

数控弯管成形专家系统软件开发

Development of Expert System Software for CNC Tube Bending Forming

中航工业沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司 王永旭 周勇 峦峰
北京索为高科系统技术有限公司 王书恒 易大林 范翼然

[摘要] 黎明公司在数控弯管生产方面存在以下问题:有弯管工艺设计仿真过程繁杂,工艺仿真软件使用难度大,工艺知识和工艺数据没有统一管理和应用,弯管工艺设计仿真数据没有统一管理,很难实现结果和过程的可重复性验证,因此,黎明公司研究开发了数控弯管成形专家系统来解决上述问题。

关键词: 数控弯管成形 Teamcenter PAM-STAMP UG NX 7.5

[ABSTRACT] LIMING corporation have a few problems in the design and simulation of the tube bending forming process. The simulation of tube bending forming process is complex. The tube bending forming simulation software is difficult to use. The knowledge and data are not management and application. The results of tube bending forming design and simulation are not managed uniformly, and difficult to be verified repeatedly, so, LIMING corporation develops the tube bending forming expert system to solve the above problems..

Keywords: CNC tube bending forming Teamcenter PAM-STAMP UG NX 7.5

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.S2.123

黎明公司在数控弯管生产方面拥有两台数控弯管机以及 Teamcenter 8.3(下文简称 TC 8.3)、UG NX 7.5、PAM-STAMP 等软件,目前数控弯管生产工艺准备过程是工艺员要在 TC 8.3 中查询零件数据,下载到本地电脑,然后在 UG NX 7.5 中弯管三维建模,在运动仿真软件中进行弯管的运动仿真分析,在 PAM-STAMP 软件中进行力学仿真,然后工艺设计分析,最后一般仿真结果都在本地电脑管理。

从上面介绍的工艺设计仿真过程中分析知道,目前黎明公司遇到的问题有:(1)弯管工艺设计和仿真过程繁杂,仿真软件使用难度大;(2)工艺知识和工艺数据没有统一管理和应用;(3)弯管工艺设计仿真数据没有统一管理;(4)很难实现工艺设计仿真结果和过程的可重复性验证。

因此,为了解决上述问题,黎明公司开发建立了数

控弯管成形专家系统,其目标是建立统一的弯管工艺设计仿真的工作环境。

1 系统的总体架构及应用流程

1.1 总体架构

数控弯管成形专家系统总体功能架构如图 1 所示。

其中,弯管模具辅助设计、弯管运动仿真、弯管自动编程、管形质量评估均为黎明公司已开发的第三方程序,软件系统基础框架环境采用索为公司的 Sysware. IDE 软件,IDE 软件具有很强的基于知识组件的集成封装功能,实现对用户设计分析流程的快速封装。

