land maize[J]. Gansu Agricultural Science and Technology,2004(11):22~23. (in Chinese)
- 2 孙学保,杨祁峰,牛俊义,等. 旱地全膜双垄沟播玉米增产效应研究[J]. 作物杂志,2009(3):32~36.
Sun Xuebao, Yang Qifeng, Niu Junyi, et al. Effect of whole covering on double ridges and planting in catchment furrows on yield increase of dry land maize[J]. Crops,2009(3):32~36. (in Chinese)

- Qi Lixia, Mao Enrong. Study on stationary parameter synthesis's evaluation model of tank seat [J]. Journal of China Agricultural University, 2004,9(1):67~70. (in Chinese)
- 3 曹伟国,刘维平,孙伟. AHP 定权的模糊综合评估法在装甲车辆驾驶员人机系统中的应用[J]. 装甲兵工程学院学报, 2008,22(5):36~39.
- Cao Weiguo, Liu Weiping, Sun Wei. Applications of fuzz comprehensive evaluation based on AHP defined weighing in man-machine system of armored vehicle cabin [J]. Journal of Academy of Armored Force Engineering, 2008,22(5):36~39. (in Chinese)
- 4 Walter Piechulla, Christoph Mayser, Helmar Gehrke, et al. Reducing drivers' mental workload by means of an adaptive man-machine interface [J]. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2003, 6(4): 233~248.
- 5 Wang Yingming, Taha M S Elhag. Evidential reasoning approach for bridge condition assessment [J]. Expert Systems with Application, 2008, 34(1): 689~699.
- 6 Wang Yingming, Yang Jianbo, Xu Dongling. Environmental impact assessment using the evidential reasoning approach [J]. European Journal of Operational Research, 2006, 174(3): 1885~1913.
- 7 Chin Kwaisang, Wang Yingming, Gary Ka Kwai Poon, et al. Failure mode and effects analysis using a group-based evidential reasoning approach [J]. Computers & Operations Research, 2009, 36(6): 1768~1779.
- 8 侯俊. 证据推理的组合方法、评价体系与应用研究 [D]. 西安:西北工业大学,2006.
- Hou Jun. The combination rules, performance indexes and applications of evidence reasoning [D]. Xi'an:Northwestern Poly-Technique University, 2006. (in Chinese)
- 9 Yang J B, Wang Y M, Xu D L, et al. The evidential reasoning approach for MADA under both probabilistic and fuzzy uncertainties [J]. European Journal of Operational Research, 2006, 171(1): 309~343.
- 10 Wang Yingming, Yang Jianbo, Xu Dongling, et al. The evidential reasoning approach for multiple attribute decision analysis using interval belief degrees [J]. European Journal of Operational Research, 2006, 175(1): 35~66.
- 11 Yang Jianbo. Rule and utility based evidential reasoning approach for multiattribute decision analysis under uncertainties [J]. European Journal of Operational Research, 2001, 131(1): 31~61.
- 12 仇莹,朱忠祥,毛恩荣,等. 联合收获机驾驶室人机界面布局优先序研究 [J]. 农业机械学报,2009,40(12):43~47.
- Qiu Ying, Zhu Zhongxiang, Mao Enrong, et al. Study on priorities of human-machine interface in combine harvester cab [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009,40(12):43~47. (in Chinese)
- 13 金晓萍,仇莹,毛恩荣,等. 车辆人机界面布局优化推理系统研究 [J]. 农业机械学报,2008,39(4):183~186.

(上接第 43 页)

- 3 刘军干,王天辰,阎发旭,等. 直插式覆膜小麦穴播机的设计 [J]. 农业工程学报,2001,17(5):55~58.
- Liu Jungan, Wang Tianchen, Yan Faxu, et al. Design of film mulching wheat hill seeder with vertical dropping mechanism [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2001,17(5):55~58. (in Chinese)
- 4 马成林,李成华,于海业. 打穴播种机研究的发展与现状 [J]. 农业机械学报,1999,30(1):101~105.
- Ma Chenglin, Li Chenghua, Yu Haiye. Development and status of research on punch planter [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 1999,30(1):101~105. (in Chinese)
- 5 陈晓光,左春桢,高峰. 直插式播种机的研究——I. 直插式成穴器 [J]. 农业工程学报,1993,9(3):66~70.
- Chen Xiaoguang, Zuo Chuncheng, Gao Feng. Study on the direct insert planter (I) the research and the principal study of the direct insert hole former of planter [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 1993,9(3): 66~70. (in Chinese)
- 6 赵韩,丁爵曾,梁锦华. 凸轮机构设计 [M]. 北京:高等教育出版社,1983.
- 7 孙伟,吴建民. 鸭嘴式成穴器的选型与研究 [J]. 甘肃农业大学学报,2009,44(5):140~142.
- Sun Wei, Wu Jianmin. Shape select and study on the duck-rostra type punching-opener [J]. Journal of Gansu Agricultural University,2009,44(5):140~142. (in Chinese)
- 8 张学军,杨莹,周岭. 滚筒式穴播器的重要参数选择与确定 [J]. 农业机械学报,1998,29(8):63~66.
- Zhang Xuejun, Yang Ying, Zhou Ling. Selection and definitiveness on main parameters of bunch planting cylinder [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 1998,29(8):63~66. (in Chinese)
- 9 李增刚. ADAMS 入门详解与实例 [M]. 北京:国防工业出版社,2006.
- 10 徐芳,周志刚. 基于 ADAMS 的凸轮机构设计及运动仿真分析 [J]. 机械设计与制造,2007,9(9):78~80.
- Xu Fang, Zhou Zhigang. Design and kinematics simulation of cam mechanism based on ADAMS [J]. Machinery Design & Manufacture, 2007,9(9):78~80. (in Chinese)
- 11 王国强,张进平,马若丁. 虚拟样机技术及其在 ADAMS 上的实践 [M]. 西安:西北工业大学出版社,2002.