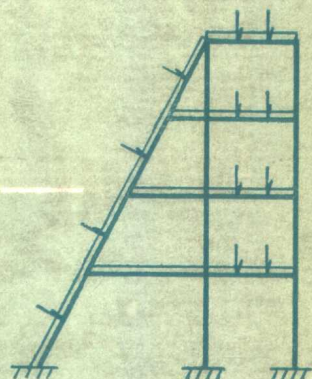


帶斜柱的多层刚架计算

强 心 诚 著



42
3
煤炭工业出版社

一九七八年九月廿三日

带斜柱的多层刚架计算

强 心 诚 著

煤炭工业出版社

内 容 简 介

本书对在煤矿及其他矿山地面建筑结构设计中经常遇到的带斜柱的多层简式和复式刚架结构提出了一种比较简捷的新的计算方法。

全书共分六章，详细介绍了带斜柱多层刚架的特点、各种型式带斜柱多层刚架的内力分析方法和计算步骤，以及计算结果正确性的校核方法，详细介绍了各种主要计算公式的推导原理和推导过程。为了使读者易于掌握这种新的计算方法，书中附有几种典型型式带斜柱多层刚架的计算实例。

本书主要供煤矿及其他矿山土建结构设计人员应用，亦可供从事其他建筑结构设计工作的工程技术人员参考。

带斜柱的多层刚架计算

强 心 诚 著

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $6^{3/8}$ 插页 2

字数138千字 印数 1—8,700

1978年5月第1版 1978年5月第1次印刷

书号15035·2137 定价0.55元

编者说明

在煤矿地面建筑结构设计中，经常遇到带有斜柱的多层刚架结构(如A型及斜架式四柱型钢筋混凝土井架等)。由于这类刚架具有很大的实用价值，过去国内许多同志都曾致力于对这类刚架内力分析方法的研究，并取得了很大成绩。如“调整分配法”，“一般式连框桁架分析”等都在这方面做出了重要贡献。但前者只能用于分析同一节间柱子刚度相等的情况，后者虽能用来分析同一节间柱子刚度不等的情况，但其系数计算及整个计算过程比较复杂，同时，两者都只能用来分析带斜柱的单跨多层刚架，而不能用来分析带斜柱的多跨多层刚架，给结构设计工作带来了不少困难，使得一些结构设计工作者在遇到这类刚架时不得不采用“形变法”或“附加链杆法”等一些需要解多元一次方程式的方法来分析其内力，不仅计算工作十分繁杂、费时，而且稍有疏忽就很难得到正确的计算结果。为了解决这一问题，我们遵照毛主席关于“我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国”的伟大教导，破除迷信，解放思想，在各级领导的大力支持下，以“卡尼法”为基础，同时，吸收了“调整分配法”及“一般式连框桁架分析”等方法中的一些优点，通过反复实践，提出了对带斜柱的多层刚架进行内力分析的这种新的计算方法。

本计算方法适用范围比较广泛，不仅可以分析带斜柱的单跨多层刚架，而且可以分析带斜柱的多跨多层简式或者复式刚架。分析带斜柱的单跨多层刚架时，其计算过程有如用

“卡尼法”分析一般的仅有竖柱的单跨多层刚架一样简捷；分析带斜柱的多跨多层简式或复式刚架时，在增加少量的系数计算工作之后，其计算过程亦有如用“卡尼法”分析一般的仅有竖柱的多跨多层刚架一样简捷；同时具有自动除误的优点。我们曾利用本计算方法计算了几个数例，经用各种方法进行校核并与其他方法所算结果进行对比，证明其计算结果完全可以满足结构设计的需要。

在研讨本计算方法的过程中，陈博文、饶名焕、胡铭等同志曾经提出过许多宝贵意见；在初稿完成后又经过胡铭同志及袁文伯同志进行了详细的审核与校阅；这对本计算方法的最后完成均起到了很大作用。

