



精密裁板锯动态特性 的理论分析与实验研究

● 齐英杰 康建营 著 ●

东北林业大学出版社

精密裁板锯动态特性的 理论分析与实验研究

齐英杰 著
康建营

东北林业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

精密裁板锯动态特性的理论分析与实验研究/齐英杰, 康建营著. —哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2006.5

ISBN 7-81076-891-3

I. 精… II. ①齐… ②康… III. 木工机床: 锯床—研究 IV. TS642

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 058333 号

责任编辑: 杨秋华

封面设计: 彭 宇



NEFUP

精密裁板锯动态特性的理论分析与实验研究

Jingmi Caibanju Dongtai Texing De Lilun Fenxi Yu Shiyen Yanjiu

齐英杰 康建营 著

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路 26 号)

东北林业大学印刷厂印装

开本 787×960 1/16 印张 11.75 字数 210 千字

2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月第 1 次印刷

印数 1—1 000 册

ISBN 7-81076-891-3

TH·38 定价: 30.00 元

广告经营许可证: 2301004050028



作者简介

齐英杰，男，1954年10月出生，大学就读于哈尔滨工业大学，硕士研究生、博士研究生就读于东北林业大学。现为国家木工机械质量监督检验中心常务副主任、高级工程师、硕士生导师。主要从事木工机械设计理论、木工机械检测技术、人造板基础理论及中国木工机械待业发展史等方面的研究；已发表学术论文及译文100多篇，参加了7本学术著作的编写工作，主持和参加了12项科研课题的研究工作。



作者简介

康建营,男,1954年6月出生,大学就读于哈尔滨工业大学机械制造工艺及设备自动化专业。现为东北林业大学后勤服务总公司经理,高级工程师。已发表学术论文20多篇,1993年出版了《森林管理工程》一书,1994年获“全国林业技术推广先进工作者”称号,1997年获黑龙江省委、省政府“黑龙江省重大科技效益奖”,1997年获国家科委“第四届全国技术市场金桥奖”集体奖。

前 言

从1927年中国生产出第一台木工机械产品至今已近80年的历史。在此期间,中国的木工机械制造业从无到有、从小到大,逐渐形成了科研、生产、销售、信息和人才培养的完整体系。目前,中国有近千家生产木工机械产品的企业,分布在全国27个省、市、自治区,具有一定规模的有80家左右。中国木工机械行业约有10万名职工,其中工程技术人员约6000人,工业总产值约100亿元人民币,能够向用户提供1200多种产品,能为木材加工行业提供制材、胶合板、细木工板、集成材、纤维板、刨花板、中密度纤维板、刨花模压制品、贴面板、华丽板、保丽板、家具、地板等各种木制品成套设备。

精密裁板锯是各种人造板及实木家具的主要加工设备之一,主要用于对各种板材进行纵剖、横截或成角度的锯切加工,以获得尺寸符合规格的板件;同时还可以用于各种绝缘板、薄铝板或铝型材的锯割,是建筑装潢和车辆、船舶制造业不可缺少的设备。

我国生产精密裁板锯已有20多年的历史,走过了引进、消化、吸收、发展、不断完善的道路。由于在此过程中存在先天不足之处,绝大多数企业都没有进行静态力学的计算和动态力学的分析,没有理论依据,设计出来的产品绝大部分没有进行中试和产品定型鉴定,因此程度不同地存在着这样或那样的缺陷。为了改进所存在的缺陷,设计出性能良好的精密裁板锯,笔者针对这一客观情况,对精密裁板锯结构进行动态分析。针对精密裁板锯的具体结构特点,首次应用振动力学的理论对其主要动态进行理论分析计算,通过分析计算得到了牡丹江木工机械厂生产的MJC1125型精密裁板锯的临界转速和极限转速,从而确认该机主锯片最高额定转速为6000 r/min是合理的、安全可靠的。同时应用弹性力学求解薄板横向振动微分方程的方法,分析计算了主锯片的固有频率(其计算结果与实测值对比后基本相符),提出了精密裁板锯动态特性的测试方法及试验装置,以确保实验数据真实可靠,为有关科技人员进行木工圆盘类锯机动态特性测试提供成熟的测试经验。首次对精密裁板锯动态特性的测试结果进行了分析研究,得到了该机振动量及噪声的分布变化规律;首次应用试验模态分析的理论对精密裁板锯施加激振并同时测量其响应,由此求出各测点的传递函数,最终得到了该机的固有频率、阻尼和振型。

