

# 木材学与木材工艺学原理

## 实体木材

[德] F.F.P. 科尔曼 等著

中国林业出版社

# 木材学与木材工艺学原理

## 实体木材

〔德〕 F. F. P. 科尔曼      著  
〔美〕 W. A. 科泰  
    江良游 朱政贤      译  
    戴澄月 孙建国

中国林业出版社

Principles of Wood Science and Technology

I

Solid Wood

Franz F.P. Kollmann Wilfred A. Côté, Jr.  
Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York  
1968

根据联邦德国施普林格出版社1968年柏林、汉登堡、纽约英文版译出

木材学与木材工艺学原理

实体木材

[德]F.F.P. 科尔曼 著  
[美]W.A. 科泰

江良游 朱政贤 戴澄月 孙建国 译

中国林业出版社出版（北京西城区刘海胡同7号）  
新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 33.75 印张 760 千字  
1991 年 2 月第一版 1991 年 2 月第一次印刷  
印数 1—1,000 册（京）第 033 号 定价 21.50 元  
ISBN 7-5038-0150-6/TB·0035

## 内 容 提 要

本册系〔德〕F. F. P. Kollmann主编《木材学与木材工艺学原理》一书的上册《实体木材》(下册为《人造板》)。该书是素为世界学者所称道的权威著作。

本册共分九章,包括:木材构造及木材细胞壁,木材化学组成,木材缺陷及异常现象,生物因子对木材的损害,木材保存,木材物理性质,木材力学性质及流变学,木材蒸汽处理及干燥,木材机械加工。内容着重理论基础、基本原理,范围深广,丰富全面。对于木材学与木材工艺学科领域和生产部门,具有重要参考价值。

本书可供林业院校师生、工程技术人员以及木材加工生产者参考应用。

## 译者说明

F. F. P. Kollmann与W. A. Côté, Jr. 合著《木材学与木材工艺学原理》上册《实体木材》一书，是一本具有重要参考价值和广为传播的权威专著。该册专就实体木材的构造特征、化学组成、基本特性、影响因素以及加工工艺等作了详细论述。为研究和合理利用木材、发展人造板、综合利用木材，提供了理论基础、基本原理和方法。

本册序言及第2、3、4、5、9章为江良游译；第6章第1、2、3、4节为朱政贤译；第6章第5、6、7节及第1、7章为戴澄月译；第8章为孙建国译。全书由江良游、朱政贤校核、统稿。

本册中的英制计量单位未附国际单位的，请见该书下册《木材学与木材工艺学原理人造板》书末所附的“换算系数”。

本册译稿个别章节曾得到刘聘坚、周塞、吴柳凡等专家的审校，深表谢意！

限于译者的专业知识和文字水平，疏漏之处，在所难免，深望专家、读者批评指正，以便修正。

## 前 言

现代林产品的研究工作五十年以前才开始进行。今天我们正处在将木材科学应用于木材工艺学领域的时代。这种学科是以理论和实践的科学研究为基础,开辟了木材的新用途,莫立了木质人造板(如胶合板、层积木、刨花板、纤维板和夹心板)新工业的基础。

木材工艺学就广义而言包括木材解剖学、生物学、化学、物理学、机械工艺学等学科。由于学科之间的交叉研究,在木材干燥、木材防腐、木材机械加工、木材贴面和胶合,以及木材利用上其它许多工艺方法都取得了很大的进展。

1936年本书主编人发表了名为《木材工艺学》(“Technologie des Holzes”)一书,这是木材工艺学入门的一般参考书。1948年又出版了与H. P. Brown、A. J. Panshin和C. C. Forsaith合编的《木材工艺学教程》(“The Textbook of Wood Technology”)第一卷第一版。到1951年因需要又出版了一本全面修订的《木材工艺学和木材材料学》(“Technologie des Holzes und der Holzwerkstoff”)第二版。这一事实说明该学科领域的发展是如何迅速。1936年出版的那本书只有764页,而第二版增至2233页。同样,木材科学的很多变化也要求A. J. Panshin和C. H. De Zeeuw对他们于1964年所完成的《木材工艺学教程》(“The Textbook of Wood Technology”)加以修订。

尽管上述著作受到广大读者的欢迎,但显然有必要出版一本全新而又简明的木材科学基础书籍。因此,我们着手编著这种卷本,并用英语写出,以便于更为广泛地传播和利用。这一卷本的目的是给用木材作建筑材料或用木材作原材料制造改良木制品的工艺工作者提供现成的参考资料。有一点必须说明:本书编列木材构造基础,而未包括各种木材特征的鉴别及冗长的检索表,否则不能保持简明原则。

