

ICS 53.080
J 83



中华人民共和国国家标准

GB/T 39830—2021

立体仓库钢结构货架抗震设计规范

Code for seismic design of steel static storage systems

2021-03-09 发布

2021-10-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 一般规定 1

4 抗震设计流程 1

5 地震作用及结构抗震计算 3

6 分析方法 5

7 构造要求 9

参考文献 13

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国物流仓储设备标准化技术委员会(SAC/TC 499)归口。

本标准起草单位:上海精星仓储设备工程有限公司、北京起重运输机械设计研究院有限公司、东华大学、沈阳新松机器人自动化股份有限公司、南京音飞储存设备(集团)股份有限公司、深圳市凯东源现代物流股份有限公司。

本标准主要起草人:李宏亮、吕志军、杨光辉、陆大明、黄曦、周晓骁、滕旭辉、郑方勇、陈涤新、杨建国、孙志坚、金跃跃、卢稳。

立体仓库钢结构货架抗震设计规范

1 范围

本标准规定了地震作用下立体仓库钢结构货架的设计规范,其内容包括一般规定、抗震设计流程、地震作用及结构抗震计算、分析方法及构造要求。
本标准适用于钢结构货架(以下简称钢货架),不适用于以其他材料制作的货架。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。
GB 18306 中国地震动参数区划图
GB/T 28576—2012 工业货架设计计算
GB 50011—2010 建筑抗震设计规范(2016 年版)
GB 50223 建筑工程抗震设防分类标准

3 一般规定

- 3.1 抗震设防烈度根据钢货架使用地区应按 GB 18306 查询的地震基本烈度确定。
- 3.2 抗震设防烈度为 6 度及以上地区需要承受地震作用的钢货架,应进行抗震设计。
- 3.3 钢货架所在仓库应按 GB 50223 确定其抗震设防类别及其抗震设防标准,仓库储存易燃、易爆等物质,应按乙类设防;仓库储存放射性或剧毒类物质,应按不低于乙类设防,其余情况宜按照丙类考虑。
- 3.4 本标准按多遇地震作用下的内力和变形分析进行设计,结构与构件可按弹性工作状态考虑。

4 抗震设计流程

4.1 地震设防基本参数

- 4.1.1 场地类别分为 I₀、I₁、II、III、IV 五类,具体应通过场地勘测确定。
- 4.1.2 根据 GB 18306 的相关规定,各类场地条件下的地震动峰值加速度 a_{max} 的计算,见公式(1):

$$a_{max} = F_a \cdot a_{maxII} \dots\dots\dots (1)$$

式中:
 F_a ——场地地震动峰值加速度调整系数,查表 1 得到;
 a_{maxII} ——II 类场地地震动峰值加速度。

表 1 场地地震动峰值加速度调整系数 F_a

II 类场地地震动峰值加速度 a_{maxII}	F_a				
	I ₀	I ₁	II	III	IV
$\leq 0.05g$	0.72	0.80	1.00	1.30	1.25
0.10g	0.74	0.82	1.00	1.25	1.20

表 1 (续)

Ⅱ类场地地震动峰值加速度 $a_{\max \text{Ⅱ}}$	F_a				
	I ₀	I ₁	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
0.15g	0.75	0.83	1.00	1.15	1.10
0.20g	0.76	0.85	1.00	1.00	1.00
0.30g	0.85	0.95	1.00	1.00	0.95
$\geq 0.40g$	0.90	1.00	1.00	1.00	0.90

注：I₀、I₁、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ为场地类别。

4.1.3 查表 2 得到特征周期值 T_g 。

表 2 特征周期值 T_g

单位为秒

Ⅱ类场基地震动加速度反应谱特征周期分区值	T_g				
	I ₀	I ₁	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
0.35/第一组	0.20	0.25	0.35	0.45	0.65
0.40/第二组	0.25	0.30	0.40	0.55	0.75
0.45/第三组	0.30	0.35	0.45	0.65	0.90

注：I₀、I₁、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ为场地类别。

4.1.4 根据 4.1.2 计算得到的 a_{\max} ，查表 3 确定水平地震影响系数最大值 α_{\max} 。

表 3 水平地震影响系数最大值 α_{\max}

地震影响	α_{\max}			
	6度 0.05g	7度 0.1g(0.15g)	8度 0.2g(0.3g)	9度 0.4g
多遇地震	0.04	0.08(0.12)	0.16(0.24)	0.32

