

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.12.018

钢辊式圆捆打捆机结构改进与试验*

王德福 蒋亦元 王吉权

(东北农业大学工程学院, 哈尔滨 150030)

【摘要】 为解决小型钢辊式圆捆捡拾打捆机秸秆打捆时的堵塞问题,对其结构进行了改进试验。在试验中,采用了增加喂入单辊、喂入对辊结构,并对其喂入能力、可靠性指标进行了测定。经过结构改进试验,得出配有喂入对辊(上辊沿轴向配置高19.5 mm、直径160 mm、间距48 mm圆环,下辊直径160 mm、沿周向配置高6.5 mm横板)的钢辊式圆捆打捆机可较好地解决秸秆打捆中的堵塞问题,并能扩大其适用范围,提高其工作性能和工作可靠性。

关键词: 打捆机 圆捆 钢辊 结构改进 试验

中图分类号: S817.11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)12-0084-05

Structure-improving and Experiment of Steel-roll Round Baler

Wang Defu Jiang Yiyuan Wang Jiquan

(College of Engineering, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract

For resolving plugging problem of the round baler with steel rolls, structure-improving of the steel-roll round baler was experimented. In the experimental study, single feeding roll and twin feeding rolls for enhancing feeding capability were experimented separately by feeding capability and reliability. By structure-improving experiment for five years, the round baler with twin feeding rolls was developed, which could resolve plugging in straw-baling course, and improve the adaptability for dry rice straw and green rice straw. It showed the round baler was practical to baling, and could enhance the reliability.

Key words Baler, Round bale, Steel roll, Structure-improving, Experiment

引言

圆捆打捆机主要有长胶带式、短胶带式和钢辊式等几种^[1~5]。我国自行开发较成熟的机型是小型钢辊式圆捆打捆机(配套动力13~20 kW),其主要特点是结构较简单、价格较低、配套动力较小,但易于堵塞、适用范围小。

小型钢辊式圆捆打捆机对较湿的完整稻秆及牧草打捆,尤其是湿润、高大的完整稻秆打捆青贮^[6~7]时经常发生秸秆堵塞导致无法打捆的现象。其主要原因是钢辊式圆捆捡拾打捆机捡拾喂入较湿或较多秸秆的能力较弱。

为解决钢辊式圆捆捡拾打捆机易于堵塞且适用秸秆范围窄的问题,本文对其进行结构改进试验^[8~12]。

1 材料与方法

1.1 试验装置与工作原理

试验装置是钢辊式圆捆捡拾打捆机(图1),其钢辊($\phi 150$ mm)卷捆机构环绕配置且顺时针方向旋转,所打的圆捆尺寸为 $\phi 500$ mm \times 750 mm。该机主要由弹齿式捡拾器、钢辊卷捆机构、捆绳机构、放捆机构、传动机构等组成。该机用13 kW拖拉机牵引,由捡拾器捡拾地面上的稻秆,再由卷草钢辊将进入

收稿日期:2010-01-25 修回日期:2010-02-26

* 黑龙江省科技攻关资助项目(GA07B201)、黑龙江省科技攻关资助项目(GA09B501)、高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(200802240001)、东北农业大学创新团队发展计划资助项目(CXZ-006)和黑龙江省教育厅自然科学重点资助项目(1154z1003)

作者简介:王德福,教授,博士生导师,主要从事畜牧机械研究,E-mail:dfwang640203@sohu.com

卷捆机构的稻秆卷成草捆,在草捆达到要求的密度后进行捆绳,并通过液压放捆机构将草捆放出。

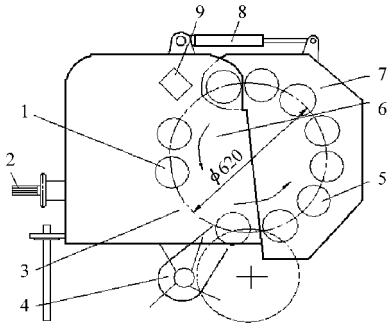


图 1 钢辊式圆捆打捆机示意图

Fig. 1 Scheme of steel-roll round baler

- 1. 稻秆入口上钢辊 2. 主传动轴 3. 稻秆入口 4. 捡拾器
- 5. 钢辊 6. 打捆机前室 7. 打捆机后室 8. 液压放捆机构
- 9. 打捆送绳机构

