CECS 23：90

中国工程建设标准化协会标准

钢货架结构设计规范

THE SPECIFICATION FOR DESIGN OF STEEL STORAGE RACKS

中国建筑资讯网 www.sinoaec.com

CHINA ASSOCIATION FOR ENGINEERING CONSTRUCTION STANDARDIZATION

中国工程建设标准化协会标准

钢货架结构设计规范

CECS 23：90

主编单位：全国薄壁型钢结构标准技术委员会
批准单位：中国工程建设标准化协会
批准日期：1990 年 9 月 10 日

中国建筑资讯网 www.sinoaec.com

1991 北 京

前　言

60年代以来，为了适应现代工业高度自动化和大批量生产的需要，提高仓储密度及转运效率，减少劳动强度，改善储运条件，降低仓储费用，提高经济效益，各国相继建设和发展了高度自动化的立体仓库，普遍采用多层钢货架结构作为其储存系统。

我国自70年代以来也相继在若干自动化立体仓库及图书馆等建筑物中采用了库架分离式的或库架合一式的钢货架结构。为适应我国仓储系统自动化、立体化发展的需要，为钢货架结构的设计提供依据，特制订本规范。

本规范在编制过程中，编制组进行了较为系统的调查研究和必要的科学试验，总结了国内外科研成果和工程实践经验，借鉴了国外的有关规范，并广泛征求意见进行必要的修改，最后由全国薄壁型钢结构标准技术委员会组织审查定稿。

现批准《钢货架结构设计规范》，编号为CECS23：90，并推荐给各工程建设设计、施工单位使用。在使用过程中，请将意见及有关资料寄交武昌中南路中南建筑设计院转全国薄壁型钢标准技术委员会（邮政编码：430071），以便修订。

中国工程建设标准化协会

1990年9月10日

中国建筑学术网(www.asnaec.com)

目　　录

主要符号 …… (1)
第一章　总则 …… (1)
第二章　材料 …… (2)
第三章　基本设计规定 …… (3)
第一节　设计原则 …… (3)
第二节　强度设计值 …… (3)
第三节　构造的一般规定 …… (8)
第四章　荷载及荷载效应组合 …… (9)
第一节　一般规定 …… (9)
第二节　竖向冲击荷载 …… (9)
第三节　水平荷载 …… (10)
第四节　地震作用 …… (10)
第五节　荷载效应组合 …… (13)
第五章　组装式货架结构 …… (15)
第一节　一般规定 …… (15)
第二节　托盘横梁设计 …… (15)
第三节　竖向框架设计 …… (17)
第四节　构造要求 …… (20)
第六章　整体式货架结构 …… (22)
第一节　一般规定 …… (22)
第二节　立柱设计 …… (23)
第三节　支撑系统 …… (24)
第七章　库架合一式货架结构 …… (25)
第一节　一般规定 …… (25)
第二节　立柱设计 …… (25)

中国建筑资讯网 www.sinoaec.com

第三节　构造要求……（26）
第八章　试验方法 ……（27）
第一节　一般规定……（27）
第二节　短柱试验……（27）
第三节　托盘横梁试验……（28）
第四节　测定梁—柱连接性能和柱脚底板转动刚度的
门架试验……（30）
第五节　组装式货架单元的整体试验……（32）
附录一　本规范名词解释 ……（35）
附录二　立体仓库货架结构图例 ……（36）
附录三　圆孔板件有效宽度 b_{ef} 的计算方法 ……（40）
附录四　组装式货架结构竖向框架柱计算长度
系数μ图 ……（42）
附加说明 ……（43）

中国建筑资讯网 www.sinoaec.com

主 要 符 号

荷载及荷载效应

F——集中力；

F_E——货架结构总水平地震作用标准值；

F_i——货架结构第 i 层的水平地震作用标准值；

F_{max}——试件的破坏荷载；

G_E——货架结构总重力荷载的代表值；

G_{eq}——货架结构的等效总重；

G_k——恒载的标准值；

G_i、G_j——集中于货架结构第 i 层、第 j 层的重力荷载标准值；

H——水平荷载的平均值；

M——弯矩；

M_0——简支梁跨中最大弯矩；

M_{max}——试件的弯曲承载力，端部半刚性连接的托盘横梁的跨中最大弯矩；

N——轴力；框架往底面处的压力；

N_t——外拉力；

P——高强度螺栓的设计预拉力；

T——货架结构的基本自振周期；

u——托盘横梁节点处的平均侧向位移；

u_i——货架结构第 i 层的侧向位移；

ω_0——简支梁的跨中最大挠度；

ω_{max}——端部半刚性连接的托盘横梁的跨中最大挠度；

θ——托盘横梁节点处的平均转角；

中国建筑标准设计网 www.sinoaec.com

θ_f——框架柱柱脚平均转角；

ε——平均最大应变；

σ_{cr}——受压板件局部屈曲的临界应力。

计 算 指 标

E——钢材的弹性模量；

N_t^b、N_v^b——一个强度螺栓的抗拉、抗剪设计承载力；

f——钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值；

f_{ce}——钢材的端面承压强度设计值；

f_p——钢材的比例极限；

f_u——钢材的抗拉强度；

f_v——钢材的抗剪强度设计值；

f_y——钢材的屈服强度；

f_c^b、f_t^b、f_v^b——螺栓的承压、抗拉和抗剪强度设计值；

f_c^w、f_t^w、f_v^w——对接焊缝的抗压、抗拉和抗剪强度设计值；

f_f^w——角焊缝的抗压、抗拉和抗剪强度设计值；

f_c^c——混凝土的轴心抗压强度；

f_{iE}——抗震强度设计值；

f'——计及冷弯效应的钢材强度设计值。

几 何 参 数

A_{ef}——有效截面面积；

H——货架高度；

H_i、H_j——货架结构第 i 层、第 i 层的计算高度；

I_b、I_c、I_f——货架横梁、立柱及等效地梁的截面惯性矩；

L——梁的跨度；计算长度；型钢截面中心线的长度；

L_b——托盘横梁的跨度；

L_c——计算梁上面一根横梁至下面一根横梁(或地面)之间的柱段长度；

中国建筑标准设计网 www.cnbzec.com

L_{c1}——地面至相邻第一根横梁之间的柱段长度；

L_{c2}——第一根横梁至第二根横梁之间的柱段长度；

L_f——等效地梁的长度；

W_{ef}——有效截面抵抗矩；

b——截面宽度；

b_{ef}——截面有效宽度；

d——孔径；

h——截面高度；截面最大边长；

i——截面的回转半径；

r_i——截面第 i 个棱角的内表面弯曲半径；

t——型钢壁厚；

θ_i——截面第 i 个棱角所对应的圆周角；

λ——长细比；

λ_w——弯扭屈曲的换算长细比。

计 算 系 数

C_G、C_Q、C_W——恒载、活载和风载的荷载效应系数；

C_E、C_{Q1}、C_{Q2}——地震作用、竖向冲击荷载和水平荷载的荷载效应系数；

F——梁端节点的弹性常数；

F_f——框架柱底转动刚度系数；

G_A、G_B——确定货架立柱计算长度系数的系数；

k——板件的稳定系数；计算高强度螺栓抗剪设计承载力的系数；

n——截面所含棱角数；

n_f——传力摩擦面数；

α_1——相应于货架结构基本自振周期的水平地震影响系数；

中国建筑信息网 www.sinoaec.com

α_{max}——水平地震影响系数的最大值；

β_m——等效弯矩系数；

γ——钢材抗拉强度与屈服强度的比值；

G、Q、E——恒载、可变荷载及水平地震作用的分项系数；

d、m——挠度及弯矩嵌固影响系数；

η——成型方式系数；试验值的离散性系数；

μ——计算长度系数；

$\varnothing$——轴心受压构件的稳定系数。

中国建筑资讯网 www.sinoaec.com

第一章　总　　则

第 1.0.1 条　为适应我国仓储系统自动化、立体化发展的需要，为钢货架结构的设计提供依据，特制订本规范。

第 1.0.2 条　本规范适用于以冷弯型钢或热轧型钢制作的组装式货架、整体式货架和库架合一式货架，不适用于以其他材料制作的货架。

第 1.0.3 条　组装式货架系指组成货架的横梁与立柱间采用机械式锁紧装置连接且与建筑物分离的可拆装的货架；整体式货架系指组成货架的结构构件均采用焊接或螺栓连接且与建筑物分离的固定式货架；库架合一式货架系指货架兼作建筑物承重结构的固定式货架，这类货架除承受货物荷载外，还作为库房的骨架支承屋面和墙面围护结构。