本书上册里原先计划有“胶合和胶合剂”一章,后经考虑上册其它各章均为论述“实体木材”,就把这一章删去了,将其列入下册人造板专论中。虽然实体木材也可以通过胶接制成家具和其它产品,但把这一课题放在其它复合材料如胶合板、纤维板、刨花板、夹芯板、层压制品一起,专列一章论述胶合基本原理,可以和下册有关篇章紧密联系。这样编排比较合乎逻辑。

我们希望通过共同努力达到我们的目的,并使本书能对木材科学家有所裨益。

由于得到许多专家的帮助和建议,使我们的艰巨工作大为减轻。其中有Gunter Becker、Ellis B. Cowling、John B. Simeone、Tore E. Timell等教授-博士,仅此

表示衷心谢忱。A. C. Day 先生在准备图片方面给予我们不可估量的帮助，一并致意。

本书主编人愿对 Arno P. Schniewind 教授-博士和 Shaar 教授表示个人的真诚感激。他们审阅了部分打字手稿，并对语言文字提出宝贵的建议。P. Kisseloff 先生普遍查阅有关木材科学的最新出版物，特别是美国木材研究文献，并作了摘要。R. Preisler 小姐勤恳协助整理本书原稿，K. A. Sorg 先生是一位有才能和勤奋工作的编辑助理，统此致谢。

施普林格出版社乐于出版本书，并允许复制《木材原料和材料》(Holz als Roh- und Werkstoff) 杂志各卷中许多图片，我们深表谢意。

德国慕尼黑大学木材和木材工艺研究所

Franz F. P. Kollmann

美国纽约州立大学林学院

Wilfred A. Côté, Jr.

# 目 录

<b>1. 木材构造和木材细胞壁 (Wilfred A.Côté, Jr.)</b> .....	1
1.0 绪言 .....	1
1.1 木材宏观构造 .....	2
1.1.1 细胞的组成 .....	2
1.1.2 木射线 .....	3
1.1.3 木材的切面 .....	3
1.1.4 边材和心材 .....	4
1.1.5 生长轮 .....	4
1.1.6 轴向薄壁组织 .....	5
1.1.7 胞间道 .....	7
1.1.8 其它宏观特征 .....	9
1.2 木材微观构造 .....	9
1.2.1 主要细胞的类型 .....	9
1.2.2 细胞的分类和排列 .....	11
1.2.3 细胞内含物 .....	14
1.2.3.1 侵填体 .....	15
1.2.3.2 结晶体 .....	16
1.2.3.3 油细胞 .....	17
1.2.3.4 树胶和树脂 .....	17
1.3 细胞壁的构造 .....	17
1.3.1 微纤丝 .....	17
1.3.2 一般构造和术语 .....	19
1.3.3 微纤丝的排列方向 .....	20
1.3.4 细胞壁特性 .....	25
1.3.4.1 纹孔构造 .....	25
1.3.4.2 螺旋状加厚 .....	36
1.3.4.3 瘤状构造 .....	36
1.3.4.4 射线管胞齿状加厚 .....	39
1.4 应力木的解剖性质和超微构造 .....	40
1.4.1 应压木 .....	41
1.4.2 应拉木 .....	44
引用文献 .....	49
<b>2. 木材化学组成 (Wilfred A.Côté, Jr.)</b> .....	52



2.0 绪言.....	52
2.1 木材的化学成分及其测定 .....	53
2.2 木材主要成分的特性 .....	55
2.2.1 纤维素 .....	55
2.2.1.1 从木材中分离纤维素 .....	55
2.2.1.2 纤维素的结构 .....	56
2.2.1.3 纤维素的性质 .....	58
2.2.2 半纤维素 .....	58
2.2.2.1 阔叶树材中的半纤维素 .....	58
2.2.2.2 针叶树材中的半纤维素 .....	60
2.2.3 木材中的其它多糖类 .....	62
2.2.4 木质素 .....	63
2.2.4.1 从木材中分离木质素 .....	64
2.2.4.2 木质素的结构 .....	67
2.2.4.3 木质素的性质 .....	67
2.3 木材萃提物 .....	68
2.4 木材中化学成分分布 .....	70
引用文献 .....	73
<b>3. 木材的缺陷和异常现象 (Wilfred A.Côté, Jr.) .....</b>	<b>77</b>
3.0 绪言 .....	77
3.1 天然缺陷 .....	77
3.1.1 节子 .....	77
3.1.2 应力木 .....	78
3.1.2.1 应压木 .....	80
3.1.2.2 应拉木 .....	81
3.1.3 斜纹理 .....	82
3.1.4 畸形原木 .....	83
3.1.5 环裂 .....	83
3.1.6 其它天然缺陷 .....	84
3.2 加工缺陷 .....	86
3.2.1 制材生产缺陷 .....	86
3.2.2 干燥缺陷 .....	88
3.2.2.1 开裂 .....	83
3.2.2.2 翘曲 .....	88
3.2.2.3 表面硬化 .....	89
3.2.2.4 皱缩 .....	90
3.2.2.5 蜂窝裂 .....	91
3.2.2.6 瓦楞纹 .....	91
3.2.2.7 其它干燥缺陷 .....	91
3.2.3 凹凸纹 .....	91
3.2.4 松散纹理 .....	92

