基于模型的工艺尺寸链校核技术研究

撰文／沈阳黎明航空发动机（集团）有限责任公司 贺芳 张森棠 叶洪涛

本文分析了工艺尺寸换算原则、工艺尺寸链的计算原理，提出了基于模型的三维尺寸链校核模式。通过为 PMI 标注指定矢量方向，实现了三维尺寸的矢量标注，解决了基于三维模型的矢量校核难题。

一、引言

在零件的加工过程中，总有一些互相关联的尺寸问题，这些尺寸问题彼此之间存在着一定的内在联系，往往一个尺寸的变化会引起其他尺寸的变化，或是一些尺寸的获得要靠其他一些特征尺寸来保证。有相互联系的尺寸按一定顺序首尾相连接排列成的尺寸封闭图形成为尺寸链，由单个零件在工艺过程中的有关工艺尺寸所组成的尺寸链称为工艺尺寸链。

工艺尺寸链校核是工艺编制过程中的一个重要环节，主要用于工序内尺寸换算和主要工序间的余量换算。工序内尺寸换算主要用于转换基准后的尺寸换算，方便工艺人员计算，主要工序间的余量换算主要用于计算各工序间的余量分布，涉及到两工序以上，是工艺校核中的重点，实现难度很大。当零件工序中某尺寸加工出现超差情况时，需要重新调整余下工序的余量分配，在后续工序的加工过程中挽救该零件，避免零件的报废和超差呈报。

传统的工艺尺寸链校核一般仅对零件的轴向尺寸进行校核，不对径向尺寸进行校核。采用的是线形的校核方式，通常需要在白纸上手工绘制包含各加工表面和加工方向（平行方向）工艺尺寸链图，操作比较繁琐，而且只能针对平行尺寸（1D），对于包含多个方向的矢量尺寸就无能为力了。特别是基于模型的工艺设计生成全三维的工艺规程，传统的手工绘制尺寸链的方式已无法适用。因此，有必要基于三维工序模型进行尺寸链的矢量校核，以满足新模式工艺设计的要求。

二、工艺尺寸链校核技术

在零件的加工过程中，总有一些互相关联的尺寸问题，这些尺寸问题彼此之间存在着一定的内在联系，往往一个尺寸的变化会引起其他尺寸的变化，或是一些尺寸的获得要靠其他一些特征尺寸来保证。尺寸连理论是解决机械制造中相关的尺寸问题的有效手段。

1. 工艺尺寸链基本概念

（1）工艺尺寸链定义和组成。

有相互联系的尺寸按一定顺序首尾相连接排列成的尺寸封闭图形成为尺寸链，由单个零件在工艺过程中的有关工艺尺寸所组成的尺寸链称为工艺尺寸链。

我们把组成工艺尺寸链的各个尺寸称为尺寸链的环。这些环可分为封闭环和组成环。

封闭环是尺寸链中最终间接获得或间接保证精度的那个环，每个尺寸链中必有一个，且只能有一个封闭环。

除封闭环以外的其他环都成为组成环，组成环又分为增环和减环。若其他组成环不变，其组成环的变动引起封闭环随之同向变动，则称为增环，异向则为减环。

工艺尺寸链一般用工艺尺寸链图表示。建立工艺尺寸链时，应首先对工艺过程和工艺尺寸进行分析，确定间接保

投稿邮箱 | cadcam@idnovo.com.cn IMCHINA@idnovo.com.cn

证精度的尺寸，并将其定位封闭环，然后再从封闭环出发，按照零件表面尺寸间的联系，用首尾相接的单向箭头顺序表示各组成环，用这种尺寸图就是尺寸链图。一般仅对零件的轴向尺寸进行校核，不对径向尺寸进行校核。采用的是线形的校核方式，通常需要在白纸上手工绘制包含各加工表面和加工方向（平行方向）工艺尺寸链图，操作比较繁琐，而且只能针对平行尺寸（1D）。

（2）基于模型的工艺尺寸链。

不同于传统的尺寸链图，基于模型的尺寸链是随着基于模型的三维工艺设计方式的采用而产生的。基于模型的尺寸链的封闭环和组成环可以在三维工序模型上直接指出，可以作为模型的一个属性，而且包含矢量方向，是一种三维的工艺尺寸链。

