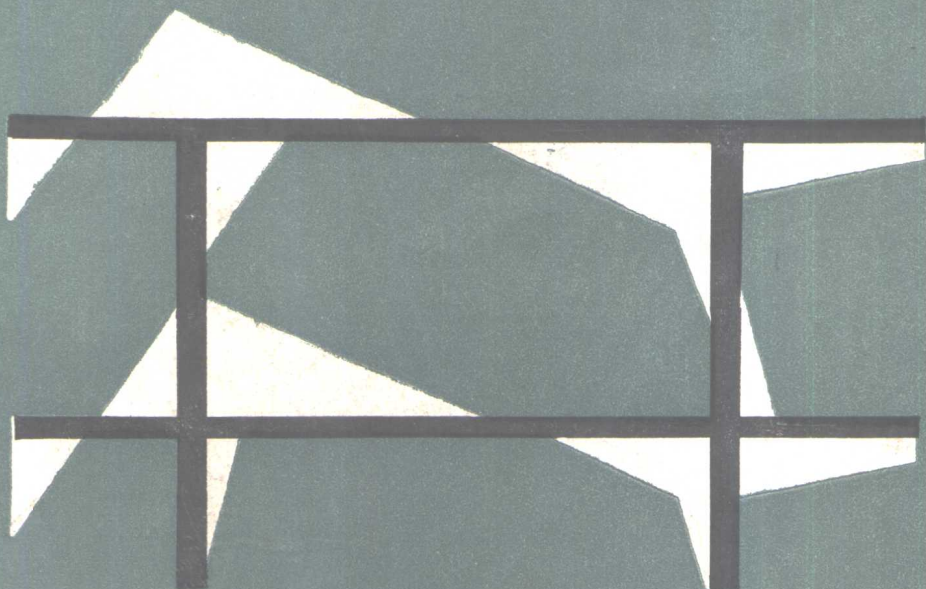




【苏】H·B·库兹涅佐夫著 王定高译

框架实用计算

86.29

8604.96

框架实用计算

[苏] H.B. 库兹涅佐夫著

王 定 高 译

湖南科学技术出版社

框架实用计算

〔苏〕H·B·库兹涅佐夫著

王定高 译

责任编辑：陈增林

*

湖南科学技术出版社出版

(长沙市展览馆路14号)

湖南省新华书店发行 湖南省新华印刷二厂印刷

*

1986年2月第1版第1次印刷

开本：787×1092毫米 1/16 印张：13.25 字数：330,000

印数：1—16,700

统一书号：15204·165 定价：2.15元

征订期号：湖南新书目85—10(15)

前 言

当前我国各地建筑设计任务非常繁忙，而在建筑结构设计，框架计算工作量巨大。应用电子计算机是减轻这种计算工作的出路之一，而如果能提供一系列具有现成计算数据的图表，藉以进行简捷运算，无疑是另一条出路。本书正是这样一本提供一系列成套计算数据图表的工具书，系译自苏联原著《ПРАКТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ РАМ И КАРКАСОВ》，原著者为Н.В.КуЗНЕЦОВ。书中提供了单层和多层（任意层）的单跨、双跨和三跨规则框架在垂直荷载下的弯矩系数表及相应的弯矩图，还提供了考虑节点位移和节点水平荷载作用下的框架简易计算方法，书末介绍了计算任意框架的弯矩总体分配法，每一部分均有计算例题。

利用书中的弯矩系数表计算框架，不仅概念清晰，而且使复杂的计算过程变得十分简单，犹如使用等跨连续梁计算表一样仅仅具备初级结构知识的人都可以掌握运用。对于尚不具备使用电子计算机条件的广大设计人员来说，特别是对于中、小设计单位的设计人员来说，该书能实际有效地帮助他们大大减轻计算工作量。

本书介绍的计算方法虽属近似法，但其误差小，精度满足实用要求，译者用书中提供的方法计算过多项工程，效果良好。

本书在翻译过程中曾得到湖北工业建筑设计院、湖北省建筑结构情报站等单位的大力支援，译文经湖北工业建筑设计院职工大学赵文寿讲师校对，王谦生工程师审阅。邹永志工程师也对译文提出了许多宝贵意见。特别应该指出的是陈学法工程师为本书所有计算例题作了大量的校正工作，并对译文提出了许多好的意见，特在此一并致谢。

译者 1985年10月

目 录

第一章 表的应用(1)

