

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2013.08.017

4LQZ-6 型切纵流联合收获机*

徐立章¹ 李耀明¹ 唐忠¹ 王乐刚² 焦中元²

(1. 江苏大学现代农业装备与技术教育部重点实验室, 镇江 212013;
2. 福田雷沃国际重工股份有限公司, 潍坊 261206)

摘要: 提出了 4LQZ-6 型切纵流联合收获机的收获工艺和总体结构, 论述了切流脱粒分离装置、强制喂入装置、纵轴流脱粒分离装置和风筛式清选装置等主要工作部件的结构与设计参数。田间性能测试表明: 该机收获产量 6 605 kg/hm² 小麦时总损失率为 0.2%, 破碎率和含杂率均为 0.1%, 机具生产率为 1.47 hm²/h; 收获产量 8 021 kg/hm² 水稻时总损失率为 1.7%, 破碎率和含杂率分别为 0.9% 和 0.8%, 机具生产率为 2.27 hm²/h, 各项技术指标达到了设计要求。

关键词: 联合收获机 切纵流 工作部件 设计

中图分类号: S225.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2013)08-0094-05

4LQZ-6 Tangential-longitudinal Axial Combine Harvester

Xu Lizhang¹ Li Yaoming¹ Tang Zhong¹ Wang Legang² Jiao Zhongyuan²

(1. Key Laboratory of Modern Agricultural Equipment and Technology, Ministry of Education, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China
2. Foton Lovol International Heavy Industries Co., Ltd., Weifang 261206, China)

Abstract: The harvesting flow chart and overall design of 4LQZ-6 tangential-longitudinal axial combine harvester was put forward and the design parameters of major working parts such as tangential axial threshing and separating unit, positive feeding unit, longitudinal axial threshing and separating unit and air-and-screen cleaning unit were discussed. The test in fields showed that when the wheat yield was 6 605 kg/hm², the total loss rate was 0.2%, breakage rate and rate of impurity were both 0.1%, productivity was 1.47 hm²/h. When the rice yield was 8 021 kg/hm², the total loss rate was 1.7%, breakage rate and rate of impurity were 0.9% and 0.8% respectively, productivity was 2.27 hm²/h. The technical indexes could meet the demands of design.

Key words: Combine harvester Tangential-longitudinal axial Working parts Design

引言

传统全喂入式横轴流联合收获机受机器横向空间尺寸的制约,其核心工作部件脱粒分离、清选装置的工作能力明显受到限制,已无法满足我国联合收获机的发展需求。久保田、洋马、大同等日韩公司生产的半喂入式联合收获机不能有效解决宽割幅、高冠层带来的夹持抽草、脱粒不净、夹带损失迅速增加

等难题,当穗幅差较大时,收获效果更不理想。

全喂入式切纵流联合收获机采用切流与纵轴流组合式脱粒分离技术,具有脱粒行程长、分离面积大,可以在不增大机体体积的情况下提高生产率,脱净率高、破碎率低,对潮湿、难脱作物适应性好等优点^[1]。国外早在 1985 年就开始了切纵流脱粒分离理论研究,Anil、Maertens、Baruah 和 Miu 等学者对切纵流联合收获机关键技术进行了较为深入的研

收稿日期: 2012-07-01 修回日期: 2012-07-26

* 国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2012AA10A502)、江苏省自然科学基金资助项目(BK2011469)、中国博士后科学基金资助项目(2011M501181)、江苏省博士后科学基金资助项目(1102133C)和江苏高校优势学科建设工程资助项目(苏财教(2011)8 号)

作者简介: 徐立章, 副研究员, 博士, 主要从事现代农业机械设计及理论研究, E-mail: justxlz@126.com

究^[2-7]。JOHN DEERE、CASE、NEW HOLLAND、CLAAS 等欧美跨国公司研制的 John Deere 988 STS 型、Case 2388 型、New Holland CR 980 型和 CR960 型等切纵流联合收获机以大型为主,割幅达 6~12 m,主要用于收获小麦、大豆等旱作物,无法适应我国水稻主产区的深泥脚和小田块作业环境,且售价高达 200 多万元,难以大量引进。

