

# 前 言

为了适应我国教育体制改革的需要，同时也是为了与国际教育体制接轨，毕业设计对培养学生综合运用所学专业基础理论，基本知识、熟悉规范和解决实际问题的能力有极大的帮助，而且是大学实践性教学的重要环节。对于即将踏入工作岗位的大学生来说也是一次考验，因此具有十分重要的作用，

本次毕业设计的题目为《长沙市鹏程中学教学楼》，在毕业设计前期，我复习了《钢筋混凝土结构设计原理》、《混凝土结构设计》、《基础工程》等基本教材，并针对性的查阅了《建筑结构荷载规范》、《中小学校建筑设计规范》等。在建筑设计中，充分考虑各房间的采光、通风、噪音等因素，进行合理的功能分区，然后以走廊相连，形成既独立又相互联系的风格。在进行结构设计时，采用分层法进行竖向荷载下的内力计算，用D值法求解风荷载作用下的框架内力。内力组合时，根据规范计算，进行最不利组合。同时也计算了柱、梁、板、基础、楼梯的配筋计算。设计后期，主要是进行设计手稿的电脑输入及修改、手工绘图。

在毕业设计期间通过查阅大量的资料、结构计算以及绘图，使我加深了对理论知识、规范、规程等相关资料的理解，从而进一步巩固了专业知识，提高综合分析问题、解决问题的能力。熟练了CAD、天正建筑、word2003、PK-PM等设计软件，顺利的完成了毕业设计。

尽管在结构设计和计算中结合了各种规范和标准，初次设计，自己经验尚浅，因此在结构设计计算难免有不妥和疏忽之处，敬请各位老师批评改正。

# 第一章 建筑设计说明

## 1. 1 工程概况

本工程为长沙市鹏程中学教学楼工程，结构形状为凹字形，总长度为 72 米，总宽度为 19.65 米，其建筑面积为 3675.1 平方米，总高度为 22.3 米。本工程建筑层数为 5 层，部分四层，耐火等级为二级，抗震设防烈度为 7 度（0.15g）。本工程相对标高±0.000。

## 1. 2 建筑功能设计

### 1.2.1 平面设计

本工程平面总布置简约，尽量避免凹凸曲折和高低错落，给施工带来了便利，在结构处理上得当，既不影响造型美观也不妨碍各房间之间的连续。

本工程为一幢中学教学楼，考虑到学生较多及人员走动方便设置了单侧走廊，朝向南侧，跨度为 2.7 米。而教室在教学楼中占据主导地位，故房间设置在朝阳一侧，共设 4 间 9000mm×6900mm 的房间，满足安静，宽敞，采光通风良好的使用要求。在东侧紧临楼梯设置开间为 8400mm×6900mm 的厕所与洗手间各两间，为使管道集中并节约建筑面积，厕所采用套间式，并在前室设置洗手台。楼梯作为各层房间重要的垂直交通联系部分，是人员疏散的必备设施，考虑到紧急疏散时的迅速，安全及时的要求，楼梯设置在东西两侧，紧临两侧出入口处，以便于人员疏散，楼梯间布局为 4800mm×6900mm。为保持整体布局整齐划一，本工程五层均采用相同的平面布局。

### 1.2.2 剖面设计

由于作为教学楼，室内使用人数较多，房间面积更大，根据房间的使用性质和卫生要求，房间的净高要高一些，定为 3.9 米，室内外高差 0.45 米，总高度为 20.100 米。作为学习的场所，一般需要安静的环境、充分的采光和快捷安全的疏导，又由于教室学生较多，故设计层高较高，并且房间朝向阳面。每间教室设置两个外窗和两个内窗，两道门，以提供良好的采光，通风和人员疏散要求，从而利于学习；楼梯、卫生间不需要太多的采光故仅设置小型窗户即可，大多设置在北面。

采光通风的设计，室内光线的强弱和照度是否均匀，除了和立面中窗户的宽度和位置有关外，还和剖面中窗户的高低有关。本工程中教室设置的窗户较多，高度较大完全满足自然采光、自然通风的要求，另外本工程整栋建筑是南北朝向，也可以充分的采光。

综上所述，剖面设计满足各项功能的要求。

### 1.2.3 交通联系设计

交通联系部分是建筑物中各个房间之间，楼层之间和房间内外之间联系通行的面积，即各类建筑物中的走廊，门厅，过厅，楼梯和坡道等。

走廊的宽度依据应符合人流通畅和建筑物防火要求设计，本教学楼属于通行人数较多的公共建筑，考虑本建筑主要作为教学之用的使用特点以及建筑平面组合要求，通过人流的多少，根据调查分析和参考设计资料确定过道的宽度为 2.7 米，满足要求。同时，走廊除了交通联系外，也可以兼有其他的使用功能，如下课学生们的课间休息活动等功能。

楼梯设计主要是根据使用要求和人流通行情况确定梯段和休息平台的宽度。梯段的宽度，考虑学生上下课期间人流量大，设计本建筑梯段宽度为 1.8 米，既满足通行人数要求又满足建筑防火要求。楼梯平台的宽度，考虑到人流通行需求，而且平台的宽度不应小于梯段的宽度，此处设为 2.4 米。楼梯形式的选择，此处采用两跑楼梯，既节省面积又使用方便。楼梯间的门窗均采用乙级防火门窗，每层所设置的防火区均满足《防火规范》要求。

主要出入口设置在建筑物的南侧，与楼梯间相邻，方便人员疏散，满足建筑防火要求。

### 1.2.3 建筑立面设计

建筑物整体立面均为平面，便于增加各种颜色，立面采用了淡蓝色涂料，在窗间涂刷米黄色的竖线条，总体给人清新爽快，明快活泼的感觉。淡蓝色与天空相互辉映，再加上米黄色的竖线条，增加了建筑物的高度感。外墙的立面，窗户的排列富有韵律，整齐不失庄重，符合教学楼的设计理念。灰绿色的玻璃幕墙加上同色的窗玻璃，与白色的主色调互相呼应，体现教学楼严谨工作的主题。

## 第二章 结构选型及布置

### 2.1 结构选型

- 1、结构体系选型：采用钢筋混凝现浇框架结构体系。
- 2、屋面结构：采用现浇钢筋混凝土现浇楼板，屋面板厚 120mm。
- 3、楼面结构：全部采用现浇钢筋混凝土楼板，板厚 120mm。
- 4、楼梯结构：采用钢筋混凝土现浇楼梯。
- 5、天沟：采用现浇天沟。
- 6、基础梁：采用钢筋混凝土基础梁。
- 7、基础：采用钢筋混凝土群桩基础。

### 2.2 结构布置

1. 结构布置包括结构平面布置和结构剖面布置。因为此设计中同一层楼面标高变化不大，所以不做结构剖面布置。如屋面、各层楼面等结构平面布置，详见图 2-1 结构平面布置图。

