

WUZHOU SHUKONG  
JIAGONG JISHU  
SHILI JIEXI

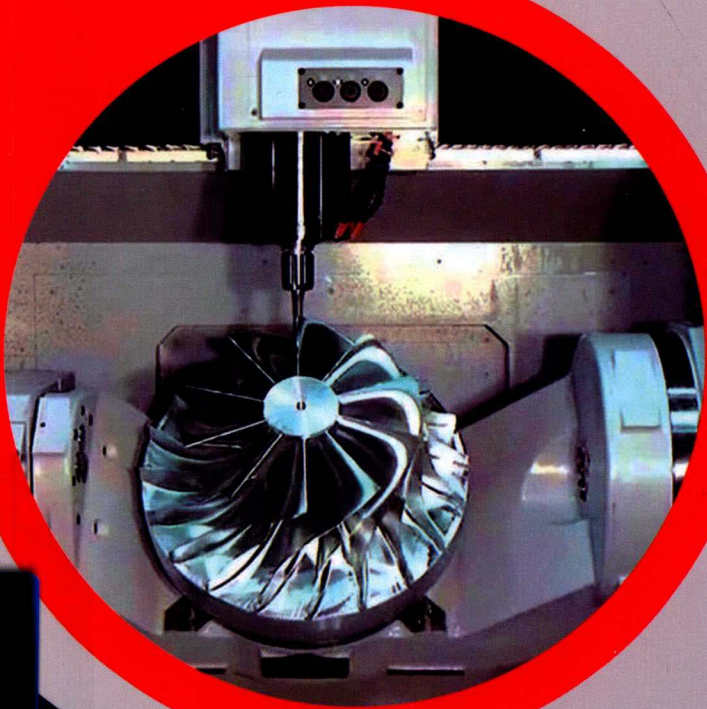


技术专家传经送宝丛书

# 五轴数控

## 加工技术实例解析

宋力春 主编



- ▲ 技术标兵操作心得
- ▲ 能工巧匠方法技巧
- ▲ 大赛状元经验绝招
- ▲ 生产现场实例集萃



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

技术专家传经送宝丛书

# 五轴数控加工技术 实例解析

主 编 宋力春  
副主编 何春保 马兴昭  
参 编 邱 波 李 斌 杨晓雪 朱建民



机械工业出版社

本书主要介绍了五轴典型零件的加工和编程。全书共分为九章，主要内容包括光学支架的加工解析、维纳斯雕像的加工解析、大力神杯的加工解析、足球展示件的加工解析、叶盘零件的加工解析、茶壶的加工解析、老寿星像的加工解析、奖杯的加工解析、人体模型的加工解析。书后附有数控技能大赛应试技巧、全国数控技能大赛（2010—2016年）五轴试题、HEID530系统后处理程序。

本书适合有熟练的三轴或四轴数控编程及加工经验，对数控加工工艺知识有所了解，想要学习五轴数控加工编程的读者使用，也可作为大中专院校数控加工相关专业的教材以及数控技能大赛五轴数控编程的指导和培训用书。

## 图书在版编目（CIP）数据

五轴数控加工技术实例解析/宋力春主编. —北京：机械工业出版社，2018.6

（技术专家传经送宝丛书）

ISBN 978-7-111-60079-4

I. ①五… II. ①宋… III. ①数控机床—加工 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第116659号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）

策划编辑：王晓洁 责任编辑：王晓洁

责任校对：王明欣 封面设计：马精明

责任印制：常天培

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2018年7月第1版第1次印刷

169mm×239mm·10.25印张·4插页·198千字

0001—3000册

标准书号：ISBN 978-7-111-60079-4

定价：45.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线：010-88361066 机工官网：[www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

读者购书热线：010-68326294 机工官博：[weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

010-88379203 金书网：[www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

封面防伪标均为盗版

教育服务网：[www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

# 前 言

## FOREWORD

多轴加工在我国逐渐普及，无论是中华人民共和国教育部、中华人民共和国人力资源和社会保障部，还是有高端冷加工制造技术需求的航空、航天、兵器企业以及大中专院校，都给予了高度重视。