数控弯管成形专家系统软件前台总体界面布局如图 2 所示。

1.2 应用流程

数控弯管成形专家系统软件应用流程如图 3 所示。

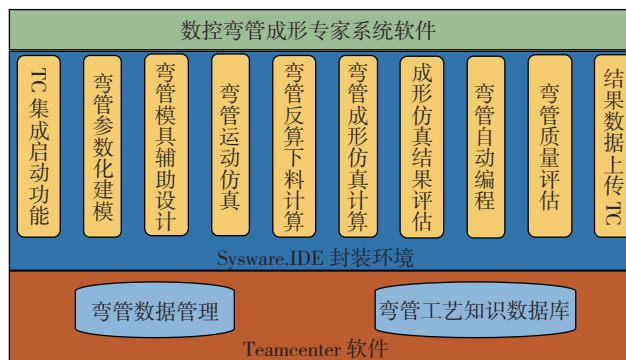


图1 软件功能架构

Fig.1 Software functional architecture

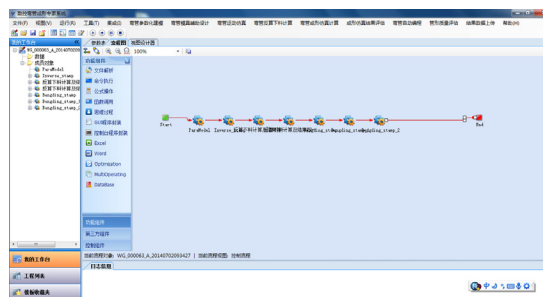


图2 软件界面布局

Fig.2 Software Interface layout

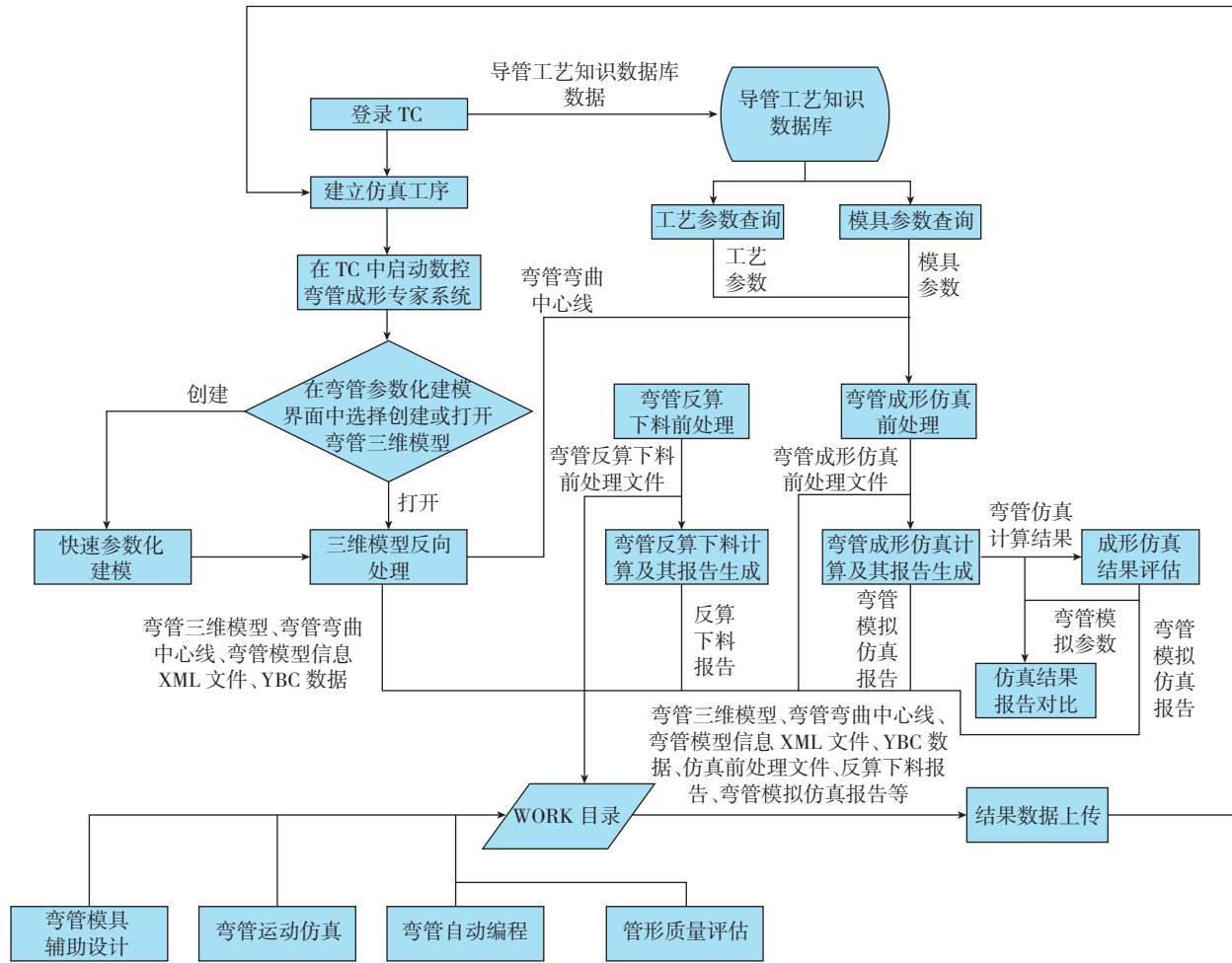


图3 软件应用流程

Fig.3 Software application process

2 功能模块定制

2.1 TC 8.3 集成启动系统功能

实现从 TC 8.3 中启动数控弯管成形专家系统,是软件工作的开始,为在 TC 8.3 中选中某弯管成形工序,点击“启动数控弯管成形专家系统”按钮,界面如图 4 所示。

