

基于先进制造技术的仿古木结构凉亭设计和加工

董春雷¹, 郑志锋¹, 杨冬杰¹, 刘向飞², 周德权³

(1. 西南林业大学 材料工程学院, 云南昆明 650224; 2. 威力(烟台)木业技术有限公司, 山东烟台 264006;

3. 安徽金色田园木别墅制造有限公司, 安徽滁州 239500)

摘要: 受限于设计理念和加工方法及加工设备智能化和通用化程度, 我国仿古木结构建筑仍遵循传统设计方法并以手工制作为主, 影响了这类建筑规模化工业生产和推广。本文借助先进制造技术理念及相应的技术措施, 以仿古四角凉亭的设计和制造为例, 进行了传统仿古木结构建筑在材料、设计和制造方面的实践和探索。

关键词: 仿古木结构建筑; 设计; 先进制造技术

中图分类号: TS6; TU366.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654 (2016) 05-0027-04

Designing and Manufacturing of Archaized Wood Pavilions with Advanced Manufacturing Technology

DONG Chun-lei¹, ZHENG Zhi-feng¹, YANY Dong-jie¹, LIU Xiang-fei², ZHOU De-quan³

(1. School of Materials and Engineering, Southwest Forestry University, Kunming 650224, Yunnan, China;

2. Weinig (YANTAI) Woodworking Technology CO., LTD., Yantai 264006, Shandong, China;

3. Golden Pastoral Wood Villa Manufacturing CO., LTD., Chuzhou 239500, Anhui, China)

Abstract: Due to limits of designing concepts, processing techniques and intelligent/universalized equipments, archaic wood buildings in China are still designed with traditional methods and mostly manufactured by hand. Taking a four corner archaized pavilion as example, solutions for designing and manufacturing archaized wood buildings with advanced manufacturing technology were introduced

Key words: archaized wood building; design; advanced manufacturing technology

凉亭作为园林景观小品, 不但可供避雨休息, 也是点缀园林空间、烘托园林观赏主体的关键造景元素, 还是中华诗词文化传承的载体, 是文人墨客赋词泼墨、抒发情感的场所。因此, 园林造景一直遵循“无亭不园”、“江山无限景, 都取一亭中”的不成文规制。

但有别于普通木结构建筑, 仿古凉亭需要考虑

传统古亭的规制、审美习惯和加工、安装等技术要点, 迄今为止, 仿古凉亭设计、制造和安装, 绝大多数仍需依靠民间古建匠人的手工完成, 大大限制了其在园林景观建造中的推广和应用, 也导致了很多人景区的钢筋混凝土仿古凉亭大行其道^[1-2]。不仅与国家发展绿色环保旅游设施的政策相背离, 也大大降低了景区的文化品位。

进入新世纪以来, 特别是在全球信息化浪潮的推动下, 拥有全新理念的各种木制品设计软件和加工装备层出不穷, 从根本上解决了传统加工设备, 甚至传统数控加工中心, 因与设计软件严重脱节而可加工木构件的种类有限、且加工精度不可调等不

收稿日期: 2016-04-21; 修改日期: 2016-08-15

基金项目: 云南省教育厅科学研究基金项目“自然环境下木质工程材料静曲弹性模量的数理建模及工程化应用”(2015Y291)。

作者简介: 董春雷(1979—), 男, 西南林业大学材料工程学院实验师, 博士。

足,使传统古建的设计和制造跨入智能加工时代。

为此,笔者等基于先进制造技术,进行了四角仿古凉亭的设计、加工实践,以期为我国仿古木结构建筑的工业化设计和制造提供参考。

1 仿古凉亭设计制造面临的问题

1.1 设计

我国古代木结构建筑造型虽然美观别致,但形制却很繁复,且构件种类繁多。对于建筑物的设计表达多为文言文描述和造型草图,没有标准的工程图纸,对建筑细节的表现,也缺乏系统和科学的规定。当时很多木结构建筑设计体现的是设计人员的个性发挥,忽略了设计语言和方法的科学传承,造成了我国绝大多数的古木建筑“风格迥异,复制困难”,设计方法和技巧仍延续口口相传、师传徒的古老方式,对后世木结构建筑的传承和发展,造成了极大的不便。

流传至今的木结构设计名著,如《营造法式》、《鲁班经》和清工部《工程做法则例》中,虽附有绝大多数设计图纸,但均非按现代设计人员所熟识的标准制图规则和标注方法绘制,所用的尺寸非现代的公制,给仿制和重新设计工作带来困难^[2]。