2. 结构布置图的具体内容和要求

(1) 屋面结构布置图上主要的结构构件有：框架（梁和柱）、屋面梁、屋面板等构件。

(2) 楼面结构布置图上主要结构构件有：框架（梁和柱）、楼面梁、楼面板、楼梯等。



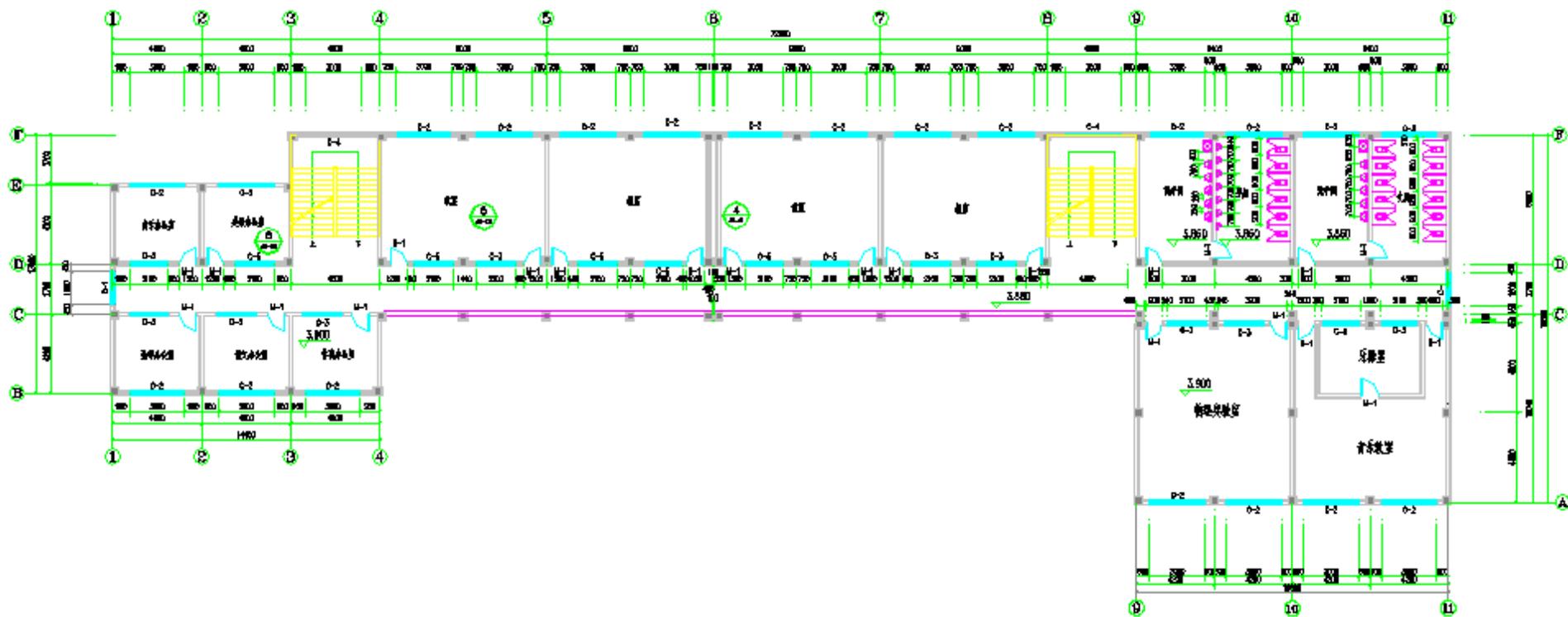


图 2.1 标准层结构布置

## 第三章 框架结构内力计算

### 3.1 确定框架的计算简图

框架的计算简图如图 2.1 所示，取 5 轴上的一榀框架计算。假定框架柱嵌固于基础顶面，框架梁与柱刚接。由于各层柱的截面尺寸不变，故梁跨等于柱截面形心轴线之间的距离。底层柱高从基础顶面算至二楼楼面，首层楼面标高为 3.9m，基础标高根据地质条件，室内外高差（-0.45m）等定位-0.95m，故底层柱标高为 4.85m，二层至四层楼面标高均为 3.9m。框架的计算简图如图 3.1 所示：

### 3.2 框架梁柱尺寸确定

由于各层框架为超静定结构，在内力计算之前，需要预先估算梁、柱的截面尺寸及结构所采用的材料强度等级，以求得框架中各杆的线刚度及响度线刚度。

混凝土强度等级：梁中用 C30（ $E_c=30 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ ）

柱中用 C30（ $E_c=30 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ ）

框架梁：

主梁截面尺寸： $h_b=(1/8 \sim 1/18)l_0=(1/8 \sim 1/18) \times 6900\text{mm}=(862.5\text{mm} \sim 383.3\text{mm})$  取  $h_b=600\text{mm}$

$b_b=(1/2 \sim 1/4)h_b=(150\text{mm} \sim 300\text{mm})$  取  $b_b=300\text{mm}$

次梁截面尺寸： $h_b=(1/8 \sim 1/18)l_0=(1/8 \sim 1/18) \times 3450\text{mm}=(431\text{mm} \sim 191\text{mm})$  取  $h_b=400\text{mm}$

$b_b=(1/2 \sim 1/4)h_b=(175\text{mm} \sim 88\text{mm})$  取  $b_b=200\text{mm}$

框架柱： $b_c=(1/12 \sim 1/18)H_i=(1/12 \sim 1/18) \times 4850\text{mm}=(269\text{mm} \sim 404\text{mm})$

取  $b_c=400\text{mm}$ ,

$h_c=(1 \sim 2)b_c=350\text{mm} \sim 700\text{mm}$  采用方柱取  $400\text{mm} \times 450\text{mm}$

### 3.3 框架梁柱线刚度计算：

框架梁：

左边跨梁：

$$i_{\text{左跨梁}}=EI/l=[3.0 \times 10^7 \times (1/12) \times 0.3 \times 0.6^3]/6.9\text{kN}\cdot\text{m}=2.35 \times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$i_{\text{右跨梁}}=EI/l=[3.0 \times 10^7 \times (1/12) \times 0.3 \times 0.6^3]/6.9\text{kN}\cdot\text{m}=6.0 \times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$$

上部各层柱:

$$i_{\text{余柱}} = [3.0 \times 10^7 \times (1/12) \times 0.4 \times 0.45^3] / 3.9 \text{ kN}\cdot\text{m} = 2.34 \times 10^4 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

底层柱:

$$i_{\text{底层柱}} = [3.0 \times 10^7 \times (1/12) \times 0.4 \times 0.45^3] / 4.85 \text{ kN}\cdot\text{m} = 1.88 \times 10^4 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

令  $i_{\text{余柱}} = 1.0$ ，则其余各杆件的相对线刚度为:

$$i_1' = 6.0 \times 10^4 / 2.37 \times 10^4 = 2.53$$

$$i_2' = 2.35 \times 10^4 / 2.34 \times 10^4 = 1.00$$

框架梁、柱的相对线刚度如图 3.1 所示，作为计算框架各杆端弯矩分配系数的依据。

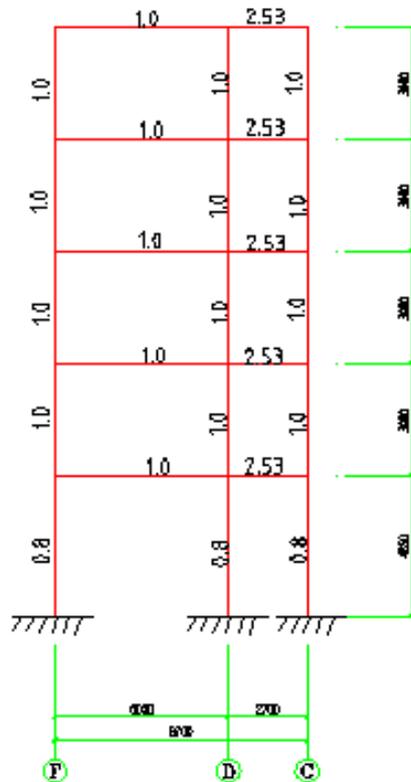


图 3.1 计算简图及相对线刚度

### 3.4 框架各种荷载计算及受荷总图

#### 3.4.1 荷载标准值计算

1、屋面

防水层（刚性）30 厚 C20 细石混凝土防水 1.00 kN/m<sup>2</sup>

防水层（柔性）三毡四油铺小石子 0.40kN/m<sup>2</sup>

找平层：15 厚 1:2.5 水泥砂浆找平	$0.015\text{m} \times 20 \text{ kN/m}^3 = 0.30 \text{ kN/m}^2$
找平层：15 厚水泥砂浆找平	$0.015\text{m} \times 20 \text{ kN/m}^3 = 0.30 \text{ kN/m}^2$
找坡层：40 厚水泥石灰焦渣砂浆 3‰找平	$0.56 \text{ kN/m}^2$
保温层：80 厚矿渣水泥	$0.08\text{m} \times 14.5 \text{ kN/m}^3 = 1.16 \text{ kN/m}^2$
结构层：120 厚现浇钢筋混凝土板	$0.10\text{m} \times 25 \text{ kN/m}^3 = 3.0 \text{ kN/m}^2$
抹灰层：10 厚混合砂浆	$0.01\text{m} \times 17 \text{ kN/m}^2 = 0.17 \text{ kN/m}^2$
合计：	$6.89 \text{ kN/m}^2$

## 2、各层走廊楼面

水磨石地面：10mm 面层， 20mm 水泥砂浆打底， 素水泥浆结合层一道	$0.65 \text{ kN/m}^2$
结构层：120 厚现浇钢筋混凝土板	$0.12\text{m} \times 25 \text{ kN/m}^3 = 3.00 \text{ kN/m}^2$
抹灰层：10 厚混合砂浆	$0.01\text{m} \times 17 \text{ kN/m}^2 = 0.17 \text{ kN/m}^2$
合计：	$3.82 \text{ kN/m}^2$

## 3、标准层楼面

瓷砖地面：瓷砖面层，水泥砂浆擦缝 30 厚 1:3 干硬水泥砂浆，面上撒 2 厚素水泥， 素水泥浆结合层一道	$0.55 \text{ kN/m}^2$
结构层：120 厚现浇钢筋混凝土板	$0.12\text{m} \times 25 \text{ kN/m}^3 = 3.00 \text{ kN/m}^2$
抹灰层：10 厚混合砂浆	$0.01\text{m} \times 17 \text{ kN/m}^2 = 0.17 \text{ kN/m}^2$
合计：	$3.70 \text{ kN/m}^2$

## 4、梁自重

主梁： $b \times h = 300\text{mm} \times 600\text{mm}$	
梁自重：	$25 \text{ kN/m}^3 \times 0.3\text{m} \times (0.6\text{m} - 0.12\text{m}) = 3.6 \text{ kN/m}$
抹灰层：10 厚混合砂浆	$0.22 \text{ kN/m}^2$
合计：	$3.82 \text{ kN/m}$
次梁： $b \times h = 200\text{mm} \times 400\text{mm}$	
梁自重：	$25 \text{ kN/m}^3 \times 0.2\text{m} \times (0.4\text{m} - 0.12\text{m}) = 1.4 \text{ kN/m}$
抹灰层：10 厚混合砂浆	$(0.28 \times 2 + 0.2) \times 0.01\text{m} \times 17 \text{ kN/m}^2 = 0.11 \text{ kN/m}^2$
合计：	$1.51 \text{ kN/m}$

基础梁:  $b \times h = 300\text{mm} \times 400\text{mm}$

梁自重  $25\text{kN/m}^3 \times 0.3\text{m} \times 0.4\text{m} = 3.00\text{kN/m}$

### 5、框架柱自重

$b \times h = 400\text{mm} \times 450\text{mm}$

柱自重:  $25\text{kN/m}^3 \times 0.4\text{m} \times 0.4\text{m} = 4.50\text{kN/m}$

抹灰层: 10 厚混合砂浆:  $0.01\text{m} \times (0.4\text{m} \times 2 + 0.45\text{m} \times 2) \times 17\text{kN/m}^3 = 0.29\text{kN/m}$