第一节	表的用途.....	(1)
第二节	表的编制方法.....	(1)
第三节	系数的精度.....	(1)
第四节	其它计算方法问题.....	(1)
第五节	电子计算机的使用问题.....	(1)
第六节	本书计算方法的优点.....	(1)
第七节	应用情况.....	(2)
第八节	采用的结构简图.....	(3)
第九节	框架构件的代号.....	(3)
第十节	利用系数表的计算方法.....	(3)
第十一节	弯矩的计算.....	(4)
第十二节	符号规则.....	(5)
第十三节	节点水平荷载作用的计算.....	(7)
第十四节	计算校核.....	(15)
第十五节	节点位移作用的框架计算.....	(16)
第十六节	考虑节点位移计算的必要性.....	(17)
第十七节	跨中弯矩和剪力的计算.....	(20)
第十八节	活荷载的不利布置.....	(23)
第十九节	表中错误的检查.....	(24)

第二章 单跨框架(26)

第二十节	单层刚架.....	(26)
第二十一节	双层框架.....	(26)
第二十二节	三层框架.....	(31)
第二十三节	四层框架.....	(34)
第二十四节	五层框架.....	(39)
第二十五节	多层框架.....	(47)
第二十六节	单跨框架的计算例题.....	(52)

• • •

第三章 双跨框架	(55)
第二十七节 单层刚架	(55)
第二十八节 双层框架	(57)
第二十九节 三层框架	(62)
第三十节 四层框架	(69)
第三十一节 五层框架	(78)
第三十二节 多层框架	(98)
第三十三节 双跨框架的计算例题	(106)
第四章 三跨框架	(114)
第三十四节 单层刚架	(114)
第三十五节 双层框架	(117)
第三十六节 三层框架	(123)
第三十七节 四层框架	(135)
第三十八节 五层框架	(151)
第三十九节 多层框架	(177)
第四十节 三跨框架的计算例题	(195)
第五章 用固端弯矩总体分配法计算任意框架	(198)
第四十一节 方法的实质	(198)
第四十二节 杆端截面的刚度	(198)
第四十三节 固端弯矩作用的次序	(199)
第四十四节 各杆端截面互相放松的级次	(201)
第四十五节 刚度特性S、U和T	(202)
第四十六节 具体计算步骤	(203)
第四十七节 结构计算例题	(203)
译后记	(206)

第一章 表 的 应 用

第一节 表 的 用 途

本书提供的各表，可用于计算梁柱单位刚度比在 $0.125-8$ 之间、任意层数的对称框架在任意对称垂直荷载下的弯矩。

应用本书第五章中所阐述的方法，尚可解决非对称框架的计算问题。利用第十三节和第十五节所阐述的方法，可以解决框架在水平荷载下考虑节点位移的计算问题。

第二节 表的编制方法

笔者用固端弯矩总体分配法推导出框架各杆端弯矩的计算公式，然后按公式算出各杆端弯矩的计算系数。固端弯矩总体分配法的基本原理和任意框架在垂直荷载下实用计算所需的全部参数见第五章所述。第五章还提供了不用表直接用固端弯矩总体分配法计算框架的例题。

第三节 系数的精度

在计算系数时考虑了本节点及所有相邻节点固端弯矩的作用，较远节点弯矩的影响没有考虑。在求系数时使用了计算尺，因此，利用这些系数的框架计算当然是近似的，但是，对于技术设计阶段来说，其精度是足够的，因为在大多数情况下在第三位数上有误差，或在弯矩很小的地方有误差，影响不大。

第四节 其它计算方法问题

多次超静定结构理论计算方法很早就推导出来了，但是，原有的计算方法都是非常繁琐和极其复杂的，不便于一般设计人员应用。

第五节 电子计算机的使用问题

电子计算机能够使设计人员摆脱繁重的计算工作，但是，由于编排课题的计算程序需要花费时间，翻译计算机计算成果也需要专业人员配合，因此目前还不能得到广泛的应用。

第六节 本书计算方法的优点

利用本书各表来计算框架，对于结构技术人员来说特别方便，犹如目前广泛使用的等跨

连续梁计算表一样简单，可以直接求出各控制截面上的弯矩而不必计算繁杂的中间数字。

为了说明用本法计算的精度，现举一个用不同方法计算的例子，即分别用电子计算机、卡尼法和本法计算。

计算一楹两跨五层框架，框架所有横梁上作用有满跨均布荷载，框架的梁柱单位刚度比 $K=0.5$ ，计算简图和弯矩图见表72图118，框架跨度 $L=6\text{m}$ ，荷载 $q=6\text{t/m}$ ，($qL^2=6\times 6^2=216\text{t}\cdot\text{m}$)。

