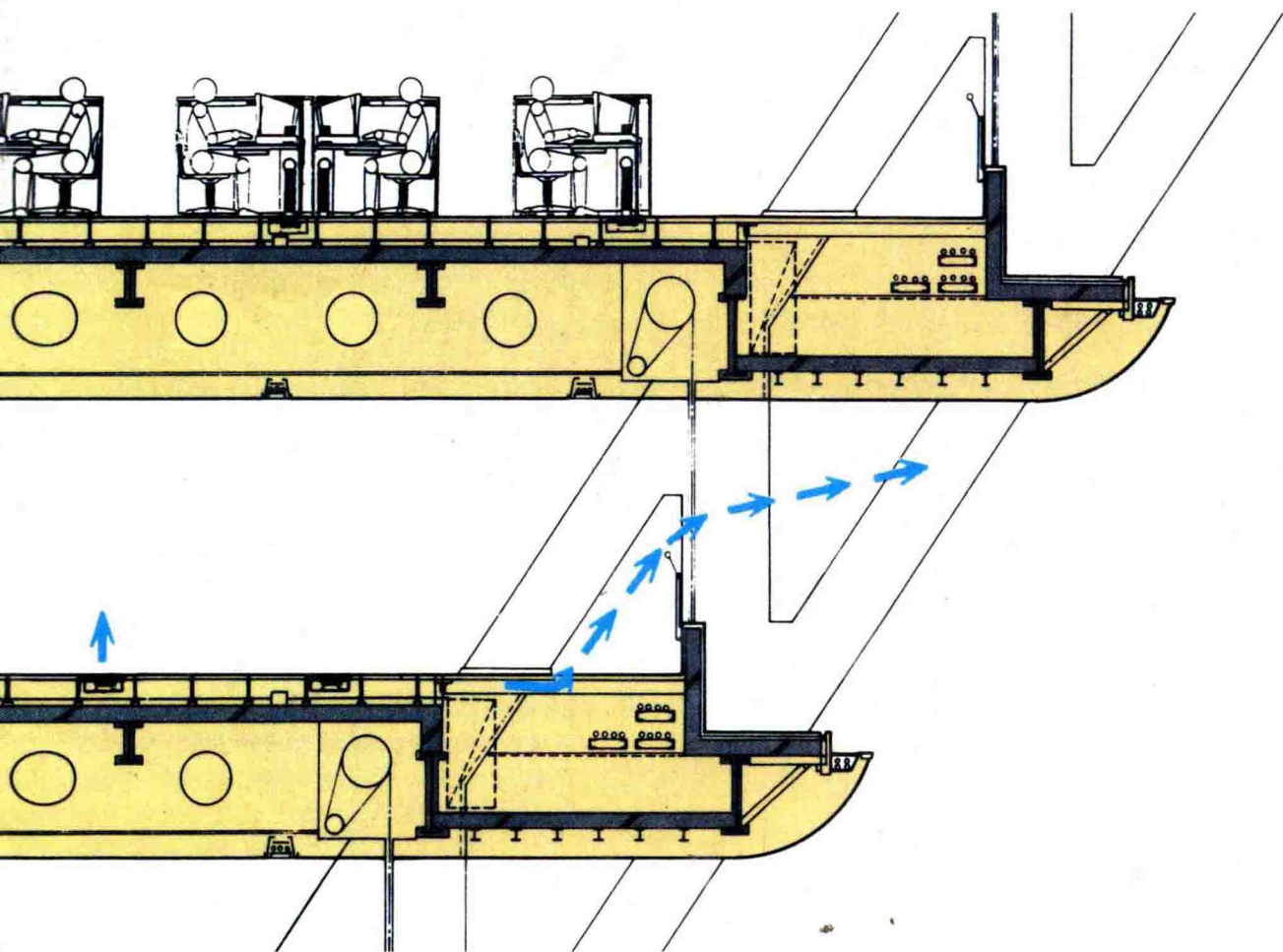


高层建筑

空调设计及工程实录

范存养 杨国荣 叶大法 编著



中国建筑工业出版社

高层建筑空调设计及工程实录

范存养 杨国荣 叶大法 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

高层建筑空调设计及工程实录/范存养, 杨国荣, 叶大法编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2013. 10
ISBN 978-7-112-15759-4

I. ①高… II. ①范… ②杨… ③叶… III. ①高层
建筑-空气调节系统-建筑设计 IV. ①TU976

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 200965 号

本书是约半个多世纪以来高层建筑空调技术发展的纪实, 无设计手册的功能, 更无规范的解释和指示。整体内容分两部分: 上篇对高层建筑空调领域内的相关技术进行了综合论述并介绍了可供参考的设计思路; 下篇则为相关的工程实录。本书的技术对象主要为办公建筑, 极少量涉及旅馆酒店建筑, 没有涉及工艺要求特殊的医院建筑。工程实录中绝大部分为已建成项目(极个别为在建项目), 对个别较早的工程改建项目, 本书也有相关叙述。

本书为同济大学范存养教授历时十多年搜集、积累、整理国内外相关技术资料的总结, 具有很高的收藏价值, 对我国暖通空调工程技术人员具有参考意义。

责任编辑: 姚荣华 张文胜

责任设计: 李志立

责任校对: 张 颖 刘 钰

高层建筑空调设计及工程实录

范存养 杨国荣 叶大法 编著

*

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

北京科地亚盟排版公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/16 印张: 56 $\frac{3}{4}$ 插页: 2 字数: 1422 千字