合计:  $4.79\text{kN/m}$

### 6、墙自重

#### 1) 外纵墙自重

标准层:

纵墙:  $18\text{kN/m}^3 \times 0.24\text{m} \times 0.9\text{m} = 3.89\text{kN/m}$

铝合金窗:  $0.95\text{kN/m}$

水刷石外墙面:  $(3.9\text{m} - 2.1\text{m}) \times 0.5\text{kN/m}^2 = 0.9\text{kN/m}$

水泥粉刷内墙面:  $(3.9\text{m} - 2.1\text{m}) \times 0.36\text{kN/m}^2 = 0.65\text{kN/m}$

合计:  $6.39\text{kN/m}$

底层:

墙重:  $18\text{kN/m}^3 \times 0.24\text{m} \times 0.9\text{m} = 3.89\text{kN/m}$

铝合金窗:  $0.95\text{kN/m}$

水刷石外墙面:  $(3.9\text{m} - 2.1\text{m}) \times 0.5\text{kN/m}^2 = 0.9\text{kN/m}$

水泥粉刷内墙面:  $(3.6\text{m} - 2.1\text{m}) \times 0.36\text{kN/m}^2 = 0.65\text{kN/m}$

合计:  $6.39\text{kN/m}$

#### 2) 内纵墙自重

标准层:

纵墙重:  $(3.9\text{m} - 0.6\text{m}) \times 0.24\text{m} \times 18\text{kN/m}^3 = 14.26\text{kN/m}$

水泥粉刷内墙面:  $18\text{kN/m}^3 \times (3.9\text{m} - 0.6\text{m}) \times 0.02\text{m} \times 2 = 2.38\text{kN/m}$

合计:  $16.64\text{kN/m}$

底层:

墙体:  $(4.85\text{m} - 2.1\text{m} - 0.6\text{m} - 0.4\text{m}) \times 0.24\text{m} \times 18\text{kN/m}^2 = 7.56\text{kN/m}$

铝合金窗:  $0.95\text{kN/m}$

水刷石外墙面:  $0.9\text{kN/m}$

水泥粉刷内墙面:  $0.65\text{kN/m}$

合计： 10.06kN/m

### 3)内隔墙自重

标准层：

内隔墙重： $0.24\text{m} \times (3.9\text{m}-0.6\text{m}) \times 18 \text{ kN/m}^3 = 14.26\text{kN/m}$

水泥粉刷墙面： $(3.9\text{m}-0.6\text{m}) \times 18 \text{ kN/m}^3 \times 0.02\text{m} \times 2 = 2.38\text{kN/m}$

合计： 16.64kN/m

底层：

内横墙： $(4.85\text{m}-0.6\text{m}-0.4\text{m}) \times 0.24\text{m} \times 18\text{KN/m}^3 = 16.63\text{kN/m}$

水泥粉刷内墙面  $(3.9\text{m}-0.5\text{m}) \times 18\text{KN/m}^3 \times 0.02\text{m} \times 2 = 2.38\text{kN/m}$

合计： 19.01kN/m

栏杆自重： $0.24 \times 1.1\text{m} \times 18\text{KN/m}^3 + 0.05\text{m} \times 25\text{KN/m}^3 \times 0.24\text{m} = 5.05\text{KN/m}$

### 3.4.2 活荷载标准值计算

1、屋面和楼面活荷载标准值：根据《建筑结构荷载规范》（GB 50009-2001）查得

不上人屋面： 0.5kN/m<sup>2</sup>

楼面：

办公楼 2.0kN/m<sup>2</sup>

走廊 2.5kN/m<sup>2</sup>

会议室 2.0kN/m<sup>2</sup>

教师阅览室 2.0kN/m<sup>2</sup>

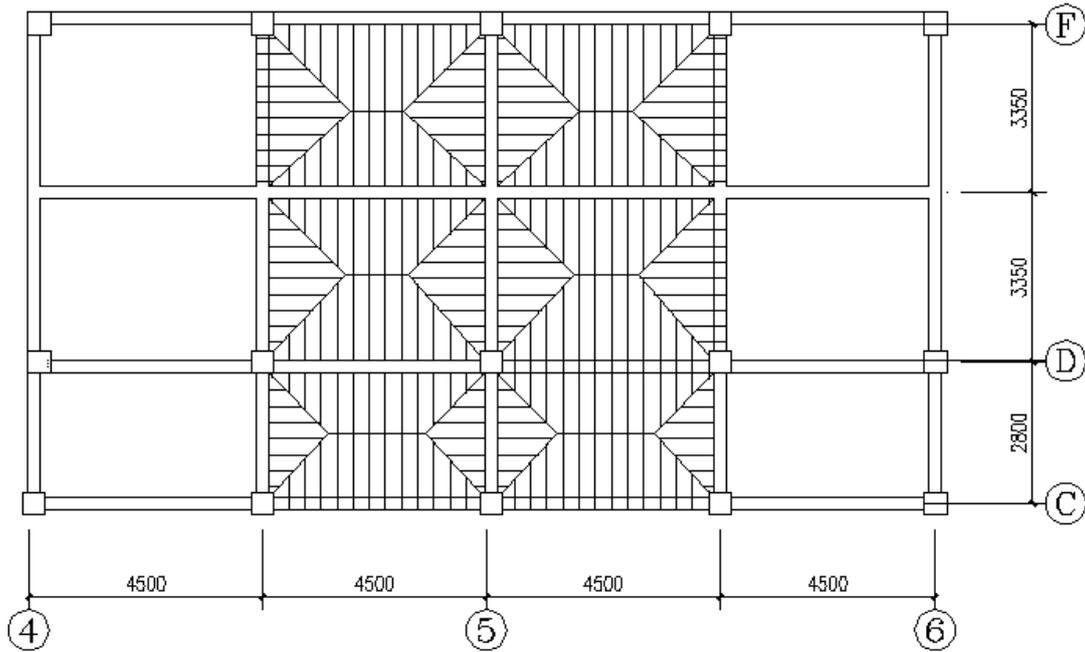
2、雪荷载： $S_0 = 0.3\text{kN/m}^2$

$S_k = 1.0 \times 0.3 \text{ kN/m}^2 = 0.3 \text{ kN/m}^2$

屋面活荷载与雪荷载不同时考虑，两者中取大值，因此屋面活荷载为 0.5kN/m<sup>2</sup>。

### 3、竖向荷载作用下框架受荷总图

荷载传递示意图如下：



3.2 板传荷载示意图

#### 1) D—F 轴间框架梁

屋面板传荷载：

$$\text{恒载：} 6.89\text{kN/m}^2 \times 1.725\text{m} \times (1-2 \times 0.38^2 + 0.38^3) = 9.10 \text{ kN/m}$$

$$\text{活载：} 0.5 \text{ kN/m}^2 \times 1.725\text{m} \times (1-2 \times 0.38^2 + 0.38^3) \times 2 = 0.66 \text{ kN/m}$$

楼面板传荷载：

$$\text{恒载：} 3.72 \text{ kN/m}^2 \times 1.725\text{m} \times (1-2 \times 0.38^2 + 0.38^3) \times 2 = 9.78 \text{ kN/m}$$

$$\text{活载：} 0.5 \text{ kN/m}^2 \times 1.725\text{m} \times (1-2 \times 0.38^2 + 0.38^3) \times 2 = 1.32 \text{ kN/m}$$

梁自重：3.82 kN/m

次梁自重：0.97kN/m

D-F 轴间框架梁集中荷载：

屋面梁：恒载=梁自重+板传荷载

$$= [(3.82 \text{ kN} + 0.97\text{kN/m}) \times 1.725 \times (1-2 \times 0.38^2 + 0.38^3)] + 9.10 = 15.43\text{kN/m}$$

$$\text{活载} = \text{板传荷载} = 4.14 \text{ kN/m} \times 0.66\text{m} = 4.8 \text{ kN}$$

楼面板梁：恒载=梁自重+板传荷载

$$= (3.82 \text{ kN} + 0.97 \text{ kN/m}) \times 1.725\text{m} \times (1-2 \times 0.38^2 + 0.38^3) + 9.78 = 16.11\text{kN/m}$$

活载=板传荷载=4.8kN

## 2) C—D 轴间框架梁

屋面板传荷载:

恒载:  $6.89 \text{ kN/m}^2 \times 1.35 \text{ m} \times (1-2 \times 0.3^2+0.3^3) = 8.72 \text{ kN/m}$

活载:  $0.5 \text{ kN/m}^2 \times 1.35 \text{ m} \times (1-2 \times 0.3^2+0.3^3) = 0.63 \text{ kN/m}$

楼面板传荷载:

恒载:  $3.82 \text{ kN/m}^2 \times 1.35 \text{ m} \times (1-2 \times 0.3^2+0.3^3) = 4.83 \text{ kN/m}$

活载:  $2.5 \text{ kN/m}^2 \times 1.35 \text{ m} \times (1-2 \times 0.3^2+0.3^3) = 3.16 \text{ kN/m}$

梁自重 3.82 kN/m

C—D 轴间框架梁集中荷载:

屋面梁: 恒载=梁自重=3.82 kN/m+8.72kN/m=12.54kN/m

活载=0.63

楼面梁: 恒载=梁自重=3.82 kN/m+4.83kN/m=8.65kN/m

活载=3.16

## 4) C 轴柱纵向集中荷载的计算

顶层柱:

女儿墙自重 (做法: 墙高 600mm, 100mm 的混凝土压顶):

$0.24 \text{ m} \times 0.6 \text{ m} \times 18 \text{ kN/m}^3 + 25 \text{ kN/m}^3 \times 0.12 \text{ m} \times 0.24 \text{ m} + (0.7 \text{ m} \times 2 + 0.24 \text{ m}) \times 0.5 \text{ kN/m}^2 = 4.13 \text{ kN/m}$

天沟自重:  $25 \text{ kN/m}^3 \times [0.3 \text{ m} + (0.3 - 0.08)] \times 0.08 \text{ m} + (0.3 \text{ m} + 0.3 \text{ m}) \times (0.5 \text{ kN/m}^2 + 0.36 \text{ kN/m}^2) = 1.56 \text{ kN/m}$

顶层柱恒载=女儿墙及天沟自重+主梁自重+次梁自重+板传荷载

$= (4.13 \text{ kN/m} + 1.56 \text{ kN/m}) \times 9 \text{ m} + 3.82 \text{ kN/m} \times (9 \text{ m} - 0.4 \text{ m}) + 12.54 \text{ kN/m} \times 3.45 + 6.89 \text{ kN/m} \times 1.725 \times (1 - 2 \times 0.38^2 + 0.38^3) + 0.97 \text{ kN/m} \times (9 - 0.3) \text{ m} / 2 \times 1/2 = 138.54 \text{ kN}$

顶层柱活载=板传活载

$= 0.63 \text{ kN/m}^2 \times 6.9 \text{ m} = 4.35 \text{ kN}$

标准层柱恒载=墙自重+主梁自重+次梁自重+板传荷载

$= 6.39 \text{ kN/m} \times (9 \text{ m} - 0.4 \text{ m}) + 3.82 \text{ kN/m} \times (9 \text{ m} - 0.45 \text{ m}) + 6.85 \text{ kN/m} \times 3.45 + 0.97 \text{ kN/m} \times (9 \text{ m} - 0.3 \text{ m}) / 2 \times 1/3 = 113.55 \text{ kN}$

标准层柱活载=板传活载

$$=4.14 \text{ kN/m}^2 \times 3.6\text{m} + 0.63 \times 6.9 = 19.25$$

基础顶面恒载=底层外纵墙自重+基础梁自重

$$=10.06\text{kN/m} \times (9\text{m}-0.4\text{m}) + 3 \text{ kN/m} \times (9\text{m}-0.45\text{m}) = 112.17 \text{ kN}$$

5) D 轴柱纵向集中荷载的计算

顶层柱恒载=主梁自重+次梁自重+板传荷载

$$\begin{aligned} &=3.82 \text{ kN/m} \times (9\text{m}-0.4\text{m}) + 1.35\text{kN/m} \times (6\text{m}-0.25\text{m}) \times 1/2 \times 1/2 \times 2 + 6.89 \text{ kN/m}^2 \times \\ &1.5\text{m} \times 5/8 \times 3\text{m} \times 2 + 6.89 \text{ kN/m}^2 \times 1.35\text{m} \times (1-2 \times 0.42^2 + 0.42^3) \times 3.6\text{m} \times 2 + 6.89 \text{ kN/m}^2 \times \\ &1.05\text{m} \times 3.6\text{m} \times 2 \times 1/2 = 97.18 \text{ kN} \end{aligned}$$

顶层柱活载=板传活载

$$=2.0 \text{ kN/m}^2 \times 1.35\text{m} \times 0.89 \times 9\text{m} = 21.63 \text{ kN}$$

标准层柱恒载=内纵墙自重+主梁自重+次梁自重+板传荷载

$$\begin{aligned} &=16.64 \text{ kN/m} \times (9\text{m}-0.4\text{m}) + 3.82 \text{ kN/m} \times (9\text{m}-0.4\text{m}) + 1.53 \text{ kN/m} \times (6\text{m}-0.25\text{m}) \\ &\times 1/2 \times 1/2 \times 2 + 3.72 \text{ kN/m}^2 \times 1.725\text{m} \times 5/8 \times 3\text{m} \times 2 + 3.72 \text{ kN/m}^2 \times 1.5\text{m} \times (1-2 \times \\ &0.42^2 + 0.42^3) \times 3.6\text{m} \times 2 + 3.82 \text{ kN/m}^2 \times 1.05\text{m} \times 3.6\text{m} \times 2 \times 1/2 = 197.13\text{kN} \end{aligned}$$

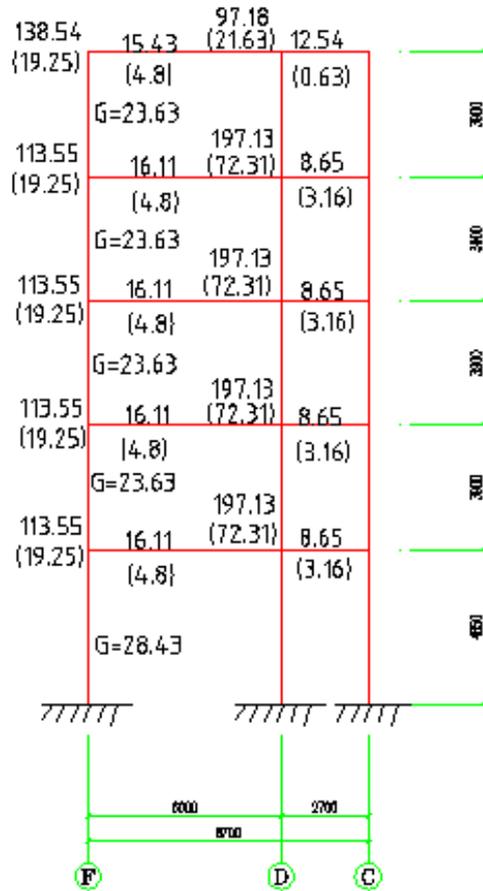
标准层柱活载=板传活载

$$\begin{aligned} &=2.0 \text{ kN/m}^2 \times 1.5\text{m} \times 5/8 \times 3\text{m} \times 2 + 2.0 \text{ kN/m}^2 \times 1.5\text{m} \times (1-2 \times 0.42^2 + 0.42^3) \times \\ &3.6\text{m} \times 2 + 2.5 \text{ kN/m}^2 \times 1.05\text{m} \times 3.6\text{m} \times 2 \times 1/2 = 72.31\text{kN} \end{aligned}$$

基础顶面恒载=基础梁自重

$$=3 \text{ kN/m} \times (9\text{m}-0.4\text{m}) = 25.8 \text{ kN}$$

竖向受荷总图如下所示：



3.3 竖向受荷总图

### 3.5 水平荷载作用下框架内力计算

#### 3.5.1 风荷载作用下的位移验算

##### 1、集中风荷载标准值计算

根据设计任务书知道有关风荷载的参数，并根据《建筑结构规范》（GB 50009-2001）知，作用在屋面梁和楼面梁节点处的集中风荷载标准值：

$$W_k = \beta_z \mu_s \mu_z \omega_0 (h_i + h_j) B / 2$$

式中，已知：基本风压  $\omega_0 = 0.3 \text{ kN/m}^2$ ；

$\mu_z$ ——风压高度变化系数，因建设地点位于城市郊区，所以地面粗糙度为 B 类；

$\mu_s$ ——风荷载体形系数，根据建筑物的体形查得  $\mu_s = 1.3$ ；

$\beta_z$ ——风振系数，基本自振周期对于钢筋混凝土框架结构可用  $T_1=0.08n$  ( $n$  是建筑层数) 估算，大约为  $0.64s > 0.25s$ ，应考虑风压脉动对结构发生顺风向风振的影响，

$$\beta_z = 1 + \xi V e_z / \mu_z;$$

$h_i$ ——下层柱高；

$h_j$ ——上层柱高，对顶层为女儿墙高度的 2 倍；

$B$ ——迎风面的宽度， $B=9.0m$ ；

计算过程见表 3.1

表 3.1 集中风荷载标准值

离地高度 $z/m$	$\mu_z$	$\beta_z$	$\mu_s$	$\omega_0(KN/m^2)$	$h_i/m$	$h_j/m$	$W_k/KN$
19.95	1.25	1.0	1.3	0.3	3.90	1.2	11.19
16.05	1.16	1.0	1.3	0.3	3.90	3.9	15.88
12.15	1.07	1.0	1.3	0.3	3.90	3.9	14.65
8.25	1.00	1.0	1.3	0.3	3.90	3.9	13.69
4.35	1.00	1.0	1.3	0.3	4.35	3.9	14.48

2. 风荷载作用下的位移验算：

横向框架的侧移刚度  $D$  的计算，由前面所求梁柱线刚度求侧移刚度如表 3.2 所示：

表 3.2 ③轴所对应的横向中框架柱的侧移刚度  $D$  值计算

构件名称		$\bar{i} = \frac{\sum i_b}{i_c}$ (底层)	$\alpha_c = \frac{\bar{i} + 0.5}{2 + \bar{i}}$ (底层)	$D = \alpha_c i_c \frac{12}{h^2} (kN/m)$
		$\bar{i} = \frac{\sum i_b}{2i_c}$ (一般层)	$\alpha_c = \frac{\bar{i}}{2 + \bar{i}}$ (一般层)	
底层	F 轴柱	1.25	0.54	5179
	D 轴柱	5.54	0.80	7673
	C 轴柱	3.19	0.71	6809
	$\sum D$	19661		
一般层	F 轴柱	4.02	0.67	12369
	D 轴柱	3.57	0.64	11815
	C 轴柱	2.56	0.56	10338
	$\sum D$	34522		