按上述几种方法计算求得的框架各截面上的弯矩值见表1。设电子计算机计算结果为100%，用其余两种方法计算的结果及误差按框架各杆的杆端截面和跨中截面逐个列于表中。分析计算结果的最大误差、所有计算截面的平均误差，以及一个熟练的工程师分别用上述各种方法计算所花费的时间可知，最大误差：卡尼法为12.9%，本法为8%。平均误差：卡尼法为3.1%，本法为3.8%。时间消耗：一个熟练的结构工程师电算（包括输入和输出）需半个工作日，用卡尼法需一个工作日，用本法仅需半小时。

从表1中可以看出，用本书的表来计算框架，就实用来说精度是够的，而计算的简捷也是无可非议的。

表1

截面	计 算 方 法					截面	计 算 方 法						
	电 算		卡 尼 法		本 法		电 算		卡 尼 法		本 法		
	t-m	t-m	误差 %	t-m	误差 %		t-m	t-m	误差 %	t-m	误差 %		
边 柱						梁 的 中 间 支 座							
2	13.2	12.5	-5.3	13.18	-	16	20.2	20.7	+2.5	21.17	+4.8		
3	9.6	8.6	-10.4	9.07	-5.5	20	18.8	18.8	-	20.30	+8.0		
5	7.0	7.9	+12.9	7.35	+5.0	24	18.8	19.4	+3.2	20.10	+6.9		
6	7.7	7.3	-5.2	8.21	+6.6	28	18.8	19.2	+2.1	20.10	+6.9		
8	8.1	8.0	-1.2	7.78	-4.0	32	19.3	19.6	+1.6	19.87	+3.0		
9	7.9	7.6	-3.8	7.99	+1.1								
11	8.1	8.0	-1.2	7.78	-4.0								
12	8.8	8.7	-1.1	9.07	+3.1								
14	6.4	6.1	-4.7	6.26	-2.2								
15	3.2	3.1	-3.1	3.24	+1.3								
梁 的 边 支 座						梁 跨 中							
1	13.2	12.5	-5.3	13.18	-	1-16	10.51	10.55	+0.4	10.15	-3.4		
4	16.6	16.5	-0.6	16.42	-1.1	4-20	9.56	9.36	-2.1	8.86	-7.3		
7	15.8	15.3	-3.2	15.98	+1.1	7-24	9.72	9.69	-0.3	9.07	-6.7		
10	15.9	15.6	-1.9	15.77	-0.8	10-28	9.67	9.63	-0.4	9.07	-7.3		
13	15.2	14.8	-2.6	15.34	+0.9	13-32	9.79	9.68	-1.1	9.50	-3.0		

第七节 应 用 情 况

对于以下几个方面用本书的表速算可以说特别方便：在初选截面时寻求最理想的框架杆

件截面；不同结构方案合理性的比较；在已确定的结构上荷载或尺寸局部改变的修正计算；校核用其它方法计算的结果；研究个别荷载对整个结构的影响；技术设计阶段的计算；各种不同跨度、开间框架方案的分析比较；探讨和确定最好最省的设计方案等等。

第八节 采用的结构简图

利用本书的表可以计算1~3跨、1~5层或多层（任意层）在垂直荷载作用下的框架。框架可带悬挑梁或不带悬挑梁，层高相同或不同，但柱子的单位刚度相同，等跨或不等跨，但横梁的单位刚度相同。

必须指出，这里所提出的条件与当前结构定型化的要求是相适应的，是为了建筑工业化和采用工厂生产的标准预制构件。

第九节 框架构件的代号

编号很简单，只需用不多的号码。由于无论是简单的或复杂的多次超静定结构的计算最后都归结为求杆件的杆端弯矩，所以图中标注的顺序号码即表示框架各杆件的杆端截面。所谓杆端截面是指杆件在节点的嵌固处。以节点为单位，我们给每一根交于此节点的杆件端部截面一个号码，该处的弯矩用字母 M_n 表示， n 表示某杆端截面的号码。例如：图1示框架的一部分，梁1—11的端部弯矩是 M_1 和 M_{11} ，跨中弯矩是 M_{1-11} 。柱子2—3上端的弯矩是 M_2 ，下端的弯矩是 M_3 。梁端部截面1所在节点的悬挑梁根部弯矩是 M_{k1} 等等。

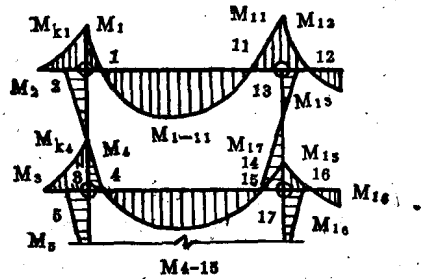


图 1

框架各杆端截面的编号对任何节点都按照上→左→右→下的次序进行。如图1节点14→15→16→17，柱下端截面14(节点的上部)，梁右端截面15(节点的左面)，梁左端截面16(节点的右面)，柱上端截面17(节点的下部)。