第 1.0.4 条　设计货架结构时，应综合考虑使用要求、设备情况、荷载性质、材料供应及制作安装条件等因素，合理选择材料、结构型式和构造措施，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量。

第 1.0.5 条　本规范遵守《建筑结构设计统一标准》(GBJ 68—84) 的基本原则，符合《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》(GBJ 83—85) 的要求。

第 1.0.6 条　钢货架结构的设计除应遵守本规范的规定外，尚应符合《建筑结构荷载规范》(GBJ 9—87)、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GBJ 18—87)、《钢结构设计规范》(GBJ 17—88) 以及现行《钢结构施工验收规范》等的要求。

中国建筑信息网 www.sinaec.com

第二章　材　　料

第 2.0.1 条　钢货架承重结构的钢材，应根据其重要性、荷载特征、连接方法、使用环境等具体情况选择其钢号和材质。

承重结构的钢材通常宜采用《碳素结构钢》(GB700—88) 规定的 Q235 钢和《低合金结构钢》(GB1591—88) 规定的 16 锰钢。当有可靠根据时，可采用其他钢号。

第 2.0.2 条　工作温度等于或低于—20℃的钢货架承重结构不宜采用 Q235A、B 级沸腾钢。

第 2.0.3 条　承重结构的钢材应具有抗拉强度、伸长率、屈服点（或屈服强度）和硫、磷含量的合格保证，对焊接结构尚应具有碳含量的合格保证，对冷弯型钢尚应具有冷弯试验的合格保证。

第 2.0.4 条　钢货架结构的连接材料应符合下列要求：

一、手工焊接用的焊条，应符合现行《碳钢焊条》和《低合金钢焊条》的规定，选用的焊条型号应与主体金属强度相适应。

二、自动焊和半自动焊接用的焊丝，应符合现行《焊接用钢丝》的规定，选用的焊丝和焊剂应与主体金属强度相适应。

三、气体保护焊应采用符合现行《焊接用钢丝》规定的含有锰、硅等高脱氧元素的合金钢焊丝。

四、普通螺栓宜采用《碳素结构钢》(GB700—88) 规定的 Q235 钢制作。

五、高强度螺栓应符合现行《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈型式尺寸与技术条件》或《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副型式尺寸与技术条件》的规定。

六、锚栓可采用《碳素结构钢》(GB700—88) 规定的 Q235 钢和《低合金结构钢》(GB1591—88) 规定的 16 锰钢制作。

第三章　基本设计规定

第一节　设 计 原 则

第 3.1.1 条　本规范采用以概率理论为基础的极限状态设计法，以分项系数设计表达式进行计算。

第 3.1.2 条　货架结构的承重构件应按承载能力极限状态和正常使用极限状态设计，非承重构件应按构造要求设置。

第 3.1.3 条　一般货架结构的安全等级可取为三级，有特殊要求的货架结构的安全等级可根据具体情况另行确定。

第 3.1.4 条　按承载能力极限状态设计货架结构时，应采用荷载设计值和强度设计值进行计算；按正常使用极限状态设计货架结构时，应采用荷载标准值和容许变形进行计算。

第 3.1.5 条　除本规范另有规定者外，计算货架结构构件和连接所采用的荷载标准值、荷载分项系数和荷载组合值系数的取值以及荷载效应组合，均应符合《建筑结构荷载规范》(GBJ 9—87) 的规定；结构内力和变形可按结构力学方法确定；截面选择应按《钢结构设计规范》(GBJ 17—88) 或 (和)《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GBJ 18—87) 中的规定。

第 3.1.6 条　设计特殊型式的组装式货架结构时，若无适当计算方法可资利用，可按本规范第八章中列示的方法进行模型或足尺试验，以确定有关参数及承载能力。

第二节　强 度 设 计 值

第 3.2.1 条　钢材的强度设计值按表 3.2.1 采用。

中国建筑设计网 www.jsjz.com

钢材的强度设计值（N/mm²）　　表 3.2.1

钢　　号	钢材种类	抗拉、抗压、抗弯 f	抗剪 f_v	端面承压（磨平顶紧） f_{ce}
Q235 钢	热轧型钢	215	125	320
	冷弯型钢	205	120	310
16 锰钢	热轧型钢	315	185	445
	冷弯型钢	300	175	425

注：① Q235 镇静钢钢材的抗拉、抗压、抗弯和抗剪强度设计值可按表中数值提高 5%。

② 其他钢材及进口钢材的强度设计值可根据其屈服强度按相应钢号的数值采用。

③ 表中热轧型钢的设计强度系第一组钢材的值。

第 3.2.2 条　计算全截面有效的冷弯型钢货架结构的受拉、受压或受弯构件的强度时，可采用计及冷弯效应的强度设计值 f'，其值由下式确定。

$$f' = \left[1+\frac{\eta\ (12\ -10)\ t}{L}\sum_{i=1}^{n}\frac{\theta_i}{2\pi}\right]\cdot f \qquad (3.2.2-1)$$

式中　η——成型方式系数，对于冷弯高频焊（圆变）方、矩形管，取 $\eta=1.7$，对于圆管和其他开口型钢，取 $\eta=1.0$；

γ——钢材的抗拉强度与屈服点的比值，对于 Q235 钢，取 $\gamma=1.58$，对于 16 锰钢，取 $\gamma=1.48$；

n——型钢截面所含棱角数；

θ_i——型钢截面上第 i 个棱角所对应的圆周角，以弧度为单位；

L——型钢截面中心线的长度，可取型钢截面积与其厚度的比值，也可按下式计算：

$$L=L'+\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\theta_i\ (2r_i+t) \qquad (3.2.2-2)$$

中国建筑资讯网 www.sinoce.com

式中 L'——型钢平直部分宽度之和；

r_i——型钢截面上第 i 个棱角内表面的弯曲半径；

t——型钢壁厚。

第 3.2.3 条 焊缝的强度设计值应按表 3.2.3 采用。

焊缝的强度设计值（N/mm²） 表 3.2.3

钢材		对接焊缝			角焊缝
钢号	钢材种类	抗压 f_c^w	抗拉 f_t^w	抗剪 f_v^w	抗压、抗拉、抗剪 f_f^w
Q235 钢	热轧型钢	215	185	125	160
	冷弯型钢	205	175	120	140
16 锰钢	热轧型钢	315	270	185	200
	冷弯型钢	300	255	175	195

第 3.2.4 条 普通螺栓连接的强度设计值应按表 3.2.4 采用。

普通螺栓连接的强度设计值（N/mm²） 表 3.2.4

强度类别	螺栓的钢号	构件的钢号	
	Q235 钢	Q235 钢	16 锰钢
抗拉 f_t^b	170 (165)	—	—
抗剪 f_v^b	130 (125)	—	—
承压 f_c^b		305 (290)	420 (420)

注：表中括号内数字适用于冷弯型钢货架结构。

第 3.2.5 条 锚栓的抗拉强度设计值，对于 Q235 钢取 140N/mm²，对于 16 锰钢取 180N/mm²。

第 3.2.6 条 承压型高强螺栓的强度设计值应按表 3.2.6 采用。

中国建筑资讯网 www.sinoec.com

承压型高强螺栓的强度设计值（N/mm²）　　表 3.2.6

强度类别	承压型高强螺栓性能等级		构件的钢号	
	8.8 级	10.9 级	Q235 钢	16 锰钢
抗剪 f_v^b	250	310	—	—
承压 f_c^b	—	—	465	640

