

# 高层建筑结构



HIGH-RISE BUILDING STRUCTURES

# 目 录

译者前言

序言

单位符号表

第一章	绪论	1
	城市中的高层建筑	1
	高层建筑及其支承结构	2
第二章	高层建筑上的荷载	3
	恒荷载	3
	活荷载	5
	施工荷载	6
	雪荷载、雨荷载和冰荷载	6
	风荷载	7
	地震荷载	14
	水压和土压荷载	29
	材料体积变化被约束而产生的荷载	30
	冲击荷载和动荷载	35
	爆炸荷载	36
	荷载组合	36
第三章	高层建筑结构介绍	37
	高层建筑的发展	37
	一般高层建筑结构	38
	总体规划条件	41
第四章	垂直的结构平面	44
	垂直力的分散	44
	水平力的分散	44
	最佳底层空间	54
	剪力墙的布置	54

水平荷载作用下剪力墙的状况·····	58
第五章    一般高层建筑结构及其在荷载作用下的状况·····	62
承重墙结构·····	62
剪力核心带结构·····	66
刚性框架体系·····	70
墙梁结构: 间隙的和交错的桁架体系·····	72
刚架——剪力墙建筑体系·····	74
平板建筑结构·····	77
剪力墙——框架交叉作用体系并有刚性层桁架·····	77
筒形体系·····	79
组合建筑·····	86
高层结构体系的比较·····	88
第六章    其他近似控制建筑侧移的设计·····	92
有效的建筑形式·····	92
反作用力或动力反应·····	94
第七章    结构的近似分析和建筑物的设计·····	97
承重墙建筑的近似分析·····	97
横墙结构·····	97
纵墙结构·····	102
刚性框架结构·····	113
垂直荷载近似分析·····	113
水平荷载近似分析·····	118
刚性框架建筑的近似设计·····	128
刚性框架建筑的水平变形·····	137
刚性框架——剪力墙结构·····	141
空腹结构·····	142
空筒结构·····	149
第八章    楼面结构或水平的建筑平面·····	152
楼面构架体系·····	152
水平支撑·····	158
组合楼面体系·····	158
第九章    高层建筑的装配式构件·····	166
骨架框架体系·····	168

承重墙板体系·····	174
墙板框架体系·····	177
多层盒子体系·····	179
第十章    其他高层建筑结构·····	182
深梁体系·····	182
高层悬挂体系·····	182
高层充气建筑·····	185
应用于高层建筑的网架·····	199
舱建筑·····	202
建筑物说明·····	205
参考资料·····	213

# 第一章 绪 论

高层建筑与城市紧密相关；它是土地稀有，地价高昂，居民密集的自然反应。大量高层建筑的发展超出了设计者对环境关系的解释和对建筑物意图的反应。一幢高层建筑物可以独立的自由耸立——垂直而细长的或水平面庞大的——也可将其布置在其他高层建筑物的毗邻，如形成连续的街坊。二者在研究建筑物时则分别是独立的题目。然而将来的超高层建筑则可能是一个完整的大的建筑体，一个城市，它是把建筑物或各个活动小体互相连接起来的多层的活动体系。

高层建筑的范围约在10层以上到100层以下，决定建筑物的高度和体形是比较复杂的设计过程。有些前提条件是业主要求，应对占地面积，地盘布置及有关环境因素进行比较。如需要考虑为建筑物和居住者服务，建筑物的生态学影响，或风景绿化的布局特点。

## 都市中的高层建筑

随着城市的兴起，高层建筑紧随着发展起来。都市化的过程开始于工业化的年代，现在仍然在世界上很多地方进行着。在美国这个过程开始于十九世纪，人们从乡村迁往城市，因此给稠密的城市增加了压力。科学技术对这个压力的反应是提供轻钢格构结构、电梯和能源供给系统，从而成为高密度垂直发展的城市的必需手段。

从本世纪起，高20层左右的建筑群布置在黑暗的狭窄的街道两旁互相对峙形成了城市峡谷。其主要的目的是要求在最少的土地上安置最多的人。这样就引起了拥塞，这种人和城市互相交叉影响的体制，在设计上是很难考虑的。然而自由耸立的超高层建筑（摩天大楼）却解决了人们对光、空气、开扩的底层平面和公共活动空间的需要，由于高层建筑至少提供了等于它所代替的建筑群的密度，所以必须设计得比较高。现代技术远远地满足了在经济合理的造价上修建独立摩天大楼。

从技术的和物质的观点来看，比较容易明了高层建筑的设计仍是空间状态的设想，即认识人类的需要和对空间的适应性。不过它还处于早期发展阶段。在建筑物里人们互相隔离缺乏接触，与街上的生活失掉联系，仍然是设计者企图克服的一些问题。

