

2D Cutting Process of Processing and FEM

Abstract

英文摘要 1.5 倍行间距。英文摘要应与中文摘要内容完全相同（1200-1500 字符），字体为 Times New Roman，12 号。

This paper presents a FEM simulation model for the analysis of cutting hardened steels using Polycrystalline Cubic Boron Nitride. The model is built on an adaptive meshing approach and deformation controls to solve the excessive mesh distortion problem due to large plastic deformation during the chip formation process of cutting. In modeling the cutting process, the adaptive meshing technique is employed to address the deficiencies of the traditional FEM model built based on chip separation criterion. This model eliminates the need of the use of the chip separation criterion, but also achieves a more realistic and reasonable chip formation process. In this paper the different tool geometrical parameters' effect upon cutting forces is simulated using commercial FEM code ABAQUS/Explicit. It establishes the emulation of tool cutting process in 2-D orthogonal cutting and plane strain condition, calculates the analytical models and compares the results, achieves a considerable reasonable geometrical parameters and morphological features of chip formation during hardened steel cutting process, which agrees well with the previous experiments. This has a instructional significance in the optimization of tool edge design and helps cutting the cost.

Keywords Cutting simulation; ABAQUS/Explicit; Adaptive meshing technique; 2-D orthogonal cutting

操作：

1. 将论文英文名选中，然后点



2. 点击“章标题（不加入目录内）”



3. 将“Abstract”选中，只需点样式里的“标题”。

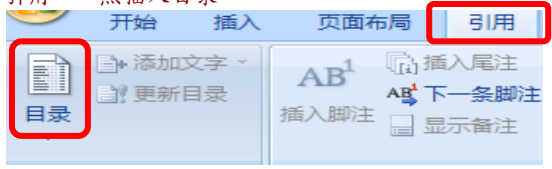
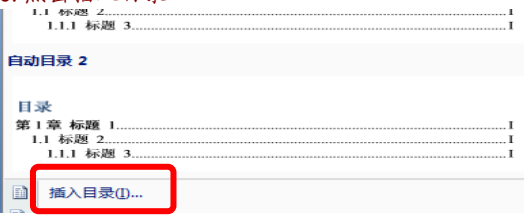
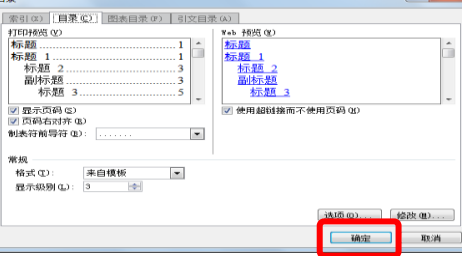
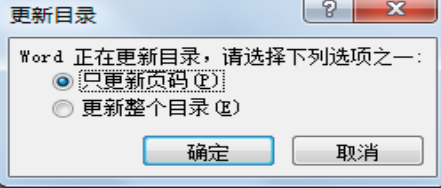
目 录

目录自动生成，采用三级目录，每一级之间有缩进。完成正文全部内容后再生成。

摘 要.....	I
Abstract	II
第 1 章 绪论.....	1
1.1 课题背景.....	1
1.1.1 课题来源.....	1
1.2 课题的研究的背景和意义.....	1
1.2.1 课题的总体内容.....	1
1.2.2 课题叙述.....	1
1.3 超硬刀具材料发展状况.....	1
1.3.1 概述.....	1
1.3.2 超硬刀具材料发展概况.....	2
1.3.3 PCBN 刀具的性能及应用.....	2
1.4 有限元仿真技术发展状况及前景.....	3
1.5 本章小结.....	3
第 2 章 有限元方法简介.....	4
2.1 有限元法分析问题概述.....	4
2.2 平面问题的有限元法.....	4
2.3 本章小结.....	5
第 3 章 ABAQUS 的仿真建模.....	6
3.1 金属切削过程描述.....	6
3.2 ABAQUS 仿真模型的建立.....	6
3.2.1 总体模型.....	6
3.2.2 材料特性.....	6
3.3 本章小结.....	7
第 4 章 ABAQUS 的仿真计算分析与结果比较.....	8
4.1 倒棱角度对切削力的影响.....	8
4.1.1 实验参数.....	8
4.1.2 切削过程的模拟结果.....	8
4.1.3 工件切削区域的应力分布.....	8
4.1.4 切削力影响分析.....	10
4.2 刀具进给速度对切削力的影响.....	10
4.2.1 实验参数.....	10
4.2.2 工件切削区域的应力分布.....	10
4.3 正交切削实验.....	10
4.3.1 实验条件.....	10

4.3.2 正交高速硬态切削实验.....	11
4.4 本章小结.....	12
结论.....	13
参考文献.....	14
致谢.....	16
附录.....	17

操作：目录的自动生成（生成之前先打上“目录”2字，然后点击样式里的“标题”）

1. 引用——点插入目录
 
2. 点目录
3. 点击插入目录
 
4. 点击确定
 
5. 如果生成后页码不正确，则选中目录，点击右键，然后点更新域，选择只更新页码。
 

绪论应是综合评述前人工作，说明论文工作的选题目的和意义，国内外文献综述，以及论文所要研究的内容。

第1章 绪论

标题 1 章标题

1.1 课题背景

标题 2 节标题

1.1.1 课题来源

标题 3 条标题

操作：样式里



单独出现这就是错的

“1.1.1”不能单独出现，最少应有“1.1.2”