第 3.2.7 条　摩擦型高强度螺栓的设计承载力按下列规定计算：

一、在抗剪连接中，每个摩擦型高强度螺栓的抗剪设计承载力 N_v^b，应按下式计算：

$$N_v^b = k \cdot n_f \cdot \mu \cdot P \qquad (3.2.7-1)$$

式中　k——系数，对于热轧型钢，取 $k=0.9$，对于冷弯型钢，取 $k=0.8$；

n_f——传力摩擦面数；

μ——抗滑移系数，按表 3.2.7—1 采用；

P——高强度螺栓的预拉力，按表 3.2.7—2 采用。

抗滑移系数 μ 值　　表 3.2.7—1

连接处钢构件接触面的处理方法	构件的钢号	
	Q235 钢	16 锰钢
喷砂	0.45 (0.40)	0.55 (0.45)
喷砂后生赤锈	0.45	0.55
喷砂后涂无机富锌	0.35	0.40
钢材轧制表面清除浮锈	0.30 (0.25)	0.35 (—)

注：① 括号内数字适用于冷轧钢材。

② 除锈方向应与受力方向相垂直。

中国建筑资讯网 www.jinoaec.com

每个摩擦型高强废螺栓的设计预拉力 P 值（kN）　　表 3.2.7—2

螺栓的性能等级	螺栓的公称直径（mm）							
	M12	M14	M16	M20	M22	M24	M27	M30
8.8 级	45	60	80	110	135	155	205	250
10.9 级	55	75	100	150	190	255	290	355

二、每个摩擦型高强度螺栓沿杆轴方向的抗拉设计承载力 N_t^b 按下式计算：

$$N_t^b = 0.8P \qquad (3.2.7-2)$$

三、同时承受摩擦面的剪切和沿螺栓杆轴方向的外拉力 N_t 的摩擦型高强度螺栓的抗剪设计承载力可按下式计算：

$$N_v^b = k \cdot n_f \cdot \mu \ (P - 1.25N_t) \qquad (3.2.7-3)$$

且

$$N_t \leqslant 0.8P \qquad (3.2.7-4)$$

第 3.2.8 条　计算下列情况的货架结构构件和连接时，本节前述各条款中规定的强度设计值应乘以下列相应的折减系数：

一、采用焊接方管的立柱：　0.95。

二、单面连接的单角钢构件：

按轴心受力计算强度和连接：　0.85；

按轴心受压计算稳定性：　0.6+0.0014λ。

注：对中间无联系的单角钢压杆，λ 为按最小回转半径计算的杆件长细比。

三、无垫板的单面对接焊缝：　0.85。

四、施工条件较差的高空安装焊缝：　0.90。

五、搭接连接、填垫板的连接及单盖板的不对称连接：　0.90。

上述几种情况同时存在时，其折减系数应连乘。

第 3.2.9 条　货架结构的抗震强度设计值 f_{iE} 应按下式确定。

$$f_{iE} = f_i / \gamma_{RE} \qquad (3.2.9)$$

式中　f_i——构件或连接的强度设计值，按本节第 3.2.1～第 3.2.7 条采用；

中国建筑设计网 www.chinaaec.com

γ_{RE}——抗震强度设计值调整系数，通常，货架结构梁、柱构件取 $\gamma_{RE}=0.80$，支撑及连接取 $\gamma_{RE}=0.90$。

第三节　构造的一般规定

第 3.3.1 条　钢货架结构的型式、尺寸、连接、构造应根据货物的类别、数量、尺寸、存取频率以及储运机械的种类、型式、性能和控制方式等使用要求，经综合比较、分析确定。

第 3.3.2 条　钢货架结构的巷道宽度应根据叉车、堆垛机或其他储运机械的正常运行及操作要求确定。

第 3.3.3 条　组装式货架结构的高度可按叉车或其他储运机械的提升能力确定；整体式货架及库架合一式货架多为固定式货架结构，其高度通常可按使用要求确定，一般不宜低于 6m。

第 3.3.4 条　组装式货架结构通常由若干榀竖向框架以及若干层与竖向框架相连接的横梁组成，竖向框架宽度和横梁长度取决于货格尺寸，竖向框架宽度一般为 0.8～1.5m，横梁长度一般为 1.0～4.0m。

第 3.3.5 条　整体式货架结构和库架合一式货架结构通常由若干个格构式立柱和支撑系统组成，立柱分肢间距和沿巷道方向的柱距应按货格尺寸确定。

第 3.3.6 条　确定钢货架结构的货格尺寸时，货箱之间以及货箱与立柱之间的间隙值宜取 50～100mm。

第 3.3.7 条　组装式货架结构框架柱、固定式货架结构格构式立柱的受压分肢和柱顶桁架的受压弦杆、支座压杆等主要受压构件的长细比不宜超过 150，其他受压腹杆和支撑压杆的长细比不宜超过 200；受拉构件的长细比不宜超过 350，但张紧的圆钢拉条的长细比不受此限。

第 3.3.8 条　货架立柱底部均应设置垫板。组装式货架结构的框架柱底部一般可不设锚栓仅作构造固定；固定式货架结构的立柱应与基础锚固。

第四章　荷载及荷载效应组合

第一节　一 般 规 定

第 4.1.1 条　货架结构上的荷载可分为恒荷载、货架活荷载、竖向冲击荷载、水平荷载以及可能有的风载、屋面活荷载（或雪载）和地震作用。货架结构应按上列荷载效应的最不利组合设计。

第 4.1.2 条　恒荷载系指货架结构的自重，库架合一式货架结构的恒荷载尚应包括屋面和墙面等的自重。

第 4.1.3 条　货架活荷载系指搁置在货架结构上的货物和货箱（或托盘）的重量。设计库架合一式货架结构时应计及屋面活荷载或雪载的影响。

第二节　竖向冲击荷载

第 4.2.1 条　竖向冲击荷载系指储运机械存放货物时产生的对横梁的冲击力，通常可取作一个货箱或托盘（含货物重）静载设计值的 50%。

第 4.2.2 条　按承载能力极限状态设计直接承受货架活荷载的牛腿、横梁和端节点时，应计及作用在最不利位置处的竖向冲击荷载的影响，且由此冲击荷载所产生的应力不得大于强度设计值。

计算横梁挠度时，毋须考虑竖向冲击荷载的影响。

第 4.2.3 条　设计组装式货架结构的竖向框架和固定式货架结构的立柱时，均不计竖向冲击荷载的影响。

中国建筑设计网 www.sinaec.com

第三节　水　平　荷　载

第 4.3.1 条　作用于组装式货架结构的水平荷载系指由货架结构构件的初弯曲、安装偏差、荷载偏心以及储运机械的轻度碰撞等因素所引起的水平力。

第 4.3.2 条　水平荷载分别沿组装式货架结构纵、横两个主方向作用于托盘横梁与竖向框架柱的连接节点处。对于有侧移的组装式货架结构，此水平荷载可取为由横梁传至该节点的全部恒载与最大活载之和的 1.5%，对于无侧移的组装式货架结构，此值可取作 1.0%。

第 4.3.3 条　设有堆垛机的固定式货架，其水平荷载应根据堆垛机制造厂商提供的有关资料（诸如：由堆垛机传至货架结构的最大静荷载、最大动力荷载及其作用位置和相应的纵、横向冲击系数等）确定。

第四节　地　震　作　用

第 4.4.1 条　货架结构的抗震设计可仅考虑水平地震作用的影响，不计竖向地震作用。

第 4.4.2 条　作用于固定式货架结构纵、横两个主方向的水平地震作用的标准值应按下列公式确定：

$$F_E = \alpha_1 \cdot G_{eq} \qquad (4.4.2-1)$$

$$F_i = \frac{G_i H_i}{\sum_{i=1}^{n} G_i H_i} F_E \quad (i=1, 2, \cdots\cdots n) \qquad (4.4.2-2)$$