现在的区域管理只是控制城市中高层建筑的密度，而不是根据活动的都市建筑总体关系进行规划的。过密的组织高层建筑群对于城市环境的影响是极端严重的。一些稀有的摩天大楼对城市的影响是明显的，如芝加哥的超过1/4哩高的109层的Sears Tower。这幢建筑物的电力系统能为有147,000人的城市务服，而它的复杂的空调系统能为6000套住房降温。在建筑物的各个地方共设有102部电梯，可满足约16,500用户每日的需要，形象地讲，这些电梯就象街道的死胡同系统，在建筑物的空间大厅里由双层高速电梯或局部的低速自动楼梯到另一层空中大厅，就象广场中的人们可以不停地从一处到另一处去一样。因为建筑物内包括了所有人们在理论上离不开的必需的服务设施和环境。其保障设施如商店、招待所、娱乐

场、卫生、教育、保险、运输、停车场、公用事业、废物和污水处理等，相当于一个小城市的需要。这种稀有的建筑物形成了城市中的城市。这样复杂的相互作用系统的设计需要有社会的、生态学的、经济的和政治的系统资料，不仅在都市的关系上而且也在它自身的环境上运用。

在很多首都地区，修建高层建筑是对密集的居民不断增长的仅有回答。它也是技术成就的象征，不会因为它们的失去人性的效果而被废弃或搁置。相反，教育和其它研究机构都更加提倡系统地研究高层建筑的环境及其对改善生活条件的关系。

## 高层建筑及其支承结构

高层建筑的设计，较简单的应用是在公寓，办公室、医院和学校中，而较大的稀有的应用前面刚论述过，它要求对一个工作组在设计上，材料预制和建筑施工中进行不同的训练，建筑师应努力协调这个工作组以使不同的材料，服务设施和施工如同一个整体。建筑师不能随心所欲地设计，他不仅受到一般的摩天大楼封闭形式的限制，还必须有效的利用材料，遵守保险，防火和卫生条件等有关的技术规定。

建筑师必须把建筑物作为综合体系来进行设计。使支承结构作为有机的组成部分与建筑设计同时发展；不可能设想结构工程师把结构当作一个无关的条件分开，而在较晚的时候才塞进有用的空间里去。显然这种综合设计方法在任何建筑设计中都采用，但基本上是用于少有的高层建筑中。高层建筑需要较复杂的结构支承体系，而其物质的和环境的力是首先由设计决定的。建筑物必须首先抵抗自重产生的垂直力，地面上风荷载产生的水平力和地下的地震力。建筑物的轮廓要适应内部和外部环境之间不同温度，湿度的影响。建筑物的结构构件必须反应所有这些力，使构件能吸收这些力。并以最简捷的途径安全的把力传递到地下去。这样来布置构件和使之彼此连接起来。

建筑师只有注意到结构原理的实质，对这些力和它的来源作出灵敏的反应，并在初步设计阶段中合理的布置出来，他才能与结构工程师有共同的语言交换意见。也就是建筑师要对工程原理有基本的了解才能与结构专家真正的合作以获得最优的方案。

结构构件是建筑物必需的骨架。建筑师应能掌握这些结构构件并暴露它们，以清晰地表现建筑物的精神。

## 第二章 高层建筑上荷载

作用在结构物上的荷载不是直接产生于自然力就是产生于人本身；即地球物理的和人为的力是建筑荷载的两个基本来源（图2.1）。

由于自然界的不断变化而产生的地球物理力，可以进一步再分为重力、气象力、和地震力。作为重力的结果，建筑物本身的重量作用在结构上的力称为恒载，这个荷载在建筑物的存在过程中永远保持下来。气象荷载是随着时间、地点、不同风向的出现、温度、湿度、雨、雪和冰而改变。地震力是地动的结果（如地震）。

人为荷载的来源可能产生于汽车、电梯、机器等不同的震动也可能是人和设备移动，爆炸和冲击的结果；制造和施工过程中作用在结构上的力；满足建筑物稳定性要求而予加应力所引起的力。

地球物理的和人为的建筑荷载常常是互相关连的。建筑物的质量、大小、形状、材料都影响地球物理力的作用。例如，建筑构件受到约束，由于温度和湿度变化的影响，建筑物中就会相应产生力。

为了保证问题易于解决和结构的功能获得成就，仔细研究建筑物与荷载作用的相互关系的机理是很有必要的。为使建筑物安全和耐久，设计者也必须了解这些力与荷载的相互关系。下面概述建筑上这些力及其荷载作用。

### 恒 荷 载

建筑物上承受的重力、荷载可分为两个清晰的大类：静荷载和动荷载。静荷载通常是结构的永久部分。动荷载是暂时的；它们随着时间和季节的改变而变化。随着结构上或结构内部空间功能的变化而改变。

恒荷载是结构内部每个构件的重量引起的静力。这些由恒荷载引起的力，包括建筑物的承重构件、楼面、天棚装修、永久性隔断、框架围护墙板、水箱、机械分布系统等等重量。所有这些构件的综合重量构成建筑物的恒荷载。

