

绿色建筑技术丛书（一）

国家住宅与居住环境工程技术研究中心设计建造研究室策划

绿色建筑结构体系评价与选型技术

娄霓 张兰英 任民 著

中国建筑工业出版社

绿色建筑技术丛书（一）

国家住宅与居住环境工程技术研究中心设计建造研究室策划

绿色建筑结构体系评价与 选型技术

娄 霓 张兰英 任 民 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

绿色建筑结构体系评价与选型技术/娄霓等著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2010. 12

绿色建筑技术丛书(一)

ISBN 978-7-112-12666-8

I. ①绿… II. ①娄… III. ①建筑工程-结构体系-无污染技术
IV. ①TU3 ②TU-023

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 228031 号

责任编辑: 张 建 刘 静

责任设计: 赵明霞

责任校对: 张艳侠 赵 颖

绿色建筑技术丛书(一)

国家住宅与居住环境工程技术研究中心设计建造研究室策划

绿色建筑结构体系评价与选型技术

娄 霓 张兰英 任 民 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京嘉泰利德公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 10½ 字数: 252 千字

2011 年 3 月第一版 2011 年 3 月第一次印刷

定价: 32.00 元

ISBN 978-7-112-12666-8

(19901)

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)

前 言



近年来，全社会的绿色、环保意识在不断增强，营造绿色建筑、健康住宅正成为越来越多的开发商、建筑师追求的目标。人们不但注重单体建筑的质量，也关注小区的环境；不但注重结构安全，也关注室内空气的质量；不但注重材料的坚固耐久和价格低廉，也关注材料消耗对环境和能源的影响。

人类的建筑活动是社会经济生活中不可或缺的内容。工业社会以来，建筑发展成了社会经济进步的重要动因，但在发展过程中对社会资源、能源的消耗，又使之成为当代资源、能源危机的重要根源之一。而其中，由于结构的材料生产、构件运输、结构施工、使用维护等带来的资源、能源消耗又占了很大的比重。因此，作为建筑物的骨架——结构体系及其配套技术的集成，如何为我国绿色建筑的发展提供有力的技术支撑，推动建筑业和相关产业的科技进步，成为当前绿色建筑关键技术研究中的重要内容。

本书是2004年1月开始并实施了两年半的“十五”国家科技攻关计划项目“绿色建筑关键技术研究”的课题二“绿色建筑的结构体系与评价方法研究”的部分成果。在课题实施的这段时间里，课题主持单位中国建筑设计研究院和国家住宅与居住环境工程技术研究中心联合了浙江东南网架集团有限公司、建设部科技发展促进中心、天津大学和北京建筑工程学院四家行业知名单位和院校共同组成了合作团队，进行了深入的研究。

由于建筑结构基础数据库在国内属于首次建立，我国的地域幅员辽阔，各地区的资源、气候和建筑功能差异很大，需要调查的数据种类多、数量大，数据获取渠道少，给研究工作带来很大难度。同时，在对各类建筑结构体系进行从建设、使用到拆毁全生命周期的能源、资源计量和对环境的影响分析中，地域差异、建成年代、建筑功能等影响因素也给研究工作带来了很大的技术难点。在此非常感谢课题组成员给予的积极协助和配合，最终我们获得关于结构耗材调研案例共有226个，分布在25个省、50个市县；关于结构体系分布状况的调研案例共有743个，分布在90个城市；关于施工现场的调研案例共有68个，位于北京；遗憾的是，最想获得的关于建筑结构实际使用寿命的调研案例由于收集困难，最终是通过资料的收集与分析完成的。

期望本书的出版可以促进我国旧有结构选型理念的改变，使读者反思当前建筑结构体系评价与选型中存在的不可持续发展的观念，对推动我国绿色建筑结构评价方法和选型技术的发展、建立绿色建筑结构选型技术导则起到积极作用。

