

钢柱计算长度系数确定及长细比相关问答

钢柱计算长度系数确定及长细比相关问答

吴海楠

中国建筑科学研究院有限公司北京构力科技有限公司 北京 100013

[摘要] 钢柱计算长度系数的确定是钢结构常规设计方法中重要的一环，本文对于钢结构中常用的结构形式，门式刚架和钢框架结构结构中的钢柱确定中遇到的几个问题一一解答，希望对设计人员在钢柱计算长度系数确定时能够有所帮助。

[关键词] 门式刚架；线刚度；钢框架；计算长度系数；

1 《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB51022-2015确定刚架柱的计算长度系数都有哪些算法？按门规附录A.0.1-A.0.5规定的方法以及A.0.8规定的方法，两种方法有何异同？应该如何选择？

1) 门式刚架规范对于门式刚架柱计算长度系数确定提供了两种算法，一种是按照门式刚架规范附录A.0.1-A.0.5规定的方法确定刚架柱面内的计算长度系数；另一种是按照门式刚架规范附录A.0.8方法确定刚架柱面内的计算长度系数。对于门式刚架规范的两种方法，二维设计程序是通过参数中的勾选项实现的，见下图：

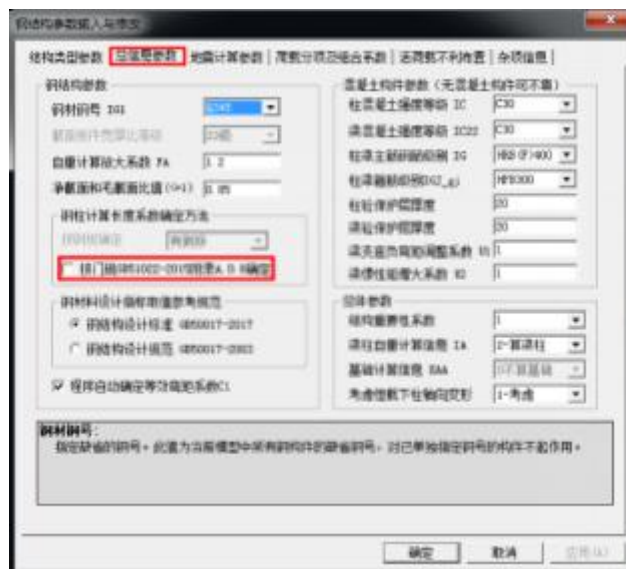


图1 门式刚架二维设计参数定义

勾选该选项后，程序按照门式刚架规范附录A.0.8方法确定刚架柱面内的计算长度系数，不勾选时，程序按照门式刚架规范附录A.0.1-A.0.5规定的方法确定刚架柱面内的计算长度系数。对于存在摇摆柱的门式刚架，在采用两种方法确定计算长度系数时，程序都会按照A.0.6对于刚架柱的计算长度系数进行放大。

2) 第一种方法即A.0.1-A.0.6这套方法，其基本设计思路与钢规和梁柱线刚度比方法较为相似，采用梁柱线刚度比作为钢柱面内计算长度系数，这种方法对于门式刚架结构形式没有特别要求，可以支持较为复杂的门式刚架带夹层、高低跨、阶形柱等都可以参考此方法计算得到柱的计算长度系数。

第二种方法与旧版门式刚架规程中所规定的一阶弹性方法较为接近，程序主要基于公式A.0.8-1确定，即：

$$\mu_j = \frac{\pi}{h_j} \sqrt{\frac{EI_G [1.2(P_i / H_i) + \Sigma(N_k / h_k)]}{P_j \cdot K}}$$

由公式可以看出其方法的特点是根据整体抗侧刚度以及柱承担的轴向力得到钢柱的计算长度系数，因此可以考虑单层各跨各柱之间的相互支援作用，同时可以看到该方法适用范围较窄，规范规定各跨梁的标高无突变，无高低跨时可用，但通过对应公式可以看出，该方法同样不适用与刚架柱中间增加节点后截面出现变化的情况，或带夹层的情况，如果使用该方法就会出现柱的计算长度系数异常大的现象，例如下图中带夹层的门式刚架模型的1-5号柱，

