

中国钢结构协会团体标准

货架钢结构工程检测与评定专项规程

(征求意见稿)

20xx—xx—xx 发布

20xx—xx—xx 实施

中国钢结构协会 发布

1 总 则

- 1.0.1** 为规范货架钢结构检测与评定工作，保证结构安全，贯彻执行国家技术经济政策，做到安全高效、确保质量、技术先进、经济适用，特制定本规程。
- 1.0.2** 本规程适用于货架钢结构的检测与评定。
- 1.0.3** 货架钢结构的检测与评定，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 货架钢结构 steel storage rack structure

由立柱、横梁等构件组装而成的钢结构储物设施。

2.1.2 横梁式货架 pallet rack

主要由立柱、横梁等构件组装而成的，配备自由行驶叉车、主要用于存储单元托盘类集装货物的货架。

2.1.3 窄巷式货架 very narrow aisle rack

主要由立柱、横梁等构件组装而成的，配备定向行驶叉车、主要用于存储单元托盘类集装货物的货架。

2.1.4 驶入式货架 drive-in rack

可供叉车（或带货叉的无人搬运车）驶入并存取单元托盘物品的货架。

2.1.5 穿梭车货架 shuttle rack

适合各类穿梭车行走搬运、存储单元集装货物的有轨道存储系列货架。

2.1.6 后推式货架 push-back rack

有立柱片、隔撑、横梁、轨道、装载单元小车及其轮轨结构、安全防护结构等部件组成，依靠荷载自重及其轮轨技术实现装载单元出入相应货位的货架。

2.1.7 重力式货架 gravity rack

一种密集存储单元物品、依靠货物自身重力在货架滑道上滑行的货架系统。

2.1.8 悬臂式货架 cantilever rack

由立柱（或立柱片）、悬臂、拉杆、底座等构件组成，并由悬伸构件直接承载货物的货架。

2.1.9 阁楼式货架 mezzanine rack

由立柱、横梁、钢层板、楼面梁、楼面板、护栏、楼梯等构件组成的多层储存货物的货架。

2.1.10 自动化立体库货架 auto high rise stacker rack

采用堆垛机直接在货架货格中存取货物的货架。

2.1.11 既有钢结构 existing steel structure

已经建成的各类钢结构，包括已完工或部分已完工但尚未验收的钢结构。

2.1.12 检测 testing

对结构的状况或性能所进行的现场量测和取样试验等工作。

2.1.13 评定 assessment and appraisal

根据检查、检测和分析验算结果，对钢结构的安全性和使用性按照规定的标准和方法所进行的评价。

2.1.14 目标使用年限 target working life

评定钢结构所期望的使用年限。

2.1.15 部件 component

钢结构的组成部分，可分为构件、连接等。

2.1.16 构件 member

钢结构系统中进一步细分的基本鉴定单位，指承受各种作用的单个结构构件，或承重结构的一个组成部分。

2.1.17 连接 connection

采用焊缝、螺栓、焊接、铆钉、射钉、咬合和锚固等方式把构件或配件结合在一起的系统。

2.2 符 号

- a 、 b 、 c ——部件的评定等级；
- A_u 、 B_u 、 C_u 、 D_u ——结构系统的安全性评定等级；
- A_s 、 B_s 、 C_s 、 D_s ——结构系统的适用性评定等级；
- A_d 、 B_d 、 C_d 、 D_d ——结构系统的耐久性评定等级；
- γ_0 ——结构重要性系数；
- S_d ——荷载基本组合效应的设计值；
- R_d ——结构构件抗力的设计值；
- R_t ——基于试验的承载力设计值；
- R_{\min} ——承载力试验结果的最小值；
- k_t ——考虑结构试件变异性的因子；
- γ_r^t ——基于试验的抗力分项系数；
- k_r ——几何尺寸不定性变异系数；
- k_m ——材料强度不定性变异系数。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 货架钢结构的检测与评定应保证货架钢结构后续使用的安全性、适用性和耐久性。

3.1.2 当出现下列情况之一时，应按本规程对货架钢结构进行检测与评定。

1 对于既有货架钢结构：

- 1) 按规定或业主要求，进行定期检测与评定；
- 2) 拟改变使用功能、使用条件或使用环境；
- 3) 拟进行结构改变、改建或改造；
- 4) 拟拆除后异地安装；
- 5) 因遭受灾害、事故等作用而产生明显损伤或损坏；
- 6) 出现明显的结构功能退化现象或有明显的变形；
- 7) 对结构抗力产生有根据的怀疑；
- 8) 达到设计使用年限拟继续使用；
- 9) 其他需要了解货架钢结构安全的情形。

2 对于在建货架钢结构：

- 1) 供工程质量验收的质量控制资料不足以证明工程质量符合要求；
- 2) 存在施工质量缺陷或质量争议；
- 3) 结构遭受意外损伤或损坏；
- 4) 改变设计使用条件；
- 5) 建设过程中停工后恢复建设。

3.1.3 检测与评定对象可以是整个货架钢结构，也可以是结构功能相对独立的部分。货架钢结构的检测与评定应包括材料、构件、连接与节点、结构系统等方面。对有特殊要求的货架钢结构还应进行专项检测。