注：6度、7度、8度及9度为标准值，若通过 4.1.2 计算得到的 a_{\max} 为非标准值，通过插值计算。

4.1.5 钢货架结构阻尼比 η 宜参照 GB 50011—2010 的 8.2.2 中钢结构的阻尼比，高度不大于 50 m 时可取 0.04；高度大于 50 m 时，可取 0.03。

4.1.6 钢货架的自振周期 T 可按理论计算或按经验公式(2)确定。

$$T = (0.10 \sim 0.15)n \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

n ——货架总层数。

4.1.7 计算地震影响系数 α ，应按 GB 50011—2010 中 5.1.5 确定。

4.1.8 单元货物的等效重力荷载代表值 G_{eq} 的确定见 5.3。

4.2 建立分析模型

钢货架结构建模及加载，应至少在 X 方向和 Z 方向两个主轴方向分别计算水平地震作用，各方向的水平地震作用应由该方向抗侧力构件承担，且应符合第 6 章、第 7 章相关规定。

4.3 结构抗震计算

结构抗震计算,应根据 4.2 的分析模型以及 6.1 规定的地震分析方法进行。水平地震作用应由 5.2 确定,对于图 1 所示的结构,应计算竖向地震作用。

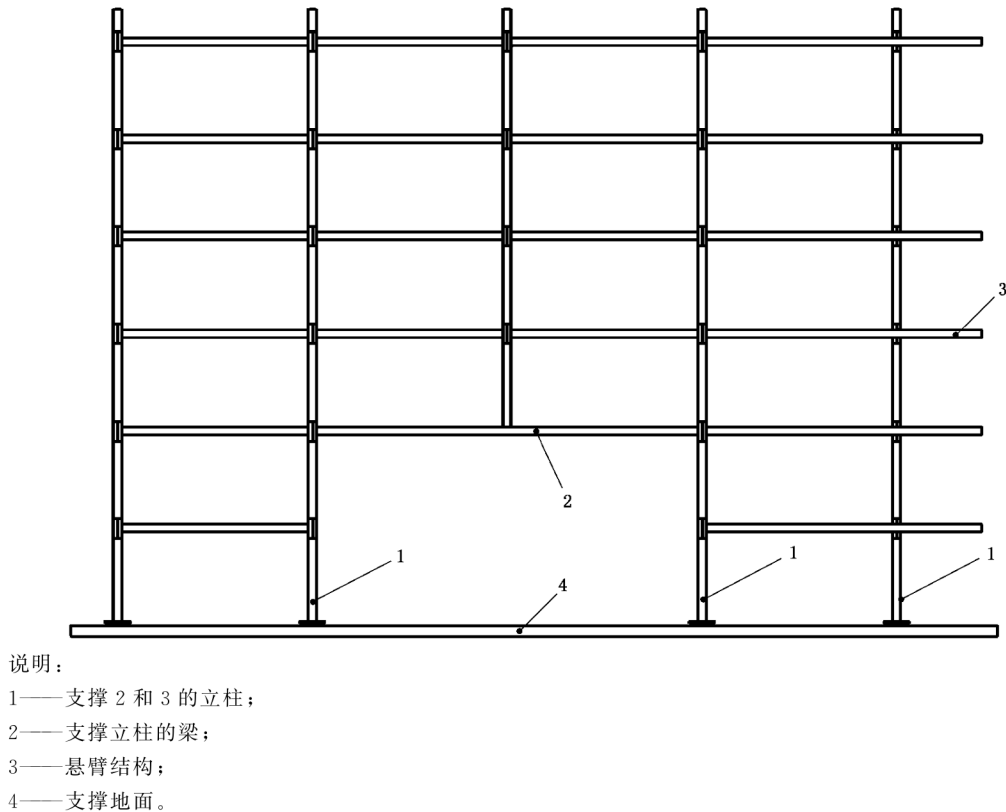


图 1 应考虑竖向地震作用的结构

4.4 荷载及荷载组合的确定

抗震设计的各类永久荷载和可变荷载应根据 5.5 确定,荷载组合应根据 5.6.1 确定,并根据荷载组合计算得到钢货架的构件内力、柱脚反力及节点位移等数据。

4.5 结构验算

结构变形及截面验算方法应符合 5.6 的规定。

5 地震作用及结构抗震计算

5.1 地震作用描述

地震作用一般通过反应谱来描述,应遵循 GB 50011—2010 的设计反应谱,以地震影响系数曲线 α 的形式表征,参见 GB 50011—2010 中 5.1.5。

5.2 水平地震作用

水平地震作用 P_{EL} 见 GB 50011—2010 中 5.2。

5.3 单元货物的等效重力荷载代表值

水平地震作用中单元货物的等效重力荷载代表值 G_{eq} 的计算,见公式(3):

$$G_{eq} = \phi_F \times \gamma_F \times G_P \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