2014 年 1 月第一版 2014 年 1 月第一次印刷

定价: 160.00 元

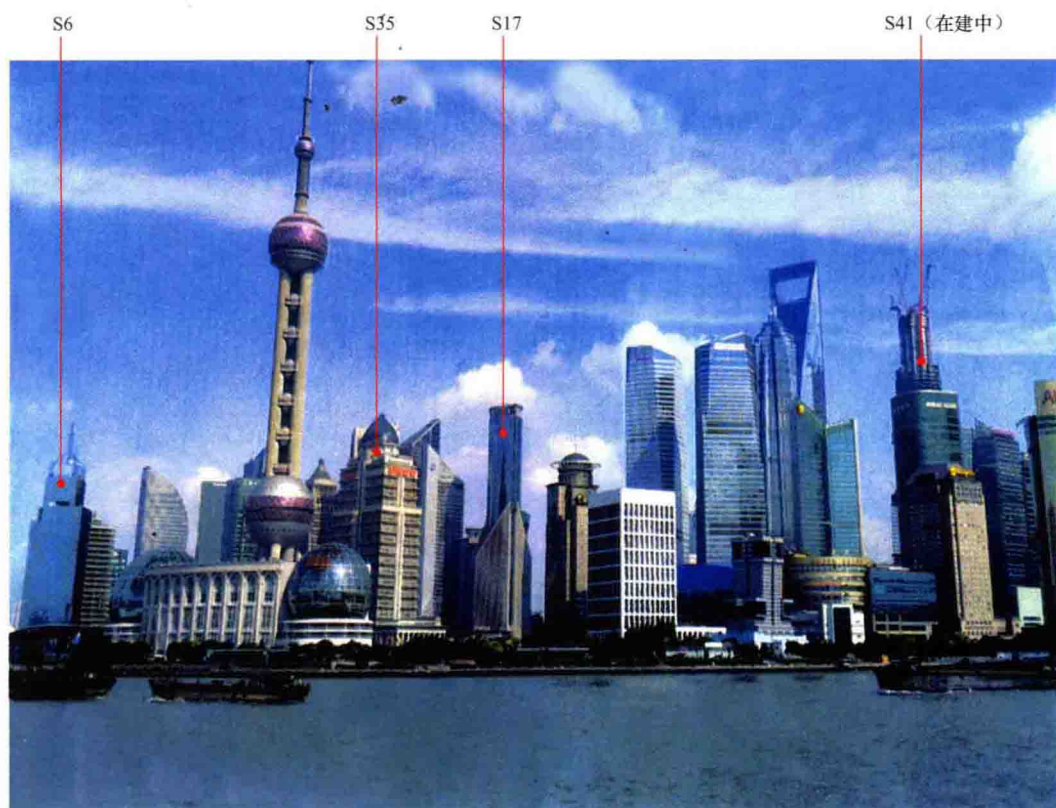
ISBN 978-7-112-15759-4

(24534)

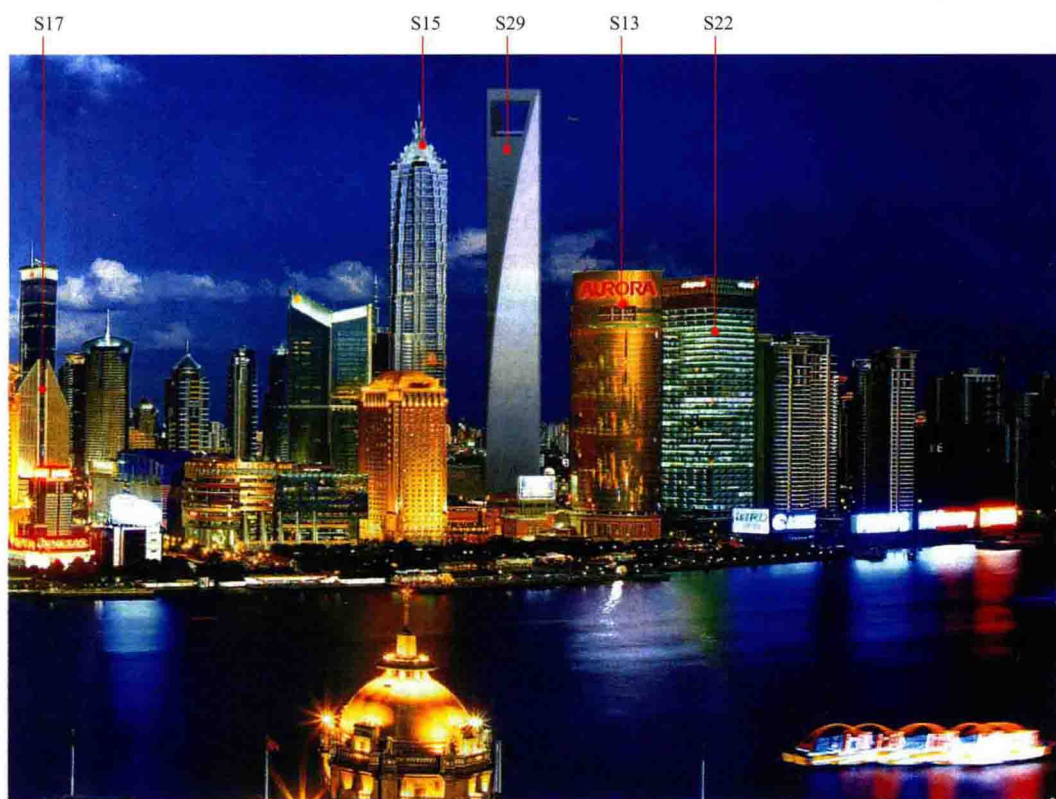
版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换。