显然，确定材料的重量如结构的恒载是很简单的事。然而对各种不同的问题作精确的荷载分析后（参考资料2.1a）恒荷载的估计误差仍在15%~20%之间或者更多。初步设计阶段中不可能使结构分析者精确的予估到尚未确定的建筑材料的重量，特别是非结构材料，其中包括予制立面墙板、照明设备、天棚系统、管子、管道、电气线路、以及特殊的部件等的选择；估计钢结构的加劲构件和连接系统的重量有一个基本的百分比；生产者或规程提出的材料单位重量常常同制造出的产品不一致；建筑构件名义上的尺寸与实际尺寸不同；浇灌混凝土的模板可能有 $\frac{1}{2}$ 吋的误差等等。

这些少数的例子说明，缺少准确的知识就不能精确地予估恒荷载。





## 活 荷 载

活荷载与恒荷载本质上的区别在于：它们是可变的和不可予测的。活荷载不仅由于时间也由于位置的改变而变化。这种改变可以是短时的，也可以是长期的，这样使活荷载在静力阶段几乎不可予估。

在建筑物内部或上面的荷载包括人、家具、活动隔断、保险柜、书籍、档案柜、机械设备（如：计算机、商用机械）汽车、工业设备等的重量，以及所有半永久性荷载或临时荷载，它们是加在建筑体系上的，而不是加在结构某一部份上，因而不能作为恒荷载考虑者。称之为使用荷载。

高层建筑结构具有多方面的适应性，几乎不可能予估结构受到合理的活荷载条件。通过经验总结、调查分析和实践，建立了各种不同使用条件下建议的荷载标准值：在建筑规程的荷载表中列出了结果和固定的经验安全因素，用以计算最大的荷载条件。

荷载值采用等效均布荷载和规定的集中荷载形式。等效均布荷载反映出变化的、实际的使用荷载条件。荷载取值接近实际而偏于保守。调查各种办公室的使用荷载为40磅/呎<sup>2</sup>；而建议的设计值为80磅/呎<sup>2</sup>。公寓的荷载调查记录表明在10年内最大的荷载强度约为26磅/呎<sup>2</sup>；一般的设计值却为40磅/呎<sup>2</sup>（参考资料2.1a）

集中荷载是作用在临界点上单一的荷载，如楼梯踏步、天棚检查口，停车场（如，换轮胎用的千斤顶）和高度集中应力作用下容易破坏的地方。

考虑到常有不可予估构件，虽然可能出现荷载规定值过于保守。但要保证不可控制的非常地点如人们举行仪式、集会、火警演习产生的拥挤，或建筑物使用情况改变，重新布置家具所产生的超载部分，将会在特殊地点产生更多的荷载，因此规定了最小的安全因素。

有可能出现这种情况，每层楼面的每一平方呎同时有满的使用荷载被一根细小柱支持着。而实际的荷载是由不同地段不同的荷载条件组成，一般的、面积越小、荷载强度越大。但楼面上的使用荷载从来不是相等的。建筑规程考虑到这一点，允许采用活荷载折减系数。例如纽约州的建筑构造规程（参考资料2.17），摘录如下：允许建筑物顶部三层楼面上的使用荷载按80%计，以后每层楼面减少5%直到至少为假定荷载的50%。

### C 304—2 活荷载

#### C 304—2.1 总论

b—在不经常产生集中应力的地方，可用 C 304—2.2第四表的均布荷载或集中荷载取应力较大值来设计跨过支承结构之间的结构构件和楼面。

c—支承仓库和机动车辆停车场的梁或大梁上的均布荷载当这些构件支承 150 呎<sup>2</sup>/每层楼面或更多的屋面与楼面面积时可以作如下的折减：

当恒载不超过25磅/呎<sup>2</sup>时折减值R不超过20%；当恒载不超过25磅/呎<sup>2</sup>且活荷载不超过100磅/呎<sup>2</sup>时折减不超过以下三种最小限度；

60%

每平方呎支承面的0.08%

$$R = 100 \frac{DL + LL}{4.33LL} = 23.1 \left( 1 + \frac{DL}{LL} \right)$$

DL 恆載 Psf

LL 活載 Psf

d—支承仓库和机动车辆停车场的柱、大梁、支承柱、承重墙和基础墙,其支承的屋面和楼面面积为150呎/每层楼面或更多时,这些构件上的均布荷载应小于以下总荷载的百分比。

在屋面上为80%

在紧靠屋面的楼面上为80%

在屋面下第二层楼面上为80%

每层楼面减少5% (屋面下第三层楼面为75%到第七层楼面为55%)

在屋面下第八、第九、第十层和以下各层楼面为50%

因为连续结构再分布荷载的能力如同它的变形,规程没有考虑作用在建筑构件上活荷载的折减。另一方面,因为它们被长期的风荷载、振动、温度变化、沉陷和环境力的连续变化引起的疲劳作用控制从而减少了建筑物的承载能力。