掌握一定的五轴数控程序编制方法及合理的加工工艺，往往能成倍地提高零件切削效率，降低加工时间。虽然目前市场上有关数控加工的书很多，但是大多是学校老师写的理论性教材，针对多轴加工的图书很少，而真正针对数控加工实际问题且容易读懂的图书就更少了。

本书通过多个典型案例讲解了多轴数控加工技术，重点介绍了使用 CAM 软件进行多轴数控编程的方法，以图文并茂、通俗易懂的语言说明了每个零件的加工方法，并结合实际生产中的工艺要求解释了每个参数设定的原因。每个案例都分为图样技术要求及毛坯、图样分析、工艺分析、加工工艺卡片、编写加工程序步骤、加工过程及技术点评等部分进行介绍，使读者能更透彻地理解每个案例的加工方法。

本书适合具有熟练的三轴或四轴数控编程及加工经验，对数控加工工艺知识有所了解，想要学习五轴数控加工编程的读者使用。本书对数控技能大赛五轴数控编程选手也有一定的指导作用。

本书由北京市工贸技师学院的宋力春老师主编，另外参与本书编写的专家还有：宁夏工业学校的何春保老师、广东省城市建设高级技工学校的马兴昭老师、浙江省湖州市长兴技师学院的邱波老师、北京市自动化工程学校的李斌老师、北京工业职业技术学院的杨晓雪教授、北京天极力达技术开发有

限责任公司的朱建民老师。本书的教学资料及模型除编者搜集和制作以外，很多来自数控专家的精心制作，在此表示衷心的感谢。

复杂多轴联动数控程序的编制是各式各样的，没有统一的方法，因人而异、因编程软件而异、因机床而异。本书中综合实例的刀具路径的编制方法不是唯一的，这里是抛砖引玉，读者可以有自己的思路和刀具路径生成方法。

由于编写时间仓促，本书不足之处在所难免，恳请广大读者提出宝贵意见和建议。

编 者

# 目 录

## CONTENTS

### 前 言

<b>第 1 章 光学支架的加工解析</b> .....	1
一、图样技术要求及毛坯 .....	3
二、图样分析 .....	3
三、工艺分析 .....	3
(一) 确定定位基准 .....	4
(二) 加工难点 .....	4
(三) 刀具干涉检查 .....	4
(四) 重点编程功能 .....	4
(五) 工艺方案 .....	4
(六) 确定程序设计思路 .....	4
四、加工工艺卡片 .....	5
五、编写加工程序步骤 .....	5
(一) 导入几何体 .....	5
(二) 创建毛坯 .....	6
(三) 建立工件坐标系 .....	6
(四) 创建加工刀具 .....	7
(五) 创建加工刀具路径 .....	7
(六) 刀具路径仿真 .....	10
(七) 后置处理 .....	11
六、加工过程 .....	12
(一) 准备工作 .....	12
(二) 找正和装夹工件 .....	12
(三) 确定工件坐标系和对刀 .....	13
(四) 加工 .....	13
七、技术点评 .....	13
<b>第 2 章 维纳斯雕像的加工解析</b> .....	15
一、图样技术要求及毛坯 .....	17
二、图样分析 .....	17
三、工艺分析 .....	17

(一) 确定定位基准 .....	17
(二) 加工难点 .....	17
(三) 刀具干涉检查 .....	17
(四) 重点编程功能 .....	17
(五) 工艺方案 .....	18
(六) 确定程序设计思路 .....	18
四、加工工艺卡片 .....	18
五、编写加工程序步骤 .....	19
(一) 导入几何体 .....	19
(二) 创建毛坯 .....	19
(三) 建立工件坐标系 .....	19
(四) 创建加工刀具 .....	19
(五) 创建加工刀具路径 .....	20
(六) 刀具路径仿真 .....	26
(七) 后置处理 .....	26
六、加工过程 .....	27
(一) 准备工作 .....	27
(二) 找正和装夹工件 .....	28
(三) 确定工件坐标系和对刀 .....	28
(四) 加工 .....	28
七、技术点评 .....	29
<b>第3章 大力神杯的加工解析</b> .....	<b>31</b>
一、图样技术要求及毛坯 .....	33
二、图样分析 .....	33
三、工艺分析 .....	33
(一) 确定定位基准 .....	33
(二) 加工难点 .....	33
(三) 刀具干涉检查 .....	34
(四) 重点编程功能 .....	34
(五) 工艺方案 .....	34
(六) 确定程序设计思路 .....	34
四、加工工艺卡片 .....	35
五、编写加工程序步骤 .....	35
(一) 导入几何体 .....	35
(二) 创建毛坯 .....	35
(三) 建立工件坐标系 .....	35
(四) 创建加工刀具 .....	35
(五) 创建加工刀具路径 .....	37