国内学者近几年开展了切流与纵轴流脱粒分离理论、技术与试验的研究仍处于起步阶段,缺乏成熟的设计理论和系统的试验数据^[8-10]。与国外切纵流联合收获机相比,我国研制的切纵流联合收获机还存在脱粒分离技术不成熟、收获损失率较大、功耗较高及工作性能不稳定等问题。

本文根据切纵流联合收获机的收获工艺流程,结合水稻、小麦室内台架试验结果,设计喂入量 6~8 kg/s 的切纵流联合收获机,并进行田间试验和性能检测。

1 总体结构

通过广泛调查研究,确定了 4LQZ-6 型切纵流联合收获机的主要技术参数,如表 1 所示。

表 1 4LQZ-6 型切纵流联合收获机的主要技术参数

Tab.1 Major technical parameters of type 4LQZ-6 tangential-longitudinal axial combine harvester

割幅 /m	配套动 力/kW	喂入量 /kg·s ⁻¹	脱粒分 离装置	清选 装置
4.57	128	6~8	切流与纵轴 流组合式	离心风机加 双层振动筛
总损 失率/%	含杂 率/%	破碎 率/%	行走 装置	作业效率 /hm ² ·h ⁻¹
≤2.5	≤2.0	≤2.0	轮式 (液压无级变速)	0.8~1.2

4LQZ-6 型切纵流联合收获机总体采用 T 型布局方式,即割台位于机器的正前方,倾斜输送器位于机器中间。切纵流脱粒分离装置和清选装置位于机器后方。驾驶室布置在机器的右前侧便于操控,发动机位于驾驶室与脱粒机中间使整机布置上结构紧凑、同时降低机器重心。4LQZ-6 型切纵流联合收获机作业工艺流程和总体配置如图 1、2 所示。

2 主要工作部件设计

2.1 切纵流脱粒分离装置

4LQZ-6 型切纵流联合收获机采用切流与纵轴流组合式脱粒分离装置。作物通过倾斜输送器进入切流脱粒分离装置,60%~80% 成熟、易脱籽粒被脱下并从切流凹板中分离出去,剩余作物在装有 8 个

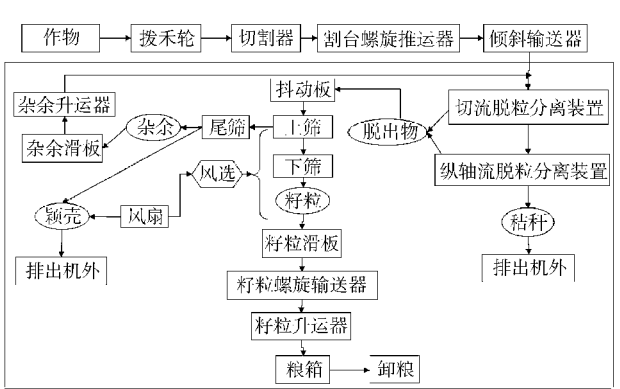


图 1 4LQZ-6 型切纵流联合收获机收获工艺流程图
Fig.1 Harvesting flow chart of type 4LQZ-6 tangential-longitudinal axial combine harvester

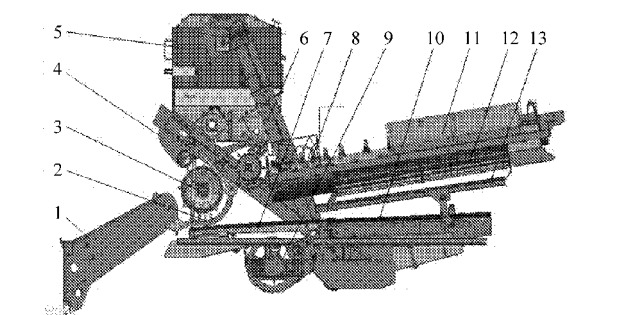


图 2 4LQZ-6 型切纵流联合收获机总体方案
Fig.2 Overall design of type 4LQZ-6 tangential-longitudinal axial combine harvester

1. 倾斜输送器 2. 切流脱粒凹板 3. 切流脱粒滚筒 4. 杂余升运器 5. 粮箱 6. 籽粒升运器 7. 抖动板 I 8. 纵轴流滚筒 9. 风机 10. 清选筛箱 11. 纵轴流顶盖 12. 分离凹板 13. 抖动板 II