由于水平所限，书中谬误之处在所难免，敬请读者多加批评指正。

目 录

第一章 带斜柱的多层刚架概论	1
(一) 带斜柱的多层刚架的类型	1
(二) 带斜柱的多层刚架的特点	4
(三) 带斜柱多层刚架计算方法的特点	6
(四) 带斜柱多层刚架计算的符号规定	7
第二章 带斜柱的单跨多层刚架计算	9
(一) 杆端弯矩计算	9
(二) 角变弯矩计算	9
(三) 侧移弯矩计算	10
(四) 带斜柱的单跨多层刚架计算步骤	35
(五) 带斜柱的单跨多层刚架计算实例	36
第三章 带斜柱的两跨多层简式刚架计算	47
(一) 杆端弯矩计算	47
(二) 角变弯矩计算	47
(三) 侧移弯矩计算	47
(四) 带斜柱的两跨多层简式刚架计算实例	69
第四章 带斜柱的两跨多层复式刚架计算	96
(一) 杆端弯矩计算	96
(二) 角变弯矩计算	96
(三) 侧移弯矩计算	96
(四) 带斜柱的两跨多层复式刚架计算实例	135
第五章 带斜柱的多跨多层刚架计算要点	150
(一) 杆端弯矩计算	150
(二) 角变弯矩计算	150
(三) 侧移弯矩计算	150
第六章 柱子剪力和轴向力计算以及弯矩计算结果的校核	185

(一) 带斜柱多层刚架柱子剪力的计算	185
(二) 带斜柱多层刚架柱子轴向力的计算	186
(三) 弯矩计算结果正确性的校核	188

第一章 带斜柱的多层刚架概论

(一) 带斜柱的多层刚架型式

在建筑结构设计, 我们经常能够遇到带有斜柱的多层刚架结构, 特别是在煤矿及其他矿山地面建筑结构设计, 更是经常遇到各种类型的带有斜柱的多层刚架结构 (例如各种类型的钢筋混凝土井架, 等)。在这些刚架中, 有些是属于单跨多层刚架, 有些是属于多跨多层刚架, 有些是属于各层横梁全部贯通的简式刚架, 有些是属于各层横梁不全部贯通的复式刚架, 种类相当繁多, 不能一一列举, 下面仅将在煤矿地面建筑结构设计中最常见的几种带斜柱的多层刚架型式归纳介绍如下:

一、带斜柱的单跨多层刚架

1. 立柱与斜柱相交于一点单跨多层刚架 (如图1-1a及图1-1b所示)。

2. 立柱与斜柱延长线交于一点单跨多层刚架 (如图1-2所示)。

3. 两斜柱交于一点单跨多层刚架 (如图1-3所示)。

4. 两斜柱延长线交于一点单跨多层刚架 (如图1-4所示)。

5. 立柱与斜柱交于一点, 横梁与斜柱相垂直的单跨多层刚架 (如图1-5所示)。

6. 底层设有附加斜柱或附加立柱的单跨多层刚架 (如图1-6a及图1-6b所示)。

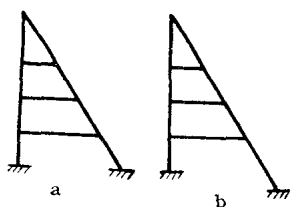


图 1-1

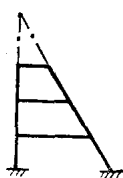


图 1-2

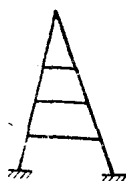


图 1-3

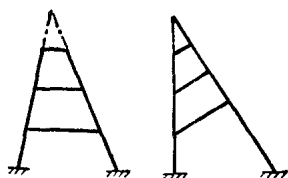


图 1-4

图 1-5

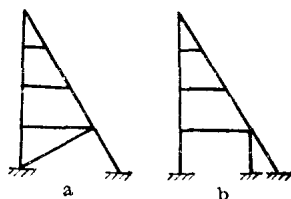


图 1-6

二、带斜柱的两跨多层简式刚架

1. 斜柱与相邻立柱交于一点的两跨多层简式刚架(如图 1-7a及图1-7b所示)。

2. 斜柱与相邻立柱延长线交于一点的两跨多层简式刚架(如图1-9a及图1-9b所示)。

3. 斜柱与相邻立柱交于一点, 横梁与斜柱相垂直的两跨多层简式刚架(如图1-8a及图1-8b所示)。

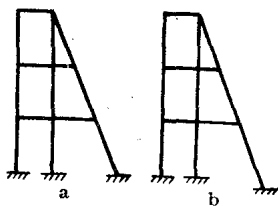


图 1-7

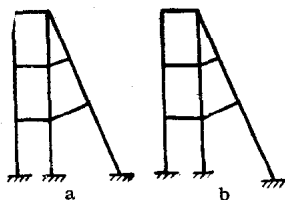


图 1-8

三、带斜柱的两跨多层复式刚架

1. 斜柱与相邻立柱交于一点的两跨多层复式刚架(如图1-10a、图1-10b、图1-10c及图1-10d所示)。

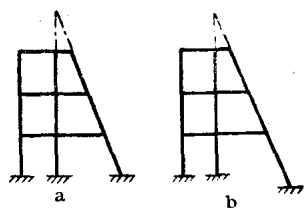


图 1-9

2. 斜柱与相邻立柱交于一点，横梁与斜柱相垂直的两跨多层复式刚架(图1-11a、图1-11b、图1-11c、及图1-11d所示)。

3. 斜柱与相邻立柱延长线交于一点的两跨多层复式刚架(如图1-12a、图1-12b、图1-12c及图1-12d所示)。