(六) 刀具路径仿真 .....	42
(七) 后置处理 .....	43
六、加工过程 .....	44
(一) 准备工作 .....	44
(二) 找正和装夹工件 .....	44
(三) 确定工件坐标系和对刀 .....	44
(四) 加工 .....	44
七、技术点评 .....	44
<b>第4章 足球展示件的加工解析 .....</b>	<b>47</b>
一、图样技术要求及毛坯 .....	49
二、图样分析 .....	49
三、工艺分析 .....	49
(一) 确定定位基准 .....	49
(二) 加工难点 .....	49
(三) 刀具干涉检查 .....	50
(四) 重点编程功能 .....	50
(五) 工艺方案 .....	50
(六) 确定程序设计思路 .....	50
四、加工工艺卡片 .....	51
五、编写加工程序步骤 .....	51
(一) 导入几何体 .....	51
(二) 创建毛坯 .....	51
(三) 建立工件坐标系 .....	51
(四) 创建加工刀具 .....	53
(五) 创建加工刀具路径 .....	53
(六) 刀具路径仿真 .....	59
(七) 后置处理 .....	60
六、加工过程 .....	61
(一) 准备工作 .....	61
(二) 找正和装夹工件 .....	61
(三) 确定工件坐标系和对刀 .....	61
(四) 加工 .....	61
七、技术点评 .....	61
<b>第5章 叶盘零件的加工解析 .....</b>	<b>63</b>
一、图样技术要求及毛坯 .....	65
二、图样分析 .....	65
三、工艺分析 .....	65
(一) 确定定位基准 .....	65



(二) 加工难点 .....	65
(三) 刀具干涉检查 .....	66
(四) 重点编程功能 .....	66
(五) 工艺方案 .....	66
(六) 确定程序设计思路 .....	66
四、加工工艺卡片 .....	66
五、编写加工程序步骤 .....	66
(一) 导入几何体 .....	67
(二) 创建毛坯 .....	67
(三) 建立工件坐标系 .....	67
(四) 创建加工刀具 .....	67
(五) 创建加工刀具路径 .....	67
(六) 刀具路径仿真 .....	71
(七) 后置处理 .....	71
六、加工过程 .....	72
(一) 准备工作 .....	72
(二) 找正和装夹工件 .....	72
(三) 确定工件坐标系和对刀 .....	73
(四) 加工 .....	73
七、技术点评 .....	73
<b>第 6 章 茶壶的加工解析</b> .....	<b>75</b>
一、图样技术要求及毛坯 .....	77
二、图样分析 .....	78
三、工艺分析 .....	78
(一) 确定定位基准 .....	78
(二) 加工难点 .....	78
(三) 刀具干涉检查 .....	78
(四) 重点编程功能 .....	78
(五) 工艺方案 .....	78
(六) 确定程序设计思路 .....	79
四、加工工艺卡片 .....	79
五、编写加工程序步骤 .....	80
(一) 导入几何体 .....	80
(二) 创建毛坯 .....	81
(三) 建立工件坐标系 .....	82
(四) 创建加工刀具 .....	82
(五) 创建加工刀具路径 .....	83
(六) 刀具路径仿真 .....	89

