

DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2012.S0.012

苜蓿种子制丸的平底釜工作参数试验*

王全喜^{1,2} 王德成¹ 翟改霞² 王振华² 刘志刚²

(1. 中国农业大学工学院, 北京 100083; 2. 中国农业机械化科学研究院呼和浩特分院, 呼和浩特 010010)

【摘要】 对滚动平底釜制苜蓿种子丸粒时的制丸釜转速和倾角开展试验,以确定最优工作参数组合。研究结果表明:倾角增加,为了使种子铺满釜底,转速必须增加;倾角一定,使苜蓿种子铺满釜底的转速在一个小的范围内;苜蓿种子制丸,适宜的倾角是 36°~42°,转速是 28~39 r/min。

关键词: 苜蓿种子 制丸 平底釜 工作参数

中图分类号: S223.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2012)S0-0059-04

Operation Parameters Experiment of Kettle for Alfalfa Seed Pelleting

Wang Quanxi^{1,2} Wang Decheng¹ Zhai Gaixia² Wang Zhenhua² Liu Zhigang²

(1. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

2. Huhhot Branch, Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Huhhot 010010, China)

Abstract

In order to determine the optimal operation parameters, experimental study was carried out on rotate velocity and inclination angle of alfalfa seed pelleting kettle. The results showed as follows: in order to make the kettle bottom paved with alfalfa seeds, rotate speed must be increased while the inclination angle increased. When the inclination angle took a certain value, the rotate speed must be in little range to make alfalfa seed pave the kettle thoroughly. The optimal inclination angle was 36°~42°, and optimal rotate speed was 28~39 r/min.

Key words Alfalfa seed, Pelleting, Kettle, Operation parameter

引言

有些植物的种子很小,如烟草种子,千粒质量只有 0.06~0.09 g^[1]。牧草、花卉和药材等植物种子中有不少带绒、带毛、带芒、带刺,且外形不规则、尺寸小、重量轻。这些问题造成种子无法实现精确机械播种,需要进行前期处理。种子制丸就是一种很好的种子处理工艺^[2~5]。种子制丸是在种子的外面包裹物料,使种子增大、增重、圆度增强、尺寸一致,达到小粒种子大粒化,不规则种子球形化的目的^[6~8]。种子制丸后的优点是省肥、省种、省药、增产、节支、环保^[9]。种子滚动制丸是最常用的一种制丸方法。对于不同的种子,滚动制丸釜的转速、倾

角等工作参数不同^[10]。本文选择苜蓿种子为制丸对象,试验确定其较佳工作参数范围。

1 试验

1.1 试验设备

本研究采用的试验设备为 5ZW-1000 型种子制丸机,如图 1 和图 2 所示。

釜体是制丸机的主体。如图 3 所示,釜体呈平底圆柱形,在大釜体内套装小釜体,大釜体的侧壁上插装两段清选筛片,可完成小釜制丸、大釜制丸(卸掉小釜)、筛选、分级等工序。

加液机构由气泵、储液瓶、电磁阀、喷头等组成,在制丸中用于添加粘合剂,使粉剂能均匀地包裹在

收稿日期: 2012-06-20 修回日期: 2012-07-21

* 农业部草原畜牧业装备技术重点实验室资助项目(2012NJ-002)