ϕ_F —— 充实率折减因子,在 Z 方向 $\phi_F=1.0$;在 X 方向,其与地震时单元货物的充实率相关,一般取 $\phi_F=1.0$,若经过统计学处理, ϕ_F 的值可按占用率来取,但无论占用率多低,均应满足 $\phi_F \geq 0.8$;

γ_F —— 单元货物质量修正因子,在 X 方向及 Z 方向均适用, γ_F 的取值参考表 4;

G_P —— 单元货物质量的额定值。

表 4 单元货物质量修正因子 γ_F

存储货物类型	γ_F	示例
自由类型	0.7	料箱中可随意移动的货物
堆叠的或不牢固类型	0.8	托盘上通过捆绑带捆扎在一起的货物,包括盒装货物的叠堆
其他类型	1.0	托盘上的货物基本无滑移,包括冷冻货物、叠放钢板、钢卷及纸卷、模具、整桶液体等

5.4 竖向地震作用

钢货架一般不需考虑竖向地震作用,但结构中如有图 1 所示的情况,则图示相关构件应考虑竖向地震作用的影响。竖向地震作用计算参考 GB 50011—2010 中 5.3。

5.5 与地震作用同时考虑的荷载

5.5.1 永久荷载 P_{DL}

钢货架永久荷载包括:

- 钢货架结构自身的质量;
- 固定在钢货架上的所有附属设备、结构的质量。

5.5.2 可变荷载 P_{PL}

钢货架可变荷载包括:

- 单元货物额定荷载 G_P ;
- 与钢货架相关联的楼板及走道上的可变荷载,荷载按实际情况考虑;
- 库架合一类立体仓库,应考虑雪荷载,按照 GB 50011—2010 的相关规定考虑组合作用。

5.5.3 风荷载 P_{WL}

库架合一类立体仓库,应考虑风荷载,按照 GB 50011—2010 的相关规定考虑组合作用。

5.6 承载能力极限状态设计及验算

5.6.1 荷载组合

计算水平地震作用时,取最不利的荷载组合应分以下两种情况确定设计值 P_{max} 。

- 货架整体及构件的抗震性能验算,见公式(4):

$$P_{\max} = 1.29(P_{\text{DL}} + P_{\text{PL}}) + 1.3P_{\text{EL}} + 0.3P_{\text{WL}} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

P_{DL} ——永久荷载;

P_{PL} ——可变荷载;

P_{EL} ——水平地震作用按照 GB 50011—2010 计算;

P_{WL} ——风荷载。

b) 货架的整体抗倾覆及锚固性能验算,见公式(5):

$$P_{\max} = 0.9(P_{\text{DL}} + P_{\text{PL}}) + 1.3P_{\text{EL}} + 0.3P_{\text{WL}} \quad \dots\dots\dots(5)$$

当需要考虑竖向地震作用及其他荷载时,荷载组合应符合 GB 50011—2010 中 5.4.1 的相关要求。

5.6.2 重力二阶分析

抗震分析应计入重力二阶效应的影响,可参照 GB 50017—2017 中 5.1.6 的相关要求。

5.6.3 截面抗震验算

在 5.6.1 规定的荷载组合下,结构件的内力组合设计值 P_{\max} 应符合如下规定:

a) 当验算结构构件的抗震承载力强度时,按公式(6)计算:

$$P_{\max} \leqslant P/0.75 \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

P ——结构构件承载力设计值。

b) 当验算结构构件的承载力稳定性时,按公式(7)计算:

$$P_{\max} \leqslant P/0.8 \quad \dots\dots\dots(7)$$

c) 当需要考虑竖向地震作用时,各类结构件的承载力要求应符合 GB 50011—2010 中 5.4.3 的要求。

5.6.4 钢货架间距

钢货架应具备足够的间距防止在地震中发生碰撞,此间距不小于多遇地震作用下货架最大变形的 3 倍,包括以下两种典型情况:

a) 没有连接在一起的钢货架之间的间距;

b) 货架与建筑结构之间的间距,此间距还应考虑建筑结构在地震工况下的位移。

5.6.5 抗震变形验算

钢货架的抗震分析结果应符合层间位移的要求,层间位移可按式(8)计算:

$$\Delta u_e \leqslant [\theta_e]h_p \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中:

Δu_e ——多遇地震作用下产生的货架层内最大弹性层间位移;