(七) 后置处理 .....	90
六、加工过程 .....	90
(一) 准备工作 .....	90
(二) 找正和装夹工件 .....	91
(三) 确定工件坐标系和对刀 .....	91
(四) 加工 .....	91
七、技术点评 .....	92
<b>第7章 老寿星像的加工解析</b> .....	<b>93</b>
一、图样技术要求及毛坯 .....	95
二、图样分析 .....	95
三、工艺分析 .....	95
(一) 确定定位基准 .....	95
(二) 加工难点 .....	95
(三) 刀具干涉检查 .....	96
(四) 重点编程功能 .....	96
(五) 工艺方案 .....	96
(六) 确定程序设计思路 .....	96
四、加工工艺卡片 .....	97
五、编写加工程序步骤 .....	97
(一) 导入几何体 .....	97
(二) 创建毛坯 .....	97
(三) 建立工件坐标系 .....	97
(四) 创建加工刀具 .....	97
(五) 创建加工刀具路径 .....	99
(六) 刀具路径仿真 .....	102
(七) 后置处理 .....	102
六、加工过程 .....	103
(一) 准备工作 .....	103
(二) 找正和装夹工件 .....	103
(三) 确定工件坐标系和对刀 .....	103
(四) 加工 .....	103
七、技术点评 .....	104
<b>第8章 奖杯的加工解析</b> .....	<b>105</b>
一、图样技术要求及毛坯 .....	107
二、图样分析 .....	107
三、工艺分析 .....	107
(一) 确定定位基准 .....	107
(二) 加工难点 .....	107

(三) 刀具干涉检查 .....	107
(四) 重点编程功能 .....	108
(五) 工艺方案 .....	108
(六) 确定程序设计思路 .....	108
四、加工工艺卡片 .....	108
五、编写加工程序步骤 .....	109
(一) 导入几何体 .....	109
(二) 创建毛坯 .....	109
(三) 建立工件坐标系 .....	109
(四) 创建加工刀具 .....	109
(五) 创建加工刀具路径 .....	109
(六) 刀具路径仿真 .....	118
(七) 后置处理 .....	119
六、加工过程 .....	119
(一) 准备工作 .....	119
(二) 找正和装夹工件 .....	120
(三) 确定工件坐标系和对刀 .....	120
(四) 加工 .....	121
七、技术点评 .....	121
<b>第9章 人体模型的加工解析 .....</b>	<b>123</b>
一、图样技术要求及毛坯 .....	125
二、图样分析 .....	125
三、工艺分析 .....	126
(一) 确定定位基准 .....	126
(二) 加工难点 .....	126
(三) 刀具干涉检查 .....	126
(四) 重点编程功能 .....	126
(五) 工艺方案 .....	126
(六) 确定程序设计思路 .....	127
四、加工工艺卡片 .....	127
五、编写加工程序步骤 .....	127
(一) 导入几何体 .....	127
(二) 创建毛坯 .....	128
(三) 建立工件坐标系 .....	128
(四) 创建加工刀具 .....	128
(五) 创建加工刀具路径 .....	128
(六) 刀具路径仿真 .....	137
(七) 后置处理 .....	138

六、加工过程 .....	138
(一) 准备工作 .....	138
(二) 找正和装夹工件 .....	138
(三) 确定工件坐标系和对刀 .....	138
(四) 加工 .....	138
七、技术点评 .....	139
附录 .....	140
附录 A 数控技能大赛应试技巧 .....	140
附录 B HEID530 系统后处理程序 .....	145
附录 C 全国数控技能大赛 (2010—2016 年) 五轴试题 .....	153

