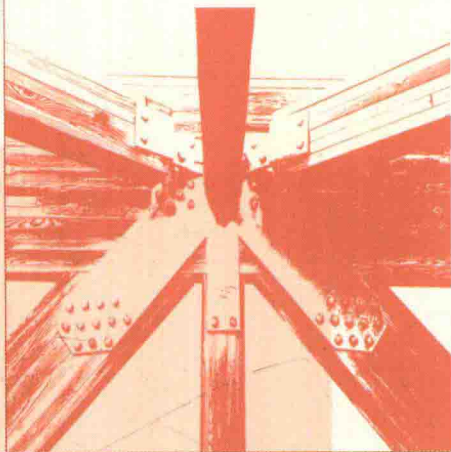


Probing into the
Problems in Design of
Wood Structures

木结构

设计中的问题探讨



祝恩淳 潘景龙 著

中国建筑工业出版社

Probing into the Problems in Design of Wood Structures

木结构设计中的问题探讨

祝恩淳 潘景龙 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

木结构设计中的问题探讨/祝恩淳, 潘景龙著. —北京:
中国建筑工业出版社, 2017.5
ISBN 978-7-112-20793-0

I. ①木… II. ①祝…②潘… III. ①木结构-结构
设计 IV. ①TU366.204

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 115018 号

责任编辑: 刘瑞霞 辛海丽

责任设计: 李志立

责任校对: 王 烨 焦 乐

Probing into the Problems in Design of Wood Structures

木结构设计中的问题探讨

祝恩淳 潘景龙 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

唐山龙达图文制作有限公司制版

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 7 $\frac{3}{4}$ 字数: 206 千字

2017 年 10 月第一版 2017 年 10 月第一次印刷

定价: 30.00 元

ISBN 978-7-112-20793-0

(30451)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书论述了木结构设计中关于可靠度、受压及受弯构件的稳定性和销连接承载力计算等方面的问题，并试图提供解决有关问题的方法。主要介绍了木材与木产品的种类和性能特点，并通过可靠度分析提出了确定木材与木产品强度设计指标的方法。提出了受压木构件稳定系数的统一算式、受弯木构件侧向稳定系数的统一算式，并通过试验研究、随机有限元分析验证了受压木构件稳定系数算式的正确性和适用性。根据试验结果提出了基于欧洲屈服模式的销连接承载力的计算式，并经可靠度校准确定了对应于各屈服模式的抗力分项系数。所提出的确定木材与木产品强度设计指标的方法、受压和受弯木构件稳定系数的统一算式以及销连接承载力计算式为《木结构设计规范》GB 50005—2017 所采用。

前 言

在世纪之交得以复兴以来，我国木结构事业取得了很大的发展。期间，木结构设计理论与方法遇到了一系列的问题需要厘清与解决。设计理论与方法与工程实践和经济技术发展水平既相互促进，又相互制约。从广泛应用木结构的 20 世纪 50 年代到基本停用木结构的 80 年代末，我国木结构设计理论与方法适用于方木与原木制作的木结构，主要是指由砖墙承重的木屋盖体系。方木与原木的特点是按木节、斜纹等缺陷的严重程度划分为三个材质等级，是谓目测定级，但并未按材质等级区分强度，即未进行应力定级，三个材质等级的方木与原木具有相同的强度设计值。现代木产品的特点是既划分材质等级，又按材质等级区分强度，是谓应力定级，不同材质等级的木材具有不同的强度设计值。我国规范中，方木、原木与现代木产品并用，在强度设计值的确定、构件承载力计算及节点连接承载力计算等方面都给木结构设计带来了诸多问题。本书作者为解决这些问题做出了努力，相关的研究成果，已为《木结构设计规范》GB 50005—2017 所采用。

除已有的方木与原木，自规范 GB 50005—2003 始，纳入了北美锯材、欧洲锯材以及目测分级层板胶合木和机械分级层板胶合木等现代木产品。这些木材与木产品的强度与变异性各不相同，需要在符合《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068—2001 和《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153—2008 关于可靠度的规定的前提下确定其强度设计值。因而开展木结构的可靠度分析，提出确定木材与木产品强度设计值的方法，是本书的主要任务之一。构件承载力的计算问题主要体现在受压和受弯木构件稳定系数的计算上。规范 GB 50005—2003 既有的稳定系数计算式中不含木材的弹性模量和强度这两项力学指标，就不适用

