

结构设计及计算丛书

钢结构设计 及实用计算

王全凤（丛书主编） 高轩能 张惠华 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

TU391/64

2008

结构设计及计算丛书

钢结构设计 及实用计算

王全凤（丛书主编） 高轩能 张惠华 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内容提要

本书以 GB 50017—2003《钢结构设计规范》、GB 50018—2002《冷弯薄壁型钢结构技术规范》和 GB 50205—2002《钢结构工程施工及验收规范》等系列规范及技术标准为依据,简要地介绍了钢结构的各种基本构件,节点连接以及常用钢桁架、框架、门式刚架、吊车梁、柱及支撑体系的设计理论和原理,以实例形式阐述了各种钢结构构件和结构的实用计算方法。

对各类典型构件和结构实例,书中首先介绍其设计构造要点、荷载取值方法、计算模型假定以及内力分析方法,然后叙述其设计计算步骤和内容。内容简明扼要、深入浅出,概念明晰,系统全面,实用性强。

本书共分8章,内容包括钢结构设计及计算的基本规定、结构与连接材料、连接设计与计算、单层框架设计与计算、钢桁架设计计算、屋面构件设计计算、柱及柱网支撑设计计算以及钢结构防火和防腐设计。

本书可供钢结构设计、制作、施工、监理和研究等方面工程技术人员使用,也可作为大专院校土木类专业师生学习的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构设计及实用计算/高轩能,张惠华编著. —北京:中国电力出版社,2008

(结构设计及计算丛书/王全凤主编)

ISBN 978-7-5083-6669-2

I. 钢… II. ①高…②张… III. ①钢结构-结构设计 ②钢结构-结构计算 IV. TU391

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 003651 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2008年5月第一版 2008年5月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 13印张 317千字

印数 0001—3000册 定价 26.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

在国民经济持续高/快速发展的大好形势下,作为国民经济重要支柱的建筑行业,正面临高质量、高标准的严峻要求和挑战,同时也提供了迅猛发展的大好机遇。此外,由于设计和施工可能错误、使用功能的改变以及灾害等事故的影响,也有大量的工程项目需要加固修复。如何经济合理地进行工程结构设计是一个既复杂而又在实际工作中需要解决的问题。为此,我们组织编写了结构设计及计算丛书,这套丛书的作者都是多年从事教学、科研、设计,具有丰富经验的、在一线工作的教师和工程师。

科学的东西往往是简洁的,内涵深刻的数学往往在形式上具有出奇的简洁之美。如牛顿第二运动定律,一个极简洁的数学公式就囊括了世间万事万物。隐含在科学中的工程技术与科学相通,简洁为至美。在英国泰晤士河畔有一座举世闻名的大本钟,世界一流的瑞士钟表制造商对这个超大型巨钟的准确走时也没有一点把握。英国人本杰明大胆承接了这项工程。他解决走不准的方法极为简单,就是在钟摆上放置或取下一枚便士。一枚小小的便士,居然起到了四两拨千斤的作用。大自然的线条、古老而鲜活的禅语、质朴的人际关系等,无不因其简而美。追求简洁正是人类创造性思维的最普遍原则。为了进一步提高现有的工程结构技术人员的综合素质,帮助即将从事工程结构设计的人员尽快掌握这门技术,挖土取金,简洁、实用易懂、便于自学是本丛书编写遵循的原则。

书中融入了近年来国内外学者及丛书作者在工程结构设计计算方面的理论研究成果,深入浅出地分析了设计计算方法的工程应用和典型的工程案例,力求达到理论推导删繁就简、基本概念清晰完整、计算方法简单实用、实际操作规范。

丛书内容包括工程结构设计计算的基本概念和简单的理论分析,重点是结构设计计算的基本方法和应用。它的主要特点:

第一,内容广泛,涵盖各种主要结构的设计;取材适当,重点突出,强调设计计算方法和应用。

第二,定位的结构设计计算方法大多是基础性的和应用较广、行之有效的方法。每章有概述和例题,枚举的例题都有浓厚的工程背景,力求典型、计算简

单、便于验证。以例题学习方法，举一反三。

第三，为了方便离开大学课堂有一定时间的读者，在介绍结构设计的某种方法之前，简要介绍其计算原则，为读者进一步提高奠定基础。

本丛书适合在职的工程技术人员和即将从事工程结构设计人员的进修、自学和参考。阅读本丛书只要具备一般理工科大专的基础即可。希望本丛书能为促进我国工程结构的健康发展作出有益的贡献，同时对从事工程结构检测、设计、施工、质量监督和建设工程监理等技术人员有所裨益。

