

# 基于 SolidWorks 的不规则空间连接弯管设计<sup>①</sup>

刘春燕<sup>1</sup>, 杨巍巍<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(武汉理工大学华夏学院 信息工程系, 武汉 430070)

<sup>2</sup>(中国五环工程有限公司 设备室, 武汉 430070)

**摘要:** 不规则空间连接弯管的应用非常广泛,但在工程的具体施工上存在着很大的难度及挑战。针对锅炉设备中复杂空间弯管不易设计的问题,提出了基于 SOLIDWORKS 的空间弯管设计方法,利用 solidworks simulation 结构有限元分析以及优化分析的应用方法对不规则空间连接弯管进行分析设计。实例证明,基于 solidworks 的不规则空间连接管道设计方法可靠,能广泛应用于弯管设计,有助于提高工程图的精度及设计效率。

**关键词:** 空间弯管; 计算机技术; 有限元分析; SOLIDWORKS

## Pipe Design of Irregular Spatial Connection Based on SolidWorks

LIU Chun-Yan<sup>1</sup>, YANG Wei-Wei<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(Department of Information Engineering, Huaxia College, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

<sup>2</sup>(Department of Equipment, Wuhuan Engineering Co.Ltd, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** Irregular space connecting pipe is widely used, but there is a difficulty and challenge in the concrete construction project. Aiming at the problems that complex spatial boiler equipment pipe is not easy to design, this paper proposed the space bending design method based on SOLIDWORKS, analysed and designed connecting pipe for the irregular spatial connection. It uses SolidWorks simulation finite element analysis and optimization analysis. Examples shows that, the methods of irregular spatial connection based on SolidWorks is reliable, which can be widely used in pipe design, and can improve the precision and efficiency of design drawings.

**Key words:** space bend; computer technology; finite element analysis; SOLIDWORKS

锅炉设备中各水冷壁传热面进出水通道与压力容器壳体采用空间弯管连接。由于要吸收膜式壁的热膨胀推力及水动力学计算及强度的需要,这些空间弯管需要有一定的柔性,且在设计和制作、安装时,焊缝要尽量少,避免拼接和强力安装。空间弯管众多时,还需考虑在各种工况条件下相邻管之间的碰撞问题<sup>[1,2]</sup>。由于空间角度问题,用 AUTOCAD 直接绘制出的空间弯管的制作存在理解图困难且不精确等问题,导致空间弯管安装时容易出现管线干涉、强力安装及割管安装(焊缝多,浪费材料,管内易留残留物)等问题。本文提出基于 SOLIDWORKS 的不规则空间连接弯管设计方法,利用 solidworks 的 3D 建模及有限元分析软件,借助其“3D 曲线+扫描”功能及“Simulatio”插件,精确、

快速的创建出不规则空间管线的 3D 模型并进行有限元分析。经过有限元分析合格的空间弯管 3D 模型既可以很方便的转化成 AUTOCAD 图形后供普通空间弯管机加工制作,又可以直接用于具备读三维图的空间弯管机进行加工制作。

## 1 SOLIDWORKS Simulation 有限元分析过程

SOLIDWORKS Simulation 是一款基于有限元(即 FEA 数值)技术的设计分析软件,它作为嵌入式分析软件与 SOLIDWORKS 无缝集成,因此在不出 CAD 环境下即可对所建模型进行相关分析<sup>[3-5]</sup>。使用该插件,工程设计人员只需掌握简单的有限元相关知识,就可计、线性和非线性分析等。有限元的使用非常广泛,

<sup>①</sup> 收稿时间:2013-11-11;收到修改稿时间:2013-12-09

以进行相关的应力分析、应变分析、热分析、优化设计结合计算机辅助设计技术,已适用于工程设计.有限元分析方法的基本过程:

