

高层建筑钢结构 设计参考资料选编



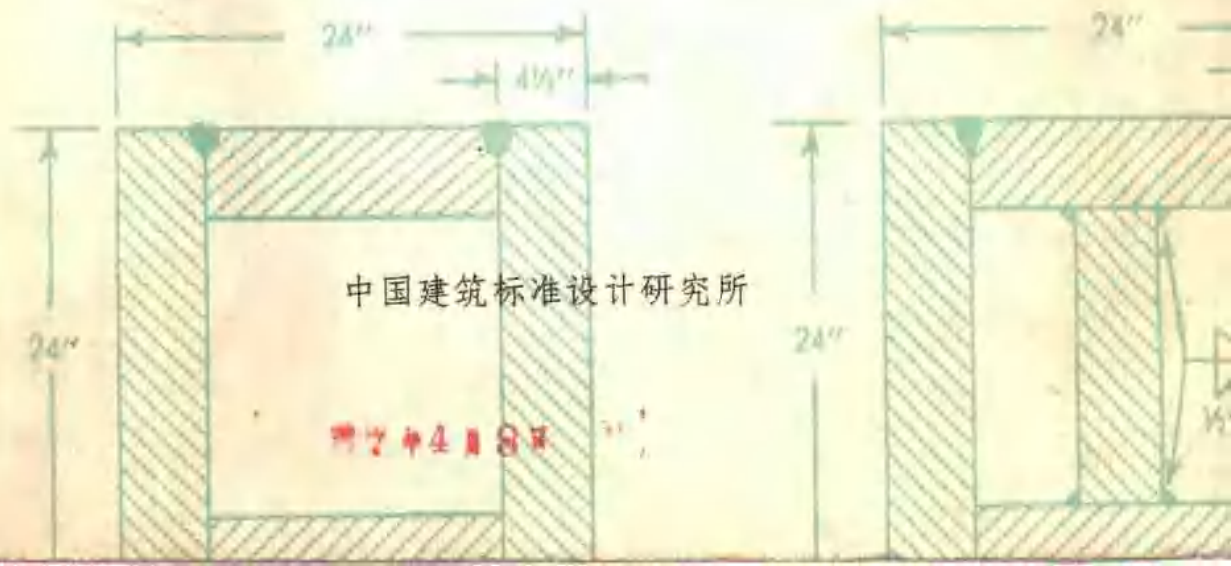
FIGURE 2

neers require steel columns of
use commercially available, they
to be made by riveting cover
at 14" WF rolled sections. See
or plates were sized to produce
al section area.

abricating shops have simply sub-
rivets and produced the same
e 1(b). This practice has pre-
m in getting an efficient transfer
the beam flange through the cover
without pulling the cover plate
a flange. The cover plate, being
two outer edges, tends to bow
results in uneven distribution

of forces on the beam-to-column weld.

The best design is a completely welded column; Figure 1(c). This gives the
required without any increase in welding
is no problem in transferring tensile force
beam flange through the column.



中国建筑标准设计研究所

图 2-4-8

493
84

随着我国房屋建筑工程的迅速发展，高层钢结构的设计和施工也已提上日程。

我们结合深圳发展中心大厦43层的高层钢结构的设计，搜集了一些国外资料。现将其中的一部分翻译编印，供广大读者参考，作为引玉之砖。

这里收入的资料，大部分选自美国文献、设计手册和刊物。由于这方面的资料很多，而我们看到的只是一部分，收入时也有侧重和选择，所以这本选编不可避免地带有局限性。

收入的资料包括两大方面，一是关于高层建筑钢结构初步设计阶段考虑的某些问题，如设计的一般规定，结构形式，刚度，带状桁架布置，结构二阶效应等；二是节点设计的有关问题，如某些形式的梁与柱刚接节点的构造和计算，箱形组合柱的设计，柱的拼接，组合结构的栓钉设计，坡口焊缝的设计，焊接裂缝产生的原因和预防措施（包括预热温度的计算），钢材的层状撕裂，美国目前采用的高层钢结构工地焊接技术等。此外，还有几个高层钢建筑的工程实例。

有关节点设计和焊接的不少内容，选自美国林肯焊接基金会出版的《Design of Welded Structures》1982年第12次印刷本。该书虽然出版较早（1966年），但是由于内容实用详尽，深受设计人员欢迎，一再重印，目前在美国仍然是钢结构设计的参考手册之一。此书在国内尚未见到，故拟作些介绍，只是它的内容不局限于高层钢结构。由于规范的更迭和建筑技术的发展，其中某些内容不可避免地会变得陈旧，请读者参考时注意。

本资料除注明者外，均由蔡益燕翻译。张跃峰等参加了部分翻译。参加本资料工作的还有：吴淑兰，陈国琪，西新，齐骥等。限于水平，有不妥之处请批评指正。

一九八六年一月

目 录

设计的一般要求.....	(1)
高层建筑钢结构的刚度.....	(16)
美国的高层钢结构.....	(49)
高层框筒钢结构建筑的初步分析和截面选择.....	(56)
钢框架结构二阶设计方法的比较.....	(61)
高层建筑抗震钢框架系统.....	(69)
高层建筑带状桁架的最佳位置.....	(76)
设有带状支撑的高层建筑侧移折减系数.....	(80)
填充主梁—高层建筑的新型楼盖结构.....	(84)
地震荷载下的稳定性.....	(89)
芝加哥100层约翰汉考克大厦—设计过程的研究.....	(91)
印第安纳标准石油大厦的结构系统.....	(94)
港澳轮渡码头大楼钢结构.....	(102)
抗震钢结构的设计.....	(107)
梁与柱的连续连接.....	(127)
组合柱的设计.....	(158)
柱的拼接.....	(168)
关于避免梁与柱腹板连接破坏的建议.....	(171)
房屋组合结构的抗剪连接.....	(174)
美国钢结构学会关于高度约束的焊接节点的说明.....	(182)
设计时的质量检查和监督能消除层裂.....	(192)
焊接接头的设计.....	(196)
桥梁的工地焊接.....	(203)
可焊性和焊接方法.....	(207)
建筑的现场焊接.....	(221)
自保护药芯焊条电弧焊加速了高层建筑施工.....	(224)