本课题来源于国家自然科学基金项目“仿真”。

建议：段落末尾与下一标题之间有一空行（回车）

1.2 课题的研究的背景和意义

正文全部为宋体小四，单倍行距。

21 世纪生产工程的重要内容之一是面向环境清洁的绿色制造技术，……来进一步理解和学习硬态切削技术^[1]。

1.2.1 课题的总体内容

1.2.1.1 概述

标题 4 款标题

运用有限元分析软件 ABAQUS/仿真，通过与实验结果进行相应的分析，确定其正确与否。

这就是错的

注意：各级标题格式中均自带编号，即“第1章”、“1.1”等无需作者输入，仅输入各级标题的名称即可。

所有参考文献在文章中都要对应引用，并按顺序出现，与参考文献目录表相对应，采用上标格式，置于标点符号前，最后一个文字后。

1.2.1.2 内容^[2]

不得将引用文献标示置于各级标题处。

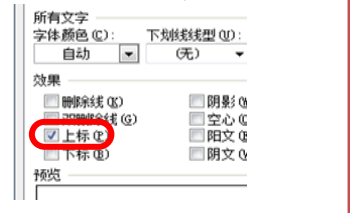
本论文只对金属切削刀具的有限元分析进行初步探索，就切削过程而言，我们也只是以从刀具和工件刚刚接触到剪切角形成这样一个阶段作为主要研究对象，……它已经包含了稳定切削的几乎全部信息^[2]。

1.2.2 课题叙述

有限元理论到现在发展的已比较成熟，就简单的还涉及到弹塑性有限元的有关理论，这里也不作介绍。

操作：上标的设置

1. 先选中“[1]”，右键点字体
2. 选择上标如图，点确定。



1.3 超硬刀具材料发展状况

1.3.1 概述

随着材料工业及精密机械工业的发展，作为使用有限元解决各种工程问题的工程师来说，目前已有大量的有限元软件可供选择和使用。……

正文页码从阿拉伯数字 1 开始

1.3.2 超硬刀具材料发展概况

超硬刀具材料是指天然金刚石及硬度、性能与之相近的人造金刚石。氮化硼（Boron Nitride, 简称 CBN）。由于天然金刚石价格比较高，多采用人造聚晶金刚石（Polycrystalline Diamond, 简称 PCD）、聚晶立方氮化硼（PCBN）以及立方氮化硼陶瓷材料^[6]。超硬材料发展情况见图 1-1^[6]。

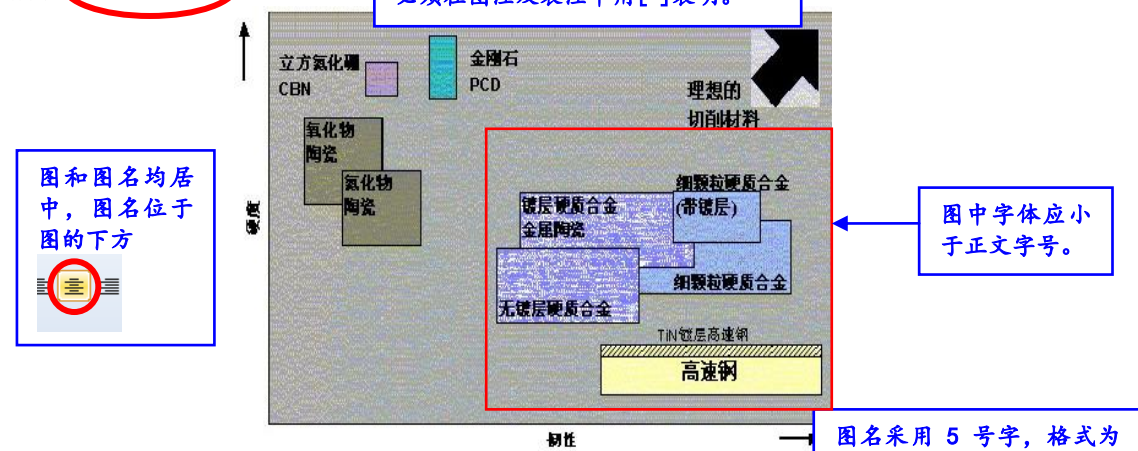


图 1-1 超硬材料发展史

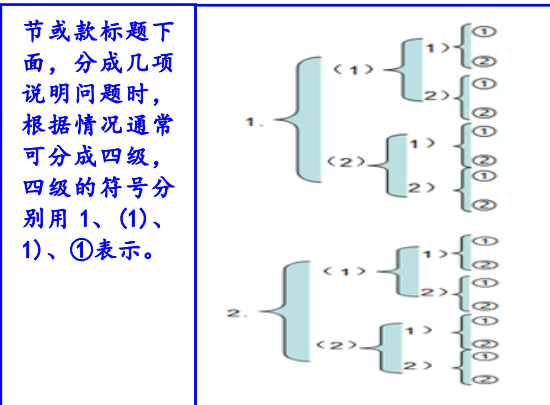
目前，又出现了人工合成大单晶金刚石，以及用 CVD 法（化学气相沉积）法制出的金刚石薄膜涂层和金刚石厚膜等功能性材料，大大拓宽了超硬刀具材料的应用领域^[4]。