- (1)数学模型的建立
- (2)有限元计算模型的建立
- (3)有限元计算模型的求解
- (4)结果分析

## 2 不规则空间管道的设计

为了说明问题方便,设已知条件:一锅炉设备的某一水汽循环系统,膜式壁的进水和出水管线拟采用规格  $\text{Ø}38 \times 7$ , 材料为 15CrMoG 的空间弯管连接,为了配合弯管机的要求,空间弯管的各直段的拐弯半径为 R76. 极端组合工况下,空间弯管内部最大压力为 11Mpa,膜式壁对空间弯管推动的最大位移为 5mm. 空间弯管的设计流程如下图 1 所示:

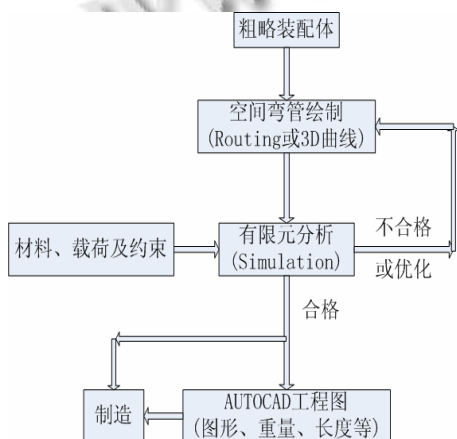


图 1 空间弯管设计流程图

### 2.1 数学模型的建立

首先进行零件分析,简化抽象处理,目的为定出 3D 管线的起点和终点.下图为抽象出的管道 3D 模型图.

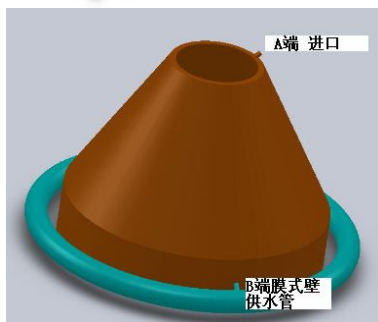


图 2 管道 3D 图

### 2.2 有限元计算模型的建立

按照工程分析的精度要求,建立合适的,能模拟实际结构的有限元模型.自顶向下的装配体建模,利用“3D 曲线”及“扫描”功能建立空间弯管图形.



图 3 空间弯管仿真图

### 2.3 空间弯管的有限元分析

空间弯管的三维模型建立出来之后可以直接利用 SOLIDWORKS Simulation 进行有限元分析.

根据弯管的材料为 15CrMoG, 弯管的材料属性定义为:弹性模量(E<sub>x</sub>)、泊松比值分别定义为 200GPa 和 0.3, 屈服强度和抗拉强度分别为: 295MPa 和 440MPa. 正常操作工况下: 由于膜式壁的热膨胀作用弯管 A 端被膜式壁推动的最大位移为 5mm, 管内承受 11MPa 的内压. 弯管的 B 端固定约束于压力容器壳体上. 由于管线的在各种工况下的刚度基本恒定(支撑方式不变, 极端工况下管线的变形较小, 材料属性不变), 因此, 采用实体四面体网格对管线进行线性分析.

### 2.4 结果分析

材料、约束及加载定义完毕后,即可对此有限元模型求解.应力、位移及应变云图如下:

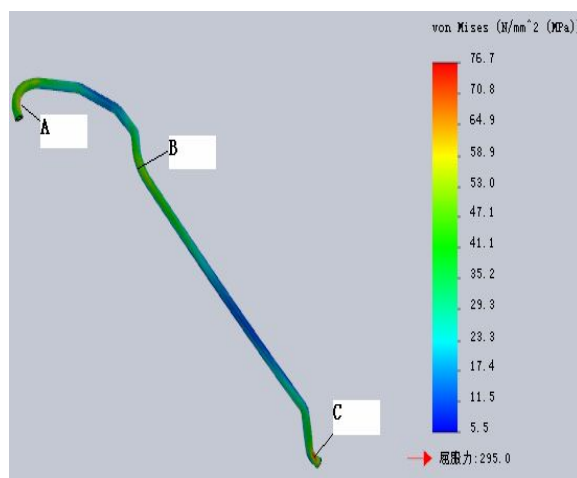


图 4 应力云图

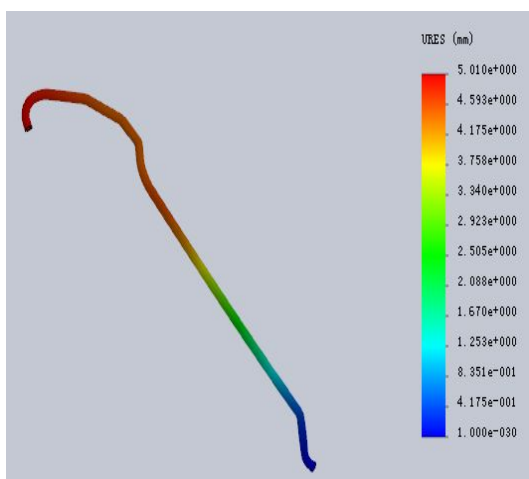


图 5 位移云图

从应力云图得知,弯管在正常操作工况最大应力出现在与压力容器壳体连接附近,最大为 76.7MPa<295MPa(15CrMoG 屈服强度);从位移云图得知,弯管在正常操作工况下最大位移出现在弯管与膜式壁连接附近,最大位移为 5mm.

综上,作为单独的空间弯管(繁杂的管系时,需综合考虑各管之间在各工况时的干涉),在操作工况时,该弯管是安全可靠的.

### 3 生成AUTOCAD工程图

SOLIDWORKS 可以自动生成可供 AUTOCAD 使用的工程图,并提供上视、前视、右视、后视、左视、下视、当前视图及等轴测视图等 8 个视图供直接拖动调用.当空间弯管十分复杂,供选择的 8 个视图不足以表达出空间弯管的尺寸时,可以针对每一个视图使用“插入”—“工程视图”中的辅助、剖面、旋转、投影等等视图进行表达.另外,可借助 SOLIDWORKS 的“质量特性”及“测量”工具对该空间弯管进行称重和长度测量.本空间弯管的质量为 5.75Kg,长度为 1.654m.本空间弯管转化的 AUTOCAD 工程图图形部分如下:

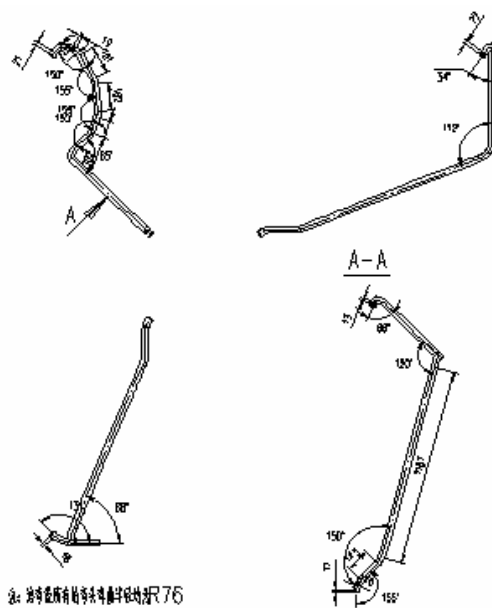


图 6 AUTOCAD 生成图

### 4 结语

本文将 solidworks simulation 的有限元分析方法应用到空间弯管设计,实现了设计仿真一体化.经 Simulation 有限元分析合格的产品可以按照空间弯管机的输入需求,采用三维图或 AUTOCAD 的文件输出.设计出的合格的空间空间弯管可以直接输入到具有识别三维图的空间弯管机,做到设计和制作无缝连接.

### 参考文献

- 1 詹梅,杨合,江志强.管材弯曲成形的国内外研究现状及发展趋势.机械科学与技术,2004,,23(12):1509-1514.
- 2 李少峰,薛贵军,孟宪举等.高精度弯管流量计研究.河北联合大学学报(自然科学版),2013,23(1):87-91.
- 3 美国 SOLIDWORKS®公司.SOLIDWORKS®高级教程:管道与布线.北京:机械工业出版社,2008.
- 4 江红,等.SOLIDWORKS 建模实例解析.北京:械工业出版社,2005.
- 5 康士廷,等.SOLIDWORKS2009 中文版从入门到精通.北京:机械工业出版社,2009.