从结构的立场选择适当的结构体系依赖于三个因素的知识:

- 承受的荷载情况
- 建筑材料的性质
- 荷载力通过构件传入地下对结构的影响

牢记这三个因素,结构设计者可用逼真的模型予测材料和结构的工作状况,但毕竟是经验的规程值来予估荷载强度。而只考虑施工和材料的经济性方面而忽略其他方面。将来可能找到实际荷载条件的更精确的予估方法。

## 施 工 荷 载

结构构件一般是按恆载和活载进行设计;然而构件在施工过程中所承受的荷载远比设计荷载大。这些荷载称为施工荷载,是设计结构构件的重要因素。

每个承包者均采用各自保证经济的施工方法。虽然建筑师可以设计建筑物以适合特别的施工体制。但他不可能了解承包者的每个实践、做法。承包者常常在结构物的一小块面积上堆积重的设备和材料。这样引起的集中荷载比结构设计的活荷载大,由此而导致结构物破坏。

当承包者在拆除模板和顶撑以前忽略了混凝土应有的有效养护时间则混凝土结构就会产生大问题。混凝土的强度随时间的增加而增长;但是时间对承包者是宝贵的,他们可能在混凝土达到最小设计强度前就拆除模板,结构构件可能负担不了承受的荷载而破坏。

假如在施工过程中没有设置临时支撑,对于与混凝土板共同工作的梁的设计必须考虑施工荷载,在这种情况下,必须复核梁在没有板共同工作时承受的施工荷载。

对于予制混凝土构件,最危险的阶段是重型墙板构件的制作到安装。设计构件时必须确定吊点的数量和位置。也必须考虑运输和安装过程中可能遇到的任何方向的振动和应力。

## 雪 荷 载、雨 荷 载 和 冰 荷 载

通过很多年降雪深度和强度的观测后决定了合理的最大雪荷载的予估值,美国气象局(图2.2)指出各个地区的最小雪荷载是从美国南部的5磅/呎<sup>2</sup>到北方的80磅/呎<sup>2</sup>,根据它的强度,每吋厚的雪重近似为0.5~0.7磅/呎<sup>2</sup>,提出了特别地区雪的特征的报告和地方规

程。

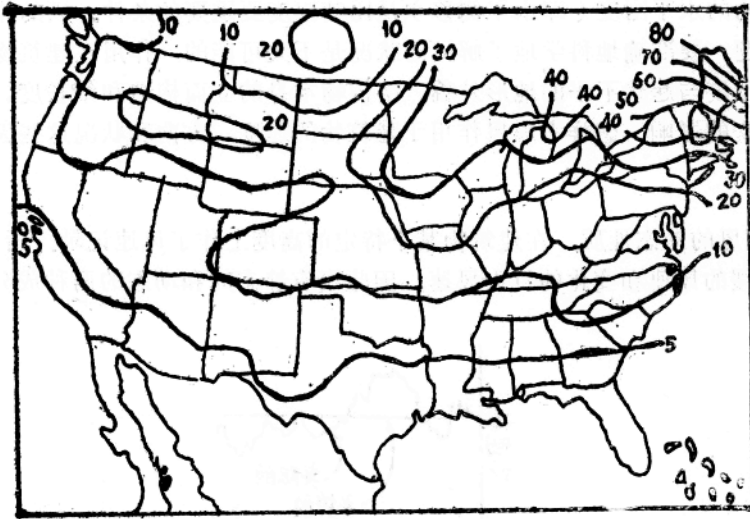


图 2.2 最小雪荷载 (PSF)

建筑物屋顶上和其他可能积雪的地方，如平台、眺台、阳台等必须考虑雪荷载。规程建立的雪荷载是根据地面上最大的雪。一般地面上雪荷载有大于屋面上的雪荷载的趋势。因为风把屋面上松散的雪吹掉或因热穿过屋面把雪溶化或蒸发。规程允许坡屋顶上荷载值有一个折减百分比，因雪容易滑下屋顶。但是某些屋面条件可能影响风的状况，其结果局部地方会积聚较大的雪荷载。

虽然在计算活荷载时不常考虑到雨水，但在设计时的确要记在心里。雨荷载一般比雪荷载小，但要注意水的积聚，它的重量为62.4磅/呎<sup>2</sup>将产生可观的荷载。平屋顶上排水阻塞可能引起重的荷载。由于水的积聚，其结果屋顶更倾斜。这个过程称为积水过程，可能导致屋面最终崩塌。

冰积聚在突出的构件上，特别是那些除承受自重外不承受其他荷载的外部装饰构件。在设计时必须保证这些构件能抵抗冰的荷载而且安全。此外，除冰的自重以外，冰在开口桁架上堆积，不仅增加结构面积而且增加重量，结果形成较大的风压值。