为解决钢辊式圆捆捡拾打捆机堵塞问题,对该机喂入单辊和喂入对辊(增强其喂入能力)配置情况进行了大量改进试验研究。试验时,卷捆机构钢辊转速为 200 r/min。

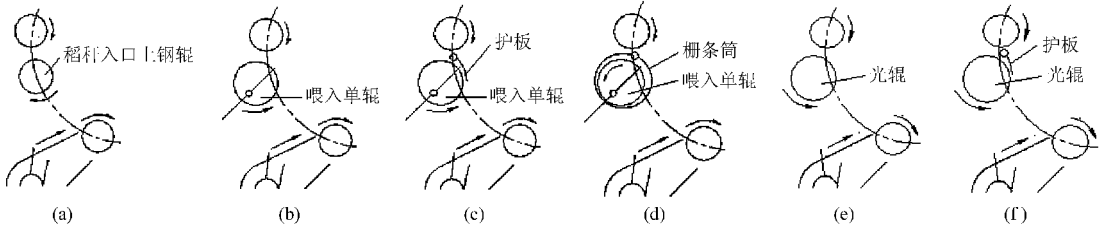


图 2 喂入单辊配置示意图

Fig. 2 Scheme of single feeding roll

- (a) 一般钢辊形式 (b) 无护板喂入单辊 (c) 加护板喂入单辊 (d) 加栅条筒喂入单辊 (e) 无护板喂入光辊 (f) 加护板喂入光辊

此随着稻秆的不断喂入(若此时还未形成旋转的草芯)而易于在卷捆机构下部钢辊处产生堆积拥堵。因此,该打捆机适应性较差,工作时易于造成堵塞。

2.2 喂入单辊

将打捆机稻秆入口上钢辊取消,并将其上部相

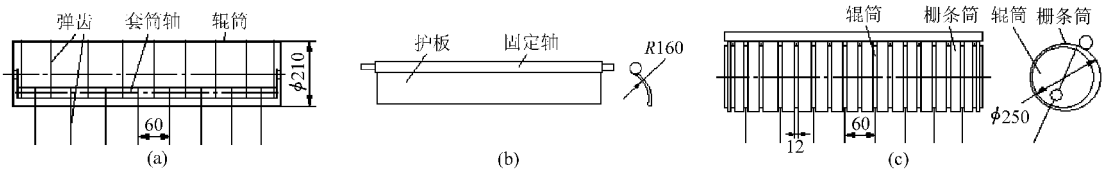


图 3 喂入辊筒与护板结构示意图

Fig. 3 Scheme of straw-towing roll and protection plate

- (a) 喂入单辊 (b) 护板 (c) 加栅条筒喂入单辊

(1) 无护板喂入单辊

按图 2b 的配置方式进行试验发现,稻秆的喂入性能极佳,尤其是在喂入量超过 3 kg/s 时,稻秆受捡拾器、喂入单辊、稻秆入口处下部钢辊的夹持喂入作用呈喷射状迅速进入卷捆机构,并在下部钢辊推送

1.2 试验方法和材料

采用实验室试验,再进行田间验证的方法。实验室试验时,喂入量为 1.5 kg/s。

采用完整稻秆作试验材料,含水率为 65% ~ 75%,长度为 650 ~ 750 mm。

1.3 评价指标

喂入能力:打开打捆机后室,测量某试验结构推送稻秆时,稻秆从喂入口到落地点的距离,并除以所有结构试验中的最大落地点的距离。

可靠性:以 10 捆计,测量某试验结构的打捆成功率。

2 试验结果及讨论

2.1 无喂入辊

通过完整稻秆打捆试验发现,由于稻秆硬滑且超长(大于卷捆机构直径),稻秆由捡拾器送入卷捆机构后很难由下部旋转钢辊将其向上部导送(稻秆与钢辊间摩擦力小),同时稻秆入口上钢辊(图 1 和图 2a)对喂入的稻秆在入口处产生反向作用,因