在框架的边节点和顶部节点上，缺少不存在的杆端截面，对于这种情况在按照上述次序编号时自然应当扣除。(如图1中节点1—2，3—4—5，11—12—13)。

在书中各表对应的计算简图中，框架各杆件的端部截面都有编号，因此在计算1~5层框架时不必再编号。在5层以上各表对应的计算简图中，各杆件端部截面的编号视不同情况而定，因为杆端截面的数目应与框架的具体层数相适应，所以在利用5层以上的表计算框架时，编号应作相应的变动。本书最后的几个表也可用于4层及4层以上的框架计算。

第十节 利用系数表的计算方法

利用本书各表计算垂直荷载作用下的框架，首先必须选取在荷载形式、跨数和层数上和所要计算的框架相适应的图表。在此以前，还需要知道各杆件的横截面，并求出梁柱的单位刚度比 K ，最后，算出弯矩并绘制垂直荷载下的弯矩图。有时，还需要计算非对称荷载作用下节点水平位移所引起的附加弯矩（见第十五、十六节）和水平风荷载引起的弯矩（见第十

三节), 然后才可以绘制最后的弯矩图。

在1~5层框架的各表中, 列出了所有各层杆件的弯矩系数。在5层以上的多层框架表中, 列出了顶部两层和底部两层以及一个中间层的弯矩系数, 其余各中间层均按此中间层考虑。

第十一节 弯矩的计算

有跨间荷载和悬挑荷载的框架, 各截面上的弯矩分别按下面的公式计算。

情况(A)——荷载作用在跨间

均布荷载 q 可以作用在一根梁上、几根梁上或全部梁上, 不论如何布置, 框架任一截面 n 处的弯矩 M_n 都按照下面的基本公式计算(仅对均布荷载图2而言):

$$M_n = A_n q L^2. \quad (1)$$

式中: A_n —截面 n 的比例系数, 在与该荷载情况相对应的表中按框架梁柱的单位刚度比 K 查得。

$$K = \frac{i_P}{i_{CT}},$$

$$\text{式中: } i_P = \frac{I_P E}{L}, \quad i_{CT} = \frac{I_{CT} E}{H}.$$

在此: I_P —梁横截面的惯性矩;

I_{CT} —柱横截面的惯性矩;

L 和 H —框架的跨度和层高;

E —弹性模量(框架的梁柱材料相同)。

集中荷载 P 可以作用在一根梁上或全部梁上, 此时, 任一截面 n 的弯矩 M_n 仍然可以用与集中荷载作用位置相同(一根梁或几根梁)而承受均布荷载情况的 A_n 值并按荷载 P 的数目按下列公式之一计算:

$$M_n = 1.5 A_n P L, \quad (2)$$

$$M_n = 2.66 A_n P L, \quad (3)$$

$$M_n = 3.75 A_n P L. \quad (4)$$

公式(2)~(4)对应的荷载简图见图3~5。

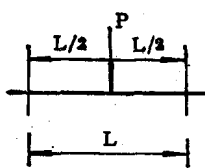


图 3

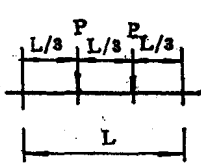


图 4

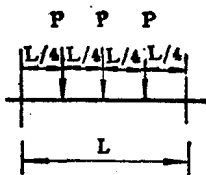


图 5

任意对称荷载 N (图6)可作用在一根梁上、几根梁上或全部梁上。此时, 任一截面 n 处的弯矩同样可以用与其荷载位置相同(一根梁、几根梁或全部梁)而承受均布荷载情况的 A_n 值并按下面的公式计算:

$$M_n = 12 A_n \bar{M}_N. \quad (5)$$

式中: $\bar{M}_N$ —荷载 N 引起的固端弯矩(假想的杆端弯矩, 按杆两端刚性嵌固求得。)

情况(B)一荷载作用在悬挑梁上

悬挑梁可布置在框架的一层或所有各层的一侧或两侧，由此而产生的任一截面n处的弯矩 M_n 按下面的公式计算：

$$M_n = A_n M_K \quad (6)$$



图 6

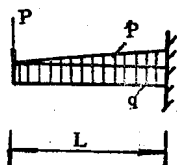


图 7

式中： A_n —截面n的比例系数，根据具体荷载情况（一侧或两侧有悬挑等）在相应的表内按梁柱的单位刚度比 K 查得。

M_K —悬挑梁根部弯矩，如图7示：

$$M_K = PL_K + \frac{qL_K^2}{2} + \frac{pL_K^2}{6}。$$

第十二节 符号规则

使杆端和节点顺时针转动的弯矩为正弯矩。在各表所对应的弯矩图中，弯矩图均画在杆件受拉的一边（见图8）。弯矩总是使杆端从受拉的一边转向受压的一边，亦即从弯矩图所在的一边转向杆件所在的一边。因此，图9所示的梁和柱的端部弯矩是正弯矩，它使节点顺时针转动。图10所示的梁和柱的端部弯矩是负弯矩，它使节点反时针转动。