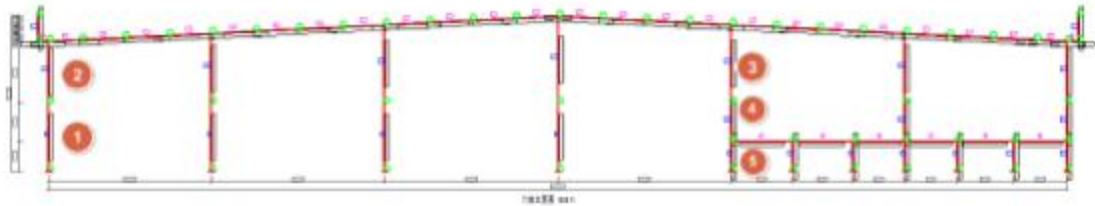


图2 门式刚架柱及其位置

其中1、2号柱为截面有变化的阶形柱，3-5号柱为夹层位置的柱，其分别按照门规附录的两种方法分别计算上述柱的计算长度系数，得到以下结果，我们会发现，对于分段的阶形柱和夹层柱按照门式刚架规范附录A.0.8方法计算得到的柱面内计算长度系数相较另一种方法差异很大，一般是A.0.1-A.0.5方法的若干倍，明显偏大，所以在出现上述现象，此时A.0.8的这种方方法就不太合适了。

门式刚架规范两种算法的比较 表1

柱号 确定方式	1	2	3	4	5
门规附录 A.0.1-A.0.6 方法	2.84	3.16	1.94	3.62	3.79
门规附录 A.0.8方法	8.16	9.08	2.96	6.08	7.65

2 在钢柱长细比等指标不满足规范要求时，为什么很多情况下，增大柱截面尺寸后长细比等指标不但没有降低，反而变大了？

为了更清楚说明这种现象产生的原因，以如下简单模型中的框架柱为例，只改变中柱的截面，其他条件均不改变的情况下，考察不同柱截面的回转半径、强轴方向的计算长度系数这两个参数，以及长细比的变化趋势。

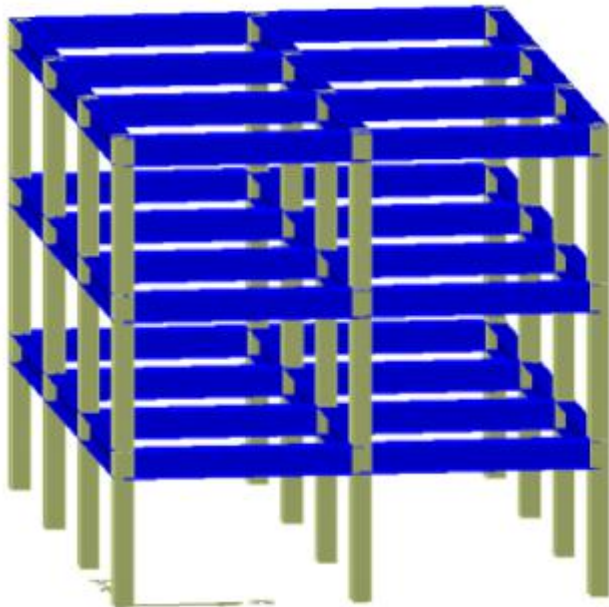


图3 钢框架模型轴侧图

该模型中柱采用程序中的国标热轧H型截面，其他条件不变，截面依次增大，分别为HW400*400 HW400*408，HW414*405，HW428*407，HW458*417，HW498*432。

首先通过下面折线图来看回转半径的变化，我们发现回转半径并不会随着截面的增大而增大，在截面由HW400*400变为HW400*408时，其腹板厚度和翼缘长度均变大了，为什么回转半径反而变小呢？这是由于回转半径

$i = \sqrt{I/A}$ ，它由截面惯性距和截面面积共同控制，当截面变大时，截面面积和惯性矩同时增大，截面面积增大

的速率大于截面惯性矩时，则会出现回转半径减小的情况，而总体上，回转半径由于受到这种条件的制约，增大的趋势也非常缓慢。

再来看柱计算长度系数的变化趋势，它再一次和我们一般的认知有着相反的趋势，柱的计算长度系数会随着柱截面的加大而增大，出现这种现象的原因我们要从柱计算长度系数确定过程来分析，根据旧钢规和新钢标对于框架柱计算长度系数确定的方法，其主要过程参数为相较于柱上、下端并与之刚接的横梁线刚度之和与柱线刚度之和的比值 K_1 、 K_2 。通过规范附录公式及对应表格，我们得到无论是无侧移框架还是有侧移框架失稳模式，柱计算长度系数，都与 K_1 、 K_2 呈反比关系，而在不改变梁截面的情况下，增大柱截面而不改变梁截面的情况下会使 K_1 、 K_2 这两个参数变小（最底层柱 K_2 不变），进而柱的计算长度系数始终是呈增大的趋势。