## 风 荷 载

第一幢摩天大楼对于风产生的水平作用力的复杂影响不是脆弱的。这幢砖石承重墙建筑的重量如此之大，风力作用不能克服馈入的重力。直到1800年当承重墙体系统被刚性框架代替的时候，重量仍然是首要的决定因素。有小开口的重型立面砖石墙、封闭空间的柱、巨大的组合框架构件和重型隔墙仍然产生如此大的重量以致风的作用不是一个大问题。

1950年的第一幢玻璃幕墙的摩天大楼及其最佳内部开扩空间和相对的小重量第一次反映了风力的复杂性。提倡轻型钢框架使重量不再是限制建筑物高度的因素。高层建筑的时代，虽然相应的带来了一些新问题，为减少恒荷载而创造较大的、更灵活的空间、更大跨度的梁、

活动的不承重内隔墙、非承重的幕墙已经发展起来。所有这些发明已经抛开了结构的全部刚度；现在建筑物的水平刚度（即水平侧移）是比其强度更重要的条件。风的作用变成高层建筑设计的大问题。要准确地科学地了解风的状况是不大可能的，作用在建筑物上的风是流动的，并受较大尺度与起伏不平的地形外貌、结构物本身的立面构造和细长度、邻近建筑物的布置等环境因素的影响。怎样考虑风作用于建筑物的速度、方向和状况这些因素呢？

风速

图2.3说明风的动态性质，在建筑物某个特定的高度上作了风速记录。指出两种现象。一般的持续平缓的风速和变化的巨大风速。因此风有静态的和动态的两种成分。

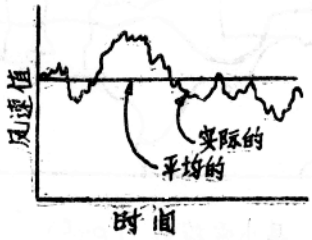


图 2.3

通常风速一般是随着高度而增加，如图2.4所示。一般的风速减小的程度是地形起伏不平所致，主要是因为风接近地面受摩擦而减速。周围的物体（如树、地形、建筑物）对它有一定的干扰，海拔高度越高的地方将产生最大的风速 $V_{max}$ （参考资料2.7）。

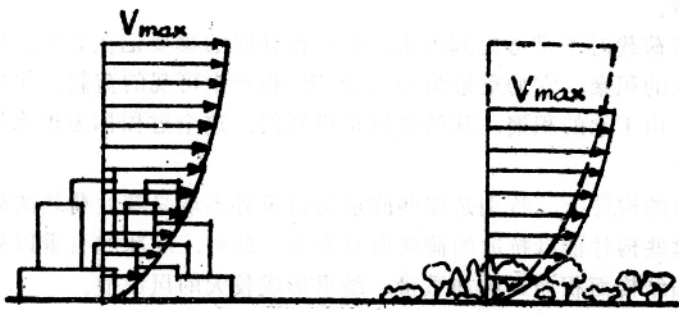


图 2.4

风荷载及有关的建筑规程

现在正进行着予测高层建筑物上风的作用的广泛探索。建筑规程仍采用静力方法以反映风的动力作用。给出的风压值是以在地面上30米高度、50年一个阶段的每年最大平均风速哩/小时为基础。美国气象局发表了最大的地区风速值（图2.5）

风在建筑物上产生的风压值一般按下列公式计算：

$$P = 0.002558 (C_D) (V)^2$$

这里  $P$  = 建筑物表面的风压值  $\text{Psf}$

$C_D$  = 体型系数

$V$  = 最大平均风速

体型系数  $C_D$  根据建筑物形式和屋面坡度决定。矩形建筑物  $C_D = 1.3$ , 包含作用在结构迎风面上的风压 (0.8) 和作用在背风面上的风压 (0.5)。纽约州建筑结构规程给出了作用于建筑物各高度上的最小风荷载 (图 2.6), 是矩形建筑物在离地面 30 呎高度上平均风速为 75 哩/小时时的规程值。

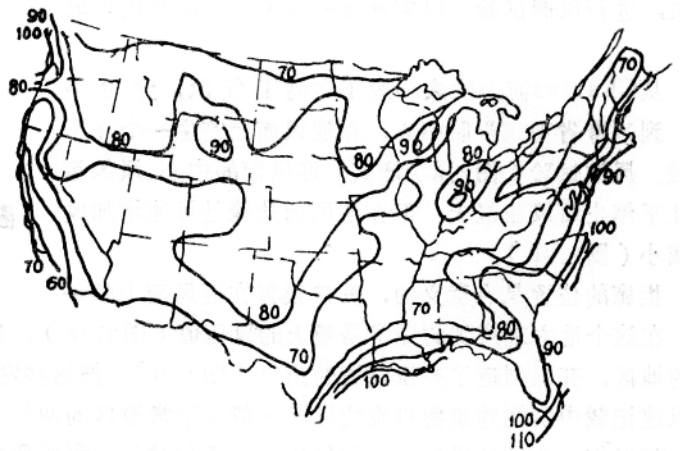


图 2.5 地面以上 30 呎最大风速 (mph)