式中　F_E——货架结构的总水平地震作用标准值；

α_1——相应于货架结构基本自振周期的水平地震影响系数，其值可按第 4.4.3 条确定；

G_{eq}——货架结构的等效总重量，一般可取 $G_{eq}=0.85G_E$；

中国建筑设计院 www.sinoaec.com

G_E——货架结构总重力荷载的代表值，$G_E=\sum_{j=1}^{n}G_j$；

F_i——货架结构第 i 层的水平地震作用标准值；

G_i、G_j——分别为集中于货架结构第 i 层、第 j 层处的重力荷载代表值，按第 4.4.4 条的规定确定；

H_i、H_j——分别为货架结构第 i 层、第 i 层的计算高度。

第 4.4.3 条 货架结构的水平地震影响系数 α_1 应根据近震、远震、场地类别和货架结构的基本自振周期按下列公式确定：

当 $T\leqslant 0.1$ 秒时：

$$\alpha_1=(0.45+5.5T)\cdot\alpha_{max} \qquad (4.4.3-1)$$

0.1 秒$<T<T_g$（秒）时：

$$\alpha_1=\alpha_{max} \qquad (4.4.3-2)$$

T_g（秒）$<T\leqslant 3$ 秒时：

$$\alpha_1=\left(\frac{T_g}{T}\right)^{0.9}\cdot\alpha_{max} \qquad (4.4.3-3)$$

式中 T——货架结构的基本自振周期，可按理论计算或经验公式确定；

T_g——根据场地类别和近震、远震按表 4.4.3—1 采用；

α_{max}——水平地震影响系数的最大值，可按表 4.4.3—2 采用。

T_g 值 （秒） 表 4.4.3—1

远、近震	场地类别			
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
近震	0.20	0.30	0.40	0.65
远震	0.25	0.40	0.55	0.85

中国建筑资讯网 www.sinoaec.com

水平地震影响系数的最大值 α_{max}　　表 4.4.3—2

烈　　度	6	7	8	9
α_{max}	0.04	0.08	0.16	0.32

第 4.4.4 条　计算地震作用时，货架结构的重力荷载代表值应取其自重的标准值和所有活荷载组合值之和。各活荷载的组合值系数应按表 4.4.4 采用。

货架活荷载的组合值系数 Ψ_{Q1}　　表 4.4.4

活　荷　载　种　类	组合值系数（Ψ_{Q1}）
雪荷载	0.5
屋面活荷载	0
按实际情况考虑的货架各层活荷载	1.0
按等效均布荷载考虑的货架各层活荷载	0.8

第 4.4.5 条　货架结构的基本自振周期 T_1 可按下列方法计算：

$$T_1=2\sqrt{\sum_{i=1}^{n}G_i u_i^2/\sum_{i=1}^{n}G_i u_i} \qquad (4.4.5-1)$$

式中　T_1——按多质点体系算得的货架结构的基本自振周期；

G_i——货架结构第 i 层的重力荷载代表值（kN）；

u_i——货架结构第 i 层承受相应于其重力荷载代表值的水平力时该层的位移（m）。

$$T_1=0.03H \qquad (4.4.5-2)$$

式中　H——货架高度，以 m 计。

www.sinoaec.com

第五节　荷载效应组合

第 4.5.1 条　按承载能力极限状态设计货架结构时，应根据使用过程中货架结构上可能同时出现的荷载，由下列荷载效应组合中的相应情况取最不利的荷载效应组合计算货架结构的内力。

一、恒荷载＋货架活荷载：

$$\gamma_G \cdot C_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot C_Q \cdot Q_k \qquad (4.5.1-1)$$

式中　γ_G——恒荷载分项系数，当其效应对结构不利时取 $\gamma_G=1.2$，当其效应对结构有利时取 $\gamma_G=1.0$；

γ_Q——活荷载分项系数，通常取 $\gamma_Q=1.4$；

C_G、C_Q——恒荷载和活荷载的荷载效应系数，通常按结构力学方法计算；

G_k、Q_k——恒荷载和活荷载的标准值。

二、恒荷载＋货架活荷载＋竖向冲击荷载：

$$\gamma_G \cdot C_G \cdot G_k + \gamma_Q (C_Q \cdot Q_k + C_{Q1} \cdot Q_{1k}) \qquad (4.5.1-2)$$

式中　C_{Q1}——竖向冲击荷载的荷载效应系数，按结构力学方法计算；

Q_{1k}——竖向冲击荷载标准值，按本章第二节的规定采用。

三、恒荷载＋货架活荷载＋水平荷载：

$$\gamma_G \cdot C_G \cdot G_k + \gamma_Q (C_Q \cdot Q_k + C_{Q2} \cdot Q_{2k}) \qquad (4.5.1-3)$$

式中　C_{Q2}——水平荷载的荷载效应系数，按结构力学方法计算；

Q_{2k}——水平荷载标准值，按本章第三节的规定采用。

四、恒荷载＋货架活荷载＋风荷载：

$$\gamma_G \cdot C_G \cdot G_k + 0.85\,\gamma_Q (C_Q \cdot Q_k + C_W \cdot W_k) \qquad (4.5.1-4)$$

式中　C_W——风荷载效应系数，按结构力学方法计算；

W_k——风荷载标准值。

五、恒荷载＋货架活荷载＋风载＋水平荷载：

$$\gamma_G \cdot C_G \cdot G_k + 0.85\,\gamma_Q (C_Q \cdot Q_k + C_{Q2} \cdot Q_{2k} + C_W \cdot W_k) \qquad (4.5.1\text{-}5)$$

六、恒荷载＋货架活荷载＋水平地震作用

中国建筑网 www.sjoec.com

$$_{G} \cdot C_{G} \cdot G_{E} + _{E} \cdot C_{E} \cdot F_{E} \qquad (4.5.1-6)$$

式中 $G_{E}=G_{k}+_{i} \sum_{=1,2} \psi_{Qi} \cdot Q_{ki}$：

ψ_{Qi}——货架活荷载的组合值系数，按表 4.4.4 采用；

Q_{ki}——货架活荷载标准值；

$_{E}$——水平地震作用分项系数，$_{E}=1.3$；

C_{E}——水平地震作用效应系数；

F_{E}——水平地震作用的标准值，按本章第四节的规定采用。

第 4.5.2 条 按正常使用极限状态设计货架结构时，应根据使用过程中货架结构上可能同时出现的荷载，由第 4.5.1 条第一至五种荷载效应组合中的相应情况取最不利的荷载效应组合计算其变形，计算时上列各荷载效应组合计算公式中的荷载分项系数（$_{G}$，$_{Q}$）均应取作 1.0。

第 4.5.3 条 设计室内的组装式、整体式货架结构不必考虑第 4.5.1 条中第四、五种荷载效应组合；设计库架合一式货架结构和室外的组装式、整体式货架结构时，不考虑风荷载效应和地震作用效应组合，但应考虑风荷载和按第 4.3.3 条确定的水平荷载同时作用。

第 4.5.4 条 设计库架合一式货架结构时，尚应按下列荷载效应组合进行计算：

$$_{G} \cdot C_{G} \cdot G_{K} + _{Q} \cdot C_{W} \cdot W_{k} \qquad (4.5.4)$$

式中符号含义同前。

第 4.5.5 条 设计货架结构时，应按使货架结构倾覆的水平地震作用或最大风载、水平荷载与使货架结构保持稳定的最小重力荷载的最不利荷载效应组合进行货架结构的整体倾覆计算，计算时应取 $_{Q}=1.4$，$_{E}=1.3$，$_{G}=0.9$。

中国建筑标准设计网 www.sinoosc.com

第五章　组装式货架结构

第一节　一 般 规 定

第 5.1.1 条　组装式货架结构宜采用冷弯薄壁型钢制作。

第 5.1.2 条　组装式货架结构构件的受拉强度应按净截面计算，受压强度及稳定性应按有效截面计算，变形及各种稳定系数可按毛截面计算。

第 5.1.3 条　组装式货架结构构件中无孔受压板件的有效截面可按《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GBJ 18—87) 中的有关规定确定。

第 5.1.4 条　组装式货架结构构件中开孔受压板件的有效宽度通常可按下法确定：

若孔位于板件的无效部位，此开孔板件的有效宽度可按相应无孔板件的有效宽度取用；若孔位于板件的有效部位，则此开孔板件的有效宽度可按相应无孔板件的有效宽度扣除位于有效区内的孔宽取用。