最后柱的长细比也是随着截面的增大而变大，究其原因还是由于柱计算长度系数和回转半径的变化趋势和速率导致的，上面我们已经知道柱的计算长度是逐渐增大的趋势，而总体上回转半径也呈缓慢增大的趋势，此时柱的长细比变化趋势由计算长度随着柱截面增大的速率和回转半径增大的速率之间的大小关系决定，计算长度比回转半径增大的快，长细比就会增大，反之则长细比减小，在这个例子中计算长度系数的增速要比回转半径快。单纯的通过调整柱截面来让长细比满足要求可能会付出很高的代价。

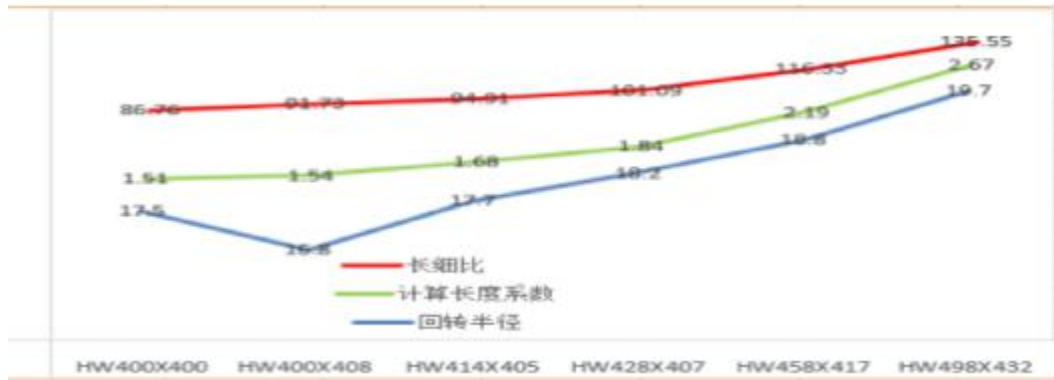


图4 框架柱回转半径、计算长度系数和长细比变化趋势

3 钢框架柱长细比超限该如何调整？

由上一问我们得出在一些情况下我们不能单纯的通过调整柱的截面来调整长细比超限的情况，我们应该从以下几个方面去进行长细比的调整。

1) 在满足强柱弱梁的前提下，增加梁截面尺寸可以降低柱的长细比水平。在柱截面受

到建筑限制或增大截面无效的情况下，可以通过适当增大长细比验算方向的与柱刚接的梁截面尺寸来使首层柱 K_1 增大，其他层柱 K_1, K_2 都增大的方式减小柱的计算长度系数，进而减小柱的长细比。

2) 在条件允许的情况下，对于有支撑结构增加支撑杆件或增加已有支撑杆件的刚度

使结构由有侧移框架变为无侧移框架。

3) 采用规范提供的性能化设计方法或性能化设计思想有效增加长细比限值，使长细比更容易满足。如采用新钢标17章抗震性能化设计方法时，满足了相应性能目标的要求后，其长细比限值有所降低。抗规8.1.3注2：多、高层钢结构房屋，当构件的承载力满足2倍地震作用组合下的内力要求时，7~9度构件抗震等级允许按降低1度确定，通过该条可以使承载力能力用较大富裕度的构件，降低其抗震等级，进而其所对应的长细比限值等指标也有所降低。

4 在调整钢框架中框架梁截面尺寸后为什么与其相连的计算长度系数没有变化？

在钢框架中的框架梁很多情况下需要与框架柱做铰接连接，在这种情况下，根据旧钢规和新钢标的附录中均有当横梁与框架柱刚接时，其横梁线刚度取0，此时铰接横梁的线刚度就与参数 K_1, K_2 的确定没有影响了， K_1, K_2 不变，计算长度系数自然不会发生变化。

参 考 文 献

- [1] GB51022-2015门式刚架轻型房屋钢结构技术规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2016.
- [2] GB50017-2003钢结构设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2003.
- [3] GB50017-2017钢结构设计标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2018.
- [4] 童根树.钢结构的平面内稳定[M].北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [5] 陈绍蕃.钢结构稳定设计指南[M].北京: 中国建筑工业出版社, 2013.