分离板的后喂入轮作用下被送到纵轴流脱粒分离装置,实现复脱、分离,大量长秸秆从排草口抛出机外。所有分离出的脱出混合物在抖动板的作用下均匀落在清选筛上,进行后续作业。

切纵轴脱粒分离装置主要由切流脱粒分离装置、强制喂入装置和纵轴流脱粒分离装置组成,如图 3 所示。

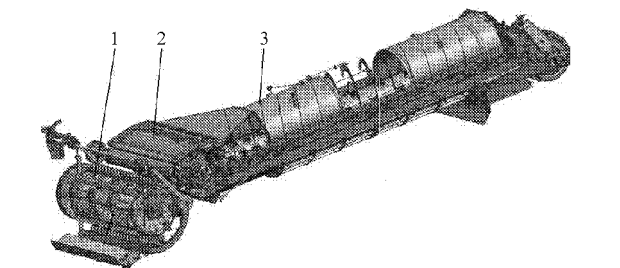


图 3 切纵流脱粒分离装置
Fig.3 Tangential-longitudinal axial threshing and separating unit

1. 切流脱粒分离装置 2. 强制喂入装置 3. 纵轴流脱粒分离装置

2.1.1 切流脱粒分离装置

切流脱粒分离装置主要包括集石槽、切流滚筒、

切流脱粒凹板和凹板调节机构等,如图 4 所示。

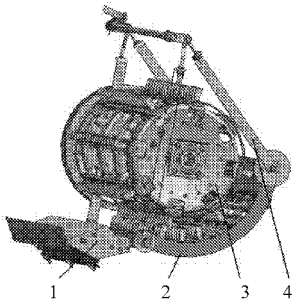


图 4 切流脱粒分离装置

Fig. 4 Tangential axial threshing and separating unit

1. 集石槽 2. 切流脱粒凹板 3. 切流滚筒 4. 凹板调节机构

集石槽的主要作用是防止地面的石块进入脱粒装置,损坏脱粒滚筒或凹板。

切流滚筒的脱粒元件为刀形钉齿,其齿薄而长,抓取和梳刷脱粒作用强,对不均匀喂入和潮湿作物的适应能力强。刀形钉齿的排列对脱粒性能有很大的影响,如果钉齿数量一定,而一个钉齿的运动轨迹内只有一个钉齿通过,则不仅生产率很低,且滚筒必须很长。因此,设计时选择多个钉齿在同齿迹内回转。为了工作均匀,这些齿在同一齿迹内均匀分布。切流滚筒刀形钉齿方式展开如图 5 所示。

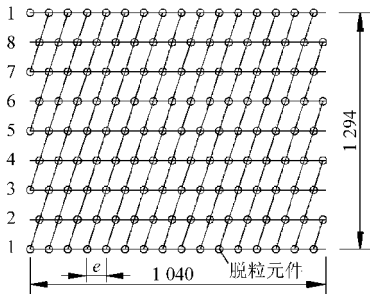


图 5 切流滚筒上刀形钉齿的排列方式

Fig. 5 Arrangement for knife type spike-tooth of tangential axial drum

切流滚筒长度^[11]

$$L = a \left(\frac{Z}{k} - 1 \right) + 2\Delta l =$$

$$30 \times \left(\frac{152}{4} - 1 \right) + 2 \times 20 = 1\,150 \text{ mm}$$

式中 a ——齿迹距(常用值 25 ~ 50 mm),取 30 mm
 Z ——切流滚筒上钉齿总数(由经验数据决定),取 152 个

k ——螺旋头数(一般 2 ~ 5),取 4

Δl ——边齿距齿杆端部的距离(一般为 15 ~ 20 mm),取 20 mm

切流滚筒直径^[11]

$$D = \frac{Ms}{\pi} + 2h = \frac{8 \times 185}{\pi} + 2 \times 58 = 587.33 \approx 590 \text{ mm}$$

式中 h ——钉齿高度,取 58 mm

s ——齿杆间距(一般为 120 ~ 200 mm),取 185 mm

M ——齿杆数(常用 6 ~ 12),取 8

切流凹板采用 4 排钉齿加栅格凹板的组合式结构,包括凹板框、齿杆、刀形钉齿和栅格凹板,如图 6 所示。凹板包角为 120°,实际作业时根据收获作物品种的不同,对于易脱作物可通过拆除头排或头二排齿以增大齿间距。切流脱粒入口间隙为 10 ~ 50 mm 可调,出口间隙 20 ~ 45 mm 可调,以提高对作物的适应性。