开圆孔的板件的有效宽度亦可按本规范附录一中列示的方法确定。

第二节　托盘横梁设计

第 5.2.1 条　组装式货架结构的托盘横梁一般可按简支梁计算。若横梁与立柱采用机械式连接时，计算横梁的强度和挠度应计入梁、柱半刚性连接节点的部分嵌固影响。

第 5.2.2 条　端部为半刚性连接的托盘横梁的跨中最大弯矩 M_{max} 可按下式计算；

中国建筑学术网 www.shoac.com

$$M_{max}=M_0 \cdot {}_m \qquad (5.2.2-1)$$

式中 M_0——简支梁跨中最大弯矩；

${}_m$——弯矩嵌固影响系数。

$${}_m=1-\frac{L_b F_b}{3EI_b\lambda} \qquad (5.2.2-2)$$

式中 L_b——横梁的跨度；

I_b——横梁截面绕弯曲轴的惯性矩；

E——弹性模量；

F_b——梁端节点的弹性常数，按本规范第 8.4 节所列示的方法由试验确定。

$$\lambda=\frac{F_b}{E}\left(\frac{L_c}{12I_c}+\frac{L_b}{2I_b}\right)+1 \qquad (5.2.2-3)$$

式中 I_c——立柱绕弯曲轴的惯性矩；

L_c——由计算梁的上一根横梁至下一根横梁或地面之间的柱段长度。

第 5.2.3 条 端部为半刚性连接的托盘横梁的跨中最大挠度 ω_{max} 宜按下式确定：

$$\omega_{max}=\omega_0 \cdot {}_d \qquad (5.2.3-1)$$

式中 ω_0——简支梁的跨中最大挠度；

${}_d$——挠度嵌固影响系数，按下式计算：

$${}_d=1-\frac{2L_b F_b}{5EI_b\lambda} \qquad (5.2.3-2)$$

第 5.2.4 条 特殊形式的托盘横梁，其承载能力可按本规范第 8 章第三节的规定由试验确定。

第 5.2.5 条 计算托盘横梁的挠度时，可不计竖向冲击荷载的影响。托盘横梁的最大挠度不宜大于其跨度的 $\frac{1}{200}$。

第 5.2.6 条 托盘横梁两端通常焊有与立柱相连的连接件，该连接件的承载能力可由试验确定。连接件与横梁的连接焊缝则

中国建筑信息网 www.sinoec.com

应按横梁所承受的弯矩和剪力计算。

第 5.2.7 条 托盘横梁与立柱间采用机械式连接时，每个端节点除应满足第 5.2.6 条的要求外，尚应确保能承受一个 5kN 的上拔力而不发生破坏和松脱。

第三节　竖向框架设计

第 5.3.1 条　竖向框架由两根带孔框架柱和腹杆组成。框架柱可采用卷边槽钢、矩（方）形管或圆管等截面形式。框架柱底部焊有承压底板，底板上常设有 1～2 个栓孔。腹杆可采用槽钢或角钢，与柱直接连接，通常不设节点板。

第 5.3.2 条　竖向框架的内力应按本规范第四章第五节规定的最不利荷载效应组合计算，其承载能力可由计算确定，亦可按本规范第八章第五节的规定由试验确定。

第 5.5.3 条　单轴对称的框架柱，当偏心弯矩作用于对称平面内时，其强度和稳定性可按《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GBJ 18—87) 的有关规定计算。当偏心弯矩作用于非对称平面内时，其稳定性可按下列公式计算：

$$\frac{N}{\varnothing_{\omega} A_{ef}}+\frac{\beta_{mx} M_x}{\left(1-\frac{N}{N_{Ex}}\cdot\varnothing_x\right) W_{efx}}\leqslant f \qquad (5.3.3-1)$$

$$\frac{N}{\varnothing_y A_{ef}}+\frac{M_x}{\varnothing_{bx}\cdot W_{efx}}\leqslant f \qquad (5.3.3-2)$$

式中　N——轴心力；

M_x——对截面对称轴 x 轴的弯矩；

$\varnothing_{\omega}$——轴心受压构件的稳定系数，按《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GBJ 18—87) 公式 (4.2.4—1) 算得的弯扭屈曲换算长细比 λ_{ω} 由该规范附表 3.1—1 或附表 3.1—2 查得；

$\varnothing_x$、$\varnothing_y$——轴心受压构件对 x、y 轴的稳定系数；

中国建筑学讯网 www.sinoec.com

$\varnothing_{bx}$——弯矩作用于非对称平面内时，受弯构件的整体稳定系数，按《冷弯薄壁型钢结构技术规范》（GBJ 18—87）附录三的规定计算；

N_{Ex}——对主轴 x 的欧拉临界力；

A_{ef}——有效截面面积，按本规范第5.1.4条的规定确定；

β_{mx}——等效弯矩系数，按《冷弯薄壁型钢结构技术规范》（GBJ 18—87）第4.4.3条的规定采用；

W_{efx}——对 x 轴的有效截面抵抗矩；

f——钢材的强度设计值。

第 5.3.4 条 当竖向框架柱绕垂直于巷道方向的轴线弯曲时，其弯矩作用平面内的计算长度 L 可按下列规定采用：

一、有侧移的组装式货架结构：

$$L=\mu L_{c1} \qquad (5.3.4-1)$$

式中 L_{c1}——地面至相邻第一根托盘横梁之间的柱段长度；

μ——计算长度系数，可按下列公式算得的 G_A、G_B 由本规范附图 4.1 查得；

$$G_A=\frac{I_c\left(\frac{1}{L_{c1}}+\frac{2}{L_{c2}}\right)}{2\left(I_b/L_b\right)_{red}} \qquad (5.3.4-2)$$

$$G_B=\frac{I_c/L_{c1}}{I_f/L_f} \qquad (5.3.4-3)$$

$$I_f/L_f=F_f/6E\ （系等效地梁线刚度） \qquad (5.3.4-4)$$

式中 F_f——柱脚底板转动刚度，可按下列规定确定：

$$F_f=1.7\times10^2bh^2\ (\mathrm{N\cdot mm/rad}) \qquad (5.3.4-5)$$

F_f 亦可按本规范第 8.4.7 条的规定由试验确定；

$$\left(I_b/L_b\right)_{red}=\frac{I_b/L_b}{1+6\left(EI_b/L_bF_b\right)} \qquad (5.3.4-6)$$

L_{c2}——第一根横梁至第二根横梁之间的柱段长度；

b——框架柱截面平行于弯曲轴方向的宽度（mm）；

中国建筑信息网 www.sinoaec.com

h——框架柱截面垂直于弯曲轴方向的高度（mm）。

其他符号的含义同前。

二、无侧移的组装式货架结构，L 通常可取竖向框架平面外支撑点之间的距离。

第 5.3.5 条 当竖向框架柱绕平行于巷道方向的轴线弯曲时，其弯矩作用平面内的计算长度 L 可按下列规定采用：

一、若竖向框架的斜杆、水平杆与框架相交，且 $L_2/L_1 \leqslant 0.15$ 时（如图 5.3.5—1 所示），L 可取作两撑杆之间较长柱段的长度 L_1；

中国建筑标准设计网 www.sinoaec.com

图 5.3.5—1

图 5.3.5—2

二、若竖向框架的斜杆与水平杆相交，且 $L_4/L_3 \leqslant 0.12$ 时（如图 5.3.5—2 所示），L 可取作水平撑杆之间的柱段长度。

第 5.3.6 条 其他形式的竖向框架，其框架柱的计算长度可由合理的分析或试验确定。

第 5.3.7 条 竖向框架腹杆的计算长度可取杆件全长。

第 5.3.8 条 组装式货架结构的竖向框架，其自身平面内的整体稳定性可按格构式构件计算，其对虚轴的计算长度为 μL，L 系竖向框架的高度，μ 系计算长度系数，可根据荷载重心位置的不同，按下列规定取用：

