

基于UG NX的非标设备制造用钣金展开及应用研究

钟强昇

(紫金铜业有限公司 福建 龙岩 364200)

摘要: 在有色冶炼企业非标设备制造的过程中大量采用了各种耐腐蚀的材料,这些材料的价格都比较昂贵,如果展开放样有误,造成的损失也是巨大的。非标设备或构件制造的过程中离不开钣金展开,正确、有效地运用钣金展开的方法,不仅可以保证非标设备制造的质量,而且可以节省材料、降本增效。基于UG NX软件的三维钣金建模展开技术,不仅可以方便直观地生成展开图,而且可以导入数控切割设备中直接加工,同时还摒除了传统钣金展开作图时间长、计算量大、效率低及精度差的缺点,极大程度地提高了生产效益。

关键词: 钣金展开;UG NX;烟尘仓灰斗放样展开

0 引言

在有色冶炼企业的非标设备制造中,用板材和型材等制造的非标设备占有很大的比重,钣金展开就是制造这些非标设备的首道工序。其中,钣金展开放样下料的精确与否成为非标设备制造的关键和首要工作。在有色冶炼企业非标设备制造的过程中,大量采用了各种耐腐蚀的材料如316L、2507、254SMo等,这些材料的价格都比较昂贵,如果展开放样有误,造成的损失也是巨大的。所以,正确、有效地运用钣金展开的方法,不仅可以保证非标设备制造的质量,而且可以提高工效、节省材料、降低成本。

构成非标设备的表面形状可分为两种:理论可展曲面和不可展曲面。理论可展曲面指曲面被展平在平面上,不发生任何褶皱或破裂。因此,从几何性质来看,只要直纹曲面上相邻素线无限接近,而且是相交或平行的,都属于可展曲面。可展曲面在理论上可以精确地展开。所谓不可展曲面是指立体表面不能自然平整地摊平在一个平面上,如螺旋面或回转面,对于这些非标设备构件,往往只能将它们分割成若干块,然后近似地看作柱面、锥面或直纹曲面,并用相应的展开方法予以展开。由于这种方法带来的展开误差较大,因此在作图过程中往往要加入一些经验做法,以修正其误差。对于不允许分成若干块的回转面,在生产中多采用近似算法来展开。由于传统的展开方法都是根据经验仅仅考虑钣金的几何形状,通过投影原理得到的毛坯形状,忽视了变形过程中的力学问题,因此这种方法仅能应用于简单形状的钣金展开。对于复杂的形状,特别是不可展曲面,传统几何作图法得到的毛坯形状有很大的误差,而且效率低、成本高。当非标设备的设计要求具有一定的精度时,还须考虑钣金的板厚因素。传统的钣金展开都是假设构

件的板厚为零时的放样,或是简单地采用接口在板厚中心层接触,未考虑构件板壁与结合线间的夹角,因此只适合精度不高的手工下料生产。

1 钣金展开技术现状

随着时代的发展,钣金展开技术也在不断发展和演变,可大体分为以钣金零件几何特征为基础的传统钣金展开技术和考虑钣金在变形过程中的力学问题的现代钣金展开技术。

传统钣金展开技术的实质是求表面实形各线段实长。由于钣金件有的表面(平面形)、直线与投影面不能反映实形和实长,钣金工人根据投影变换原理,在施工现场进行钣金展开放样下料。做法是采用画法几何和解析几何原理对非标设备进行图样展平,现场1:1放样来求出平面图形的实长。这种方法又叫投影图解法。