3.1.4 货架钢结构评定的层次、评定项目，应符合表 3.1.4 的规定，并按评定项目的要求评定等级。

表 3.1.4 评定的层次、评定项目、等级划分及内容

层次	一		二		
层名	构件	连接、节点	结构系统		
评定项目	质量	质量	安全性	适用性	耐久性
等级划分	<i>a, b, c</i>	<i>a, b, c</i>	<i>A_u, B_u, C_u, D_u</i>	<i>A_s, B_s, C_s, D_s</i>	<i>A_d, B_d, C_d, D_d</i>
评定内容	承载力，构造，整体变形，局部变形，偏差缺陷，开裂损伤，变形损伤，腐蚀，防护		结构系统完整性，承载力，整体变形，防护		

1 货架钢结构系统安全性评定主要包括结构系统完整性评定和结构抗力计算，应根据货架钢结构现场检测得到的结构实际布置和实际构造状况按相关的标准对结构的完整性进行定性分析，并应根据荷载效应和结构抗力的计算结果或现场试验结果以及现场检测结果对结构在目标使用期内的承载能力进行定量分析等内容。

2 货架钢结构系统适用性评定主要是根据变形等检测和计算结果，对结构在目标使用期内能否满足正常使用要求进行评定。

3 货架钢结构系统耐久性评定主要是根据构件及节点的锈蚀或腐蚀程度及表面涂层质量等级对结构的持续使用性能进行评定。

3.1.5 检测与评定应明确货架的后续目标使用期。后续目标使用期可由业主或委托方根据货架的使用要求提出，并由检测人员按照货架已使用年限、历史、现状结合未来使用要求综合分析后确定。

3.1.6 货架钢结构的检测应根据本规程的要求和货架钢结构评定的需要，合理确定检测方案。

3.1.7 检测与评定报告应包括结构、构件和节点的缺陷、损伤状况的检测结果及结构系统安全性、适用性、耐久性的评定结论，并应提出使用维护、加固、修复、改造或拆除等建议。