当竖向框架上荷载重心位置低于框架全高的1/2时：$\mu=1.1$；

当竖向框架上荷载重心位置低于框架全高的2/3时：$\mu=1.6$；

当竖向框架上荷载重心位置高于框架全高的2/3时：$\mu=2.0$。

第5.3.9条 无侧移的组装式货架结构必须在沿货架巷道方向的竖向框架内列柱之间设置垂直支撑，并在货架结构顶面及垂直支撑交点处设置水平交叉支撑或固接的水平搁板。

第5.3.10条 竖向框架柱的底板面积 A 可按下式计算：

$$A \geqslant \frac{N}{1.5\beta f_c^c} \tag{5.3.10}$$

式中 N——作用于竖向框架柱底面处的压力；

β——混凝土局部承压强度提高系数；

f_c^c——混凝土的轴心抗压强度；

β、f_c^c 可由《混凝土结构设计规范》(GBJ 10—89) 查得。

第四节 构 造 要 求

第5.4.1条 除设有自动称重装置者外，每个组装式货架均应在醒目处设置一个或多个永久性标牌，每个标牌的面积不宜小于200×200 (mm^2)，标牌上应以清晰的字迹标出最大单元荷载、每层最大均布荷载及（或）每个开间最大总荷载的容许限值。所谓单元荷载通常是指一个货盘或一个货箱（含货物）的重量。若某一层货架上堆有多个单元荷载，应在标牌上如实标明。业主和用户不得任意更改货架系统，以免标牌上列示的数据失效导致货架破坏。

第5.4.2条 每个组装式货架均应附有相应的结构简图，图中应列出作用荷载的大小、位置以及所有可能的结构型式和偏差限值等。此文件一式三份，一份交业主保存，一份由制造商持有供制造、检查、验收之用，一份由设计单位存留备查。

第5.4.3条 在易遭叉车或其他储运设备冲撞的组装式货架结构立柱底部（自地面至下部第一根托盘横梁之间）应采取下列

中国建筑设计网 www.sitoaec.com

措施：

一、设置防撞保护装置（如缓冲器或挡杆等）；

二、外列柱底部采用双柱；

三、对于不易精确计算的某种型式的组装式货架结构，应通过试验证明，即使某一外列柱丧失其全部承载能力，该货架仍能直立不倒；

四、一旦发生这类损伤，应立即卸除货架上相应部位的荷载，适当修复或掉换受损的某些构件或防撞装置。

第 5.4.4 条 组装式货架结构的防撞装置应设于其外列柱靠巷道一侧自地面起 300mm 高度范围内。在沿货架结构纵、横两个方向，地面以上 250mm 处一个 10kN 的静止水平力的作用下，防撞装置中的应力不得大于其设计强度且不得产生永久变形。

第 5.4.5 条 组装式货架的最大垂直偏差不应大于全高的 $\frac{1}{120}$。

中国建筑资讯网 www.sinoacc.com

第六章　整体式货架结构

第一节　一 般 规 定

第 6.1.1 条　整体式货架结构运用于自动化、半自动化或手动的立体仓库。

第 6.1.2 条　整体式货架结构在垂直于巷道方向由若干个格构式立柱组成，边列柱一般为双肢格构柱，中列柱为三肢格构柱或两列双肢格构柱。

第 6.1.3 条　立柱顶部设有横梁和水平支撑的整体式货架结构，在垂直于巷道方向一般可根据最不利的荷载效应组合按多跨排架分析其内力；立柱顶部无横梁及水平支撑的整体式货架结构，可按下端固定、上端自由的独立柱设计。

第 6.1.4 条　计算整体式货架结构的托梁、牛腿或横梁的强度和连接时，作用荷载应取货架活荷载设计值的 2 倍；若横梁上搁置两个或多个货箱（或托盘），则在确定横梁上的作用荷载时，仅取其中处于最不利位置的一个货箱（或托盘）的荷载为其设计值的 2 倍，其余货箱（或托盘）的荷载均取作其设计值的 1.33 倍。

第 6.1.5 条　计算整体式货架结构的托梁、牛腿或横梁的挠度时，作用荷载应取货架活荷载标准值的 1.33 倍。托梁、牛腿或横梁的容许挠度应取托梁（或横梁）长度或牛腿悬挑长度的$\frac{1}{300}$，并应满足使用要求。

第 6.1.6 条　整体式货架结构顶面与屋盖结构底面间的净距不宜小于 300mm。

第 6.1.7 条　整体式货架结构应根据使用要求严格控制其基

中国建筑设计院 www.s.cnbuc.com

础的不均匀沉降。整体式货架结构宜采用桩基或有足够刚度的整体式基础。

第二节　立 柱 设 计

第 6.2.1 条　计算立柱沿巷道一侧分肢的强度和稳定性时，应计及单面搁置货箱（或托盘）所致荷载偏心的影响。

第 6.2.2 条　立柱分肢和腹杆的计算长度应按下列规定采用：

一、立柱沿巷道一侧的分肢，其平面外的计算长度取相邻两个水平支撑点之间的距离；中列柱中肢及边列柱外肢，其平面外的计算长度取相邻两垂直支撑点之间的距离；

二、立柱分肢平面内的计算长度取节点之间的距离；

三、腹杆的计算长度均取节点间的距离。

第 6.2.3 条　立柱在其自身平面内的整体稳定性应按格构式压弯构件计算，其对虚轴的计算长度系数可按本规范**第 5.3.8 条**的规定采用。

第 6.2.4 条　立柱的分肢和腹杆宜采用冷弯型钢或热轧型钢制作，腹杆与分肢宜中心交汇。

第 6.2.5 条　立柱的最大垂直偏差不得大于全高的$\frac{1}{1000}$，用于自动化立体仓库的货架立柱的最大垂直偏差的绝对值不得大于10mm。

第 6.2.6 条　用于自动化立体仓库的货架立柱在任一方向的局部偏差不得大于相邻两水平支撑间的距离的$\frac{1}{1000}$，且此偏差的绝对值不得大于 2mm；立柱上托梁、牛腿或横梁顶标高的相对高差，在同一货格内不得大于 2mm，在巷道全长范围内不得大于4mm。

第 6.2.7 条　立柱应设置锚栓与基础锚固。锚栓应按使其产生最大拉力的货架结构最不利荷载效应组合进行设计。

中国建筑设计网 www.sinoaec.com

第 6.2.8 条 用于自动化立体仓库的整体式货架结构宜支承于调平的柱脚底板（或H 型钢梁）上，所有柱脚底板均应在安装立柱前用可调螺栓一次调平。调平的柱脚底板下应预留 70～100mm 的后浇层，待货架结构全部安装就位，确认达到精度要求后，再用细石混凝土二次浇灌填实。

第 6.2.9 条 支承立柱的柱脚底板应有足够的刚度，柱脚底板在安装状态下的相对挠度不宜大于$\frac{1}{250}$，其厚度不宜小于 20mm，底板面积应按本规范 5.3.10 条的规定计算。

第三节 支 撑 系 统

第 6.3.1 条 整体式货架结构应在沿巷道方向设置垂直支撑和水平支撑。垂直支撑应设于边列柱外肢和中列柱中肢，水平支撑间距应由计算确定。

第 6.3.2 条 立柱顶部应设置垂直于巷道方向的横梁和水平支撑，以保证货架结构整体工作和堆垛机的正常运行。

第 6.3.3 条 支撑杆件可采用螺栓、高强度螺栓或焊接与货架结构的其他构件相连接，但用于自动化立体仓库的整体式货架结构，其支撑杆件宜采用直径不小于 12mm 的高强度螺栓与其他构件连接。

支撑杆件的连接螺栓，每端不得少于 2 个。

中国建筑资讯网 www.zhuoaei.com

第七章　库架合一式货架结构

第一节　一 般 规 定

第 7.1.1 条　库架合一式货架结构可用作自动化、半自动化立体仓库。

第 7.1.2 条　库架合一式货架结构在垂直于巷道方向由若干个格构式立柱组成，边列柱一般为双肢格构柱，中列柱为三肢格构柱或两排双肢格构柱。边列柱外肢兼作库房墙架，库房屋面则由设于立柱顶部的横梁（或桁架）支承。

第 7.1.3 条　库架合一式货架结构应根据本规范第四章第五节中规定的最不利的荷载效应组合，按结构力学方法确定其内力及变形。

第 7.1.4 条　库架合一式货架结构除应满足储运功能方面的要求外，尚应综合考虑采光、照明、电气、通风、采暖及消防等建筑功能方面的要求。

第 7.1.5 条　除本章另有规定者外，库架合一式货架结构的构件与连接的计算、构造要求、支撑布置以及托梁、牛腿（横梁）、柱脚底板设计等均可参照本规范第六章的有关规定。