设计的一般要求

范围

2301 本章介绍本法规规定的各种建筑的一般设计要求。

定义

2302 本章所用名词具有下列定义：

呆荷载 所有永久性的结构和非结构构件，例如墙、楼板、屋顶、固定的使用设备等，它们的重量引起的垂直荷载。

活荷载 建筑物的使用和居住产生的荷载，不包括风荷载、地震荷载或呆荷载。

荷载作用时间 已知荷载的连续作用时间或同一荷载间歇作用时间的总和。

设计方法

2303 (a) 总则 所有建筑物及其各部分的设计和施工，应保证在全部呆荷载和本法规规定的其它荷载作用下，应力不超过本法规规定的限制。结构有冲击荷载时，设计应考虑冲击荷载。

(b) 合理性 采用的任何结构体系和方法应根据可靠的力学原理进行合理的分析。

(c) 活荷载的临界分布 构件的布置具有连续性时，应研究荷载引起的沿构件的最大剪力和弯矩。

(d) 应力的提高 考虑风荷载或地震荷载单独作用或与垂直荷载同时作用时，本法规规定的用于工作应力设计的各容许应力和地基承载力，可提高三分之一。

(e) 荷载系数 用于混凝土的极限强度设计和钢的塑性设计之荷载系数，应按关于材料的有关章节中的规定采用。

(f) 风和地震效应的同时作用 不需要假设风和地震荷载同时作用。

楼盖设计

2304 (a) 总则 楼盖应承受表No. 23-A提出的单位荷载。这些荷载应看为在所设计的建筑中每平方英尺水平投影面积上的最低活荷载（以磅计）。在本节中未列出但能产生类似荷载作用的荷载，至少要采用这些数值。

例外：设计用于工业或商业目的的楼盖时，应按使用条件产生的实际活荷载设计。对于能产生大于规定荷载值的机械或设备，其荷载应作出专门规定。

(b) 楼盖均布荷载的分布 当包含均布的楼盖荷载时，可仅考虑各跨全部受呆荷载和相邻跨及各间隔跨受全部活载。

(c) 集中荷载 当表No. 23-A规定的集中荷载作用于 $2\frac{1}{2}$ 英尺见方的空白楼面，在

* 本文是1979年版美国统一建筑法规(UBC)的第二十三章。

某未受载的楼板中产生的应力可能比哪里有均布荷载产生的应力更大时,对楼盖的设计应作出规定。

在使用或存放车辆的面积上,应规定集中荷载包括两个或两个以上中心间距名义尺寸为5英尺的集中荷载,没有均布活载。每个荷载应为车辆最大毛重的40%。对于能产生更大应力的集中或均布荷载的情况,应加以控制。存放私人舒适轿车的车库,其楼盖系统应按不小于2000磅的集中轮压(无均布活载)设计、对于能产生更大应力的集中或均布荷载情况,应加以控制。

对于特殊的垂直荷载或侧向荷载应作出规定,如表No.23-B。

(d) 隔墙荷载 隔墙位置可改变的办公楼或其它建筑的楼板,除其它荷载外,还应按每平方英尺20磅的均布呆荷载设计。

(e) 标明的活荷载 商业或工业建筑每层楼盖或其一部分的活荷载,应由业主明确规定。各楼层中受有这些规定荷载的部分,应采用耐久的金属牌标明。无视或违背这种规定是非法的。该建筑的用户应负责保持实际荷载低于规定的容许值。

屋盖设计

2305 (a) 总则 屋盖应在本法规规定的应力限值内承受全部“呆荷载”加表No.23-C提出的单位“活荷载”,活荷载应认为垂直作用于水平投影面积。

(b) 荷载的分布 当承受屋盖均布荷载的结构构件在布置上造成连续性时,应仅考虑各跨受全部呆荷载和相邻跨和各间隔跨同时受全部活荷载。

例外:当屋面均布活荷载等于或大于20磅/平方英尺,并符合2305 (d) 的规定,可不考虑间隔跨的荷载。

设计中不要求有雪荷载时,不需考虑屋面活荷载和吊车荷载同时作用。

(c) 不平衡受载 当这种受载情况会导致采用较大杆件或连接时,应采用不平衡荷载。桁架和拱的设计应能承受半跨有单位活载时的应力,如果这种荷载会导致反向应力或较大应力。若屋盖结构由框架或实体的壳组成,当它受点荷载时应力会传至整个壳体,这时不平衡单位活载的设计要求可降低50%。

(d) 雪荷载 若全跨或不平衡雪荷载会导致采用较大的杆件或连接,则应考虑用这些荷载代替表No.23-C中的值。对于天井、女儿墙、屋脊和壁阶等外形不平整处积雪的可能性应予考虑。凡是有雪荷载的地方,雪荷载的数值应由建筑主管机关确定。

雪荷载超过20磅/平方英尺时,若坡度大于20°,每度可减少 R_s 。 R_s 可由下式确定,

$$R_s = \frac{S}{40} - \frac{1}{2}$$

式中 R_s —屋面坡度超过20°时,每增加1°减少的荷载(磅/平方英尺);

S —总雪荷载(磅/平方英尺)。

(e) 特殊用途的屋顶 特殊用途的屋顶采用的设计荷载应由建筑主管部门批准。

暖房屋顶的构件、檩条和椽子,除活荷载外,还应按承受100磅最低集中荷载考虑。

(f) 积水 屋顶的设计均应有足够的坡度或起拱,以便在呆荷载作用下产生长时间挠曲后仍能排水,或者使屋顶的设计能支承最大荷重,包括挠曲后可能的积水。

活荷载的折减

2306 在设计柱、砖柱、墙、基础、桁架、梁和平板时,表No.23-A楼盖荷载中和表No.23-C(方法1或方法2)屋盖荷载中的单位活荷载可作下列折减。

除公共集会场所的楼板以及活荷载大于100磅/平方英尺的楼板外,支承的荷载面积超过100平方英尺的构件活荷载,可按下式折减:

$$R = r (A - 150) \quad (6-1)$$

对于仅承受某一层荷载的水平构件或垂直构件,折减不得超过40%,对于其它垂直构件,折减不得超过60%,也不得超过按下式确定的R值:

$$R = 23.1 (1 + D/L) \quad (6-2)$$

式中 R ——折减百分数;

r ——折减率,为每层百分之0.08,见表23-C;