### 3、风荷载作用下框架侧移计算

水平荷载作用下框架的层间侧移可按下式计算：

$$\Delta u_j = V_j / \sum D_{ij}$$

式中， $V_j$ ——第  $j$  层的总剪力；

$\sum D_{ij}$ ——第  $j$  层所有柱的抗侧刚度；

$\Delta u_j$ ——第  $j$  层的层间侧移。

第一层的层间侧移值求出以后，就可以计算各楼板标高处的侧移值的顶点侧移值，各层楼板标高处的侧移值是该楼层以下各层层间侧移之和。顶点侧移是所有各层层间侧移之和。框架在风荷载作用下侧移的计算见表 2.4：

表 3.4 风荷载作用下框架侧移计算

层数	$W_j/\text{KN}$	$V_j/\text{KN}$	$\sum D/(\text{KN/m})$	$\Delta u_j/\text{m}$	$\Delta u_j/h$
5	11.19	11.19	34522	0.0003	0.00007
4	15.88	27.07	34522	0.0004	0.00010
3	14.65	41.72	34522	0.0007	0.00018
2	13.69	55.41	34522	0.0009	0.00023
1	14.48	69.89	19661	0.0020	0.00051
$u = \sum \Delta u_j = 0.00048\text{m}$					

侧移验算：

层间侧移最大值  $0.00048 \leq 1/550$  (满足要求)

### 3.5.2 风荷载标准值作用下的框架内力计算

框架在风荷载（从左到右吹）下的内力用 D 值法改进的反弯点法进行计算，其步骤

- ① 求各柱反弯点处的剪力值；
- ② 求各柱反弯点高度；
- ③ 求各柱的杆端弯矩及梁端弯矩；
- ④ 求各柱的轴力和梁剪力。

第  $i$  层第  $m$  柱所分配的剪力为： $V_{im} = D_{im} V_i / \sum D$ ， $V_i = \sum W_i$ ，

框架柱反弯点位置， $y = y_0 + y_1 + y_2 + y_3$ ，计算结果如下表 3.5, 3.6

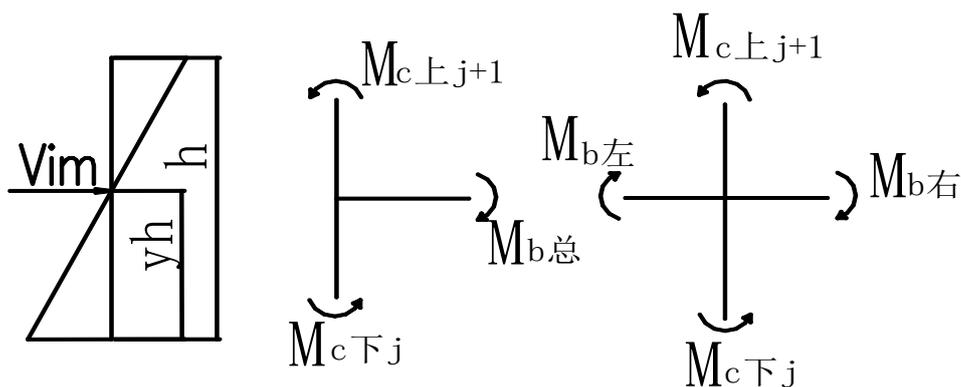
表 3.5 F 轴柱反弯点位置

层号	h/m	$\bar{i}$	$y_0$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y$	yh/m
5	3.9	4.02	0.435	0	0	0	0.435	1.70
4	3.9	4.02	0.45	0	0	0	0.45	1.76
3	3.9	4.02	0.5	0	0	0	0.50	1.95
2	3.9	4.02	0.5	0	0	0	0.50	1.95
1	4.85	4.02	0.55	0	0	0	0.55	2.67

表 3.6 C、D 轴柱反弯点位置

层号	h/m	$\bar{i}$	$y_0$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y$	yh/m
5	3.9	3.57	0.45	0	0	0	0.45	1.76
4	3.9	3.57	0.5	0	0	0	0.5	1.95
3	3.9	3.57	0.5	0	0	0	0.5	1.95
2	3.9	3.57	0.5	0	0	0	0.5	1.95
1	4.85	3.57	0.55	0	0	0	0.55	2.67

弯矩计算



框架节点弯矩分配

如上图所示，框架各柱的杆端弯矩、梁端弯矩按下式计算

$$M_{c\pm} = V_{im} (1-y) \times h$$

$$M_{c\pm} = V_{im} \times y \times h$$

$$M_{b\pm j} = \frac{i_b^{\pm}}{i_b^{\pm} + i_b^{\mp}} (M_{c\mp j+i} + M_{c\pm j})$$

$$M_{b\pm j} = M_{c\mp j+i} + M_{c\pm j}$$

则框架各柱的杆端弯矩、梁端弯矩如下表所示

表 3.7 风荷载作用下 K 轴框架柱剪力和梁柱端弯矩的计算

层号	$V_i$ / KN	$\sum D$ (KN/m)	Dim/ (KN/m)	Dim/ $\sum D$	$V_{im}$ / KN	yh/m	$M_{c上}$ / (KN·m)	$M_{c下}$ / (KN·m)	$M_{b总}$ / (KN·m)
5	11.19	34522	12369	0.2	2.24	1.70	4.98	3.52	4.98
4	27.07	34522	12369	0.2	5.41	1.76	13.08	8.76	16.60
3	41.72	34522	12369	0.2	8.34	1.95	26.02	15.01	34.78
2	55.41	34522	12369	0.2	11.08	1.95	34.57	19.94	49.58
1	69.89	19661	5179	0.22	15.38	2.67	89.97	38.45	109.91

表 3.8 风荷载作用下 L 轴框架柱剪力和梁柱端弯矩的计算

层号	$V_i$ / KN	$\sum D$ (KN/m)	Dim/ (KN/m)	Dim/ $\sum D$	$V_{im}$ / KN	yh/m	$M_{c上}$ / (KN·m)	$M_{c下}$ / (KN·m)	$M_{b左}$ / (KN·m)	$M_{b右}$ / (KN·m)
5	11.19	34522	12369	0.3	3.36	1.76	7.12	5.44	3.84	9.72
4	27.07	34522	12369	0.3	8.12	1.95	14.62	14.62	8.28	20.96
3	41.72	34522	12369	0.3	12.52	1.95	22.54	29.92	14.86	37.60
2	55.41	34522	12369	0.3	16.62	1.95	29.92	35.28	18.47	46.76
1	69.89	19661	5179	0.28	19.60	2.61	35.28	49.00	23.88	60.40

表 3.9 风荷载作用下 M 轴框架柱剪力和梁柱端弯矩的计算

层号	$V_i$ / KN	$\sum D$ (KN/m)	Dim/ (KN/m)	Dim/ $\sum D$	$V_{im}$ / KN	yh/m	$M_{c上}$ / (KN·m)	$M_{c下}$ / (KN·m)	$M_{b左}$ / (KN·m)	$M_{b右}$ / (KN·m)
5	11.19	34522	12369	0.3	3.36	1.62	8.12	8.12	4.60	11.64
4	27.07	34522	12369	0.3	8.12	1.80	14.62	14.62	8.28	20.96
3	41.72	34522	12369	0.3	12.52	1.80	22.54	22.54	12.77	32.31
2	55.41	34522	12369	0.3	16.62	1.80	29.92	29.92	16.95	42.89
1	69.89	19661	5179	0.28	19.60	2.50	35.28	35.28	22.08	55.88

表 3.10 风荷载作用下框架柱轴力与梁端剪力

层号	梁端剪力/KN		柱轴力/KN			
	FD 跨 $V_{bFD}$	CD 跨 $V_{bCD}$	F 轴	D 轴		C 轴
			$N_F$	$V_{bFD}-V_{bCD}$	$N_{cD}$	$N_{cD}$
5	0.78	4.12	-0.78	3.34	3.34	4.12
4	1.64	9.48	-2.42	7.84	11.18	13.60
3	2.98	16.94	-5.40	13.96	25.14	30.54
2	3.84	23.19	-9.24	19.35	44.49	53.19
1	5.33	29.18	-14.57	23.85	68.34	82.91