计算法是在作图法的基础上应运而生的,就是用解析计算代替图解法中的放样和作图过程,计算出展开图中的点的坐标、线段长度和曲线的解析表达式,再由计算结果给出图形。其优点是展开精度高,并可避免展开大件时场地对放样作业的限制。但它在计算复杂零件时计算公式过于复杂,并且重复计算量大,人工计算很容易产生错误。为了克服上述问题,又发展了系数法、程序法和计算机辅助法。系数法是将算法中采用的公式进行简化,总结出对应公式的系数并制成手册,当需要进行钣金展开时,查询对应的手册,做一些简易的计算即可得到所需尺寸。程序法就是将计算公式用程序语言来描述,在展开放样时,工作人员只需选择所需展开的非标设备的类型和输入尺寸参数,即可自动得到展开结果。计算机辅助法是在程序法的基础上结合现代CAD技术,将展开放样得到的形状通过CAD直观地绘制出来,并且可以进行交互式操作。计算机辅助法因具有精

确、直观、高效等优点被广泛采用，成为当今钣金展开的主流。

但这些传统钣金展开技术都有其固有的缺陷，如下所述。

(1) 图解法只适合可展曲面如柱面、锥面或直纹曲面，对于复杂的不可展曲面只能近似地展开，展开结果还需加入经验做法来修正误差。

(2) 算法虽然能用比较准确的数据替代投影图解法得到的实长，但最后的展开图仍然需要描线得到轮廓，得出的轮廓仍有较大的误差。

(3) 计算机辅助法基于算法原理，利用软件自动生成 DXF/DWG 格式的展开图样，可以导入 AutoCAD 中进行编辑和修改。但得到的展开图样是理想状态下的，并未考虑到实际生产中板厚的因素，所以得不到完整的三维模型。

2 UG NX 简介

随着信息技术在各领域的迅速发展和渗透，CAD/CAM/CAE 技术已经得到了广泛的应用，从根本上改变了传统的设计与生产模式，带动了整个产业结构的变革。西门子公司的 UG NX 软件是当今应用最广泛、最有竞争力的 CAD/CAM/CAE 大型集成软件之一。目前使用的三维 CAD 软件如 SolidWorks、CATIA、Creo、UG NX 都囊括了钣金设计模块，UG NX 软件中的钣金模块提供了一个直接操作钣金零件的基本环境，并可以利用钣金特征、材料特性等信息，设计基于实体的钣金零件。钣金模块的主要功能有钣金弯边、折弯、冲压、平面展开和切边等。基于 UG NX 软件的三维钣金建模展开技术，能非常方便直观地创建钣金件，而且三维钣金件可以迅速自动展开，并能生成非标设备的工程图和展开图，生成的相应数据还能直接导入数控切割设备中，可以极大地提高非标设备制造的质量和生产效益。同时，在 UG NX 软件下的三维钣金建模展开技术还可以根据材料属性、折弯半径及板厚等因素自动调整相关系数，使非标设备具备更高的精度。并且，它以界面友好、操作简单等特点赢得了钣金设计人员的青睐。传统的投影图解法、算法虽然能基本满足现场施工要求，但需消耗大量的人工成本来绘制展开图样，从而导致效率低、精度低、计算量大等。尤其是在大量复杂非标设备展开和精密钣金制作时，采用计算机辅助设计的速度和精确性是传统方法不可比拟的，传统的钣金放样方法已经不能满足现代市场竞争的需要。

使用 UG NX 软件进行钣金展开的优点如下。

(1) 数据关联，方便直观。绝大多数钣金件与钣金装配体均可用 UG NX 来建模。二维工程图与三维模型是完全关联的，如果在三维模型中修改钣金件的尺寸，

其三视图及展开图会自动更新。

(2) 方法丰富，展开方便。软件中的特征建模法、展开状态设计法、实体/曲面/钣金转化法、放样弯边等方法可以轻松创建非标设备的各种钣金模型，并能导出平面展开图。

(3) 准确性高，零错误率。在 UG NX 中利用其钣金模块 (Sheet Metal Design) 的自动展开功能，可完成对非标设备的自动展开，展开后板料的形状和大小均可通过自动计算获得，因此拥有高速度、高精度、零错误率及操作简便的优势。