3.1.8 对于重要和大型的货架钢结构，必要时可提出结构监测的建议。

3.2 工作程序与内容

3.2.1 货架钢结构检测与评定应有规定的工作程序，该工作程序宜有具体的步骤或流程（图 3.2.1），实际检测与评定中，可进行补充和细化。

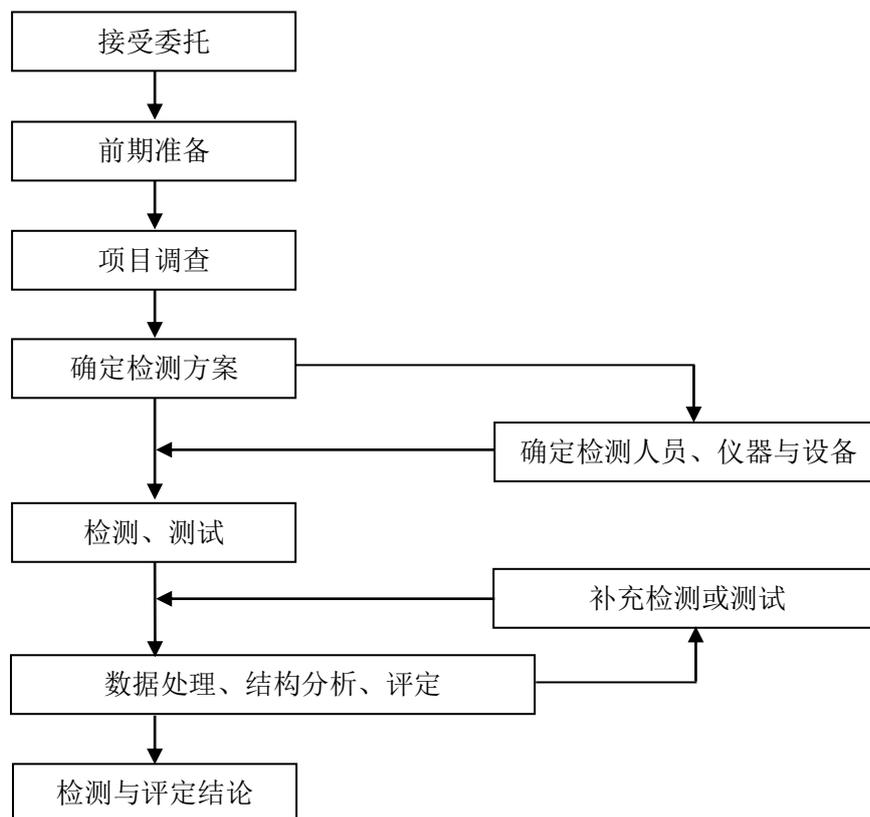


图 3.2.1 货架钢结构检测与评定工作程序

3.2.2 前期准备工作应包括了解检测对象、明确检测目的、成立检测组织。

3.2.3 项目调查应包括列下基本工作内容：

1 收集相关资料，如工程地址勘察报告、设计图和计算书、设计变更、沉降观测记录、施工记录、材料质保书、材料检验文件、竣工图及竣工验收文件等。

2 了解货架建造、使用、损坏、检测及维修历史，是否受过灾害。

3 现场基本情况调查及资料核对。当有原结构设计图纸时，应以其为依据进行检测与评定

工作；若无原结构设计图纸，应根据结构实际状态绘制测绘图，并将其作为检测与评定的依据。

3.2.4 检测与评定应按委托方的具体要求和项目调查情况，明确检测范围和内容，制定可行的检测方案，并征求委托方意见。

3.3 基本要求

3.3.1 货架钢结构检测与评定，应由具有相应检测、评定资质的单位进行。

3.3.2 检测所用仪器、设备及测量工具应在计量检定有效期内。

3.3.3 检测人员必须是检测机构内经过培训上岗的工作人员。对于专项检测项目，应具有相应的检测证书；评定工作必须由经有关部门认定的技术人员负责进行。

3.3.4 货架钢结构检测与评定工作，应由不少于两名检测技术人员承担。

3.3.5 当发现检测、测试数据的数量不足或者结果出现异常时，应进行补充检测或测试。

3.3.6 结构在受荷状态，对构件取样时不应影响结构的使用与安全，必要时可采取卸荷等临时安全措施。

3.3.7 对结构进行理论分析时的力学模型应能反映结构实际构造和实际受力情况。

3.4 评定标准

3.4.1 货架钢结构评定应划分为结构构件及节点、结构系统两个层次。

3.4.2 货架钢结构构件及节点的质量应按各分项标准评定为 *a* 级、*b* 级、*c* 级。

a 级：质量符合标准，对结构系统无影响，不必采取措施；

b 级：质量不符合标准，但对结构系统影响有限，有少数构件（节点）应采取适当措施；

c 级：质量不符合标准，对结构系统影响严重，必须及时采取措施。

3.4.3 货架钢结构系统（包括结构功能相对独立的子结构）应按安全性、适用性、耐久性分别评定，并按下列规定评定等级。

1 安全性等级

A_u 级：在目标使用期内安全，不必采取措施；

B_u 级：在目标使用期内不显著影响结构系统安全，可不采取措施或有少数构件（节点）应采取适当措施；

C_u 级：在目标使用期内显著影响结构系统安全，应采取适当措施；

D_u 级：严重影响结构系统安全，必须及时采取措施。

2 适用性等级

A_s 级：在目标使用期内能正常使用，不必采取措施；

B_s 级：在目标使用期内尚不影响结构系统的正常使用，可不采取措施或有少数构件（节点）应采取适当措施；

C_s 级：在目标使用期内影响结构系统正常使用，应采取适当措施；