工程技术发展的实践证明,传统的静态设计和经验设计方法已经远远满

足不了现代工程技术发展的需要。在飞机、火箭、车辆、船舶、化工、兵器和各种机床的研究和设计过程中,许多技术问题均与它们的动态特性有关,因为它们处在动态载荷工作环境中,因此必须研究它们的动态特性,预示其动力响应,对它们进行动态分析和动态设计。

本书在编写过程中得到了朱国玺教授、李志仁教授、陈守谦教授、马岩教授的亲切关怀和精心指导,得到了东北林业大学机电工程学院、国家木工机械质量监督检测中心的同志们的大力支持,上海跃通木工机械设备有限公司的姚永和总经理为此书的出版给予了热情的帮助,在此一并表示深深的谢意。

本书适用于林业高等院校相关专业的教师、研究生以及各木工机械制造厂从事精密裁板锯设计的技术人员参考。

限于笔者本人水平,本书错误在所难免,敬请读者指正。

目 录

1 绪 论	(1)
1.1 中国木材加工技术发展概况	(1)
1.1.1 中国上古时期木材加工技术	(1)
1.1.2 中国封建社会时期木材加工技术	(6)
1.1.3 旧中国木材加工的机械化形成	(12)
1.1.4 建国 56 年来中国木工机械行业的形成与发展	(18)
1.2 中国人造板机械制造行业发展概况	(23)
1.2.1 建国前中国人造板工业生产形成概况	(23)
1.2.2 建国后我国的人造板工业发展概况	(28)
1.2.3 中国人造板机械制造行业起步与形成的概况	(33)
1.2.4 改革开放以后中国人造板机械制造行业的发展概况	(41)
1.3 中国木工机械动态性能理论研究的历史回顾	(49)
1.3.1 20 世纪 70~80 年代木工机械动态特性的理论研究概况	(49)
1.3.2 20 世纪 90 年代木工机械动态性能的理论研究概况	(50)
1.3.3 中国木工机械动态性能研究的发展方向	(51)
1.4 木工圆盘类锯机动态性能研究概况	(52)
1.4.1 锯片的振动和稳定性	(53)
1.4.2 锯片稳定性及振动的影响因素	(57)
1.4.3 木工圆盘类锯机动态性能研究中的几个重要问题	(62)
1.4.4 结束语	(63)
1.5 中国精密裁板锯的应用发展概况	(63)
1.5.1 精密裁板锯的用途及发展概况	(63)
1.5.2 精密裁板锯的结构特点	(64)
1.5.3 精密裁板锯的使用操作特点	(66)
1.5.4 精密裁板锯的主要技术参数	(66)
1.5.5 精密裁板锯的设计发展方向	(71)
1.6 研究目的	(71)
2 精密裁板锯动态性能理论研究的一般论述	(74)
2.1 临界转速	(74)
2.2 圆形薄板横向振动理论基础	(77)
2.3 试验模态分析基本理论	(86)

2.3.1	有阻尼系统模态分析理论	(87)
2.3.2	机械系统的频响函数	(88)
2.4	模态分析软件 MODAL3.0 简介	(93)
3	精密裁板锯动态特性的理论分析研究	(94)
3.1	精密裁板锯主锯片极限转速的分析研究	(94)
3.1.1	主锯片材料强度的分析研究	(95)
3.1.2	主锯片锯齿焊缝强度的分析研究	(97)
3.1.3	主锯片临界转速的分析研究	(97)
3.1.4	其他因素对主锯片极限转速的影响	(99)
3.1.5	结束语	(100)
3.2	精密裁板锯主锯片固有频率的分析研究	(101)
3.2.1	理论基础	(101)
3.2.2	主锯片力学模型的建立	(102)
3.2.3	主锯片振动微分方程的建立	(103)
3.2.4	主锯片固有频率特征方程	(105)
3.2.5	主锯片固有频率的理论计算与实测	(107)
3.2.6	结束语	(108)
4	精密裁板锯动态特性测试方法及试验装置	(110)
4.1	试验内容的确定	(110)
4.2	试验方法的确定及测试系统的选择和使用	(111)
4.2.1	试验测试方法的选择	(111)
4.2.2	测试系统的选择和使用	(111)
4.3	测点布置及测试系统的标定	(115)
4.3.1	测点布置	(115)
4.3.2	试验条件、测试及分析系统框图	(116)
4.3.3	测试系统的标定	(118)
5	精密裁板锯动态性能的测试与分析研究	(120)
5.1	精密裁板锯噪声测量与分析研究	(120)
5.1.1	引言	(120)
5.1.2	精密裁板锯的主要噪声源	(121)
5.1.3	被测试机床的主要参数及测试方法	(121)
5.1.4	分析与讨论	(124)
5.1.5	降低精密裁板锯噪声的途径	(124)
5.1.6	结束语	(126)