引用文献 .....	93
<b>4. 生物因子对木材的损害 (Wilfred A. Côté, Jr.) .....</b>	<b>94</b>
4.0 绪言 .....	94
4.1 引起木材变质的真菌 .....	94
4.1.1 木材败坏菌的特征 .....	95
4.1.1.1 褐腐与白腐的比较 .....	95
4.1.1.2 软腐 .....	100
4.1.2 木材变色菌的特征 .....	101
4.1.3 木材败坏菌和栖息菌的必要生理条件 .....	103
4.1.3.1 温度 .....	103
4.1.3.2 氧 .....	103
4.1.3.3 湿度 .....	104
4.1.3.4 营养 .....	104
4.1.3.5 氢离子浓度 .....	105
4.1.3.6 木材天然耐久性 .....	105
4.1.3.7 木材防腐与真菌生理要求之间的关系 .....	105
4.1.4 木材腐朽的机理 .....	106
4.1.5 腐朽对力学性质的影响 .....	107
4.2 木材蛀虫 .....	107
4.2.1 白蚁 .....	108
4.2.1.1 特征 .....	109
4.2.1.2 防治方法 .....	110
4.2.2 留粉甲虫 .....	111
4.2.2.1 粉蠹科 .....	111
4.2.2.2 食木的窃蠹科甲虫 .....	113
4.2.2.3 天牛科 .....	115
4.2.2.4 长蠹科 .....	117
4.2.2.5 防治措施 .....	117
4.2.3 木工蚁 .....	119
4.2.4 木蜂 .....	120
4.2.5 树蜂科 .....	120
4.3 海中蛀木虫 .....	122
4.3.1 软体类钻木虫 .....	123
4.3.2 甲壳类蛀木虫 .....	124
4.3.3 防止海中蛀木虫危害的保护性措施 .....	126
引用文献 .....	128
<b>5. 木材保存 (Wilfred A. Côté, Jr. ) .....</b>	<b>131</b>
5.0 绪言 .....	131
5.1 概述 .....	131
5.1.1 木材构造对保存处理的影响 .....	132
5.1.2 木材预加工 .....	134

<b>5.2 木材保存处理法</b> .....	135
5.2.1 常压法 .....	135
5.2.1.1 涂刷法或喷射法 .....	135
5.2.1.2 短浸法 .....	136
5.2.1.3 浸泡法和冷浴法 .....	136
5.2.1.4 热煮冷浸法 .....	137
5.2.1.5 扩散法 .....	138
5.2.2 加压法 .....	138
5.2.2.1 充细胞法 .....	139
5.2.2.2 空细胞法 .....	140
5.2.3 其它方法 .....	141
<b>5.3 木材防腐剂</b> .....	141
5.3.1 防腐剂的特性 .....	142
5.3.2 对木腐菌、蛀木虫、海中蛀木虫有毒的防腐材料 .....	142
<b>5.4 滞火处理</b> .....	143
5.4.1 木材可燃性概述 .....	143
5.4.2 热量和强度 .....	145
5.4.3 木材燃烧的温度变化和化学现象 .....	145
5.4.4 滞火剂的特性和效果 .....	146
5.4.4.1 水溶性盐类 .....	147
5.4.4.2 碱金属硅酸盐 .....	148
5.4.4.3 产生泡沫的有机化合物 .....	148
5.4.4.4 其它滞火剂 .....	148
5.4.5 滞火剂的试验 .....	148
<b>5.5 尺寸稳定性</b> .....	149
5.5.1 理论 .....	149
5.5.2 方法 .....	150
<b>引用文献</b> .....	152
<b>6. 木材的物理性质 (Franz F.P.Kollmann)</b> .....	154
<b>6.1 密度与比重</b> .....	154
6.1.1 木材物质与木材组分的密度、孔隙率及比重 .....	154
6.1.2 木材含水率对其密度的影响 .....	158
6.1.3 生材密度 .....	159
6.1.4 密度的变异 .....	161
6.1.5 早材与晚材的密度及其与年轮宽度的关系 .....	166
6.1.6 木材堆及木材废料堆的实体容积 .....	171
<b>6.2 木材与水分的关系</b> .....	173
6.2.1 含水率及其定义 .....	173
6.2.2 含水率的测定 .....	174
6.2.2.1 炉干法 .....	174
6.2.2.2 蒸馏法 .....	174