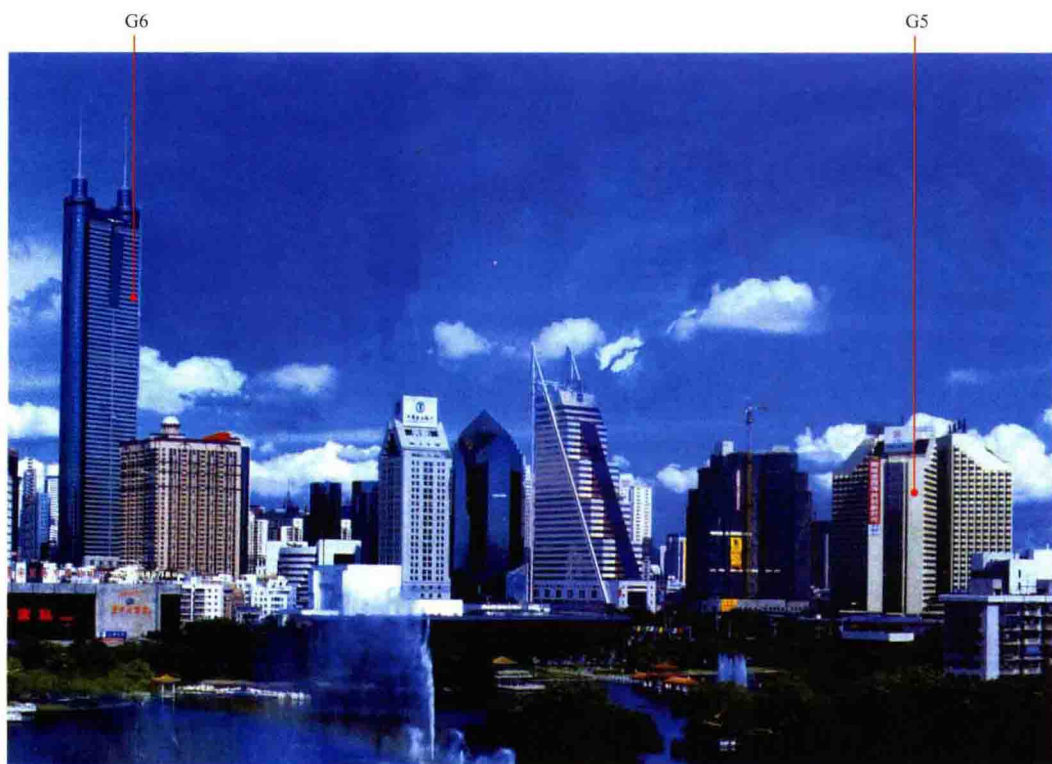
(邮政编码 100037)