2010年12月

目 录

第 1 篇 结构体系基础数据分析	1
1 背景	1
2 基础数据收集	1
3 基础数据分析	2
3.1 结构体系分布状况	2
3.2 结构材料用量分析	4
3.3 结构资源消耗分析	11
3.4 结构能源消耗分析	16
3.5 结构 CO ₂ 排放量分析	21
3.6 建筑结构的施工、拆除与回收利用	26
3.7 建筑生命周期	26
第 2 篇 绿色建筑结构体系评价方法	28
1 背景	28
1.1 全球的建筑能源消耗	28
1.2 我国的能源背景	28
1.3 建立起结构体系评价概念的重要性	29
2 结构体系评价概念及其影响因素	29
2.1 结构原材料的获取过程	29
2.2 结构材料的生产、加工、运输过程	30
2.3 结构体系的建造过程	30
2.4 结构的使用与维护	30
2.5 结构的拆除与回收处理	30
3 评价体系指标的确定	31
3.1 候选指标的选择	31
3.2 指标体系的构建原则	32
3.3 指标体系的构建原理与方法	33

4	评价体系约束条件的定义	34
4.1	资源消耗	34
4.2	能源消耗	36
4.3	CO ₂ 排放量	37
4.4	材料用量	38
4.5	本地化	38
4.6	工厂化、预制化	39
5	评价体系框架流程及评价指标计算方法	39
5.1	评价体系框架	39
5.2	评价体系评分法	41
5.3	评价体系指标与评分标准的确定	41
第3篇	绿色建筑结构选型	47
1	背景	47
2	各类建筑体系的结构选型	47
2.1	低层建筑	47
2.2	多层建筑	51
2.3	高层建筑	53
3	各类结构体系的研究	56
3.1	砌体结构	56
3.2	钢筋混凝土框架结构	58
3.3	钢筋混凝土抗震墙结构	61
3.4	钢筋混凝土框架-抗震墙结构	63
3.5	钢筋混凝土筒式结构	64
3.6	混凝土异形柱结构	67
3.7	高层建筑钢结构体系	69
3.8	高层建筑钢-混凝土混合结构体系	72
4	隔震技术	74
4.1	建筑结构	75
4.2	建筑设备	76
4.3	施工工艺	76
4.4	使用与维护	77

5 新型结构体系 77

5.1 CL (Composite Light-weight) 复合混凝土抗震墙结构体系 77

5.2 保温砌模现浇钢筋混凝土网格抗震墙承重体系 80

5.3 建筑模网混凝土抗震墙结构体系 85

5.4 密肋复合墙结构体系 89

5.5 配筋砌块砌体结构 90

6 其他结构体系 92

6.1 土结构房屋 92

6.2 木结构房屋 96

6.3 石结构房屋 98

附录 A 调研表格式 102

附录 B 结构体系基础数据库 108

附录 C 绿色建筑结构评价软件 111

附录 D 绿色建筑的结构选型技术导则 137

参考文献 155

Green Building Structure System Evaluation and Selection Techniques

Contents

Chapter 1	Basic Data Analysis of Structure System	1
1	Background	1
2	Basic Data Collection	1
3	Basic Data Analysis	2
3.1	Structure System Distribution	2
3.2	Amount of Structure Material	4
3.3	Building Structure Resource Consumption Analysis	11
3.4	Building Structure Energy Consumption Analysis	16
3.5	Building Structure CO ₂ Emissions Analysis	21
3.6	Building Structure Construction, Demolition and Recycling	26
3.7	Building Life Cycle	26
Chapter 2	Evaluation of Green Building Structure System	28
1	Background	28
1.1	Global Building Energy Consumption	28
1.2	Background of China's Energy	28
1.3	The Importance of the Concept Establishment of the Structure System Evaluation	29
2	The Concept and Influencing Factors of the Structure System Evaluation	29
2.1	Structure Materials Acquisition Process	29
2.2	Structure Material Production, Processing and Transportation	30
2.3	Construction Process of Structure Material	30
2.4	Uses and Maintains of Building Structure	30
2.5	Structure Removal and Recycling	30

3	The Determination of Evaluation Index System	31
3.1	The Choice of Index	31
3.2	The Construction Principle of Index System	32
3.3	The Construction Theory and Method of Index System	33
4	Definition of Evaluation System Constraints	34
4.1	Resources Consumption	34
4.2	Energy Consumption	36
4.3	CO ₂ Emissions	37
4.4	Amount of Material	38
4.5	Localization	38
4.6	Factorization, Prefabrication	39
5	The Framework of Evaluation System and the Calculation	
	Method of Evaluation Index	39
5.1	The Framework of Evaluation System	39
5.2	Scoring Method of Evaluation System	41
5.3	Evaluation Index System and its Rating Criteria	41
Chapter 3	Structure Selection of Green Building	47
1	Background	47
2	Structure Selection of Various Building System	47
2.1	Low-rise Building	47
2.2	Multi-storey Building	51
2.3	Tall Building	53
3	Study of Various Structure System	56
3.1	Masonry Structures	56
3.2	Reinforced Concrete Frame Structures	58
3.3	Reinforced Concrete Shear Wall Structures	61
3.4	Reinforced Concrete Frame-Shear Wall Structures	63
3.5	Reinforced Concrete Tube Structures	64
3.6	Special-shaped Column Light-weight Frame Residential Structure System	67
3.7	Steel Structure of Tall Building	69
3.8	Steel-Concrete composite Structure System of	