2. 工艺尺寸链的特点和作用

（1）工艺尺寸链的特点。

工艺尺寸链的主要特性是封闭型和关联性。所谓封闭性，是指尺寸链中各尺寸的排列成封闭性，没有封闭的不能成为尺寸链。所谓关联性，就是指尺寸链中任何一个直接获得或间接保证的那个尺寸及其精度的变化。

（2）工艺尺寸链的作用。

工艺尺寸链校核是工艺编制过程中的一个重要环节，主要用于工序内尺寸换算和主要工序间的余量换算，工序内尺寸换算主要用于转换基准后的尺寸换算，方便工艺人员计算，主要工序间的余量换算主要用于计算各工序间的余量分布，涉及到两工序以上，是工艺校核中的重点，实现难度很大。当零件工序中某尺寸加工出现超差情况时，需要重新调整余下工序的余量分配，在后续工序的加工过程中挽救该零件，避免零件的报废和超差呈报。

3. 工艺尺寸链校核原则

工艺尺寸链计算和校核主要有两种情况，一种情况是工序内尺寸换算，一种是主要工序间的余量传递。

第一种情况应用最广，属于已知封闭环尺寸和部分组成环尺寸求某一组成环尺寸。在工程应用中通常是转换基准后的尺寸换算或某个尺寸无法直接加工或检测，需要间接保证的情况。这时需要将间接保证的尺寸设为封闭环，其余尺寸设为组成环，按照工艺尺寸链计算的基本公式计算重新收严各组成环的公差，保证封闭环的公差等于所有组成环公差之和。

第二种情况涉及到两工序以上，计算各工序间的余量传递关系。在工程应用中，将去除的余量作为封闭环，每经过一次加工就是一次尺寸链换算的过程，就是一次公差累计的过程。进行工序间的尺寸链校核就是需要保证零件的加工表面必须保证每一次加工都不允许出现负余量的情形，在极限情况下封闭环名义值加上下偏差必须大于零。

三、基于模型的工艺尺寸链校核需求

基于模型的工艺设计是在 NX 7.5 环境下进行的，作为工艺设计的一个重要组成部分，基于模型的尺寸链校核工具需要在 NX 7.5 环境下开发，需要能够代替手工校核方式，将工艺人员从繁琐的尺寸链计算中解放出来，具体需求如下。

1. 符合工艺尺寸链计算公式

（1）封闭环的基本尺寸等于所有增环的基本尺寸之和减去所有减环的基本尺寸之和。

（2）封闭环的极限尺寸包括最大极限尺寸和最小极限尺寸，最大极限尺寸等于所有增环的最大极限尺寸之和减去所有减环的最小极限尺寸之和，最小极限尺寸等于所有增环的最小极限尺寸之和减去所有减环的最大极限尺寸之和。

（3）封闭环的上偏差等于所有增环的上偏差之和减去所有减环的下偏差之和，封闭环的下偏差等于所有增环的下偏差之和减去所有减环的上偏差之和。

（4）封闭环的公差等于所有组成环公差之和。

2. 满足工艺尺寸链校核原则

（1）调整组成环公差，保证封闭环公差符合间接保证尺寸的要求。

（2）保证零件的加工表面必须每一次加工都不允许出现负余量的情形，在极限情况下封闭环名义值加上下偏差必须大于零。如图 1 所示的尺寸链图中右侧余量 A（No.5−10）必须满足大于零。