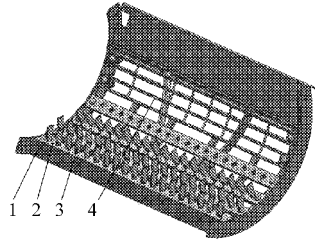


图 6 切流脱粒凹板

Fig. 6 Concave of tangential axial threshing unit

1. 凹板框 2. 齿杆 3. 钉齿 4. 栅格凹板

理论分析和台架试验表明,切流脱粒线速度为 21.66 m/s、入口间隙为 30 mm、出口间隙为 20 mm 时,作业性能和功耗达到最优^[10,12]。

2.1.2 强制喂入装置

4LQZ-6 型切纵流联合收获机的强制喂入装置包括上盖板、前喂入轮、后喂入轮、下盖板,如图 7 所示。

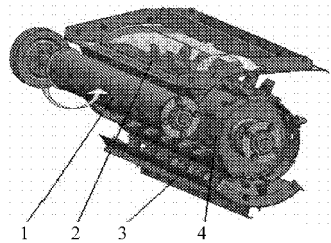


图 7 强制喂入装置

Fig. 7 Positive feeding unit

1. 前喂入轮 2. 上盖板 3. 下盖板 4. 后喂入轮

前喂入轮的作用是理顺切流滚筒喂入作物的流向,防止作物回带。后喂入轮的作用是将理顺后的作物进行变向,强制其从上方喂入到纵轴流脱粒分离装置。后喂入轮采用梯形齿结构,增强了抓取能力,实现了作物平滑、顺畅地过渡,解决了在单切流与单纵轴流转换时,作物流转向角度大、物流收缩大、易堵塞难题。

2.1.3 纵轴流脱粒分离装置

纵轴流脱粒分离装置主要包括喂入口上盖板、喂入口下盖板、纵轴流滚筒、纵轴流顶盖、支撑框架、

排草口和纵轴流分离凹板,如图 8 所示。

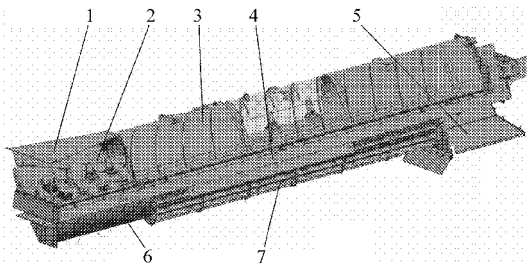


图 8 纵轴流脱粒分离装置

Fig. 8 Longitudinal axial threshing and separating unit

1. 喂入口上盖板 2. 纵轴流滚筒 3. 滚筒上盖板 4. 支撑框架
5. 排草口 6. 纵轴流分离凹板 7. 喂入口下盖板

纵轴流脱粒分离装置采用旋转式分离方法,纵轴流滚筒与纵轴流分离凹板采用偏心配置,实现了作物周期性压缩与蓬松,有效解决了脱净率和破碎率的矛盾,对潮湿作物的适应性好,代替了占用空间庞大的传统键式逐稿器,简化了联合收获机械的结构,作业能力和作业效率进一步提高。

纵轴流滚筒由螺旋喂入头、分离齿杆、分离齿、辐盘、滚筒轴、连接轮毂和排草板等组成,如图 9 所示。

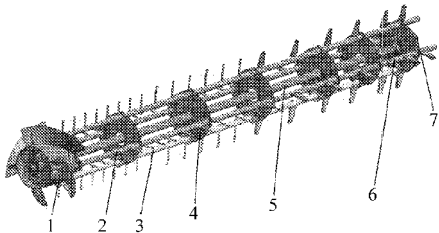


图 9 纵轴流复脱滚筒

Fig. 9 Longitudinal axial threshing drum

1. 螺旋喂入头 2. 分离齿杆 3. 分离齿 4. 辐盘 5. 滚筒轴
6. 连接轮毂 7. 排草板

螺旋喂入头由 4 个螺旋喂入叶片、加强筋、筒体和连接盘组成,如图 10 所示。螺旋叶片的作用主要是与喂入口上、下盖板相配合,实现物料喂入方向的迅速改变,增强物料输送能力、避免堵塞。