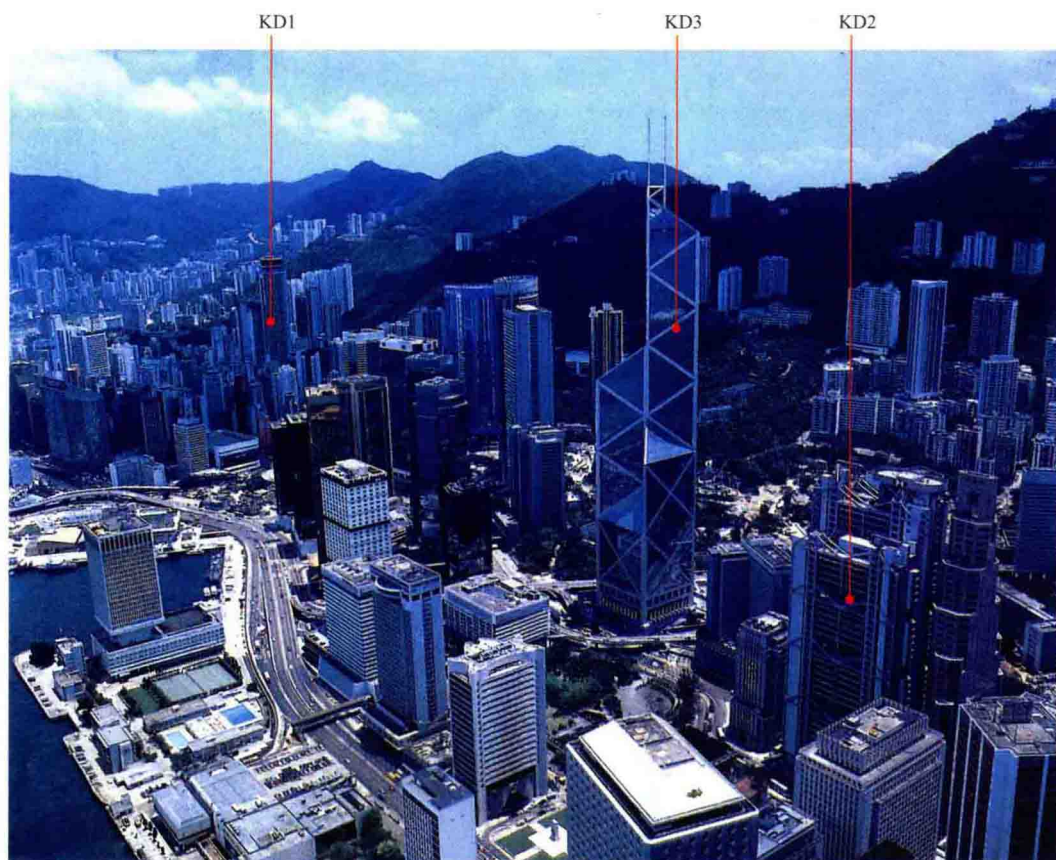
上海浦东陆家嘴金融贸易区高层建筑群（之一）



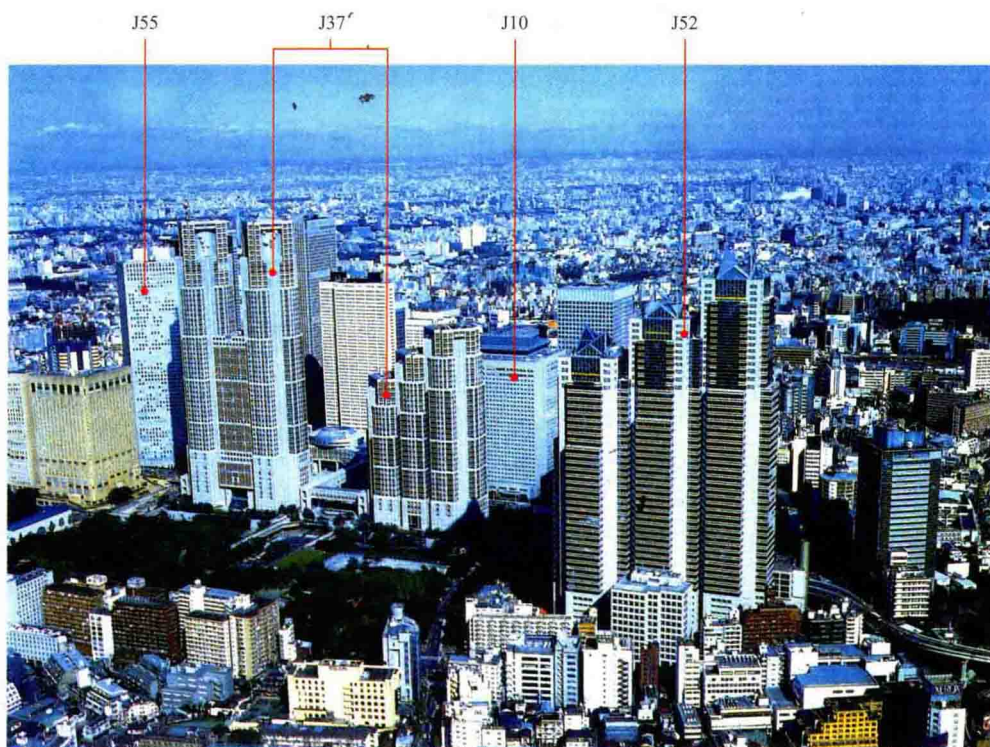
上海浦东陆家嘴金融贸易区高层建筑群（之二）



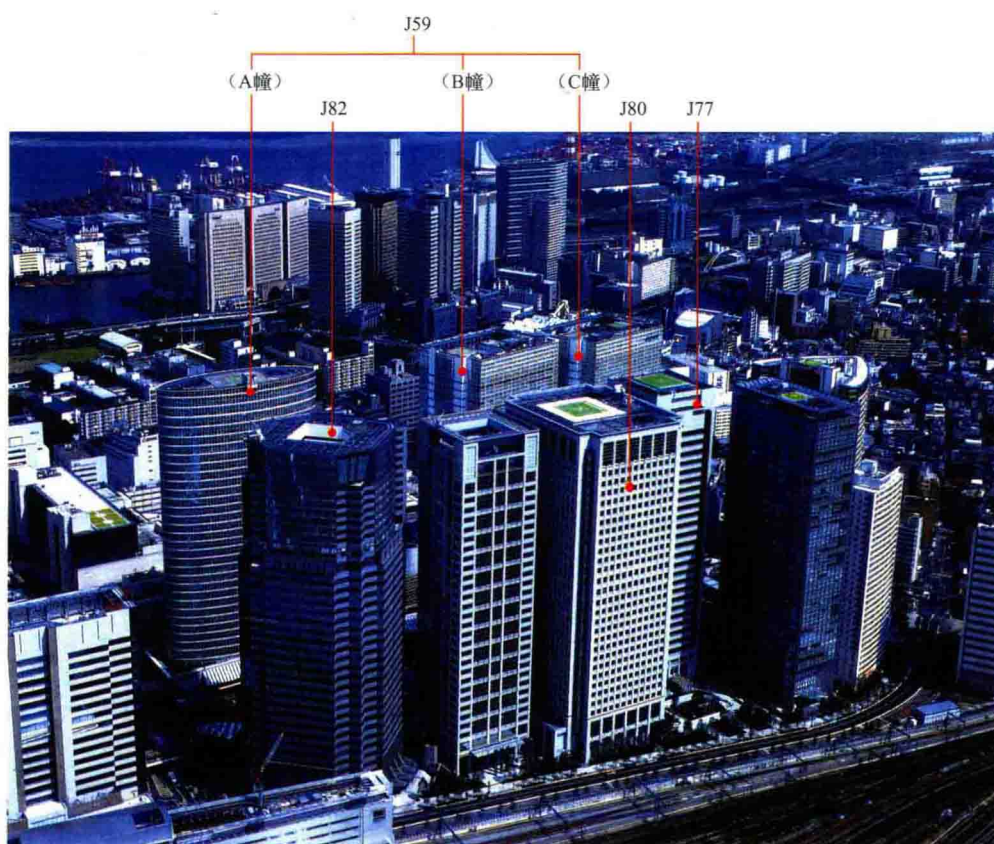
深圳开发区高层建筑群（2000 年代）



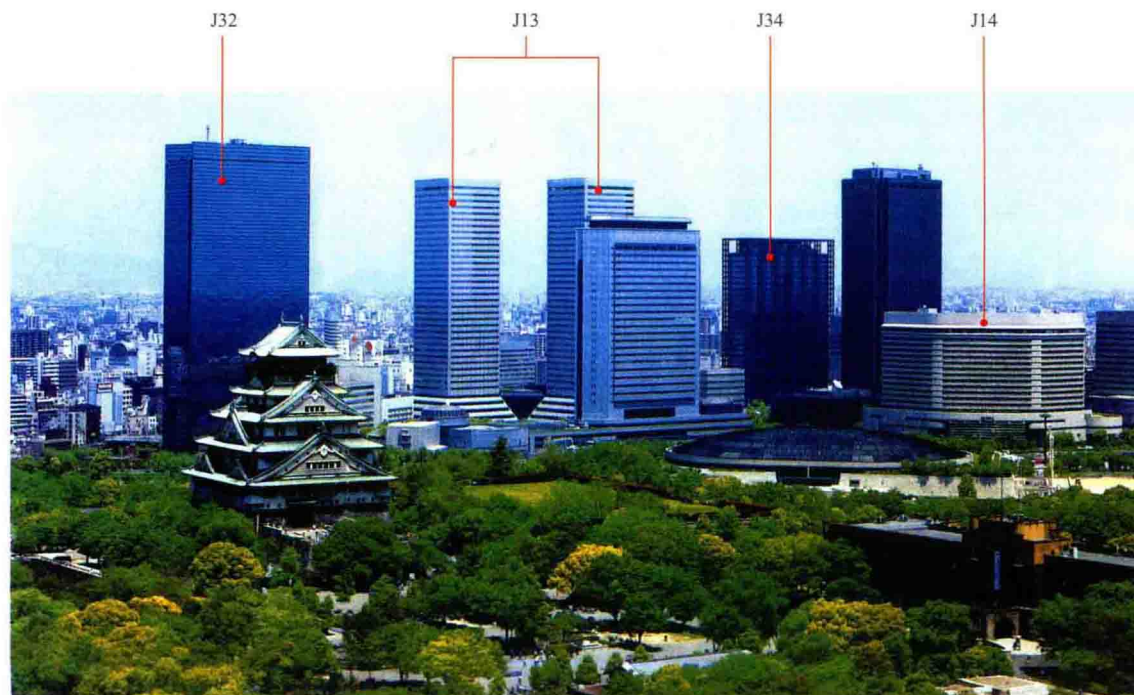
香港中环高层建筑群（20 世纪 90 年代）



日本东京新宿地区高层建筑群（2000 年代）



日本东京品川开发区高层建筑群（2010 年代）



日本大阪 CBD 地区之高层建筑群（20 世纪 90 年代）



美国纽约市曼哈顿中城北区高层建筑

序

—

我们的好友范存养教授确实是一位对建筑学科和空气调节学科有着真诚和深厚感情的勤勉学者。2001年年初，他用了多年时间钻研，获得了一项丰硕的成果——《大空间建筑空调设计及工程实录》，厚厚的一本著作。当时，在欣喜之际，我们和其他朋友们曾衷心地希望和预祝他能在其他大型建筑领域内总结出更丰盛的空调设计成果来。

又是十二个年头过去了，存养教授果然不负众望，又和有关专家学者一起，抚育了另一册巨著——《高层建筑空调设计及工程实录》，令世人欣慰和令国内外的空调专家惊喜。

在19世纪以前，高层、超高层建筑人类早就梦寐以求，希望适当地与地球引力作抗衡，以取得生存环境的一个梦想。途中经过人类长期努力，建成了为宗教服务的寺庙、教堂、宝塔等建筑物，它们具有崇高、伟大的形象，但不能真正地为人的生活服务。直到19世纪末期，在美国，由于城市大发展，用地紧张，而钢铁工业有了较大的进步，电气、给水排水、空气调节等学科技术有了较全面的发展，才出现了现代的钢结构和钢筋混凝土结构高层和超高层建筑，以满足现代人的生活——办公、经贸、科研、教育、居住、娱乐等各方面的需要。特别到了第二次世界大战以后，信息、电脑的发展，使得人类更加聪明起来，对高层、超高层建筑的群体和单体的策划、规划、建筑设计、结构设计、水、电、冷暖设备设计、防灾设计、施工、管理等，一步步走向合理、易解、易行。