王全凤

2007年3月于泉州

钢结构素有“绿色建筑”之称。近 20 年来,钢结构以其自重轻、抗震性能好、材质均匀、工业化程度高、施工周期短和材料可回收利用等优点,在我国得到了迅速发展和广泛应用。最近,GB 50017—2003《钢结构设计规范》、GB 50018—2002《冷弯薄壁型钢结构技术规范》和 GB 50205—2002《钢结构工程施工及验收规范》等系列规范及技术标准陆续颁布发行。这些新技术标准不仅反映了我国钢结构技术在理论和应用方面的重要进步,而且在设计理论和方法、内容体系和完整性方面有诸多创新,达到甚至超过了国际先进水平。我国已成为世界上钢结构研究和应用的重要国家之一。为了满足钢结构工程技术人员掌握钢结构设计理论和方法以及熟悉钢结构新规范的需要,达到提高钢结构设计应用水平的目的,我们特地编写了本书,以期能为我国钢结构事业的发展贡献些许力量。

本书以 GB 50017、GB 50018 和 GB 50205 等系列规范及技术标准为指导,首先简要介绍了钢结构基本构件、节点连接和常用结构如钢桁架、框架、柱及支撑体系的设计理论和原理,然后以基本构件和典型结构为实例,阐述构造要点、荷载取值方法、计算模型假定以及内力分析方法。通过具体详细的设计计算步骤阐述计算方法和内容。内容简明扼要、深入浅出,概念明晰,系统全面,实用性强。

本书的主要读者对象为钢结构设计、制作、施工、监理和研究等方面的工程技术人员,也可作为大专院校土木类专业师生学习的参考书籍。特别适合初出校门刚开始从事钢结构事业的读者学习,也可供多年从事钢结构工程实践工作的同行提高。

本书在编写过程中,引用了有关著者、编者的资料,也得到有关专家、学者和编者所在单位领导和同事的支持和鼓励,在此一并致谢。

由于时间仓促,经验与水平所限,不妥和疏漏之处恳请同行和读者指正。

编者

2008 年 1 月

序
前言

第一章 钢结构设计及计算的基本规定	1
第一节 设计的一般规定	1
第二节 设计计算中的各项系数和取值	9
第三节 结构和构件变形的规定	12
第二章 结构与连接材料	15
第一节 结构钢材及其合理选用	15
第二节 连接材料及其合理选用	21
第三章 连接设计与计算	27
第一节 焊接连接	27
第二节 普通螺栓连接	43
第三节 高强度螺栓连接	51
第四章 单层框架设计与计算	57
第一节 概述	57
第二节 单层框架设计与计算	58
第三节 单层框架计算实例	64
第五章 钢桁架设计计算	76
第一节 钢桁架的类型及支撑体系	76
第二节 桁架的设计与构造	78
第三节 三角形、梯形钢桁架设计计算实例	89
第四节 广告架设计计算	106
第六章 屋面构件设计计算	124
第一节 压型钢板设计计算	124
第二节 檩条设计计算	134
第三节 屋盖支撑设计计算	147

第七章 柱及柱网支撑设计计算 153

 第一节 概述..... 153

 第二节 实腹式柱设计计算与构造..... 156

 第三节 格构柱设计计算与构造..... 159

 第四节 柱间支撑设计计算..... 172

第八章 钢结构防火和防腐设计 181

 第一节 钢结构防火设计..... 181

 第二节 钢结构防腐设计..... 192

参考文献 200

第一章 钢结构设计及计算的基本规定

第一节 设计的一般规定

一、构件的计算长度

(一) 桁架弦杆和单系腹杆的计算长度

确定桁架弦杆和单系腹杆的长细比时，其计算长度 l_0 应按表 1-1 采用。

表 1-1 桁架弦杆和单系腹杆的计算长度 l_0

项 次	弯 曲 方 向	弦 杆	腹 杆	
			支座斜杆和支座竖杆	其他腹杆
1	在桁架平面内	l	l	$0.8l$
2	在桁架平面外	l_1	l	l
3	斜平面	—	l	$0.9l$

注 1 l 为构件的几何长度（节点中心间距离）； l_1 为桁架弦杆侧向支撑点之间的距离。

2 斜平面系指与桁架平面斜交的平面，适用于构件截面两主轴均不在桁架平面内的单角钢腹杆和双角钢十字形截面腹杆。

3 无节点板的腹杆计算长度在任意平面内均取等于其几何长度（钢管结构除外）。

(二) 变内力杆件的计算长度

(1) 当桁架弦杆侧向支撑点之间的距离为节间长度的 2 倍（如图 1-1 所示），且侧向支撑点之间的轴心力有变化时，则该弦杆在桁架平面外的计算长度按式 (1-1) 确定（但不应小于 $0.5 l_1$ ），即

$$l_0 = l_1 \left(0.75 + 0.25 \frac{N_2}{N_1} \right), \text{ 且 } l_0 \geq 0.5 l_1 \quad (1-1)$$