$[\theta_e]$ ——弹性层间位移角限值,一般钢货架多遇地震作用下的单层内最大弹性层间位移角限值为 1/250;

h_p ——货架层高。

6 分析方法

6.1 地震分析方法选取

6.1.1 底部剪力法

底部剪力法一般用于高度不超过 40 m,结构规则为以剪切变形为主,且质量和刚度沿高度分布比

较均匀的钢货架。

6.1.2 振型分解反应谱法

振型分解反应谱法是地震作用评估的基本方法之一,适用于所有类型货架。使用该方法时,振型个数应取振型参与质量达到总质量 90% 所需的振型数。

6.2 结构建模

6.2.1 荷载分布

抗震分析应考虑到最不利的荷载分布,至少应考虑以下几种荷载分布形式:

a) Z 方向的地震作用:

- 1) 额定荷载,所有层满载;
- 2) 2/3 的额定荷载,所有层部分加载;
- 3) 额定荷载,仅在顶层加载。

其中,荷载形式 1) 用来进行构件设计,荷载形式 2) 和 3) 会影响到锚固设计。

b) X 方向的地震作用:

- 1) 在 X 方向货架应进行满载整体分析;
- 2) 宜考虑货物偏置的影响,图 2 为单立柱左右不均匀放置货物的场景。

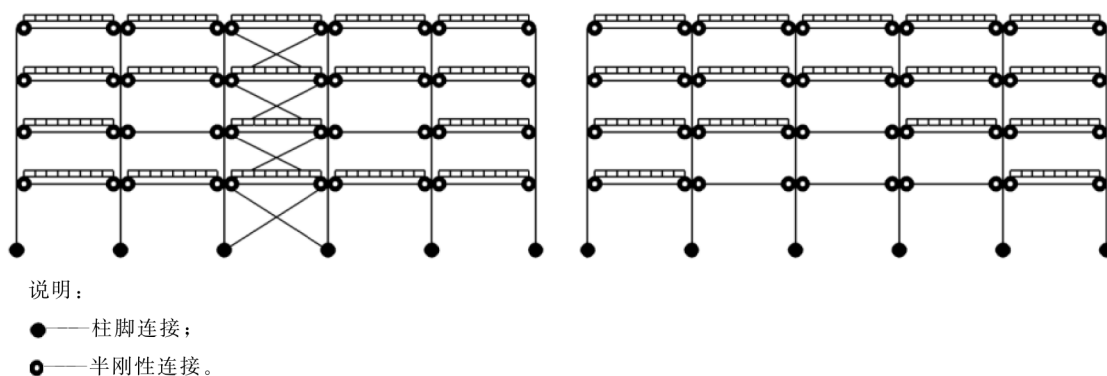


图 2 宜考虑货物偏置影响的结构示意图

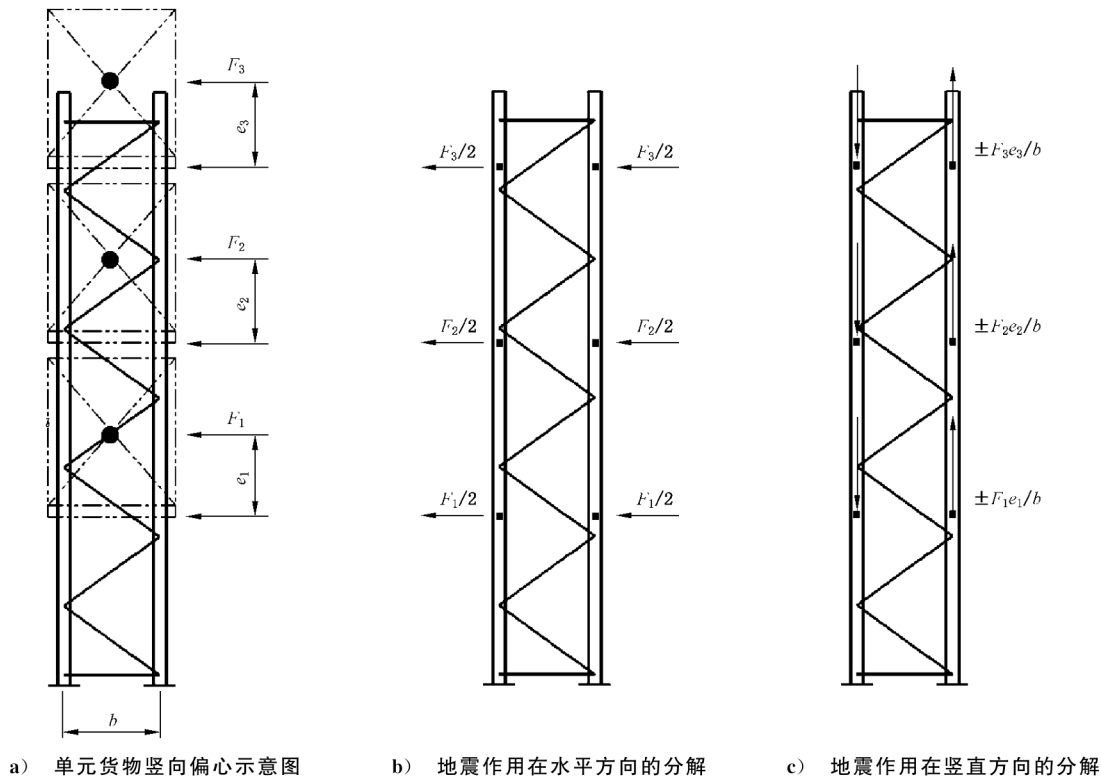
- 3) 在分析有垂直拉杆货架的柱脚锚固设计时,安装有垂直拉杆的立柱宜按照 30% 的额定重力荷载进行加载,见公式(9):