前面的公式给出了矩形建筑物在离地面 30 呎高度上的风速为  $V = 75$  哩/小时, 则风压值为

$$P = 0.002558 (1.3) (75)^2 = 18.7 \text{ 磅/呎}^2$$

这个风压值与规程要求比较如上。

平面为六角形或八角形的建筑物其表列值可减少 20%。平面为圆形或椭圆的建筑物表列值可减少 40%。

规程的方法估测真正复杂的风的状况是不能令人满意的, 因为没有考虑到巨风的动力性质或风的自然冲击。

设计者必须较好的了解风的动力性质, 以下部份将讨论影响风作用的高层建筑主要形式。

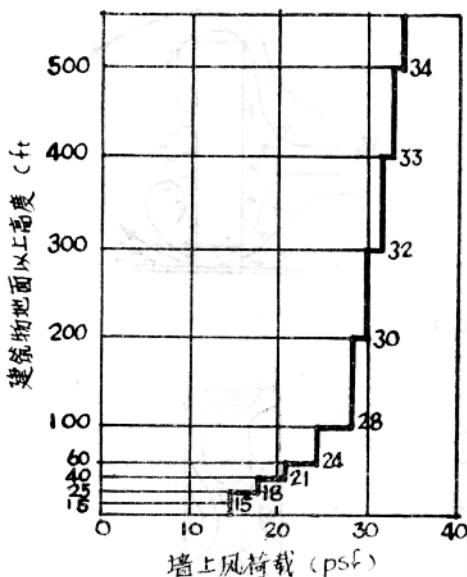


图 2.6 纽约国家规程 矩形建筑物最小风荷载

### 地形作为风压的决定因素

麻省理工学院建立的地球物理研究大楼中进行的研究, 提出了风的作用几种型式和专门观察地形要素以反映空气运动。(参考资料 2.15)

麻省理工学院研究中心位于 Charles 河北边一个大平原的中心, 由东到西排列了较低的四层到五层的建筑。观察到高压气流反复吹过河流并向北移动, 穿过平原直到建造的塔式建筑前面

(图2.7)。

自麻省理工学院中心建立以来，经历了不平常的大风环流穿越这幢建筑。尤其是距地基以上21呎高的拱廊结构的转折处风的流动，在大风到达这个地方时，人们发现在建筑物旁边走路或开门都是困难的。按比例做了模型，进行风洞试验，以解释这些现象，下面是成果记录。

从Charles河上吹来一股正向高压气流，穿过平原，到达麻省理工学院中心，在迎风面上产生一个高压区域。风洞试验(图2.8)证实，迎风面的中心，风的运动几乎停止而风压最大。但在迎风面边缘处风速增加风压减小(图2.8b)。

拱廊的位置是有意义的，开口设置在迎风面上的一处，在这个地方观察到的通常是最大的风压值(图2.8a)。另外，位于建筑物背面上低压形成的地区，开口创造了高压气流的出口(图2.8c)。把这些发现积累起来，很容易了解为什么风速记载中围绕建筑物拱廊的风速一般为平常地区的两倍。

可以作一个结论风速——即风压——正如建筑规程所假定，随建筑物的高度而增加，代廊子的建筑物在高度中点上压力最大(图2.8b)；假如没有开口则在底部压力最大(图2.8a)。

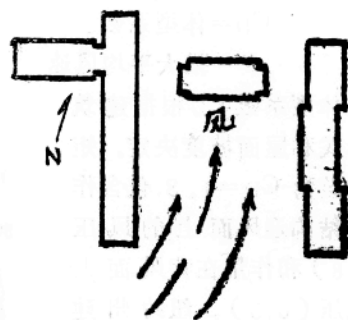
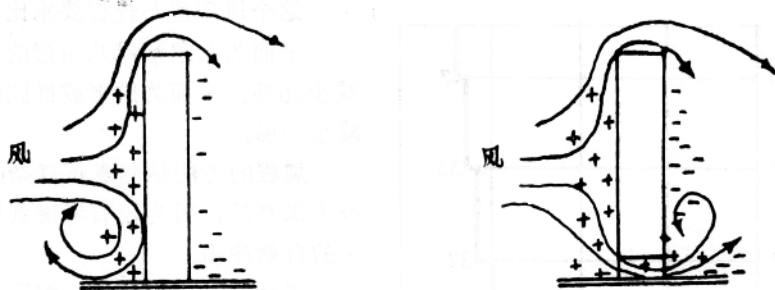
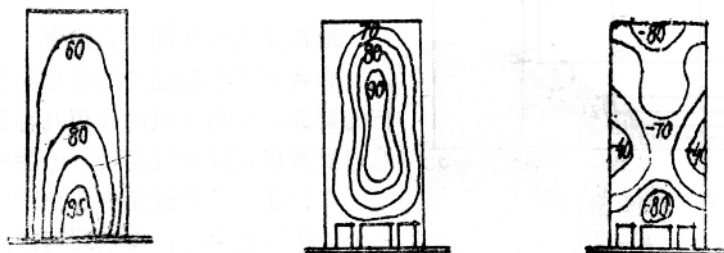