# 第 1 章

## 光学支架的加工解析





## 一、图样技术要求及毛坯

光学支架 2D 示意图如图 1-1 所示, 光学支架 3D 图如图 1-2 所示。

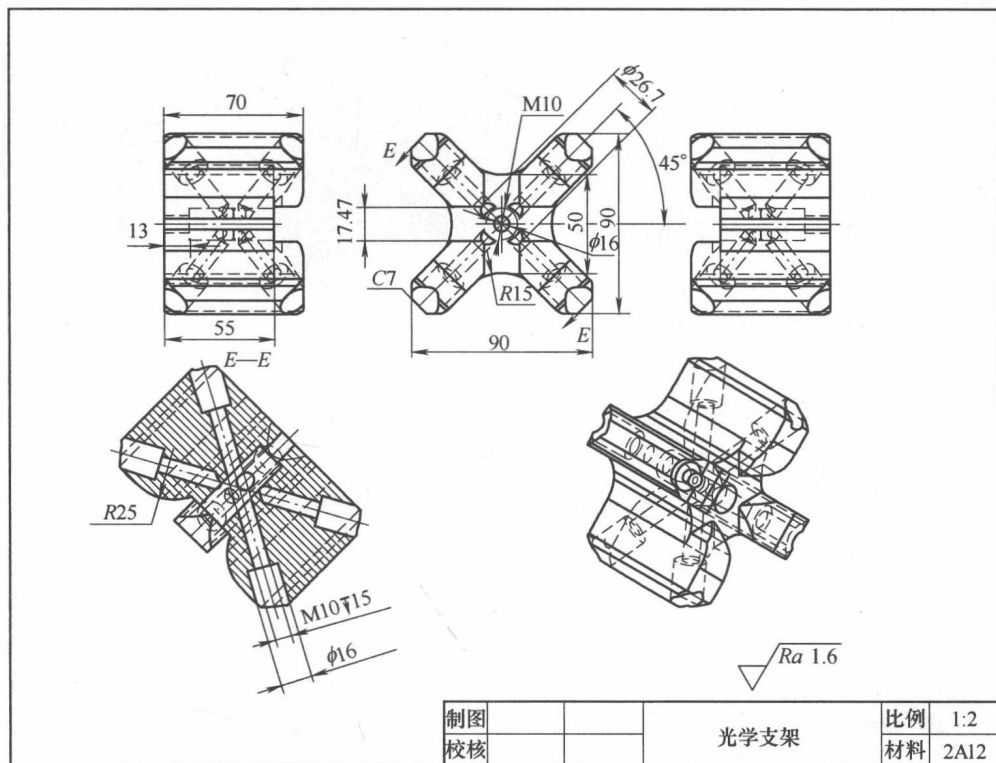


图 1-1 光学支架 2D 示意图

光学支架的毛坯采用  $90\text{mm} \times 90\text{mm} \times 70\text{mm}$  的 2A12 铝合金, 在三轴联动数控机床上加工出外形, 工件外形表面粗糙度值为  $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

## 二、图样分析

在使用上要求光学支架具有整体性好、刚性稳定、安装方便、使用便捷的特点。通过图样分析, 该零件的外形显然在三轴联动数控机床上就可以加工。但为了保证所有孔的几何公差和尺寸精度, 将所有孔安排在五轴数控机床上加工。

## 三、工艺分析

该零件要求体轻, 几何公差精度要求较高, 所以设计时要求在保证使用要求的基础上, 尽量去除余量。为了保证钻孔时的加工精度, 铣削外形时必须保证工件具有较高的平行度、垂直度和尺寸精度。本工件中心有  $M10\sqrt{15}$ 、 $\phi 16\text{mm}$  孔作

为支承作用，八个角有 M10 $\nabla$ 15、 $\phi$ 16mm孔与中心孔侧通，3D 斜孔在五轴上加工效果最好。通过对此零件的分析，确定采用两次装夹、基准统一的加工方法。