A ——该构件支承的楼板或屋顶面积;

D ——该构件支承的面积上每平方英尺的呆荷载;

L ——该构件支承的面积上每平方英尺的单位活荷载。

活荷载超过100磅/平方英尺的仓库,除柱子的设计活荷载可折减20%外,不作其它折减。存放每辆不超过9名乘客的私人轿车的车库,活荷载的折减不得超过40%。

挠度

2307 任何构件的挠度均不得超过表№.23-D中规定的数值,后者是根据表№.23-E中的系数确定的。应采用体现最大限定条件的挠度标准。对于未规定的材料,采用的挠度标准应与本节中的规定相一致。起拱要求见2305(f)。2518(d)和2518(h)2规定的轻型木框架结构跨度表,应符合其中包含的设计标准,呆荷载超过活荷载50%者除外,由表№.23-D规定(铝结构见2803节)。

特殊设计

2308(a)总则 除本章中规定的设计荷载外,所有结构的设计均应考虑表№.23-B和本节中的特殊荷载。

(b)挡土墙 挡土墙的设计应根据工程习惯做法考虑被挡材料的侧向压力。阻挡迳流土壤的挡土墙可按重量不少于每立方英尺30磅、深度等于挡土深度的液体产生的等效压力设计。

(c)直升飞机停机场和停机坪 直升飞机停机场和停机坪或着陆场,应按下列荷载引起的最大内力计算:

1.呆荷载加直升飞机的实际重量。

2.呆荷载加一个集中冲击荷载。当直升飞机装有油压减震器时,集中荷载为直升飞机满载时重量的0.75,分布在1平方英尺上;当直升飞机装有刚性或滑行架式着陆装置时,集中荷载为直升飞机满载时重量的1.5倍。

3.呆荷载加每平方英尺100磅的均布活荷载。要求的活荷载可按2306节的公式折减。

墙和框架结构

2309(a)总则 墙和框架的安装应按设计要求做得准确和铅直。安装中,凡需要控制所受荷载的地方,应设置支撑。

(b)内墙 内墙、永久性隔墙和临时性隔墙,凡高度超过6英尺者,均应按它们承受的各种荷载设计,但不得小于5磅/平方英尺,垂直作用于墙面。这种墙在5磅/平方英尺荷载下的挠度,当采用脆性墙面时不超过墙跨的1/240,采用柔性墙面时不超过墙跨的1/120,对于抗震要求较严的建筑,见表№.23-J。

例外，柔性隔墙、摺折式或便携式隔墙不须满足这些荷载和挠度标准，但必须锚固到支承结构上以满足本法
规的要求。

混凝土墙或砖墙的锚固

2310 混凝土墙或砖墙应与楼盖和屋盖锚固，以便获得侧向支承。这种锚固应能承受本章规定的水平力或墙每沿长英尺200磅的力，取较大者。锚固点间距超过4英尺处，墙应设计承受锚固点间的弯矩。空心砖墙或空心墙需要的锚固件应埋置在配筋灌浆的墙构件中，见2312(j)2D和2312(j)3A。

抗风设计

2311(a)总则 建筑物或构筑物应设计承受表No.23-F和本节中规定的最小水平和向上风压，风可从任意方向吹来。表No.23-F中规定的风压是最低风压，对于有较大风压的地区，其最低风压值由建筑主管部门调整。当风洞试验或其它公认的方法确定的形状系数，小于或大于按这里的规定求得的垂直或水平荷载时，可相应地据此进行设计。

(b)水平风压 设计所用的风压应按该部分建筑在地面平均标高以上的垂直投影的毛面积计算。

(c)向上风压 各种封闭式建筑物或构筑物屋顶的设计和施工，应能承受垂直于屋顶表面向上作用大小等于表No.23-F所列数值四分之三（在所考虑的高度范围）的风压。封闭式建筑的定义是沿周边有实体外墙封闭的建筑，实体外墙有窗玻璃或门扇保护的孔口也是允许的。

未封闭建筑的屋顶，悬挂式屋顶，建筑艺术造形，檐口，天棚，飞檐，大门罩或其它类似的一面或多面未封闭的结构之设计和施工，应能承受大小等于表No.23-F所列数值一又四分之一倍的向上风压。

应假设向上风压作用于整个屋顶范围。

(d)坡度大于30°的屋顶 屋顶或屋顶的一部分，当坡度大于30°时，其设计和施工应能承受垂直于表面向上作用大小等于屋顶所在高度范围规定风压值的风压，只作用于迎风坡面。

(e)锚固要求 屋顶与墙和柱以及墙和柱与基础之间，在各种情况下均应有足够的锚固以抵抗倾覆、上拔和滑移。

(f)实体塔 烟囱、水塔和实体塔式建筑的设计和施工，应能承受本节中规定的风压乘以表No.23-G中规定的系数。

(g)开敞框架式塔 无线电塔及其它桁架式结构塔架的设计和施工，应能承受本节中规定的风压乘表No.23-H中规定的形状系数。

风压应作用于一个面上各构件（不包括楼梯，管道，灯具，电梯等，它们要按规定的系数分别计算）的法向总投影面积。

(h)其它构筑物 高度小于12英尺的栏杆、暖房、板条房屋和建筑，应设计承受表No.23-F中规定的水平风压。若所在的高度范围等于或小于20英尺，可采用表列数值第一行的三分之二。