## **3.6 地震荷载作用**

### **3.6.1 地震荷载计算**

### **3.6.2 水平地震作用下的位移验算**

### 3.6.3 水平地震作用及楼层地震剪力



### 3.6.4 地震荷载标准值作用下的内力计算



## 3.7 内力计算

为简化计算，考虑如下几种单独受荷情况：

- (1)、恒载作用；
- (2)、活荷载作用；
- (3)、风荷载作用（从左向右，或从右向左）；

对于（1）～（2）种情况，框架在竖向荷载作用下采用分层法计算。

对于（3）种情况，框架在水平荷载作用下，采用 D 值法计算。

### 3.7.1 恒荷载标准值作用下的内力计算

1) 分配系数：

由前述的刚度比可根据下式求得节点各杆端的弯矩分配系数为：

$$\mu_{ik} = S_{ik} / \sum S_{ik}$$

除底层柱以外的其它各层柱的线刚度乘以修正系数 1.0

2) 传递系数

①杆端分配弯矩向远端传递是，底层柱和各层梁的传递系数仍按远端为固定支撑取为 1/2

②其它各柱的传递系数取 1/3；

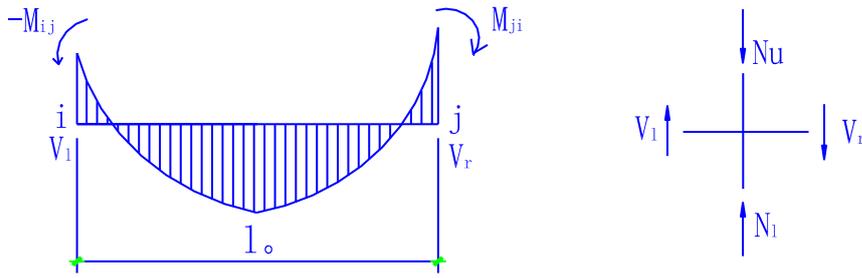
3) 固端弯矩

集中荷载引起的固端弯矩构成节点的不平衡弯矩： $M_{集中} = -FL/8$

根据上述公式计算的梁固端弯矩如图 8 所示。梁中部的弯矩的计算公式为：

$$M_{中} = FL/4 - (M_{左} + M_{右})/2$$

以上计算中，当已知框架 M 图求 V 图以及已知 V 图求 N 图时，可采用结构力学脱离体的方法。如已知杆件（梁或柱）两端的弯矩：



### 3.7 梁固端弯矩及柱的轴力示意图

其剪力计算为:

$$V_{\text{梁左}} = F/2 - (M_{\text{梁左}} + M_{\text{梁右}})/l_0$$

$$V_{\text{梁右}} = -F/2 - (M_{\text{梁左}} + M_{\text{梁右}})/l_0$$

已知某节点上柱传来的轴力  $N_u$  和左右传来的剪力  $V_l, V_r$  时, 其下柱的轴力 (图 3.7)。

$$N_l = N_u - V_l + V_r$$

表 3.12 线刚度表

层次	节点	相对线刚度				相对线刚度总和	分配系数			
		左梁	右梁	上柱	下柱		左梁	右梁	上柱	下柱
顶层	S		1.0		1.0	2.0		0.5		0.5
	T	1.0	2.53		1.0	4.53	0.22	0.56		0.22
	R	2.53	1.0		1.0	3.53	0.72	0.22		0.28
中间层	P		1.0	1.0	1.0	3.0		0.33	0.33	0.33
	N	1.0	2.53	1.0	1.0	5.53	0.18	0.46	0.18	0.18
	O	1.0		1.0	1.0	5.53	0.33		0.33	0.33
底层	G		1.0	1.0	1.0	3.0		0.33	0.33	0.33
	H	1.0	2.53	1.0	1.0	5.53	0.18	0.46	0.18	0.18
	I	2.53		1.0	1.0	4.53	0.56		0.22	0.22

1. 恒载固端弯矩

$$\begin{cases} M_{ST} = -M_{TS} = -\frac{ql^2}{12} = -46.29 \text{KN} \cdot \text{m} \\ M_{TU} = -M_{UT} = -\frac{ql^2}{12} = -7.62 \text{KN} \cdot \text{m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} M_{PQ} = -M_{QP} = -\frac{ql^2}{12} = -48.33 \text{KN} \cdot \text{m} \\ M_{QR} = -M_{RQ} = -\frac{ql^2}{12} = -5.25 \text{KN} \cdot \text{m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} M_{MN} = -M_{NM} = -\frac{ql^2}{12} = -48.33 \text{KN} \cdot \text{m} \\ M_{NO} = -M_{ON} = -\frac{ql^2}{12} = -5.25 \text{KN} \cdot \text{m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} M_{JK} = -M_{KJ} = -\frac{ql^2}{12} = -48.33 \text{KN} \cdot \text{m} \\ M_{KL} = -M_{LK} = -\frac{ql^2}{12} = -5.25 \text{KN} \cdot \text{m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} M_{GH} = -M_{HG} = -\frac{ql^2}{12} = -48.33 \text{KN} \cdot \text{m} \\ M_{HI} = -M_{IH} = -\frac{ql^2}{12} = -5.25 \text{KN} \cdot \text{m} \end{cases}$$

2. 活载固端弯矩

$$\begin{cases} M_{ST} = -M_{TS} = -\frac{ql^2}{12} = -14.4 \text{KN} \cdot \text{m} \\ M_{TU} = -M_{UT} = -\frac{ql^2}{12} = -0.38 \text{KN} \cdot \text{m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} M_{PQ} = -M_{QP} = -\frac{ql^2}{12} = -14.4 \text{KN} \cdot \text{m} \\ M_{QR} = -M_{RQ} = -\frac{ql^2}{12} = -1.92 \text{KN} \cdot \text{m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} M_{MN} = -M_{NM} = -\frac{ql^2}{12} = -14.4 \text{KN} \cdot \text{m} \\ M_{NO} = -M_{ON} = -\frac{ql^2}{12} = -1.92 \text{KN} \cdot \text{m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} M_{JK} = -M_{KJ} = -\frac{ql^2}{12} = -14.4 \text{KN} \cdot \text{m} \\ M_{KL} = -M_{LK} = -\frac{ql^2}{12} = -1.92 \text{KN} \cdot \text{m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} M_{GH} = -M_{HG} = -\frac{ql^2}{12} = -14.4 \text{KN} \cdot \text{m} \\ M_{HI} = -M_{IH} = -\frac{ql^2}{12} = -1.92 \text{KN} \cdot \text{m} \end{cases}$$

下柱	右梁
0.5	0.5
23.15	-46.29
	23.15
	-5.53
2.77	2.77
	-2.21
1.11	1.11
	-0.15
0.08	0.08
27.11	-27.07

左梁	下柱	右梁
0.22	0.56	0.22
46.29		-7.62
11.58		
-11.06	-28.14	-11.06
1.39		18.66
-4.41	-11.23	-4.41
0.55		0.8
-0.3	-0.76	-0.3
0.04		0.06
44.08	-40.13	3.87

左梁	下柱
0.72	0.28
46.29	
5.53	
-37.31	-14.51
2.21	
-1.59	-0.62
0.15	
-0.11	-0.04
15.17	-15.17

图 3.4 顶层恒载计算

上柱	下柱	右梁
0.33	0.33	0.33
15.95	15.95	-48.33
		15.95
		-4.6
1.52	1.52	1.52
		0.96
0.32	0.32	0.32
		-0.05
17.76	17.76	-36.15

左梁	上柱	下柱	右梁
0.18	0.18	0.18	0.46
48.33			-5.25
7.98			
-9.19	-9.19	-9.19	-23.49
0.76			9.92
-1.92	-1.92	-1.92	-4.91
0.16			0.41
-0.1	-0.1	-0.1	-0.26
46.02	-11.21	-11.21	-23.58

左梁	上柱	下柱
0.33	0.33	0.33
48.33		
11.75		
-19.83	-19.83	-19.83
2.46		
-0.81	-0.81	-0.81
0.13		
-0.04	-0.04	-0.04
41.99	-20.68	-20.68

图 3.5 标准层恒载计算;

上柱	下柱	右梁
0.33	0.33	0.33
15.95	15.95	-48.33
1.52	1.52	15.95
0.52	0.52	-4.6
0.05	0.05	1.52
		-1.58
		0.52
		-0.16
		0.05
18.04	18.04	-36.63

左梁	上柱	下柱	右梁
0.18	0.18	0.18	0.46
48.33			-5.25
7.98			
-9.19	-9.19	-9.19	-23.49
0.76			16.82
-3.16	-3.16	-3.16	-8.09
0.26			1.14
-0.31	-0.31	-0.31	-0.78
0.03			0.11
-0.03	-0.03	-0.03	-0.06
44.67	-12.69	-12.69	-19.6

左梁	上柱	下柱
0.56	0.22	0.22
48.33		
11.75		
-33.64	-13.22	-13.22
4.05		
-0.27	-0.89	-0.89
0.39		
-0.22	-0.09	-0.09
28.39	-14.2	-14.2