5.2 精密裁板锯振动量的测试数据及结果分析	(126)
5.2.1 固定工作台和双滚轮式移动滑台工作台台面振动量的 分布特点	(126)
5.2.2 振动测试结果分析	(131)
6 精密裁板锯试验模态分析	(140)
6.1 试验方法及试验装置	(140)
6.1.1 试验方法	(141)
6.1.2 试验设备和试验过程	(145)
6.1.3 信号处理	(146)
6.2 数据结果分析及结论	(147)
6.2.1 数据处理结果分析	(147)
6.2.2 结论	(148)
7 主要结论及今后的工作展望	(171)
参考文献	(173)
致 谢	(177)

1 绪 论

1.1 中国木材加工技术发展概况

1.1.1 中国上古时期木材加工技术

在人类的历史长河中，祖先们为避风遮雨、防禽御兽而寻找天然岩洞权充休憩场所。在当时的条件下，最有力的狩猎武器是木棒和火种。上古时，有巢氏构木为巢；燧人氏钻木取火；神农氏斫木为耜，揉木为耒；黄帝轩辕拔山通道，做宫室，判弓矢，造舟车，广辟木材利用之途。随着生产工具的发展，人类由因崖成室、镂木为巢、挖土为穴，发展到搭棚为舍、垒石为屋、烧砖砌房，构筑较为完整的居住空间，在逐步解决居住条件、狩猎防身的同时，利用石器发明并发展了木材加工技术。根据考古学家贾兰坡对北京周口店猿人生产工具研究后得出的结论，早在 60 万年前的北京猿人就已经用刮削器砍伐树木和修削木材，可以说这就是最原始的木材加工技术。

木材是人类最早应用的资源。在当今四大原材料（钢材、水泥、塑料、木材）中，木材是唯一可以再生的生物木质材料，是一种最具有可持续发展潜力的材料资源，它具有重量轻、强度高、弹性好、纹理美观、保温隔热、隔音、易于加工等多种优越性能，是其他材料所不可比拟的。木材被人们广泛应用于轻工、纺织、煤炭、铁路、交通、建筑、农业等国民经济部门，它与人类的住、行、用都有着密切的关系。人类对它们的加工方式、方法积累了大量的经验，可以说木材加工技术是一门古老而又普及的实用技术。我国古代木材加工技术是随着历史的进程而不断完善和发展的，其发展过程也是继承、发展、改变、完善的过程。无论是淳朴素雅的民间木制品，还是精致华美的宫廷家具；无论是代表劳动人民思想意识和审美理想，还是体现统治阶级骄奢淫逸和夸耀斗富，都闪烁着人民群众的创造才智，渗透着历代能工巧匠的智慧心血，从而折射出人民幸福追求、吉祥愿望、风俗习惯、欣赏情趣和审美意识，反映了某一时代社会物质、生活风尚及艺术特质。

1.1.1.1 史前与奴隶社会时期的木材加工技术

人类大约已有 300 万年的历史，根据目前已知的考古材料证明，其间

99.8%以上的时间都是在漫长的原始社会里度过的。在漫长的历史岁月中,祖先们从艰难地建造穴居和巢居开始,逐步地掌握了营建地面房屋的技术,创造了原始的木架建筑,中国的古代建筑就是以木结构为主发展起来的。建筑的发展是由天然岩洞到穴居、半穴居,然后上升到地面简单的原始木结构建筑物,又逐渐发展为抬梁式(又称梁柱式或叠梁木式)结构建筑(见图1-1)。