作者简介: 王全喜,博士生,中国农业机械化科学研究院研究员,主要从事农业机械研究,E-mail: wqx88@126.com

通讯作者: 王德成,教授,博士生导师,主要从事草业机械研究,E-mail: wdc@cau.edu.cn

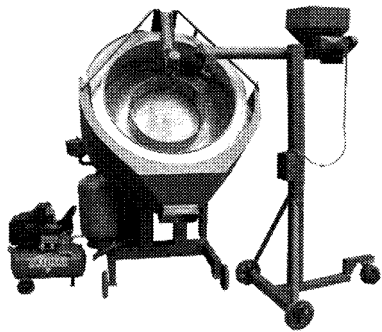


图 1 5ZW - 1000 型种子制丸机图片

Fig. 1 Appearance of type 5ZW - 1000 of seed pellet machine

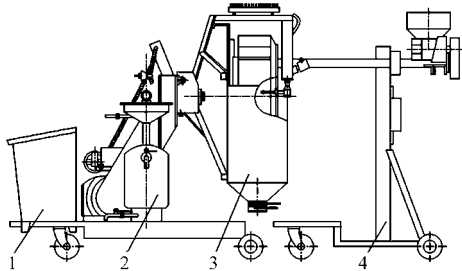


图 2 5ZW - 1000 型种子制丸结构图

Fig. 2 Structure of type 5ZW - 1000 of seed pellet machine

1. 电控装置 2. 加液机构 3. 釜体部分 4. 加粉机构

种子表面。加粉机构由搅拌器及调速电动机等组成,在制丸中用于添加粉剂。电控部分控制制丸加液量和加粉量,调节制丸釜转速和倾角(釜底与水平面的夹角)的大小。

工作过程:称量预定质量的种子,加入釜体中,釜体转动,调节釜体倾角和转速,使种子覆盖整个釜底,喷洒液剂,液剂全部包裹种子,加入粉剂,粉剂包裹种子。重复上述操作,直到制成符合要求的丸粒。排料时,转动釜体,将物料从釜体中经出料槽排出机外。使用圆桶筛时,打开釜体圆柱上的插板,使种子流入到筛片上,转动釜体,对丸化后的种子进行筛选、分级。

1.2 试验材料

苜蓿种子的净度为 99%。制丸液剂是质量分数为 5% 的甲基纤维素水溶液,粉剂是 300 目的滑石粉。

1.3 丸粒指标

单籽率:单粒制丸种子中只有一粒种子的粒数与被检验制丸种子总粒数比值的百分数。

有籽率:制丸种子中有种子的粒数与被检验制

丸种子总粒数比值的百分数。

整齐度:制丸种子试样中,符合标准粒径要求的制丸种子的质量占制丸种子试样总质量的百分数。

单粒抗压强度:单粒制丸种子所能承受的最大压力的平均值。

1.4 单籽率和有籽率测定方法

对于一个批次的制丸种子,随机取出 100 粒。用人工将制丸种子包裹壳体碾碎后,统计单籽制丸种子和有籽制丸种子的粒数。重复取样 10 次,取其平均值即为单籽率和有籽率。

1.5 整齐度测定方法

在苜蓿制丸种子中随机取样 1 kg。选择 $\phi 2.3$ 和 $\phi 2.7$ 孔径的圆孔筛,将苜蓿制丸种子样品置于 $\phi 2.7$ 孔径的筛子上,筛去过大大粒径的苜蓿制丸种子后,再置于 $\phi 2.3$ 孔径的筛上,筛去过小粒径的苜蓿制丸种子。选粒径处于 $\phi 2.3$ 和 $\phi 2.7$ 之间的苜蓿制丸种子称量,其质量(kg)乘以 100%,即为制丸种子的整齐度。如此方法,重复取样测量 5 次,取其平均值。

1.6 单粒抗压强度测定方法

对于一个批次的制丸种子,含水率不大于 12%,随机取出符合整齐度要求的 3 粒制丸种子,放置在调平的无色透明玻璃板上。使 3 粒制丸种子的连线构成边长为 30 mm 的正三角形。在 3 粒制丸种子上放置一个厚度为 2.5 mm、形状为边长 45 mm 的正三角形无色透明玻璃板,使三角形玻璃板的边与 3 粒制丸种子构成的三角形的边平行。下部玻璃板放置在支架上,便于从玻璃下部观察检验制丸种子。在三角形玻璃板上以中心为对称点均匀放置砝码。当观察到有制丸种子开裂时,统计砝码和三角形玻璃板的质量,除以 3,即可得到本次测量制丸种子的单粒抗压强度。如此方法,重复取样测量 10 次,取其平均值,即为该批次制丸种子的单粒抗压强度。

2 试验结果分析

2.1 转速

在特定的倾角下,将转速由小到大进行调节。当转速很小时,丸粒只占据釜底较小一部分,堆积在釜底与柱面形成的直角区域,滚动范围很小,落差很小,丸粒不能上升到釜底顶端。转速继续增加,丸粒分布区域扩大,丸粒运动的落差加大,丸粒运动速度加快,最终铺满釜底。转速继续增加,丸粒开始向外移动,釜体底面中心开始出现没有丸粒的区域,随后该区域进一步扩大,最终丸粒全部移动到釜底与柱面间,而且相对釜体静止,随釜体同步转动。