式中 N_1 ——较大的压力，计算时取正值；

N_2 ——较小的压力或拉力，计算时压力取正值，拉力取负值。

桁架（屋架）弦杆的侧向支撑点系指桁架（屋架）侧向不能移动的点（支撑点或节点）。当檩条、系杆或其他杆件未与水平（或垂直）支撑节点或其他不移动点相连接时，则其与桁架（屋架）相连的点不能作为侧向支撑点。

(2) 桁架再分式腹杆体系的受压主斜杆[见图 1-2(a)]及 K 形腹杆体系的竖杆[见图 1-2(b)]等，在桁架平面外的计算长度也应按式(1-1)确定。对受拉主斜杆，平面外计算长度仍取 l_1 ，而在桁架

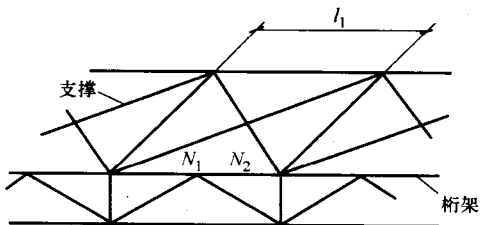


图 1-1 在侧向支撑点之间弦杆变内力桁架

平面内的计算长度则应取节点中心间的距离。

(三) 桁架交叉腹杆平面内、外的计算长度

确定在交叉点相互连接的桁架交叉腹杆的长细比时，桁架平面内的计算长度应取节点中心到交叉点间的距离，即 $l_{0x} = 0.5l$ (如图 1-3 所示)；在桁架平面外的计算长度，当两交叉杆长度相等时，应按表 1-2 的规定采用。

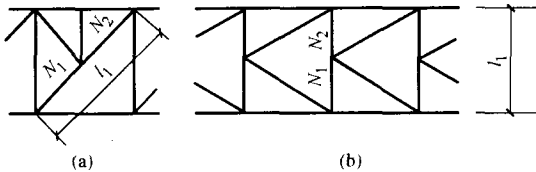


图 1-2 受压腹杆变内力桁架

(a) 再分式腹杆体系的受压主斜杆；(b) K 形腹杆体系的竖杆

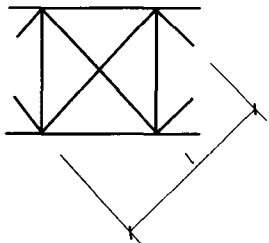


图 1-3 交叉腹杆的计算长度

表 1-2 桁架交叉腹杆在桁架平面外的计算长度

项次	所考虑杆件的类别	另一交叉杆件情况	桁架平面外的计算长度
1	压杆	相交的另一杆受压，两杆截面相同并在交叉点均不中断	$l_0 = l \sqrt{\frac{1}{2} \left(1 + \frac{N_0}{N} \right)}$
2		相交的另一杆受压，此另一杆在交叉点中断，但以节点板搭接	$l_0 = l \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{12} \frac{N_0}{N}}$
3		相交的另一杆受拉，两杆截面相同并在交叉点均不中断	$l_0 = l \sqrt{\frac{1}{2} \left(1 - \frac{3}{4} \frac{N_0}{N} \right)} \geq 0.5l$
4		相交的另一杆受拉，此拉杆在交叉点中断，但以节点板搭接	$l_0 = l \sqrt{1 - \frac{3}{4} \frac{N_0}{N}} \geq 0.5l$
5		相交的另一杆受拉，此拉杆连续而压杆在交叉点中断，但以节点板搭接	若 $N_0 \geq N$ 或拉杆在桁架平面外的抗弯刚度 $EI_y \geq \frac{3N_0 l^2}{4\pi^2} \left(\frac{N}{N_0} - 1 \right)$ 时，取 $l_0 = 0.5l$
6	拉杆	—	$l_0 = l$

注 1 l 为桁架节点中心间距离 (交叉点不作为节点考虑)； N 为所计算杆的内力； N_0 为相交另一杆的内力，均取绝对值。两杆均受压时，取 $N_0 \leq N$ ，两杆截面应相同。