(i)稳定性力矩 根据风压求得的倾覆力矩，在任何情况下不得超过呆荷载产生的抵抗矩的三分之二。

基础上部的土重在计算呆荷载抵抗矩时可以利用。

(j) 风荷载和活荷载同时作用 计算应力时,除屋顶活荷载和吊车荷载外的其它各项垂直荷载,均应考虑与风压同时作用。

例外:设计屋盖时若需要雪荷载,则至少应考虑该雪荷载的百分之五十与风载同时作用。建筑主管部门可以根据当地条件要求考虑更多百分比的雪荷载。

抗震规定

2312(a) 总则 每座建筑或构筑物及其各部分的设计和施工,均应能承受本节规定的侧向力产生的内力,应计算力水平作用于基底以上的楼盖或屋盖时产生的力,水平力可来自任意方向。

当有证据表明能提供等效延性和吸能作用时,经建筑主管部门批准可采用不同于本节提出的结构概念。

当风荷载产生的内力更高时,应该用风荷载内力代替地震力产生的内力。

(b) 定义

下列定义仅适用于本节的规定。

基底 地震作用从该标高传给结构或者说结构作为动力振子支承在该标高。

箱形体系 是一种没有完整的垂直承重空间框架的结构体系,在该体系中侧向力是由剪力墙或支撑框架承受的。

支撑框架 是一种桁架系统或其等效结构,用于在框架中承受水平力,其构件主要受轴力。

延性抗弯空间框架 是一种抗弯的空间框架,符合2312(j)中提出的延性抗弯空间框架的要求。

必备设施 见2312(K)。

侧向力抵抗系统 结构中用来抵抗2312(d)1中规定的侧向力的那一部分。

抗弯空间框架 是一种垂直的承重空间框架,其构件和节点主要依靠抗弯承载。

剪力墙 用于抵抗平行于这种墙的侧向力的墙。

空间框架 是一种无承重墙的三维结构系统,它由侧向支承和互相连接的构件组成,能起到完全自持的作用,具有或没有水平隔板或楼盖的支撑系统。

垂直承重空间框架 能承受各种垂直荷载的空间框架。

(c) 符号规定:

C —2312(d)1中规定的系数;

C_p —2312(g)中规定的系数,见表N2.23-J;

D —结构在平行于外力作用方向的尺寸(英尺);

δ_i —在外部水平力 Σf_i 作用下 i 层相对于基底的变位,用于公式(12-3);

F_i, F_n, F_x —分别作用于 i 层、 n 层和 x 层的水平力;

F_p —在所考虑的方向作用于结构某部分的水平力;

F_t — V 的一部分,集中作用于结构顶部,是除 F_x 外另行作用的;

f_i —总水平力在 i 层的分配部分,用于公式(12-3);

g —重力加速度;

h_i, h_n, h_x —分别表示基底至 i 层、 n 层或 x 层的高度;

I —使用的重要性系数,见表N2.23-K;

K —系数, 见表№.23-I;

i 层—所指的房屋某层, 用于脚标。当 $i=1$ 时, 表示基底以上的第一层;

n 层—房屋主体部分的最上层;

x 层—设计考虑的某层;

N —基底至第 n 层的总层数;

S —用于场地-结构共振的系数;

T —建筑物或构筑物在所研究方向的基本弹性自振周期(秒);

T_s —场地的特征周期;

V —基底的总侧向力或剪力;

W —2302节中定义的总呆荷载, 包括2304(d)中规定的隔墙重量。

例外, 在仓库和栈房, W 等于全部呆荷载加25%的楼板活荷载。当雪荷载等于或小于30磅/英尺²时, W 中不需包括雪荷载; 当雪荷载大于30磅/英尺²时, 应包括雪荷载, 但是, 当雪荷载的持续时间有根据时, 建筑主管部门可允许将雪荷载最多减少25%。

w, w_x —分别表示位于 i 层或 x 层的一部分 W ;

W_p —部分结构构件和非结构构件的重量;

Z —与地震分区有关的系数。在1号区, $Z=3/16$; 在2号区, $Z=3/8$; 在3号区, $Z=3/4$; 在4号区, $Z=1$ 。

(d) 构筑物的最小地震力 除2312(g)的(i)中规定者外, 每个构筑物的设计和施工都应当承受非同时作用于每个主轴方向的按下式确定的最低总水平地震力:

$$V = ZIKCSW \quad (12-1)$$

K 值不得小于表№.23-I中规定的数值, C 值和 S 值按后面的规定采用, 但 CS 的乘积不得大于0.14。

C 应按下式确定:

$$C = \frac{1}{15\sqrt{\frac{1}{T}}} \quad (12-2)$$

C 值不超过0.12。

T 值应根据结构性能和变形特性通过可靠的分析, 用例如以下的公式确定:

$$T = 2\pi \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n \omega_i \delta_i^2 \right) / \left(g \sum_{i=1}^n f_i \delta_i \right)} \quad (12-3)$$

式中, f_i 表示按(12-5), (12-6)和(12-7)式的原则或其它合理的分配方法近似分布的侧向力。弹性变位 δ_i 应该按作用的侧向力 f_i 计算。

当缺少按以上方法计算的结果时, 建筑物的 T 值可按下式确定:

$$T = \frac{0.05h_n}{\sqrt{D}} \quad (12-3A)$$

当建筑物的抗水平力系统由能承受100%水平力的延性抗弯空间刚架组成, 而且不与能阻止刚架侧移的刚度更大的构件相连, 此时的自振周期可按下列下式确定:

$$T = 0.10N \quad (12-3B)$$

S 值可按下列下式计算, 但不得小于1.0;

$$\text{当 } T/T_s \leq 1.0 \quad S = 1.0 + \frac{T}{T_s} - 0.5 \left[\frac{T}{T_s} \right]^2 \quad (12-4)$$

$$\text{当 } T/T_s > 1.0 \quad S = 1.2 + 0.6 \frac{T}{T_s} - 0.3 \left[\frac{T}{T_s} \right]^2 \quad (12-4A)$$

式中, T 应按有适当根据的方法确定, 但不得小于 0.3 秒。 T_s 值的范围可按有适当根据的地质构造资料根据 UBC 标准 No. 23-1 确定, 但不得小于 0.5 秒, 也不得大于 2.5 秒。 T_s 应该是上面确定的场地周期范围内与 T 最靠近的某值。