在各表所对应的弯矩图中，弯矩没有注明正负号，这是考虑到在某些节点上交于该节点的各杆端弯矩互相重叠，各自具有不同的符号，不便标注。表中的系数 A 是绝对值。在对称框架中，左右两边系数的绝对值相等但符号相反。

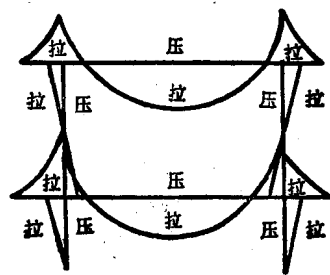


图 8



图 9

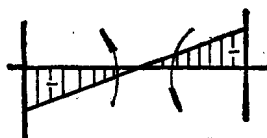


图10

在某些计算简图中和在某些荷载作用下，当梁柱的单位刚度比 K 等于某一特定值时，对某些杆端截面表中的系数 A_n 注明为负号（例如：表5中当 $K=8、4$ 和 2 时杆端截面7、8的系数 $A_7、A_8$ ）。碰到这样的情况，杆件这部份的弯矩图就应该画在表中所对应的弯矩图相反的一边。

应用表的例题

求图11所示框架杆端截面10 ($n=10$) 的弯矩。已知梁柱的单位刚度比 $K=2$; 荷载 $q=4\text{ t/m}$, $P=2.6\text{ t}$, $P_K=2.5\text{ t}$ 。

解: 该框架各截面上的弯矩等于5层框架分别在以下荷载作用下弯矩的总和: 各层均有均布荷载(表26)。此时, 对于杆端截面10($K=2$), $A_n=A_{10}=0.067$, 弯矩在此为正 (见节

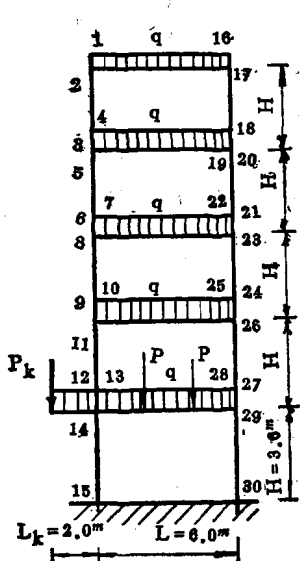


图11

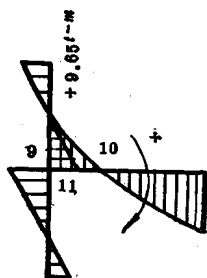


图12

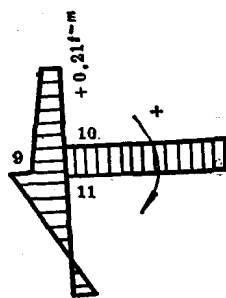


图13

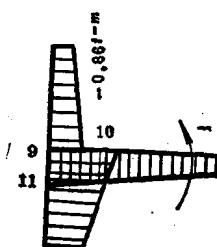


图14

点弯矩图12), 按第十一节公式(1)有:

$$M_{10(q)} = +AnqL^2 = 0.067 \times 4 \times 6^2 = +9.65\text{ t-m}.$$

第一层梁上有集中荷载P(表31)。此时, 杆端截面10 ($K=2$) $A_n=A_{10}=0.005$, 在此, 弯矩亦为正 (该荷载下的节点弯矩图见图13, 按第十一节公式(3):

$$M_{10(P)} = +2.66A_nPL = +2.66 \times 0.005 \times 2.6 \times 6 = +0.21\text{ t-m}$$

第一层有悬挑梁荷载 (见表36)。杆端截面10按 $K=2$ 查得: $A_n=0.066$, 悬挑梁根部弯矩为:

$$M_K = P_K L_K + \frac{PL_K^2}{2} = 2.5 \times 2 + \frac{4 \times 2^2}{2} = 13.0\text{ t-m}.$$

杆端截面10的弯矩在悬挑荷载下是负值, 按第十一节公式(6):

$$M_{10(M_K)} = -A_{10}M_K = -0.066 \times 13.0 = -0.86\text{ t-m}.$$

此时, 节点9~11的弯矩图见图14示。

以上三种荷载作用下截面10的总弯矩等于其中每一种荷载单独作用下的弯矩代数和, 即:

$$M_{10} = M_{10(q)} + M_{10(P)} + M_{10(M_K)} = +9.65 + 0.21 - 0.86 = +9.00\text{ t-m}.$$