图 2.7 麻省理工学院实验中心  
(参致 2.15, P.262)

图 2.8 在麻省理工学院实验中心  
等压线的风压记录 (参致 2.15, P.262)



(a)



(b)

## 风向

所有建筑物的移动与风向是相适应的。当气流在指定的方向上运动接触建筑物的表面时便产生倾复力，这个倾复力就是风压。它不是随着风速的增加就是随接触面的增加而变大。

实际上建筑物表面上多于一个以上的风向作用时可引起建筑物双向弯曲（图2.9b）。初始的风向能分为两个部分，分别指出了对每一建筑物表面上的作用结果。

就建筑物移动而言双向弯曲可能有正的或负的效果，同样的气流遇到建筑物表面时多方向的比一个方向的更小。

空气动力设计可以帮助减少建筑物的双向弯曲，当风向垂直于建筑物表面时风压值常常最大，因此当气流作用于建筑物表面大于 $90^\circ$ 时大部份风力可自然消散

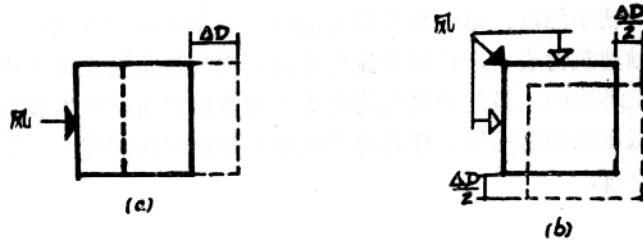


图 2.9 (a) 单向位移 (b) 双向弯曲

风荷载引起的双向弯曲显然也给结构构件带来了单向风力所没有的附加剪力和扭转应力。

## 风压

风压来源于两部分：平均风速和阵风风速。因为静的平均风速是较长一段时间的平均值，以致风压也是平均压力并在建筑物上引起静的变位（图2.10）。动的阵风风速相应产生动的风压，引起的附加位移可能与建筑物静的位移相等；对于细长的建筑物它们可能成为控制者：这个动的位移称为阵风偏移。由于阵风产生的随意力引起建筑物的摆动平行于风向。

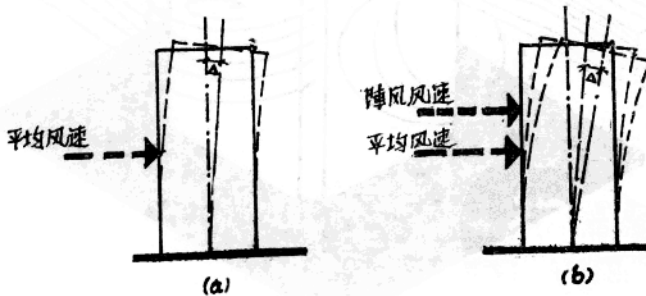


图 2.10 (a) 稳定(静定)变位 (b) 动的移动

## 紊流

当任何流动的空气遇到建筑物阻碍，它就象液体一样从两边流过后与大的气流接合。同

时风速增加象较大的气流穿过固定的地区，就产生了紊流（图2.11）。

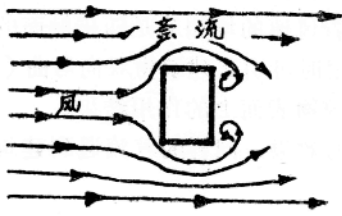


图 2.11

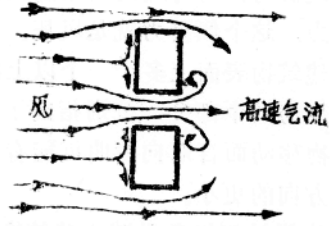


图 2.12

图2.12表示汾丘里效应，是紊流风作用的一种形式，紊流就象运动的气流以漏斗形式穿过两个高建筑间的狭窄地区。这个地方相应的风速大于大股空气流的风速。

只要气流接触建筑物表面，任何紊流气流的正向气压将被记录下来。当建筑表面是尖凸的形式空气流动是迅速的，显然大量气流将离开建筑物表面而产生静负压区。旋风和涡流是环形气流产生于低压区的紊流风。建筑物背风面上这些气流如图2.13所示。迎风面上的削角允许风更光滑的穿过。