至 1997 年我国人造金刚石年产量就已达到 5 亿克拉左右，CBN 年产量达 800 万克拉，跃居世界上超硬材料生产大国之首^[6]。

1.3.3 PCBN 刀具的性能及应用

仿真所使用的刀具材料为 PCBN，PCBN（聚晶立方氮化硼）刀具具有硬度高……

1. PCBN 的组成成分对刀具性能的影响
 - (1) 结合剂对 PCBN 刀具性能的影响
 - 1) ……
 - ①
 - ②
 - 2) ……
 - ①
 - ②
 - 3)



项的序号空两格书写

图和图名均居中，图名位于图的下方

插图之前，文中必须有关于本插图的提示。

论文中凡是摘选参考文献的图及表，必须在图注及表注中用 [] 表明。

图中字体应小于正文字号。

图名采用 5 号字，格式为 1-1 表示第 1 章第 1 个图，依次排序。建议图名和下面文字之间空一行。

- ①
- ②
- (2) CBN 含量对 PCBN 刀具性能的影响：……
- (3) CBN 晶粒尺寸对 PCBN 刀具性能的影响：……

2. PCBN 复合片

PCBN 刀具的制造分为 PCBN 复合片（PCBN/硬质合金）制造（高温高压烧结体）和将复合片进行切割、焊接、刃磨制成各种刀具，其切削部分如图 1-2^[4]所示。

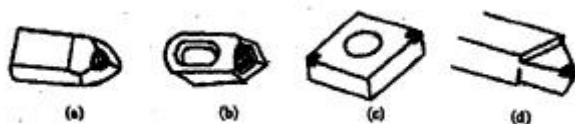


图 1-2 PCBN 刀具切削部分结构形式

3. PCBN 刀具的结构

常见 PCBN 刀具切削部分的结构有以下 4 个种类。

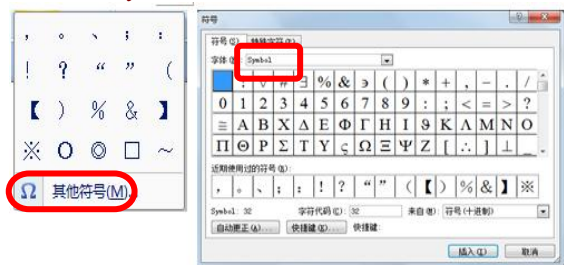
- (1) 将大颗粒 PCBN 烧结块固定于刀具
- (2) 机夹可重磨式复合片刀头……
- (3) 在可转位硬质合金刀片一个角……
- (4) 焊接式 PCBN 刀具结构……

4. PCBN 刀具的应用

PCBN 刀具在使用前有必要用油石轻轻磨平，当采用车削工艺时，事先须用淬火的棒料。国内已有许多单位采用了这种精车工艺加工渗碳淬火（58~63HRC）的 20CrMnTi 棒料，切削速度 $v=150\text{mm/min}$ ， $f=0.1\text{mm/r}$ ， $\alpha_p=0.2\sim 0.3\text{mm}$ ，进给量程达到 9.58km。

操作：符号的位置

- 1. 点插入，然后点“符号”
- 2. 如没找到想要的，点“其他符号”，然后再字体里选择“symbol”



1.4 有限元仿真技术

特殊符号用插入符号，下标的设置参见上标。下标表示不变量为正体，即数字 1、2、字母 a、b 等，当表示变量时用斜体，通常为 i, j, \dots

1973 年美国 Illinois 大学的 B.E.Klameck 取元系统地研究了金属切削加工中切屑(chip)形成的原理。……

1.5 本章小结

正文每章都应有小结。

本章主要介绍了……

字母表示变量时为斜体，不变的量为正体，比如，物理量单位为正体，注意 kW, kN 等，k 为小写，表示千；MPa, P 大写。

第2章 有限元方法简介

每一章都另起一页

2.1 有限元法分析问题概述

以变分原理为理论基础、……分为六个步骤：

1. 结构的离散化
2. 选择位移模式

根据所选定的位移模式，就可以导出用结点位移的关系式，其矩阵形式见式(2-1)^[1]：

$$u_{(i)} = M^{-1}(P_{(i)} - I_{(i)})$$

在此，我们顺便指出：……

3. 分析单元的力学特性 位移模式选定以后特性的分析，包括下面三部分的内容：

(1) 利用几何方程由位移表达式导出用结点位移

$$u_{(i+1/2)} = u_{(i-1/2)} + \frac{\Delta t_{(i+1)} + \Delta t}{2}$$

(2) 利用本构方程，由应变的表达式 (2-2) 导出力的关系见式(2-3)^[2]：

$$\Delta t \leq \min\left(\frac{2}{w_{\max}}, \frac{2}{\lambda_{\max}}\right)$$

式中 w_{\max} 是力学求解控制系统方程的最高频率， λ_{\max} 是热求解控制系统方程的最大特征值。

(3) ABAQUS/Explicit 算法和接触对算法。通用接触算法 (general contact) 允许非常简单的定义接触，对于接触表面的类型的限制很少，

$$\begin{aligned} \theta = & (\partial_2^{-1}\partial_1 - \partial_2^{-1}\partial_3)\phi^2 \sin\theta \cos\theta \cos^2\phi \\ & + (\partial_3^{-1}\partial_1 - \partial_3^{-1}\partial_2)\phi^2 \sin\theta \cos\theta \cos^2\phi \\ & + \partial_3^{-1}\partial_2 - \partial_3^{-1}\partial_2)\phi\phi \cos\theta \sin^2\phi \end{aligned} \quad (2-4)$$

公式在换行排版时，采取与等号对齐的方式。

(4) 结合所有单元的平衡方程，建立整个结构的平衡方程。这个集合过程包括有两个方面的内容：一是将各个单元的刚度矩阵集合成整个物体的整体刚度矩阵；二是将作用于各单元上的外力列阵和单元内力列阵集合成整个物体的外力列阵和内力列阵。最常用的就是……

这就是错的

公式用编辑器输入，编号的方法和图名的编号一致，公式居中，编号右对齐。公式未不加标点，一般只有文中需要引用的或重要的公式才编号。文章中引用公式时，一般用“见式(2-1)”。

