基于 NX 的某铸锭炉冷却腔体焊接工装的虚拟设计

撰文／江阴职业技术学院　许洪龙
南京依维柯汽车有限公司　何降哲
江苏学信工业科技有限公司　郑维明

通过用 NX 软件对某多晶硅铸锭炉冷却腔体的整体焊接进行工装设计，阐述了 NX 在夹具设计中的合理应用可以减少设计周期，并用 NX 软件强大的工程制图功能，实现工装工程图的生成，提高了图样的正确性，缩短了图样的绘制时间，为其他夹具设计和机械设计提供了参考。

一、引言

随着全球可用资源的日益减少，社会对能源的重视程度也越来越高，环保、节能和可重复利用成了全球共同关注的话题。太阳能作为清洁能源之一，其相关技术已经越来越广地应用到了生活中，据相关报道，到 2040 年，可再生能源将占总能耗的 50%以上，其中太阳能光伏发电将占总电力的 20%以上。铸锭炉是生产太阳能发电用的硅片的主要生产设备，该设备工作时内部温度高达 1500℃，而外部壳体的温度接近常温，内外温差相差非常大，考虑到材料的耐温特性和伸缩性，一般铸锭炉冷却腔体都是由不锈钢材料组成，常用 SUS304L 和 SUS316L 通过焊接方法得到。由于 SUS304L 和 SUS316L 材料在焊接后变形量大，所以必须通过焊接工装来保证

性能库、囊体附件分类库和工艺参数库等，详细数据库结构如图 3 所示。这些数据构成了一个方便而又有效的囊体制造技术资料库。

图 4 是以某型号浮空器设计为例进行囊体工艺过程处理的实例应用。用户可通过菜单访问系统提供的数据资源，包括囊体材料的型号、牌号、各种性能指标和状态，有效可靠的热合经验参数，囊体装配标准及相应适用范围等。工艺参数库为 CAPP 系统工艺设计的可靠性提供最有力的保证。但是在工艺参数数据表的建立过程中，由于浮空器产品型号不够丰富，试验成本高，会导致工艺参数数据不全，这需要在以后的生产过程中不断对囊体制造工艺参数数据库进行扩充、更新和完善。

五、结语

本文阐述了浮空器囊体制造辅助工艺系统的设计框架和设计思路。通过数据导入，生成相应的工艺文件、囊体装

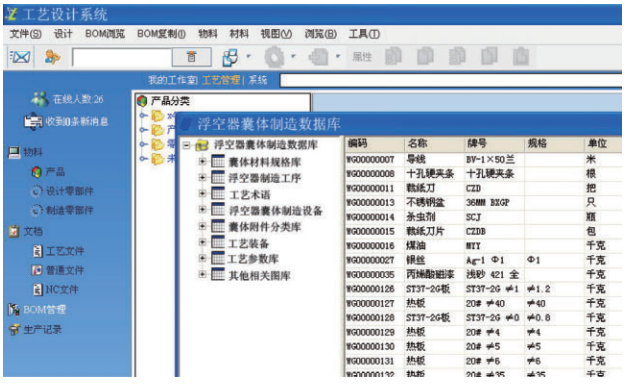


图 4 浮空器囊体工艺设计对话框界面

配工艺规程等，促进了浮空器囊体加工生产的自动化、装配过程信息的完整性和一致性。该系统通过实例应用验证了其实用性。基于这套系统可以继续开展针对浮空器囊体工艺多任务、多角色协同设计的研究，以增强系统的功能，提高工艺设计效率。

焊接精度。

NX 是一个高度集成的 CAD/CAE/CAM 软件系统，可用于产品的整个开发过程。该软件具有三维建模、装配、工程图、运动分析、高级仿真和辅助制造等强大功能，可以提高设计的可靠性，缩短设计周期。在工装设计中，充分利用 NX 的装配和工程图，直观的对工装进行三维建模和干涉检查，生成工程图样供生产应用。本文就多晶硅铸锭炉的冷却上腔体（以下简称上腔体）的整体焊接工装设计用 NX 进行辅助设计进行简单阐述。

二、上腔体焊接问题描述

1. 上腔体结构介绍

某多晶硅铸锭炉的上腔体模型如图 1 所示。由底部大法兰、内筒体、内封头、导流圈、顶部的小法兰和电极孔、进料口、外筒体、外封头、侧连接板、侧面法兰、把手、吊装螺母和快装接口及部分衬板组成。焊接前对底部大法兰和顶部小法兰预先进行一次加工，直径和厚度均留 5mm 加工余量，内外筒体、封头及快装接口、吊装螺母和侧法兰按照图样要求直接加工到位，电极孔和进料口处的法兰不加工（焊接完毕后加工），侧连接板焊后加工。中间导流圈待内筒体和内封头与底部大法兰拼接好后进行点焊，导流圈位置示意图如图 2 所示。