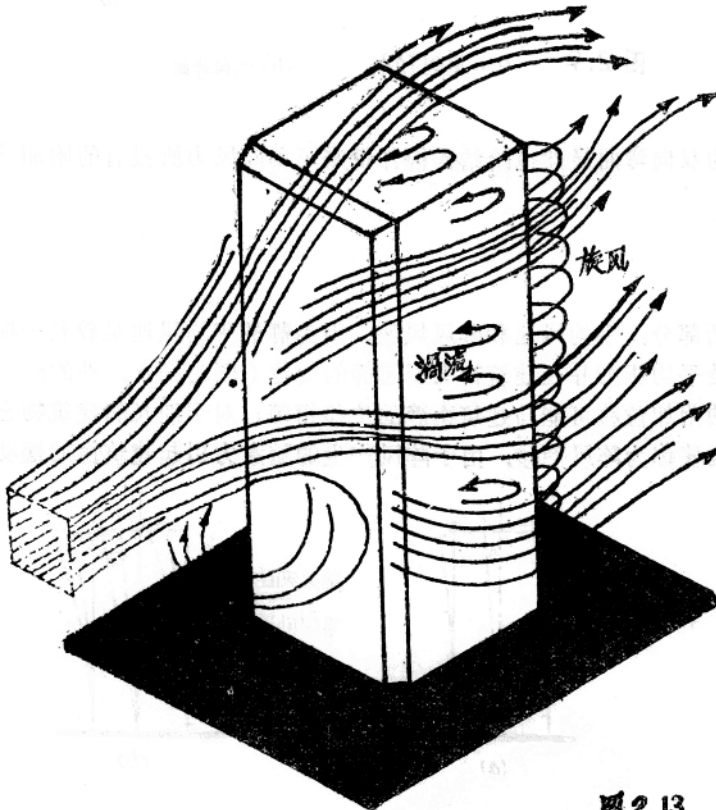


图 2.13

旋风是高速气流产生的环形气流和邻接于建筑物的负压气流。当建筑物上的旋风周期接近于结构物的自然频率时，就发生摆动。引起的移动常常垂直于风的方向（图2.14），



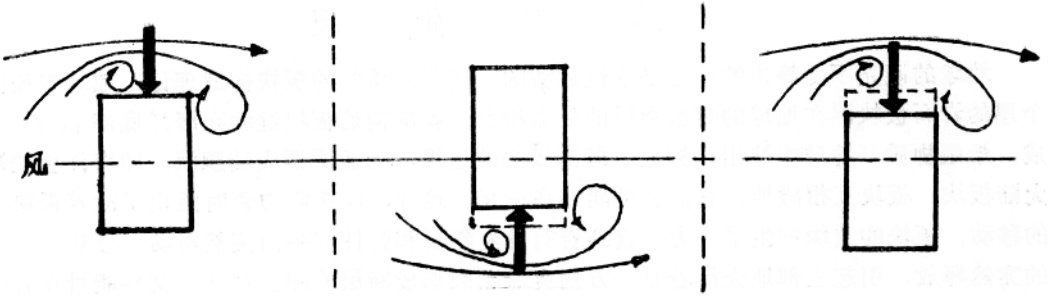


图 2.14

频率的产生是建筑型式和尺寸的作用，而且常常由墙表面的粗糙程度和不规则的形式引起。

虽然涡流与旋风很类似，但它是缓慢移动的环形气流仅使建筑物产生微小的可察觉的移动。

#### 风的作用对心理容限的影响

建筑物内部和外部风的作用对心理的容限已变成设计高层建筑的一个附加重要因素。

必须使建筑物结构体系能抵抗的超水平摆动减少到人们心理上能接受的极限。

现有的建筑中一些居民已体验到由于建筑物的摇摆所引起的病态移动，人们感到了建筑物的移动和转动。在高的建筑物顶部的餐厅因为风的作用把渣和沉淀搅动起来引起酒不清澈；有时使设备和家具轻微的损伤；从振动的电梯井中发出了奇怪的嘎嘎声；从窗户周边漏进的空气；听到了围绕建筑物四周不愉快的风啸声。

在纽约市的几幢40~50层的大楼中，超水平摆动和音响使人们不能在书桌旁工作，工作人员因为大风暴而离开工作被认为是合法的。

在高层建筑外面观察到的奇怪事件引起居民和邻居们不舒服和烦恼，必须改变局部的风的性质，如在高层建筑尾流中形成的旋风气流撕裂晒衣绳上的衣服，损害花园，气流猛烈吹开汽车的门并吹成碎片，有些建筑物的居民发现建筑物表面上永久的紊流风除了完全暖和的天气之外，不可能使用阳台；更恶劣的是建筑物的窗户被捣破或吹走，引起严重的损害或打死下面的行人。

#### 结 论

对高层建筑上风的作用的复杂性刚开始研究。设计者必须通过下列研究途径克服现在的缺陷。明确地为问题找到可以接受的答案。

- 用普通的模型作风洞试验，建立有关风的状况和风荷载的资料集。
- 科学的公式推导和理论的模型试验均来源于风洞资料。
- 通过材料的和结构的阻尼、弯曲的控制、立面处理、和建筑形式来改进现代建筑概念。