D_s 级：在目标使用期内结构系统不能使用，必须及时采取措施。

3 耐久性等级

A_d 级：在正常维护条件下，能满足耐久性要求，不必采取措施；

B_d 级：在正常维护条件下，能满足耐久性要求，可不采取措施或有少数构件（节点）应采取适当措施；

C_d 级：在正常维护条件下，不能满足耐久性要求，应采取适当措施；

*D_d*级：在正常维护条件下，严重不满足耐久性要求，必须及时采取措施。

4 材料的检测与评定

4.1 一般规定

4.1.1 对既有货架钢结构构件、紧固件等的材料性能进行检测与评定时，当材料性能有可靠记录时，可不再检测；当材料的性能存在疑问时，应进行检测。

4.1.2 当被检验材料的性能指标随时间变化的影响可以忽略不计时，可按下列情况之一确定材料的性能指标：

- 1 经调查当有可靠的材料质量实测记录资料时，可按原记录资料确定材料的性能指标；
- 2 当工程尚有拟评定结构构件的余料时，可对其余料进行检验，确定材料的性能指标，否则应现场取样实测。

4.1.3 当结构工作环境与原设计状态比无明显变化，未曾发生材料劣化、损坏现象或迹象时，可按下列原则进行组批检测：

- 1 对于钢材，同种构件、同规格为一个检验批；
- 2 对于连接紧固件和其他节点连接材料，同种构件中的同规格零部件为一个检验批。

4.1.4 由于累积损伤、腐蚀及灾害等原因可能造成材料性质发生改变时，应在评定对象上取样检验；进行检验组分批时，应考虑致损条件、损伤程度的同一性。

4.1.5 当钢结构材料发生烧损、变形、断裂、腐蚀或其他损伤时，宜进行金相检测。

4.1.6 对货架钢结构材料现场取样，应根据检测内容和目的确定取样部位、取样数量和样品尺寸，并保证样品具有代表性。在结构上进行材料取样之前，应记录取样的具体位置、样品尺寸和形状、构件表面原始状态等信息。现场取样的方法或措施，应保证不影响试样材料的原有性能。抽取试样、制作试样及复验检测应由专业单位执行。

4.2 力学性能

4.2.1 钢材力学性能的检测项目应包括：屈服强度、抗拉强度、断后伸长率或断面收缩率、冷弯性能、冲击韧性，所选检测项目应根据结构和材料的实际情况及评定需求确定。应优先采用在结构构件上直接取样进行试验检测，也可采用其他无损或微损方法进行检测。

4.2.2 螺栓连接副力学性能的检测项目应包括：螺栓材料性能、螺母和垫圈硬度。普通螺栓尚应包括螺栓实物最小拉力载荷检验。

4.2.3 钢结构材料力学性能检验试件的取样数量、取样方法、试验方法和评定依据应符合表 4.2.3 的规定。当检验结果与调查获得的钢材力学性能基本参数信息不相符时，应加倍抽样检验。

表 4.2.3 钢结构材料力学性能检验项目、试验方法和评定依据

检验项目	最少取样数量	试验方法	评定依据
屈服强度 规定非比例延伸强度 抗拉强度 断后伸长率 断面收缩率	3	《金属材料拉伸试验第 1 部分：室温试验方法》GB/T 228.1	《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591； 《碳素结构钢》GB/T 700
冷弯	2	《金属材料弯曲试验方法》 GB/T 232	
冲击韧性	3	《金属材料夏比摆锤冲击试验方法》GB/T 229	