下面列举一种在某铜冶炼厂闪速炉技术改造项目中的非标设备——烟尘仓灰斗钣金展开放样的过程。

3 烟尘仓灰斗结构概述

该非标设备系闪速炉气力输送烟灰的储存仓，材料为 316L，从外形上看属主圆管与分圆管偏心 V 形三通结构。由于该非标设备本身面积较大，需要多张钢板拼接而成，分段制造，最后进行总体组装。准确性和精度是烟尘仓灰斗制作过程中的技术关键，同时也对该非标设备的钣金展开放样提出更高的要求。烟尘仓灰斗的三维建模如图 1 所示。

4 烟尘仓灰斗组对思路分析

该非标设备较为特殊，可以看作左、右两个分构件组合而成，每个分构件是半个偏心异径管与半个偏心天方地圆的组合。在组对完成后需要保证的尺寸要求有以下两个。①直径及圆度。由于在本次技改中其原有直段仓体不改动，因此要保证其上口圆度正常公差，才能保证后续现场安装的顺利。②偏心值。由于要保证两个灰斗下料口与失重给料球阀顺利连接，因此要求偏心距相对精准，同时还要保证构件圆滑过渡。

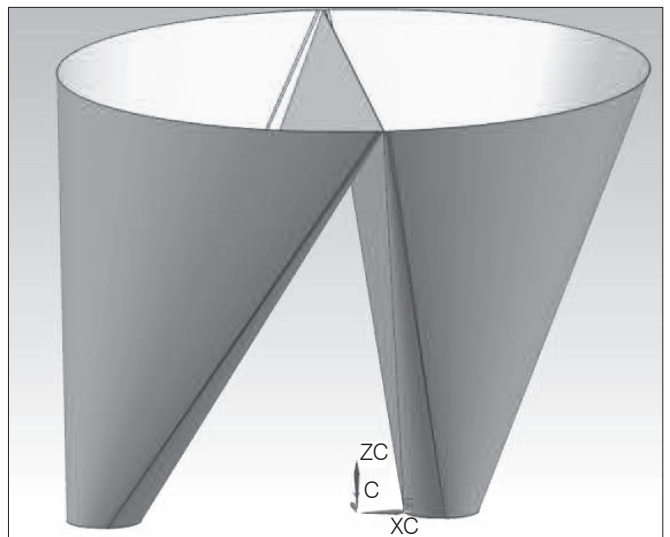


图 1 烟尘仓灰斗的三维建模

5 利用 UG NX 的钣金模块放样展开

5.1 创建左半边的偏心异径管钣金模型

打开 UG NX 12.0, 新建 UG NX 钣金模型, 创建基准面 1: 选择“插入”下拉菜单中的“基准/点”, 找到“基准平面”命令, 在“类型”下拉列表中选择“按某一距离”选项, 选取 XY 平面为参考平面, 在“距离”文本框中输入偏移距离值, 完成基准平面 1 的创建。在基准平面 1 上绘制草图 1, 作 $R=2100\text{mm}$ 的圆弧。选取 XY 平面为草图平面, 在 XY 平面上绘制草图 2, 作一个与原点偏移距离为 1800, $R=265\text{mm}$ 的半圆。再创建放样弯边特征: 选择“插入”下拉菜单中的“折弯”, 找到“放样弯边”命令, 依次选取草图 1 和草图 2 作为起始截面和终止截面, 将厚度改成本地值, 输入材料的厚度 16mm。在“折弯段”下勾选“多段折弯”, 设置折弯段的数目为 24。这里的折弯数即为钣金展开的等分数。毫无疑问, 等分越细, 等分点越多, 在展开图样中显示的展开图就越精确, 所绘制的曲线也越顺滑, 越接近理论曲线, 但计算量过大也会考验计算机的运算速度, 所以展开的等分应以满足构件需要、符合实际生产精度需求为基准。可以参照钣金展开计算法中展开件半径与等分数的关系的经验公式来选取折弯段的数目。此时就完成了放样弯边特征的创建, 如图 2 所示。由于要考虑在数控切割设备的作业范围内能够下料、在卷板机的轧辊长度内能够滚弯成形, 这里将偏心异径管分为三份, 创建两个切割拉伸特征: 在 YZ 平面绘制两条直线, 间距为 1000mm, 拉伸限制距离设为 3000mm, 布尔运算设为无, 完成两个切割拉伸特征的创建, 如图 3 所示。保存模型文件名为“烟尘仓灰斗左侧 1”。