1.2 原材料

我国古代木结构建筑绝大多数都是梁柱、榫卯结合式的建筑结构,需要耗费大量大径级、质地坚硬、通直且无明显缺陷的优质天然木材,以满足其承重、开榫头和榫眼的加工要求。

然而,目前世界上绝大多数国家使用的木材来源于人工林,普遍存在木材质地松软、径级偏小的缺点,无法满足仿古木结构建筑用材的需求,客观上也造成了我国仿古木结构建筑无材可用的窘境。

1.3 加工制造

目前,我国仿古木结构建筑的加工制造仍以手工辅以部分简易加工机械制作为主,加工精度一般得不到保证,尺寸偏差大,极易造成装配难度加大等问题。另外,由于仿古木结构建筑构件多、形状复杂,对加工人员的制作经验和操作熟练度也是一个极大的考验。

近几年来发展迅速的数控加工中心,虽在加工精度和效率方面有了长足进展,但这些设备多数缺

少先进的硬件标准和通讯协议,与其配套的专业设计软件大多是基于不同程序语言,导致其通用性和可移植性受限。在实际生产过程中,常常需要将事先设计好的CAD图纸进行一定的转换或部分修改,才能与设备对接加工,客观上限制了这类先进设备优势的发挥。

2 应用先进制造技术设计和制造仿古木结构凉亭

2.1 设计

工业4.0的一个显著特点是,打破了传统产品设计部门和生产部门间的界限,使产品在设计阶段即可充分地生产和安装阶段直接进行对接^[3]。

在四角仿古凉亭的设计阶段,除构思设计过程主要依靠设计人员外,制图方法、绘图效果及出图种类,均与传统设计有很大区别。

1) 制图方法和绘图效果

不再需按传统计算机辅助制图软件(如CAD)中,将零部件图和装配图分开绘制,具备工业4.0特性的设计软件仅需制图人员按从下往上(从凉亭的基座至宝顶)或从上往下(从凉亭的宝顶至基座)逐级依次绘制即可^[4]。

整个凉亭设计图绘制完成后,单个构件的拆解图和各构件间的装配图,均可按需显示或打印出图;并且在制图过程中,可直接三维绘图(图1a)和显示材质效果(图1b),解决了传统三维构件在二维绘图环境下表现困难的难题。

2) 可出图形种类

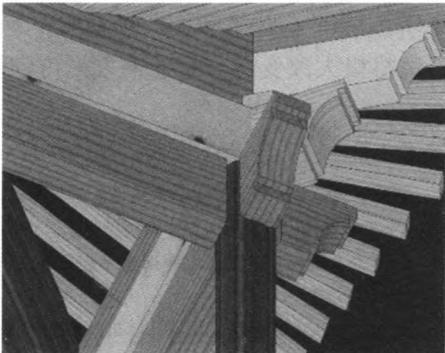
相比于传统制图软件,具备工业4.0特性的设计软件可以按需生成总体效果图(图1a),也可以再经3D渲染软件,生成最终展示(图1c)和装配图(图2)。

此外,还可直接生成加工对象的总物料单(图3)和加工对象中每个构件的加工设备参数(图4),为后续被加工对象的物料准备、加工和安装,提供详尽的参数。

由此可见,具有工业4.0特点的仿古凉亭,在设计阶段即已将成品效果图、部件装配图、物料清单和加工参数等传统设计步骤集成,大幅减少甚至免除了后续繁复的人工备料、制造工艺安排和设备安排等生产准备工作,大大加速了设计的进程。