$$P_{\max} = 0.3(P_{DL} + P_{PL}) + 1.3P_{EL} + 0.3P_{WL} \dots\dots\dots (9)$$

6.2.2 单元货物重心的位置

6.2.2.1 单元货物可视为钢货架结构的子结构,如果单元货物的尺寸较大,则应考虑其重心位置对钢货架结构的影响。

6.2.2.2 Z 方向应考虑荷载单元重心相对于横梁的高度(可称为竖向偏心距)。抗震分析时,单元货物的质量应被加载在其重心位置处,用以评估自振周期、地震作用及横梁、连接件的设计。图 3 为单元货物重心的竖向偏心产生影响的示例,其中图 3 a) 为单元货物重心处受到的水平地震作用示意图,图 3 b) 和图 3 c) 分别为图 3 a) 中货物重心竖向偏心影响在水平方向和竖直方向上的分解,图 3 a) 的受力结果与图 3 b)、图 3 c) 的合力是等价的。



说明：
 b ——立柱片宽度；
 F_1, F_2, F_3 ——单元货物上的水平地震作用；
 e_1, e_2, e_3 ——单元货物重心相对于横梁的偏心距。

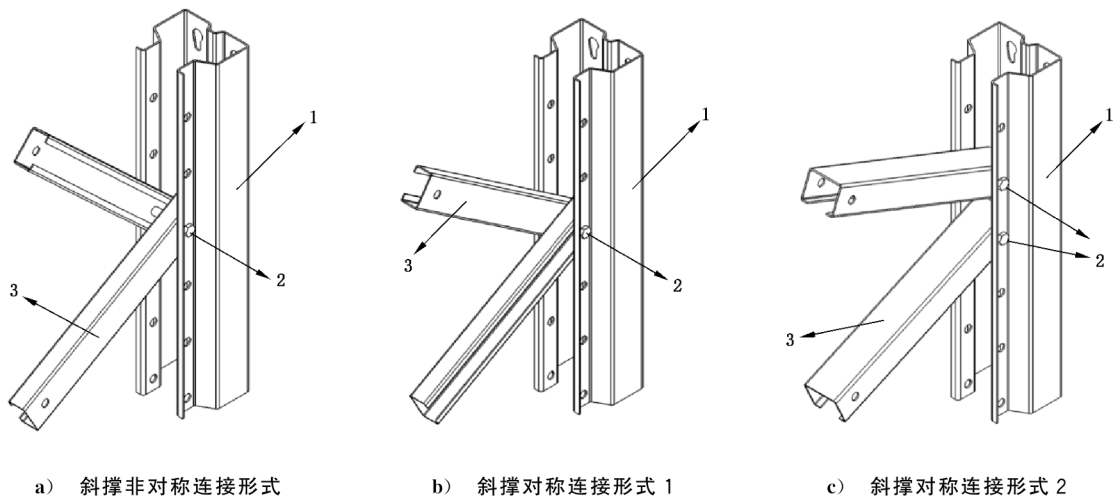
图 3 单元货物重心竖向偏心产生的水平地震作用

6.2.2.3 X 方向的单元货物的竖向偏心可不考虑,但货架只有一列的情况除外。

6.2.3 特定的建模要求

6.2.3.1 在 X 方向,梁柱节点及柱脚节点的约束形式应按照 GB/T 28576—2012 中 5.2.5 处理,梁柱节点刚度值及柱脚刚度值宜根据 GB/T 39681—2020 中 7.5 及 7.6 通过试验取得。