邻钢辊下移 50 mm。在打捆机稻秆入口(前)上部配置喂入单辊,进行试验研究。

2.2.1 两排弹齿喂入单辊

在进行喂入单辊结构设计时,在其内部设置两排伸缩弹齿(最大轨迹 $\phi 280$ mm),喂入单辊配置位置如图 2b ~ 2d 所示,其具体结构如图 3 所示。

及上部钢辊导向进入卷捆机构上部而形成草芯。但在草芯最大尺寸接近卷捆机构直径且尚未进入旋转状态时,由于受喂入单辊弹齿的裹带作用,草芯中的稻秆会被迅速带入喂入单辊与上部相邻钢辊之间的三角区域,进而受其夹持而由其间隙喷出,从而无

法正常完成卷捆作业。

(2) 加护板喂入单辊

如图 2c 所示,在喂入单辊上部配置了护板,目的是将喂入单辊与草芯(捆)隔离。试验中发现,配置护板后喂入单辊与草芯(捆)隔离效果较好,但喂入单辊在将稻秆喂入后,其弹齿缩回过程中回带的稻秆(及其牵连的稻秆)经常会进入喂入单辊与护板的间隙中,造成喂入单辊的缠绕堵塞,使卷捆作业无法进行。

(3) 加栅条筒喂入单辊

如图 2d 所示,在喂入单辊外周配置了栅条筒(栅格间隙为 12 mm),目的是将喂入单辊与草芯(捆)隔离,并挡除弹齿上回带的稻秆。试验中发现,只要稻秆连续喂入且喂入量较大(大于 1.5 kg/s),则稻秆受喂入装置夹持喂入作用,在卷捆机构内会迅速形成稳定旋转的草芯,进而形成一定紧密度的草捆。但在稻秆喂入量较低或喂入不连续时,形成草芯的时间较长,当卷捆机构内静止的草芯逐渐增大而接触到栅条筒时,稻秆还会受到喂入单辊弹齿的回带而通过其栅格间隙进入栅条筒,进而受稻秆间的牵连作用而迅速造成喂入单辊的缠绕堵塞,使卷捆作业无法进行。

2.2.2 弹齿减半喂入单辊

减半处理有两种方案:①两排弹齿数量皆对称减半。②将喂入单辊中部的弹齿去除而仅留两侧的弹齿(两侧的喂入能力较弱)。

在进行的试验中发现,打捆机仍具有一定的喂入能力,而且卷捆过程中在喂入单辊没有弹齿的部

位回带稻秆现象基本消除,而有弹齿部位仍时常回带稻秆,打捆机工作不稳定。

2.2.3 喂入光辊

(1) 无护板喂入光辊

如图 2e 所示,将喂入单辊中的弹齿全部拆下,只留喂入单辊的辊筒($\phi 210$ mm)。

试验中发现,打捆机的喂入性能下降。稻秆大都能稳定地进入卷捆机构,并逐渐形成旋转的草芯。但在形成一定密度的草捆后,由于草捆外层稻秆随草捆旋转时总是沿旋转切向运动,因此常会发生外层稻秆直接射到喂入单辊(卷捆机构内)上部区域情况,而此时逆向旋转的喂入单辊会将其带入上部相邻钢辊的三角区域,由二者相对旋转形成的夹持作用而将稻秆由其间隙迅速带出,造成二者间的严重堵塞,使卷捆作业无法完成。

(2) 加护板喂入光辊

如图 2f 所示,在喂入光辊上部配置护板试验发现,打捆机的喂入性能下降,但堵塞现象消失。这是因为随草捆旋转的外层稻秆在运动到喂入单辊部位时,受草捆旋转作用的带动而能迅速滑过护板。在喂入量增加(尤其是大于 2.5 kg/s)时,由于配置的喂入光辊而形成的夹持喂入作用有利于稻秆进入卷捆机构,但湿秸秆有时还会在卷捆机构入口处造成堵塞。

2.3 喂入对辊

由以上试验可知,通过采用喂入单辊增加喂入能力来解决堵塞问题的效果不理想。为强化钢辊式圆捆打捆机的夹持喂入能力,试验中进一步对采用喂入对辊(图 4)的结构及其参数进行研究。