a 凉厅的整体三维绘制



b 构件的实时材质显示



c 凉厅的三维效果图

图 1 凉厅的整体三维绘制、实时材质和效果

Fig.1 3D drawing, True texture and 3D rendering picture of a whole pavilion

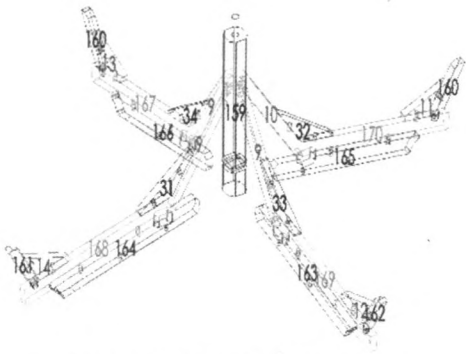


图 2 仿古凉亭的零部件装配图

Fig.2 Assembly drawings of the pavilion

CADWORK List (15.8.15Liangting.lstm) Production list

No. production list	Name	Material	Quantity	Real width [mm]	Real height [mm]	Real Length [mm]	Total real length [mm]	Total volume real [m3]
145	18 Block3	Douglas fir	1	120.0	151.6	586.8	586.8	0.004
146	19 Block3	Douglas fir	1	120.0	151.6	586.8	586.8	0.004
147	20 Block3	Douglas fir	1	120.0	151.6	586.8	586.8	0.004
148	21 Block3	Douglas fir	1	120.0	158.1	1132.7	1132.7	0.017
149	22 Block3	Douglas fir	1	120.0	158.1	1132.7	1132.7	0.017
150	23 Block3	Douglas fir	1	120.0	158.1	1132.8	1132.8	0.017
151	24 Block3	Douglas fir	1	120.0	158.1	1132.8	1132.8	0.017
152	25 Block3	Douglas fir	1	120.0	158.1	1132.7	1132.7	0.017
153	26 Block3	Douglas fir	1	120.0	158.1	1132.8	1132.8	0.017
154	27 Block3	Douglas fir	1	120.0	158.1	1132.8	1132.8	0.017
155	28 Block3	Douglas fir	1	120.0	158.1	1132.8	1132.8	0.017
Name: Block3				16			12796.4	0.168
156	31 Block4	Glulam	1	90.0	156.5	760.0	760.0	0.006
157	32 Block4	Glulam	1	90.0	156.5	760.0	760.0	0.006
158	33 Block4	Glulam	1	90.0	156.5	760.0	760.0	0.006
159	34 Block4	Glulam	1	90.0	156.5	760.0	760.0	0.006
Name: Block4				4			3040.0	0.024
160	11 block-5	Douglas fir	1	90.0	181.9	595.0	595.0	0.005
161	12 block-5	Douglas fir	1	90.0	181.8	595.0	595.0	0.005
162	13 block-5	Douglas fir	1	90.0	181.9	595.0	595.0	0.005
163	14 block-5	Douglas fir	1	90.0	181.8	595.0	595.0	0.005
Name: block-5				4			2380.1	0.022
164	45 column	Mahogany / @ 180	4	180.0	180.0	3100.0	12400.0	0.352
Name: column				4			12400.0	0.352
165	159 p-240	Oak	1	240.0	240.0	1453.3	1453.3	0.066
Name: p-240				1			1453.3	0.066
Project name:				206			261638.4	1.983
Total				206			261638.4	1.983

图 3 生成物料单

Fig.3 Bill of Materials

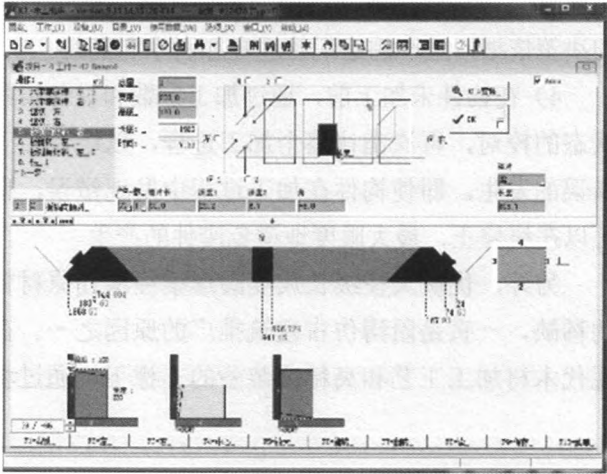


图 4 构件的设备加工参数

Fig.4 Parameters of component processing

2.2 加工制造

工业 4.0 另一个显著的特点是智能制造,使设备不仅“会说话”,而且设备与设备之间“使用同一种语言”[5]。设计软件和电脑与生产加工设备直接通讯对接,设计阶段生成的产品零部件加工参数,可由生产部门的设备直接接受和执行。表现在:

1) 产品在设计完成后,直接生成加工物料清单,生产环节直接照单购买材料和备料即可,无需传统生产方式中繁琐的物料计算、平衡和优化。

2) 生产设备采用多功能数控加工中心,无论待加工零部件形状有多复杂,如图 5 所示的凉亭顶面椽条的支撑垫块,其多异形面决定了亭顶的弧度,只要在设计阶段生成设备加工参数时,软件没有报错(即加工设备所配备的刀具等能满足加工要求),