4.2.4 钢结构紧固件力学性能检验试件的取样数量、试验方法和评定依据应符合表 4.2.4 的规定。

表 4.2.4 钢结构紧固件力学性能检验项目、试验方法和评定依据

检验项目	最少取样数量	试验方法	评定依据
螺栓楔负载 螺母保证载荷 螺母和垫圈硬度	3	《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231； 《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632； 《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939	《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231； 《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632； 《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939； 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205
螺栓实物最小载荷及硬度		《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1； 《紧固件机械性能螺母》GB/T 3098.2	《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1； 《紧固件机械性能螺母》GB/T 3098.2； 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205

4.2.5 未知牌号钢材的抗拉力学性能应试验确定，每个检验批抽取的试样不应少于 3 个，并根据试验结果最小值确定可参考的钢材牌号并推定其性能指标。当根据试验结果无法确定钢材牌号时，该检验批钢材的强度设计值可按屈服强度试验结果最低值的 0.85 倍确定。

4.2.6 对国产钢材的品种、规格、力学性能应按设计要求进行评定；对进口钢材的力学性能应按设计和合同规定的标准进行评定，并提供详细的实际检测结果。

4.3 化学成分

4.3.1 钢结构原材料化学分析的取样批量、取样方法、评定依据及允许偏差应符合表 4.3.1 的规定。

表 4.3.1 钢结构材料化学分析取样数量及方法

材料种类	取样数量（个/批）	取样方法及成品化学成分允许偏差	评定依据
钢板 钢带 型钢	1	《钢和铁化学成分测定用试样的取样和制样方法》GB/T 20066； 《钢的成品化学成分允许偏差》GB/T 222	《碳素结构钢》GB/T 700； 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591
钢丝 钢丝绳	1	《钢和铁化学成分测定用试样的取样和制样方法》GB/T	《低碳钢热轧圆盘条》GB/T 701；《焊接用圆盘条》

		20066; 《钢的成品化学成分允许偏差》GB/T 222; 《钢丝验收、包装、标志及质量证明书的一般规定》GB/T 2103	GB/T 3429;《焊接用不锈钢盘条》GB/T 4241;《熔化焊用钢丝》GB/T 14957
钢管	1	《钢的成品化学成分允许偏差》GB/T 222; 《钢和铁化学成分测定用试样的取样和制样方法》GB/T 20066	《结构用不锈钢无缝钢管》GB/T 14975; 《结构用无缝钢管》GB/T 8162; 《直缝电焊钢管》GB/T 13793

4.3.2 由于事故、灾害等原因，钢材材质可能有变化或某元素含量发生变化时，应取样进行化学分析。取样方法、评定依据及成品化学成分允许偏差应符合本标准表 4.3.1 的规定。

4.3.3 当不能确定被检钢材是否符合对应的国家现行产品标准时，应进行化学分析。

5 构件的检测与评定

5.1 一般规定

5.1.1 钢构件宜划分为柱构件、梁构件、杆构件、板构件和柔性构件。

5.1.2 钢构件的检测内容应包括：几何尺寸制作偏差、安装偏差、变形、缺陷与损伤、腐蚀和涂装。如有工程施工图，应复核设计图纸和现场检测的一致性。

5.1.3 钢构件检测抽样数量可根据检测项目的特点，按下列原则确定：

1 构件几何尺寸制作偏差、安装偏差、变形、涂装，应根据现场实际情况确定抽样数量与位置。按构件种类组批进行抽样检测时，最小样本容量宜符合表 5.1.3 的规定。

表 5.1.3 货架钢结构抽样检测的最小样本容量

检验批的容量	最小样本容量	检验批的容量	最小样本容量
3~8	2	501~1200	32
9~15	2	1201~3200	50
16~25	3	3201~10000	80
26~50	5	10001~35000	125
51~90	5	35001~150000	200
91~150	8	150001~500000	315
151~280	13	>500000	500
281~500	20	-	-

2 构件缺陷与损伤、腐蚀，应全数检测。对于既有货架钢结构，当单次无法全数检测时，可制定方案，在约定周期内多次检测完成。

5.1.4 对于下列情况，检测对象可以是单个构件或部分构件，但检测结论不得扩大到未检测的构件或范围：

- 1 委托方指定的检测对象或范围；
- 2 因环境侵蚀或火灾、水灾、爆炸、高温以及人为等因素造成部分损伤的构件。

5.1.5 钢构件的检测采用观察、测量，必要时可进行取样检测及构件试验。

5.2 构件几何尺寸制作偏差

5.2.1 钢构件几何尺寸制作偏差的检测应符合下列规定：

1 构件的几何尺寸应包括：构件钢材厚度、构件横截面尺寸、构件轴线或中心线尺寸、构件直线度、构件扭转度、构件板件平整度；

2 几何尺寸检测应在构件的 3 个不同部位进行测量，取 3 处实测值的平均值作为该尺寸的代表值；

3 尺寸测量可使用超声测厚仪、千分尺、游标卡尺、钢卷尺、钢直角尺、倾角仪、塞尺等仪器，按相关产品标准的规定量测。

5.2.2 钢构件的几何尺寸制作偏差应以最终设计文件规定的尺寸为基准进行计算，并应符合相应产品标准的规定。当无产品标准时：

1 构件钢材厚度偏差应符合现行国家标准《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》(GB/T 709)、《冷轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》(GB/T 708) 的有关规定；