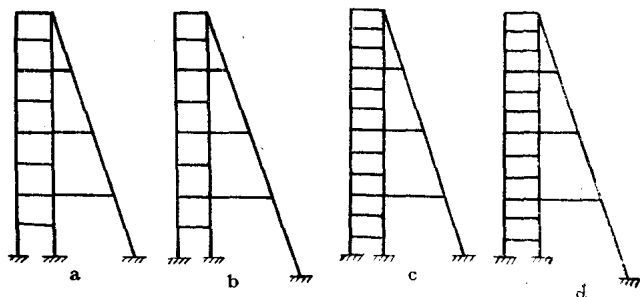


图 1-10

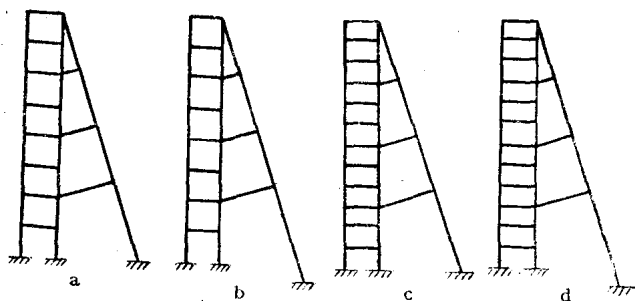


图 1-11

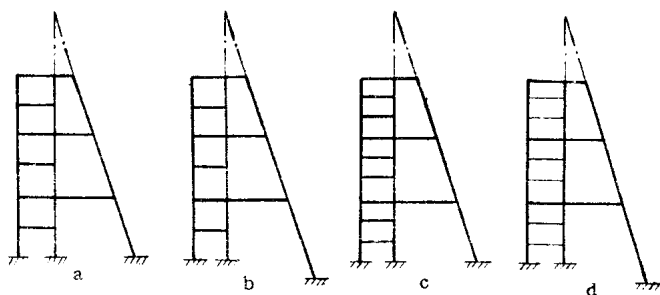


图 1-12

四、带斜柱的多跨多层简式及复式刚架

1. 带斜柱的多跨多层简式刚架(如图1-13a、图1-13b、图1-13c所示)。

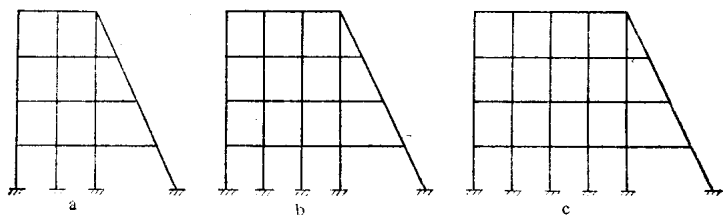


图 1-13

2. 带斜柱的多跨多层复式刚架(图1-14a、图1-14b、图1-14c、图1-14d、图1-14e)。

(二) 带斜柱的多层刚架的特点

1. 在承受外荷载以后,对于仅有立柱的多层刚架,所有横梁的两端均无相对侧移产生,因而亦无侧移弯矩产生;而对于带有斜柱的多层刚架,不仅各层柱子的两端有相对侧

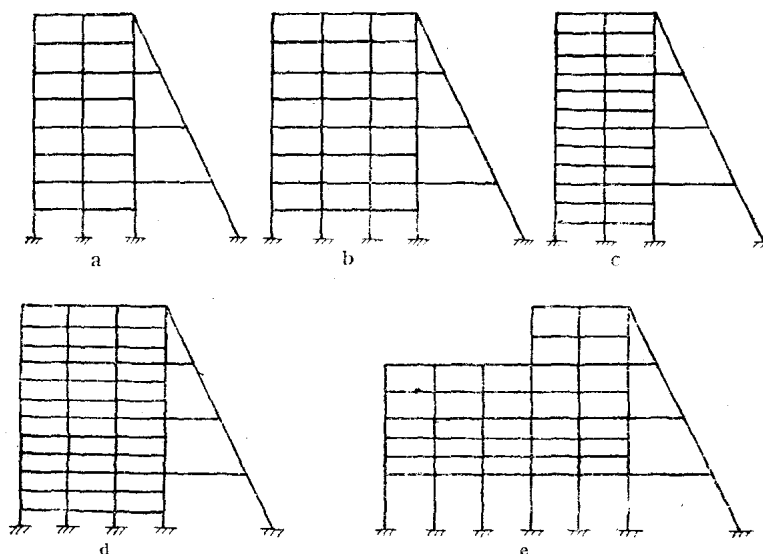


图 1-14

移产生，而且斜柱与相邻立柱之间所有横梁的两端也有相对侧移产生，因而亦有侧移弯矩产生。

2. 对于仅有立柱的一般多层刚架，其所有柱子的轴向力都是沿铅垂方向的，在刚架各层的剪力平衡方程式中，仅需包含外荷载及柱端剪力，不需包含柱子轴向力，因而根据内力与外力的剪力平衡条件（即 $\sum Q_{ik} = 0$ ），只要经过简单的推导即可得到各层柱子侧移弯矩的计算公式（详见“卡尼法”）。

对于带有斜柱的多层刚架，其特点是：斜柱的轴向力是由一个垂直分力和一个水平分力所组成的斜向力，在刚架各层的剪力平衡方程式中除包含外荷载及各个柱端剪力外，还必须考虑斜柱轴向力的影响。由于确定斜柱轴向力的因素比较

复杂，需在求得刚架各个杆端的弯矩值之后才能算出，故在分析带斜柱的多层刚架内力时，很难利用外力与内力的剪力平衡条件来导出刚架各层柱子的侧移弯矩计算公式。

(三) 带斜柱多层刚架计算方法的特点

本书所提出的用以分析带斜柱多层刚架的内力连续代入法是以“卡尼法”为基础而推导出来的，其计算程序与用“卡尼法”分析仅有立柱的一般多层刚架完全相同，即将角变弯矩与侧移弯矩轮流交替进行计算，直至取得满意的计算结果时为止。其杆端弯矩及角变弯矩的计算公式亦与“卡尼法”完全相同。