2. 焊接工艺过程安排

对上腔体进行结构分析，可以发现整个上腔体可以分为内外两层，中

图 1 多晶硅铸锭炉上腔体模型图

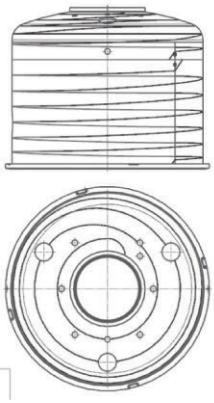


图 2 导流圈示意图

间是导流圈，焊接时，应该先对内筒体和内封头进行焊接，焊接后将电极孔等焊接到内封头上，再焊接导流圈，再将外筒体和外封头进行焊接。总体焊接过程规划如图 3 所示。

图 3 焊接工艺过程图

三、用 NX 设计工装

由于大法兰的内孔和底面已经加工，在设计时以底部大法兰内孔和底面为定位基准进行整体工装设计。

首先用 NX 对上腔体进行参数化三维建模，利用该软件的装配模块对该整体工装进行设计。设计时采用自顶向下的方法进行设计。过程中，充分利用 NX 软件装配模块中的 WAVE 链接技术，将上腔体中的已有对象（包括点线面）信息进行提取，生成工装设计时所需的参考点、线段和面信息。这样可以轻松实现各个需要焊接零部件工装的准确定位。如果在设计时发现绘制的模型或工装尺寸有误，可以通过直接修改参数来实现更改，相比平面设计软件有着很大的优势。设计完毕后，可以直观地看到整个模型的

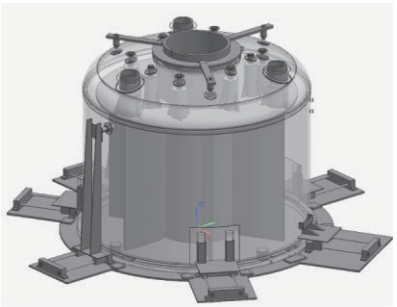


图 4 上腔体整体工装

工装全貌，如图 4 所示。用装配模块中的干涉检查功能来对工装和工件进行干涉检查，查找出装配后会出现的干涉问题。

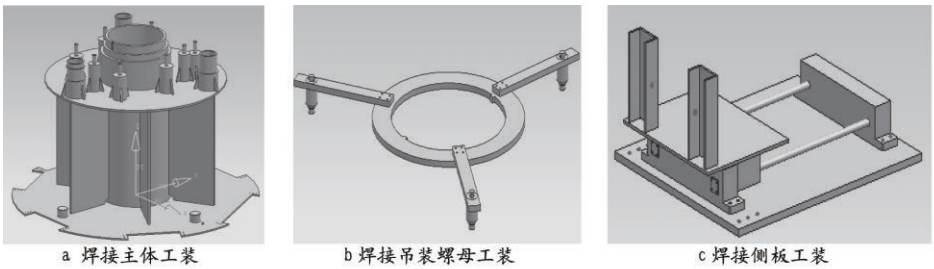
这样的设计方法，省去了在平面设计中找对应关系的麻烦，也略去了万一尺寸错误，修改不方便的问题，大大提高了设计效率。对总体工装设计后，根据焊接对象不同将之分为多个小工装如图 5 所示，方便在后续出图中使用。

工装设计完毕后，对工装的具体使用方法和整个焊接过程用 NX 软件的装配序列和运动仿真进行焊接模拟，对指导工人和技术人员时非常有益，实现了虚拟制造，可以极大地减少工人在焊接过程中遇到的问题，强化工人对该产品焊接过程的理解。

导流圈的焊接也是上腔体加工中常常出现错误的地方，用 NX 软件对导流圈进行模拟，绘制出如图 6 所示的三维实体，并帮助标出关键点的坐标信息，这样可以让工人一目了然，不易出错。