操作：公式编号右对齐，在段落中使用

任意一点

(2-1)

元的力学

(2-2)^[2]：

(2-2)

示单元应

(2-3)

把公式手动调到居中。

说明：公式中第一次出现的物理量应进行注释，如上所示。若公式前有“解”、“证”、“假设”等文字时，文字顶格写。

题目层次不宜太多。不论几级标题都不能单独置于页面的最后一行，即标题排版中不能出现孤行。正文的排版中各段也尽可能不出现孤行。

2.2 平面问题的有限元法

3.2.2 材料特性

本次仿真中，切削参数为切深 $a_p=0.1\text{mm}$ ，切削速度 v 和进给 f 尽可能不要出现这种情况

有限元理论到现在发展的已比较成熟，就简单的介绍这些。本试验中还涉及到弹塑性有限元的有关理论，这里也不作介绍。

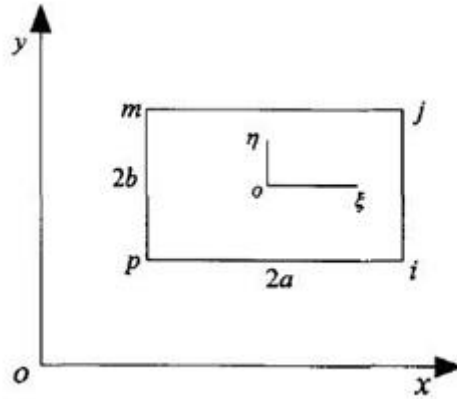
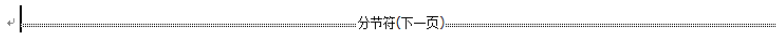


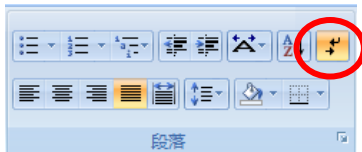
图 2-1 平面矩形

2.3 本章小结

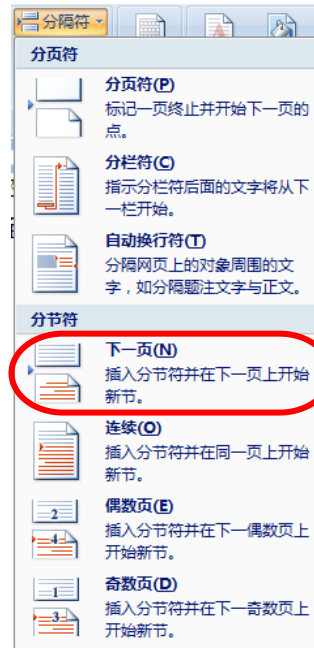
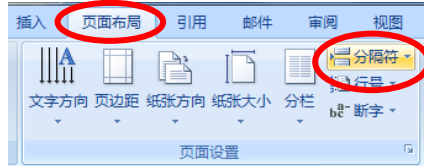
重要提示：套用“论文模板”时，应注意千万不要删掉每章（包括“摘要”、“abstract”及“目录”部分）末尾的“分节符(下一页)”，此符号不会被打印，图标如下：**如不慎删除，会导致整个排版及页码混乱！！**



如果上述图标在你的电脑上未显示，可以点击“段落”里的“显示/隐藏段落标记”：



重新添加方法：在页面布局的“分隔符”下：



第3章 ABAQUS 的仿真建模

3.1 金属切削过程描述

金属切削过程就是在由机床提供必要的运动和动力的条件下，……车刀的一般形状见图 3-1。

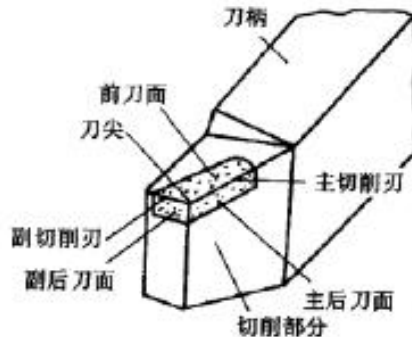


图 3-1 车刀的组成

3.2 ABAQUS 仿真模型的建立

3.2.1 总体模型

图 3-3 是通过采用弹塑性有限元(更新的拉格朗日方法)模拟的切削仿真，模型中创建了三个部件……

对于切削过程中工件切削区域应力分布的研究可以使我们知道导致切屑与工件分离的主要原因。而对不同倒棱角度和进给速度的刀具加工过程的计算模拟也可以分析这些参数在加工过程中对工件的应力分布的影响。下面即本文的工件切削区域的应力（Equivalent Stress）计算结果。

不同切削速度会对工件和刀具的应力产生不同影响，如图 4-5 所示为刀具进给速度分别为 200、300、400 m/min 时工件切削区域的应力（Equivalent Stress）计算结果。

对于这种大的塑性变形问题，应该采用自适应网格技术。随着刀具的进给，正在被加工的部分应该实现网格细化，应用足够细密的网格以保证 ABAQUS 模拟的结果具有足够的精度是非常重要的，粗糙网格可能会使隐式或显式分析产生不准确的结果。