2 当确定交叉腹杆中单角钢杆件斜平面内的长细比时，计算长度应取节点中心至交叉点的距离。

(四) 轴心受压等截面压杆或柱在平面内的计算长度

轴心受压等截面压杆或柱 (框架柱除外) 在平面内的计算长度，可以根据杆端的约束条件用等效计算长度 l_0 按式 (1-2) 确定，即

$$l_0 = \mu_0 l \tag{1-2}$$

式中 μ_0 ——计算长度系数，根据杆端约束条件按弹性稳定理论求得，可查有关设计手册；
 l ——压杆或柱的长度或高度。

(五) 单层框、(排) 架等截面柱在平面内的计算长度

1. 单层框 (排) 架等截面柱

在框架平面内的计算长度应按式 (1-3) 计算，即

$$H_0 = \mu H \quad (1-3)$$

式中 μ ——柱的计算长度系数；

H ——柱的高度，其取值可按图 1-4 确定。

2. 柱高度 H 的取值

(1) 当柱与横梁(或屋架)铰接时，取柱脚底面至柱顶面间的柱高度，如图 1-4(d)所示。

(2) 当柱与横梁(或屋架)刚接时，应根据屋面构件情况分别取值：

1) 对屋面梁，取屋面梁重心线与柱重心线交点至柱脚底面间的柱高度，如图 1-4(a)所示；

2) 对上承式屋架，取屋架重心线(或屋架端部高度的 1/2 处)与柱重心线交点至柱脚底面间的柱高度，如图 1-4(b)所示；

3) 对下承式屋架，取屋架下弦重心线与柱重心线交点至柱脚底面间的柱高度，如图 1-4(c)所示。

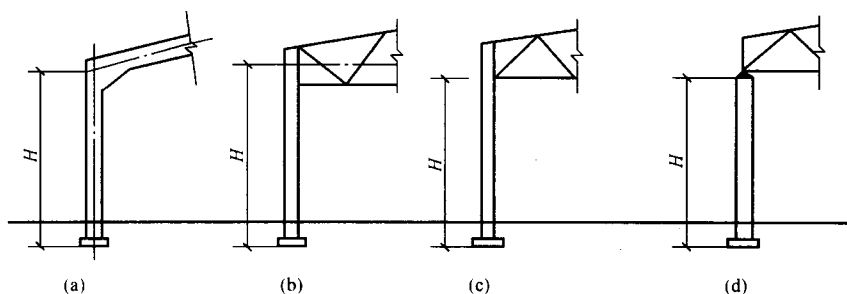


图 1-4 等截面框(排)架柱柱高

(a) ~ (c) 柱与横梁刚接；(d) 柱与横梁铰接(排架柱)

3. 柱的计算长度系数 μ 的取值

(1) 单层等截面框(排)架边柱在框架平面内的计算长度系数，由横梁(或屋架)线刚度(I_b/l)与柱线刚度(I_c/H)之比 K_0 ($K_0 = \frac{I_b}{I_c} \frac{H}{l}$) 按表 1-3 采用，当柱与横梁(或屋架)铰接时，按 $K_0 = 0$ 查表 1-3 求 μ 值。

表 1-3 单层等截面框(排)架边柱的计算长度系数 μ

框(排) 架类型	柱与基础 连接方式	线刚度比值 K_0 或 K_1									μ 的近似 计算公式
		0	0.1	0.3	0.5	1	3	5	10	≥ 20	
无侧移	刚接	0.732	0.721	0.701	0.685	0.654	0.593	0.570	0.549	0.524	$\frac{K_0 + 3.240}{2K_0 + 4.482}$
	铰接	1.000	0.981	0.949	0.922	0.875	0.791	0.760	0.732	0.700	$\frac{1.38K_0 + 3.1}{2K_0 + 3.1}$
有侧移	刚接	2.030	1.700	1.420	1.300	1.170	1.070	1.050	1.030	1.020	$\sqrt{\frac{K_0 + 0.552}{K_0 + 0.134}}$
	铰接	∞	4.460	3.010	2.640	2.330	2.110	2.070	2.030	2.000	$2\sqrt{1 + 0.38/K_0}$

其中, I_c 为柱截面惯性矩, 当为格构式柱时, 应考虑缀材的变形影响, 取折算惯性矩计算 (即 $I_c = 0.9I_{cl}$, I_{cl} 为格构式柱的截面惯性矩); I_b 为横梁截面惯性矩, l 为横梁 (或屋架) 的跨度, 当为桁架式屋架时, 应考虑屋架高度、坡度及腹杆变形的影响, 取折算惯性矩计算。桁架的折算惯性矩可按式 (1-4) 计算, 即

$$I_b = k(A_1 y_1^2 + A_2 y_2^2) \quad (1-4)$$

式中 A_1, A_2 ——桁架跨中处上弦杆和下弦杆的截面面积;
 y_1, y_2 ——桁架跨中处上弦杆重心线和下弦杆重心线至截面中和轴的距离;
 k ——桁架截面惯性矩折减系数, 可按表 1-4 采用。