试验时采用多种转速观察物料在釜内运动状

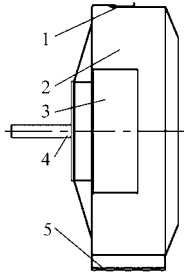


图 3 釜体结构示意图

Fig. 3 Sketch of kettle structure

1. 出料槽 2. 大釜体 3. 小釜体 4. 回转轴 5. 清选筛片

况,取釜体底面倾角为 36° 时,釜体转速为 10 r/min、20 r/min、28 r/min、32 r/min 进行试验。

转速低时物料散布面积小、滚动强度低。这种情况随着转速提高而改善。但转速过高时,下部“死区”面积跟着扩大,而且物料相对釜体运动减弱甚至停止。图 4 是倾角为 36° ,转速为 10 r/min、20 r/min、28 r/min、32 r/min 时,初步成丸的苜蓿种子在釜底的运动分布图。表明转速为 28 r/min 左右的工况为佳,此时种子几乎铺满制丸釜底。

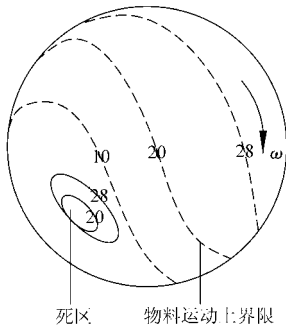


图 4 倾角 36° 不同转速物料分布图

Fig. 4 Distribution map of material in different velocities with inclination angle of 36°

釜体转动时丸粒与釜体底面摩擦力的作用使丸粒与釜体一同转动。在釜体中的丸粒较多时,丸粒相互之间堆积,并形成分层。与釜体底面直接接触的丸粒受到摩擦力的直接作用。随后这个力在丸粒群体中传递,由于力的作用,丸粒被釜体由低处运送到高处。由于转动的釜体在最高点后摩擦力向上的分力消失,丸粒由于自身重力的作用,由高点落下。在丸粒落下的过程中,丸粒是一层接着一层下落的,首先是处于上表层的丸粒开始下落,然后就是下面的一层,这一过程是连续的。这样,就表现为丸粒在平面釜底平铺滚动,釜体转速高时开始下落点较高,物料运动速度快,下落时水平速度大,自然运动区域大。通过观察发现“死区”内的丸粒是全部丸粒中直径最大的。这部分丸粒由于自重较大,在釜体运动中釜体给予他们的摩擦力不足以使其上升到较高的高度。所以,他们在很小的范围内滚动。由于范围太小,可认为他们不动。丸粒在釜体中运动的这一特点可以在制丸过程中方便地去除大粒丸种。

对丸粒喷洒粘合剂后,转速过高时丸粒相对釜体静止,这是由于此时丸粒与釜底摩擦力增加,丸粒与釜体同步高速转动,产生较大的离心力,使丸粒移向釜体柱面,离心力作用于柱面上,产生更大的摩擦力,使丸粒相对釜体静止。

2.2 倾角

倾角直接影响到物料在釜底面上的分布。倾角小时,丸粒在较小的釜体转速下就可以铺满釜底。

反之,丸粒铺满釜底需要较高的釜体转速。

在特定的转速下,调节倾角由小到大。当倾角很小时,丸粒铺满釜底,但丸粒与釜体底面相对静止,随釜体同步转动;随着倾角的增加,丸粒开始在釜底上滚动;倾角继续增加,丸粒运动的落差加大,丸粒运动速度加快;倾角继续增加,丸粒开始不能铺满釜底,釜体上部出现无丸粒的空白釜底;倾角继续增加,丸粒不能上升到釜底顶端,釜体上部出现无丸粒的空白釜底区域,而且逐渐扩大,到后来丸粒只占据釜底很小一部分,堆积在釜底与柱面形成的直角区域,滚动范围很小;倾角继续增加,丸粒滚动几乎消失,开始出现相对釜体的整体滑动,即整体上升和落下,且落差很小。

