应用技术

混凝土搅拌车罐体成形技术研究及应用

李兵[1]，张春[1]，肖海峰[1]，李丹[2]

（1.湖北汽车工业学院 材料科学与工程学院，湖北 十堰 442002；
2.东风汽车股份有限公司 品质保证部，武汉 430000）

摘要：目的 针对混凝土搅拌车罐体在卷锥成形时坯料下料不精确、出料率低、成形精度差等问题，对混凝土搅拌车罐体成形技术进行优化。**方法** 通过对罐体螺旋线的参数化和优化设计，进而优化坯料，并通过数控精确下料，从而改善罐体成形的精度。**结果** 优化罐体结构和精确下料可以提高罐体成形精度，提高出料率，出料率达到 98%以上。**结论** 罐体结构优化和坯料优化对罐体卷锥成形精度影响较大。

关键词：罐体；参数化；数控下料；螺旋线

DOI：10.3969/j.issn.1674-6457.2016.06.017

中图分类号：TG306 **文献标识码：**A **文章编号：**1674-6457 (2016)06-0090-04

Research and Application on Tank Forming Techniques of Concrete-mixer

LI Bing[1], *ZHANG Chun*[1], *XIAO Hai-feng*[1], *LI Dan*[2]

(1.School of Materials Science and Engineering, Hubei University of Automotive Industry, Shiyan 442002, China;
2.Quality Assurance Department, DFAC, Wuhan 430000, China)

ABSTRACT: The paper aims to optimize tank forming techniques of concrete-mixers in allusion to problems such as blanking inaccuracy, low output rate and poor forming precision. Blanks were optimized by parameterization and optimization design of helical curve of tank. Precision of tank forming was improved by precise blanking under numerical control. The optimization of tank structure and precise blanking could improve forming accuracy of tank and increase output rate to over 98%. Optimization of tank structure and blank has great influences on precision of roll cone forming.

KEY WORDS: tank; parameterization; numerical control blanking; helical curve

随着建筑行业的飞速发展，对于专业、高水平的混凝土搅拌车的需求也日益增加。这对混凝土搅拌车罐体的成形质量也提出了更高的要求，不仅要求罐体尺寸精度高，设计合理，还要求罐体叶片螺旋线设计合理，保证出料率高[1—3]。一些企业特别是中小企业本身条件和技术力量相对薄弱，在生产中存在罐体叶片安装母线—螺旋线误差大，坯料下料不精确等问题，易造成罐体卷锥部分变形，尺寸精度差，出料率低等缺陷，难以完成装载容量 16 m^3 以上的罐体的设计与制造。针对这些问题，文章提出了保证混凝土搅拌车罐体设计和成形质量的方法。

1 混凝土搅拌车罐体成形技术研究

以体积为 16 m^3 的搅拌罐为研究对象，对罐体进行参数化和优化设计。

收稿日期：2016-09-25

基金项目：国家自然科学基金（51205116）；湖北省教育厅科学计划项目（Q2015183）；湖北省高等学校优秀中青年科技创新团队计划项目（T201518）

作者简介：李兵（1981—），男，湖北广水人，硕士，讲师，主要研究方向为先进塑性成形工艺、计算机数值仿真。

1.1　搅拌罐螺旋线方程

混凝土搅拌车的出料率和罐体叶片安装母线即螺旋线有很大影响，所以要精确合理地控制螺旋线，合理优化螺旋线方程。混凝土搅拌运输车罐体的结构见图1，h_1为前锥高度，h_2为中柱高度，h_3为后锥高度，r_1为前锥小端半径，r_2为中柱半径，r_3为后锥小端半径，α_1为前锥半锥角，α_3为后锥半锥角，其中α_1, α_3不是独立的变量。以前锥底面圆心o为坐标原点，以罐体的中轴线为z轴，以前锥底面为xoy面建立三维坐标系，用β_1表示前锥螺旋角，β_2表示中柱螺旋角，β_3表示后锥螺旋角，罐体上任意点的坐标用(x，y，z)表示，螺旋线上任意点的坐标用(x_1，y_2，z_3)表示，θ表示旋转角[4—5]。