于经应力定级的现代木产品制作的木构件。稳定系数的计算还涉及荷载持续作用效应对木材强度和弹性模量的影响问题，以及计算稳定性和强度所决定的承载力的抗力分项系数是否相同的问题。各国规范对这些问题的处理方法互不相同。在保持我国既有计算方法的基础上，提出既适用于方木与原木构件又适用于各类现代木产品制作的构件的稳定系数的统一算式，也是本书的一项任务。我国既有的螺栓连接承载力的计算方法，仅适用于相同树种、相同材质等级木材构件且螺栓采用 Q235 钢的连接，不满足现代木结构可连接不同等级木材构件且可采用其他等级钢材螺栓的需要。销连接承载力计算式中用木材的抗压强度代替木材的销槽承压强度，也不适用于应力定级的现代木产品。但我国关于销连接中销的塑性不充分发展的处理方法最符合工程实际。因此在我国设计理论与方法的基础上，提出满足现代木结构设计需要的销连接承载力的计算方法，是本书的又一项任务。

本书试图解决的是近年来在教学、科研和规范编制、修订工作中遇到的木结构设计理论与方法的部分问题，但远非问题的全部。相信未来学者们会进一步解决木结构事业发展中的更多设计理论和方法问题。

本书研究工作出自国家自然科学基金项目-木结构设计计算理论关键问题研究 (51278154)，特此感谢国家自然科学基金的资助。木结构研究中心的研究生李天娥、乔梁（可靠度分析）、武国芳、张迪（压杆稳定）、刘志周、周晓强（螺栓连接）等同学的研究工作为本书提供了素材，王笑婷同学为本书完成了部分绘图工作，谨向他们表示感谢。

限于学识水平，书中难免存在谬误之处，敬请读者批评指正。

祝恩淳 潘景龙

2017 年 3 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 我国木结构的兴衰	1
1.1.1 古代木结构	1
1.1.2 新中国成立后的木结构	4
1.2 木结构设计理论与方法中的有关问题	6
1.2.1 方木、原木与工业化生产的木产品	6
1.2.2 木结构的可靠度	7
1.2.3 受压和受弯木构件的稳定问题	8
1.2.4 销连接的承载力	9
1.3 我国木结构设计规范修订简要回顾	10
第2章 木材与木产品	16
2.1 概述	16
2.2 影响结构木材强度的因素	18
2.2.1 含水率	19
2.2.2 缺陷	21
2.2.3 荷载持续作用效应	22
2.2.4 尺寸效应与荷载分布形式	26
2.2.5 温度	28
2.3 结构木材定级	28
2.3.1 测定木材强度的方法	28
2.3.2 结构木材定级	30
2.4 结构用木材及木产品	33

2.4.1	锯材-天然木材	33
2.4.2	工程木	38
2.5	木材与木产品强度的分位值及标准值	45
2.5.1	正态分布	46
2.5.2	对数正态分布	47
2.5.3	韦伯分布	48
2.5.4	非参数分布	49
2.5.5	区间估计与置信度	49
2.6	小结	51

第3章 木结构的可靠度和木材与木产品的强度设计指标

3.1	规范 GB 50005—2003 中确定木材与木产品强度设计指标的方法	56
3.1.1	方木与原木	56
3.1.2	其他木产品	59
3.1.3	规范 GB 50005—2003 中部分木产品可靠度校核	65
3.2	木构件可靠度分析	72
3.2.1	功能函数	72
3.2.2	可靠度分析及 γ_R - V_f 曲线	74
3.2.3	木材与木产品强度设计值的确定方法	82
3.2.4	按恒载单独作用进行验算的规定	85
3.2.5	木材与木产品的强度标准值和变异系数	86
3.2.6	各类木产品的抗力分项系数	95
3.3	不同安全等级木结构的抗力分项系数	96
3.4	抗剪强度、横纹承压与横纹抗拉强度	100
3.4.1	抗剪强度	100
3.4.2	横纹承压强度	102

3.4.3 横纹抗拉强度	105
3.5 剪力墙与横隔的抗剪强度	105
3.6 各国规范中木材强度设计值的调整方法-比较与 讨论	107
3.6.1 规范 GB 50005—2003	108
3.6.2 规范 NDSWC-2005	109
3.6.3 规范 Eurocode 5	113
3.6.4 规范 CSA O86-01	114
3.6.5 比较与讨论	116
3.7 规范 GB 50005 和规范 CSA O86 中可靠度分析的 特点	121
3.7.1 规范 CSA O86 中的可靠度分析	121
3.7.2 可靠度分析的特点比较	124
3.8 小结	127