由于全人类要提高生活质量，就要建造多种类型的建筑，并节约土地，往高空发展是无法避免的。因此，对于这一形态各异、高低不同、胖瘦有别又各有千秋的高层、超高层建筑，它们用各种不同的材料建造起来，又屹立于不同国家、不同地区、不同地域，处在不同的环境中。同时，在同一个地方，建筑物各有层次标高的不同，功能的差异，处理的手法也会各具亮点。这样，空调环境根据差异的设计也会成为非常重要的一项工作。而且，节约能源、减少二氧化碳的排放，已成为全人类迫切需要解决的问题。我们相信，存养教授的这部著作一定会协助土建工程人员采用国际上已经出现的好方法，既可帮助大家往前走一步，又可从前人卓越的思想中得到新的启示，取得新的成绩。

祝存养教授和各位专家的努力造福人类！

中国工程院院士、同济大学教授

戴复东

中国工程设计大师、同济大学教授

吴彦生

2013年4月 同济大学高新建筑设计研究所

序 二

土地资源对于我们这个近达十四亿人口的国家来说是十分不足的。将中美两国进行比较,美国国土面积约 937 万平方公里,人口是 3 亿多;而我国有 960 万平方公里国土,人口却是美国的 4 倍多。而国家的一切发展都离不开土地资源。因此,在我国的城市化发展过程中,必须节约用地。其中一项重要对策就是有条件地发展高层建筑。

高层建筑的发展需要各方面的协同与配合。在实用过程中对居住于其中的人来说,健康、适度舒适是最紧要的。这必须靠暖通空调系统提供保障,没有这些系统,整个建筑就会失去生命。

范存养老师早就关注到了这一点,从了解日本开始。因为日本处于地震多发地区,又需要发展高层建筑,对与建筑的相互关系上看到了日本空调的发展过程。了解日本之后,又关注到了美国、德国,还有我们自己的发展。从这些国家的相关文献中了解高层建筑暖通空调系统的发展演变过程,从而对我们如何更好地发展有所借鉴。

范老师经过多年努力,终于在 2013 年这个有象征意义的日子(2013 年 12 月 1 日是他的八十大寿),在他的学生们的帮助下,完成了一部力作《高层建筑空调设计及工程实录》,将于 2013 年年底问世。

范老师一直以来笔耕不辍。对于两大类建筑:大空间建筑和高层建筑,一直没有停止过对它们的暖通空调系统的资料收集、整理与分析。我们在感谢范老师的同时,对为此书而付出辛劳的其他作者,也一并表示衷心地祝福。

