

圆形冲片的最优排样算法

An Algorithm for Generating Optimal Patterns of Circle Cutting

黄玲, 何冬黎, 崔耀东

Huang Ling, He Dongli, Cui Yaodong

(广西师范大学计算机科学系, 广西桂林 541004)

(Dept. of Comp. Sci., Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi, 541004, China)

摘要:基于无约束圆片排样问题的排样方式, 给出圆形冲片的最优排样算法。该算法易于软件实现, 可生成圆形冲片条带剪切下料最优 UCCP 排样方式。

关键词:图冲形片 切割排样 算法

中图法分类号:TH164

Abstract: Circular blanks are used to make the stators and rotors of electric motors. Based on the unconstrained circle-cutting problem, an algorithm for generating optimal circle-cutting patterns is developed and implemented by a software.

Key words: circular blank, cutting problem, algorithm

电机制造业用的硅钢片通常使用圆形毛坯, 采用剪冲工艺下料。先将板材切成条带, 然后用冲床从条带上切出毛坯。典型的排样方式如图 1 所示。1 根条带只含 1 种毛坯, 毛坯按排排列, 一根条带可包括一或多排毛坯, 但最大排数通常不超过 3。

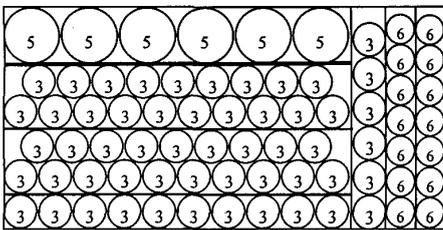


图 1 圆形片条带剪切下料排样方式

近年来, 作者对剪冲下料排样技术进行了深入研究^[1~5]。文献[1~3, 5]讨论矩形毛坯排样算法, 其解决排样问题的思想与方法可以在设计圆形毛坯排样算法时参考, 但不能直接用于圆形毛坯排样。文献[4]中讨论圆形毛坯和扇形毛坯的排样问题, 算法效率虽然较高, 但算法设计过程较复杂, 工程技术人员难以根据所述算法原理开发出排样软件。本文提出一种新的排样算法, 用于生成最优 UCCP 排样方式。与现有的算法相比较, 这种算法的设计原理易于

理解和实现, 企业的专业技术人员可以根据算法原理自行开发排样软件, 解决本企业的排样问题。

1 UCCP 排样方式

本文研究圆片排样的一个问题是无约束圆片排样问题 (Unconstrained Circle-Cutting Problem, 简称 UCCP): 从板材 $L_0 \times W_0$ 上切割 m 种毛坯, 第 i 种毛坯直径 d_i , 价值 $c_i, i = 1, \dots, m$ 。对每种毛坯在板材中的出现次数无约束, 排样目标是使整张板材所含毛坯总价值最大。用于生成 UCCP 排样方式的算法称为 UCCP 排样算法。

圆片排样另一问题是要求精确满足需求的圆形排样库存问题 (Circle-Cutting Stock Problem, 简称 CCSP)。该问题是已知各种圆片的需求量, 可以用多种尺寸的库存板材切割, 要求精确满足各种圆片的需求, 并使所需板材总成本最小。用于生成 CCSP 排样方案的算法, 称为 CCSP 排样算法。CCSP 可用线性规划法 (LP) 求解, 所得排样方案中包括多个排样方式, 其中每个排样方式都可由 UCCP 排样算法生成。采用 LP 求解 CCCP, 需要多次调用 UCCP 排样算法, 因此, UCCP 排样算法是 CCSP 排样算法的基础。

2 最优排样算法

通常剪冲下料要求留有一定的工艺余量。本文

假设工艺余量为零,以简化算法设计.这种假设不降低算法的可应用性.例如工艺余量为5mm,毛坯直径为245mm,排样时可按毛坯直径250mm输入.

条带宽度由毛坯排数和直径确定.图2所示为毛坯在条带上的排列方式,相邻毛坯相切,并和条带边沿相切.设对于第*i*种毛坯,一根条带上最多允许 g_i 排毛坯,则有 g_i 种条带宽度与之对应,每种条带的宽度都可以根据图2所示几何关系确定.记毛坯宽度向量为 $S = \{s_1, \dots, s_M\}$,这里 $M = \sum_{i=1}^m g_i$.排样时条带宽度只能取规定值,但条带长度可以变化.一定长度与宽度的条带是一个矩形,因此可将矩形毛坯排样算法,扩展到条带排样.

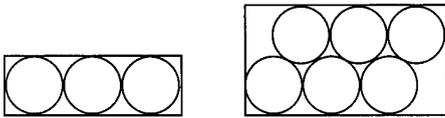


图2 毛坯在条带上的排列方式

设 $v(i, x)$ 为条带 $x \times s_i$ 所含毛坯的总价值,已知所含毛坯的直径和单价,根据图2所示几何关系,可以确定 $v(i, x), 0 \leq x \leq \max(L_0, W_0)$.

设矩形 $x \times y$ 中只有一根条带, $F_0(x, y)$ 表示该矩形的最大价值,则:

$$F_0(x, y) = \max(0; v(i, x) | s_i \leq y; v(i, y) | s_i \leq x, i = 1, \dots, M), \tag{1}$$

即对于每种条带,要考虑X和Y两种放置方向.设矩形 $x \times y$ 中可以包含多种条带,最大价值为 $F(x, y)$,采用与文献[6]中相类似的分析方法,得到如下递推公式:

$$F(x, y) = \max(F_0(x, y); F(x, y_1) + F(x, y - y_1), 1 \leq y_1 < y/2; F(x_1, y) + F(x - x_1, y), 1 \leq x_1 < x/2). \tag{2}$$

从而得到最优排样算法:

步骤1:根据图2所示几何关系,确定条带宽度向量 $S = \{s_1, \dots, s_M\}$.