将工具栏切换至“装配导航器”界面, 在装配导航器区选择“烟尘仓灰斗左侧 1”文件下的 WAVE 下的新

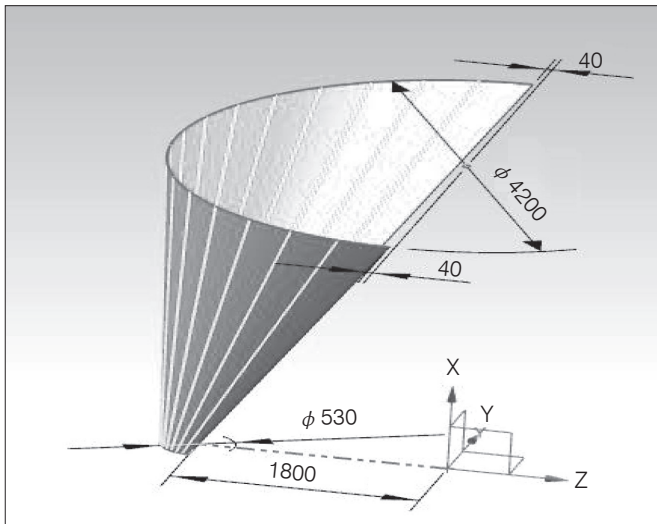


图 2 烟尘仓灰斗左侧 1 放样弯边的草图绘制

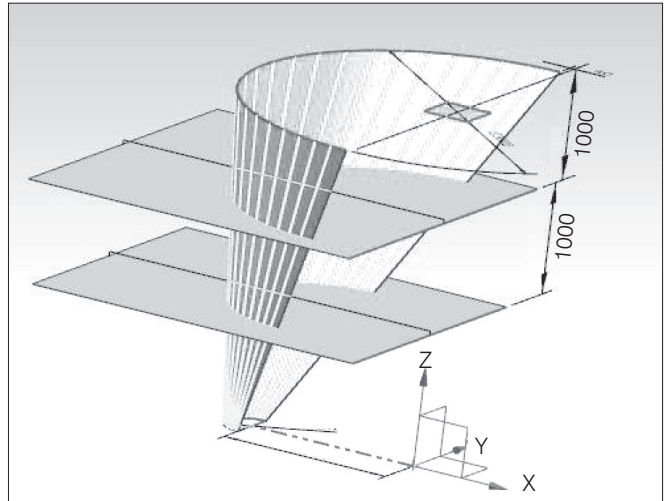


图 3 切割拉伸后的偏心异径管

建级别, 指定部件名为“烟尘仓灰斗左侧 1 上部”, 在类选择中选取所有的实体与曲面, 完成新级别的创建。将文件名“烟尘仓灰斗左侧 1 上部”设为显示部件, 选择修剪体, 以左半边的偏心异径管为修剪目标, 选取拉伸的平面作为修剪工具, 完成修剪体的修剪。切换至“烟尘仓灰斗左侧 1”窗口, 依次创建“烟尘仓灰斗左侧 1 中部”和“烟尘仓灰斗左侧 1 下部”文件。

5.2 创建左半边的方圆过渡异径管钣金模型

首先创建基准面 1; 选取 XY 平面为参考平面, 在“距离”文本框中输入偏移距离值, 完成基准平面 1 的创建。在基准平面 1 和 XY 平面上完成草图 1 和草图 2 的绘制。创建放样弯边: 这里设置多段折弯的数目为 12, 完成放样弯边, 如图 4 所示。这里也需要将方圆过渡异径管分为三份, 创建两个切割拉伸特征: 在 YZ 平面绘制两条直线, 间距为 1200mm, 拉伸限制距离设为 3000mm,