Tall Building	72
4 Seismic-isolation Technology	74
4. 1 Building Structure	75
4. 2 Equipment	76
4. 3 Construction Craft	76
4. 4 Uses and Maintains	77
5 New Structure System	77
5. 1 CL (Composite Light-weight) Composite Concrete Shear Wall Structure System	77
5. 2 Load-bearing System of Cast-in-Site RC Grillage Shear Wall with Lightweight Insulation Hollow Blocks	80
5. 3 Construction Mesh Concrete Shear Wall Structure System	85
5. 4 Multi-ribbed Composite Wall Structure System	89
5. 5 Reinforced Concrete Masonry Shear Wall Structure System	90
6 Other Structure Systems	92
6. 1 Raw-soil Structures	92
6. 2 Timber Structures	96
6. 3 Stone Structures	98
 Appendix A Survey Table	 102
Appendix B Basic Database of Structure System	108
Appendix C Evaluation Software of Green Building Structure System	111
Appendix D Technical Guidelines for selection of Green Building Structure	137
References	155

第 1 篇 结构体系基础数据分析

1 背景

结构体系的绿色性能是绿色建筑评价的重要内容之一，但关于结构体系绿色评价的基础数据，目前国内还没有系统建立。通过对结构体系基础数据开展收集与分析工作，合理地确定绿色结构评价软件的评分标准，可为结构体系的评价与选型研究提供必要的技术基础。

2 基础数据收集

为了对结构体系进行能源资源计量和对环境的影响分析，完成主要的建筑结构体系全生命周期技术经济分析，工作组设计了三类调研表格，对各类建筑结构体系进行调研。调研时间为 2003 ~ 2005 年，调研内容包括各地区结构体系分布状况、各类结构体系耗材量与成本统计、建筑结构实际使用寿命状况。（调研表设计格式详附录 A）

通过调研工作，获得的关于结构耗材调研案例共有 226 个，分布在 25 个省、50 个市县（图 1-1 和表 1-1）；关于结构体系分布状况的调研案例共有 743 个，分布在 90 个城市（图 1-2），其中抗震设防烈度 7 度地区案例占 65%，6 度地区和 8 度地区相差