本书所提出的计算方法的特点是：考虑到带斜柱多层刚架斜柱轴向力是斜向的，很难利用各层刚架的剪力平衡条件来导出柱子侧移弯矩的计算公式，因而在推导侧移弯矩的计算公式时，不是采用“卡尼法”的办法，而是吸收了“调整分配法”及“一般式连框桁架分析”等计算方法中的一些手法，利用诸力（包括作用在各层刚架割离体上所有的内力和外力）对斜柱与相邻立柱交点(O)的力矩代数和等于零（即 $\sum M_{(O)} = 0$ ）这一基本条件来加以推导。这样，由于斜柱轴向力的方向通过斜柱与相邻立柱交点(O)，斜柱轴向力对斜柱与相邻立柱交点(O)的力矩必然为零，故在整个推导过程中就可以巧妙地避开斜柱轴向力对于侧移弯矩的影响，从而使带斜柱多层刚架柱子侧移弯矩的计算公式能够成立并简化了其计算工作。

总之，本书所提出的这种对于带斜柱多层刚架进行内力分析的新方法，可以说是“卡尼法”和“调整分配法”相结

合的产物，它既吸收了“卡尼法”不需解联立方程以及自动除误等优点，又吸收了“调整分配法”中避开斜柱轴向力影响这一优点，从而使逐次渐近这种比较简捷的方法能够应用于带斜柱多层刚架的内力分析，在相当程度上解决了带斜柱多层刚架的简化计算问题。

(四) 带斜柱多层刚架计算的符号规定

一、外力及剪力符号规定

对刚架斜柱与相邻立柱交点(O)，产生逆时针方向旋转力矩的外力和剪力为 $(+)$ ，产生顺时针方向旋转力矩的外力和剪力为 $(-)$ 。由外力及剪力所产生的外力矩及剪力矩其符号同上，见图1-15、1-16所示。

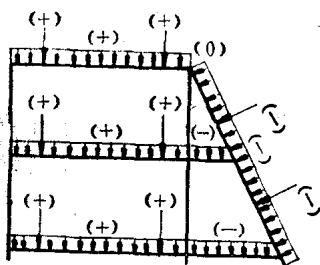


图 1-15 外力符号

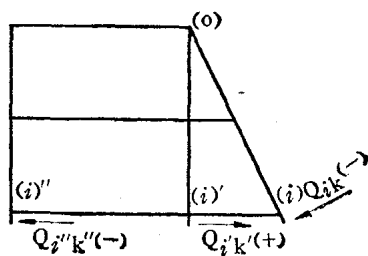


图 1-16 剪力符号

二、杆端弯矩符号规定

对节点，逆时针方向旋转者为 $(+)$ ，顺时针方向旋转者为 $(-)$ 。固端弯矩及角变弯矩的符号均按此确定，见图1-17所示。

三、对符号规定的说明

1. 在计算角变弯矩时，按照本规定所确定的角变弯矩符

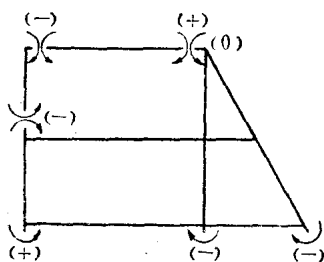


图 1-17 杆端弯矩符号

号与“卡尼法”的符号规定是一致的。

2. 在计算刚架底层及各中间层柱子的侧移弯矩时，对于侧移弯矩计算公式中所出现的所有角变弯矩及所有的固端弯矩，其符号均应采用角变弯矩及侧移弯矩计算图中的符号，不需变号。按照此项规定