3.2.2 材料特性

本次仿真中，切削参数为切深 $\alpha_p=0.1\text{mm}$ ，切削速度 v 和倒棱角度 γ 见表 3-1。

论文中的表一律不画左右端线，表的设计应简单明了，表格宽度与页面宽度对齐。

表 3-1 仿真参数

项目	刀具切削速度, m/min	刀具倒棱角度 γ , (°)
1	200	5
2	200	10
3	200	15

3.3 本章小结

表格的排序方法与图和公式一致，表格名称位于表格上方，居中。表格中的字和表名字号为5号

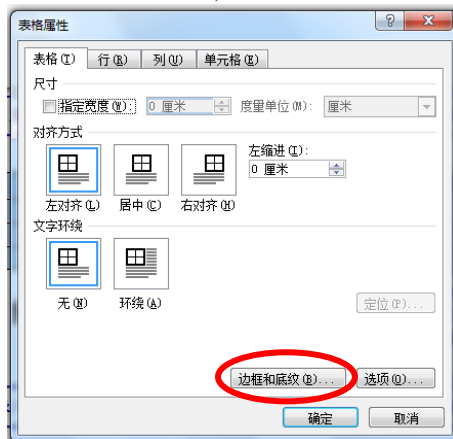
角度单位分秒的符号不处于数字后时，用括号：“(’)”，“(’)”，“(’)。

表中所涉及到的单位一律不加圆括号，用逗号“，”与量值隔开。

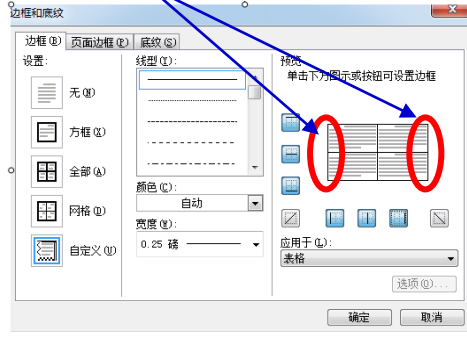
标值的数字尽量不要超过3位数，或小数点以后不多于1个“0”。如用30km代替30000m，用5 μ g代替0.005mg等，并与正文一致。

操作：表格设置

1. 选中表格
2. 点右键，选择“表格属性”
3. 选“边框和底纹”，如图



4. 点击两条竖线，然后点确定。



第4章 ABAQUS 的仿真计算分析与结果比较

4.1 倒棱角度对切削力的影响

4.1.1 实验参数

本次仿真中，切削参数为切深 $\alpha_p=0.1\text{mm}$ 、后角 $\alpha=7^\circ$ ，切削速度 v 和倒棱角度 γ


4.1.2 切削过程的模拟结果

整个仿真过程计算了 6 个模型，在不进行质量放大的情况下平均每个模型大约需要计算 10 个小时左右，下图为其中前角为 10° 的一个模型的仿真过程。

4.1.3 工件切削区域的应力分布

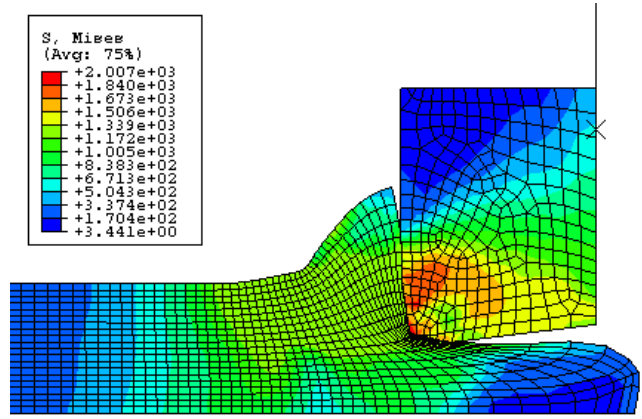
对于切削过程中工件切削区域应力分布的研究可以使我们知道导致切屑与工件分离的主要原因。而对不同倒棱角度和进给速度的刀具加工过程的计算模拟也可以分析这些参数在加工过程中对工件的应力分布的影响。下面即本文的工件切削区域的应力（Equivalent Stress）计算结果。

首先应该知道切削力的来源主要有两个方面，一是切屑形成过程中弹性变形及塑性变形产生的抗力，二是刀具与切屑及工件表面之间的摩擦阻力，克服这两方面的力就构成了切削合力。它作用于前刀面和后刀面上。通常我们将切削力按照空间直角坐标分解为三个相互垂直的切削分力，即切削力、轴向力、和背向力。其中切削力切于加工表面，并于基面垂直；轴向力处于基面内与进给方向相同。

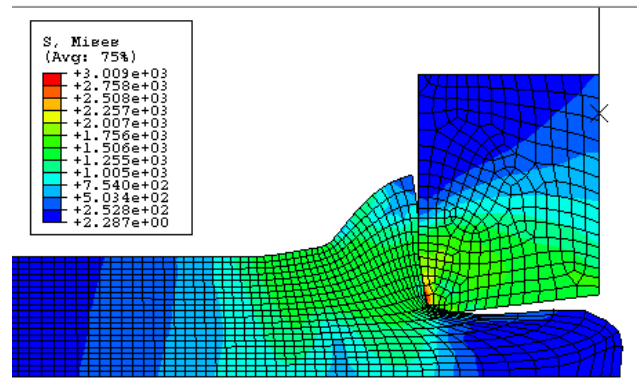


这里的空白
就是错的。

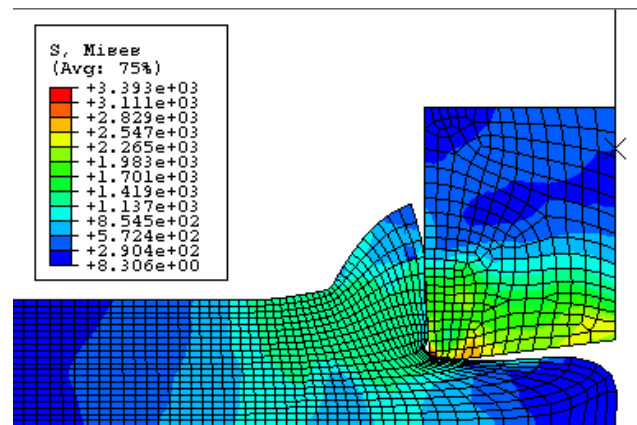
如果这里有图，且图大或多，插图处的该页空白不够排写该图整体时，则可将其后文字部分提前，将图移到次页最前面。（属于同一小节内容的图表尽量与对应的文字靠近。）