当 T_s 不能妥善地确定时, S 值应采用 1.5。

例外, 当 T 按有适当根据的方法确定出来之后超过 2.5 秒时, S 值可根据 $T_s = 2.5$ 秒确定。

(e) 侧向力的分布

1. 具有规则外形或框架结构的构筑物

整个侧向力 V 将按 (12-5), (12-6) 和 (12-7) 式沿构筑物高度进行分配。

$$V = F_t + \sum_{i=1}^n F_i \quad (12-5)$$

顶部集中力应按下式计算:

$$F_t = 0.07TV \quad (12-6)$$

F_t 不得超过 $0.25V$, 当 T 等于或小于 0.7 秒时可取 F_t 为零。基底总剪力 V 的其余部分沿高度 (包括 n 层) 的分布应按下列公式确定:

$$F_x = \frac{(V - F_t) w_x h_x}{\sum_{i=1}^n w_i h_i} \quad (12-7)$$

在用 x 表示的每层中, 力 F_x 应按该层的质量分布作用于建筑物的面积上。

2. 缩进 若不存在本节中规定的其它不规则, 则具有缩进的建筑物, 当塔楼在每个方向的平面尺寸不小于底部相应平面尺寸的 75% 时, 可按无缩进的均匀 (断面) 的建筑考虑。

3. 具有不规则外形或框架结构的构筑物

对于外形极不规则, 相邻楼层的侧向刚度相差很大或具有其它异常结构特点的建筑, 其侧向力的分布应考虑结构的动力特性。

4. 水平剪力的分布 在任意水平面中, 总剪力在侧向力承受系统的各构件间的分布, 应按其刚度按比例进行分配, 并考虑水平支承系统或横膈的刚度。

建筑物中也可采用假设不参加侧向力承受系统的刚性构件, 它们在结构中的作用, 设计时应考虑。

5. 水平扭矩 对于质量中心和刚度中心间存在偏心距造成水平扭转导致的剪力增大, 应作出规定。负的扭转剪力可以忽略不计。当竖向受力构件在任一层的剪力分布取决于横膈作用时, 抗剪构件应能承受扭矩, 其大小假设等于该层的剪力乘不小于建筑物在该层最大长度 5% 的偏心距。

(f) 倾覆 每座建筑物和构筑物的设计, 都应抵抗风荷载和 2311 节规定的有关要求或本节规定的地震力 (取较大者) 引起的倾覆效应。

在所考虑的楼层中, 设计倾覆力矩在任一标高产生的增值变化, 均应按剪力在承受系统中分布时的相同比例, 在各承受构件间进行分配。当出现能部分承受倾覆力矩的其它垂直构件时, 若原已存在有足够强度和刚度的构件传递需要的荷载, 应在这些构件之间进行

重分配。

当竖向受力构件不连续时,该构件最低层承受的倾覆力矩应作为荷载传给基础。

(9) 结构构件和非结构构件上的侧向力。结构的某部分,非结构构件及其与主体结构锚固,应按由下式算得的侧向力进行设计:

$$F_p = ZIC_p W_p \quad (12-8)$$

式中的 C_p 值见表H2、23-J。系数 I 应该是用于该建筑的值。

例外: 1) 外墙板连接件的 I 值应按2312(j)3C的规定采用。2) 有安全保护要求的机械设备锚固件的 I 值应取1.5。

该力的分配应根据那里作用的重力荷载。

横隔以及外墙板连接件上的可能作用力,见2312(j)2D和2312(j)3C。

(h) 侧移比和建筑物的间隙 楼层相对于其相邻楼层的侧向位移或侧移比不得超过层高的0.005倍,经证明可以容许的更大位移除外,在要求的侧向力作用下算出的位移应乘以 $(1.0/K)$ 以便求得侧移比,比值 $(1.0/K)$ 不得小于1.0。

结构的各部分应作为一个整体进行设计,承受水平力,故意分开一个距离以避免在地震或风力作用下相碰者除外。

(1) 地震力的另外确定方法和分配方法

2312节中,没有什么规定禁止用动力分析确定侧向力及其分布。在这种分析中,必需考虑结构的动力特性。

(j) 结构系统

1. 延性要求

A. 用水平力系数 $K=0.67$ 或 0.80 设计的所有建筑物,均应有延性抗弯空间刚架。

B. 高度超过160英尺的建筑物,应有能承受不小于整个结构所要求地震力25%的延性抗弯空间刚架。

例外: 位于1、2类地震区高度超过160英尺的建筑,若在设计中用 $K=1.00$ 或 1.33 ,可采用按本法规2627节设计的混凝土剪力墙或按2312(j)1G的规定设计的支撑框架代替延性抗弯空间刚架。

C. 在第2、3、4类地震区中,按设计要求作为侧向力承受系统一部分的所有混凝土空间框架以及位于周边垂直支承线上的所有混凝土框架,均应采用延性抗弯空间框架。

例外: 剪力墙承受100%设计侧向力的建筑中,周边竖向支承线上的框架只需符合2312(j)1D节中的要求即可。

D. 在第2、3、4类地震区中,按设计不要求成为侧向力承受系统的框架构件,应能承受规范要求的侧向力引起的变形乘 $3/K$ 倍后产生的垂直荷载和弯矩。其它构件的刚度应按2312(e)4的要求考虑。

E. 抗弯空间框架和延性抗弯空间框架,可以用刚性较大能阻止空间框架抵抗水平荷载的构件从四面包起来或与其相连,但这种刚性构件的作用或破坏,不得影响空间框架承受垂直和水平荷载的能力。

F. 延性抗弯框架的必要延性应由具有抗弯节点的钢框架提供(符合2722节关于第3、4类地震区建筑的规定)或由钢筋混凝土框架提供(符合2626节关于第3、4类地震区建筑的规定或2625节关于第1、2类地震区建筑的规定)。

例外: 位于第1、2类地震区具有延性抗弯空间框架的建筑,若重要性系数 I 大于1.0,应符合2626或2722节的规定。

G. 位于第 3、4 类地震区的建筑和位于第 2 类地震区但重要性系数 I 大于 1.0 的建筑, 其支撑框架中的各杆件应按根据 2312 (d) 节的规定确定的力乘 1.25 倍后设计, 节点设计应能发挥杆件的全部承载力, 或者按上述力设计但不采用通常把计算地震荷载引起的应力提高三分之一的办法。