照此计算, 可求出框架其余各截面上的弯矩, 并绘出弯矩图。

每一种荷载单独作用下以及各种荷载共同作用下的弯矩图见图15。

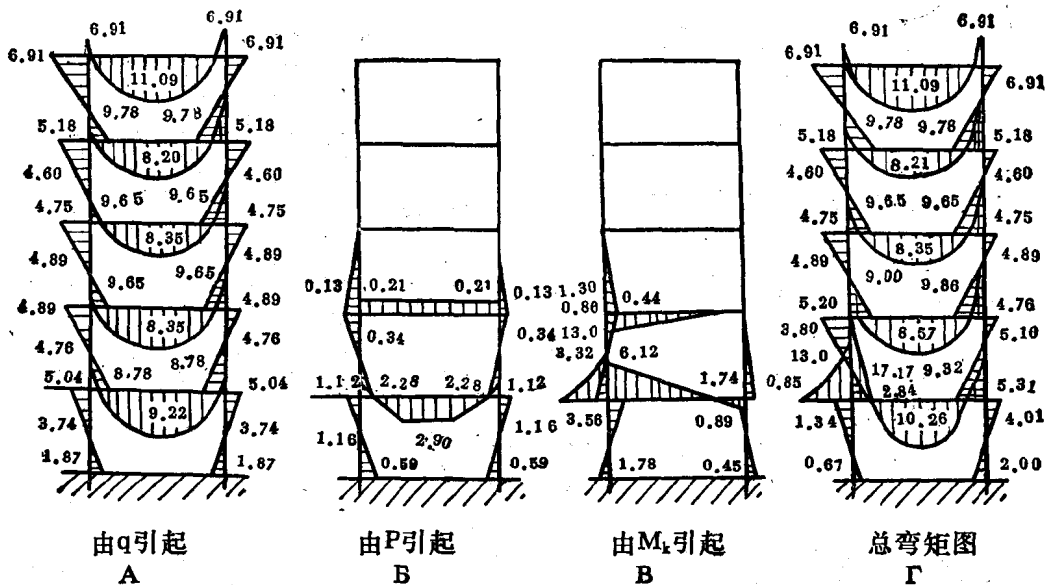


图15

第十三节 节点水平荷载作用的计算

节点水平荷载作用的计算没有编入表内，对此可用零点弯矩法*解决，其计算的要点如下：

柱上弯矩为零的位置，对于第一层假定位于立柱固定端2/3层高处，对于其余各层则假定均位于各层柱子的中间。

第n层柱上的剪力 Q_n 等于其上所有水平节点荷载之和 ΣW_{Bn} 被第n层的柱子数目a除（当第n层各柱单位刚度相同时），即：

$$Q_n = \frac{\Sigma W_{Bn}}{a} \quad (7)$$

柱端弯矩 M_{CT} 等于零点弯矩处的剪力 Q_n 与相应力臂的乘积。

$$\text{对于底层以上各层, } M_{CTn} = Q_n \frac{H}{2}, \quad (8)$$

$$\text{对于底层柱子上端, } M_{CTIB} = Q_1 \frac{H}{3}, \quad (9)$$

$$\text{对于底层柱子下端, } M_{CTIH} = Q \frac{2H}{3}. \quad (10)$$

第n层横梁与边柱相接的杆端弯矩 M_{PKP} 按上下相邻的柱端弯矩之和确定（与中柱相接的杆端弯矩则按上下相邻的柱端弯矩之和的一半确定），并取相反的符号，即：

$$M_{PKP} = -[M_{CTn} + M_{CT(n+1)}] \quad (11)$$

列表计算较方便，表2为图16框架的计算，其弯矩图见图17。

节点水平荷载下的计算例题

计算图11所示框架，各层节点上的风荷载见图18，计算时参照表2的形式全部在表3中进行，计算得出的弯矩见图19。

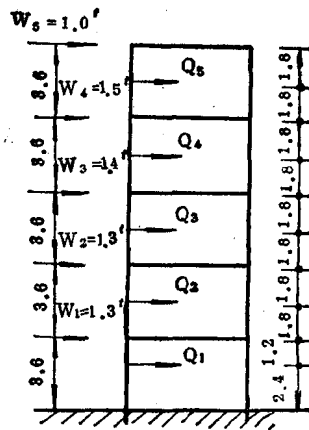


图18



注: α ——柱子数目

层数 n	ω_n	W_{B_n}	Q_n	M_{CT}		M_P	
				上 端	下 端	边 柱 处	中柱处
3	ω_3	$W_3 = \omega_3$	$Q_3 = \frac{W_3}{\alpha}$	$M_{CT3} = Q_3 \frac{H}{2}$	M_{CT3}	$-M_{CT3}$	—
2	ω_2	$\Sigma W_2 = \omega_3 + \omega_2$	$Q_2 = \frac{\Sigma W_2}{\alpha}$	$M_{CT2} = Q_2 \frac{H}{2}$	M_{CT2}	$-(M_{CT3} + M_{CT2})$	—
1	ω_1	$\Sigma W_1 = \omega_3 + \omega_1 + \omega_2$	$Q_1 = \frac{\Sigma W_1}{\alpha}$	$Q_1 \frac{H}{3}$	$Q_1 \frac{2}{3}H$	$-(M_{CT2} + M_{CT1B})$	—

注: α ——柱子数目

表 3

ω_n^i	$\Sigma \omega_{Bn}^i$	柱 剪 力 $Q_n t$	柱 弯 矩 M_{CT}^{i-m}		梁 弯 矩 M_P^{i-m}	
			上 端 M_{CTB}	下 端 M_{CTH}	边 柱 处	中 柱 处
1.0	1.0	$\frac{1}{2} = 0.5$	$0.5 \times 1.8 = 0.9$	0.9	0.9	—