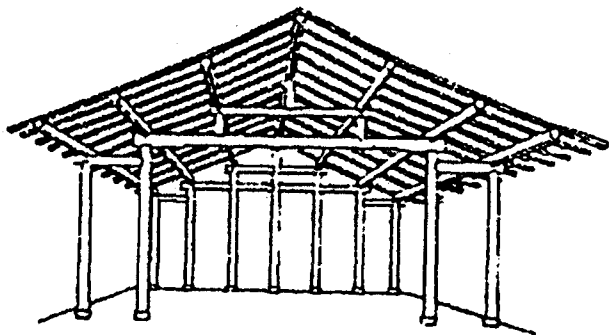


图1-1 抬梁式屋架

公元前的新石器时代,祖先们在劳动中进一步运用、改进石器,制造出比较精细的石斧、石镑、石刀、石铲、石凿和一些骨制工具(主要是将这些工具加以磨光、钻孔、装柄或穿绳,以提高实际用途),使其对木材进行简单的、必要的加工有了可能,开始修造木结构建筑。

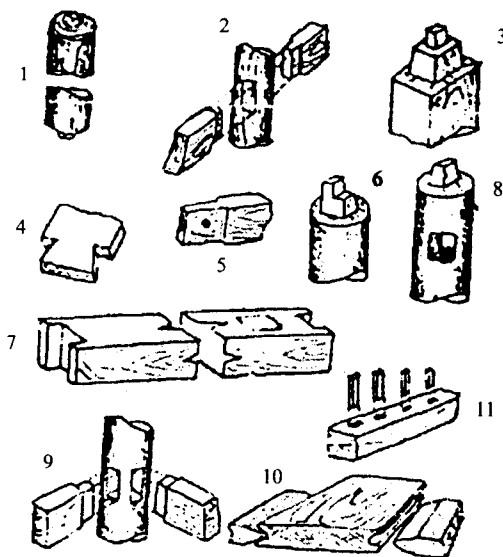
六七千年前,我国广大地区都已进入氏族社会,祖先们结束了长期的原始群的生活方式,开始按血缘关系结成氏族。在陕西省西安市半坡村发现的新石器时代的原始社会村落遗址,其中有许多与浅穴居(半穴居)相结合的地面上的木结构建筑遗迹。浅穴居的室内地坪平均低于室外地坪20~100cm,时代愈晚,深度愈浅。地面上有木柱支撑、草泥覆盖的屋顶以遮风雨。这种原始状态的木结构建筑物稍后都升上地面,且有围护结构。

1973年,在浙江省余姚县罗江乡河姆渡村北发现了古代人类应用木结构榫卯。河姆渡遗址有4个相继叠压的文化层。最早的第四文化层,距今约7000年;最晚的第一文化层,距今约5000年。在这距今7000~5000年的时间里,河姆渡人为我们留下一份极为珍贵的文化遗产。

河姆渡的建筑遗迹,是一种桩柱相结合的“干阑式”木结构长屋,长度在20m以上,进深7m左右。遗物有柱、梁、枋、板等,有的构件还有多处榫卯,还有木板企口,拼接大小梁及各种方、圆形柱,并在木板上刻出图

案花纹，榫卯及图案花纹都是用石器来加工的。这些木结构榫为垂直相交结构，有凸形方榫、圆榫等。榫卯的发明及其在建筑上的应用是河姆渡人的杰出贡献，是建筑技术上的一大奇迹，是木材加工技术的一个飞跃。有了榫卯，后世的穿斗式屋架才能形成，有了穿斗构造，才有可能建造楼房。在世界建筑史上，中国在古典木材加工技术方面做出了巨大贡献。

河姆渡出土带榫卯的木构件主要有如图 1-2 所示的几种类型。这有力地说明，远在石器时代，我们的祖先已经创造了直榫、燕尾榫这些木接合的方法，从而证明我国是世界上最早加工出“燕尾榫”的民族，同时也充分证明当时的建筑结构及木材加工技术已经经历了相当长的发展时期。



