基于折页模式与折页单元组配关系的折页机工作效能分析方法

李剑锋，邓 毅，王 晶，马春敏，范金红
（北京工业大学，北京 100124）

摘要：分析了折页模式的描述格式，根据印张折痕的位置关系及变向特性对折页模式进行了分解，将复杂折页模式分解为了一系列平行折的顺次组合。结合平行折研究了折页模式与折页单元之间的组配关系，归纳了折页模式与折页单元的组配规则。以JDF定义的85种常用折页模式为参照，提出了一种基于折页模式与折页单元组配的折页机工作效能分析方法。

关键词：折页模式；折页单元；组配关系；工作效能；分析方法
中图分类号：TS803 **文献标识码**：A **文章编号**：1001-3563(2011)15-0096-06

Working Ability Analysis Method of Folding Machine Based on the Matching Relationship between Folding Pattern and Folding Unit

LI Jian-feng, *DENG Yi*, *WANG Jing*, *MA Chun-min*, *FAN Jin-hong*
(Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

Abstract: The describing format of the folding pattern was analyzed. The folding pattern was decomposed according to the relative location relationship and direction changing character of folds, on which the complicated folding pattern was decomposed as a combination of a series of ordinal parallel folding patterns. Combined with the parallel folding patterns, the matching relationships between folding patterns and folding units were studied, and the matching rules of folding patterns and folding units were induced. Using the 85 folding patterns defined by JDF as reference, a working ability analysis method of folding machine based on the matching relationship between folding pattern and folding unit was put forward.

Key words: folding pattern; folding unit; matching relationship; working ability; analysis method

折页加工是印品印后加工的重要环节之一，其功能是将印张折叠成具有特定折形与尺寸规格的纸帖，并为后续的胶订和裁切加工作准备。折页机的工作效能与折页机中折页单元的形式、数目及布位密切相关，在理论上这些因素不受限制，但实际的功能需求和配置成本要求折页单元的形式及数量不能过多。因此，在进行折页机方案设计或根据折页任务需求选配折页机时，应对折页机设计方案及拟选配机型的工作效能进行分析与评价，在满足功能需求的前提下尽可能减少折页单元的形式与数量以降低折页机的配置成本。

关于折页模式的研究已较为充分，给出了统一的折页模式描述格式[1-3]。文献[4－6]等对折页机的自动预置系统设计问题进行了研究，并开发了各自的基于上-下位机通讯的折页单元控制系统，实现了折页机的自动预置功能。文献[7]对折页模式与折页单元的组配关系进行了初步分析，探讨了折页机面向预期折页任务的折页单元组配问题。笔者在文献[7]的基础上进一步研究折页模式与折页单元的组配关系，并以JDF定义的85种常用折页模式为参照，提出一种基于折页模式与折页单元组配分析的折页机工作效能分析方法。

收稿日期：2011-06-12
基金项目：北京市教委科技发展计划项目(KM200810005007)；北京市科技发展计划重点项目子项目(D0305001040321)
作者简介：李剑锋(1964－)，男，吉林人，博士，北京工业大学教授，主要研究方向为机构学与机械传动。

1　折页模式描述与模式分解

根据印张折痕的形式、折叠顺序及其相对位置关系，CIP3 组织(印前制版、印刷及印后加工集成化国际合作组织)定义了统一的折页模式描述格式——JDF(Job Definition Format)。JDF 折页模式的描述格式示例见图 1，对应的符号表述为 ↑1/4 ↓1/4 ↑1/4＋↑1/4↓1/4↑1/4＋↑1/8。该模式要求印张最终被折叠成厚度为 64 页的纸帖，且印张的 64 个文档版面在纸帖中应保持顺序编页。图 1 中的数字 1，2，3……表示折痕的折叠顺序，实线和虚线分别代表凹痕及凸痕，符号↑及符号↓分别表示印张发生上、下弯折，符号＋表示前后折痕之间彼此垂直，左下角符号┗表示印张进入折页机(或折页单元组)的运动正方向。图中的分数表示折痕之间的相对位置，如第 1 个 1/4 表示凹痕 1 距左端的距离为 $L/4$(L 为印张长度)，第 2 个 1/4 表示凸痕 2 距凹痕 1 的距离为 $L/4$。此外，图中的阴影区域表示最终折成的纸帖尺寸规格。显然，折痕顺序、折痕位置、折痕类型以及印张运动方向构成了折页模式的 4 个基本要素，给定这 4 个要素后印张纸帖的折形与规格是唯一确定的。