四、用 NX 生成二维工程图

上腔体整体工装的实体模型设计完成后， 用 NX 中的工程制图模块，将该工装的各个零部件和整体工装装


a 焊接主体工装　b 焊接吊装螺母工装　c 焊接侧板工装

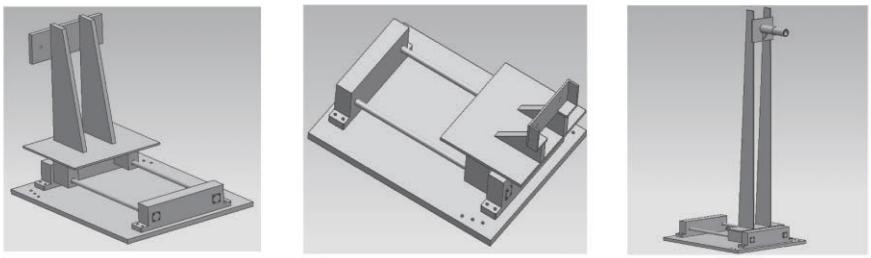

d 侧法兰焊接工装　e 把手焊接工装　f 快装接口焊接工装

图 5 焊接工装部件图

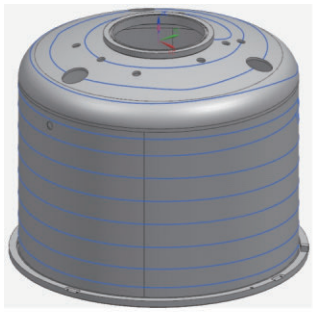


图 6 导流圈分布图

配图输出成二维工程图样的形式，用于打印输出，或供其它 CAD 系统读取。在图样中，所有的图形视图都是相关联的，即基于统一的数据基础，修改其中某个视图的尺寸后，系统就会自动更新其他的相关零件视图及装配图。

鉴于常用 AutoCAD 软件进行平面出图，需将 NX 文件转换为 DWG（或者 DXF）格式的文档。在转换为 DWG（或者 DXF）文件时，一般先将图样导出为 CGM 格式的文件，再利用 NX 新建一个模型文件，将刚刚生成的 CGM 重新导入到 NX 中，进行保存后再将该 PRT 文件中的内容进行导出，这样可以实现 NX 工程图与 DWG（或者 DXF）文件之间数据的无缝连接，

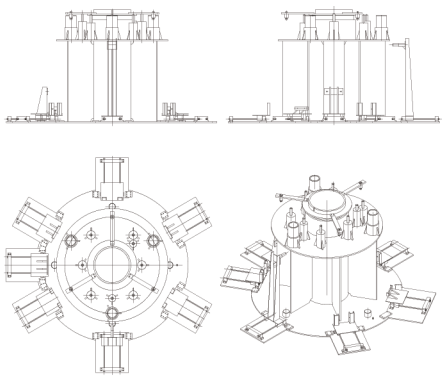


图 7 整体工装平面图

以整体工装的工程图（图 7）为例简要展示，生成工程图样符合生产需要，这样可以大大缩减设计周期，提高设计效率。各辅助工装的工程图同样都可以按照此法生成，如快装接口焊接工装工程图导出后加以标注，可以生成工程图如图 8 所示。

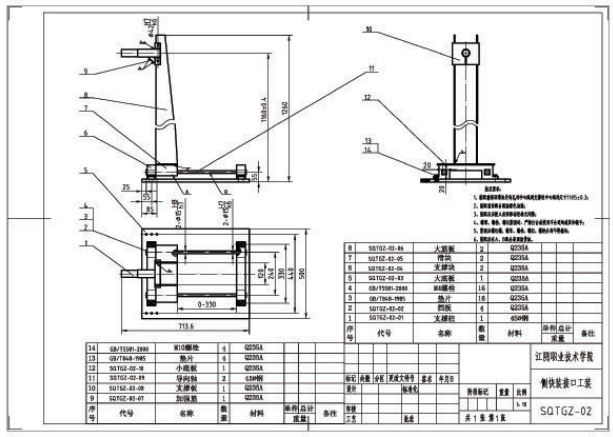


图 8 侧快装接口工装工程图

五、结语

综上所述，用 NX 软件对上腔体的整体工装进行设计，可以非常直观地看到设计者的意图，巧妙地应用装配中自顶向下的设计理念和装配序列、运动仿真等虚拟技术，可以将工装的使用和焊接工艺展现在焊接工人和技术人员面前，在制造成本和设计标准符合企业现状的情况下，解决了传统焊接工装设计存在的缺点和不足，也解决了平面设计时找对应关系的麻烦，减少了设计错误的出现，大大缩减设计周期，提高了生产效率，对各行业的工装设计和机械设计都有参考价值。