(a)



(b)



(c)

图 4-1 倒棱角度 γ 分别为 5° 、 10° 、 15° 时的应力分布情况

当一幅图中有几个小图时，尽可能将它们放在一页上，可以将图后面的文字调整到图前面去，另外图和图名应该放在一页上。

4.1.4 切削力影响分析

如图 4-2、4-3 为以上三组切削状态下（倒棱角度分别为 5° 、 10° 、 15° ）在刚性平板参考点得到的整体切削力的变化曲线。通过历史变量输出求得他们的主切削力，并进行了比较。

4.2 刀具进给速度对切削力的影响

4.2.1 实验参数

本次仿真中，切削参数为切深 $\alpha_p=0.1\text{mm}$ 、后角 $\alpha=7^\circ$ ，刀具进给速度 v 和倒棱角度 γ 见表 4-2，……

4.2.2 工件切削区域的应力分布

不同切削速度会对工件和刀具的应力产生不同影响，如图 4-5 所示为刀具进给速度分别为 200、300、400 m/min 时工件切削区域的应力（Equivalent Stress）计算结果。

4.3 正交切削实验

4.3.1 实验条件

机床为 CA6140，配有变频调速装置，用转速表进行切削速度的检测。

切削力的测量采用瑞士 KISTLER 9257B 型压电式测力仪如图 4-7，输出的电荷信号经配套的电荷放大器（KISTLER-5070A）放大，并转换为直流电压信号，经中泰 PCI-8335A 进行 A/D 转换，实现数据采集，再通过计算机处理、分析，并输出最终测量结果。

4.3.1.1 工件材料

工件材料为 GCr15 淬硬钢，通过热处理得到硬度为 HRC62-64 的试验用料。轴承钢 GCR15（相当于日本的 JIS G4805 SUJ2 钢，及美国的 AISI52100），精炼不锈钢 9Cr18（AISI440），滚动轴承钢 GCr15，GB/T18254—2000（高碳铬轴承钢）。

4.3.1.2 刀具材料

CBN 刀片牌号采用英国 De Beers 公司 AMBORITE 系列 DBA80，CBN 含量 80%中等粒度，刃口形式如图 4-2 所示。

图中坐标标值线朝里；
图中所涉及到的单位一律不加圆括号，用逗号“，”与量值隔开；
标值的数字尽量不超过 3 位数。其他要求比如图名格式等，见 p7 图的设置。

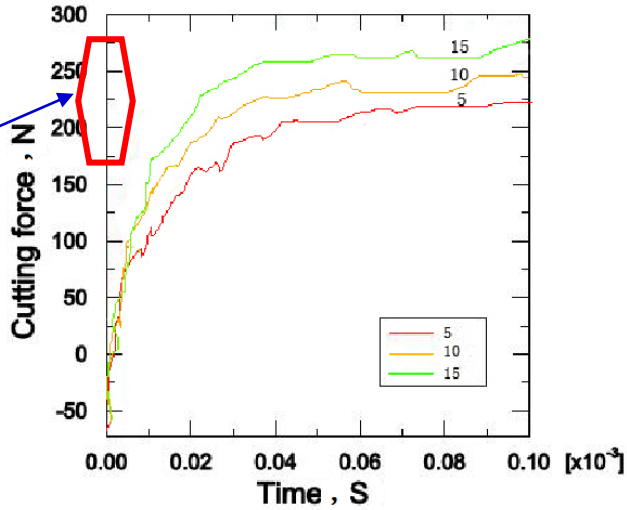


图 4-2 不同倒棱角度 (5°; 10°; 15°) 对切削力的影响

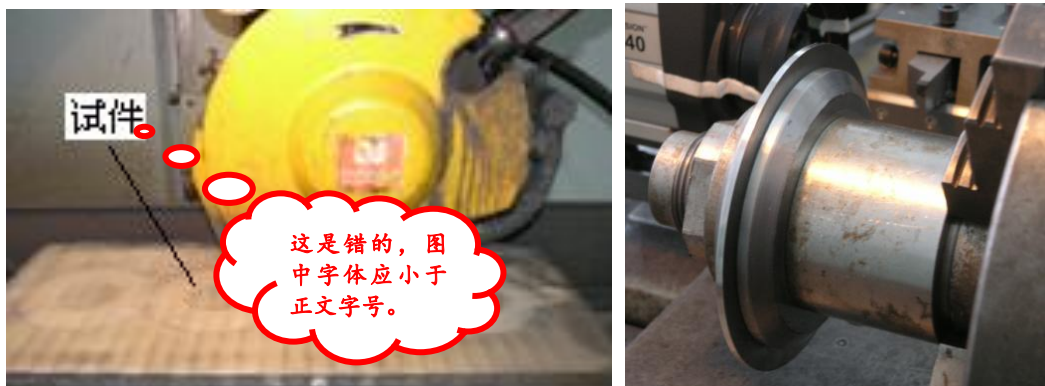
4.3.2 正交高速硬态切削实验

CBN 刀片牌号采用英国 De Beers 公司 AMBORITE 系列 DBA80, CBN 含量 80% 中等粒度, 实验所用材料淬硬钢 GCr15 含碳量 0.95-1.05%, 因此采用 PCBN 刀具在较小切削深度和进给量下进行高速精密硬态切削。对于切削过程中工件切削区域应力分布的研究可以使我们知道导致切屑与工件分离的主要原因。

