

“十一五”国家科技支撑计划专栏

# 我国高强度结构材加工 利用技术的研究进展

编者按:“十一五”国家科技支撑计划“高强度结构材加工利用技术”课题于2006年全面启动。遵循《国家中长期科学和技术发展规划纲要》的要求,按照我国商品林木木材的资源特征和未来市场的需求,课题组在落叶松木材资源的高效利用技术方面,超前开发和研究了产业共性技术与竞争前技术,并取得了突破性进展。从本期起,本刊将连续报道该项目的系列研究成果,为我国木材工业行业的结构调整和技术升级提供技术支持。

叶克林, 吕建雄, 殷亚方

(中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)

**摘要:** 介绍“十一五”国家科技支撑计划“高强度结构材加工利用技术”课题的立项背景、发展目标与内容以及最新研究进展。开展高强度结构材的加工利用技术研究,旨在按照我国商品林木木材资源特征和未来市场需求,超前开发和研究产业共性技术与竞争前技术,为我国木材工业结构的调整和技术升级提供技术支持。

**关键词:** 规格材; 商品林; 落叶松; 优化加工; 分级技术; 木结构连接技术

中图分类号: TS6; TU531.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2009)01-0004-03

## R & D of Dimension Lumber Processing and Application in China

YE Ke-lin, LU Jian-xiong, YIN Ya-fang

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

**Abstract:** This paper is the first part of the subsequent research reports about the project of “Processing, Evaluation, and Application of Dimension Lumber from Chinese Commercial Wood Species” sponsored by the Chinese National Key Program for Applied Research. This paper reviews the background, objectives, and latest research developments in the area of dimension lumber processing and application in China for the previous years. It also discusses how to develop a necessary and unique processing technology according to the available forest resources and future wood product market needs in China. This discussion will provide guidance and technical support to the Chinese wood industry for its structural reform and technological upgrade.

**Key words:** dimension lumber; commercial forest; larch; processing optimization; grading; connection

2006年,国家科技部全面启动“十一五”国家科技支撑计划“高强度结构材加工利用技术”课题。该课题以《纲要》“农业领域”中的“农林生物质综合利用”优先主题为依据,紧密结合社会主义新农村建

设,以及行业和地方经济发展的要求,通过对商品林落叶松木材资源高效利用技术的突破,拓展商品林木木材资源加工产业链,为发展农村经济、增加农民收入、促进和提高农业的工业化水平开辟新径。

收稿日期: 2008-12-01; 修改日期: 2008-12-15

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD18B07)。

作者简介: 叶克林(1956—),男,中国林科院木材工业研究所所长,研究员。

### 1 高强度结构材加工利用技术的发展背景

我国现代木结构的研究与应用技术开发曾停滞

了20多年,改革开放以后,我国才逐步开始在木结构建筑及材料方面开展了一些研究。近十年来,现代木结构建筑在我国逐渐兴起,来自北美、欧洲、日本和新西兰等不同国家的木材和木结构房屋生产企业,在我国登陆并迅速打开市场。北京、上海和南京等大中城市陆续开发了木结构房屋项目,以满足我国消费者对居住建筑环境多元化的要求,但主要的材料以及关键结构和连接部件,均靠从国外引进。为此,在“十一五”国家科技支撑计划中,将利用国产木材开发木结构加工利用技术列为重点研发课题。

结构材主要包括规格材(dimension lumber)和各种木质复合工程材料。不同于传统的锯材,规格材是按照木结构的需要,加工成一定尺寸的规格化木材。建立规格材加工利用体系,是木材在建筑结构上应用的关键。

长期以来,我国主要采用无缺陷小试样的试验数据,来确定木材的强度设计值<sup>[1]</sup>,这种方法不易准确地评估树木的自然缺陷,如树节等对规格材强度性能所产生的影响<sup>[2]</sup>。只有直接对规格材进行强度分等和测试,才能更准确地反映其强度性能的变异性,测试结果可直接用于木结构的强度设计<sup>[2-4]</sup>。

尽管很多国家都建立了各自的规格材加工利用体系,但由于各国的木材资源结构和类型有明显差异,与其木材资源相适应的加工利用技术亦不同,很难直接适用于我国的商品林木材加工。