表 1-4 桁架截面惯性矩折减系数 k					
桁架上弦坡度	1/8	1/10	1/12	1/15	0
k	0.65	0.70	0.75	0.80	0.90

(2) 单层等截面框 (排) 架中柱在框架平面内的计算长度系数, 由与柱相邻的两横梁 (或屋架) 线刚度之和 ($I_{b1}/l_1 + I_{b2}/l_2$) 与柱线刚度 (I_c/H) 之比 $K_1 (K_1 = \frac{I_{b1}/l_1 + I_{b2}/l_2}{I_c/H})$ 按表 1-3 确定。

(六) 单层厂房框架下端刚性固定的阶形柱在框架平面内的计算长度

(1) 单阶柱。单阶柱上段柱与下段柱在框架平面内的计算长度分别为

上段柱 $H_{01} = \mu_1 H_1 \quad (1-5)$

下段柱 $H_{02} = \mu_2 H_2 \quad (1-6)$

$$\mu_1 = \frac{\mu_2}{\eta_1} \quad (1-7)$$

$$\mu_2 = \psi_s \mu \quad (1-8)$$

式中 H_1 ——上段柱的高度, 柱与屋架铰接时取肩梁顶面至柱顶面之间的高度, 柱与屋架刚接时取肩梁顶面至屋架下弦重心线与柱边交点之间的距离, 如图 1-5 所示;

H_2 ——下段柱的高度, 取柱脚底面至肩梁顶面的柱高度;

μ_1 ——上段柱的计算长度系数;

μ_2 ——下段柱的计算长度系数;

η_1 ——按 GB 50017—2003《钢结构设计规范》附录 D 表 D-3 或表 D-4 中的计算公式计算;

ψ_s ——阶形柱考虑空间作用的计算长度折减系数, 按 GB 50017 表 5.3.4 采用;

μ ——单阶柱下段的计算长度系数, 由上段柱与下段柱的刚度比 K_1 及参数 η_1 按 GB 50017 附录 D 中表 D-3 (柱上端为自由的单阶柱, 即柱上端与横梁铰接) 和表 D-4 (柱上端可移动但不转动的单阶柱, 即柱上端与横梁刚接) 采用。

(2) 双阶柱。双阶柱上段柱、中段柱和下段柱在框架平面内的计算长度为

上段柱 $H_{01} = \mu_1 H_1 \quad (1-9)$

中段柱 $H_{02} = \mu_2 H_2 \quad (1-10)$

下段柱 $H_{03} = \mu_3 H_3 \quad (1-11)$

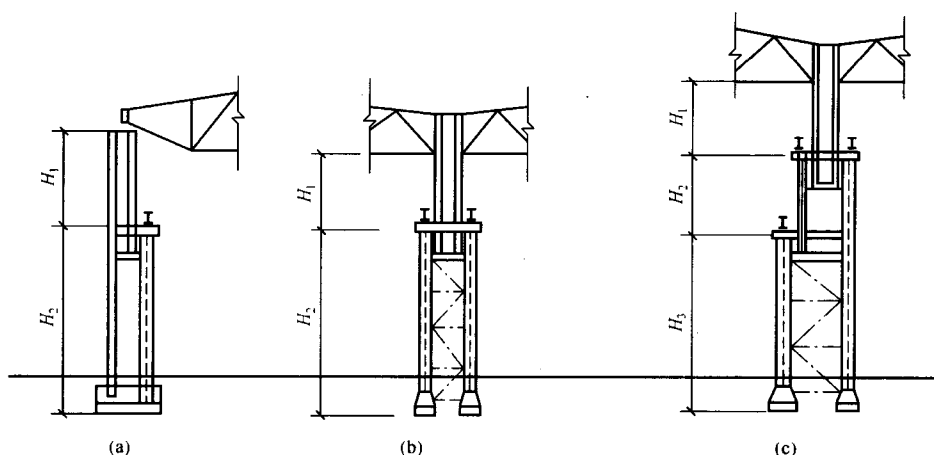


图 1-5 阶形柱计算长度示意

(a)、(b) 单阶柱；(c) 双阶柱

$$\mu_1 = \frac{\mu_3}{\eta_1} \quad (1-12)$$

$$\mu_2 = \frac{\mu_3}{\eta_2} \quad (1-13)$$

$$\mu_3 = \psi_s \mu \quad (1-14)$$

式中 H_1 ——上段柱的高度，按单阶柱规定采用，如图 1-5 (c) 所示；

H_2 ——中段柱的高度，取下柱肩梁顶面至上部肩梁顶面之间柱的高度；

H_3 ——下段柱的高度，取柱脚底面至下部肩梁顶面之间柱的高度；

μ_1 ——上段柱的计算长度系数；

μ_2 ——中段柱的计算长度系数；

μ_3 ——下段柱的计算长度系数；

η_1 、 η_2 ——按 GB 50017 附录 D 表 D-5 和表 D-6 中的计算公式计算；

ψ_s ——阶形柱考虑空间作用的计算长度折减系数，按 GB 50017 表 5.3.4 采用；

μ ——双阶柱的计算长度系数，根据上段柱与下段柱的线刚度之比 K_1 、中段柱与下段柱的线刚度之比 K_2 及参数 η_1 、 η_2 按 GB 50017 附录 D 中表 D-5 (柱上端为自由的双阶柱，即柱上端与横梁铰接) 和表 D-6 (柱上端可移动但不转动的双阶柱，即柱上端与横梁刚接) 采用。