2 构件横截面尺寸偏差不应超过表 5.2.2-1 规定的极限偏差；

表 5.2.2-1 构件横截面尺寸极限偏差 (单位: 毫米)

两侧与其他板件相连的板件 (如 C 型钢截面的腹板)					
构件壁厚	极限偏差				
	≤40	>40 且 ≤100	>100 且 ≤200	>200 且 ≤400	>400
≤1.5	±0.50	±0.50	±0.75	±1.25	-
>1.5 且 ≤3.0	±0.75	±0.75	±1.00	±1.50	±1.75
>3.0 且 ≤6.0	±1.00	±1.00	±1.25	±1.75	±2.00
>6.0 且 ≤8.0	-	±1.25	±1.50	±2.00	±2.50
一侧与其他板件相连一侧自由的板件 (如 C 型钢截面的翼缘)					
构件壁厚	极限偏差				
	≤40	>40 且 ≤100	>100 且 ≤150	>150 且 ≤200	>200
≤1.5	±0.75	±0.75	±1.00	-	-
>1.5 且 ≤3.0	±0.80	±1.00	±1.25	±1.50	-
>3.0 且 ≤6.0	±1.00	±1.25	±1.50	±1.75	±2.00
>6.0 且 ≤8.0	±1.25	±1.50	±1.75	±2.00	±2.25

3 构件轴线或中心线尺寸偏差不应超过表 5.2.2-2 规定的极限偏差:

表 5.2.2-2 构件轴线或中心线尺寸极限偏差 (单位: 毫米)

名义长度	极限偏差
≤2000	±0.5
>2000 且 ≤6000	±1.0
>6000 且 ≤10000	±1.5
>10000 且 ≤15000	±2.0
>15000	±3.0

4 构件直线度不应超过 1/1000;

5 构件扭转度不应超过 1° /米;

6 构件板件平整度不应超过板件名义尺寸的 1/125 与 0.5mm 之较大值, 如图 5.2.2 所示。

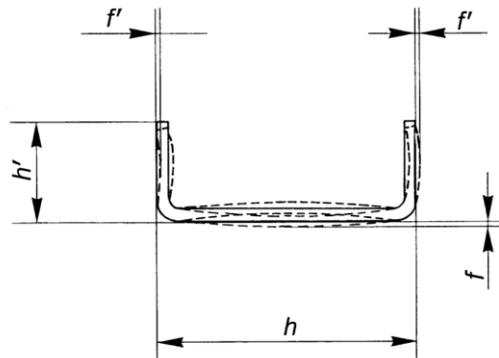


图 5.2.2 构件板件平整度偏差

5.2.3 钢构件质量按几何尺寸制作偏差可评定为 a 级、b 级、c 级三个等级。

1 a 级: 检测项的偏差全部满足本标准的要求;

2 b 级: 检测项的偏差至少有一项不满足本标准的要求, 所有不满足项应有 90% 及以上的检测构件满足本标准的要求, 且最大值 (或最小值) 不应超过其极限偏差值的 1.2 倍;

3 c 级: 除 a 级与 b 级外的其他情况。

5.3 构件安装偏差

5.3.1 钢构件安装偏差的检测应符合下列规定:

1 构件的安装偏差可使用钢卷尺、钢直角尺、倾角仪、激光测距仪、水准仪、经纬仪、全

站仪、三维激光扫描仪等仪器，按照合理方法步骤进行量测；

2 水平构件的安装偏差检测宜选取构件支座及跨中的若干点作为测点，测量构件支座与跨中的相对高差，利用该相对高差计算构件的挠度；

3 竖向构件的弯曲度、垂直度等参数，宜测定构件顶部相对于底部的水平位移，计算倾斜度。

5.3.2 钢构件的安装偏差应以最终设计文件为基准进行计算，并应符合相应产品标准的规定。当无产品标准时：

1 横梁式货架与窄巷式货架的安装偏差不应超过表 5.3.2-1、图 5.3.2-1 与图 5.3.2-2 规定的极限偏差；

表 5.3.2-1 横梁式货架与窄巷式货架安装极限偏差（单位：毫米）

水平方向（XZ 平面内）极限偏差		
尺寸测量规则与描述	横梁式货架	窄巷式货架
δA 任意层高处两立柱净距偏差	± 3	± 3
δA_i 靠近地坪处 n 跨货架总长累计偏差	$\pm 3n$	$\pm 3n$
B 垂直巷道方向对应立柱的错位，随跨数 n 累计，在靠近地坪处测量； 人上式：仅巷道两侧立柱适用 人下式：巷道两侧立柱与背部立柱都适用	不适用	以下较大值： ± 10 或 $\pm 1.0n$ （人上式） $\pm 0.5n$ （人下式）
δB_0 货架端部相对于 Z 向基准线的偏差，在靠近地坪处测量	± 10	± 10
BF 立柱组两立柱的错位（全高）	40	不适用
C_x 货架立柱 X 方向倾斜程度（垂直度）	$\pm H/500$	$\pm H/750$
C_z 货架立柱 Z 方向倾斜程度（垂直度）	$\pm H/500$	$\pm H/750$
δD 立柱组宽度偏差	± 6	单排 ± 3 ，双排 ± 6
δE 靠近地坪处货架巷道宽度偏差	± 15	± 5
δE_1 侧导轨间距偏差	不适用	沿总长 $0/+5$ 最大变化率 2mm/m
δE_2 侧导轨与立柱间距偏差	不适用	± 5
δF 巷道沿 X 向基准线直线度偏差，在靠近地坪处测量	± 15	± 10
F_1 相邻立柱 Z 向偏差，在靠近地坪处测量	不适用	± 5
G_z 横梁 Z 向直线度偏差	$\pm A/400$	$\pm A/400$
J_x 间距 HB 的两横梁之间的立柱沿 X 向的直线度偏差	± 3 与 $\pm HB/400$ 较大值	± 3 与 $\pm HB/750$ 较大值
J_z 立柱沿 Z 向的初始弯曲	$\pm H/500$	$\pm H/500$
δM 顶部导轨偏差	不适用	由规划者或叉车供应商确定
T_w 横梁跨中扭转（每米）	1°	1°
竖直方向（Y 向）极限偏差		
尺寸测量规则与描述	横梁式货架	窄巷式货架
	以下较大值	
G_y 横梁沿 Y 向的直线度偏差	± 3 或 $\pm A/500$	± 3 或 $\pm A/500$
δH_{1A} 底层横梁上表面距柱脚底板距离偏差	± 10	± 7
δH_1 任意层横梁上表面距底层横梁距离偏差	± 5 或 $\pm H_i/500$	人上式： ± 5 或 $\pm H_i/500$ 人下式： ± 3 或 $\pm H_i/1000$
δH_3 顶部导轨公差	不适用	由规划者或叉车供应商确定
H_y 同一货格内前后横梁高度偏差	± 10	± 10