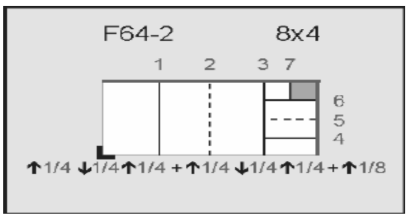

图 1　折页模式 F64－2

Fig. 1 Folding pattern F64－2

根据印张折痕的形式、折叠顺序及其相对位置关系，可以进一步将图 1 中的折页模式分解为 3 个折痕相互正交的平行折，见图 2。类似地，其他折页模式也可以分解为若干个平行折的顺次组合。对折页模式进行分解的目的是将复杂折页模式与折页单元组配关系的研究转化为相对易于处理的平行折及其折页单元组配关系分析问题。

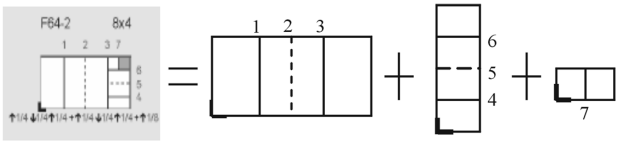

图 2　折页模式的分解

Fig. 2 Folding pattern decomposition

2　折页模式与折页单元组配

2.1　折页单元与折痕

折页单元有栅栏-折辊对单元(下文简称栅栏)和折刀-折辊对单元(下文简称折刀)2 种形式，这 2 种折页单元的工作原理与折痕见图 3[8]。

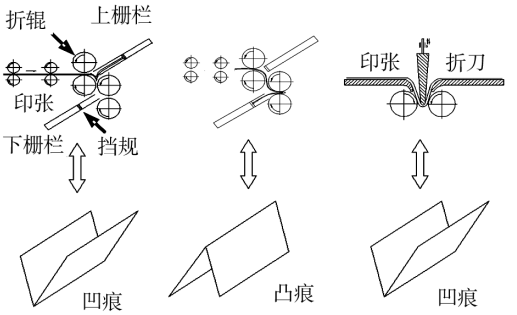

图 3　折页单元与折痕

Fig. 3 Folding units and folds

栅栏单元：印张在相对旋转折辊对的摩擦力作用下进入栅栏框，当印张前端与控制折痕位置的栅栏挡规接触后，其前行运动受阻并发生弯折，在后续折辊对的作用下完成折痕的折叠，并继续运动至下一折页单元。栅栏单元因布位方式不同，可以设置为上栅栏及下栅栏。印张经过单个上、下栅栏时，分别折叠出凹痕与凸痕。印张进入栅栏框的长度由栅栏挡规调节，若挡规置于栅栏框的入口端，则印张不进入该栅栏而直接进入下一折页单元。

折刀单元：印张在旋转折辊对摩擦力的作用下进入折刀单元，印张位置由折刀的前端挡规控制，在折刀下压和折辊对摩擦挤压的共同作用下完成凹痕折叠并进入后续折页单元。折刀单元与上栅栏的折叠效果相同，但多置于折页机的中后端。

2.2　折页模式与折页单元组配规则

由于复杂折页模式可以分解为若干个平行折的顺次组合，在分析折页模式与折页单元的组配关系时，可仅考虑平行折模式以使问题得到简化，并通过平行折与折页单元组配关系的适当组合得到复杂折页模式的单元组配。同时，考虑到折刀与上栅栏具有相同的折页功能，在进行组配关系分析时将折刀按上