(七) 多层框架等截面柱在平面内的计算长度

(1) 多层框架等截面柱在框架平面内的计算长度应按式 (1-3) 计算，其中柱高 H 取该层柱的高度。框架分为无支撑的纯框架和有支撑框架，其中有支撑框架根据抗侧移刚度的大小，分为强支撑框架和弱支撑框架。柱的计算长度系数 μ 需要根据框架的类型和内力分析方法采取不同的方法确定。

(2) 柱计算长度系数 μ 的取值。

1) 无支撑纯框架。

a) 当采用一阶弹性分析计算内力时，框架柱的计算长度系数 μ 按 GB 50017 附录 D 表

D-2 有侧移框架等截面柱的计算长度系数确定。

b) 当采用二阶弹性分析计算内力且在每层柱顶附加考虑 GB 50017 中式 (3.2.8-1) 的假想水平力时, 框架柱的计算长度系数 $\mu = 1.0$ 。

2) 有支撑框架。

a) 当支撑结构 (支撑桁架、剪力墙、电梯井等) 的侧移刚度 (产生单位侧倾角的水平力) S_b 满足式 (1-15) 的要求时, 为强支撑框架, 其计算式为

$$S_b \geq 3(1.2 \sum N_{bi} - \sum N_{oi}) \quad (1-15)$$

式中 $\sum N_{bi}$ 、 $\sum N_{oi}$ ——第 i 层层间所有框架柱用无侧移框架和有侧移框架柱计算长度系数算得的轴压杆稳定承载力之和。

强支撑框架柱的计算长度系数 μ 按 GB 50017 附录 D 表 D-1 无侧移框架等截面柱的计算长度系数确定。

b) 当支撑结构的侧移刚度 S_b 不满足式 (1-15) 的要求时, 为弱支撑框架。弱支撑框架柱的轴压杆稳定系数 φ 直接按式 (1-16) 计算, 即

$$\varphi = \varphi_0 + (\varphi_1 - \varphi_0) \frac{S_b}{3(1.2 \sum N_{bi} - \sum N_{oi})} \quad (1-16)$$

式中 φ_1 、 φ_0 ——框架柱用 GB 50017 附录 D 中表 D-1 无侧移框架柱和表 D-2 有侧移框架柱计算长度系数算得的轴心压杆稳定系数。

(3) 应用 GB 50017 附录 D 表 D-1 和表 D-2 求柱计算长度系数 μ 时应注意的问题。

1) K_1 、 K_2 的计算。 K_1 和 K_2 分别为相交于所计算柱上端、柱下端的横梁线刚度之和与柱线刚度之和的比值, 其计算公式如式 (1-17) 和式 (1-18) 所示 (下角标 1、2 分别为所计算柱的上端节点和下端节点), 即

$$K_1 = \sum \left(\frac{I_0}{l} \right)_{b1} / \sum \left(\frac{I}{l} \right)_{c1} \quad (1-17)$$

$$K_2 = \sum \left(\frac{I_0}{l} \right)_{b2} / \sum \left(\frac{I}{l} \right)_{c2} \quad (1-18)$$

式中 $\sum \left(\frac{I_0}{l} \right)_{b1}$ 、 $\sum \left(\frac{I_0}{l} \right)_{b2}$ ——所计算柱上端节点 1 及下端节点 2 左右横梁线刚度之和;

$\sum \left(\frac{I}{l} \right)_{c1}$ 、 $\sum \left(\frac{I}{l} \right)_{c2}$ ——所计算柱上端节点 1 上下两柱线刚度之和及柱下端节点 2 上下两柱线刚度之和。