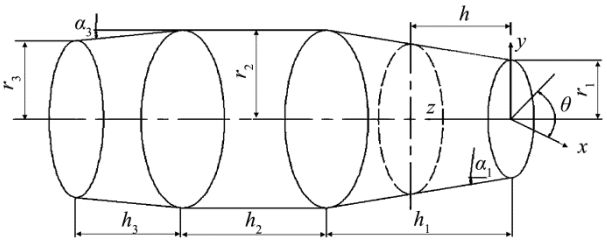


图 1　罐体结构

Fig.1 Tank structure

裴志军[3]、张志勇[4]、刘四涛[6]、邢普[7]、张宇龙[8]等学者针对不同类型的罐体，提出了混凝土搅拌罐的螺旋线参数方程。针对该罐体，笔者提出了优化后的罐体螺旋线方程，罐体前锥螺旋线的参数方程见式(1)。

$$\begin{cases} x_1 = r_1 e^{p_1\theta}\cos\theta \\ y_1 = r_1 e^{p_1\theta}\sin\theta \\ z_1 = r_1\cos\alpha_1\cot\beta_1(e^{p_1\theta}-1)/p_1 \end{cases} \qquad 0 \le \theta \le \theta_{q\max} \tag{1}$$

$$p_1 = \frac{r_2 - r_1}{h_1}\cos\alpha_1\cot\beta_1 ,$$

式中：$\theta_{q\max}$为螺旋线最大转角。

罐体中柱螺旋线的参数方程如式(2)所示。

$$\begin{cases} x_1 = r_2\cos\theta \\ y_1 = r_2\sin\theta \\ z_1 = r_2\cot\beta_2(\theta-\theta_{q\max}) + h_1 \end{cases} \qquad \theta_{q\max} \le \theta \le \theta_{z\max} \tag{2}$$

式中：$\theta_{z\max}$为中柱螺旋线旋转至$z = h_1 + h_2$处（即中柱与后锥结合部）的转角，其表达式为：

$$\theta_{z\max} = \frac{h_2}{r_2\cot\beta_2} + \theta_{q\max} \tag{3}$$

后锥螺旋线的参数方程如式(4)所示。

$$\begin{cases} x_1 = r_2 e^{p_3(\theta-\theta_{z\max})}\cos\theta \\ y_1 = r_2 e^{p_3(\theta-\theta_{z\max})}\sin\theta \\ z_1 = r_3\cos\alpha_3\cot\beta_3(e^{p_3(\theta-\theta_{z\max})}-1)/p_3 + h_1 + h_2 \end{cases} \qquad \theta_{z\max} \le \theta \le \theta_{h\max} \tag{4}$$

式中：$\theta_{h\max}$是螺旋线旋转至后锥小端时的旋转角；p_3为后锥螺旋线参数：

$$p_3 = \frac{r_3 - r_2}{h_3}\cos\alpha_3\cot\beta_3 \tag{5}$$

$$\theta_{h\max} = \ln\left(\frac{p_3 h_3}{r_3\cos\alpha_3\cot\beta_3} + 1\right)\Big/ p_3 + \theta_{z\max} \tag{6}$$

1.2　基于 UG 的叶片螺旋线参数化设计

根据罐体和螺旋线参数化方程，利用 UG 软件的 OPENGL 功能，设计出罐体和螺旋线的三维图形绘制程序，图 2 为参数化菜单，参数输入界面见图 3[10—15]。