栅栏处理。以下结合折页过程分析建立平行折与折页单元的组配规则。

2.2.1 单折痕平行折

单折痕折页模式对应的折页单元可以根据图 3 所示折页单元的工作原理来确定,若折痕为凹痕(实线),对应的折页单元是上栅栏(或折刀),如果折痕为凸痕(虚线),对应的折页单元是下栅栏。

2.2.2 多折痕平行折

当平行折的折痕多于 2 个时,第 2 折痕以及后续折痕与折页单元的组配关系可根据折痕排列关系,按顺折与逆折 2 种情形进行分析与归纳。

1)顺折。

根据折痕之间的相对位置关系,将当前折痕位于前一折痕反方向(与印张运动方向相反)的平行折定义为顺折。根据不同的折痕组合,两折痕顺折有 4 种形式,见图 4。基于提高前端折页单元利用率并降低

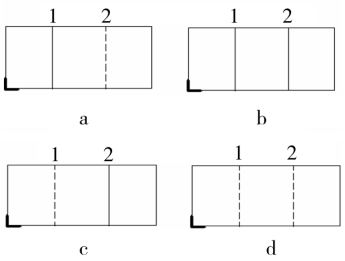

图 4 顺折示意

Fig. 4 Positive folding

单元组配复杂度的要求,得到的与图 4 折页模式相对应的单元组配及折页路径见图 5。

由图 4 和 5 可以看出,无论第 1 折及第 2 折为凸痕或凹痕,当第 2 折痕位于第 1 折痕的反方向时,若第 2 折是凹痕(实线),对应的折页单元为上栅栏,如果第 2 折为凸痕(虚线),对应的折页单元是下栅栏。

2) 逆折。

当前折痕位于前一折痕正方向(与印张运动方向相同)的平行折可定义为逆折。根据折痕组合的不同,两折痕逆折有 4 种形式,见图 6。根据提高前端折页单元利用率并降低单元组配复杂度的要求,得到的与图 6 所示折页模式相对应的单元组配及折页路径见图 7。

由图 6 和 7 可以看出,无论第 1 折及第 2 折为凸痕或凹痕,当第 2 折痕位于第 1 折痕的正方向时,若第 2 折是凹痕(实线),对应的折页单元为下栅栏,如

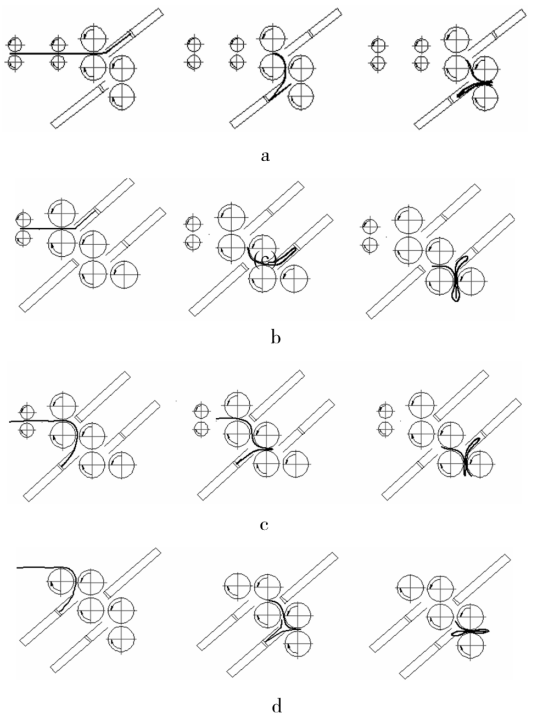

图 5 顺折过程

Fig. 5 Positive folding process

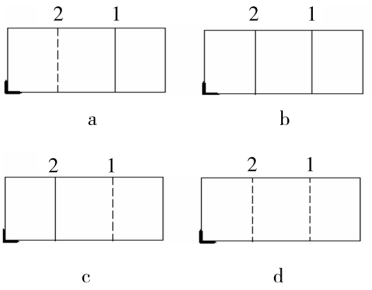

图 6 逆折示意

Fig. 6 Inverse folding

果第 2 折为凸痕(虚线),对应的折页单元是上栅栏。

在对两折痕顺、逆平行折与折页单元组配关系分析的基础上,还对多折痕顺、逆平行折与折页单元的组配关系进行了研究,均可以得到相同的分析结果。综上可以得到如下平行折模式与折页单元的组配规则:

1) 平行折第 1 折痕对应的折页单元组配取决于折痕类型,折痕为凸痕(虚线),对应下栅栏;折痕为凹痕(实线),对应上栅栏。

2) 平行折其它折痕对应的折页单元取决于该折痕的类型以及与前一折痕的位置关系:折痕在前一折

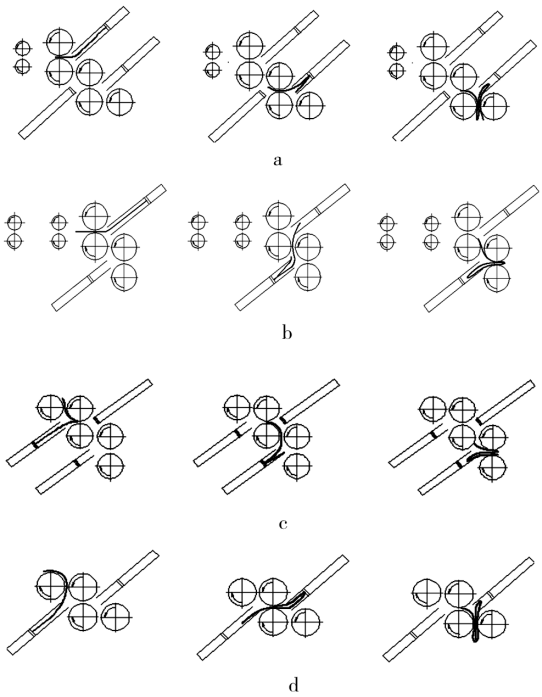

图 7　逆折过程

Fig. 7 Inverse folding process

痕反方向时，如果折痕是凸痕(虚线)，对应下栅栏，折痕为凹痕(实线)，对应上栅栏；折痕在前一折痕正方向时，如果折痕为凸痕(虚线)，对应上栅栏，折痕为凹痕(实线)，对应下栅栏。

3　折页机工作效能分析方法

根据折页模式与折页单元组配规则以及折页机的折页单元组模块分解，可以得出基于“模块-模块”原理的折页机工作效能分析与评价方法，见图 8。具

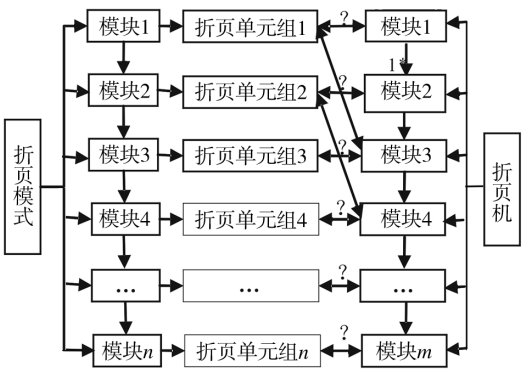

图 8　折页机工作效能分析原理

Fig. 8 Principle of working-ability analysis

体步骤如下。

1) 根据折页单元的布位将折页机(拟进行工作效能分析与评价)的折页单元分解为若干个折页单元组模块，若折页单元布位的方向变化为 $m-1$ 次，则将折页机分解为 m 个折页单元组模块，平行且相邻的折页单元属于同一单元组。