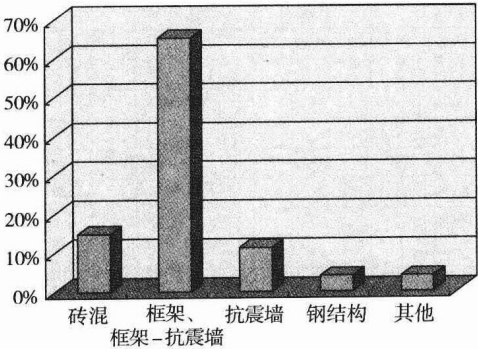


图 1-1 结构耗材调研案例状况

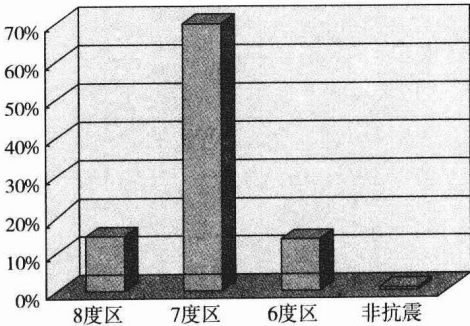


图 1-2 结构体系分布调研案例状况

不多，分别为 10% 左右，非抗震设防烈度地区案例较少，这与我国非抗震地区较少有关。关于建筑结构实际使用寿命的调研案例收集较困难，未能实现预期目标。

结构耗材调研案例分布地区表 表 1-1

省、直辖市、自治区	市、县	省、直辖市、自治区	市、县
北京	北京	安徽	合肥、阜阳、淮南、庐江
上海	上海	福建	福州、泉州、厦门
天津	天津	广东	广州、深圳
重庆	重庆	吉林	长春
云南省	昆明	山东	潍坊、威海、济南、济宁、青岛、肥城
陕西	西安	四川	成都
内蒙古	呼和浩特	湖南	长沙、郴州
新疆	乌鲁木齐	贵州	贵阳
河北	唐山、石家庄、邯郸、衡水、邢台、元氏县	湖北	武汉
甘肃	兰州	江西	南昌、抚州
河南	灵宝、郑州	广西	南宁
辽宁	大连、沈阳、本溪	黑龙江	哈尔滨
江苏	南京、徐州、扬州	25 个省	50 个市县
浙江	杭州		

3 基础数据分析

3.1 结构体系分布状况

对 743 个调研案例进行汇总，得出统计表 1-2、表 1-3。

2000 ~ 2003 年全国案例统计表 表 1-2

烈度	建筑功能	层数	砖混	框架、框剪	抗震墙	钢结构	其他结构
8 度	住宅	1 ~ 9 层	29%	42%	25%	4%	
		10 层以上		44%	50%		6%
	公共建筑	1 ~ 9 层		94%		6%	
		10 层以上		94%	6%		
7 度	住宅	1 ~ 9 层	22%	60%	10%	2%	6%
		10 以上		29%	65%		6%
	公共建筑	1 ~ 9 层		85%		15%	
		10 层以上		94%	3%	3%	
6 度	住宅	1 ~ 9 层	40%	55%			5%
		10 以上		33%	50%		17%
	公共建筑	1 ~ 9 层		85%		15%	
		10 以上		100%			
非抗震	住宅	1 ~ 9 层	100%				
		10 以上					
	公共建筑	1 ~ 9 层		100%			
		10 以上					

注：以上数据分别来自 90 个城市，共计 517 个案例。

从表 1-2 中可以得出以下结论:

(1) 在各地区建设的多层住宅 (1~9 层) 采用砌体结构的比例较高, 特别是在抗震设防低烈度地区。这主要是因为我国砌体结构技术成熟, 应用历史较长, 造价低廉, 能满足住宅建筑的各项性能要求。

(2) 在各地区建设的多层住宅采用钢筋混凝土框架和框架-抗震墙结构的比例最高; 高层住宅采用抗震墙结构的比例最高, 达到 50% 以上。一方面, 这与钢筋混凝土结构抗震性能较好有关; 另一方面, 也说明钢筋混凝土结构的设计和施工技术比较成熟, 造价合理, 普及度较高。

(3) 在各地区建设的多层与高层公共建筑中大多数采用钢筋混凝土框架、框架-抗震墙结构, 少数采用钢筋混凝土抗震墙结构、钢结构, 极少采用砌体结构或其他结构体系。究其原因是因为公共建筑要求建筑室内空间大而灵活, 且具有较强的空间可改造性; 砌体结构一般开间较小, 空间改造灵活度差, 不能满足公共建筑空间灵活布置的要求; 钢筋混凝土抗震墙结构虽可提供相对较大的开间, 但可改造性也不及框架、框架-抗震墙结构; 钢结构在我国发展较慢, 设计队伍及施工队伍不普及, 造价较高, 因此应用也不普遍。

(4) 钢结构和其他结构体系在各地区采用的都很少, 发展空间很大。

(5) 当前我国的建筑结构体系选型的主要影响因素是建筑类型、使用功能、工程造价和抗震要求。

三大城市住宅统计表

表 1-3

城市	1~9 层住宅			10 层以上住宅		年代
	砌体结构	框架和框剪结构	抗震墙结构	框架和框剪结构	抗震墙结构	
北京 [#]	22%	34%	44%	13%	87%	2000~2005 年不完全统计
北京 [#]	23%	34%	43%	10%	90%	1988~2005 年不完全统计
北京				3% *	97% *	截止 1986 年
上海				43% *	57% *	截止 1986 年
天津				2% *	98% *	截止 1990 年

注: #——数据来自北京市的 226 个案例统计; *——为 8 层及以上住宅数据。

从表 1-3 中可以得出以下结论:

(1) 北京地区 1~9 层住宅砌体结构和钢筋混凝土框架、框架-抗震墙、抗震墙结构的应用都占有一定比例, 其中钢筋混凝土抗震墙结构最多。原因一, 北京大多数地区抗震设防烈度为 8 度, 无筋的砌体结构最高只允许建到 6 层 18 米, 而北京 6 层以下住宅比例较低。原因二, 由于框架结构、框架-抗震墙结构会造成房间内露梁、露柱, 因此人们对钢筋混凝土抗震墙结构的认可度比前两者高, 虽然前两者空间灵

活,可改造度高,但通过大开间抗震墙和抗震墙开大洞等技术手段也可以达到同样效果。

(2) 北京地区高层住宅中钢筋混凝土抗震墙结构占据了绝对优势,因为随着房屋层数的提高,地震作用加大,使得框架、框架-抗震墙结构中的框架梁、柱截面增加很多,特别是抗震设防烈度8度地区,影响了空间的使用,并且使得建造该类结构的住宅不经济。

(3) 上海和天津由于缺乏1~9层住宅的统计数据,因此多层住宅的分布规律还有待于继续调研。

(4) 上海和天津大部分地区抗震设防烈度均为7度,高层住宅大多采用钢筋混凝土抗震墙结构;但在上海,人们对框架和框架-抗震墙结构的接受度比天津高。

(5) 从我国三大城市住宅的结构体系分布情况可以看到,钢筋混凝土结构在我国住宅中占据了绝对优势,说明我国钢筋混凝土技术的普及程度很高。砌体结构虽然技术成熟,但由于其结构特点不能建很高的层数,因此应用量受到限制。其他如钢结构、木结构等结构形式在我国的发展程度不高,设计、施工人员不熟悉,相应的规程、规范还有待发展。

3.2 结构材料用量分析

3.2.1 数据分析方法

工作组采用区间估计的方法对基础数据进行分析研究,以期得到各类设计值的合理范围,分析方法如下:

设样本为 $X_1, X_2, \dots, X_n$ (n 是试验数据个数), 记 $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$ 。视它们为随机变量, 由数理统计理论:

$$\frac{\bar{X} - \mu}{S/\sqrt{n}} \sim t(n-1),$$

母体期望(理论上的大平均值) μ 的区间估计计算式为:

$$\bar{X} - \frac{S}{\sqrt{n}} t_{\frac{\alpha}{2}}(n-1) < \mu < \bar{X} + \frac{S}{\sqrt{n}} t_{\frac{\alpha}{2}}(n-1), \text{ 或 } \left[\bar{X} - \frac{S}{\sqrt{n}} t_{\frac{\alpha}{2}}(n-1), \bar{X} + \frac{S}{\sqrt{n}} t_{\frac{\alpha}{2}}(n-1) \right].$$

这个置信区间表示需要讨论的 μ 应该以 $1-\alpha$ 的概率落进置信区间, 即下式成立: 概率 $P\{|\bar{X} - \mu| < t_{\frac{\alpha}{2}}\} = 1 - \alpha$ (这里“ $<$ ”号和“ $\leq$ ”号是通用的)。其中: α 称为水平, $t_{\frac{\alpha}{2}}$ 可通过查表求得。查表时可采用 t -分布临界值表(表1-4), 在自由度为 $n-1$ 栏里找和 α 相对应的所谓临界值。这时表中的 α 就是公式中的 $\frac{\alpha}{2}$ 。

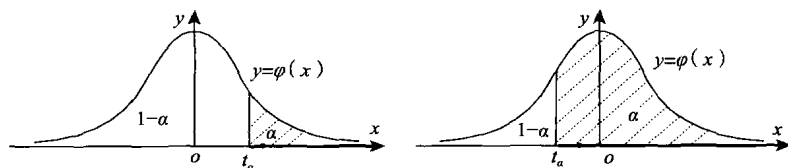
t -分布临界值表 [求 $P(t > t_\alpha) = \alpha$ 中的 t_α , 有关部分]

表 1-4

$\alpha =$ $n-1$	0.125	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500
34	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
35	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
36	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195

表中查得的数就是临界值(点),它的意义就是说向数轴上随机地抛一个质点“•”,这个“•”应该以 α 的概率落到临界值(点)的右侧,即 $P(t > t_\alpha) = \int_{t_\alpha}^{+\infty} \varphi(x) dx = \alpha$ 。这里 α 恰是 t -分布的密度曲线 $y = \varphi(x)$ 和 x 轴以及垂线 $x = t_\alpha$ 右侧