1. 柱头和柱脚榫；2. 梁头榫；3. 带梢钉孔的榫；4. 燕尾榫；5. 双凹榫；6. 柱头刀形榫；
7. 双叉榫；8. 柱头透卯；9. 带卯孔的转角立柱；10. 企口板；11. 直榫方木

图 1-2 河姆渡出土构件榫卯类型

公元前 21 世纪时夏朝的建立标志着我国奴隶社会的开端。公元前 16 世纪～公元前 11 世纪建立的商朝是我国奴隶社会的大发展时期。商朝开始了文字记载的历史，从当时的甲骨文记载和考古发掘来看，家具已经出现，并有一定程度的应用。从殷墟遗址的发掘中，不仅有铜工、纺织工、陶瓷工，而且还有石工、骨工、玉工、木工的场所。从当时的甲骨文记载来看，已有皮革、制裘、酿酒、养蚕、缝纫和土木营造等行业。这说明早在殷商时代，

手工业和农业已经分离,并且手工业种类繁多,木材加工技术有所提高,祖先们在生活、居住等方面都使用木器,并赋予一定的装饰性。

西周代表性的遗址是湖北蕲春干阑式建筑,范围大、密度高,遗址留有大量木柱、本板及方木,并有木楼梯残迹。

春秋时代由于铁器和耕牛的使用,使社会生产力有很大提高。贵族们的私田大量出现,奴隶社会的井田制日益崩溃,封建生产关系开始出现,促进了木材加工技术的发展和进步。铁制工具的普遍使用,有力地促进了手工技术的发展。当时,祖先们不但掌握了木材的烘干和施胶等技术,而且在木材加工方面,创造了许多榫卯工艺,从而适应了各种结构的需求。春秋时期漆树栽培得到重视,当时除车辆、乐器、祭器、装奁使用漆饰以外,在家具上也广为应用漆饰。

春秋时期各种工匠以手工业为多。我国有关文献记载了当时手工业的状况。《墨子》载:“凡天下群百工、轮车、鞅、陶冶、梓匠。”梓匠已成独立的工种,梓为落叶乔木,建筑房屋家具多用木材,所以当时称木工为梓匠。《孙奭疏》中说:“梓人成器械以利用,匠人管其宫室以安居。”指出梓人是制造器物者,匠人是建造宫室宗庙者,二者有所区别。

春秋时期最不朽的木匠当首推鲁班,鲁班姓公输,名班,鲁国人。鲁班生于工匠世家,早年主要为鲁国的最高统治者服务,后来到了楚国,结合楚国攻城战的需要,制造“云梯”;又结合楚国水战的需要,制造了水战工具“钩强”。后来,鲁班遇到了哲学家、科学家、反战主和的墨翟(墨子),两人展开了和战辩论,结果鲁班被墨子说服,从此鲁班专门从事民间的建筑工程。鲁班先后发明了许多木工工具,如刨、钻、礞(磨)、锯和铲等,其功绩英名代代相传,至今留有“班门弄斧”的成语。后人称鲁班为中国第一位有名有姓的家具大师,中国土木工匠人的始祖。新中国成立之前北京有一条专卖木器的街,旧名“鲁班馆”;现在上海还有一条“鲁班路”;威海木工机械厂一进大门就立了一尊鲁班塑像;广东有家企业的名称为“鲁班木线设备厂”;有的企业采用的商标为“鲁班”牌。可见鲁班的创造和发明以及对木材加工技术的贡献对后人产生了深远的影响。

春秋时期,木工已运用规矩准绳,以取方圆平直。传说墨子主张“以矩尺量方,以圆规量圆,以绳量直,以悬锤量垂直,以水定平”。墨子也是当时最优秀的手工业匠人,主要制造守城器械,据说技术比鲁班还高。

战国时期,铁制手工业工具逐渐代替了青铜工具,由于铁斧、铁锯、铁钻、铁凿、铁铲、铁刨等工具的应用,因此给木材加工技术的发展提供了极其有利的条件;由于髹漆、彩绘的应用,因此使家具的装饰日趋完美,同时