表 4-2 实验用刀具几何参数

前角	后角	刃倾角	倒棱宽度	倒棱前角
$\gamma_o, (^{\circ})$	$\alpha_o, (^{\circ})$	$\lambda_s, (^{\circ})$	w, mm	$\beta, (^{\circ})$
0	5	0	0.1, 0.2	10, 20, 30

采用正交高速切削的方法, 试件制备如图所示, 薄片厚度为 3-3.2mm, 直径为 $\Phi 130\text{mm}$ 。加工方式如图 4-3 所示。



这是错的

图 4-3 正交高速硬态切削实验

插图与其图题为一个整体，不得拆开排写于两页。

4.3.2.1 刀具几何参数对高速切削力的影响

采用单因素实验方法，选择 PCBN 刀具 DBA80。研究倒棱角度在高速切削状态下对切削力的影响，切削速度 V_c 在 90-200m/min，进给量 $f_0.05\text{mm}$ ，切削宽度为 3.1mm。

1. 倒棱角度对切削力的影响
.....
2. 切削速度对切削力的影响
.....

4.4 本章小结

结论

将“结论”2字选中，然后点击样式里的“标题”

本文通过对切削加工的基本机理的研究，建立了模拟加工过程的有限元模型。工件材料的变形看成为各项同性的热塑性变形，分析过程中考虑了工件机械物理性能对加工的影响。切屑的分离通过自适应网格划分实现并对其加工过程进行了计算模拟，得到了如下一些结果：

1. 对不同倒棱角度进行分析，当倒棱角度在 $5^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 时，得出切削力随倒棱角度增大而增大；对不同切削速度进行分析，当切削速度在 $200\text{m}/\text{min}\sim 400\text{m}/\text{min}$ 时，得出切削力随切削速度增大而减小；

2. 计算结果得到了与实际相符合的切屑变形的结果；

3. 实验和仿真两种方式所得到的结果良好吻合证明了若在参数设置合理和主次分清的情况下，用有限元软件来准确地模拟切削过程是完全可行的，真正达到用虚拟仿真来指导实践的目的。

4. 在有限元建模方面，网络的自适应，局部细分技术在模拟过程中发挥了重要的作用。

在本文结束之际，总结自己所做的工作，受时间和研究水平所限，认为在以下几方面工作还应进一步深入研究：

1. 进一步对 ABAQUS 进行开发与应用，将现有的仿真技术有针对性地与切削试验进行结合，来提高结果的精度。

2. 拓宽有限元模拟内容，实现对工件表面残余应力和刀具磨损的仿真和模拟。

3. 在现有二维分析的基础上，实现对三维切削过程的有限元模拟和仿真。

理工类毕业论文一般为 1.5 万字左右；有独特见解的论文字数不受限制。

结论是整个论文的总结，应以简练的文字说明所做的工作及主要结论，一般不超过两页。

参考文献

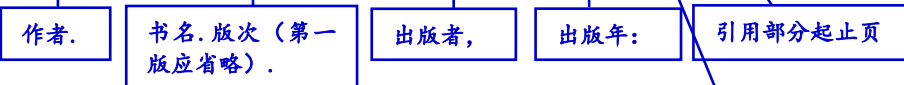
将“参考文献”4字选中，然后点击样式里的“标题”

论文中引用的文献应以近期发表的与论文工作直接有关的文献为主。工程设计型论文参考文献数量不少于10篇，其中外文文献不少于2篇。实验研究、理论研究参考文献数量不少于15篇，其中外文文献不少于3篇。

著作图书文献：

序号和词条间空两个字，不加标点

1 林来兴. 空间控制技术. 宇航出版社, 1992: 25~42



翻译图书文献：

参考文献中所有的“.”为英文全角打出的，“:”和“,”为中文形式打出的。

2 D. Q. McNerny. 简单的逻辑学. 赵明燕 译. 山西教育出版社, 2011: 12~17



操作：英文全角为： 英文半角为：（点击即可切换）

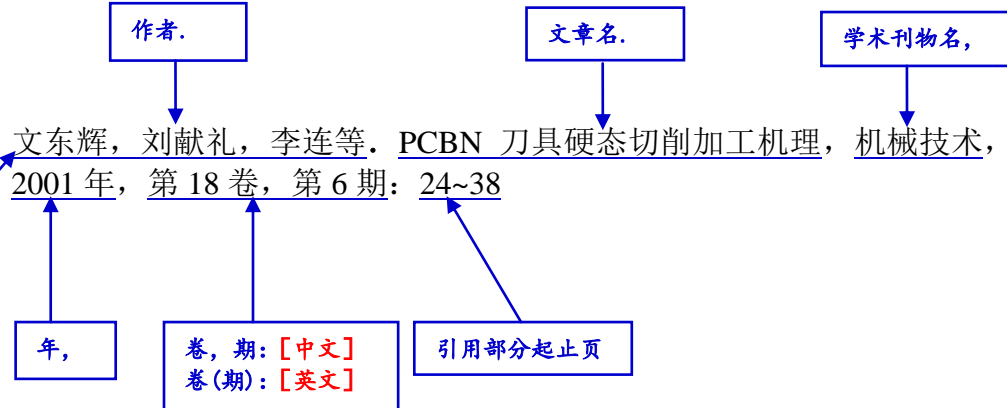


学术刊物文献：

3 J. R. McDonnell, D. Wagen. Evolving Recurrent Perceptions for Time-Series Modeling. IEEE Trans. on Neural Networks, 1994, 5(1): 24~38