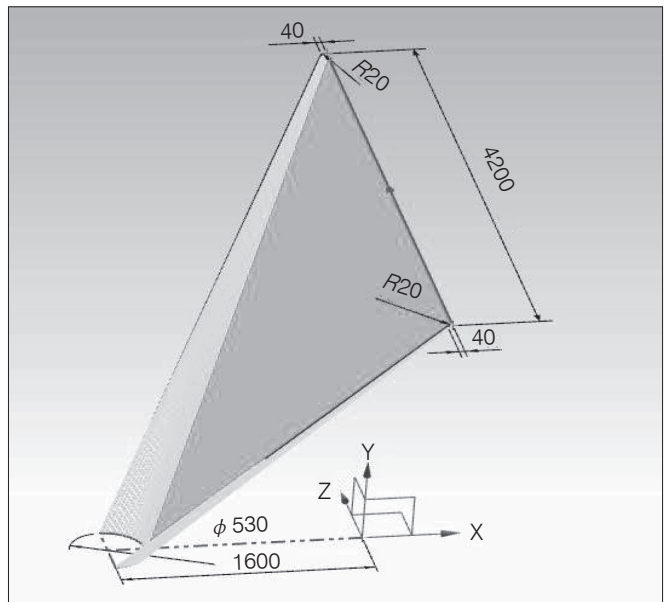


图 4 烟尘仓灰斗左侧 2 放样弯边的草图绘制

布尔运算设为无，完成两个切割拉伸特征的创建，如图5所示。保存模型文件名为“烟尘仓灰斗左侧2”。间距设置为1200mm是考虑到装配时焊缝应尽量错开，防止出现十字交叉焊缝，依据焊接通用技术条件来避免焊缝产生应力集中。

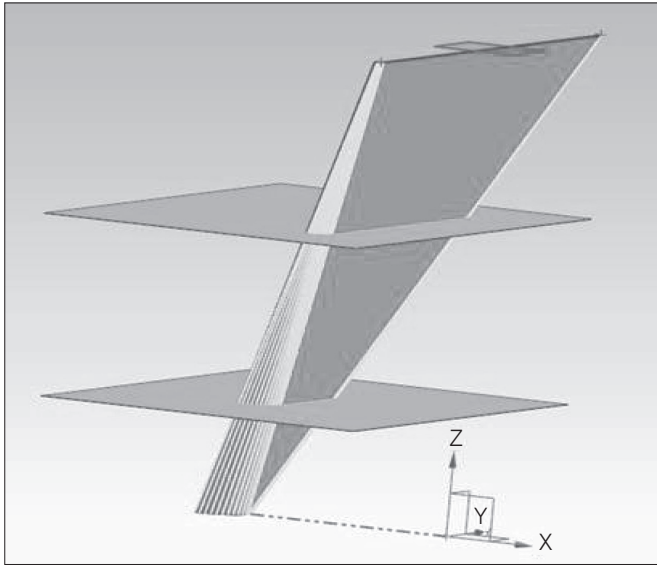


图5 切割拉伸后的方圆过渡异径管

在装配导航器区中创建新级别，用修剪体对方圆过渡异径管进行修剪，并依次创建“烟尘仓灰斗左侧2上部”“烟尘仓灰斗左侧2中部”“烟尘仓灰斗左侧2下部”三个文件。

5.3 创建右半边的偏心异径管钣金模型

右半边偏心异径管钣金模型的创建方式和左半边的偏心异径管钣金模型基本相似，这里就不再赘述。

6 展开烟尘仓灰斗

新建一个装配体，对烟尘仓灰斗各个部件进行装配，得到完整的钣金件模型，如图6所示。

打开烟尘仓灰斗各个部件，对其进行展开，这里以“烟尘仓灰斗左侧2下部”为例进行讲解。在“插入”下拉菜单中选择“展平图样”下的“展平实体”命令，选取图7中的三角平面部分作为固定面，完成该特征的展开。在烟尘仓灰斗各个部件被展开后，除了可生成相应工程图外，还可将展开图样导出为DXF格式，方便数控切割设备识别，为加工提供数据支持。