6.2.2.3	K. Fischer(1935)及Eberius (1952, 1958) 滴定法	176
6.2.2.4	测湿法	176
6.2.2.5	含水率电测计	177
6.2.3	吸附与平衡含水率	181
6.2.4	推荐的木材使用含水率	186
6.2.5	纤维饱和点与木材最大含水率	190
6.2.6	吸附热力学	192
6.2.7	收缩与膨胀	195
6.2.7.1	最大体积收缩和膨胀, 干燥温度的影响	195
6.2.7.2	收缩与膨胀的各向异性	196
6.2.7.3	膨胀分量的叠加作用及受限膨胀	202
6.2.7.4	含水率与有机液体内的膨胀	204
6.2.7.5	木材的尺寸稳定	206
6.3	木材的毛细移动与扩散	207
6.3.0	高于及低于纤维饱和点时木材水分移动概述	207
6.3.1	木材水分的毛细移动	209
6.3.2	木材中水分的扩散	212
6.3.3	木材干燥的扩散问题	212
6.3.3.1	模拟傅里叶导热分析	212
6.3.3.2	干燥时间的近似计算	213
6.3.3.3	Stamm 理论干燥扩散系数	219
6.4	木材浸注的物理现象	222
6.4.1	常压法	222
6.4.2	加压法	223
6.4.2.0	概述	223
6.4.2.1	木材加压处理的理论	223
6.5	木材热学性质	226
6.5.1	热膨胀	226
6.5.2	木材的比热	231
6.5.3	木材的热导率	232
6.5.3.0	概述	232
6.5.3.1	木材的构造和密度、含水率和温度对木材热导率的影响	232
6.5.4	木材的导温系数, 木材加热时的温度变化	236
6.5.5	木材的热辐射	241
6.6	木材电学性质	242
6.6.1	直流电性质: 电阻和电导率	242
6.6.2	木材的交流电性质	247
6.6.2.1	电阻率	247
6.6.2.2	介电常数	248
6.6.2.3	功率因数	251
6.6.3	木材的磁性与木材组分	254
6.6.4	木材的压电性质	255

6.7 木材声学性质 .....	258
6.7.0 概述 .....	258
6.7.1 木材的声音传播 .....	259
6.7.1.1 声速 .....	259
6.7.1.2 声波阻抗、声辐射阻尼和内摩擦 .....	261
6.7.2 建筑声学 .....	264
6.7.2.1 声能 .....	264
6.7.2.2 不同类型建筑物的隔音 .....	265
6.7.2.3 声吸收 .....	267
引用文献 .....	270
7. 木材力学和流变学 (Franz F.P.Kollmann) .....	277
7.1 弹性、塑性和蠕变 .....	277
7.1.1 胡克定律, 弹性模量 .....	277
7.1.2 木材的正交对称性, 弹性系数的规律性 .....	278
7.1.3 泊松比 .....	281
7.1.4 压缩系数(体积模量) .....	283
7.1.5 弹性系数的测定 .....	284
7.1.5.1 静力试验测定 .....	284
7.1.5.2 动态试验测定 .....	285
7.1.6 影响木材弹性性质的因素 .....	286
7.1.6.1 纹理角度 .....	286
7.1.6.2 密度 .....	288
7.1.6.3 含水率 .....	292
7.1.6.4 温度 .....	295
7.1.6.5 木节和缺口 .....	297
7.1.7 塑性和蠕变 .....	298
7.1.7.1 应力-应变特性 .....	298
7.1.7.2 蠕变和蠕变恢复 .....	299
7.1.7.3 流变模型和数学原理 .....	300
7.2 抗拉强度 .....	304
7.2.1 纤维素分子和单根木材纤维的抗拉强度和断裂长度 .....	304
7.2.2 顺纹抗拉强度的测定 .....	306
7.2.3 影响顺纹抗拉强度的因素 .....	307
7.2.3.1 纹理角度 .....	307
7.2.3.2 密度 .....	308
7.2.3.3 含水率 .....	309
7.2.3.4 温度 .....	310
7.2.3.5 节子和缺口 .....	310
7.2.4 横纹抗拉强度和劈裂强度的测定 .....	311
7.2.5 顺纹抗拉疲劳 .....	315
7.3 木柱的最大抗压强度和应力 .....	316
7.3.0 概述 .....	316