对中国建筑工业出版社表示敬意。

吴元炜

2013 年 6 月 25 日

序 三

十年磨一剑，历经十余年的辛劳，业内期盼已久的由范存养教授主编的鸿篇巨著《高层建筑空调设计及工程实录》终于出版。

承蒙范老师嘱咐，要我为这本书作序，令我诚惶诚恐。我的惶恐之一是，作为范老师学生辈的人，为凝聚范老师心血的著作作序，要在短短的文字里概括本书的精髓，既是荣幸，也是一种压力；我的惶恐之二是，20世纪90年代在范老师指导下，组织学生对上海上百幢高层建筑空调做了调研，当时范老师就希望我能够协助他编写一本高层建筑空调的专业书籍，但是因为忙、因为要应付各种琐事，我一直没有敢答应范老师，这也是我最大的遗憾。所幸的是，有叶大法、杨国荣两位教授级高工和叶海博士等的鼎力辅佐，范老师能在八十大寿时，完成了这部有历史意义的著作。

说这本书具有历史意义，并非溢美之词。伴随工业革命和西方国家城市化进程诞生的高层建筑，迄今还不到150年历史，而现代空调技术的诞生也只有110年历史。高层建筑空调技术的快速发展，第一波是在第二次世界大战前后的美国，第二波是在20世纪70年代期间的日本，第三波应该就是20世纪80、90年代之后的中国。进入21世纪，中东石油国家的高层建筑也有一定程度发展，但无论是发展规模还是自主技术能力还都无法与中国（包括港澳台地区）媲美。据美国高层建筑与城市人居环境理事会（CTBUH）的统计，世界上已经建成的最高的100幢建筑中，有34幢在中国；世界上正在建设中的最高的100幢建筑中，也有34幢在中国。截至2011年，美国高层建筑最多的纽约市有高层建筑5937幢，100m以上的超高层建筑有550幢；而中国的上海，8层以上高层建筑近23000幢（22998幢），30层（100m）以上的超高层建筑则超过1000幢（1066幢）。单从数量来说，上海已经超过纽约。高层建筑数量的增长，标志着中国建筑业巨大的技术进步、标志着中国经济的迅速发展，也标志着中国城市天际线和城市形态翻天覆地的变化。但人们对高层建筑的认识，也正经历着从盲目的追捧到更加理性的反思。同样，高层建筑的空调技术也经历了不断的发展革新。从最早美国集中的全空气系统（后来发展到变风量系统）和分散的窗式空调（穿墙式机组），到日本集中的风机盘管空气—水系统和半集中的冷媒多联机系统，是一种发展与传承，各有优点与缺点。中国则在发达国家尤其是日本的基础上兼容并蓄，近年来高层建筑空调技术更趋多元化，出现辐射供冷供热、地板送风等多种多样的空调方式。而高层建筑空调的设计理念，则更加重视节能，重视室内环境品质，重视与规划、建筑、管理和自控的协调。这本《高层建筑空调设计及工程实录》就是这段历史的真实写照。可以说，世界上还没有一本书能像《高层建筑空调设计及工程实录》这样如此全面地介绍中国及世界各国高层建筑空调系统的发展历史和现状。从这个意义上说，本书的出版是我国暖通空调专业发展中一座重要的里程碑，一定会对今后高层建筑空调技术的进一步发展发挥积极的引领作用。

范存养教授年逾八十，仍孜孜不倦地收集、整理、分析大量的专业资料，十年光阴，笔耕不辍，令人感佩。范老师的专业“资料库”在业内是有名的。包括我在内的很多业内人士，一旦有什么专业问题，会首先想到请教范老师，他总是会不厌其烦地到他的资料库中找到整理得有条不紊的技术资料，使求教者获益匪浅。由于年事已高，范老师基本不用电脑，但有时感到他的大脑比电脑还可靠。哪些建筑用了什么样的空调系统，哪些系统用了什么样的设备，这些信息范老师几乎可以信手拈来、脱口而出。我想，正是由于范老师这种热爱专业、豁达开朗、与人为善和助人为乐的生活态度，才能使他健康长寿，到晚年还能站立于学科前沿。

本书的编著，离不开众多范老师的业内同行、朋友、国外友人，特别是他的学生们的支持、帮助。范老师对我说，这本书将是他的封山之作。本书没有来得及反映近几年完工的工程项目以及众多正在规划设计建设中的项目，是范老师的遗憾。这本书连同十多年前出版的《大空间建筑空调设计及工程实录》一书都堪称经典，但包括我在内的范老师的学生们也已经步入退休年龄，所以更希望有业内比我们更年轻的学者能够继续编纂大空间空调和高层建筑空调等书的“续集”。只有不断地总结经验、汲取教训、认真思考，才能推动专业不断进步，才能对世界建筑事业有所贡献。这也是范存养教授的殷切希望。

龙惟定

2013年5月

目 录

序一

序二

序三

上 篇

第 1 章 高层建筑空调历史与发展	3
1.1 高层建筑的特征	3
1.1.1 高层建筑的定义	3
1.1.2 高层建筑的优点	3
1.2 国外高层建筑和空调技术发展简况	3
1.2.1 高层建筑的发展	3
1.2.2 高层建筑空调技术应用	4
1.3 我国高层建筑和空调技术的发展	6
1.3.1 高层建筑的建设与发展	6
1.3.2 高层建筑空调技术主要发展过程	7
1.4 21 世纪高层建筑空调技术发展动向	10
1.4.1 以建筑发展为背景的影响	10
1.4.2 以地球环境意识为背景的影响	10
1.4.3 可应用的新发展的相关技术	10
1.4.4 重视工程运行管理	11
1.4.5 通过总结交流提升建设水平	11
第 2 章 高层建筑空调负荷	13
2.1 空调负荷计算概述	13
2.1.1 空调负荷计算方法沿革	13
2.1.2 空调负荷构成	14
2.2 常用空调负荷计算及能耗分析软件简介	14
2.2.1 DOE-2 能耗分析软件	15
2.2.2 EnergyPlus 能耗分析软件	15
2.2.3 HASP 负荷计算及能耗分析软件	15
2.2.4 DeST 负荷计算及能耗分析软件	15
2.2.5 常用负荷计算及能耗模拟软件特点比较	15
2.3 内外分区负荷计算示例	18
2.4 高层建筑空调负荷计算应考虑的几个问题	18
2.4.1 平均风速与建筑高度的关系	19
2.4.2 空气温度与建筑高度的关系	19
2.4.3 冬季建筑高度与大门渗透风量的关系	20
2.5 建筑围护结构节能概述	20
2.5.1 我国建筑围护结构节能要求	20
2.5.2 日本建筑节能技术要求	21