通过试验发现,丸粒在釜底上滚动下落的速度决定于釜底面倾角,倾角大,下落速度高,极限情况接近自由落体。

丸粒在釜体内的运动存在一个较好的倾角区间。在这个区间内,丸粒滚动效果很好,一般为 $27^\circ \sim 45^\circ$ 。这个角度在加液后出现的上限为 45° ,在加粉后出现的下限为 27° 。

丸粒在制丸釜内的运动情况可以通过受力分析加以解释。在釜体底面的材质和光洁度、平面度确定后,丸粒与底面的摩擦因数就确定了,处于釜体底面上的丸粒,在倾斜的釜体底面受力有:重力、釜体底面的支撑力、釜体底面的摩擦力、丸粒间的相互挤压力、随釜体转动形成的离心力。当这些力的合力平衡时,丸粒与釜体一同转动,丸粒能上升到釜体顶端;当合力沿釜底面向下,丸粒沿釜底面滑动,不能完成上升行程,无法制丸;造成丸粒滚动的原因是单一丸粒受力的合力矩不平衡,若合力矩平衡,丸粒则不发生滚动。工作时丸粒在釜体内会产生两种运动,一是丸粒随釜体的转动,另一种是丸粒相对釜体底面的下落滚动,能观察到的就是这两种运动的复合运动。

2.3 丸粒指标、单粒抗压强度、转速与倾角的关系

试验倾角选择为 27° 、 30° 、 33° 、 36° 、 39° 、 42° 、 45° ,试验确定种子铺满釜底对应的釜体转速分别为 21 r/min、23 r/min、25 r/min、28 r/min、33 r/min、39 r/min、46 r/min。在每个倾角和转速的试验组下,进行苜蓿种子制丸,并测定成品丸粒的指标。

通过苜蓿种子的制丸,并对成品丸粒进行测定和计算,得到丸粒指标,见表 1。由图 5 和图 6 可见,倾角由 27° 逐步向 45° 增加时,转速前一阶段增加较缓慢,随后较快速增加,单籽率、有籽率、整齐度和单粒抗压强度变化趋势是由低点增加到高点,随后开始降低。

表 1 丸粒指标
Tab.1 Parameters indexes of pelletized seed

倾角 /(°)	转速 /r·min ⁻¹	单籽率 /%	有籽率 /%	整齐度 /%	单粒抗压 强度/N
27	21	88.6	90.4	91.2	1.6
30	23	90.4	93.8	92.2	1.7
33	25	94.6	95.6	94.3	1.8
36	28	96.3	97.2	95.4	2.0
39	33	96.6	98.4	96.5	2.2
42	39	95.4	97.7	96.3	2.3
45	46	95.0	95.2	95.2	2.2

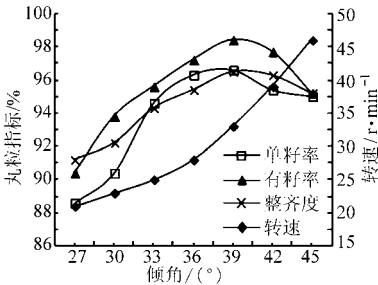


图 5 丸粒指标、转速与倾角的关系

Fig.5 Relation curves of pelletized seed parameters indexes with inclination angle, and rotate speed with inclination angle

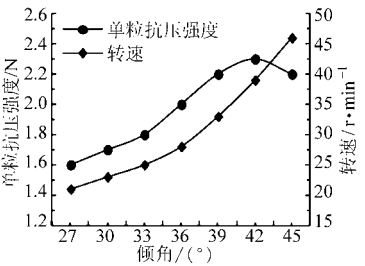


图 6 单粒抗压强度、转速与倾角的关系

Fig.6 Relation curves of one-seeded compressive strength with inclination angle, and rotate speed with inclination angle

由图 5 和图 6 可见,倾角由 27°向 45°变化,转速必须增加。种子在制丸过程中,必须存在两种运动。一种是种子在转动釜平底上滚动,另一种是种子随转动釜转动。没有滚动种子不能均匀包裹液剂和粉剂,不能压实。没有随转动釜转动,不能让滚动重复。只要种子不是在转动釜最低点,就有可能发生滚动。种子能从低点到达高点,是因为种子随转动釜转动的速度高于自身滚动的下落速度。当倾角增加时,种子滚动的下落速度增大,为了使种子仍能向高点移动,只有增加转速。