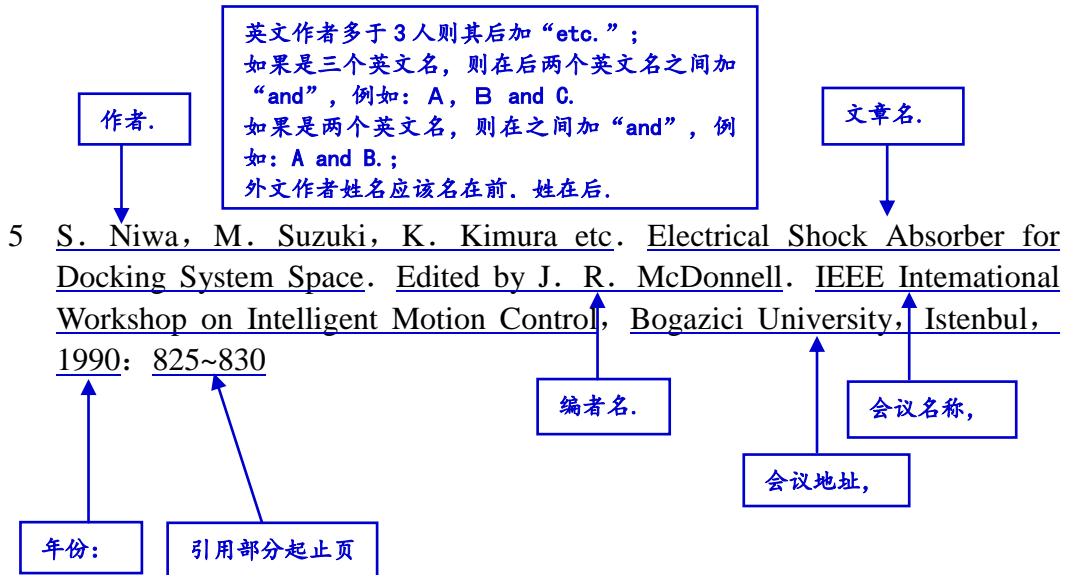
中英文格式完全相同，参照下例：

英文文献表示期的圆括号是在英文半角下打出的，与前面的数字无空格，与后面的“:”空一格。

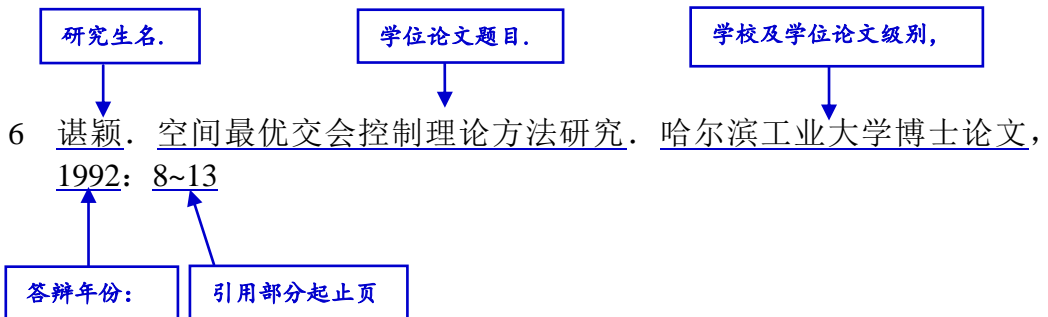


中文作者姓名只列3人，多于3人，则其后加“等”。

学术会议文献：



学位论文类参考文献：



不论何种论文都要将其中一篇外文文献译成中文，不少于 3000 汉字。
英文文献中，标题除第一个词首字母大写外，余为小写。
引用网上参考文献时，应注明该文献的准确网页地址，网上参考文献不包含在规定的文献数量之内。

致谢

将“致谢”2字选中，然后
点击样式里的“标题”

对导师和给予指导或协助完成研究工作的组织和个人表示感谢（与论文工作无直接关系的人不宜列入）。文字要简洁、实事求是，切忌浮夸和庸俗之词。

为期四个月的本科毕业设计即将结束，通过这次有计划、有目的的设计，使我们得到了预期的收获，由最初的束手无策到最后的水落石出，这是一个循序渐进的过程，毕业设计为我们今后的工作和学习奠定了基础。在王宇老师的悉心指导下，我掌握了设计的方法，从接触课题，到熟悉课题，最后完成总体设计等一系列过程，学会了解决问题的方法，对四年所学的知识得到更好的巩固。本文的选题、课题研究及撰写工作是在导师王宇老师的关怀和悉心指导下完成的。王老师严谨治学的态度和踏实求新的学术精神深深的感染了我，在此对导师致以崇高的敬意和衷心的感谢！

此次的毕业设计使我对所学的知识有了进一步的认识，锻炼了自己独立分析问题和解决问题的能力。同时，也暴露了自己的很多不足之处，在设计进行和论文撰写工作中，岳彩旭师兄和胡景姝老师给了我特别大的帮助，虽然他们自己的工作繁忙但依然抽出大量的时间为我解决很多具体问题，在整个方案的选择、模型的建立以及调试修改过程中做了大量的工作，使我能够在较短的时间内更好的掌握 ABAQUS 的原理。在此对他们表示诚挚的谢意！

此外，还要对与我一起做毕业设计的同学们和在毕业设计过程中在生活上和在学习上帮助过我的人表示衷心的感谢。

附录

将“附录”2字选中，然后点击样式里的“标题”。

根据需要可在论文中编排附录，其序号用“附录 A、附录 B”等字样表示。