第二节　立 柱 设 计

第 7.2.1 条　立柱除应按格构式压弯构件计算整个构件的强度、稳定性及柱顶侧移外，尚应计算单肢及腹杆的强度和稳定性。

第 7.2.2 条　计算立柱在其自身平面内的整体稳定性时，其对虚轴的计算长度应按本规范第 7.1.3 条规定的相应结构力学方

中国建筑标准网 www.sinaec.com

法确定，通常，可参照本规范第5.3.8条的规定采用。

第7.2.3条 立柱的分肢和腹杆的计算长度应按下列规定采用：

一、立柱分肢平面内的计算长度取节点之间的距离；

二、立柱沿巷道一侧的分肢，其平面外的计算长度取相邻两水平支撑点之间的距离，中列柱中肢及边列柱外肢，其平面外的计算长度取相邻两垂直支撑点之间的距离；

三、腹杆的计算长度均取其几何长度。

第7.2.4条 立柱应设置锚栓与基础锚固。锚栓应按使其产生最大拉力的货架结构最不利荷载效应组合设计。

第7.2.5条 边列柱的外肢宜采用工字形钢、槽钢或卷边槽钢，以利于连接墙板。

第7.2.6条 应严格控制库架合一式货架结构基础的沉降值以保证货架结构的正常使用。

第三节 构 造 要 求

第7.3.1条 库架合一式货架结构的经济高度通常取12～20m。

第7.3.2条 立柱的最大垂直偏差不得大于全高的$\frac{1}{1000}$，且其绝对值不得大于10mm；每层托梁、牛腿或横梁顶标高的相对高差不得大于4mm。

第7.3.3条 屋架或屋面梁通常沿垂直于巷道方向设置，且应与立柱顶部可靠边接，其间距应根据屋面形式、材料及立柱柱距确定。

第7.3.4条 采用方管、矩形管或圆管制作的立柱分肢，应在两端加焊封板。

中国建筑标准设计网 www.sinoacc.com

第八章　试 验 方 法

第一节　一 般 规 定

第 8.1.1 条　组装式货架结构难以从理论上作精确分析，必须借助于相应的试验来确定设计中所需要的参数，此外，也可直接通过试验确定货架结构或某个构件的承载能力。

第 8.1.2 条　试件所用钢材应与实际货架结构用材相同，试件截面的成型方式须与实际货架结构型材相一致。

第 8.1.3 条　通常应由国家认定的有资格的试验部门参照本章规定进行试验。设计单位和生产厂商也可按国家有关试验标准并参照本章规定进行试验，但试验设备和量测仪表应经国家认定的有资格的计量部门标定、检验合格。

第二节　短 柱 试 验

第 8.2.1 条　短柱试验的目的在于确定实际型材的全截面力学性能和孔洞对构件承载力的影响。

第 8.2.2 条　短柱试件应自实际型材上截取，试件两端应铣平，不加焊封板。

短柱试件的长度 L 应满足下列要求：

$$L \geqslant 3h$$

$$L \leqslant 20i_{\min}$$

式中　h——截面最大边长；

$i_{\min}$——截面最小回转半径。

第 8.2.3 条　宜在短柱试件中央截面处设置电阻应变片，藉以测定试件的应力—应变曲线兼作对中之用。试件应进行物理对

中国建筑学术网 www.sinoss.c.com

中，通常以在70%～80%的预期比例极限荷载作用下，各电阻应变片的读数与其平均值相差不大于5%作为试件对中的标志。

第8.2.4条 短柱试件直接置于试验机上作轴心受压试验。试验装置如图8.2.4所示。量测试件加荷过程中的荷载—变形曲线，直至试件破坏，读得短柱的试验破坏荷载 N_{max}。

图8.2.4 短柱试验装置示意图

第8.2.5条 型材的全截面力学性能可按下列规定确定：

一、比例极限：试验曲线中有明显偏离直线的分界点时，可取该分界点的应力；无明显分界点时，可取相应于 1×10^{-5} 残余应变处的应力。

二、屈服强度：有明显屈服台阶的钢材，可取相应于“台阶”处的应力；无明显屈服台阶的钢材，可取相应于0.2%残余应变处的应力。

第三节 托盘横梁试验

第8.3.1条 托盘横梁试验分简支梁试验和门架试验。本试验的目的在于确定简支托盘横梁的弯曲承载力 M_{max}；测定与竖向框架柱相连接的托盘横梁的实际工作特性，以确定其设计荷载。

中国建筑设计网 www.sinoaec.com

第 8.3.2 条　简支梁试验按下述方法进行：

一、试件尺寸与实际托盘横梁相同，简支支座、加荷点和支座截面处应设加劲肋予以加强。试验装置如图 8.3.2 所示。每组 3 个试件。

图 8.3.2　简支托盘横梁试验装置示意图

二、简支梁试验宜采用两集中力四分点加载图式，分级加载，每级宜持荷 5 分钟，荷载级距不宜大于预期破坏荷载的 10%，临近破坏时，级距宜减至原值的 1/4，试件的破坏荷载记为 F_{max}，试件的弯曲承载力 M_{max} 按下式计算：

$$M_{max}=\frac{1}{8}F_{max}\cdot L \qquad (8.3.2)$$

式中　L——梁跨度。

三、一般可仅作两根梁的试验取其平均值，但若某一试验值与平均值之差大于 10%时，则应补作第三根梁的试验，并取其中两个较低值的平均值作为此托盘横梁的弯曲承载力，取最大试验荷载 F_{max} 的一半作为此托盘横梁的设计荷载。

第 8.3.3 条　托盘横梁门架试验按下述方法进行：

一、横梁与两榀竖向框架的连接与实际货架相同。框架柱脚底板平放在混凝土地面上，不加锚栓。每组 3 个试件。

二、采用四集中力八分点加载图式，用托盘加载，托盘与梁的接触面宜采用直径不小于 30mm 的滚轴传力，以减小摩擦影响。试验装置如图 8.3.3 所示。

www.sinacc.com

图 8.3.3　门架试验装置示意图

三、荷载分级和持荷时间同第 8.3.2 条的规定。试验过程中应量测相应于各级荷载（直至破坏）的试件跨中相对于两端支座的挠度。

四、试验数量可参照第 8.3.2 条第三款的有关规定。

第 8.3.4 条　由门架试验确定的托盘横梁的设计荷载宜取下列试验值中的最小值：

一、试件破坏荷载的一半；

二、相应于端节点或试件其他部位出现有害的局部畸变时的试验荷载的$\frac{2}{3}$；

三、试件跨中挠度达$\frac{L}{180}$时的试验荷载（不包括竖向冲击荷载在内），L 为托盘横梁的跨度。

第四节　测定梁一柱连接性能和柱脚底板转动刚度的门架试验

第 8.4.1 条　本试验的目的在于测定梁一柱半刚性连接性能和竖向框架柱脚底板的转动性能，以确定梁一柱连接节点的弹性常数 F_b 值以及柱底板的转动刚度 F_t 值。

中国建筑资讯网 www.sjzjaec.com

第 8.4.2 条　试验装置如图 8.4.2 所示，除图中所示仪表外，尚应在托盘横梁端部的上、下翼缘处设置应变片，按第 8.3.3 条第二款的要求施加竖向荷载。通过位于托盘横梁轴线水平处的配荷梁将水平荷载均等地施加于一侧的两根框架柱上，水平力的加载装置不得阻碍货架侧移时产生的竖向位移。为防止柱脚底板滑动，应在施加水平力一侧的各柱底板处设置挡板。

试验数量可按本规范第 8.3.2 条第三款的规定。

图 8.4.2　门架试验装置示意图

第 8.4.3 条　门架试验采用分级加载，先在托盘横梁上施加相当于横梁设计荷载值的竖向荷载，并在托盘横梁顶标高处，沿横梁方向施加一其值为竖向荷载总量的 1.5%的水平力，测读各相应量测值，而后按 20%横梁设计荷载的级距逐级施加竖向荷载和相应的水平荷载，测读各相应量测值，临近破坏时，荷载级距宜减为原值的 1/4，直至破坏。