建筑中的支撑框架应采用 A36, A441, A501, A572 (60 及 65 级除外) 或 A588 结构钢制成的轴心受压支撑杆件。

H. 各种建筑用的钢筋混凝土剪力墙均应符合 2627 节的要求。

1. 结构的 $K=0.67$ 和 $K=0.80$ 时, 在 2312 (j) 1F 中规定的对结构钢或钢筋混凝土的特殊延性要求, 应该用于把侧向荷载引起的力传给基础的基底以下的所有构件。

2. 设计要求

A. 少量更改 已经建成的建筑和构筑物可以进行少量更改, 但对侧向力的抗力不得小于更改前的情况, 符合本节规定者除外。

B. 配筋砖石或钢筋砼 位于第 2、3、4 地震区内建筑物的所有构件, 凡是砖石结构或混凝土结构的, 都要配筋, 使其达到本法规第 24 和 26 章规定的配筋砖石和钢筋混凝土的要求, 在采用抗弯空间框架的建筑中, 砖石砌体中的主筋间距最大为 2 英尺。

C. 垂直力和水平力同时作用 在计算地震力和垂直荷载同时作用的效应时, 应考虑呆荷载和设计活荷载 (屋顶活荷载除外) 引起的重力荷载应力。

D. 横膈 楼盖和屋盖横膈的设计, 应能抵抗按下式确定的力,

$$F_{ps} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{\sum_{i=1}^n w_i} w_{ps} \quad (12-9)$$

式中, F_i ——作用于 i 层的侧向力,

w_i —— W 在 i 层的那一部分,

w_{ps} —— x 层的横膈和那里构件的重量, 在仓库及栈房中应包括 25% 的活荷载。

按 (12-9) 式确定的力 F_{ps} 不得超过 $0.30ZI W_{ps}$ 。

当构件的布置错位或竖向构件的刚度改变, 要求横膈将侧向力从横膈上部的竖向承重构件传给其下部的其它竖向承重构件时, 应把这种力加到按 (12-9) 式求得的力上去。

但是, 横膈所受的侧向力在任何情况下均不得小于 $0.14ZI W_{ps}$ 。

支承混凝土墙或砖墙的横膈在其弦杆之间应具有连续拉条, 以便将本章规定的锚固力传到横膈中去。增添的弦杆可以用来组成子横膈, 用以将锚固力传给主要的十字交叉拉条。在设计支承于其上的墙时, 应考虑横膈的变形。木横膈的锚固要求见 2312 (j) 3A。

3. 特殊要求

A. 给混凝土墙或砖墙提供侧向支承的木横膈 当用木横膈为混凝土墙或砖墙提供侧向支承时, 锚固应符合 2310 节的要求。在第 2、3、4 地震区, 不能用扒钉或会拔出的铁钉进行锚固, 也不能将木构件用于横纹受弯和横纹受拉的地方。

B. 椿帽或沉箱 建筑物或构筑物的椿帽和沉箱应该用系杆互相连接起来, 每根系杆应能承受大小等于较大椿帽或沉箱所受荷载 10% 的受拉和受压的最小水平力。若能证明用其它方法也能提供等效的约束, 亦可采用其它方法。

C. 外部构件

连接于房屋外部或围在房屋外部的预制非承重不抗剪墙板或类似构件，应能承受按公式(12-8)确定的力，并能协调侧向力或温度变化引起的结构运动。混凝土墙板或其它类似构件，应当用现浇混凝土，机械连接件和紧固件按照下列规定进行支承：

节点和墙板的连接，应允许楼层之间有相对运动，其大小不得小于风载引起位移的二倍，或地震力引起的层间弹性位移计算值的 $(3.0/K)$ 倍，或1/2英寸，取三者中之较大值。出现层间位移时允许在墙板平面运动的节点，应采用滑动连接，用椭圆孔或大直径孔，或通过钢材受弯以及能提供等效滑动或延性能力的其它节点，使墙板能运动。

连接件本身应具有足够的延性和转动能力，以便预防混凝土开裂及焊缝的脆性破坏。

连接件本身应按(12-8)式确定的力的 $1\frac{1}{3}$ 倍设计，把连接件连接到墙板或结构上去的紧固件，如螺栓、插件、销钉等的设计，应能保证连接件的延性，或按四倍于(12-8)式确定的荷载设计。

埋设于混凝土中的紧固件，应连接在或钩在钢筋上，或者采用能把力有效地传给钢筋的其它端部构造。

公式(12-8)中的系数 I 对于全部连接件应取1.0。

(k) 必备设施 必备设施是指这样一些构筑物 and 建筑，即在震后的紧急情况下为了保持人民群众的健康和安全，它们必须安全和可用，这些设施包括下列各项，但也不限于这些：

1. 医院和有外科和紧急处理室的医疗设施。
2. 消防站和派出所。
3. 市政府的救灾和通信中心，在紧急情况下总是重要的。

在震后必须留在原地继续起作用的设备，应按2312(9)和表№. 23-J的要求进行设计和构造处理。此外，它们的设计和构造应考虑结构侧移引起的效应，侧移的数值不得小于地震力引起的层间位移的 $(2.0/K)$ 倍，也不得小于风荷载引起的侧移值。对于空隙处连接点的相对运动应予以特别注意。

(l) 地震记录仪器 地震记录仪器见2312(1)节的附录。

均布荷载和集中荷载

表 №. 23-A

用 途		均 布 荷 载	集 中 荷 载
类 别	说 明		
1. 军 械 库		150	0
2. 集合场所、礼堂及其阳台	固定座位区	50	0
	活动座位区及其它范围	100	0
	午台及围起来的平台	125	0
3. 檐口，大门罩和居住建筑的阳台		60	0
4. 出口设施		100	0
5. 车 库	一般存放或修理	100	
	私人轿车存放	50	
6. 医 院	病室和房间	40	1000
7. 图书馆	阅 览 室	60	1000