#### (一) 确定定位基准

工件坐标系选择在工件的中心顶部，即将 X、Y 选择在工件的中心，将 Z 选择在工件的上端面。

#### (二) 加工难点

- 1) CAM 软件的孔加工编程。
- 2) 侧通孔的加工方法。
- 3) 保证两次装夹基准统一。

#### (三) 刀具干涉检查

定义刀具时，设计好安装的刀柄形状。通过仿真检查刀具是否干涉。

#### (四) 重点编程功能

- 1) 孔特征的设置。
- 2) 刀具路径裁剪。
- 3) 孔加工编程。
- 4) 模拟仿真。

#### (五) 工艺方案

通过 3D 模型的分析，在工艺分析的基础上，从实际出发，制订工艺方案。通过工件的几何形状分析，加工顺序如下。

第一道工序：用中心钻钻中心孔。

第二道工序：用  $\phi$ 6mm 麻花钻粗加工钻孔。

第三道工序：用  $\phi$ 8.5mm 麻花钻钻螺纹底孔。

第四道工序：用  $\phi$ 16mm 铤钻加工  $\phi$ 16mm 台阶孔。

第五道工序：用  $\phi$ 14mm 钻头加工 M10 螺纹孔口倒角。

第六道工序：用 M10 丝锥加工 M10 $\nabla$ 15 螺纹孔。

#### (六) 确定程序设计思路

第一道工序：用中心钻钻孔，确定孔加工位置，引导孔的加工方向。

第二道工序：用  $\phi$ 6mm 麻花钻粗加工钻孔，钻到与中心孔相交。

第三道工序：用  $\phi$ 8.5mm 麻花钻钻 M10 螺纹底孔，钻到与中心孔相交。

第四道工序：用  $\phi$ 16mm 铤钻，加工  $\phi$ 16mm 台阶孔。

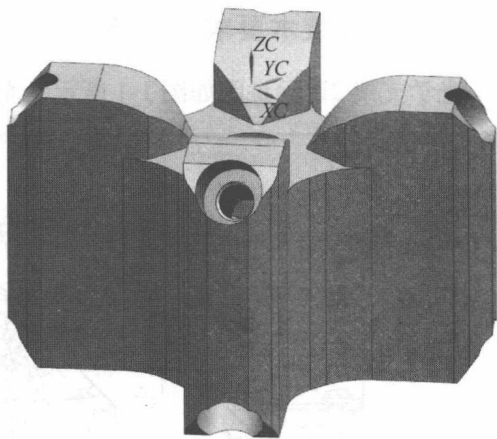


图 1-2 光学支架 3D 图



第五道工序：用  $\phi 14\text{mm}$  钻头加工 M10 螺纹孔口倒角。

第六道工序：用 M10 丝锥加工 M10 $\nabla$ 15 螺纹孔。

#### 四、加工工艺卡片

序号	工步	刀具名称	规格	主轴转速 /(r/min)	进给速度 /(mm/min)	循环类型
1	定心	中心钻	$\phi 3\text{mm}$	1500	100	单次啄孔
2	粗加工钻孔	麻花钻	$\phi 6\text{mm}$	2000	150	啄钻
3	钻螺纹底孔	麻花钻	$\phi 8.5\text{mm}$	600	150	啄钻
4	镗台阶孔	镗钻	$\phi 16\text{mm}$	300	80	啄钻
5	倒角	麻花钻	$\phi 14\text{mm}$	300	80	单次啄孔
6	攻螺纹	丝锥	M10	100	150	刚性攻丝 <sup>①</sup>

① “攻丝”应为“攻螺纹”，为与软件一致，故仍用“攻丝”。

#### 五、编写加工程序步骤

选用 PowerMill 2017 软件来编程。编程的步骤为：先导入 3D 几何体，建立工件坐标系，选择加工刀具，选择加工方法，再进行加工操作，设定好加工工艺参数，最后生成加工刀具路径。

##### （一）导入几何体

导入 3D 几何体到编程软件，如图 1-3 所示。

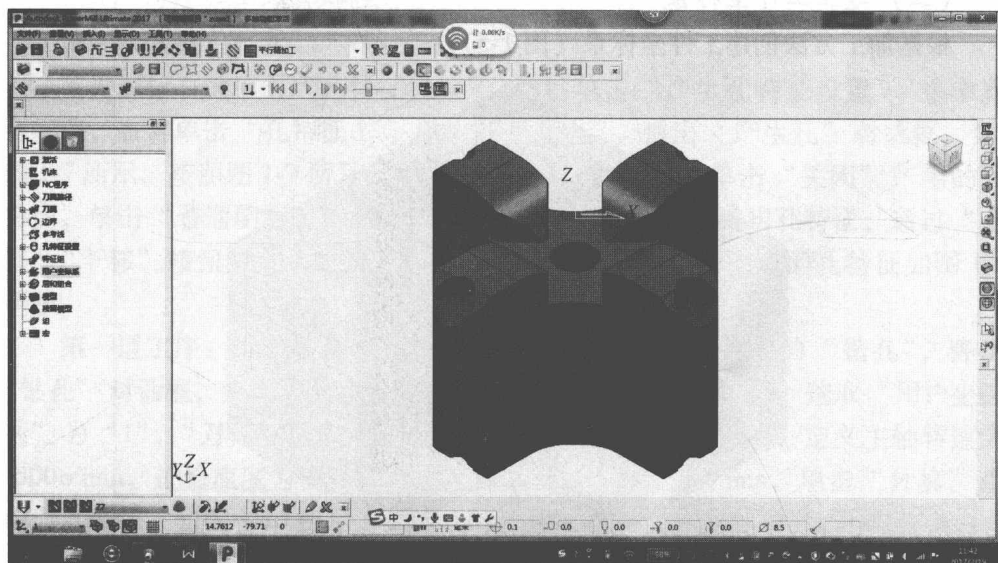


图 1-3 导入 3D 几何体