之间所夹的面积,参见图 1-3,其中 $\varphi(x) = \frac{\Gamma\left(\frac{k+1}{2}\right)}{\sqrt{k\pi} \cdot \Gamma\left(\frac{k}{2}\right)} \left(1 + \frac{x^2}{k}\right)^{-\frac{k+1}{2}}$

图 1-3 t -分布的密度曲线图

对 7 度区 35 个框架-抗震墙(筒)结构含钢量调研数据用区间估计的方法进行分析。

这里我们的样本容量 $n = 35$, $\bar{X} = 8.340$, $S = 1.7170$, 以下分别就置信概率为 0.95、0.90、0.80 给出置信区间(即在正常的情况下结构含钢量的平均值应以较大的概率落入置信区间内,否则我们认为不正常)。查表时采用表 1-4 t -分布临界值表。

①取 $\alpha = 0.05$, $\frac{\alpha}{2} = 0.025$, 查表得 $t_{\frac{\alpha}{2}} = t_{0.025} = 2.0322$, 计算得到

$$\bar{X} - \frac{S}{\sqrt{n}} t_{\frac{\alpha}{2}} = 8.340 - \frac{1.7170}{\sqrt{35}} \times 2.0322 = 7.7502$$

$$\bar{X} + \frac{S}{\sqrt{n}} t_{\frac{\alpha}{2}} = 8.340 + \frac{1.7170}{\sqrt{35}} \times 2.0322 = 8.9298$$

此时置信区间为 $[7.7502, 8.9298]$ 。

②取 $\alpha = 0.10$, $\frac{\alpha}{2} = 0.05$, 查表得 $t_{\frac{\alpha}{2}} = t_{0.05} = 1.6909$, 计算得到

$$\bar{X} - \frac{S}{\sqrt{n}} t_{\frac{\alpha}{2}} = 8.340 - \frac{1.7170}{\sqrt{35}} \times 1.6909 = 7.8493$$

$$\bar{X} + \frac{S}{\sqrt{n}} t_{\frac{\alpha}{2}} = 8.340 + \frac{1.7170}{\sqrt{35}} \times 1.6909 = 8.8307$$

此时置信区间为 [7.8493, 8.8307]。

③取 $\alpha = 0.20$, $\frac{\alpha}{2} = 0.10$, 查表得 $t_{\frac{\alpha}{2}} = t_{0.10} = 1.3070$, 计算得到

$$\bar{X} - \frac{S}{\sqrt{n}} t_{\frac{\alpha}{2}} = 8.340 - \frac{1.7170}{\sqrt{35}} \times 1.3070 = 7.9607$$

$$\bar{X} + \frac{S}{\sqrt{n}} t_{\frac{\alpha}{2}} = 8.340 + \frac{1.7170}{\sqrt{35}} \times 1.3070 = 8.7193$$

此时置信区间为 [7.9607, 8.7193]。

根据上述分析, 当置信概率为 0.80、0.90 和 0.95 时, 含钢量的取值范围分别为 7.96 ~ 8.72t/100m²、7.85 ~ 8.83t/100m² 和 7.75 ~ 8.93t/100m²。当样本数达到 45 个以上或更多时, 我们认为置信概率 0.95 对应的区间范围是大部分框架-抗震墙(筒)结构在 7 度区进行设计时含钢量较为经济合理的范围, 超出该范围时建议对结构选型进行论证与分析。

3.2.2 结构材料用量统计

利用上述方法, 对获得的 226 个案例的数据进行统计分析, 得出置信概率 0.95 对应的各类结构体系不同建筑类型、不同地区的材料用量区间, 见表 1-5 ~ 表 1-11。

砖砌体结构

表 1-5

建筑类型	别墅	住宅	公共建筑
水泥 (t/100m ²)	20.9 ~ 28.1	10.2 ~ 14.4	10.2 ~ 14.4
钢 (t/100m ²)	2.8 ~ 4.2	2.2 ~ 3.0	2.2 ~ 3.0
混凝土 (t/100m ²)	34.0 ~ 25.6	17.9 ~ 26.3	17.9 ~ 26.3
墙材 (m ³ /100m ²)	35.7 ~ 52.5	21.0 ~ 31.4	21.0 ~ 31.4