6.2.3.2 如立柱片斜撑的连接非对称,则斜撑带来的立柱扭转效应在立柱设计中考虑,图 4 为三种典型的立柱与斜撑连接方式。



说明：

- 1——立柱；
- 2——螺栓；
- 3——斜撑。

图 4 力从平斜撑传递到立柱的作用

6.2.3.3 当钢货架采用了柔性交叉型支撑时,在分析模型中应设定该交叉支撑为只受拉构件。

6.2.3.4 垂直拉杆与货架之间应增设平面连接件以提高结构的抗侧能力,见图 8 结构 1。

6.2.4 立柱底部弯矩分析

立柱在抗震设计中,除了承受轴力,还会在立柱底部产生较大的弯矩,当采用底部剪力法进行货架结构快速估算时,可按图 5 所示计算立柱柱脚弯矩。

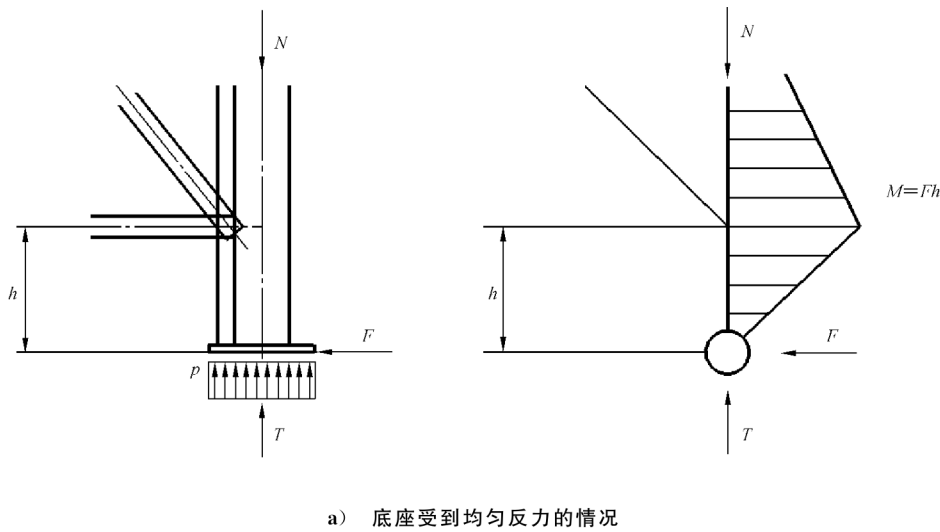
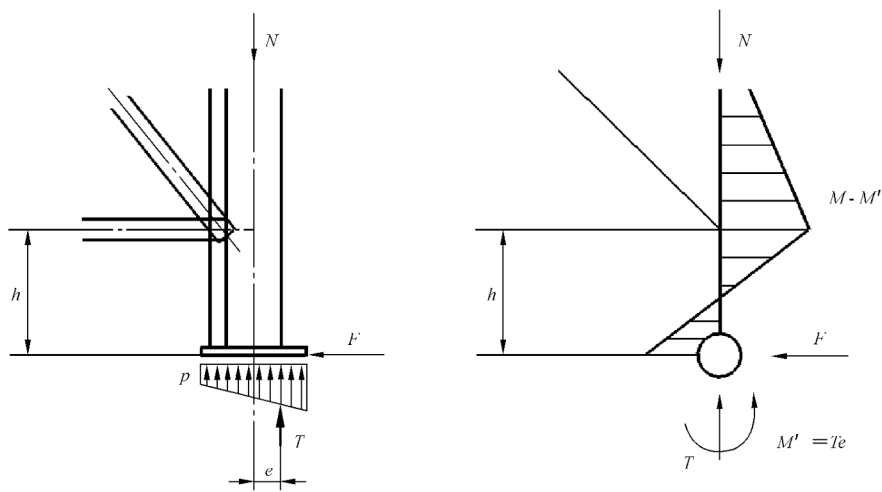


图 5 柱脚弯矩示意图



b) 底座受到不均匀反力的情况

说明：

N ——立柱中的轴向力；

F ——立柱底部受到的水平支座反力(剪力)；

T ——立柱底部受到的垂直支座反力，与轴向力 N 数值相同；

p ——混凝土地面受到压强；

M ——因剪力 F 产生的立柱弯矩最大值；

e ——垂直支座反力的偏心距；

M' ——因垂直支座反力偏心产生的弯矩；

$M-M'$ ——立柱中的弯矩最大值；

h ——首层平撑的垂直偏心距。

图 5 (续)