图 3.6 底层恒载计算

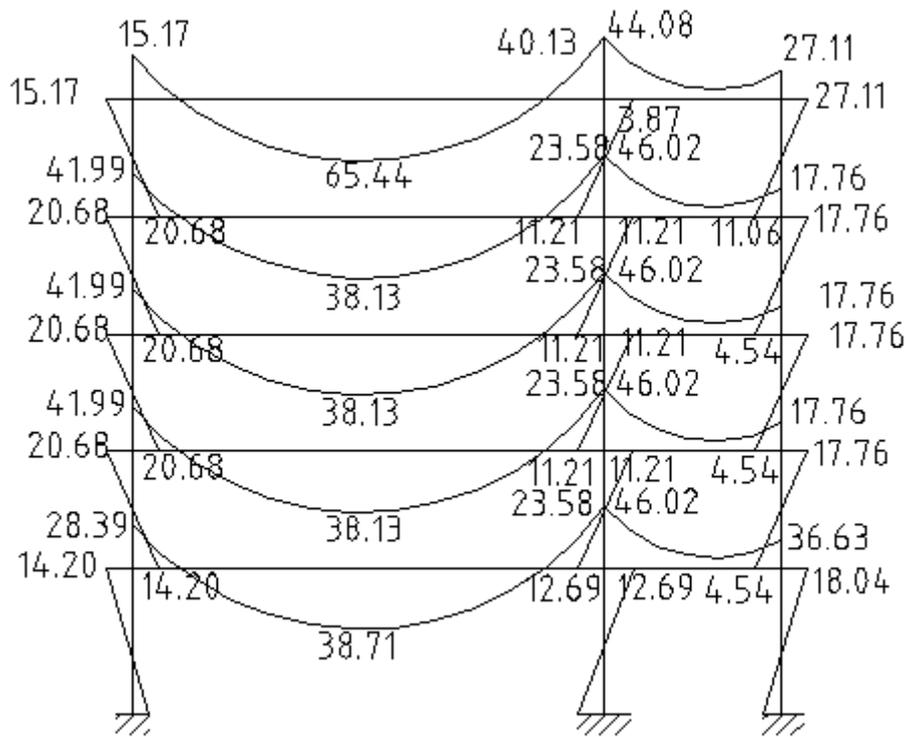


图 3.7 恒载作用下的弯矩图 (单位: kN.m)

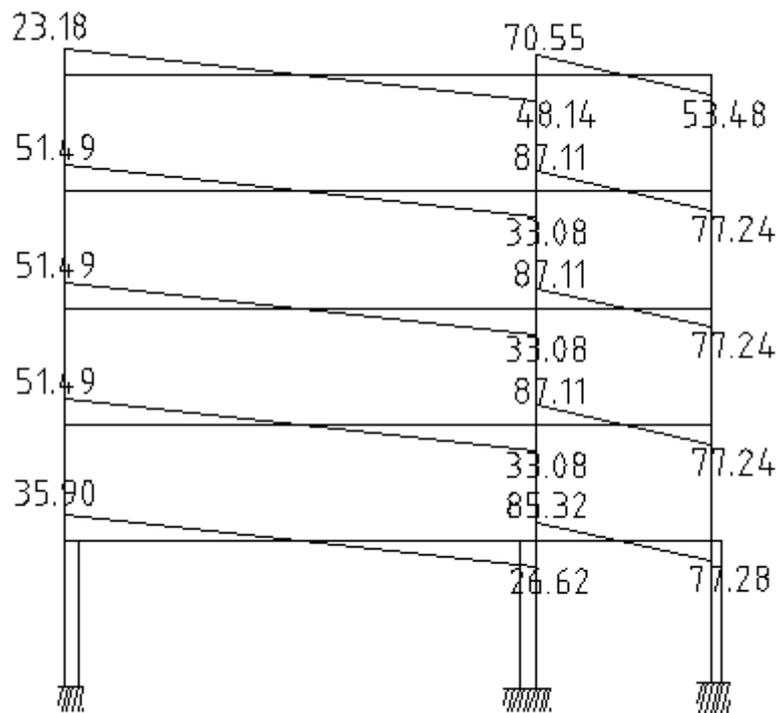


图 3.8 恒载作用下的剪力图 (单位: kN)

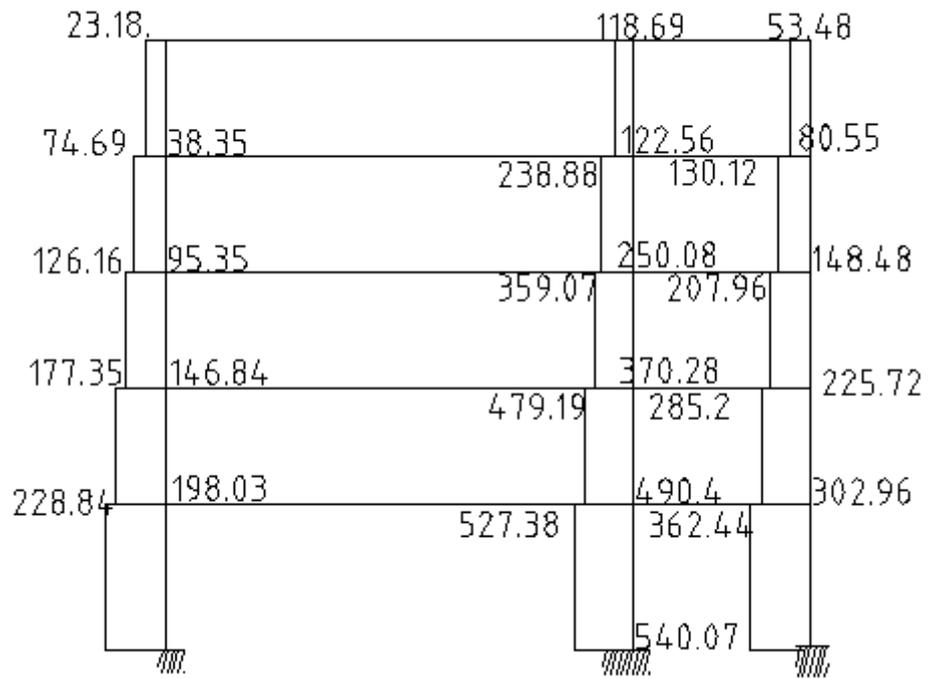


图 3.9 恒载作用下的轴力图（单位：kN）

下柱	右梁
0.50	0.50
7.20	-14.40 7.20 -1.94
0.97	0.97 -0.70
0.35	0.35 0.05
8.52	-8.57

左梁	下柱	右梁
0.22	0.56	0.22
14.40		-0.38
3.60		
-3.88	-9.87	-3.88
0.49		5.88
-1.40	-3.57	-1.40
0.18		0.25
-0.09	-0.24	-0.09
13.30	-13.68	0.38

左梁	下柱
0.72	0.28
14.40	
1.94	
-11.76	-4.58
0.70	
-0.50	-0.20
0.05	
-0.03	-0.03
4.80	-4.81

图 3.10 顶层活载计算

上柱	下柱	右梁
0.33	0.33	0.33
4.75	4.75	-14.4 4.75 -1.34
0.44	0.44	0.44 -0.29
0.1	0.1	0.1
5.29	5.29	-10.74

左梁	上柱	下柱	右梁
0.18	0.18	0.18	0.46
14.4			-1.92
2.38			
-2.67	-2.67	-2.67	-6.84
0.22			2.94
-0.57	-0.57	-0.57	-1.45
0.05			0.12
-0.03	-0.03	-0.03	-0.08
13.78	-3.27	-3.27	-7.23

左梁	上柱	下柱
0.33	0.33	0.33
14.4		
3.42		
-5.88	-5.88	-5.88
0.73		
-0.24	-0.24	-0.24
0.04		
-0.001	-0.001	-0.001
12.47	-6.12	-6.12

图 3.10 标准层活载计算

上柱	下柱	右梁
0.33	0.33	0.33
		-14.4
4.75	4.75	4.75
		-1.34
0.44	0.44	0.44
		-0.47
0.16	0.16	0.16
		-0.04
0.01	0.01	0.01
5.36	5.36	-10.89

左梁	上柱	下柱	右梁
0.18	0.18	0.18	0.46
14.4			-1.92
2.38			
-2.67	-2.67	-2.67	-6.84
0.22			4.99
-0.94	-0.94	-0.94	-2.4
0.08			0.34
-0.08	-0.08	-0.08	-0.19
13.39	-3.69	-3.69	-6.02

左梁	上柱	下柱
0.56	0.22	0.22
14.4		
3.42		
-9.98	-3.92	-3.92
1.2		
-0.67	-0.26	-0.26
0.1		
-0.6	-0.02	-0.02
8.41	-4.20	-4.20

图 3.11 底层活载计算

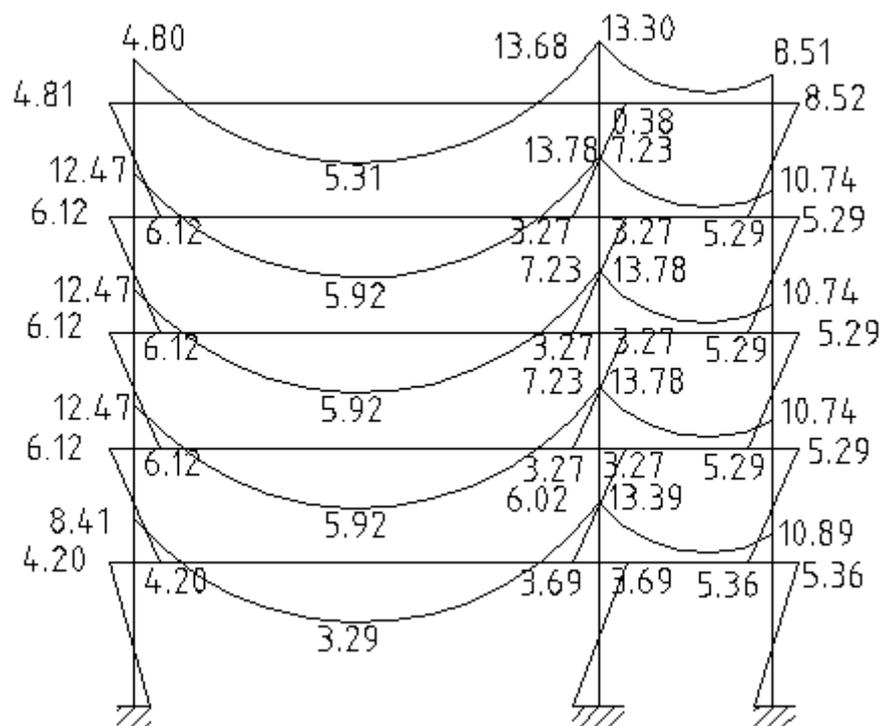


图 3.12 活载作用下的弯矩图 (单位: kN.m)