2) 横梁线刚度和 K_1 、 K_2 的修正。框架柱的计算长度系数 μ 不仅与 K_1 、 K_2 有关, 而且还与柱及横梁的荷载和支承情况有关。由 GB 50017 附录 D 中表 D-1 和表 D-2 查得的计算长度系数 μ 值, 主要适用于各柱的刚度参数 ($H\sqrt{P/EI}$) 基本相同和结构作用荷载对称的框架。由于框架结构的实际受力及构造与计算模型有差异, 因此, 查表时, 应对线刚度和 μ 值按如下情况进行修正:

a) 横梁与柱铰接时, 取横梁线刚度为零。

b) 对底层框架柱, 柱与基础铰接时, 取 $K_2 = 0$ (对平板支座可取 $K_2 = 0.1$); 柱与基础刚接时, 取 $K_2 = 10$ 。

c) 框架横梁远端不为刚接时, 横梁的线刚度应先乘以表 1-5 所列修正系数, 再按式 (1-17) 和式 (1-18) 计算 K_1 和 K_2 。

表 1-5

横梁线刚度的修正系数

横梁远端连接方式	无侧移框架	有侧移框架	横梁远端连接方式	无侧移框架	有侧移框架
横梁远端为铰接	3/2	1/2	横梁远端为固定端	2	2/3

d) 当与柱刚性连接的横梁所受轴心压力 N_b 较大时, 横梁线刚度应先乘以表 1-6 所列的折减系数 α_N , 再按式 (1-17) 和式 (1-18) 计算 K_1 和 K_2 。

表 1-6

横梁线刚度的折减系数 α_N

横梁远端连接方式	无侧移框架	有侧移框架	备 注
横梁远端与柱铰接	$\alpha_N = 1 - N_b/N_{Eb}$	$\alpha_N = 1 - N_b/N_{Eb}$	$N_{Eb} = \pi^2 EI_b/l^2$, 其中 I_b 为横梁截面惯性矩; l 为横梁长度
横梁远端与柱刚接	$\alpha_N = 1 - N_b/N_{Eb}$	$\alpha_N = 1 - N_b/(4N_{Eb})$	
横梁远端嵌固	$\alpha_N = 1 - N_b/(2N_{Eb})$	$\alpha_N = 1 - N_b/(2N_{Eb})$	

e) 若各柱刚度参数相差悬殊及结构、荷载显著不对称, 对有侧移的框架, 按 GB 50017 附录 D 中表 D-2 算得的结果有较大的误差, 此时框架柱的计算长度系数 μ 值可按式 (1-19) 进行修正, 即

$$\mu_i = \frac{1}{h_i} \sqrt{\frac{I_i \sum P_i}{C P_i}} \quad (1-19)$$

$$C = \sum_{i=1}^n \frac{I_i}{(\mu_i' h_i)^2} \quad (1-20)$$

式中 μ_i —— i 柱的计算长度系数;

I_i —— i 柱的截面惯性矩;

μ_i' ——按 GB 50017 附录 D 中表 D-1 和表 D-2 计算确定的 i 柱层内的计算长度系数;

h_i —— i 柱的高度, 当同层柱时可取 $i=1$;

$\sum P_i$ —— i 柱层内所有柱承受的力之和;

P_i —— i 柱所承受的力。

(八) 确定框架柱的计算长度系数时应考虑的其他因素

(1) 计算框架的格构式柱和桁架式横梁的截面惯性矩时, 应按式 (1-4) 考虑柱或横梁截面高度变化和缀件 (或腹杆) 变形的影响。

(2) 附有摇摆柱 (两端铰接柱) 的无支撑纯框架柱和弱支撑框架柱的计算长度系数应乘以增大系数 η , η 按式 (1-21) 计算, 即

$$\eta = \sqrt{1 + \frac{\sum (N_1/H_1)}{\sum (N_i/H_i)}} \quad (1-21)$$

式中 $\sum (N_1/H_1)$ ——各摇摆柱轴心压力设计值与柱高度比值之和, 摇摆柱的计算长度取其几何长度;

$\sum (N_i/H_i)$ ——各框架柱轴心压力设计值与柱高度比值之和。

(3) 当与计算柱同层或其他柱或与计算柱连续的上下层柱的稳定承载能力有潜力时, 可利用这些柱的支持作用, 对计算柱的计算长度系数进行折减, 提供支持作用的柱的计算长度系数则应相应增大。

(4) 当梁与柱的连接为半刚性构造时, 确定柱的计算长度时应考虑节点连接的特性。

(九) 框架柱在框架平面外的计算长度

框架柱沿房屋长度方向 (在框架平面外) 的计算长度应取阻止框架平面外位移的支承点 (柱的支座、吊车梁、托架以及柱间支撑、纵梁的固定节点、刚性系杆等) 之间的距离。