图 2　参数化菜单

Fig.2 Parameterized menu



图 3　参数输入界面

Fig.3 Parameter input interface

输入罐体和螺旋线的实际参数即可得到罐体和螺旋线的三维图形见图 4[10—15]。

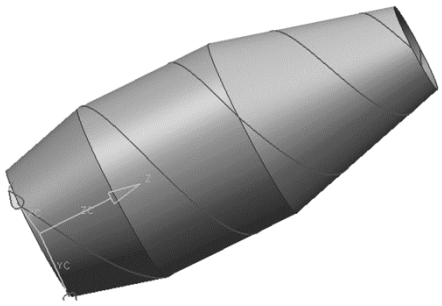


图 4 罐体和螺旋线的三维图形
Fig.4 3D of tank and helical curve

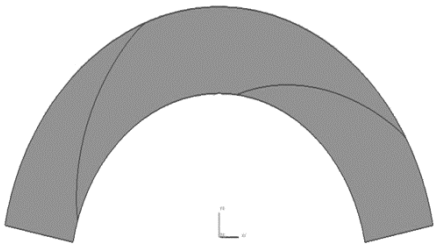


图 5 下料
Fig.5 Blanking

1.3 精确下料及卷锥成形

坯料的优化和精确下料影响罐体成形精度[5,9]。罐体卷锥部分变形，尺寸精度差，出料率低的主要原因是罐体设计精度差，螺旋线布置不合理，下料精度差。通过对罐体和螺旋线进行参数化优化设计和精确下料可以解决上述问题，所以下料精度是决定罐体成形精度和螺旋线精度的关键。通过 UG 完成罐体和螺旋线的参数化三维建模，得到的下料见图 5，运用 FASTCAM 软件导出切割程序，经等离子数控切割机喷粉、切割，完成下料。利用卷锥模完成罐体的卷锥成形，最后利用二氧化碳气体保护焊完成整个罐体和叶片的焊接，完成罐体的成形。

2 罐体应用实例

某混凝土罐体生产企业在螺旋叶片的安装过程中，由于没有进行相应的三维建模，没有先在板料上喷粉画线后切割卷圆，再沿着卷圆在罐体上形成的螺旋叶片母线进行安装，而是完全凭工人的生产经验进行焊接安装，导致安装完成后形成以螺旋线为母线的不合理的螺旋叶片，得到的罐体成形尺寸精度较差，进而影响到了进出料速度，使出料率较低。其不合理的叶片分布见图 6，所得到的尺寸精度差的罐体见图 7。

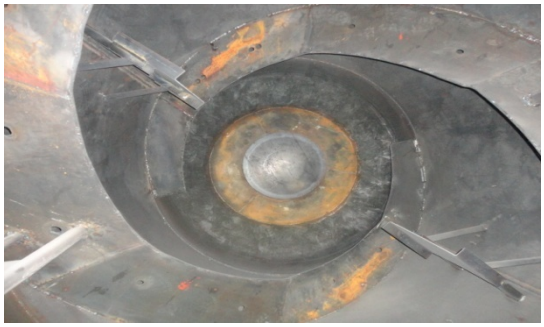


图 6 合理的叶片分布
Fig.6 Irrational blades distribution



图 7 精度差的罐体
Fig.7 Low-precision tank

通过对罐体螺旋线进行参数化和优化设计，可以优化坯料，并能通过数控精确下料，利用卷锥模完成罐体的卷锥成形，最后利用 CO_2 气体保护焊完成整个罐体和叶片的焊接，完成罐体的成形。合理的螺旋线叶片见图 8，尺寸精度好的罐体见图 9。对优化工艺后成形的罐体进行检测和实验，结果表明罐体的尺寸精度明显提高并符合要求，罐体的出料率也明显提高，符合国家标准。



图 8 合理的叶片分布
Fig.8 Rational distribution of blades

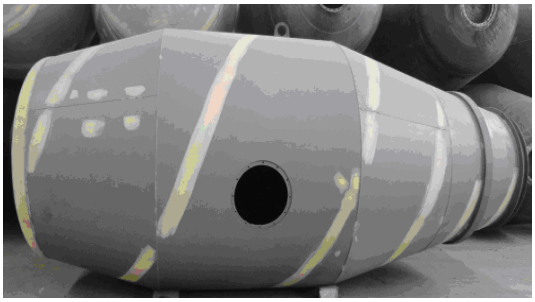


图 9　精度高的罐体
Fig.9 High-accuracy tank

3　结论

1) 混凝土搅拌罐体和螺旋线的参数化优化设计可以高效解决由于罐体结构设计不合理和安装叶片的螺旋线设计不准确导致的罐体尺寸精度差，出料率低等问题，有效提高了设计效率。

2) 参数化优化设计的螺旋线是保证叶片安装精度和合理性的基础，利用参数化设计的罐体三维模型，进行坯料展开，得到下料图，数控精确下料，保证螺旋线位置和形状的精度，从而提高了出料率，同时也提高了罐体的精度。将该研究用于企业实践后，实用效果好，对以后的混凝土搅拌罐体设计和成形有一定借鉴意义。

参考文献：

[1] 张国忠. 现代混凝土搅拌运送车及应用[M]. 北京: 人民交通出版社, 1999.
ZHANG Guo-zhong. Modern Concrete Mixing Transport Vehicle and Its Application[M]. Beijing: People Traffic Press, 1999.