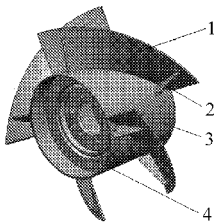


图 10 螺旋喂入头

Fig. 10 Spiral feeder

1. 螺旋喂入叶片 2. 加强筋 3. 筒体 4. 连接盘

理论分析和台架试验表明,纵轴流脱粒线速度为 19.63 m/s、脱粒间隙为 20 mm 时,作业性能和功耗达到最优^[10,12]。

2.2 清选装置

4LQZ-6 型切纵流联合收获机清选装置采用离心风机加双层振动筛结构,主要包括抖动板 I、离心风机、上筛、下筛、尾筛、抖动板 II、上筛箱、下筛箱及驱动杆件等,如图 11 所示。

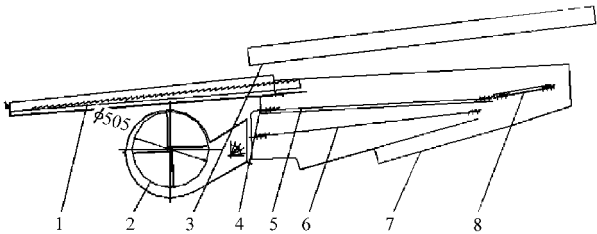


图 11 风筛式清选装置结构示意图

Fig. 11 Structure diagram of air-and-screen cleaning unit

1. 抖动板 I 2. 离心风机 3. 抖动板 II 4. 上筛箱 5. 上筛
6. 下筛 7. 下筛箱 8. 尾筛

风筛式清选装置通常依靠气流把漂浮性能较强的夹杂物吹走,而靠筛子清除尺寸较大的夹杂物。这就要求气流在筛面入口处以 8~9 m/s 较大的流速将混合物吹散、轻杂物吹远甚至吹出机外,使筛子前半部分谷层内的轻杂物大大减少,以此来提高筛选效果。为了使不太饱满的籽粒不被吹出机外,要求中部气流降低为 5~6 m/s,尾部为 2~3 m/s。因为筛子中、尾部谷层较薄,在抖动作用下,谷粒可全部穿过上筛。尾筛倾角大、孔眼大,有利于少量断穗落下进入杂余螺旋推运器。为了获得上述气流分布,气流吹送方向与筛面呈 23°~30°。同时为了保证清选质量,筛面必须有足够的空气流量把杂质吹起带走,清选所需空气流量^[11]

$$V = \frac{\beta Q}{\rho \mu} = \frac{0.2 \times 8}{1.2 \times 0.2} = 6.67 \text{ m}^3/\text{s}$$

式中 Q ——设计喂入量,按最大喂入量 8 kg/s 计算

β ——待清除杂质占喂入量的比例(对一般作物约为 0.15~0.2),取 0.2

ρ ——空气密度,取 1.2 kg/m³

μ ——杂质与空气流量的浓度比(一般 0.2~0.3),取 0.2

清选装置选用轴向进风的四叶片离心风机,根据机器的喂入量和清选筛面宽度,设计离心风机叶轮直径为 500 mm,叶片宽度为 900 mm,转速为 380~1 370 r/min 无级可调。风机的空气流量与其结构参数和运动参数都有关系,可按下式估算^[11]

$$V' = \frac{\pi}{60} d_f n_f b_f \delta \phi \xi$$

式中 d_f ——风机叶轮的内径,取 0.5 m

b_f ——风机叶片长度,取 0.9 m

n_f ——风机转速,按最大转速取 1 370 r/min
 δ ——叶轮宽度比系数,取 0.55
 ϕ ——经验数据,约 0.47
 ξ ——叶片进气系数,取 0.95

则 $V' = 7.92 \text{ m}^3/\text{s} > V$,风机尺寸满足工作要求。

由类比经验可确定阶梯抖动板的阶梯参数:阶梯长为 30 mm,高为 15 mm,倾角 3°。根据筛箱驱动机构计算可得阶梯抖动板的水平振幅为 33 mm,竖直振幅为 16 mm,满足作物的输送要求。上筛的振幅为 35 mm,下筛的振幅为 35 mm,可满足作物清选要求。