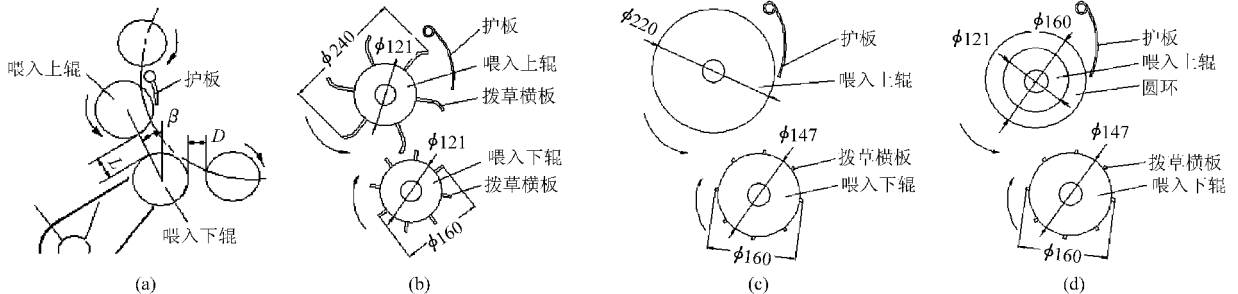


图 4 喂入对辊配置及其结构示意图

Fig. 4 Scheme of twin-feeding rolls

(a) 喂入对辊配置 (b) 对辊结构 I (c) 对辊结构 II (d) 对辊结构 III

2.3.1 对辊结构 I

由图 4b 可看出,喂入上辊与下辊上皆配有拨草横板,且相互对应配合。这种结构配置对顺向铺放的稻秆具有很强的喂入能力,但在草芯足够大(其最大尺寸接近卷捆机构直径)且尚未进入旋转状态时,由于喂入上辊拨草横板(凹槽深 59.5 mm)的裹带作用以及稻秆的牵连作用,草芯中的稻秆有时会

被带入其与护板之间而造成缠绕堵塞。试验中也发现,横向铺放的稻秆很容易缠绕在喂入下辊上,这是由于喂入下辊拨草横板形成的凹槽(深 19.5 mm)易于连带横向铺放稻秆的缘故。

2.3.2 对辊结构 II

由图 4c 可看出,将喂入上辊改为光辊,仅在喂入下辊上配有高度较小的拨草横板(高 6.5 mm)。

这种结构配置对稻秆具有一定的喂入能力, 比较适于顺向铺放稻秆的打捆(仅偶而产生堵塞)。但在稻秆喂入量突然增加(大于 3.0 kg/s)时由于喂入上辊摩擦力小而经常产生喂入堵塞问题, 尤其是横向铺放的稻秆。

2.3.3 对辊结构 III

由图 4d 可看出, 在喂入上辊上沿轴向间隔配置有圆环(圆环间距 48 mm), 在喂入下辊上沿周向配有高度较小的横板(高 6.5 mm)。这种结构配置允许将喂入辊间的间隙设计得较小(因为圆环高度有 19.5 mm, 本试验中此间隙取 30~35 mm), 当圆环接触到稻秆时稻秆就会受到喂入对辊的夹持输送作

用, 同时由于稻秆之间存在牵连作用, 因而对稻秆具有更强的喂入能力。尤其是对湿滑的完整稻秆由于喂入上辊的圆盘与下辊的拨草横板横、纵向配合, 很容易将稻秆(大部分呈斜向或横向铺放)夹持送向卷捆机构而不会产生缠绕回带现象, 从而消除堵塞问题。而且这种结构配置对横向铺放的完整稻秆更有利。

各种结构型式喂入辊的试验结果如表 1 所示。

2.3.4 对辊结构 III 优化配置试验研究

为优化喂入对辊的配置(图 4a), 对喂入对辊与卷捆机构距离 D 、喂入对辊间距 L 、上辊前倾角 β 进行了单因素试验, 其各因素水平取值如表 2 所示, 试验结果如图 5 所示。

表 1 试验结果

Tab. 1 Experimental results

指标	无喂入辊	带弹齿喂入单辊			喂入光辊		喂入对辊		
		无护板	加护板	加栅条筒	无护板	加护板	结构 I	结构 II	结构 III
喂入能力/%	20	100	100	89	40	40	93	43	90
可靠性/%	20	0	0	30	20	85	15	75	100