2) 根据折痕方向的变化对折页模式进行分解，如果折痕的变化次数为 $n-1$，则折页模式分解为 n 个顺次平行折模块，平行且相邻的折痕属于同一平行折模块。

3) 若有 $n>m$，则折页模式不能由折页机完成；如果 $n\leqslant m$，则需要以下述步骤作进一步的判断。

4) 应用平行折与折页单元的组配规则确定折页模式中各平行折模块所需的折页单元组配。

5) 按照平行折模块 n 对应折页机单元模块 n($n=1,2,3\cdots$)的顺序进行分析对比。如果所有折页机单元组模块均包含对应平行折所需的折页单元组合，则折页机能够完成折页模式的加工，并可进一步根据各折痕的相对位置参数设定折页单元挡规的位置。

6) 如果折页机中某一个折页机单元组模块(如第 i 模块)不包含与其对应平行折模块所需要的折页单元组合，而且由第 i 模块、第 $i+2$ 模块、第 $i+4$ 模块… 组成的复合单元组模块亦不包含该平行折所需的折页单元组合，则折页机不能完成折页模式的加工。

7) 如果折页机中某一个折页机单元组模块(如第 i 模块)不包含与其对应平行折模块所需要的折页单元组合，但由第 i 模块、第 $i+2$ 模块、第 $i+4$ 模块… 组成的复合单元组模块包含该平行折所需的折页单元组合，而且折页模式中该平行折的后续平行折按步骤 6)和 7)判断，均可由折页机中复合模块以后的折页单元组模块加工，则折页机能完成折页模式的加工。

8) 采用步骤 2)～7)对 JDF 定义的 85 种常用折页模式逐一进行分析与判断，并分析、评价折页机的工作效能。

以下结合 MBOT535 全栅栏折页机(德国 MBO 公司)说明折页机工作效能的分析与评价过程，见图 9。由图 9 可知 MBOT535 折页机包含 2 个方向相互正交的折页单元组模块，折页单元组模块组合可以表示为(上栅栏 1、下栅栏 1、上栅栏 2、下栅栏 2)+(上栅栏 3、下栅栏 3、上栅栏 4、下栅栏 4)，其中+号表示 2 个单元组模块的栅栏方向相互垂直。

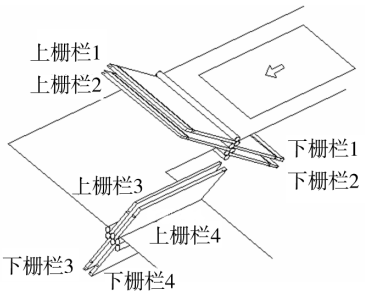

图 9 MBOT535 折页机的折页机单元配置

Fig. 9 Folding unit setting of MBOT535

根据折页模式与折页单元组配规则得到的完成 85 种折页模式所需的折页单元组配见表 1，由表 1 可以看出若要实现全部 85 种常用折页模式，折页机至少需要依次正交的 4 个折页单元组。因此，需要 3 个折页单元组（含）以上的折页模式均不能由 MBOT535 折页机完成。此外，如果某一折页模式中含有需要 3 个（含）以上上栅栏或下栅栏的平行折，亦不能由 MBOT535 折页机完成。经进一步采用步骤 2）～7）对其他折页模式进行分析与判断知，MBOT535 折页机可以完成表 2 中 85 种折页模式中的 51 种。需要说明的是，表 2 中部分折页模式（如 F6-3，F6-4，F6-5 和 F12-7，F12-8 等）的工作单元组配虽然相同，但折页单元挡规的设置位置并不相同。例如，F6-3 模式上栅栏 1，2 档规距栅栏框入口的距离分别为印张长度的 1/4 与 1/2，而 F6-4 模式上栅栏 1，2 档规距栅栏框入口的距离分别为印张长度的 1/3 与 1/3。由于 MBOT535 折页机的折页单元组配较为简单，完成的折页模式较多，该机型的工作效能相对较高。