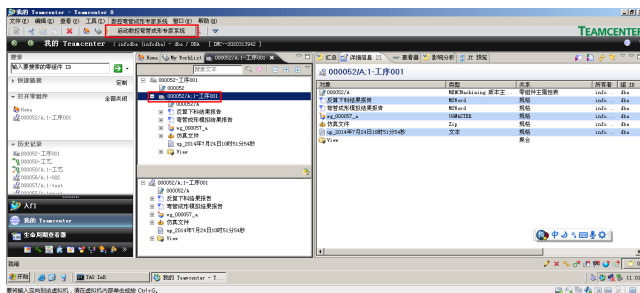


图4 软件启动界面

Fig.4 Software start interface

2.2 弯管参数化建模模块

以 TC 8.3 中的弯管零件设计信息为源头,基于 UG NX 7.5 和 IDE 开发,利用基于 UG NX 7.5 的弯管参数化建模能够依据零件设计信息参数化创建弯管三维模型。同时三维模型反向处理能够快速从弯管三维模型中提取出用于生产的弯管 YBC 数据、弯管弯曲中心线和弯管 XML 文件(图 5)。

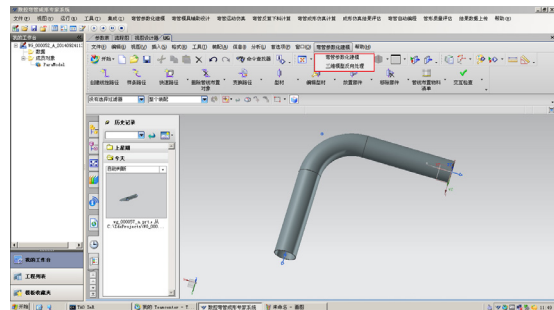


图5 弯管参数化建模

Fig.5 Tube parametric modeling

2.3 导管工艺知识数据库模块

基于 TC 8.3 定制开发实现,为软件提供基础数据支持,使工艺仿真跟实际工艺条件结合更紧密。导管工艺知识数据库界面如图 6 所示,每个子库都具备对数据实例信息进行查询、增加、修改、删除、数据下载、上传等功能。

2.4 弯管反算下料计算模块

弯管反算下料计算可以准确预测管料的初始形状,同时也反映零件的可成形性和可行性,包含反算下料前处理和反算下料计算及结果报告生成两个子模板。

反算下料前处理实现从弯管弯曲中心线文件出发,进行反算下料前处理操作,生成反算下料计算前处理文件,软件操作界面如图 7 所示。

反算下料计算及其报告生成实现从反算下料计算前处理文件出发,并对其进行计算分析、后处理并自动生成反算下料结果报告,反算下料计算设置界面如图 8

所示,生成结果报告如图 9 所示。

2.5 弯管成形仿真计算模块

用于弯管弯曲成形力学仿真,包含 4 个模板:弯管成形仿真前处理、弯管成形仿真计算及结果报告生成、模具参数查询、工艺参数查询,弯管成形仿真前处理模块界面如图 10 所示。

弯管成形仿真计算及其结果报告生成的主要功能为选择弯管成形仿真前处理文件进行弯管成形仿真计算,然后对计算结果进行后处理,生成弯管成形模拟结果报告并预览,模块界面如图 11 所示。

当用户进行弯管成形仿真前处理时,模具参数查询、工艺参数查询模块可实时查询 TC 8.3 中导管工艺知识数据库中仿真所需要的真实模具参数和工艺参数等,使工艺仿真跟实际工艺条件结合更紧密。还可将查询所得模具参数和工艺参数写入需要的 XML 文件中,提供给第三程序集成使用,模块界面如图 12、13 所示。