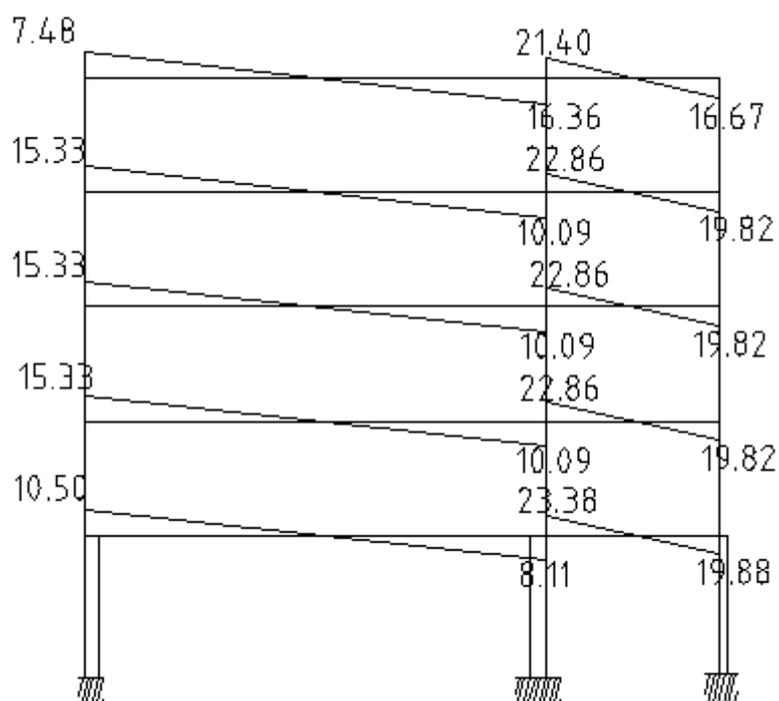


图 3.13 活载作用下的轴力图 (单位: kN)

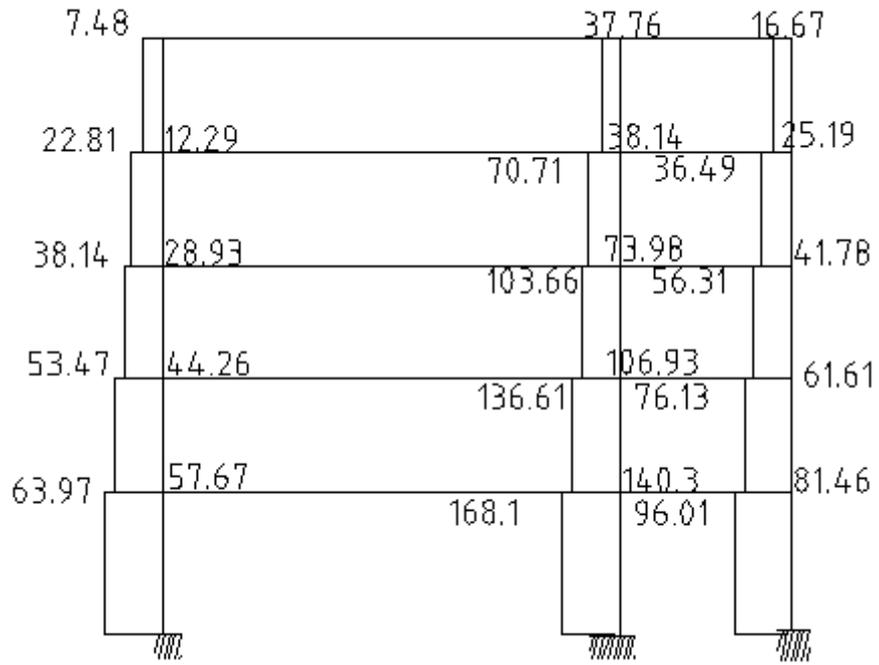


图 3.14 活载作用下的轴力图（单位：kN）

## 3.8 内力组合

### 3.8.1 概述

各种荷载情况下的框架内力求得后，根据最不利又是可能的原则进行内力组合。当考虑结构塑性内力重分布的有利影响时，应在内力组合之前对竖向荷载作用下的内力进行调幅。由于构件控制截面的内力值应取自支座边缘处，为此，进行组合前，应先计算各控制截面处的内力值。梁支座边缘处的内力值按下式计算：

$$M_{\text{边}}=M-V\frac{b}{2} \quad V_{\text{边}}=V-q\frac{b}{2}$$

### 3.8.2 梁、柱的内力组合

考虑两种内力组合：

(1) 由永久荷载效应控制的组合  $S = 1.35S_{Gk} + \sum^n 1.4\psi_{ci}S_{Qik}$ ，其中对于风荷载  $\psi_{ci} = 0.6$ ，其它可变荷载  $\psi_{ci} = 0.7$

同时当考虑以竖向永久荷载效应控制的组合时，参与组合的可变荷载仅限于竖向荷载

(2) 由可变荷载效应控制的组合

$S = 1.2S_{Gk} + 1.4S_{Q1k} + 1.4 \times \psi_{ci}S_{Qik}$  其中对于风荷载  $\psi_{ci} = 0.6$ ，其它可变荷载  $\psi_{ci} = 0.7$

各内力组合见下表所示。

表 3-13 用于承载力计算的框架柱由可变荷载效应控制的基本组合表 (D 轴柱)

截面位置			竖向荷载		风荷载		N <sub>max</sub> 及相应的 M、V		N <sub>min</sub> 及相应的 M、V		M  <sub>max</sub> 及相应的 N、V	
			恒载①	活载②	左风③	右风④	组合项目	值	组合项目	值	组合项目	值
5	上	M	33.84	8.99	6.06	-6.06	1.2①+1.4②+1.4*0.6③	58.28	①+1.4④	25.36	1.2①+1.4*0.7②+1.4③	57.90
		N	262.30	64.35	3.21	-3.21		407.55		257.81		382.32
	下	M	-26.15	-7.99	-4.96	4.96	1.2①+1.4②+1.4*0.6③	-46.73	①+1.4④	-19.21	1.2①+1.4*0.7②+1.4③	-46.15
		N	283.01	64.35	3.21	-3.21		432.40		278.52		407.17
		V	15.38	4.35	2.83	-2.83		26.92		11.42		26.68
4	上	M	19.22	7.18	11.19	-11.19	1.2①+1.4②+1.4*0.6③	42.52	①+1.4④	3.55	1.2①+1.4*0.7②+1.4③	45.77
		N	477.42	128.91	11.83	-11.83		763.32		460.86		715.80
	下	M	-20.00	-7.28	-11.19	11.19	1.2①+1.4②+1.4*0.6③	-43.59	①+1.4④	-4.33	1.2①+1.4*0.7②+1.4③	-46.80
		N	498.13	128.91	11.83	-11.83		788.17		481.57		740.65
		V	10.06	3.71	5.74	-5.74		22.09		2.02		23.74
3	上	M	20.58	7.33	16.09	-16.09	1.2①+1.4②+1.4*0.6③	48.47	①+1.4④	-1.95	1.2①+1.4*0.7②+1.4③	54.41
		N	694.94	193.78	26.56	-26.56		1127.53		657.76		1061.02
	下	M	-20.40	-7.29	-16.09	16.09	1.2①+1.4②+1.4*0.6③	-48.20	①+1.4④	2.13	1.2①+1.4*0.7②+1.4③	-54.15

		N	715.65	193.78	26.56	-26.56		1152.38		678.47		1085.87
		V	10.51	3.75	8.25	-8.25		24.79		-1.04		27.84
2	上	M	21.10	7.55	20.52	-20.52	1.2①+1.4②+1.4*0.6③	53.13	①+1.4④	-7.63	1.2①+1.4*0.7②+1.4③	61.45
		N	912.01	258.51	46.21	-46.21		1495.14		847.32		1412.45
	下	M	-21.96	-7.86	-20.52	20.52	1.2①+1.4②+1.4*0.6③	-54.59	①+1.4④	6.77	1.2①+1.4*0.7②+1.4③	-62.78
		N	932.72	258.51	46.21	-46.21		1519.99		868.03		1437.30
		V	11.04	3.95	10.52	-10.52		27.61		-3.69		31.85
	1	上	M	12.18	4.35	26.39	-26.39	1.2①+1.4②+1.4*0.6③	42.87	①+1.4④	-24.77	1.2①+1.4*0.7②+1.4③
N			1131.92	324.28	70.99	-70.99	1871.93		1032.53		1775.48	
下		M	-6.09	-2.18	-32.26	32.26	1.2①+1.4②+1.4*0.6③	-37.46	①+1.4④	39.07	1.2①+1.4*0.7②+1.4③	-54.61
		N	1158.47	324.28	70.99	-70.99		1903.79		1059.08		1807.34
		V	3.65	1.36	15.04	-15.04		18.92		-17.41		26.77

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：  
<https://d.book118.com/128132026054007003>