7.3.1	顺纹抗压试验 .....	317
7.3.2	横纹抗压试验 .....	320
7.3.3	影响抗压强度的因素 .....	322
7.3.3.1	纹理角度 .....	322
7.3.3.2	密度 .....	322
7.3.3.3	含水率 .....	326
7.3.3.4	温度 .....	329
7.3.3.5	节子和缺口 .....	331
7.3.3.6	化学成分 .....	334
7.3.4	顺纹抗压疲劳 .....	335
7.3.5	实体木材木柱的应力 .....	335
<b>7.4</b>	<b>抗弯强度 (挠折模量) .....</b>	<b>339</b>
7.4.0	概述 .....	339
7.4.1	小木梁中点荷载静力试验 .....	342
7.4.2	影响抗弯强度(挠折模量)的因素 .....	344
7.4.2.1	纹理角度 .....	344
7.4.2.2	密度 .....	345
7.4.2.3	含水率 .....	347
7.4.2.4	温度 .....	348
7.4.2.5	梁的形状和尺寸, 节子和缺口 .....	349
7.4.2.6	弯曲疲劳 .....	354
<b>7.5</b>	<b>冲击强度或韧性 .....</b>	<b>357</b>
7.5.0	概述 .....	357
7.5.1	冲击强度的测定 .....	358
7.5.1.1	单冲击试验 .....	358
7.5.1.2	Hatt-Turner 试验(连续冲击试验) .....	359
7.5.2	冲击试验结果的比较 .....	361
7.5.3	影响冲击强度的因素 .....	362
7.5.3.1	梁的形状、尺寸和缺口[V形缺口试验 (Izod-test)] .....	362
7.5.3.2	纹理角度 .....	363
7.5.3.3	密度 .....	364
7.5.3.4	含水率 .....	366
7.5.3.5	温度 .....	367
7.5.3.6	解剖性质、化学成分和腐朽 .....	369
7.5.3.7	冲击弯曲破坏的类型和现象 .....	370
<b>7.6</b>	<b>扭转性质和抗剪强度 .....</b>	<b>372</b>
7.6.0	概述 .....	372
7.6.1	抗扭强度的测定 .....	372
7.6.2	顺纹抗剪强度的测定 .....	374
<b>7.7</b>	<b>硬度和抗磨性 .....</b>	<b>380</b>
7.7.0	概述 .....	380
7.7.1	硬度试验 .....	381

7.7.2	影响木材硬度的因素 .....	383
7.7.3	抗磨性 .....	386
7.7.4	木材无损试验与木材分等的若干见解 .....	389
	引用文献 .....	391
<b>8.</b>	<b>木材的蒸汽处理与干燥 (Franz F.P.Kollmann) .....</b>	<b>397</b>
8.0	概述 .....	397
8.1	气干 .....	397
8.1.1	生材含水率 .....	397
8.1.2	气干过程 .....	399
8.1.3	板院气干 .....	401
8.1.3.1	锯材板院的布置 .....	401
8.1.3.2	干燥周期 .....	403
8.1.4	快速气干及预干 .....	405
8.1.4.1	强制气干 .....	405
8.1.4.2	利用振摆或离心机的气干法 .....	408
8.1.4.3	太阳能气干 .....	408
8.1.4.4	预干室 .....	409
8.2	蒸汽处理 .....	409
8.2.1	蒸汽处理的目的 .....	409
8.2.2	蒸汽处理方法及其热量消耗 .....	410
8.2.3	蒸汽处理对木材的影响 .....	411
8.3	室干 .....	414
8.3.0	概述 .....	414
8.3.1	主要干燥因子 .....	414
8.3.2	木材室干缺陷 .....	426
8.3.2.0	概述 .....	426
8.3.2.1	变色 .....	426
8.3.2.2	变形(翘曲, 扭曲, 瓦形翘) .....	427
8.3.2.3	表面硬化 .....	427
8.3.2.4	皱缩 .....	428
8.3.3	干燥室的类型及仪表 .....	431
8.4	特种干燥法 .....	434
8.4.1	高温干燥 .....	434
8.4.2	油液沸腾干燥 .....	437
8.4.3	溶剂干燥 .....	438
8.4.4	蒸汽干燥 .....	439
8.4.5	真空干燥 .....	440
8.4.6	化学干燥 .....	441
8.4.7	电热干燥 .....	442
8.4.7.1	利用焦耳热干燥 .....	442
8.4.7.2	高频电介质干燥 .....	442