二、构件的容许长细比

(1) 受压构件的容许长细比不宜大于表 1-7 规定的数值。

表 1-7 受压构件的容许长细比

项次	结构类别	构 件 名 称		容许长细比
1	普通钢结构	柱、桁架和天窗架中的杆件		150
2		柱的缀条、吊车梁或吊车桁架以下的柱间支撑		
3		支撑(吊车梁或吊车桁架以下的柱间支撑除外)		
4		用以减少受压构件长细比的杆件		200
5		多竖杆式无节间荷载天窗架的上弦杆		
6		桁架(包括空间桁架)中的受压腹杆,当其内力等于或小于杆件承载能力的 50%时(可取)		
7		跨度等于或大于 60m 的桁架、受压弦杆和端压杆(宜取)		100
8		跨度等于或大于 60m 的桁架中的其他受压腹杆	直接承受动力荷载(可取)	120
9			承受静力荷载或间接承受动力荷载(可取)	150
10	门式刚架轻钢结构	门式刚架中的主要构件		180
11		其他构件, 支撑、隅撑		220
12	冷弯薄壁型钢结构	承重柱、桁架和格构式刚架的弦杆、支座压杆及吊车梁以下柱间支撑		150
13		其他压杆及支撑		200
14	网架、网壳结构	网架受压杆件、双层网壳受压和压弯杆件		180
15		单层网壳受压和压弯杆件		150

注 1 计算单角钢受压构件的长细比时, 应采用角钢的最小回转半径, 但计算在交叉点相互连接的交叉杆件平面外的长细比时, 可采用与角钢肢边平行轴的回转半径。

2 由容许长细比控制截面的杆件, 在计算其长细比时可不考虑扭转效应。

(2) 受拉构件的容许长细比不宜大于表 1-8 规定的数值。

表 1-8 受拉构件的容许长细比

项次	结构类别	构件名称	承受静力荷载和间接承受动力荷载的结构		直接承受动力荷载的结构
			一般建筑结构	有重级工作制吊车的厂房	
1	普通钢结构、门式刚架轻钢结构	桁架的杆件	350	250	250
2		吊车梁或吊车桁架以下的柱间支撑	300	200	—
3		其他拉杆、支撑、系杆等 (第 2 项和张紧的圆钢除外)	400	350	—
				设有夹钳或刚性料耙等硬钩吊车厂房的支撑 300	—

续表

项次	结构类别	构件名称	承受静力荷载和间接承受动力荷载的结构		直接承受动力荷载的结构
			一般建筑结构	有重级工作制吊车的厂房	
4	普通钢结构	中、重级工作制吊车桁架的下弦杆	—		200
5		跨度等于或大于 60m 的桁架、受拉弦杆和腹杆	300		250
6		多竖杆及三点式天窗架主斜杆	300		—
7	薄壁型钢结构	受拉构件（张紧的圆钢拉条除外）	350		—
8		受拉构件在吊车荷载下受压时	200		—
9	网架、网壳结构	网架一般受拉杆件	400		250
10		网架支座附近杆件、双层网壳受拉和拉弯杆件	300		250
11		单层网壳受拉和拉弯杆件	300		—

- 注 1 承受静力荷载的结构中，可仅计算受拉构件在竖向平面内的长细比。
- 2 在直接或间接承受动力荷载的结构中，计算单角钢受拉构件的长细比时，应采用角钢的最小回转半径；但计算在交叉点相互连接的交叉受拉杆件平面外的长细比时，可采用与角钢肢边平行轴的回转半径。
- 3 受拉构件在永久荷载和风荷载组合作用下受压时，其长细比不宜超过 250。
- 4 地震区柱间支撑的容许长细比可参见 GB 50011 的有关规定。

三、结构的温度区段长度值

单层房屋和露天结构的温度区段长度（伸缩缝的间距），当不超过表 1-9 的长度值时，一般情况下可不考虑温度应力和温度变形的影响。

表 1-9

温度区段长度值

m

项次	结构情况	纵向温度区段 (垂直屋架或构架跨度方向)	横向温度区段 (沿屋架或构架跨度方向)	
			柱顶为刚接	柱顶为铰接
1	采暖房屋和非采暖地区的房屋	220	120	150
2	热车间和采暖地区的非采暖房屋	180	100	125
3	露天结构	120	—	—

- 注 1 厂房柱为其他材料时（非钢结构），应按相应规范的规定设置伸缩缝。围护结构可根据具体情况参照有关规范单独设置伸缩缝。
- 2 无桥式吊车房屋的柱间支撑和有桥式吊车房屋吊车梁或吊车桁架以下的柱间支撑，宜对称布置于温度区段的中部。当不对称布置时，上述柱间支撑的中点（两道柱间支撑时，为两支撑距离的中点）至温度区段端部的距离不宜大于表 1-9 纵向温度区段长度的 60%。
- 3 当有充分依据或可靠措施时，表中数值可予以增减。

第二节 设计计算中的各项系数和取值

一、荷载的分项系数

钢结构设计计算中荷载的分项系数可按表 1-10 采用。