表 1 JDF85 种折页模式对应的折页单元组配

Tab. 1 Folding unit settings of 85 JDF folding patterns

折页模式	单元组配	折页模式	单元组配	折页模式	单元组配	折页模式	单元组配
F2-1	无	F12-5	上上下	F16-12	上上上＋上下	F24-10	上上＋上下
F4-1	上	F12-6	上下上下上	F16-13	上＋上下	F24-11	上＋上上＋上
F6-1	上下	F12-7	上下＋上	F18-1	上下上下上下上下	F28-1	上下上下上下＋上
F6-2	下上	F12-8	上下＋上	F18-2	上上上下	F32-1	上下上下
F6-3	上上	F12-9	上上＋上	F18-3	上下下上	F32-2	上下＋上＋上
F6-4	上上	F12-10	上上＋上	F18-4	上下上下	F32-3	上下＋上＋下
F6-5	上上	F12-11	上＋上＋上	F18-5	上下＋上下	F32-4	上＋上＋上＋上
F6-6	下下	F12-12	上＋上上	F18-6	上下＋上上	F32-5	上＋上＋下＋下
F8-1	上上	F12-13	上＋上上	F18-7	上上＋上下	F32-6	上＋上＋上＋下
F8-2	上下	F12-14	上＋上下	F18-8	上上＋上上	F32-7	上下上＋上下
F8-3	上下上	F14-1	上下上下上下	F18-9	上下＋上下	F32-8	上下＋上下
F8-4	上上上	F16-1	上下上	F20-1	上下下＋上	F32-9	上＋上下＋上
F8-5	上上上	F16-2	上下下	F20-2	上下上下＋上	F36-1	上下上下＋上
F8-6	上上下	F16-3	上上下	F24-1	上下＋上＋上	F36-2	上下＋上下＋上
F8-7	上＋上	F16-4	上上上	F24-2	上上＋上＋上	F40-1	上下上下＋上下
F10-1	上下上	F16-5	上下上下上下	F24-3	上下上＋上	F48-1	上下＋上下上＋上
F10-2	上上上	F16-6	上＋上＋上	F24-4	上下下＋上	F48-2	上下上＋上下上
F10-3	上上上	F16-7	上＋上＋下	F24-5	上上下＋上	F64-1	上＋上下上＋上下
F12-1	上下上	F16-8	上＋下＋下	F24-6	上下上下上＋上	F64-2	上下上＋上下上＋上
F12-2	上上下	F16-9	上下＋上	F24-7	上＋上＋上下		
F12-3	上下上	F16-10	上上＋上	F24-8	上下＋上下		
F12-4	上下下 22	F16-11	上下上＋上	F24-9	上下＋上下		

表 2　MBOT535 折页机完成 51 种折页模式的单元组配

Tab.2 Folding unit settings of 51 JDF folding patterns done by MBOT535

折页模式	单元组配	折页模式	单元组配	折页模式	单元组配	折页模式	单元组配
F2-1	无	F10-1	上 1 下 1 上 2	F16-1	上 1 下 1 上 2	F24-3	上 1 下 1 上 2+上 3
F4-1	上 1	F12-1	上 1 下 1 上 2	F16-3	上 1 上 2 下 2	F24-4	上 1 下 1 下 2+上 3
F6-1	上 1 下 1	F12-2	上 1 上 2 下 2	F16-9	上 1 下 1+上 3	F24-5	上 1 上 2 下 2+上 3
F6-2	下 1 上 2	F12-3	上 1 下 1 上 2	F16-10	上 1 上 2+上 3	F24-8	上 1 下 1+上 3 下 3
F6-3	上 1 上 2	F12-4	上 1 下 1 下 2	F16-11	上 1 下 1 上 2+上 3	F24-9	上 1 下 1+上 3 下 3
F6-4	上 1 上 2	F12-5	上 1 上 2 下 2	F16-13	上 1+上 3 下 3	F24-10	上 1 上 2+上 3 下 3
F6-5	上 1 上 2	F12-7	上 1 下 1+上 3	F18-5	上 1 下 1+上 3 下 3	F32-1	上 1 下 1 上 2 下 2
F6-6	下 1 下 2	F12-8	上 1 下 1+上 3	F18-6	上 1 下 1+上 3 上 4	F32-7	上 1 下 1 上 2+上 3 下 3
F8-1	上 1 上 2	F12-9	上 1 上 2+上 3	F18-7	上 1 上 2+上 3 下 3	F32-8	上 1 下 1+上 3 下 3
F8-2	上 1 下 1	F12-10	上 1 上 2+上 3	F18-8	上 1 上 2+上 3 上 4	F36-1	上 1 下 1 上 2 下 2+上 3
F8-3	上 1 下 1 上 2	F12-12	上 1+上 3 上 4	F18-9	上 1 下 1+上 3 下 3	F40-1	上 1 下 1 上 2 下 2+上 3 下 3
F8-6	上 1 上 2 下 2	F12-13	上 1+上 3 上 4	F20-1	上 1 下 1 下 2+上 3	F48-2	上 1 下 1 上 2+上 3 下 3 上 4
F8-7	上 1+上 3	F12-14	上 1+上 3 下 3	F20-2	上 1 下 1 上 2 下 2+上 3		