所求得的侧移弯矩符号与外力对斜柱和相邻立柱交点(O)所产生的外力矩之符号规定是一致的。

第二章 带斜柱的单跨多层刚架计算

(一) 杆端弯矩计算

对于一个两端既有角变 θ 又有相对侧移 Δ 的杆件。根据倾角变位方程，其杆端弯矩 M_{ik} 的方程可以写为：

$$M_{ik} = 2EK_{ik}(2\theta_i + \theta_k - 3\frac{\Delta_{ik}}{l_{ik}}) + \bar{M}_{ik}$$

如以 $M'_{ik} = 2EK_{ik}\theta_i$, $M'_{ki} = 2EK_{ik}\theta_k$

$M''_{ik} = -6EK_{ik}\frac{\Delta_{ik}}{l_{ik}}$ 代替之，则可将上式改写为：

$$M_{ik} = 2M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik} + \bar{M}_{ik} \quad (2-1)$$

式中 $\bar{M}_{ik}$ ——由于加荷后，在 $i-k$ 杆的 i 端引起的固端弯矩；

M'_{ik} ——由于 i 端的转角 θ_i 而在 k 端产生的弯矩，以下称 M'_{ik} 为 i 端的近端角变弯矩， $2M'_{ik}$ 表示由于 i 端的转角 θ_i 而在 i 端产生的弯矩；

M'_{ki} ——由于 k 端的转角 θ_k 而在 i 端产生的弯矩，以下称 M'_{ki} 为 i 端的远端角变弯矩；

M''_{ik} ——为两端相对侧移 Δ 所产生的弯矩，称为侧移弯矩。

(二) 角变弯矩计算

当考虑任一节点 i 的平衡时，其方程为：

$$\sum M_{ik} = 0, \text{ 即 } \sum_{(i)} (\bar{M}_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik}) = 0$$

经移项得: $\sum M'_{ik} = -\frac{1}{2} \left[\bar{M}_i + \sum_{(i)} (M'_{ki} + M''_{ik}) \right]$

对杆件*i*—*k*而言:

$$M'_{ik} = \mu_{ik} \left[\bar{M}_i + \sum_{(i)} (M'_{ki} + M''_{ik}) \right] \quad (2-2)$$

式中 $\bar{M}_i = \sum_{(i)} \bar{M}_{ib}$ ——为交于节点*i*各个杆件在*i*端的固端弯矩代数和;

$\mu_{ik} = -\frac{1}{2} \frac{K_{ik}}{\sum_{(i)} K_{ik}}$ ——为*M'*_{ik}的角变弯矩分配系数。

(三) 侧移弯矩计算

一、立柱与斜柱相交于一点的单跨多层刚架侧移弯矩计算

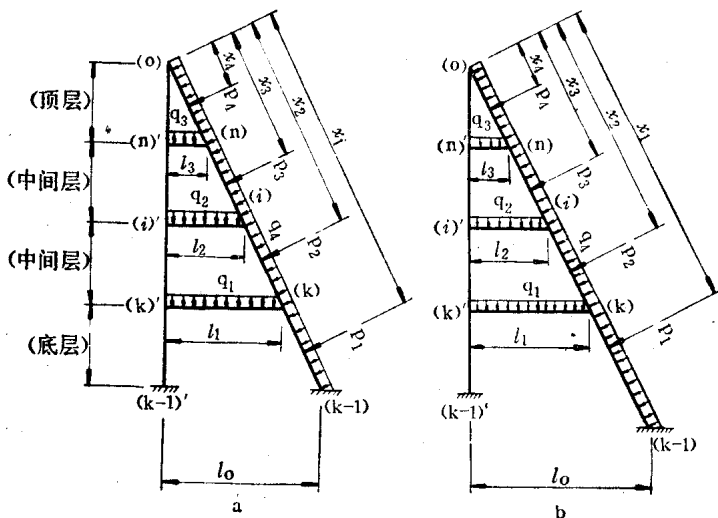


图 2-1