2.5.3	美国建筑围护结构节能要求	24
2.6	空调负荷指标	24
第3章	高层建筑围护结构及其对空调负荷的影响	27
3.1	高层办公建筑特征	27
3.2	办公建筑标准平面类型	27
3.2.1	根据核心筒位置分类	27
3.2.2	核心筒位置对空调负荷的影响	27
3.3	办公楼标准层窗墙比对空调负荷的影响	28
3.4	透明围护结构玻璃选择	29
3.4.1	不同玻璃的光热特性	29
3.4.2	高层建筑常用玻璃的特性	31
3.4.3	不同地区玻璃光热特性选择	31
3.5	窗户遮阳选择	32
3.5.1	一般原则	32
3.5.2	不同外遮阳方式效果比较	32
3.5.3	高层建筑外遮阳实例	34
3.5.4	室内遮阳形式	34
3.6	墙体构造热工性能要求及对围护结构节能策略	35
3.7	围护结构节能新技术	36
3.7.1	双层通风幕墙 (Double Skin Facades, DSF)	36
3.7.2	DSF 综合功能	36
3.7.3	DSF 幕墙的种类	36
3.8	与太阳能发电相结合的围护结构应用	38
3.8.1	多晶硅型太阳能电池发电系统在墙体或遮阳板上的应用	38
3.8.2	太阳能光伏玻璃幕墙	38
3.8.3	PV 与 LED 结合的幕墙	39
第4章	高层建筑空调系统与方式	41
4.1	适用于高层建筑的空调方式与系统	41
4.1.1	高层建筑空调方式与系统适用性	41
4.1.2	集中式全空气空调系统应用特性	42
4.1.3	半集中式水—空气系统空调方式	43
4.2	高层建筑空调分区	44
4.2.1	垂直方向分区	44
4.2.2	水平方向分区	44
4.3	办公建筑标准层内外分区	45
4.3.1	窗际热环境因素	45
4.3.2	内外区负荷因素	45
4.3.3	内外区传统空调方式	45
4.4	办公建筑标准层空调方式演变与进展	48
4.4.1	内区空调方式	48
4.4.2	外区空调方式	50
4.4.3	简化空调外区设计动向与实践	50
4.4.4	单元型制冷剂式空调机组在外区的应用	60

第5章 变风量空调系统设计与应用要旨	66
5.1 高层办公建筑空调方式	66
5.2 系统分类	67
5.2.1 单风道型变风量空调系统	67
5.2.2 风机动力型变风量空调系统	67
5.2.3 组合式单风道型变风量空调系统	67
5.2.4 变风量空调系统分类	68
5.3 变风量空调系统设计理念	71
5.3.1 北美国家系统设计理念	71
5.3.2 日本系统设计理念	72
5.3.3 混合损失与无外区设计	72
5.4 系统选择与应用	73
5.4.1 系统选择	73
5.4.2 末端选型	73
5.4.3 新风系统设计	74
5.4.4 自动控制	75
第6章 新风独立并热湿分别处理空调方式应用	77
6.1 问题的提出	77
6.2 方式分类	78
6.2.1 以冷水为介质的空气热湿分别处理方式	78
6.2.2 其他方法实现的空气热湿分别处理方式	79
6.3 辐射空调方式设计与应用	80
6.3.1 发展缘由与经纬	80
6.3.2 辐射板形式	80
6.3.3 辐射板空调系统设计原则	81
6.3.4 吊顶辐射供冷/热水系统	82
6.3.5 辐射空调方式派生系统	85
6.3.6 辐射空调方式应用现状	86
6.4 诱导型末端新风独立空调系统	86
6.4.1 形式与发展	86
6.4.2 设计原则	87
6.5 干式风机盘管机组应用	88
6.5.1 干式风机盘管机组	88
6.5.2 干式风机盘管+新风装置的水系统	88
6.5.3 新风独立控制的空气处理机组	88
6.6 溶液除湿新风处理装置	89
第7章 下送风空调方式及其复合应用	92
7.1 地板送风和置换通风区别	92
7.2 地板送风特点	93
7.3 地板送风空调末端装置	94
7.4 地板送风空调方案选择	96
7.5 地板送风的复合应用	98
7.5.1 结构蓄冷(热)	98
7.5.2 个人空调	98