因此,发展适合我国主要商品林树种的规格材加工利用技术,提高木材利用率,及建筑结构材加工产业化水平,不但可以促进我国商品林木材在建筑结构中的应用,而且对于发展具有我国自主知识产权的规格材加工技术意义重大,是实现我国木材工业可持续发展的的重要途径。

规格材加工利用技术的研究、开发,必须从基础开始。主要包括:研究规格材的优化加工技术、质量分级技术和产品标准,规格材强度性能测试技术<sup>[2-4]</sup>,可适应工业生产和现场条件下使用的、非破坏性质量控制与性能快速检测技术<sup>[5]</sup>,规格材强度性能评价抽样方法和测试方法,以及连接技术等。

落叶松资源是我国重要的森林战略资源,分布面积广、蓄积量丰富。根据我国第六次森林资源清查的结果<sup>[6]</sup>,落叶松现有分布面积为1 050万hm<sup>2</sup>,蓄积量约为9.2亿m<sup>3</sup>,占我国针叶林资源面积的1/6,及其蓄积量的1/5。同时,与我国东北毗邻的俄罗斯,也拥有丰富的落叶松资源,是我国木材工业的战略性

后备资源。

落叶松树干干形通直,具有木材密度高、强度高以及天然耐腐蚀性好等优点,但也存在纹理扭曲、易裂、加工困难及利用率不高等缺点。与杉木、杨树和桉树等商品林树种相比,落叶松的高效利用技术,特别是用于规格材的加工技术,是我国森林资源加工利用行业面临的主要瓶颈。开发落叶松高强度结构材的高效加工利用技术,对提高我国商品林木材资源综合利用率,以及木材加工的技术水平意义重大。

## 2 高强度结构材加工利用技术的发展目标和内容

### 2.1 发展目标

以我国主要商品林树种落叶松为研究对象,开展优化加工、分级、无损检测、强度测试和木构件连接等多学科交叉的综合性研究,超前研究开发产业共性技术和竞争前技术,显著提升我国商品林木材资源的利用技术水平,为我国木材工业的结构调整和技术升级,提供技术支撑。通过开发落叶松的高强度结构材的高效加工利用技术,提高商品林木材资源的综合利用率,及木材加工产业化水平。

### 2.2 研究内容和技术路线

#### 2.2.1 研究内容

1) 研究规格材产品的优化锯解工艺,开发规格材高效加工及质量控制技术,提高规格材的出材率和利用率;

2) 开发规格材目测分级和机械应力分级方法,建立可用于商业示范的规格材质量分级技术,并提出我国商品林规格材机械应力分级的国家标准草案;

3) 采用振动、超声波和应力波等声学无损评价方法,开发经济、准确的规格材力学性能无损检测技术,提出规格材力学性能无损检测技术的标准草案;

4) 建立规格材强度性能评定的抽样方法和测试方法,确定其强度性能特征值,制定强度性能的静态测试标准,建立规格材力学性能评价的技术体系;

5) 开发适合我国的规格材用金属连接件,确定规格材与金属连接件的连接方法,制定木结构用金属连接件产品的标准草案和技术规范草案。

#### 2.2.2 技术路线

1) 规格材的优化加工技术。针对落叶松生长应力大,在锯解与干燥过程中,容易变形及开裂的特点,按照建筑规范要求,通过优化的制材、干燥、纵剖技术,开发高效加工工艺与规格材的质量控制技术,提高出材率。

2) 规格材产品的分级技术。通过研究和分析落叶松木材资源、主要缺陷类型和程度、机械应力分级定级方法和目测分级定级方法,以及2种分级方法的差异和相互关系,确定与机械应力分级方法相适应和配套的目测分级方法。