表 2 试验因素水平

Tab. 2 Experimental factors

因素	试验水平					参数
	1	2	3	4	5	
与卷捆机构距离 D /mm	10	20	30	40	50	$L = 35$ mm $\beta = 29^\circ$
喂入对辊间距 L /mm	20	30	40	50	60	$D = 20$ mm $\beta = 29^\circ$
上辊前倾角 β /($^\circ$)	23	26	29	32	35	$D = 20$ mm $L = 35$ mm

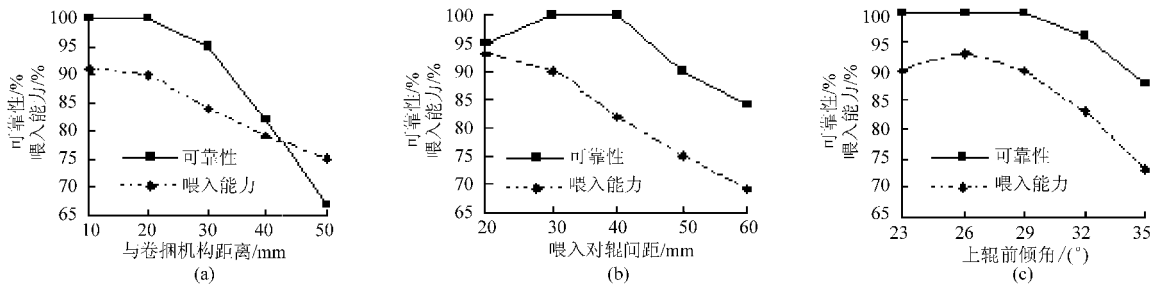


图 5 各试验因素对可靠性和喂入能力的影响

Fig. 5 Effect of experimental factors

(a) 与卷捆机构距离 (b) 喂入对辊间距 (c) 上辊前倾角

从图 5a 可知, 喂入对辊与卷捆机构距离对可靠性影响显著, 对喂入能力影响也较显著。这是因为距离越大喂入下辊越易回带稻秆(尤其是横向进入的稻秆)而造成缠绕堵塞。从图 5b 可知, 喂入对辊间距对喂入能力影响显著, 对可靠性影响也较显著。这是因为喂入对辊间距取较大值时喂入对辊夹持输送稻秆能力(尤其对薄层稻秆)降低, 喂入波动变大(稻秆厚度达到对辊间距时夹持喂入作用才最强), 进而易于造成稻秆在卷捆机构下部的累积堵塞。从

图 5c 可知, 上辊前倾角取较小值, 有利于提高可靠性和喂入能力, 这是因为上辊前倾角越大上辊前倾越大, 此时喂入量突然增加时越易在上辊前产生堵塞。

根据本机的结构, 确定喂入对辊与卷捆机构距离 D 取 20 mm、喂入对辊间距 L 取 30 mm、上辊前倾角 β 取 27° 。

3 结论

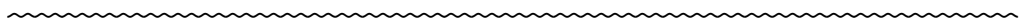
(1) 在钢辊式圆捆打捆机中, 增加结构 III 喂入

对辊(上辊沿轴向配置圆环,圆环直径 $\phi 160$ mm,环高19.5 mm,间距48 mm;下辊直径 $\phi 160$ mm,横板高6.5 mm)可以显著改善喂入性能,并可提高其工作可靠性。确定喂入对辊与卷捆机构距离为20 mm、喂入对辊间距为30 mm、上辊前倾角为 27° 。

(2)经试验验证,配置圆环结构喂入对辊的钢辊式圆捆打捆机设计可行,可提高秸草的捡拾打捆作业效率并扩大其应用范围,尤其可用于含水率较大且横向铺放的稻秆捡拾打捆作业。