7 构造要求

7.1 抗水平侧向力结构

7.1.1 在 Z 方向，主要的抗侧力结构为立柱片，立柱片结构宜使用 K 型、D 型、Z 型及无横杆的 X 型支撑，如图 6 所示。

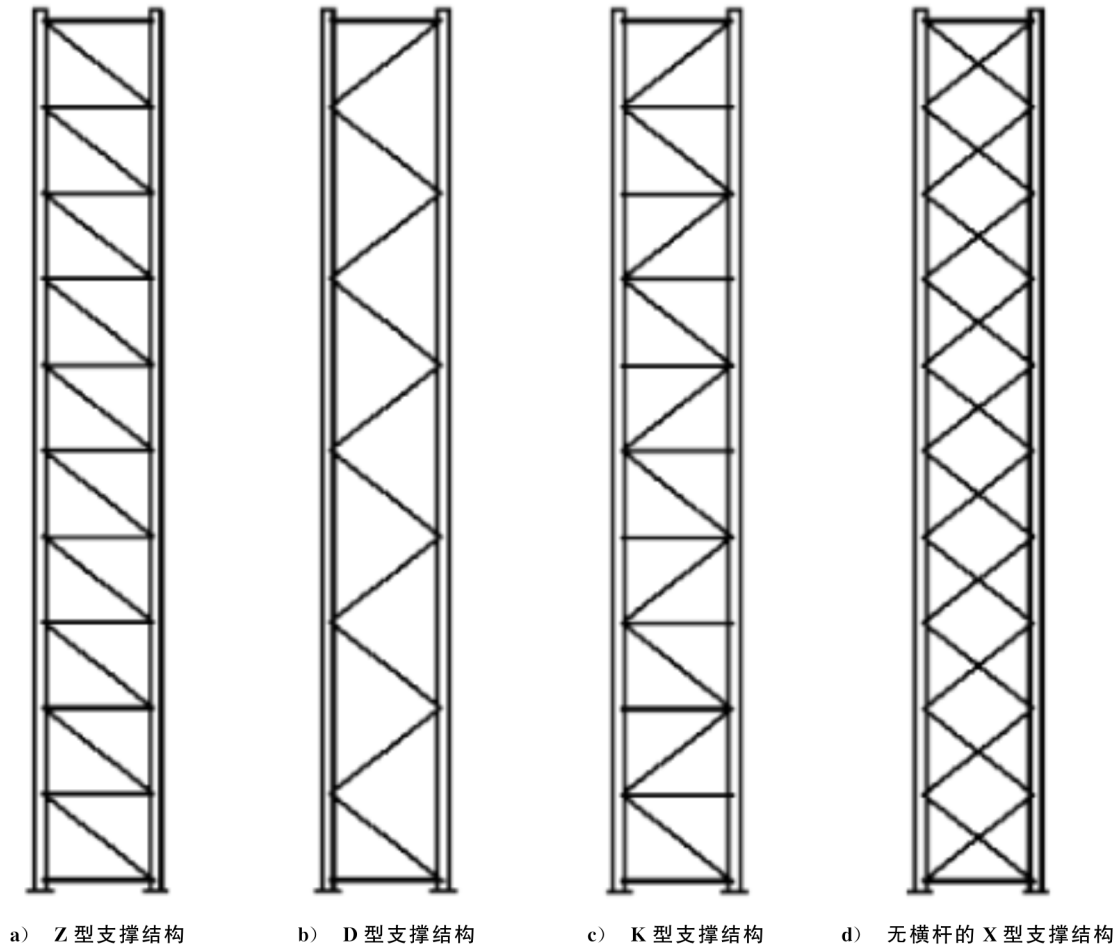
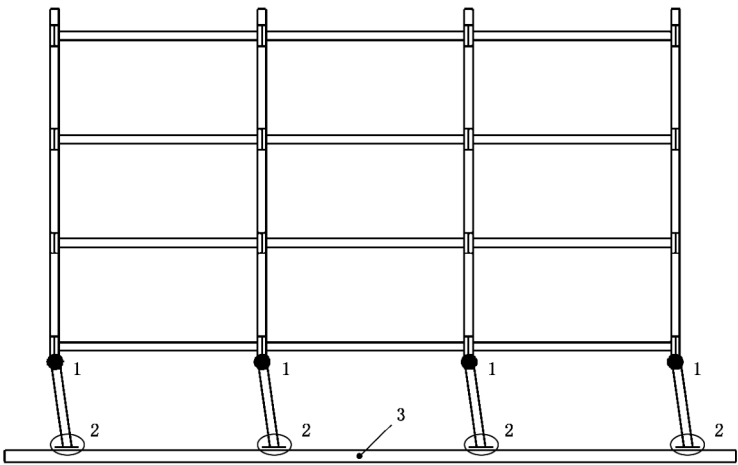