步骤2:根据图2所示几何关系,以及每种条带所含毛坯的直径与单价,确定各种尺寸条带的价值 $v(i, x), i = 1, \dots, M, x = 0, 1, \dots, \max(L_0, W_0)$.

步骤3:根据式(1),确定 $F_0(x, y), x = 0, 1, \dots, L_0, y = 0, 1, \dots, W_0$.

步骤4:根据式(2),递推计算出 $F(x, y), x = 0, 1, \dots, L_0, y = 0, 1, \dots, W_0$.最优排样方式的值为 $F(L_0, W_0)$.

在求解过程中还需要记录一些中间结果,用于排样图绘制.由于过于繁琐,本文不再详述.

3 排样例题

本文给出排样的2个例题,每题包括10种毛坯,毛坯的直径见表1,板材尺寸1500mm×750mm,设每种毛坯的价值等于其面积.图3和图4为利用本文算法所得最优排样图,其价值分别为883922元、890846元,材料利用率分别为78.57%和79.19%.与文献[4]中的算法相比,本文算法简单,工程技术人员容易开发排样软件.

表1 毛坯直径

序号	毛坯直径(mm)									
1	122	336	290	348	418	420	174	288	332	234
2	210	220	146	142	192	486	194	210	196	330

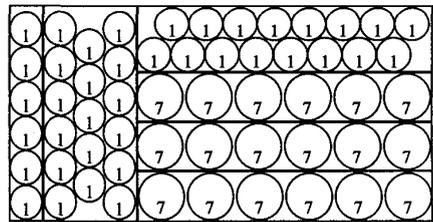


图3 排样方式1

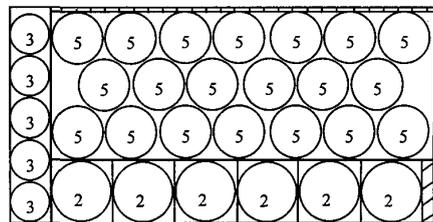


图4 排样方式2

4 结束语

文献[4]提出的算法与本文提出的算法相比,虽然也能生成相同的最优排样方式,但其算法设计较复杂.本文提出最优排样算法易于理解和实现,企业的工程技术人员根据该算法,很容易开发出排样软件,解决企业圆片排样问题.

参考文献:

1 崔耀东,周儒荣.单一尺寸矩形毛坯排样时长板的最优分割.计算机辅助设计与图形学学报,2001,13(5):434~437.

- 2 Yaodong Cui, Rurong Zhou. Generating optimal cutting patterns for rectangular blanks of a single size. *Journal of the Operational Research Society*, 2002, 53 (12): 133 ~ 134.
- 3 崔耀东, 张春玲, 赵 谊. 同尺寸矩形毛坯排样的连分数分支定界算法. *计算机辅助设计与图形学学报*, 2004, 16 (2): 252 ~ 256.
- 4 Cui Yaodong. Generating optimal T-shape cutting patterns for circular blanks. [Http://authors.elsevier.com/sd/article/s0305054803002089](http://authors.elsevier.com/sd/article/s0305054803002089), 2003-08-15.
- 5 Cui Yaodong. Generating optimal T-shape cutting patterns for rectangular blanks. *Journal of Engineering Manufacture*, 2004, 218(8): 857 ~ 866.
- 6 Cui Yaodong. Generating optimal multi-segment cutting patterns for circular blanks. *European Journal of Operational Research*. In press. <http://authors.elsevier.com/sd/article/S0377221704004242>. 2004-09.
- 7 Cui Yaodong. A cutting stock problem and its solution in the manufacturing industry of large electric generators. *Computers & Operations Research*. In press. <http://authors.elsevier.com/sd/article/S0305054803003666>. 2004-01.
- 8 Beasley J E. Algorithms for unconstrained two-dimensional guillotine cutting. *Journal of the Operational Research Society*, 1985, 36: 297 ~ 306.

(责任编辑:黎贞崇)

(上接第 206 页)

- 7 Su Wenlong, Luo Haipeng, Shen Yanqiu. New lower bounds for classical Ramsey numbers $R(5,13)$ and $R(5,14)$. *Applied Mathematics Letters*, 1999, (12): 121 ~ 122.
- 8 Luo Haipeng, Su Wenlong, Yun-Qiu Shen. New lower bounds of ten classical Ramsey numbers. *Australasian Journal of Combinatorics*, 2001, (24): 81 ~ 90.
- 9 Luo Haipeng, Su Wenlong, Li Zhenchong. The properties of self-complementary graphs and new lower bounds for diagonal Ramsey numbers. *Australasian Journal of Combinatorics*, 2002, (25): 103 ~ 116.
- 10 Su Wenlong, Li Qiao, Luo Haipeng, et al. Lower bounds of Ramsey numbers based on cubic residues. *Discrete Mathematics*, 2002, (250): 197 ~ 209.
- 11 Li Guiqing, Su Wenlong, Luo Haipeng. Edge colorings of the complete graph K_{149} and the lower bounds of three Ramsey numbers. *Discrete Applied Mathematics*, 2003, (126): 167 ~ 179.

(责任编辑:黎贞崇)