参 考 文 献

- 1 王德福,张全国. 青贮稻秆圆捆打捆机的改进研究[J]. 农业工程学报,2007,23(11):168~171.
Wang Defu, Zhang Quanguo. The study of improving of round baler for straw ensiling[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007, 23(11):168~171. (in Chinese)
- 2 徐秀英. 中国牧草收获机械发展现状及其趋势[J]. 安徽农业科学,2007,35(8):2506~2508.
- 3 蒋恩臣. 畜牧业机械化[M]. 北京:中国农业出版社,2005:104~117.
- 4 孙义忠. 牧草机械化生产配置机具[J]. 新农业,2003(9):54.
- 5 刘玉. MK5050-6型青贮圆捆机[J]. 山西农机,2004(5):16.
- 6 吴晓杰,韩鲁佳. 乳酸菌制剂对早籼稻青贮饲料品质的影响[J]. 中国农业大学学报,2005,10(3):35~39.
Wu Xiaojie, Han Lujia. Effect of lactic acid bacteria on quality of rice straw silage[J]. Journal of China Agricultural University, 2005, 10(3):35~39. (in Chinese)
- 7 Vough L, Buckmaster D, Heinrichs J. Baleage system—what is working best today[M]. Silage for Dairy Farms: Growing, Harvesting, Storing and Feeding, NRAES—181, USA, 2006:158~170.
- 8 李湘萍. 4LSK-50型麦秸联合收获机的研究[J]. 农业工程学报,2003,19(1):107~109.
Li Xiangping. 4LSK-50 wheat straws combine baler[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2003, 19(1):107~109. (in Chinese)
- 9 赵维俭. 9JY-1800型牧草捡拾圆捆机工作性能分析[J]. 农牧与食品机械,1993(6):9~10.
Zhao Weijian. Capacity analysis on 9JY-1800 alfalfa round baler[J]. Agricultural and food machinery, 1993(6):9~10. (in Chinese)
- 10 周世宏,史世红,吴树明. 影响圆捆打捆机生产效率的因素分析及解决方案[J]. 农业机械,2005(3):100~101.
Zhou Shihong, Shi Shihong, Wu Shuming. Acting factors of productivity of the round baler[J]. Agricultural Machinery, 2005(3):100~101. (in Chinese)
- 11 仇志强. 变废为宝 提高产值——浅析玉米秸秆圆捆包膜技术[J]. 农机推广与安全,2005(4):22.
- 12 王国权,余群,卜运龙. 秸秆捡拾打捆机设计及捡拾器的动力学仿真[J]. 农业机械学报,2001,32(5):59~61.
Wang Guoquan, Yu Qun, Pu Yunlong. Design of pickup baler and dynamic simulation of pickup roller[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2001, 32(5):59~61. (in Chinese)
- 13 王春光,敖恩查,邢冀辉,等. 钢辊外卷式圆捆打捆机设计与试验[J]. 农业机械学报,2010,41(增刊):103~106.
Wang Chunguang, Ao Encha, Xing Jihui, et al. Design and experiment on round baler with revolute steel roller[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010,41(Supp.):103~106. (in Chinese)



(上接第71页)

- 14 阎楚良,杨方飞. 农业机械产品数字化设计技术及展望[J]. 中国工程科学,2006,8(9):13~18.
Yan Chuliang, Yang Fangfei. Digitized design technology and its application in agricultural machinery design[J]. Engineering Science, 2006,8(9):13~18. (in Chinese)
- 15 阎楚良. 农业机械设计数字化是实现农业机械现代化重要战略举措[J]. 科学中国人,2005(2):55~58.
Yan Chuliang. Digitized design in agricultural machinery is the important strategic initiatives of modernization of agricultural machinery[J]. Scientific Chinese, 2005(2):55~58. (in Chinese)
- 16 李杰,阎楚良,杨方飞. 基于虚拟样机技术的联合收割机切割机构的仿真[J]. 农业机械学报,2006,37(10):74~76.
Li Jie, Yan Chuliang, Yang Fangfei. Research on cutter's simulation of combine harvester based on virtual prototyping technology[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006,37(10):74~76. (in Chinese)
- 17 李杰,阎楚良,杨方飞. 联合收割机振动筛的动态仿真与参数优化[J]. 吉林大学学报:工学版,2006,36(5):701~704.
Li Jie, Yan Chuliang, Yang Fangfei. Dynamic simulation and parameter optimization of the combine harvester vibration sieve[J]. Journal of Jilin University: Engineering and Technology Edition, 2006,36(5):701~704. (in Chinese)
- 18 阎楚良. 农业机械数字化设计新技术[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2003.