续表

用 途		均布荷载	集中荷载
类 别	说 明		
8. 车 间	书 库	125	1500
	轻 型	75	2000
	重 型	125	3000
9. 办 公 室		50	2000
10. 印 刷 厂	印 刷 室	150	2500
	排字和排铸室	100	2000
11. 居住建筑		40	0
12. 休 息 室			
13. 检阅台, 大看台, 体育场看台		100	0
14. 屋 面 板	与有设备的使用面积同		
15. 学 校	教 室	40	1000
16. 走道和车道	公共通道	250	
17. 仓 库	轻 型	125	
	重 型	250	
18. 商 店	另 售	75	2000
	批 发	100	3000

注: 1) 活荷载折减见2306节;

2) 楼盖集中荷载作用面积及车库集中荷载计算见2304(c);

3) 集合场所包括餐厅, 排练室, 体育馆, 运动场, 广场, 屋顶平台和群众可进入的类似场所;

4) 出口实施包括能供10人以上用的走廊, 出口的外部阳台, 楼梯, 防火梯等;

5) 居住建筑包括私人住宅, 公寓和旅馆客房;

6) 休息室的荷载不得小于与其有关的使用荷载, 但不得大于每平方英尺50磅;

7) 每个楼梯踏步应能在引起最大应力的位置承受300磅集中荷载, 楼梯的边梁可按表中规定的均布荷载设计。

特 殊 荷 载

表 No. 23-B

用 途		垂直荷载	侧向荷载
类 别	说 明	(除注明者外, 均为磅每平方英尺)	
1. 进入施工现场的公用通道(活荷载)	走道见4406节	150	见注 3
	天蓬见4407节	150	
2. 大看台, 检阅看台和体育馆看台	座位和踏板	120	
3. 午台附属设施, 见3902(活载)	格子棚和飞廊	75	
	阁楼滑轮室	250	250
	上部滑轮间和滑轮架	250	250
	午台上部	20	
4. 吊顶的吊架	其它地方	10	
5. 隔墙和内墙见2309节(活荷载)			5
6. 电梯和小型送货升降机		总荷载的二倍	
7. 机械和电气设备(呆荷载)		全部荷载	
8. 吊车(呆荷载和活荷载)	全部荷载, 包括冲击增大	全部荷载的1.25倍	全部荷载的0.10倍
9. 挑台栏杆, 护栏和扶栏	使用荷载大于50的出口实施		50
	其 它		20
10. 货 架	高度超过 8 英尺	全部荷载	见表№. 23-J

注: 1) 表列荷载是最低荷载。若按本法规或根据设计要用更大的垂直荷载时, 则应采用后者;

2) 看台荷载为磅每沿长英尺;

- 3) 看台支撑的侧向荷载在平行于座位和脚踏板方向为每英尺24磅, 在垂直于座位和脚踏板方向为每英尺10磅;
- 4) 午台滑轮的有关荷载都是磅每沿长英尺, 上部滑轮间和滑轮梁应按上面分布的全部设备荷载进行设计。滑轮的设计应采用安全系数5;
- 5) “其它地方”的吊顶吊架不适用于下方有足够人行通道而在吊顶上部不再需要设置人行通道的吊顶, 也不适用于吊顶上部空间中没有人行通道的吊顶。该活荷载不需要考虑与吊顶的吊架或其支承结构上受到的其它活荷载同时作用;
- 6) 若电梯荷载采用51章附录的规定, 则请参考那里提出的设计补充要求;
- 7) 吊车的冲击系数是指钢轮骑在钢轨上的吊车。若建筑主管部门认可的基本技术资料已经提交, 冲击系数可以修改。吊车支承梁及其连接所受的活荷载应取吊车最大轮压。悬挂使用的行走式吊车支承梁及其连接, 冲击系数应取1.10;
- 8) 表中吊车的侧向荷载作用方向是平行于行车轨道的方向(纵向)。垂直于轨道方向的作用力系数是0.20乘横向行走荷载(小车、司机室、吊钩和被吊物)。力应作用于轨道的顶部, 并在多轨吊车的多条轨道之间分配, 分配情况与轨道支承结构的侧向刚度有关;
- 9) 栏杆荷载以磅每沿长英尺为单位, 它水平地作用于栏杆顶部, 与栏杆方向垂直;
- 10) 应使货架的垂直构件避免受到操作设备的撞击, 或者使货架的设计不致因一根垂直构件破坏而波及其它跨间。

屋 顶 最 小 活 荷 载

表 No.23-C

屋 面 坡 度	方 法 1			方 法 2		
	构件承担的分布荷载的面积(英尺 ²)			均布	折减率	最大折
	0至200	201至600	600以上	荷载	(%)	减(%)
1. 平顶或每英尺升高小于4英寸, 矢高小于八分之一跨度的拱或圆顶。	20	16	12	20	0.08	40
2. 每英尺升高4英寸至12英寸; 矢高由跨度的八分之一到八分之三的拱和圆顶。	16	14	12	16	0.06	25
3. 每英尺升高12英寸以上, 矢高大于跨度八分之三的拱和圆顶。	12	12	12	12	不得折减	
4. 雨篷(布篷除外)。	5	5	5	5	不得折减	
5. 暖房, 板条房屋和农业建筑。	10	10	10	10	不得折减	

- 注: 1) 有雪荷载时, 屋盖结构应按建筑主管部门规定的雪荷载设计, 见2305(d)。对于特殊用途的屋盖, 见2305(e);
- 2) 活荷载的折减见2306节。该节公式(6-1)中的折减率 r 应按本表中的规定采用; 最大折减值 R 不得超过表中的规定值;
- 3) 暖房屋顶构件的集中荷载见2305(e)。