3) 规格材性能的无损检测技术。既要实现对规格材性能指标经济、准确地控制,还应能够满足现场复杂条件下,快速检测的各项要求。

4) 规格材强度性能的评价技术。建立合理的抽样方法和测试方法,及规格材强度的特征值。

5) 规格材新型连接装配技术。通过研究规格材与金属连接的特征,合理选择、设计金属连接件,提高规格材的连接强度。

### 3 高强度结构材加工利用技术研究工作的进展

课题实施2年多以来,在高强度结构材加工利用技术方面,取得了如下进展。

1) 资料采集。包括ASTM、CAN、ISO、EN/BS、AS/NZ和GB系列标准在内,目前,共收集和整理国外规格材锯解、目测和机械应力分级、无损检测、强度性能测试,以及金属连接方面的标准规范和技术资料共110份(套);基本完成了规格材锯解、干燥、应力分级、无损检测、强度测试及规格材金属连接测试仪和设备的改造与调试。

2) 试材采集。统一制定了试材采集方案。首先,调查了商品林落叶松的资源 and 径级分布情况、年采伐量情况;确定了2个试材采集地点和450 m<sup>3</sup>落叶松原木试材的采集方案。

前期采集落叶松原木13.4 m<sup>3</sup>,采用毛板下锯法和四面下锯法,完成了落叶松木材3种尺寸(40 mm×65 mm、40 mm×90 mm、40 mm×140 mm)规格材优化加工的预备试验,为后期大规模优化加工研究做准备。

已完成2200根原木试材(约390 m<sup>3</sup>)的采集、运输和主要缺陷的现场测量;完成了其中280 m<sup>2</sup>原木试材的3种尺寸规格材的优化加工研究,比较了SDR(锯解-干燥-纵剖)技术与四面下锯法,对规格材质量及出材率的影响。结果表明,对直径<20 cm的原木,采用SDR技术时,规格材的出材率较四面下锯法高;直径>20 cm的原木则宜采用四面下锯法。

3) 锯材分级。按照GB 2005-2003《木结构设计规范》对落叶松规格材目测分等的要求,研究了各等级木材的最大降等缺陷,比较并分析了规格材破坏位

置与各目测降等缺陷特征之间的关系,初步建立了各目测等级的强度特征值之间的关系。

4) 强度测定。采用纵向基频振动、超声波和应力波3种声学无损检测方法,分别测量原木和规格材的动态弹性模量,初步建立落叶松原木及其规格材的动态弹性性能与静态强度性能之间的关系。

根据ASTM D 4761《规格材和木基结构用材力学性能测试方法标准》的要求,测试了落叶松规格材的静态弹性模量(MOE)、抗弯强度(MOR)、抗拉强度(UTS)和抗压强度(UCS)4项指标,并利用非参数法,计算得到I c、II c、III c和IV c等级规格材的不同强度特征值(5%分位值)。

5) 连接件性能评价。开展了木结构专用钉的性能、齿板接合结点的齿极限承载力测试,研究了落叶松规格材与金属连接件的连接强度;并通过比较连接强度的测试值与设计值的差异,提出国内外木结构设计值表达方式的差异。

6) 标准制定。在研究开发基础上,已完成国家标准《机械应力分等锯材》征求意见稿,正在编制《结构用木质材料力学性质试验方法》、《木材与木质产品螺栓连接试验方法》和《横向振动无损评价木质弯曲构件的试验方法》等行业标准草案。

### 4 结语

开发我国商品林高强度结构材加工利用技术,对于提高商品林木材的附加值,加快实现我国建筑结构材国产化,提高我国商品林木材加工技术水平,以及促进木材加工技术的升级换代,具有重要意义。

课题在实施过程中,以商品林树种落叶松为研究对象,着重从规格材优化加工、分级、无损检测、强度测试和木构件连接等5个方面,超前研究、开发高强度结构材的加工利用技术。相关的研究内容将在专栏内另文陆续报道。

### 参考文献:

- [1] GB 1927~43-1991,木材物理力学性质试验方法[S].
- [2] Annual Book of ASTM Standards 2002, American Society for testing and Materials[S].
- [3] GB 50329-2003,木结构设计规范[S].
- [4] GB 50329-2002,木结构试验方法标准[S].
- [5] Sandoz Jean Luc, 殷亚方, Benoit Y, 等. 木材声学-超声波分检测技术及工业应用[J]. 木材工业, 2007, 21(6): 27-30.
- [6] 雷加富. 中国森林资源[M]. 北京: 中国林业出版社, 2005.

(责任编辑 姜征、张一萍)