榫卯也得到了进一步发展,已有燕尾榫、凹凸榫、格肩榫、银榫等,为日后榫卯的发展奠定了基础。河南信阳长台关战国楚墓中出土的雕花木几、金银漆案和彩绘木床等,不仅髹漆、彩绘精致绚丽,而且木工细作技艺高超,案足(兽蹄形)采用以铜代木,将木和金属巧妙地结合,实为开创钢木家具之先河,同时数处采用铜角缔固和装饰,旨在加强榫卯接合强度,这种在负荷加固上采用的方法,影响了近千年的家具工艺。《周礼·考工记》是春秋末期齐国人记录手工业技术的一部重要工艺技术专著,是一部手工业技术规范的总汇。书中将工匠分为木工、金工、皮革工、设色工、刮磨工、陶工6种工艺,而“攻木之工”(木工)又分为7类:

轮人——造车轮和车盖;

舆人——造车厢;

车人——造兵车、乘车和田车;

卢人——造兵器之柄;

匠人——造宗庙、明堂;

弓人——造弓箭;

梓人——造乐器架。

书中详细记载了当时的木材加工技术,提出了“天有时、地有气、工有巧、材有美,合此四者可以为良”的重要论点。这是我国最早的关于工艺制作的专门论述,是我国第一部较完整记述木材加工技术的著作。书中还说“发明器物的人叫做圣人”。大抵战国以前,统治者还重视发明,认为百工之事都是圣人所创造。战国以后,儒家思想占统治地位,历代统治者对于发明创造者一贯歧视,他们把发明创造者叫做卑贱的“匠人”,把科学技术的发明创造视为“雕虫小技”,因而使许多科学发明创造不能得到应有的发展。

1.1.1.2 结束语

从夏起经商、西周达到奴隶社会的鼎盛时期,斧、铤、凿、刀等青铜工具普遍应用,春秋战国时期始向封建社会过渡。在这不到2000年的岁月里,奴隶们和能工巧匠为奴隶主制造了大型宫殿建筑,发明了打夯技术(早期),发明了土坯和瓦件,在建筑总体布局上创造了类似四合院的形式(中期),晚期又在结构上创造了斗拱。这些,对后世的木结构建筑发展以及木材加工技术的发展都有着深远的影响。

欧洲古代的建筑大多数采用砖石材料,而我国古代的建筑从原始社会起,一脉相传,广泛采用木材。像我国这样广泛采用木架结构方式,形成一种独特的风格建筑,在世界上是绝无仅有的。可以说我们的祖先在木结构建筑和木材加工技术方面处于世界领先地位。

1.1.2 中国封建社会时期木材加工技术

中国古代木材加工技术经历了原始社会、奴隶社会和封建社会三个历史时期,其中封建社会是形成我国木材加工技术的主要阶段。在这个历史阶段,我们的祖先创造了人类历史上科学技术的最高成就,完成了具有世界意义的三大发明,出现了以张衡、蔡伦、沈括、宋应星等为代表的一批杰出的科学家,留给后人一大批像《九章算术》、《齐民要术》、《梦溪笔谈》、《天工开物》等传世之作,使我国在科学技术方面处于世界领先地位。

1.1.2.1 秦汉时期的木材加工技术

春秋时期社会生产力发展所引起的变革,到战国时期使地主阶级在许多侯国内相继夺取了政权,宣告了奴隶制时代的结束。从战国时期开始进入了封建社会。从战国初期到秦统一全国的 250 多年的时间里,铁制手工业工具逐渐代替了青铜工具,由于铁斧、铁锯、铁钻、铁凿、铁铲、铁刨等工具的普遍使用,因此木工匠师对木材的加工日益精细,给木材加工技术的发展提供了极其有利的条件。这一时期是我国低型家具重要的形成时期,主要特点是造型古朴、用料粗硕、漆饰单纯、纹饰拙犷,家具的品种、装饰都比以前丰富多样;榫卯得到进一步发展,当时已有燕尾榫、凹凸榫、格肩榫、银榫等,为日后榫卯发展奠定了基础。在建筑上突出的成就是高台建筑的出现。所谓高台建筑,是一种夯土和木结构相结合的建筑形式。这种形式,西汉时期还相当盛行。东汉时期,各地高楼相继兴起,中国木结构高层建筑的体系逐步形成。