[2] 邓爱民. 商品混凝土机械[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2006.
DENG Ai-min. Commercial Concrete Machinery[M]. Beijing: China Building Materials Industry Press, 2006.

[3] 裴志军. 搅拌筒螺旋线平面展开方程及基于 UG 的参数化表达式[J]. 专用汽车, 2006(5): 27—30.
PEI Zhi-jun. Parametric Expression Design of Concrete-mixer Drum Helical Curve and Its Unwrapping Based on UG[J]. Special Purpose Vehicle, 2006(5): 27 —30.

[4] 张志勇. Pro/E 在搅拌筒拌片展开设计中的应用[J]. 专用汽车, 2005(3): 23—24.
ZHANG Zhi-yong. The Application of Pro/E in the Design of Mixing Drum[J]. Special Purpose Vehicle, 2005(3): 23—24.

[5] 巫少龙. 摩擦系数对异型罐胀压成形的影响[J]. 热加工工艺, 2010, 39(11): 118—122.
WU Shao-long. Effects of Friction Coefficient on Hydraulic Expansion of Lrregular Can[J]. Hot Working Process, 2010, 39(11): 118—122.

[6] 刘四涛. 应用 Pro/E 绘制搅拌筒螺旋线的新方法[J]. 专用汽车, 2005(2): 30—31.
LIU Si-tao. A New Method of Drawing the Spiral Line of the Mixing Barrel by Using Pro/E[J]. Special Purpose Vehicle, 2005(2): 30—31.

[7] 邢普. 非等角对数螺旋线搅拌叶片的设计研究[J]. 工程机械, 2006(4): 29—32.
XING Pu. Design Research on Non Equiangular Logarithmic Spiral Mixing Blade[J]. Construction Machinery, 2006(4): 29—32.

[8] 张宇龙. 混凝土搅拌车拌筒及螺旋线参数化三维绘制程序设计[J]. 专用汽车, 2006(4): 27—29.
ZHANG Yu-long. Design of Three-dimensional Drawing Program for Mixing Drum and Spiral Line of Concrete Mixing Truck[J]. Special Purpose Vehicle, 2006(4): 27—29.

[9] 陈文琳, 李志杰, 王少阳. 汽车前围板冲压数值模拟及工艺参数优化[J]. 精密成形工程, 2011, 3(3): 15—19.
CHEN Wen-lin, LI Zhi-jie, WANG Shao-yang. Numerical Simulation and Parameter Optimizing of the Stamping Forming Process of Auto Front Panel[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2011, 3(3): 15—19.

[10] 杨宗亮. UG 二次开发技术及其开发技巧[M]. 桂林: 桂林电子科技大学出版社, 2007.
YANG Zong-liang. UG Two Development Technology and Its Development Skills[M]. Guilin: Guilin University of Electronic Technology Press, 2007.

[11] 郭丽宫. UG18 系统设计与开发[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.
GUO Li-gong. Design and Development of UG18 System[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2004.

[12] 董正卫. UG/Open AIP 编程基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
DONG Zheng-wei. UG/Open AIP Programming Basis [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2002.

[13] 王庆林. UG/Open GRIP 实用编程基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
WANG Qing-lin. UG/Open GRIP Practical Programming Fundamentals[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2002.

[14] 黄翔. UG 应用开发教程与实例精解[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
HUANG Xiang. UG Application Development Tutorials and Examples[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005.

[15] 张冶. Unigraphics NX 参数化设计实例教程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
ZHANG Zhi. Unigraphics NX Parametric Design Examples Tutorial[M]. Beijing: Electronic Industry Publishing House, 2003.