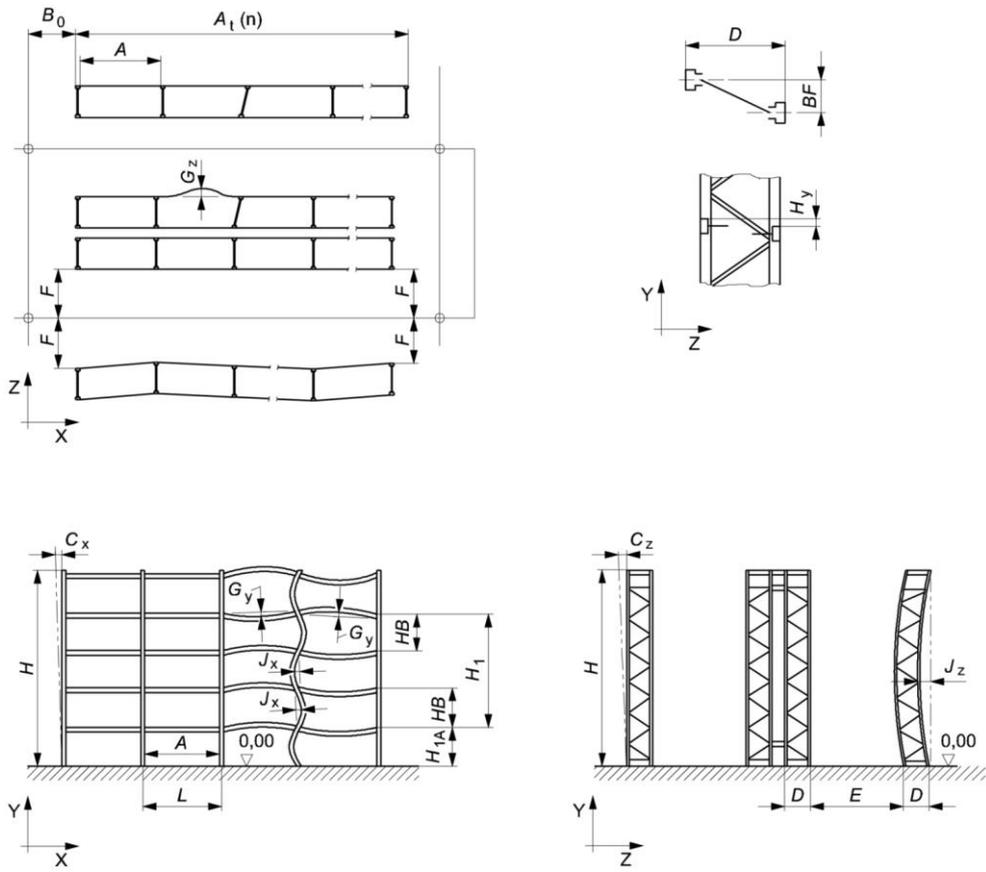


图 5.3.2-1 横梁式货架安装偏差

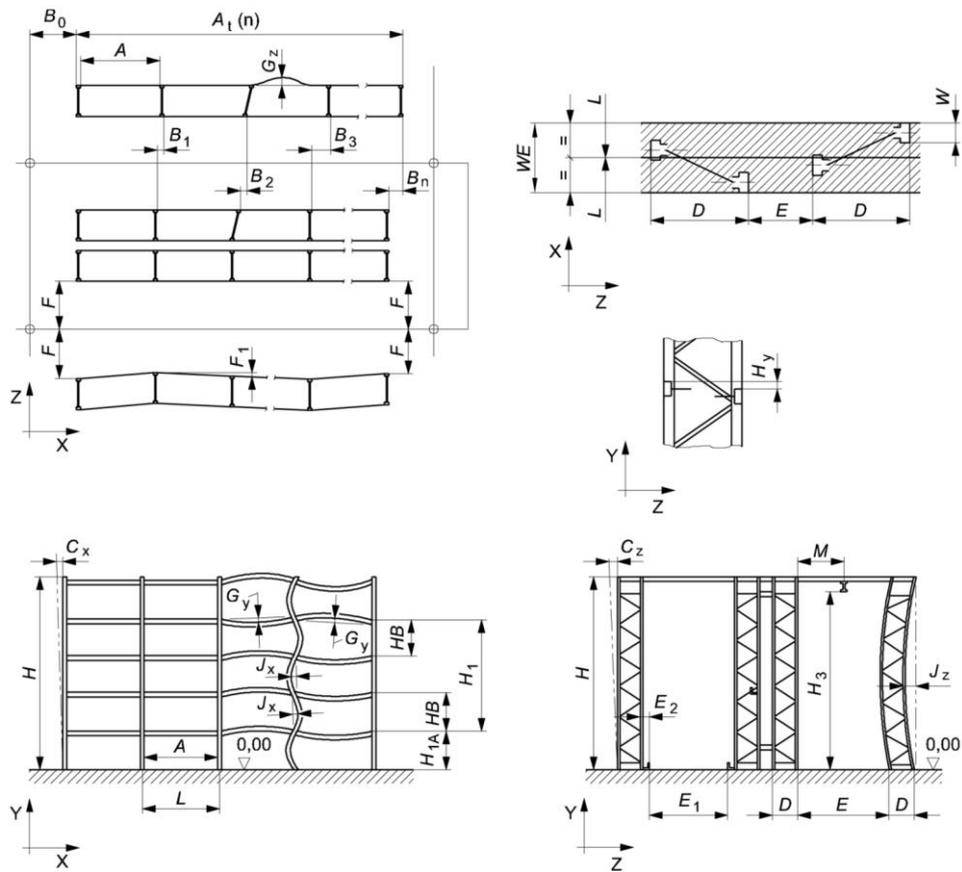


图 5.3.2-2 窄巷式货架安装偏差

2 驶入式货架的安装偏差不应超过表 5.3.2-2 与图 5.3.2-3 规定的极限偏差；

表 5.3.2-2 驶入式货架安装极限偏差（单位：毫米）

尺寸测量规则与描述	极限偏差
δA_T 单条驶入车道宽度尺寸偏差（顶部）	± 1.5
δA_B 单条驶入车道宽度尺寸偏差（底部）	± 5.0
$\delta A(n)$ 沿外部巷道方向 n 条驶入车道宽度尺寸累计偏差（顶部或底部）	$\pm 2.0n$
δE 立柱组沿外部巷道方向的同轴度偏差（顶部与底部分开测量）	± 3.0
C_x 货架立柱沿驶入车道方向倾斜程度（垂直度）	$\pm H/500$
C_z 货架立柱垂直于驶入车道方向倾斜程度（垂直度）	$\pm H/500$
δD 货架深度尺寸偏差	± 5.0 每立柱组
J_z 立柱沿垂直于驶入车道方向的初始弯曲	$\pm H/1000$
L 牛腿层高偏差	$\pm L_i/250$
M 同一储位左右牛腿高度偏差	± 6.0