1.5	$1.0 + 1.5 = 2.5$	$\frac{2.5}{2} = 1.25$	$1.25 \times 1.8 = 2.25$	2.25	$0.9 + 2.25 = 3.15$	—
1.4	$2.5 + 1.4 = 3.9$	$\frac{3.9}{2} = 1.95$	$1.95 \times 1.8 = 3.50$	3.50	$2.25 + 3.5 = 5.75$	—
1.3	$3.9 + 1.3 = 5.2$	$\frac{5.2}{2} = 2.6$	$2.6 \times 1.8 = 4.68$	4.68	$3.5 + 4.68 = 8.18$	—
1.3	$5.2 + 1.3 = 6.5$	$\frac{6.5}{2} = 3.25$	$3.25 \times 1.2 = 3.9$	$3.25 \times 2.4 = 7.8$	$4.68 + 3.9 = 8.58$	—

对于12层以上的建筑物和自振周期大于0.25秒的高层建筑或构筑物，风荷载的计算值应考虑阵风引起的高速脉冲动力作用。

沿高度方向单位重量不变的建筑物，其自振周期可按盖尔盖尼的简化公式计算：

$$T = 0.16\sqrt{f} \quad (12)$$

式中： f —假设等于建筑物高度方向单位重量的均布水平力引起的建筑物挠度(cm)。则计算自振周期为：

$$T_{PaC} = 1.3T \quad (13)$$

如果建筑物的挠度完全由风荷载 P_B 引起，且等于 f_B ，那么假定的沿高度不变的建筑物单位重量 Q 的力沿水平方向均布作用引起的挠度为：

$$f = \frac{G}{P_B} \cdot f_B. \quad (\text{这里 } G \text{ 为建筑物的总重量}) \quad (14)$$

建筑物自振周期的计算例题

试确定建筑物自振周期的计算值。建筑物总重为2400^t，在60^t的风荷载作用下挠度为6^{cm}。

解：

$$\text{假设挠度：} f = \frac{G}{P_B} f_B = \frac{2400}{60} \times 6 = 2400^{\text{cm}},$$

$$\text{计算自振周期为：} T_{P.c} = 1.3 \times 0.16\sqrt{2400} = 10 \text{秒}。$$

考虑风荷载脉冲动力作用的精确计算是很复杂的，而且其精确性尚未得到证明。下面引用莫斯科设计院采用的近似计算方法，此法的总误差为10%。

取脉冲系数 $m = 0.2$ ，那么，作用于建筑物的考虑脉冲动力作用的风荷载按下述情况的公式计算。式中：

H —建筑物的高度，

q_0 —地面处一平方米上的静风荷载，

q_H —建筑物顶部一平方米上的静风荷载,

ξ —动力性能系数(见表4),按建筑物的自振周期 T 确定。

附加在静风荷载上的脉冲动力作用与建筑物的振型和高度有关,地平面处的作用自然为零。我们来看看下面两种情况。

情况1: 建筑物的振型近于直线。

高度 K 处的动力作用为:

$$q_k^{HHH} = 0.1\xi \frac{K}{H} (2q_H + q_0)。 \quad (15)$$

建筑物顶部的动力作用为:

$$q_{max}^{HHH} = 0.1\xi (2q_H + q_0)。 \quad (16)$$

动力作用在建筑物基础处引起的弯矩:

$$M_{max}^{HHH} = 0.0333\xi H^2 (2q_H + q_0)。 \quad (17)$$

情况2: 建筑物的振型呈二次抛物线。

高度 K 处的动力作用为:

$$q_k^{HHH} = 0.0833\xi \left(\frac{K}{H}\right)^2 (3q_H + q_0)。 \quad (18)$$

同样,在建筑物顶部为:

$$q_{max}^{HHH} = 0.0833\xi (3q_H + q_0)。 \quad (19)$$

动力作用在建筑物基础处引起的弯矩为:

$$M_{max}^{HHH} = 0.0208\xi H^2 (3q_H + q_0)。 \quad (20)$$

动力作用引起的最大弯矩值受建筑物振型的影响很小。

如果风荷载的静力部分取成梯形,那么静力和动力的风荷载在地面处引起的弯矩对于情况1(建筑物的振型为直线型)时:

$$M_B = 0.0333H^2 (2q_H + q_0) (\zeta + \xi)。 \quad (21)$$

对于情况2(建筑物的振型为抛物线)时:

$$M_B = H^2 \left[\frac{q_0}{6} \left(1 + \frac{\xi}{8}\right) + q_H \left(\frac{1}{3} + \frac{\xi}{16}\right) \right]。 \quad (22)$$

等截面剪力墙在峰值为 q 的倒三角形水平荷载作用下的挠度按下式计算:

$$f = 0.0917 \frac{qH^4}{EI}。 \quad (23)$$

底部弯矩为:

$$M = 0.333qH^2 \quad (24)$$

在峰值为 q 的抛物线型水平荷载作用下挠度为:

$$f = 0.0723 \frac{qH^4}{EI}。 \quad (25)$$

底部弯矩为:

$$M = 0.25qH^2。 \quad (26)$$

均布荷载 q 引起的挠度为:

$$f = 0.125 \frac{qH^4}{EI} \quad (27)$$

底部弯矩为:

$$M = 0.5qH^2 \quad (28)$$

为了使实用计算具有足够的精度, 可以把风动力作用取成三角形, 动力性能系数取 $\xi = 2.4$, 风的静力作用取成梯形, 荷载的峰值在建筑顶部, 最小值靠近地面, 并按规范取值, 使梯形荷载在基础处产生的弯矩等于标准静荷载图形产生的弯矩。

表 4 各类构筑物的 ξ 系数值

T (秒)	构 筑 物		T (秒)	构 筑 物	
	金 属 结 构 和 木 结 构	钢 筋 混 凝 土 和 砖 石 结 构		金 属 结 构 和 木 结 构	钢 筋 混 凝 土 和 砖 石 结 构
1	1.75	1.5	7	3.23	2.40
2	2.25	1.8	8	3.25	2.40
3	2.65	2.0	9	3.25	2.40
4	2.90	2.2	10	3.25	2.40
5	3.12	2.35	11	3.23	2.40
6	3.20	2.40	12	3.20	2.40

阵风脉冲动力作用的计算例题

计算高 $H = 40\text{m}$ 的 13 层建筑物立面上 1 米宽范围内的风动作用值以及风动作用引起的弯矩值。高速风压在地表处的标准值为 35kg/m^2 。

解:

取超载系数 $n = 1.2$, 空气动力系数 $c = 0.8 + 0.6$, 40m 高处高速风压的增大系数为 1.8。建筑物立面上 1 平方米的计算风荷载在地面处为:

$$q_0 = 0.035 \times 1.2(0.8 + 0.6) = 0.059^{1/\text{m}^2},$$

在 40m 高处为:

$$q_H = 1.8 \times 0.059 = 0.106^{1/\text{m}^2}.$$

查表 4, 当 $T = 10$ 秒时动力系数 $\xi = 2.4$ 。

建筑物顶部阵风动力作用当振型近于直线时:

$$q_{\max}^{\text{HH}} = 0.1\xi(2q_H + q_0) = 0.1 \times 2.4(2 \times 0.106 + 0.059) = 0.065^{1/\text{m}^2}.$$

阵风动力作用在地面处引起的弯矩为:

$$\begin{aligned} M_{\max}^{\text{HH}} &= 0.0333\xi H^2(2q_H + q_0) \\ &= 0.0333 \times 2.4 \times 40^2(2 \times 0.106 + 0.059) \\ &= 34.7^{\text{t-m}}. \end{aligned}$$

静风荷载和动风荷载在地面处引起的弯矩等于:

$$\begin{aligned} M_B &= 0.0333H^2(2q_H + q_0)(5 + \xi) \\ &= 0.0333 \times 40^2(2 \times 0.106 + 0.059)(5 + 2.4) \\ &= 107.0^{\text{t-m}}. \end{aligned}$$