构 件 的 最 大 容 许 挠 度

表 No.23-D

构 件	仅受活荷载的构件(L, L_s)	受呆荷载和活荷载的构件($L, L_s + KD, L_s$)
支承泥土的屋盖构件或楼盖构件	$L/360$	$L/240$

- 注: 1) 本表适用于有足够坡度的屋顶或按2305(f)的规定起拱的平屋顶。
- 2) 符号说明:
- L, L_s ——活荷载;
- D, L_s ——呆荷载;
- K ——表No.23-E规定的系数;
- L ——构件长度, 其单位与挠度的单位同。

K 值

表 №.23-E

木		钢 筋 混 凝 土	钢
未 风 干	风 干		
1.0	0.5	$[2 - 1.2(A'_s/A_s)] \geq 0.6$	0

注：1) 风干木材指木材的含水量在安装时低于16%，并在干燥环境中使用，例如用于有顶盖的结构中。

2) A'_s ——受压钢筋的面积；

A_s ——非预应力的受拉钢筋的面积。

地面以上不同高度范围的风压

表 №.23-F

高 度 范 围 (英尺)	风 压 地 图 分 区 (磅/平方英尺)						
	20	25	30	35	40	45	50
小于30	15	20	25	25	30	35	40
30到49	20	25	30	35	40	45	50
50到99	25	30	40	45	50	55	60
100到199	30	40	45	55	60	70	75
200到1199	35	45	55	60	70	80	90
1200以上	40	50	60	70	80	90	100

注：1) 表中各列风压值顶上的数字，相当于美国风压地图上特定地方的最低容许合成风压。

2) 表中的建议值是最低值，未考虑龙卷风。

烟囱、水塔和实体塔式结构上的风压相乘系数

表 №.23-G

水 平 横 截 面	系 数
方形或矩形	1.00
六边形或八边形	0.80
圆形或椭圆形	0.60

无线电塔和桁架式塔的形状系数

表 №.23-H

风 作 用 方 式	系 数
1. 风垂直于塔架的一个边 塔架为四边形，杆件截面是扁平的或角钢的，钢的或木的	2.20
塔架为三边形，杆件截面是扁平的或角钢的，钢的或木的	2.00
2. 风作用于对角方向，塔架为四边形，杆件截面是扁平的或角钢的	2.40
3. 风平行于三边形塔架的一个边，杆件截面是扁平的或角钢的	1.50
4. 圆柱形杆件塔架的系数约为扁平或角钢杆件类似塔架的三分之二	
5. 单组构件上的风压， 圆柱形构件 直径等于或小于2英寸	1.30
直径大于2英寸	0.80
扁平或角钢截面	1.30

建筑物或其它构筑物的水平风压系数K

表 No. 23-1

结 构	K 值
1. 各种建筑框架系统, 下述分类除外	1.00
2. 箱形体系建筑	1.33
3. 具有延性抗弯空间刚架和剪力墙 (或支撑框架) 并采用下列设计标准的建筑: a. 刚架和剪力墙考虑相互作用按照它们的相对刚度分担总侧向力 b. 剪力墙独立承担要求的全部侧向力 c. 延性抗弯空间刚架应能承受不少于25%的侧向力	0.80
4. 按照下列标准设计的延性空间刚架建筑: 延性空间刚架承担全部侧向力	0.67
5. 放在四个或四个以上有横向支撑的支腿上的满或高位水箱, 但不是支承在房屋上	2.5
6. 房屋以外和表No. 23-J所列各项以外的构筑物	2.00

注: 1) 当2311节中规定的风荷载能引起更大应力时, 应该用该荷载代替地震力引起的荷载;

2) KC的最小值为0.12, 最大值不得超过0.25;

3) 塔架设计应按2312(c)5的规定考虑5%的事故扭转;

4) 房屋支承的高位水箱不符合上述支承构件的形式和布置, 应按2312(g)设计, 用 $C_p = 0.3$ 。

结构构件和非结构构件的水平力系数 C_p

表 No. 23-J

建 筑 物 的 部 分	水平力方向	C_p 值
1. 承重和非承重外墙, 承重内墙和隔墙, 非承重内墙和隔墙, 6英尺以上高度的墙或混凝土围墙	与扁平表面垂直	0.5
2. 悬臂构件 a. 女儿墙	与扁平表面垂直	0.8
b. 烟囱或排气管	任何方向	
3. 室内和室外装饰品及其附属物	任何方向	0.8
4. 与建筑物相连, 是它的一部分或安装在其中: a. 屋顶小屋、烟囱、排气管和水塔的锚固体和支座, 包括其中的内含物 b. 上层高度超过8米的货架及架上物品 c. 各种设备或机器	任何方向	0.3
5. 吊顶的支架系统 (用于地震区)	任何方向	0.3
6. 预制构件 (墙除外) 的连接, 力作用于重心	任何方向	0.3

注: 1) 对于在地平面侧向能自身支持的构件, C_p 可取表列数值的三分之二。

2) 货架的 W_p 是货架重量加荷物, 两层以上的货架中, 顶层两层以下各层可取 $C_p = 0.24$, 钢货架可按UBC标准No. 27-11的要求设计, 不按上表的数值。在很多货架互相连接, 每个方向的每个柱列至少有四根竖直构件承受水平力时, 其设计系数可按建筑采用, K值可按表No. 23-1。在公式 $V = ZIKCSW$ 中, $CS = 0.2$, W 等于全部呆荷载加50%的货架额定载重量。当货架的形式和设计是按照本节的规定时, 不能用UBC标准No. 27-11的设计规定。

3) 柔性的或柔性安装的机械设备, 其 C_p 值的确定应考虑机械设备的动力特性和结构的动力特性, 但不得小于表列的数值。机械设备及其锚固件的设计是一个整体, 是机械设备设计的一部分。

对于必备设施和救生系统, 其设计和构造应使它们在大震后保持原地和照旧起作用, 并按2312(K)考虑它们的侧移。

4) 吊顶重量应包括所有灯光设备和侧向由吊顶支承的其它设备。计算侧向力时, 吊顶的重量不得小于每平方英尺4磅。