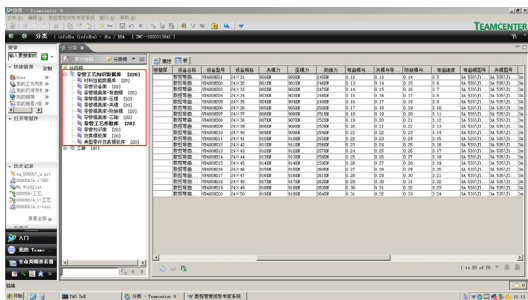


图6 导管工艺知识数据库
Fig.6 Tube process knowledge database

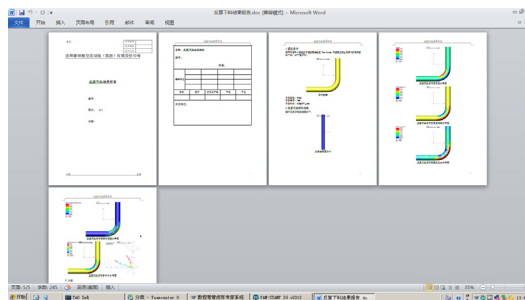


图9 反算下料结果报告
Fig.9 Report of one-step bending

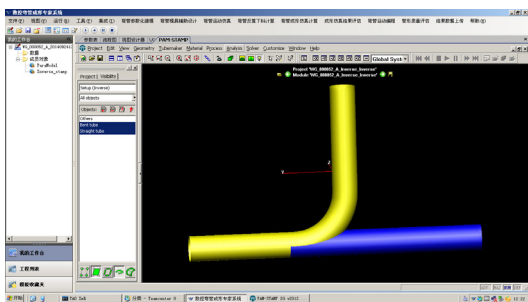


图7 反算下料前处理
Fig.7 Pre set up of one-step bending

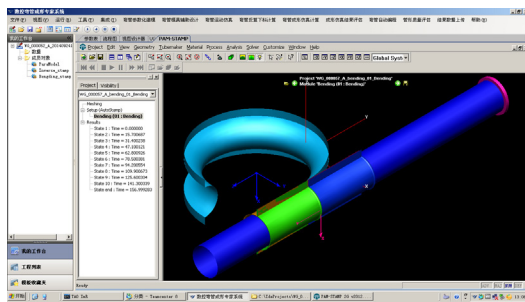


图10 成形仿真前处理
Fig.10 Pre set up of the tube bending forming simulation

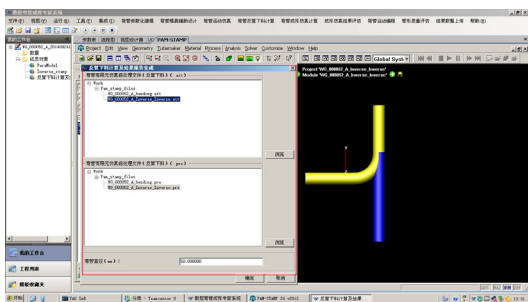


图8 反算下料计算设置
Fig.8 Set up of one-step bending

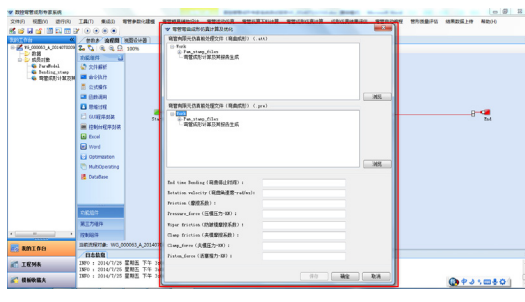


图11 弯管成形仿真计算设置
Fig.11 Set up of the tube bending forming simulation

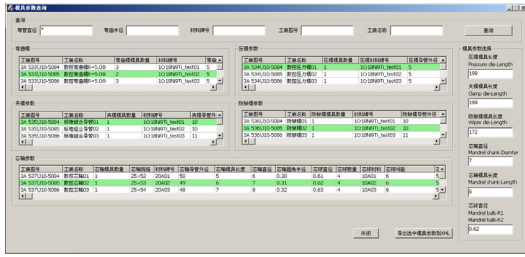


图12 模具参数查询

Fig.12 Die data parameter query

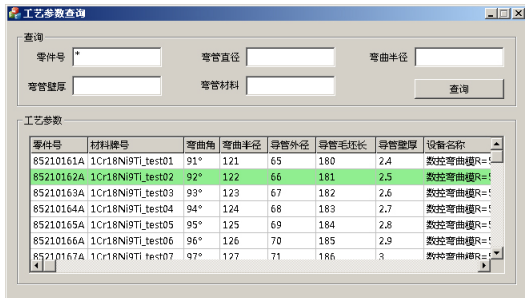


图13 工艺参数查询

Fig.13 Process data parameter query

2.6 成形仿真结果评估模块

主要完成对弯管成形仿真计算结果进行后处理,生成弯管成形模拟结果报告并预览,界面如图 14 所示,报告包含:

- (1) 零件材料、零件壁厚、零件直径。
- (2) 生成成形零件图、模拟模型图、弯管厚度分布图、弯管厚度减薄率分布图、弯管应变分布图、弯管应力分布图、弯管 FLD 分布图。
- (3) 弯管成形仿真椭圆度、椭圆度公差(弯管生产质量要求)、圆度、圆度公差(弯管生产质量要求)、椭圆度百分比、椭圆度百分比公差(弯管生产质量要求)、回弹角度。

仿真结果报告对比主要完成多个(最多 4 个)弯管成形模拟参数文件前处理和后处理结果数据对比功能,界面如图 15 所示。

2.7 仿真结果数据上传

将来源于 TC 8.3 的数据,经过数控弯管成形专家系

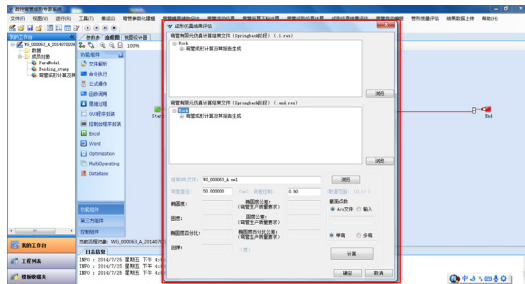


图14 成形仿真结果评估

Fig.14 Assessment results of tube bending forming simulation

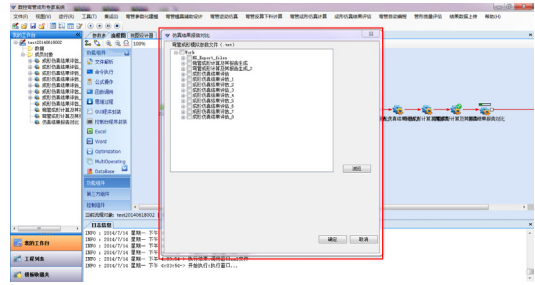


图15 仿真结果对比

Fig.15 Simulation results compared

统的各模块的计算处理产生的弯管三维模型、弯管信息文件、生产文件、参数文件、结果报告、编程代码文件统一上传到 TC 8.3 对应零件弯管成形工序中(图 16)。

2.8 集成第三方程序

基于 Sysware, IDE 定制开发,通过组件接口的形式,通过简单的配置,即可实现与已开发的第三方程序(弯管模具辅助设计、弯管运动仿真、弯管自动编程、管形质量评估)集成,如图 17 所示。

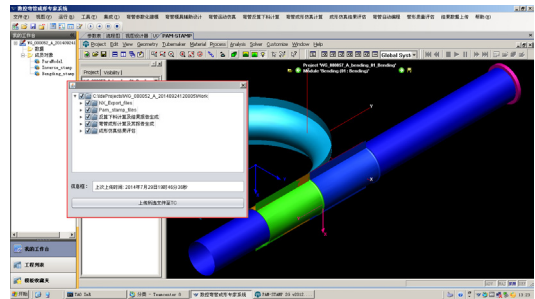


图16 仿真结果数据上传

Fig.16 Uploading data and result of tube forming simulation

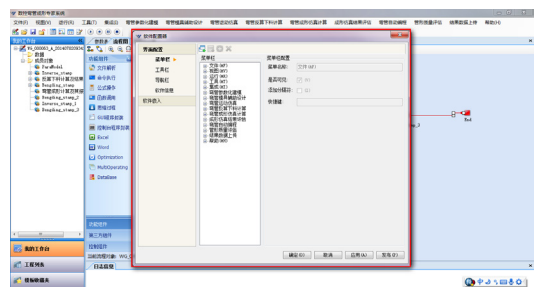


图17 集成第三方程序

Fig.17 Integrating third-party applications

3 结束语

软件建立了黎明公司弯管成形工艺设计仿真的统一工作环境,实现了从 TC 8.3 的弯管零件设计数据开始,经过软件各模块处理分析,产生的设计仿真结果数据最后上传 TC 8.3 对应零件弯管成形工序中的统一管

(下转第 130 页)