第4章 轴心受压木构件和受弯木构件的稳定 问题	133
4.1 轴心受压木构件的稳定问题	134
4.1.1 轴心受压木构件的临界应力-第一类稳定 问题	134
4.1.2 基于第二类稳定理论的临界应力-柏利公式	138
4.2 轴心受压木构件的稳定系数	140
4.2.1 稳定系数计算式的基本形式	140
4.2.2 规范 GB 50005—2003 中受压木构件稳定系 数的计算方法	143
4.2.3 有关国家的规范中稳定系数的计算方法	147
4.2.4 轴心受压木构件稳定系数统一计算式	150
4.3 规格材受压木构件稳定承载力试验研究	152
4.4 规格材受压木构件稳定承载力随机有限元分析	155

4.5 轴心受压木构件稳定系数统一计算式各系数的确定	157
4.5.1 方木与原木轴心受压构件	158
4.5.2 北美和欧洲锯材轴心受压构件	159
4.5.3 层板胶合木轴心受压构件	162
4.6 受弯木构件的侧向稳定问题	163
4.6.1 受弯木构件侧向失稳的临界应力	163
4.6.2 受弯木构件侧向稳定系数的计算方法	165
4.6.3 各类木产品受弯木构件的侧向稳定系数	168
4.7 小结	172
第5章 销连接的承载力	176
5.1 销连接承载力计算方法概述	177
5.1.1 销连接的屈服模式	177
5.1.2 销连接承载力理论计算方法举例	179
5.1.3 我国规范销连接承载力的计算方法	181
5.1.4 美国规范销连接承载力的计算方法	183
5.1.5 欧洲规范销连接承载力计算方法	185
5.2 螺栓连接试验研究	187
5.2.1 销槽承压试验	187
5.2.2 螺栓连接试验	190
5.3 螺栓连接承载力的计算	196
5.3.1 销连接承载力的建议计算方法	196
5.3.2 螺栓连接承载力试验结果与计算结果对比	198
5.3.3 螺栓连接承载力的设计值	199
5.4 钢夹板和钢填板销连接	204
5.4.1 钢夹板和钢填板销连接的工作原理	205
5.4.2 钢夹板销连接的承载力-厚钢板	210
5.4.3 钢夹板销连接的承载力-薄钢板	211

5.4.4 钢填板销连接的承载力	212
5.5 钉连接	213
5.5.1 屈服模式 I_m 和 I_s	213
5.5.2 屈服模式 II	214
5.5.3 屈服模式 III_s 、 III_m 和 IV	216
5.6 规范 GB 50005、NDSWC、Eurocode 5 螺栓连接承载力比较	218
5.7 小结	225

Contents

Chapter 1	Introduction	1
1.1	The rise and fall of wood structures in China	1
1.1.1	Ancient wood structures	1
1.1.2	Wood structures since founding of the New China	4
1.2	Some related problems in the design theory and method for wood structures	6
1.2.1	Sawn and round timber and industrialised wood product	6
1.2.2	Reliability of wood structures	7
1.2.3	Stability of members in compression or in bending	8
1.2.4	Load-carrying capability of dowel-type connections	9
1.3	Brief review of revision history of Code for design of timber structures	10
Chapter 2	Wood and wood products	16
2.1	Introduction	16
2.2	Factors influencing strength of wood	18
2.2.1	Moisture content	19
2.2.2	Defects	21
2.2.3	Effect of load duration	22

2.2.4	Size effect and load distribution	26
2.2.5	Temperature	28
2.3	Grading of structural timber	28
2.3.1	Methods for testing strength of wood	28
2.3.2	Grading of structural timber	30
2.4	Wood and wood products for structural use	33
2.4.1	Sawn lumber-natural timber	33
2.4.2	Engineered wood products	38
2.5	The percentile value and the characteristic value of strength of wood and wood products	45
2.5.1	Normal distribution	46
2.5.2	Lognormal distribution	47
2.5.3	Weibull distribution	48
2.5.4	Non-parametric distribution	49
2.5.5	Interval estimate and confidence level	49
2.6	Summary	51

Chapter 3 Reliability of wood structures and design values of wood and wood products 55