由图 5 可见,倾角由 27°逐步向 39°增加,单籽

率提高。种子丸粒发生粘连就会形成复粒。这样,单籽率就会下降。形成复粒的主要原因是丸粒滚动速度慢。丸粒滚动速度慢的原因主要是制丸釜倾角和转速小。丸粒滚动速度慢首先使丸粒在液剂喷洒点停留时间长,接收了较多液剂,更容易粘连其他丸粒,形成复粒,另外,也会使丸粒间的碰撞减轻,粘连后不易分离。

由图 5 可见,倾角由 27°逐步向 39°增加,有籽率提高。喷洒液剂时,若喷在粉剂上,就很容易形成空丸,即没有种子的丸粒。倾角增加,制丸釜转速加快,粉剂处于丸粒下面,贴近釜底平面,液剂不易喷洒到粉剂上,形不成空丸,因此有籽率提高。

由图 5 可见,倾角由 27°逐步向 39°增加,整齐度提高。在制丸过程中,若种子上接收的液剂不均匀,就会造成丸粒粘连粉剂的能力不同,自然就会发生丸粒大小的不一致。倾角增加,转速增加,丸粒滚动速度快,丸粒混合好,每个丸粒接收液剂的概率趋于一致,丸粒的粘连粉剂的能力也基本相同,整齐度就好。

由图 6 可见,倾角由 27°逐步向 42°增加,单粒抗压强度提高。倾角和转速大,丸粒滚动速度高,单位时间滚动次数多,丸粒间碰撞力加大,形成的丸衣质地更密实,单粒抗压强度也高一些。

由图 5 和图 6 可见,倾角增加到 39°(单粒抗压强度对应的倾角是 42°)之后,再继续增加,单籽率、有籽率、整齐度和单粒抗压强度等指标下降。丸粒指标的好坏由丸粒的滚动速度决定,滚动速度高指标也高。这些指标随倾角增加,先是增加,然后降低。原因是开始阶段倾角增加,转速相应增加,丸粒滚动速度加快,有利于指标提高。但倾角增加的过程中,丸粒对转动釜底平面的正压力减小,丸粒受到底平面的摩擦力减小,摩擦力是种子产生滚动的动力,动力小则丸粒滚动速度降低,丸粒从高处落下的方式是“跌落”,不是“滚落”。滚动速度降低,丸粒指标开始下降。

3 结论

- (1) 倾角增加,为了使种子铺满釜底,转速必须增加。
- (2) 倾角一定,使苜蓿种子铺满釜底的转速在一个小的范围内变化。
- (3) 苜蓿种子制丸,适宜的倾角范围是 36° ~ 42°,转速范围是 28 ~ 39 r/min。