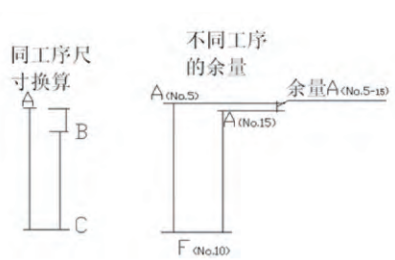


图 1　尺寸链图

3. 确定输入和输出信息（图 2）

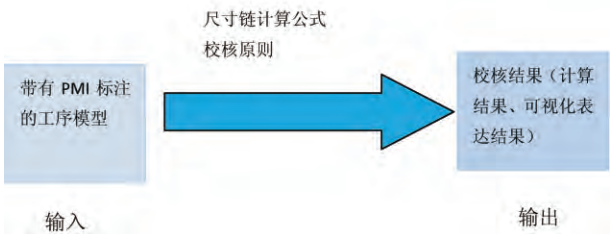


图 2 工艺尺寸链校核要求

四、基于模型的工艺尺寸链校核工具开发

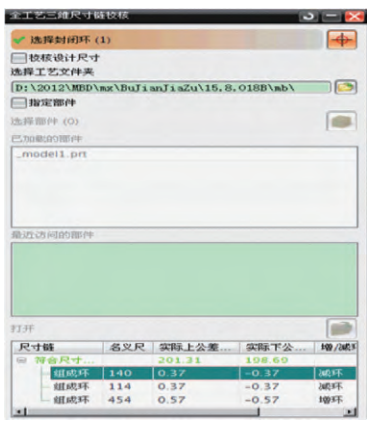
基于模型的尺寸链校核工具开发包括以下几个功能模块。

1. 尺寸矢量方向表达

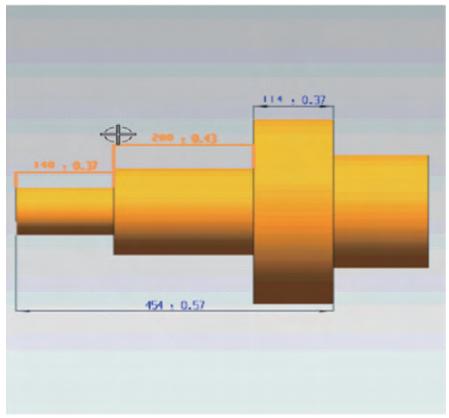
由于工序模型本身的 PMI 标注并不包含方向性，进行尺寸链校核之前，需要为 PMI 尺寸指定矢量方向（起点和终点），矢量方向被指定后，也就为该 PMI 尺寸赋予了矢量属性，通过查询属性信息可以了解矢量赋值情况。模型本身可以用带有方向的箭头来显示矢量方向，矢量方向的显示或隐藏可以根据需要选择

2. 尺寸链环及调整方式的选定

尺寸链环选定采用交互式来进行，操作者自行选择封闭环，系统自动判断成链尺寸，将所有可能的尺寸链环列出来，由操作者自行判断选择哪一个尺寸链环。进入三维尺寸链校核模块，指定封闭环，各组成环情况自动列出，如图 3 所示。可以采用颜色来识别，绿色代表通过，红色代表不通过。需要对组成环进行调整。如尺寸链计算结果不能满足要求，可以通过手动方式调整某一组成环的公差，直到符合要求为止。这个过程需要后台调用尺寸链校核判断规则。



(a)



(b)

图 3 三维尺寸链校核模块

3. 校核结果的表达

校核结果的表达，可以采用可视化方式生成尺寸链图，用不同的颜色代表封闭环和各尺寸链环。各组成环以不同的颜色显示，一目了然，如图 4 所示

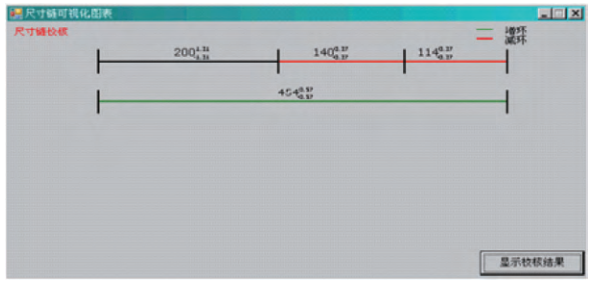


图 4 尺寸链校核结果

五、结语

基于模型的尺寸链校核将手工绘制尺寸链图工作转化为计算机自动实现，生成可视化的校核结果图，减少了工艺人员的工作强度，提高了校核效率。

投稿邮箱 | cadcam@idnovo.com.cn
IMCHINA@idnovo.com.cn