秦国原是居住在我国西部的一个部落。经过春秋战国的纵横交战,公元前 221 年,秦始皇统一六国。为巩固国家的统一,秦始皇大力改革政治、经济、文化,统一法令,统一货币,统一度量衡和文字。这种集权的政治制度有能力集中全国的人力、物力与技术成就,大兴土木,构筑都城、宫殿、陵墓以及抵御外寇的长城。秦国于公元前 230 年开始兴建的咸阳新宫,吸取了六国建筑的不同形式特征,是战国以来宫殿建筑的集大成者。公元前 212 年秦始皇又兴建了一组规模更为庞大的建筑群——朝宫,其前殿就是著名的阿房宫。这些宫殿大都采用了高台建筑形式。从秦宫一号遗址出土的情况看,显示出许多建筑遗址,可看出壁柱窝、柱础、门框三种痕迹。其中壁柱为正方形,立柱做成正方形。方形木柱从秦宫出土还是历史上的第一次,在这以前还未出现过方形木柱。楼面采用的木楼板都是用锯锯过的毛面。遗址中还出土了部分金属构件,其中有铜折页、铜铺首、铜门环、铁门轴、铁支座及铁钉。从这些出土文物可以侧面反映当时的木材加工技术。

汉承秦制,汉王朝继续采取巩固和发展封建制度的政策。汉武帝时期是西汉的鼎盛时期,由于人民的辛勤劳动,社会经济和科学技术得到了较快的发展,使中国开始走在当时世界的前列。汉朝既是我国建筑史上的一个繁荣期,也是我国低型家具大发展时期。汉朝除了大规模兴建宫殿、坛庙、陵墓外,贵族官僚的苑囿私园也已出现,它们的兴建兴起共同推动了木材加工技术的发展。木结构建筑到东汉时期已经比较成熟,建筑类型已相当丰富,楼阁、殿堂、回廊、阙楼、仓廩、桥梁等都已出现,并在不同地区出现了不同系统的木结构方法。

汉代的木器制作已相当精良,而且分工较细,有专门机构管理。广州龙生冈东汉墓出土有木桶、木狗、木梳、木瑟、木船等。新疆罗布卓尔汉墓出土有木俎、木杯、木栉等。长沙则出土了雕花板,为传统的精巧木制品。汉代的木器制作技术为后世的发展起到了积极的推动作用。

汉代已有了比较完整的水军体制,拥有各种大小不同的船舰,并已有了三层或四层的高大楼船。史书记载,公元前150年左右,汉武帝在昆明池操练海军,已经造成了能容千人的战船。当时的船舰都是用木材造成的。1974年在广州发掘的秦汉造船工厂遗址表明,当时已能建造宽6~8m、长30m、载重50~60t的木船。到东汉时先后发明了船用的桨、橹、舵(船舵的发明是造船技术上的重要进步,欧洲在1000多年以后才有船舵)。这些都是用木材加工制造的。

秦汉时期,漆器工艺也发展到了高峰,漆器手工业规模和范围更加扩大,中国的漆器和髹漆技术在这一时期先后传到朝鲜、日本、东南亚及中亚、西亚和欧洲,受到世界各国人民的重视和欢迎。

1.1.2.2 三国、两晋、南北朝时期的木材加工技术

公元184年,黄巾大起义瓦解了东汉末期的腐朽政权,形成了魏、蜀、吴三国鼎立的局面。从三国经两晋、南北朝到隋王朝建立的360多年里,中国大部分处于分裂的状态,政权更迭,社会动荡不安,战乱时有发生,对科学技术的发展造成了一定的损失。但这一时期,又是中国历史上南北民族大融合时期,各民族之间的交往促进了文化交流。同时,每当一个新政权建立之初都采取了一定的措施,恢复生产,安定社会,使得在战乱之中曾出现了曹魏建安、西晋太康、北魏太和及南朝“元嘉之治”几次暂时的经济繁荣,为科学的发展争取了暂时有利的环境。

三国、两晋、南北朝时期,佛教传入我国,影响日盛,导致了寺院的大量出现。三国时南京有寺院680处,北魏时洛阳有寺院1000多处,各州郡共有寺院达3万所之多,杜牧的《江南春绝句》“南朝四百八十寺,多少楼