3.1	Methods for determining design values of wood and wood products in Code GB 50005—2003	56
3.1.1	Sawn and round timber	56
3.1.2	Other wood products	59
3.1.3	Verification of reliability of some wood products in Code GB 50005—2003	65
3.2	Reliability analysis of wood structures	72
3.2.1	Performance function	72
3.2.2	Reliability analysis and the γ_R - V_f curves	74
3.2.3	Determination of the design strength values of	

wood and wood products	82
3.2.4 Specifications of design of members under action of dead load alone	85
3.2.5 Characteristic strength values and coefficient of variation of wood and wood products	86
3.2.6 Partial factors of resistance for various wood products	95
3.3 Partial factors of resistance for wood structures of different safety classes	96
3.4 Shear strength, compression strength perpendicular to grain and tension strength perpendicular to grain ...	100
3.4.1 Shear strength	100
3.4.2 Compression strength perpendicular to grain	102
3.4.3 Tension strength perpendicular to grain	105
3.5 Shear strength of diaphragms and shearwalls	105
3.6 Modifications of design strength values of timber in codes from different countries-comparison and discussion	107
3.6.1 Code GB 50005—2003	108
3.6.2 Code NDSWC-2005	109
3.6.3 Eurocode 5	113
3.6.4 Code CSA O86-01	114
3.6.5 Comparison and discussion	116
3.7 Reliability analysis between Code GB 50005 and Code CSA O86	121
3.7.1 Reliability analysis in Code CAS O86	121
3.7.2 Similarity and difference in the reliability analysis	124

3.8	Summary	127
Chapter 4 Stability of wood members in axial		
	compression and members in bending ...	133
4.1	Stability of wood members in axial compression	134
4.1.1	Critical stress of wood members in axial compression-the first type stability theory	134
4.1.2	Critical stress according to the second type stability theory-Perry' s Equation	138
4.2	Stability coefficient of wood members in axial compression	140
4.2.1	Basic form of stability coefficient equations ...	140
4.2.2	Calculation method of stability coefficient in Code GB 50005—2003	143
4.2.3	Calculation methods of stability coefficient in Codes of some related countries	147
4.2.4	Unified stability coefficient equations for wood members in axial compression	150
4.3	Testing of stability of compression member made of dimension lumber	152
4.4	Analysis of stability of compression member made of dimension lumber with the random FE	155
4.5	Determining the value of some constants in the unified stability coefficient equations	157
4.5.1	Compression member of sawn and round sawn timber	158
4.5.2	Compression member of NA and EU Sawn lumber	159
4.5.3	Compression member of glued laminated	

timber	162
4.6 Lateral buckling of wood members in bending	163
4.6.1 Lateral buckling stress of wood members in bending	163
4.6.2 Calculation method for lateral stability coefficient of wood members in bending	165
4.6.3 Lateral stability coefficient for bending wood members of various wood products	168
4.7 Summary	172
 Chapter 5 Load-carrying capability of dowel-type connections	 176
5.1 Introduction to calculation of load-carrying capability of dowel-type connections	177
5.1.1 Yield modes of dowel-type connections	177
5.1.2 Examples of theoretical calculation of load-carrying capability of dowel-type connections	179
5.1.3 Calculation of load-carrying capability of dowel-type connections in Code GB 50005	181
5.1.4 Calculation of load-carrying capability of dowel-type connections in Code NDSWC	183
5.1.5 Calculation of load-carrying capability of dowel-type connections in Eurocode 5	185
5.2 Experimental Study of bolt connections	187
5.2.1 Test of dowel bearing strength of bolt hole ...	187
5.2.2 Test of bolt connections	190
5.3 Calculation of load-carrying capability of dowel-type connections	196

5.3.1	Recommended method for calculation of load-carrying capability of dowel-type connections	196
5.3.2	Comparison of load-carrying capability of bolt connections between test and calculation	198
5.3.3	Design value of load-carrying capability of bolt connections	199
5.4	Dowel-type connections with steel side plate or inserted steel plate	204
5.4.1	Behaviour of dowel-type connections with steel side plate or inserted steel plate	205
5.4.2	Load-carrying capability of dowel-type connections with thick steel side plate	210
5.4.3	Load-carrying capability of dowel-type connections with thin steel side plate	211
5.4.4	Load-carrying capability of dowel-type connections with inserted steel plate	212
5.5	Nail connections	213
5.5.1	Yield modes I_m and I_s	213
5.5.2	Yield mode II	214
5.5.3	Yield modes III_s , III_m and IV	216
5.6	Comparison of load-carrying capability of bolt connections between Code GB 50005, NDSWC and Eurocode 5	218
5.7	Summary	225