注: 1. 此处砖砌体特指黏土砖砌体 (以下同)。

2. 砖砌体墙材指黏土砖承重墙 (以下同)。

小砌块砌体结构

表 1-6

建筑类型	别墅		住宅	公共建筑
水泥 (t/100m ²)	13.3 ~ 18.7		10.2 ~ 14.4	10.2 ~ 14.4
钢 (t/100m ²)	2.8 ~ 3.8		2.8 ~ 3.8	2.8 ~ 3.8
混凝土 (t/100m ²)	8 度区	17.8 ~ 24.4	18.8 ~ 27.6	18.8 ~ 27.6
	7 度区及以下	14.8 ~ 17.0		
墙材 (m ³ /100m ²)	24.1 ~ 33.3		17.5 ~ 26.2	17.5 ~ 26.2

注: 砌块砌体墙材指混凝土砌块承重墙 (以下同)。

混凝土框架结构

表 1-7

建筑类型	别墅	住宅		公共建筑	
水泥 ($\text{t}/100\text{m}^2$)	13.4 ~ 36.4	8 度区	20.8 ~ 23.4	8 度区	24.4 ~ 30.8
		7 度区及以下	13.8 ~ 21.8	7 度区及以下	18.3 ~ 26.3
钢 ($\text{t}/100\text{m}^2$)	4.8 ~ 6.8	8 度区	5.1 ~ 7.7	8 度区	6.6 ~ 9.0
		7 度区及以下	4.1 ~ 5.9	7 度区及以下	6.0 ~ 7.4
混凝土 ($\text{t}/100\text{m}^2$)	27.9 ~ 40.7	8 度区	27.9 ~ 40.7	8 度区	27.9 ~ 40.7
		7 度区及以下	28.9 ~ 33.7	7 度区及以下	28.9 ~ 33.7
墙材 ($\text{m}^3/100\text{m}^2$)	7.1 ~ 29.9	8.3 ~ 13.1		8.3 ~ 13.1	

注：混凝土框架墙材指填充墙材，为混凝土砌块（以下同）。

混凝土框架 - 抗震墙结构

表 1-8

建筑类型	别墅	住宅	公共建筑	
水泥 ($\text{t}/100\text{m}^2$)	25.6 ~ 31.6	22.6 ~ 28.0	30.3 ~ 34.9	
钢 ($\text{t}/100\text{m}^2$)	6.5 ~ 8.1	6.5 ~ 8.1	8 度区	8.9 ~ 10.3
			7 度区及以下	7.7 ~ 8.9
混凝土 ($\text{t}/100\text{m}^2$)	39.8 ~ 50.4	37.4 ~ 42.4	37.4 ~ 42.4	
墙材 ($\text{m}^3/100\text{m}^2$)	4.6 ~ 11.2	4.6 ~ 11.2	4.6 ~ 11.2	

注：混凝土框架 - 抗震墙材指填充墙材，为混凝土砌块（以下同）。

混凝土抗震墙结构

表 1-9

建筑类型	别墅	住宅	公共建筑	
水泥 ($\text{t}/100\text{m}^2$)	25.6 ~ 31.6	22.6 ~ 28.0	30.3 ~ 34.9	
钢 ($\text{t}/100\text{m}^2$)	6.5 ~ 8.1	6.5 ~ 8.1	8 度区	8.9 ~ 10.3
			7 度区及以下	7.7 ~ 8.9
混凝土 ($\text{t}/100\text{m}^2$)	39.8 ~ 50.4	37.4 ~ 42.4	37.4 ~ 42.4	
墙材 ($\text{m}^3/100\text{m}^2$)	0.8 ~ 10.8	0.8 ~ 10.8	0.8 ~ 10.8	

注：1. 混凝土抗震墙墙材指填充墙材，为混凝土砌块（以下同）。

2. 由于数据量较少，因此框架 - 抗震墙与抗震墙的水泥、钢、混凝土的用量统计是合并分析的。

钢 - 混凝土混合结构

表 1-10

建筑类型	别墅	住宅	公共建筑
水泥 ($\text{t}/100\text{m}^2$)	—	5.8 ~ 26.0	5.8 ~ 26.0
钢 ($\text{t}/100\text{m}^2$)	—	5.8 ~ 8.0	7.1 ~ 9.6
混凝土 ($\text{t}/100\text{m}^2$)	—	—	—
墙材 ($\text{m}^3/100\text{m}^2$)	—	4.6 ~ 13.1	4.6 ~ 13.1

注：钢 - 混凝土混合结构墙材指填充墙材，为混凝土砌块（以下同）。