3 田间试验

2011 年 6 月 3 日在江苏省丹阳市练湖农场进行了小麦收获田间试验,依据 GB/T 8097—2008《收获机械 联合收割机 试验方法》及 GB/T 5262—2008《农业机械 试验条件测定方法的一般规定》对 4LQZ-6 型切纵流联合收获机进行了性能检测。作物原始数据为:品种镇麦 168,自然高度 900 mm,小麦千粒质量 41.0 g,籽粒含水率 14.7%,茎秆含水率 44.5%,平均产量 6 605 kg/hm²,作业速度 3.44 km/h,草谷比 1.57,作物无倒伏,成熟一致。经江苏省农业机械试验鉴定站检测,检测结果如表 2 所示。

表 2 4LQZ-6 型切纵流联合收获机小麦试验检测结果

Tab.2 Wheat experiment results of type 4LQZ-6 tangential-longitudinal axial combine harvester		
参数	合同指标	实测指标
喂入量/kg·s ⁻¹	6~8	6.75
作业效率/hm ² ·h ⁻¹	0.8~1.2	1.47
总损失率/%	≤2.5	0.2
含杂率/%	≤2.0	0.1
破碎率/%	≤2.0	0.1

从表 2 可以看出,该机收获产量 6 605 kg/hm²小麦时总损失率为 0.2%,破碎率和含杂率均为

0.1%,机具生产率为 1.47 hm²/h,其各项技术性能指标均符合设计要求。

2011 年 10 月 9 日在黑龙江省鹤岗市宝泉岭农场,进行了水稻收获田间试验,经江苏省农业机械试验鉴定站对 4LQZ-6 型切纵流联合收获机进行了性能检测。作物原始数据为:品种龙粳 29 号,自然高度 733 cm,稻谷千粒质量 37.7 g,籽粒含水率 16.6%,茎秆含水率 32.4%,平均产量 8 021 kg/hm²,作业速度 5.31 km/h,草谷比 1.06。检测结果如表 3 所示。

表 3 4LQZ-6 型切纵流联合收获机水稻试验检测结果

Tab.3 Rice experiment results of type 4LQZ-6 tangential-longitudinal axial combine harvester		
参数	设计指标	实测指标
喂入量/kg·s ⁻¹	6~8	10.16
作业效率/hm ² ·h ⁻¹	0.8~1.2	2.27
总损失率/%	≤2.5	1.7
含杂率/%	≤2.0	0.8
破碎率/%	≤2.0	0.9

从表 3 可以看出,该机收获产量 8 021 kg/hm²水稻时总损失率为 1.7%,破碎率和含杂率分别为 0.9%和 0.8%,机具生产率为 2.27 hm²/h,其各项技术性能指标均符合设计要求。

4 结论

(1) 提出了喂入量 6~8 kg/s 的切纵流联合收获机的收获工艺和总体结构,以适应我国联合收获机向高性能和高效率作业的发展要求。

(2) 确定了 4LQZ-6 型切纵流联合收获机切流脱粒分离装置、强制喂入装置、纵轴流脱粒分离装置和风筛式清选装置等主要工作部件的结构和运动参数。

(3) 小麦和水稻田间试验及性能检测表明,该机各项技术指标达到了设计要求,为切纵流联合收获机的设计提供了参考。

参 考 文 献

1 孟繁昌,庞风斌,叶耘,等. 联合收获机水稻收获性能对比试验[J]. 农业机械学报,2005,36(5):141~143.
Meng Fanchang, Pang Fengbin, Ye Yun, et al. Comparative tests of harvesting performance on rice[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(5): 141~143. (in Chinese)
2 Anil J, Guruswamy T, Desai S R, et al. Effect of cylinder speed and feed rate on the performance of thresher[J]. Journal of Agricultural Sciences, 1998,11(4): 1 120~1 123.
3 Maertens K, Baerdemaeker J D. Flow rate based prediction of threshing process in combine harvesters[J]. Applied Engineering in Agriculture, 2003, 19(4): 383~388.
4 Baruah D C, Panesar B S. Energy requirement model for a combine harvester, part 1: development of component models[J]. Biosystem Engineering, 2005, 90(1): 9~25.
5 Baruah D C, Panesar B S. Energy requirement model for a combine harvester, part 2: integration of component models[J]. Biosystem Engineering, 2005, 90(2): 161~170.