图 6 典型的抗震立柱片结构形式

7.1.2 在 X 方向,抗侧力结构有如下三种:

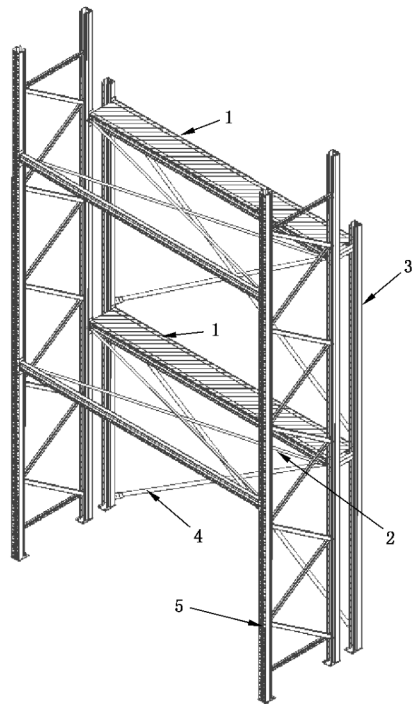
- a) 无垂直拉杆货架,主要依靠梁柱节点刚度及柱脚刚度保持货架稳定,此种结构宜增强立柱、横梁、梁柱节点及柱脚节点的抗弯性能,如图 7 所示。



说明：
1——梁柱节点；
2——柱脚节点；
3——支撑地面。

图 7 无垂直拉杆货架

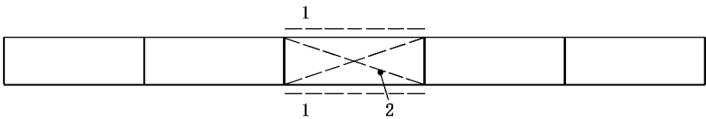
- b) 背撑(偏心垂直拉杆结构)是 X 方向垂直拉杆的典型结构,适用于绝大多数货架,见图 8,此结构应包含以下要素：
- 1) 背撑布置在立柱片一侧,可直接连接在立柱片上,也可通过平面连接件连接到立柱片；
 - 2) 应将背撑一侧的立柱与立柱片中另一侧的立柱通过水平刚性支撑连接在一起,见图 8 中的 2；
 - 3) 对双深位货架,两个深位之间也应如图 8 中的 1 所示的结构进行连接；
 - 4) 单列货架的垂直拉杆系统应配备辅助立柱,见图 8 中的 3。



- 说明：
- 1——货架与背撑的连接(具体采用何种连接形式由货架供应商决定)；
 - 2——水平拉杆(刚性支撑)；
 - 3——背撑立柱；
 - 4——背撑斜杆；
 - 5——立柱片。

图 8 背撑的典型构件示意图

c) 对称垂直拉杆结构,立柱片的前后两个立柱都有垂直拉杆,垂直拉杆宜尽可能少地布置在有限的列之中以减少货位损失,如图 9 所示。



- 说明：
- 1——垂直拉杆；
 - 2——水平拉杆。

图 9 对称垂直拉杆结构俯视图

7.2 其他构造

7.2.1 立柱一般通过柱脚连接件固定在地面,立柱与柱脚连接件之间可通过焊接也可通过螺栓固定,当采用螺栓固定时,如果是通过长孔(力的方向为长孔方向)或者过大的孔进行固定,则应进行抗滑移设计,例如采用高强度摩擦型螺栓连接等方式避免柱脚产生位移。

7.2.2 当采用扁钢、圆钢及拉索等构件做拉杆时,应确保这些杆件在重力下总是处于张紧状态。

参 考 文 献

- [1] GB/T 39681—2020 立体仓库货架系统设计规范
 - [2] GB 50017—2017 钢结构设计标准
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
立体仓库钢结构货架抗震设计规范
GB/T 39830—2021

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.org.cn

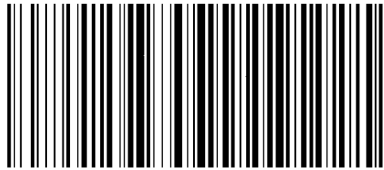
服务热线: 400-168-0010

2021年3月第一版

*

书号: 155066 · 1-67070

版权专有 侵权必究



GB/T 39830—2021



码上扫一扫 正版服务到