- straw[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2005, 24(3): 308 ~ 311. (in Chinese)
- 4 蒋植保. 秸秆还田利用方法: 中国, ZL 200410041004.0 [P]. 2007-01-03.
- 5 Ekboir J M. Research and technology policies in innovation system: zero tillage in Brazil [J]. Research Policy, 2003, 32(4): 573 ~ 586.
- 6 Gemtos T A, Galanopoulou S, Kavaliris C. Wheat establishment after cotton with minimal tillage [J]. European Journal of Agronomy, 1998, 8(1 ~ 2): 137 ~ 147.
- 7 陈玉仑, 丁为民, 姚立健, 等. 稻麦联合收获开沟埋草多功能一体机开沟功耗研究[J]. 南京农业大学学报, 2010, 33(2): 101 ~ 104.
- Chen Yulun, Ding Weimin, Yao Lijian, et al. Research on power consumption of ditcher device of harvest ditch and stalk-disposing machine [J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2010, 33(2): 101 ~ 104. (in Chinese)
- 8 李金琦. 旋转开沟机[M]. 北京: 中国农业出版社, 1984.
- 9 江苏淮阴地区开沟机课题组. 圆盘式开沟机工作部件的试验研究[J]. 粮油加工与食品机械, 1980(10): 16 ~ 22.
- 10 丁为民, 王耀华, 彭嵩植. 反转旋耕刀滑切角分析与计算[J]. 农业机械学报, 2001, 32(6): 26 ~ 29.
- Ding Weimin, Wang Yaohua, Peng Songzhi. Calculation and analysis of grass removing angles of up-cut rotary blade [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2001, 32(6): 26 ~ 29. (in Chinese)
- 11 丁为民, 王耀华, 彭嵩植. 反转旋耕刀正切面分析及参数选择[J]. 农业机械学报, 2004, 35(4): 40 ~ 43.
- Ding Weimin, Wang Yaohua, Peng Songzhi. Analysis on sidelong portion of a up-cut rotary blade [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2004, 35(4): 40 ~ 43. (in Chinese)
- 12 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册: 上册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1990.
- 13 邱宣怀, 郭可谦, 吴宗泽, 等. 机械设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 1997.
- 14 陈秀宁. 机械优化设计[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 1991.
- 15 王文娟. 基于 MATLAB 优化工具箱的平面连杆机构设计[J]. 轻工机械, 2006, 24(4): 76 ~ 78.
- Wang Wenjuan. Optimal design of planar linkage based on MATLAB optimization toolbox [J]. Light Industry Machinery, 2006, 24(4): 76 ~ 78. (in Chinese)
- 16 李伯全, 陈翠英. 旋耕机曲面罩壳与被抛土堡碰撞过程动态仿真[J]. 江苏理工大学学报: 自然科学版, 2000, 21(1): 1 ~ 4.
- Li Boquan, Chen Cuiying. Dynamic simulation of the collision of throwing soil with camber cover of rotary plow [J]. Journal of Jiangsu University of Science and Technology: Natural Science, 2000, 21(1): 1 ~ 4. (in Chinese)
- 17 GB/T 8097—2008 收获机械 联合收割机 试验方法[S]. 2008.
- 18 NY/T 740—2003 田间开沟机械作业质量[S]. 2003.

(上接第 62 页)

参 考 文 献

- 1 黄年生, 张洪熙, 徐卯林, 等. 烟草种子丸粒化高吸水种衣剂的研制与应用[J]. 江苏农业科学, 2002(5): 67 ~ 69.
- Huang Niansheng, Zhang Hongxi, Xu Maolin, et al. Development and applications of high-hydroscopicity resin seed-coating material of tobacco seeds pelleting [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2002(5): 67 ~ 69. (in Chinese)
- 2 郭树栋, 施宝顺, 马福. 牧草种子丸衣化技术的应用[J]. 青海草业, 2000(2): 38 ~ 39.
- Guo Shudong, Shi Baoshun, Ma Fu. Application of pelleting and coating technology of herbage seed [J]. Qinghai Prataculture, 2000(2): 38 ~ 39. (in Chinese)
- 3 李文琴, 贺长征. 种子丸化技术[J]. 蔬菜, 2002(7): 37.
- 4 黄雪玲. 桉树种子丸化技术[J]. 福建农业科技, 2006(4): 65 ~ 66.
- 5 熊自立, 朱剑, 宋文坚. 浅谈种子包衣、丸化技术[J]. 上海农业科技, 2004(4): 11 ~ 13.
- 6 杨俊岗, 陈德凡. 油菜种子丸粒化、包衣试验[J]. 中国种业, 2004(9): 35.
- 7 陈德星, 周立友, 陈其军, 等. 油菜种子丸粒化包衣技术研究[J]. 种子, 2004(7): 85 ~ 86.
- 8 阎富英, 赵祥和, 贺长征, 等. 种子包衣技术[J]. 天津农林科技, 2003(3): 32 ~ 35.
- 9 王海鸥, 胡志超, 田立佳, 等. 种子丸化技术及其研究与应用概况[J]. 现代农业装备, 2003(3): 48 ~ 50.
- 10 谢焕雄, 高刚华, 田立佳, 等. 种子丸化机自动控制系统[J]. 农业机械学报, 2003, 34(4): 147 ~ 149.
- Xie Huanxiong, Gao Ganghua, Tian Lijia, et al. Automatic control system of seed pellet machine [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2003, 34(4): 147 ~ 149. (in Chinese)