第 8.4.4 条　相应于各级试验荷载的梁—柱节点处的平均侧向位移 u 和平均转角 θ 可按下列公式计算：

$$u=A_1-A_2 \qquad (8.4.4-1)$$

$$\theta=A_3/L_1 \qquad (8.4.4-2)$$

式中　A_1、A_2、A_3——各百分表相对于零载的读数增量的平均值；

L_1——百分表$\varnothing_3$距托盘横梁下翼缘底面的垂直距

中国建筑标准设计网 www.sinoaec.com

离。

第 8.4.5 条 相应于各级试验荷载的托盘横梁端部的平均弯矩可按下式计算：

$$M=E\varepsilon W \tag{8.4.5}$$

式中 E——托盘横梁的钢材弹性模量；

ε——由电阻应变片测得的梁端上、下翼缘中的最大平均应变；

W——托盘横梁相应于上述最大应变处的截面抵抗矩。

第 8.4.6 条 相应于各级荷载的梁—柱节点的弹性常数 F_b 可按下式计算：

$$F_b=\frac{M}{\theta}\cdot\eta \tag{8.4.6}$$

式中 M——梁—柱节点处的平均弯矩；

θ——梁—柱节点处的平均相对转角；

η——试验值的离散性系数，通常取 $\eta=\frac{2}{3}$。

第 8.4.7 条 相应于各级荷载的柱脚底板转动刚度 F_f 可按下式计算：

$$F_f=\frac{F_b\cdot u+L_{c1}\cdot H-M}{\theta_f}\cdot\eta \tag{8.4.7}$$

式中 F_b——每一框架柱所承受的垂直荷载的平均值；

u——每一梁—柱节点处的平均侧移；

L_{c1}——地面至相邻托盘横梁间的柱段长度；

H——每一梁—柱节点处水平荷载的平均值；

θ_f——柱脚平均转角。

M、η 的含义同前。

第五节 组装式货架单元的整体试验

第 8.5.1 条 本试验的目的是模拟组装式货架结构的实际工

www.sinoaec.com 中国建筑设计院网

况，以确定其承载能力及设计荷载。

第 8.5.2 条 试验货架由不少于两层托盘横梁相连接的三榀竖向框架组成，底层横梁与框架柱的连接构造与实际货架相同，顶层横梁及其框架柱的连接构造均较实际货架有所加强，以使其能承受高于框架破坏荷载的试验荷载。框架柱脚底板平放于混凝土地面上。试验装置如图 8.5.2 所示。

图 8.5.2 组装式货架单元整体试验装置示意图

第 8.5.3 条 竖向框架试验采用托盘施加垂直荷载，采用千斤顶或悬吊重物的绳索及滑轮施加水平荷载。需按荷载的不同组合，以下列三种方式加载：

一、在每层托盘梁上施加垂直荷载至 1.5 倍设计荷载后，再在各层横梁与柱的连接节点处沿横梁方向施加水平荷载，其值为该层竖向荷载总量的 1.5%，以后仅在顶层托盘梁上及其节点水平处分别逐级增加竖向荷载及相应的水平荷载，直至竖向框架破坏。

二、仅在底层一个开间的托盘上施加相当于梁的设计荷载 1.5 倍的竖向荷载和相应的水平荷载，而后按本条第一款仅在顶层梁上逐级施加竖向荷载和相应的水平荷载，直至竖向框架破坏。

三、按本条第一款中所述施加荷载，但水平荷载作用方向改

中国建筑标准网 www.sinoaec.com

在竖向框架平面内，加荷方式、顺序及量值、比例等均与第一款同。

第 8.5.4 条　竖向框架的极限荷载取第 8.5.3 条所列三种加载方式相应的破坏荷载中的最小值，竖向框架的设计荷载取为极限荷载的$\frac{1}{2}$。

中国建筑资讯网 www.sinoaec.com

附录一　本规范名词解释

一、立体仓库：由钢货架、出入库台、巷道式堆垛机或其他储运设备以及控制系统等构成的仓库。

二、货架：用于贮存货物的钢结构构筑物。

三、货格：货架内贮存货物的单元空间。

四、巷道：货架间巷道式堆垛机或其他储运设备的运行空间。

五、列：沿巷道方向货格数的单位。

六、排：垂直于巷道方向货格数的单位。

七、层：货架高度方向货格数的单位。

中国建筑资讯网 www.sinoaec.com

附录二　立体仓库货架结构图例

中国建筑资讯网 www.sinoaec.com

附图 2.1　立体仓库示例图

(a)平面示意图;(b)1～1 剖面图;(c)2～2 剖面图

(a)　　(b)

附图 2.2　组装式货架结构示例图

中国建筑资讯网 www.sinoaec.com

附图 2.3　固定式货架结构示例图

(a)中列柱为三肢格构柱；　(b)中列柱为两排双肢格构柱

附图 2.4　货架结构支撑布置示例图

(a)平面示意图；　(b)剖面图

中国建筑资讯网 www.sinoaec.com

中国建筑资讯网 www.sinoaec.com

附图 2.5　货箱搁置方式不同的货架结构示例图

(a)牛腿或牛腿托架式；　(b)横梁式；　(c)搁板式

附录三　圆孔板件有效宽度 b_{ef} 的计算方法

均匀受压的两边支承圆孔板件的有效宽度 b_{ef} 可按下列公式计算：

当 $0 \leqslant d/b \leqslant 0.1$ 时：

$$\frac{b_{ef}}{b}=0.25+0.65\frac{\sigma_{cr}}{f_y} \tag{附 3.1}$$

当 $0.1 \leqslant d/b \leqslant 0.5$ 时：

$$\frac{b_{ef}}{b}=0.25+0.65\frac{\sigma_{cr}}{f_y}-\left(0.913\frac{\sigma_{cr}}{f_y}\right)\cdot(d/b) \tag{附 3.2}$$

当 $0.5 \leqslant d/b \leqslant 0.7$ 时：

$$\frac{b_{ef}}{b}=0.25+0.65\frac{\sigma_{cr}}{f_y}-\left(1.106\frac{\sigma_{cr}}{f_y}\right)\cdot(d/b) \tag{附 3.3}$$

式中　d——孔径；

b、t——受压板件的宽度、厚度；

σ_{cr}——受压板件局部屈曲的临界应力；

$$\sigma_{cr}=\frac{K\pi^2E\sqrt{\tau}}{12(1-\mu^2)}\left(\frac{t}{b}\right)^2 \tag{附 3.4}$$

τ——塑性折减系数；

$$\tau=\frac{(f_y-\sigma_{cr})\sigma_{cr}}{(f_y-f_p)f_p} \tag{附 3.5}$$

f_p——钢材的比例极限，取 $f_p \approx 0.8f_y$；

f_y——钢材的屈服强度；

中国建筑信息网 www.sinoaec.com

K——板件的稳定系数，两边支承板的K＝4.0；卷边槽钢开孔腹板的K系数按附表3.1采用。

卷边槽钢的开孔腹板的稳定系数K值　　附表3.1

a/b d/b	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	简支	固定
0.0	5.530	5.072	4.641	4.212	3.940	4.000	6.970
0.1	5.448	4.906	4.493	4.117	3.885	3.910	6.889
0.2	4.916	4.523	4.133	3.823	3.623	3.698	6.617
0.3	4.507	4.192	3.875	3.586	3.414	3.410	6.434
0.4	4.113	3.883	3.583	3.374	3.201	3.197	6.250
0.5	4.026	3.725	3.482	3.250	3.130	3.113	6.311
0.6	4.230	3.816	3.527	3.312	3.177	3.157	6.403
0.7	4.481	4.010	3.668	3.439	3.278	3.264	6.601

中国建筑资讯网 www.sinoseo.com

附录四　组装式货架结构竖向框架柱计算长度系数 μ 图

有侧移的组装式货架结构竖向框架柱的计算长度系数 μ 可由按本规范第 5.3.4 条规定的 G_A、G_B 由附图 4.1 查得。

中国建筑资讯网 www.sinoaec.com

附图 4.1　有侧移框架柱的计算长度系数 μ 图

附加说明

本规范编制单位和主要起草人名单

编制单位和主要起草人：	中南建筑设计院	张中权
	西安冶金建筑学院	何保康
	哈尔滨建筑工程学院	张耀春
		潘景龙
	深圳大学	周平静
	第二汽车制造厂	孔次融
审　查　单　位：	全国薄壁型钢结构标准技术委员会	

中国建筑资讯网 www.sinoasc.com