4　结论

1) 基于印张折痕的相对位置关系与变向性分析并结合折页模式的分解，研究了折页模式与折页单元的组配关系，归纳了折页模式与折页单元的组配规则。

2) 基于“模块-模块”的思想，提出了一种分析折页机工作效能的有效方法，能够以 JDF 定义的 85 种常用折页模式为参照指标，对任意机型或折页机设计方案的工作效能进行分析与评价。

参考文献：

[1] MITTELHAUS, MICHAEL. JDF Saves Time at the Presses[J]. Analyzing Publishing Technologies, 2004, 4(12): 18－22.

[2] 高波，张晓桂. 基于 JDF 的折页加工应用的基础研究[J]. 包装工程，2008，29(10)：128－130.

[3] 王小燕. 基于 JDF 的印后加工设备[J]. 今日印刷，2005(9)：55－56.

[4] 高波，张晓桂，余海涛. 用 PLC 与上位机通讯实现折页栅栏的位置控制[J]. 包装工程，2009，30(12)：77－79.

[5] 潘英章. PLC 数字折页机纸张自动预置控制系统设计[J]. 中国测试技术，2008，34(6)：57－61.

[6] 李剑锋，冯春增，唐晓强. 折页机预置系统的自动控制设计[J]. 北京工业大学学报，2009，35(4)：439－442.

[7] 邓毅，李剑锋，王晶，等. 折页机自动预置系统的研究[J]. 包装工程，2010，31(13)：82－86.

[8] 张选生，施向东，王淑华. 印后加工工艺与设备[M]. 北京：印刷工业出版社，2007.

(上接第 92 页)

参考文献：

[1] Gartner Group. ERP: A Version of the Next Generation MRP II[R]. Gartner Group, 1990.

[2] 孙德强，曹利杰. 包装企业 ERP 系统模型的细化与实现[J]. 包装工程，2005，23(3)：113－114.

[3] 刘鹏. 云计算[M]. 北京：电子工业出版社，2010.

[4] 李红梅，韩逢庆. 包装业 ERP 模型研究[J]. 包装工程，2003，24(6)：66－67.

[5] 郭修全. 面向对象的分布式物料需求计划(MRP)的实现技术与开发[D]. 南京：南京航空航天大学，2002.

[6] DEAN J, GHEMAWAT S. MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters[C]. In: Proc of the 6th Symposium on Operating System Design and Implementation. New York: ACM Press, 2004: 137－150.

[7] LIN K W. A Fast Parallel Algorithm for Discovering Frequent Patterns[C]. In: Proc of the 2009 Int'l Conf on Granular Computing, Lushan Mountain, Nanchang, China, 2009: 3－5.

[8] ZHOU Jia-yi, YU Kun-ming. Balanced Tidset-based Parallel FP-tree Algorithm for the Frequent Pattern Mining on Grid System[C]. Fourth International Conference on Semantics, Knowledge and Grid, 2008, 103－108.