8.4.8 红外线干燥 .....	443
引用文献 .....	445
<b>9. 木材机械加工 (Franz F.P.Kollmann) .....</b>	<b>449</b>
9.1 绪言 .....	449
9.2 锯解工艺 .....	449
9.2.1 框锯的锯解 .....	449
9.2.1.1 切削速度 .....	449
9.2.1.2 削片厚度和平均阻力 .....	450
9.2.1.3 能量消耗 .....	452
9.2.1.4 锯齿几何形状、齿高和齿距的影响 .....	454
9.2.1.5 锯料的影响 .....	455
9.2.1.6 框锯锯条的应变、应力和热效应 .....	456
9.2.1.7 锯割材面质量 .....	457
9.2.1.8 出材率 .....	458
9.2.2 带锯锯解 .....	459
9.2.2.1 概述和锯条规格 .....	459
9.2.2.2 切削速度和切削阻力 .....	461
9.2.2.3 进料速度的影响 .....	462
9.2.2.4 切削木材的深度和纹理方向的影响 .....	463
9.2.2.5 锯齿的几何形状和齿距的影响 .....	463
9.2.2.6 带锯的张力和稳定性 .....	464
9.2.3 圆锯锯解 .....	464
9.2.3.1 绪言, 锯片几何形状, 运动学 .....	464
9.2.3.2 切削速度对切削阻力的影响 .....	467
9.2.3.3 切削力和切削功率, 进料速率或每齿进料量的影响 .....	468
9.2.3.4 切削比功 .....	471
9.2.3.5 切削木材的深度和纹理方向的影响 .....	472
9.2.3.6 锯片直径和锯片厚度的影响 .....	473
9.2.3.7 锯齿的几何形状和齿距的影响 .....	474
9.2.3.8 削片的形成 .....	479
9.2.3.9 圆锯片的热效应、应力和稳定性 .....	480
9.2.3.10 特殊形式的圆锯片 .....	482
9.2.4 链锯锯解 .....	484
9.2.4.1 绪言 .....	484
9.2.4.2 链锯的类型 .....	485
9.2.4.3 削片形成和功率需要 .....	485
9.3 木材无屑切削法 .....	486
9.3.1 旋切和刨切 .....	486
9.3.2 振动刀具切削 .....	487
9.3.3 高能喷射切削 .....	488
9.3.4 激光切削 .....	490



9.4	基准面刨削、平面刨削、型面铣削和成型铣削工艺	490
9.4.1	概述	490
9.4.2	刀头铣刀的几何图形	491
9.4.3	切削速度和切削力	492
9.4.3.1	切削速度对切削力的影响	492
9.4.3.2	切削圆周的直径、进料速度和刀数的影响	492
9.4.3.3	纹理方向、切削刃的倾角和削片厚度的影响	493
9.4.3.4	树种、含水率和温度的影响	496
9.4.3.5	刀具材料的影响	497
9.4.3.6	切削深度的影响	498
9.4.3.7	刀头上刀刃变钝问题	498
9.4.4	刀具切削中削片的形成	499
9.4.4.1	木材含水率对削片形成的影响	499
9.4.4.2	刀刃几何形状对削片形成的影响	499
9.4.4.3	其他切削因素及其对削片形成和质量的影响	500
9.5	砂光	501
9.5.1	概述	501
9.5.2	磨料	501
9.5.3	砂光工艺	502
9.6	旋切	505
9.6.1	概述	505
9.6.2	影响木材旋切的因素	506
9.6.3	旋切的表面质量	509
9.7	开榫、凿卯和钻孔	509
9.8	实体木材的弯曲	513
9.8.1	概述	513
9.8.2	木材弯曲的应变和应力	513
9.8.3	弯曲前木材的预处理	517
9.8.4	木材弯曲方法和机械	517
9.8.5	曲木的性质	520
9.8.5.1	吸湿性	520
9.8.5.2	力学性质	521
9.9	层积木弯曲	521
	引用文献	523