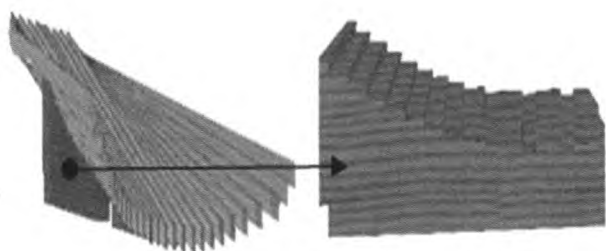


图 5 复杂的多异形面构件

Fig.5 Component with complex multi shaped surfaces

则该零部件均可在加工中心一次完成加工而无需转场再加工,避免了传统加工需使用多台加工设备、易造成基准点偏移和加工效率低下的弊端。

3)可精确计算单一构件的加工时间,为生产部门安排生产计划和各部门间的协调配合,提供直接的决策依据,生产的组织管理更加科学和高效。

4)在构件未加工前,通过加工参数和设备实际状态的校对,再次确认整个加工进程,以避免加工错误的发生。即使构件在加工过程中发现错误,也可以在线修正,最大限度地避免废件的产生。

另外,优质大径级长尺度圆形梁柱构件原材料的稀缺,一直是阻碍仿古建筑推广的原因之一。在现代木材加工工艺和高精度装备的支撑下,通过将

小径材缺陷剔除、指接接长、拼宽拼厚、刨圆等集成加工工艺,完全可以解决优质大径级原料的供应难题^[6]。

3 结语

德国提出的工业 4.0 发展战略已受到世界各国的关注和跟进,我国提出的“中国制造 2025”正是对这一制造业发展潮流的回应。这是一场影响深远的制造业革命,势必会助力我国目前发展势头迅猛的仿古木结构产业。其全新的产品设计、制造理念和技术,也将极大改变这一行业的发展方向和深度。

参考文献:

- [1] 刘连民,姜立,任燕翔.环保节材古建筑设计研究及软件实现[C]//第 15 届全国工程设计计算机应用学术会议论文集,哈尔滨,2010.
- [2] 郝春荣.从中西木结构建筑发展看中国木结构建筑的前景[D].北京:清华大学,2004.
- [3] 温婷婷.德国工业 4.0 的真相[EB/OL]. [2016-04-13]. <http://www.netofthings.cn/GuoJi/2015-03/5319.html>.
- [4] Willy Berthoud. Switzerland, CadWork Traing [EB/OL].[2016-05-17]. http://www.cadwork.com/cwen/Training/Education/Training_description.
- [5] 工控网.五分钟让你理解何为德国工业 4.0 [EB/OL]. [2015-03-02]. <http://gongkong.ofweek.com/2015-02/ART-310045-8500-28936046.html>.
- [6] 刘向飞,朱祥光,翟志文,等.一种集成复合圆形梁柱[P].中国专利:CN204163277U,2015-02-18.

(责任编辑 姜征)

行业简讯

SCM 木结构生产方案再现 Holzmesse 展

Holzmesse 展将于 2016 年 9 月 1—4 日在奥地利 Klagenfurt 举行。

作为世界顶级木工机械制造商,SCM 集团将携旗下 ROUTECH 公司的 OIKOS 和 AREA 木结构加工中心参展,ROUTECH 是意大利 SCM 集团专门研发生产大型木结构设备和特种 CNC 装备的公司。

OIKOS 和 AREA 重要特征是高度的柔性定制,可加工屋顶、墙体,避暑别墅,CLT 交叉层积材,直、曲和圆形木梁,复合板材,以及市场所需的其他木结构部件。嵌套技术是 CLT 墙板加工中心的另一特征,不仅可提高材料利用率,而且缩短生产时间,降低成本。

OIKOS 是高科技 CNC 加工中心,装有 6 轴自动

数控系统、换刀装置和一个输出功率为 25 kW 的加工刀头,可加工木墙和木梁部件的最大尺寸为 19 000 mm×1 250 mm×300 mm。

AREA 是自动 5 轴加工中心,配有输出功率为 30 kW 的加工刀头及自动换刀系统。可加工 X-lam/CLT 墙板、大型复合部件、保温板及其他常规大型部件,可加工工件的尺寸范围为:50 000 mm×(3 200~4 500) mm×360 mm。

SCM 集团主要经营木工机械及其零配件,并向客户提供技术服务。奥地利是 SCM 木结构加备最重要的市场之一,参加此次 International Holzmesse 展,有助于 SCM 集团进一步开拓奥地利市场。

劳万里译