7.5.3 自然通风	99
7.6 工程实例	100
第8章 高层建筑冷热源设计	104
8.1 常规冷热源方式与选用原则	104
8.1.1 常规冷热源方式	104
8.1.2 国内外应用状况	104
8.2 蓄能空调技术	105
8.2.1 发展缘由	105
8.2.2 典型方式与特点	106
8.2.3 结构蓄热方式	108
8.2.4 蓄能工程应用情况	109
8.2.5 选用原则	109
8.3 热泵应用及热源	110
8.3.1 小型空气源热泵机组(风冷热泵机组)	110
8.3.2 多联式空气源热泵系统及水环热泵系统	110
8.3.3 空气源热泵冷热水机组(风冷热泵冷热水机组)	110
8.3.4 水源热泵冷热水机组	110
8.4 高层建筑冷热源方式分析(以本书工程实录为统计对象)	112
8.5 冷热源设备机房规划与布置	113
8.5.1 制冷机房与锅炉房	113
8.5.2 冷却塔与风冷热泵机组	113
8.5.3 区域能源站房	113
8.6 区域冷热电联产(DHC)应用	113
8.6.1 国内外应用状况	113
8.6.2 区域供冷供热设备、能源与特点	114
8.6.3 DHC特点	114
8.6.4 热电联产应用	114
8.6.5 热电联产装置与排热利用	115
8.7 区域供冷供热(包括热电联产方式)实例	115
8.7.1 东京新宿地区区域供冷供热系统	115
8.7.2 东京晴海地区 Triton 广场区域供冷供热系统	118
8.7.3 日本东京品川 Grand Commons 小区区域供冷供热系统	119
8.7.4 东京六本木 Hills 再开发区区域供冷供热系统	120
8.7.5 东京汐留北地区区域供冷供热系统	123
8.7.6 美国纽约国际金融中心区域供冷供热简介	124
8.7.7 北京中关村西区域供冷项目简介	125
第9章 高层建筑空调水系统设计	129
9.1 空调水系统概述	129
9.1.1 空调系统水管种类与用途	129
9.1.2 空调水系统分类及其组合	129
9.1.3 空调水系统垂直分区	132
9.2 高层建筑几种常用空调水系统	135
9.2.1 一级泵定流量系统	135
9.2.2 一级、二级泵系统	136

9.2.3 一级泵变流量系统	136
9.3 空调水系统设计几个问题探讨	137
9.3.1 大温差空调冷水系统设计优化	137
9.3.2 一级、二级泵系统盈亏管倒流问题分析	139
9.3.3 大温差水系统用户回路温差控制	140
9.3.4 提高空调水系统输送能效	141
9.4 超高层空调水系统垂直分区	142
9.4.1 工程概况	142
9.4.2 上海中心大厦空调冷、热水系统垂直分区状况及系统参数	142
9.4.3 上海中心大厦空调冷水系统垂直分区示意图	144
9.5 部分中国高层建筑空调水系统汇总	144
第10章 直接蒸发式单元型空调装置应用	151
10.1 单元型机组空调系统及其性能	151
10.1.1 单元型空调装置种类	151
10.1.2 直接蒸发式单元型空调装置性能	154
10.2 多联空调机组方式	155
10.2.1 多联机空调机组分类	156
10.2.2 系统一般特性	157
10.3 多联机空调系统设计概要	157
10.3.1 设计程序	157
10.3.2 系统管路布置和室外机布局	158
10.3.3 风冷型多联机系统的适用性	159
10.3.4 直接蒸发式单元型空调装置系统化应用的其他方式	160
第11章 高层建筑室内空气品质控制措施	165
11.1 办公环境与劳动生产率	165
11.2 室内空气品质控制	165
11.2.1 新风量——通风量	165
11.2.2 空调系统通风量和新风比	166
11.2.3 通风有效率和新风通风(利用)效率	166
11.3 空调系统与空气净化措施	167
11.4 过滤器阻力、耗电与系统的影响	170
第12章 高层建筑自然通风应用	172
12.1 产生自然通风的基本要素	172
12.1.1 热压作用下的自然通风	172
12.1.2 风压作用下的自然通风	172
12.2 风压作用下办公建筑标准层核心筒位置与通风的关系	173
12.3 高层建筑自然通风应用方式	174
12.3.1 组织平面气流方式	174
12.3.2 平面气流与竖向气流相结合方式	174
12.3.3 自然通风与空调相结合应用方式	175
12.4 高层建筑自然通风控制	178
12.5 高层建筑自然通风应用前景	180
12.5.1 关于高层建筑自然通风的应用研究	180
12.5.2 存在的问题与应用前景	180

第 13 章 高层建筑空调系统控制	182
13.1 冷源侧空调水系统控制	182
13.1.1 空调冷/热水系统	182
13.1.2 冷水机组时序控制（台数控制）	184
13.1.3 冷水泵转速控制与时序控制	185
13.1.4 冷却水系统控制策略	186
13.1.5 冷源系统优化控制（群控）	186
13.2 负荷侧空调系统控制	187
13.2.1 定风量系统控制	187
13.2.2 变风量（VAV）系统的控制	188
13.2.3 风机盘管机组（FCU）控制	190
13.2.4 新风量控制与优化	191
13.3 空调系统自控与建筑自动化的关系	192
第 14 章 高层建筑生态绿色技术要旨与性能评估	195
14.1 生态绿色技术的演进	195
14.1.1 以节能为目的阶段	195
14.1.2 以绿色生态与人居可持续发展为目标阶段	195
14.2 生态绿色建筑技术评估	198
14.2.1 LEED 评价标准	199
14.2.2 CASBEE 评价标准	200
14.2.3 CASBEE 评估概念应用实例	202
14.3 我国绿色建筑评估方法	204
第 15 章 高层建筑防排烟设计	206
15.1 防排烟基本概念	206
15.2 防火分区与防烟分区	206
15.3 烟气控制设计	207
15.3.1 建筑防、排烟设置部位	207
15.3.2 “处方式”设计与性能化烟气控制设计	209
15.3.3 防烟设计	209
15.3.4 排烟设计	210
15.4 防火隔离设计	212
15.5 高层建筑防排烟设计实例	214
第 16 章 高层建筑空调设备更新改造	217
16.1 高层建筑空调设备更新问题的由来	217
16.2 空调设备更新、改造的具体原因	217
16.3 空调设备更新改造实施类型	217
16.4 改造工程实例	218
16.5 高层建筑空调冷热源装置改造实施途径	218

下 篇

工程实录目录	231
工程实录	
后记	