7 下料切割

把文件名后缀为.dxf的烟尘仓灰斗各个部件在FastCAM套料软件中打开，进行共边套料，输出和生成NC代码文件，就可以在设定的钢板尺寸下全自动完成下料切割，最后经拼装、焊接顺利完成烟尘仓灰斗的制造。

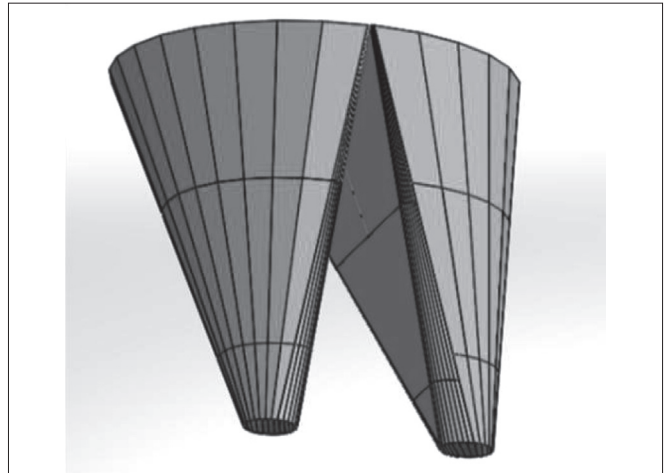


图6 烟尘仓灰斗装配图

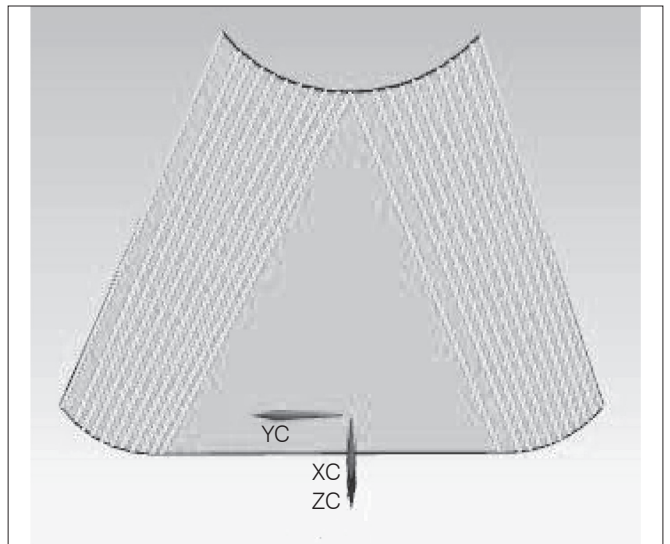


图7 烟尘仓灰斗左侧2下部展开图

8 结语

利用UG NX软件的三维钣金建模展开技术对烟尘仓灰斗进行高效、精准的展开，加之与FastCAM等套料软件的结合，并利用数控切割设备进行板材自动切割下料，既提高了工作效率又降低了原材料消耗。UG NX软件的三维钣金建模展开技术运用于非标设备制造，使传统钣金加工工艺方法和手段发生了深刻的变革，成为有色冶炼企业加速产品研发、提升技术改造的有力武器。

参考文献：

[1] 北京兆迪科技有限公司. 钣金展开实用技术手册 (UG NX 12.0版) [M]. 北京：机械工业出版社, 2019.
 [2] 季忠. 三维钣金展开放样速查手册 -SolidWorks应用 [M]. 北京：化学工业出版社, 2014.
 [3] 季忠, 林乐嘉. 三维钣金展开放样及实例 -SolidWorks应用 [M]. 北京：化学工业出版社, 2009.