知,结构定位面定位孔圆心的空间位移量随着预紧力的增加而增大,且由图 8 可知,型材有向内部凹陷变形的趋势,容易发生失稳。

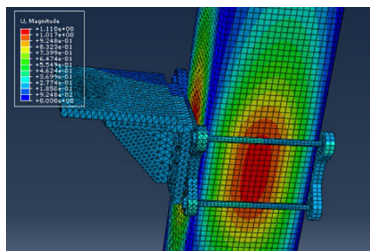


图8 定位接头变形云图

Fig.8 Deformation of location joint

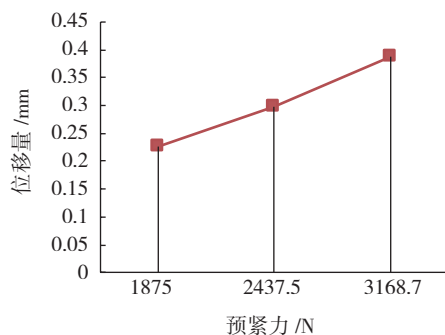


图9 不同预紧力下的定位接头定位孔位移量

Fig.9 Locating hole displacement under different pre-tightening forces

由上述分析可知,螺栓连接预紧力增大,局部连接结构的变形量也随之增大,结构连接处型材自身发生显著变形,随着预紧力的增加,型材所受应力增加,将导致局部刚度不足而失效。因此,连接螺栓预紧力在满足结构所需最小预紧力的情况下,考虑螺栓拧紧误差,建议维持在最小预紧力和螺栓许用拉力的 0.6~0.7 倍之间。

通过上述工装骨架结构形式、截面形状选择方式以及尺寸参数定量分析和预紧力大小确定方法,完成工装设计过程中结构形式、截面形状和尺寸参数的确定,解决骨架安装过程中预紧力施加的问题,最终确定工装设计方案。对工装进行制造,采用定位孔初定位的方式,连接骨架,利用测力矩扳手,给螺栓连接结构施加定力矩,完成工装安装,接着通过激光跟踪仪对定位件进行定位,以实现产品装配,如图 10 所示。

3 结论

(1) 型材截面尺寸参数选择可以通过有限元的定量分析,满足工装的结构刚度,依据型材变形分布和变形量的大小,实现型材截面尺寸参数的合理选择,使设计人员在设计中,尽可能地避免结构刚度不均,局部刚度过剩等问题,结构形式趋于合理化,满足工装设计要



图10 工装安装现场

Fig.10 Tooling assemble

求。

(2) 通过螺栓连接预紧力对工装局部结构刚度的影响分析,在满足结构不发生整体滑移和结合界面不分离的情况下,预紧力增大,连接结构的变形也随之增大,且型材影响较大,工装设计时,通过理论计算和有限元相结合的方式,合理控制预紧力的取值范围,避免预紧力过大而产生连接结构空间位移较大、局部刚度不足、型材失稳等现象。

参考文献

- [1] KIHLMAN, HENRIK. Affordable automation for airframe assembly: Developing of key enabling technologies. Diss. Linköping, 2005.
- [2] HELGOSSON P, OSSBAHR G. Modular and configurable steel structure for assembly fixtures. SAE, 2010.
- [3] 郑联语, 王建华. 盒式连接可重构柔性工装技术及应用展望. 航空制造技术, 2013(18):26-31.
- [4] 蔡志为, 王艺玮, 郑联语. 盒式连接可重构柔性工装配置与分析系统. 航空制造技术, 2013(8):64-74.
- [5] 孙侠生. 民用飞机结构强度刚度设计与验证指南. 北京: 航空工业出版社, 2012: 535-538.
- [6] 濮良贵, 陈国定, 吴立言. 机械设计. 北京: 高等教育出版社, 2013.
- [7] 郑劲松. 发动机缸盖螺栓 拧紧工艺与试验研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2008.

(责编 宇军)

(上接第 126 页)

理模式,降低了弯管建模、模具设计、运动仿真、力学仿真、数控编程、结果分析及管形质量评估的工作难度。

在软件中进行弯管模具辅助设计、弯管成形仿真计算时,可通过“模具参数查询、工艺参数查询”模块实时查询和获取导管工艺知识数据库已积累的模具参数和工艺参数,使弯管工艺设计与实际工艺条件结合的更加紧密,以达到工艺仿真更好指导实际生产的作用。

(责编 大漠)