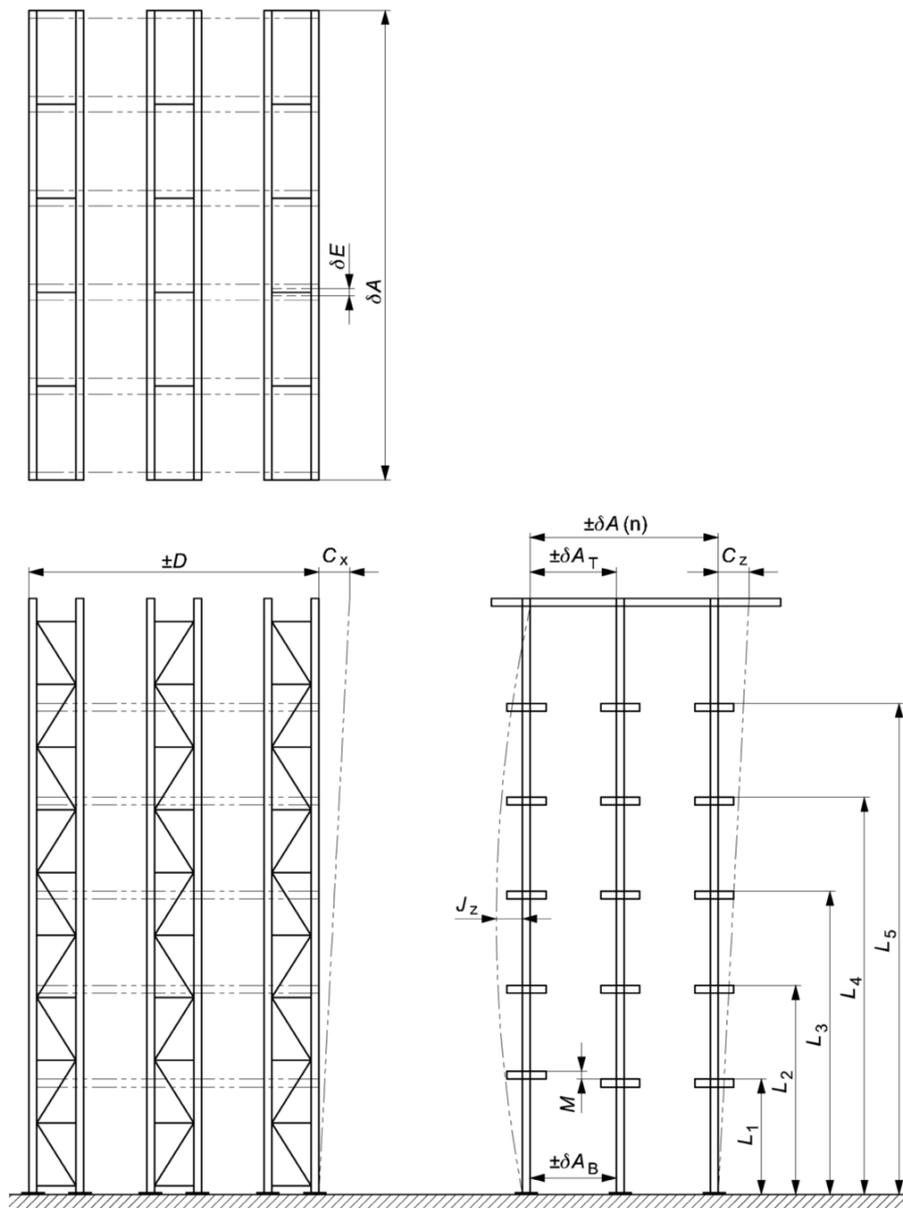
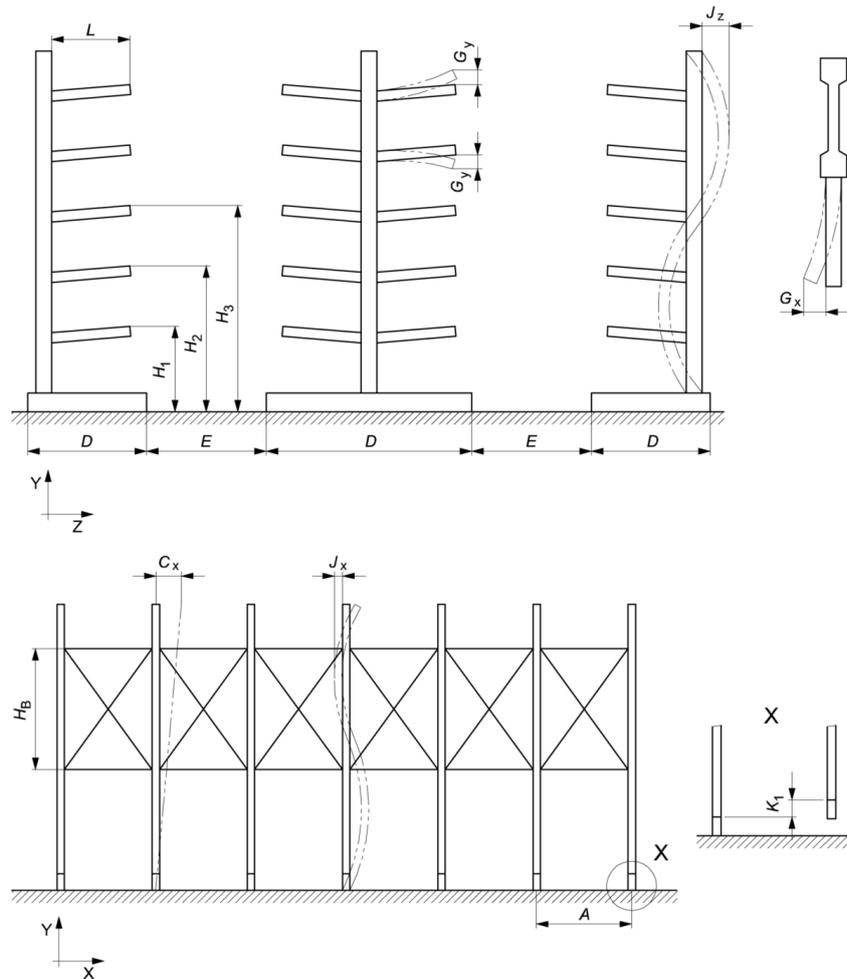


图 5.3.2-3 驶入式货架安装偏差

3 悬臂式货架的安装偏差不应超过表 5.3.2-3 与图 5.3.2-4 规定的极限偏差；

表 5.3.2-3 悬臂式货架安装极限偏差（单位：毫米）

水平方向（XZ 平面内）极限偏差	
尺寸测量规则与描述	极限偏差
δA 任意层高处单跨两立柱净距尺寸偏差	± 5
δA_n 靠近地坪处 n 跨货架总长累计偏差	$\pm 3n$
δB_0 货架端部相对于 Z 向基准线距离的偏差，在靠近地坪处测量	± 10
B_A 巷道两侧相对立柱轴线偏差，在靠近地坪处测量	± 25
C_x 货架立柱 X 方向倾斜程度（垂直度）	$\pm H/500$
C_z 货架立柱 Z 方向倾斜程度（垂直度）	$\pm H/500$
δD 货架深度尺寸偏差	± 6
δE 靠近地坪处货架巷道宽度偏差	± 15
δF 巷道沿 X 向基准线直线度偏差，在靠近地坪处测量	± 15
G_x 悬臂梁或底座沿 X 向直线度偏差	$\pm L/100$
J_x 间距 H_B 的两支撑梁之间的立柱沿 X 向的直线度偏差	± 5 与 $\pm H_B/300$ 较大值
J_z 立柱沿 Z 向的初始弯曲	$\pm H/500$
竖直方向（Y 向）极限偏差	
G_y 悬臂梁沿 Y 向的直线度偏差	$\pm L/250$
δH_{1A} 相邻底座上表面高度偏差	± 5
δH_1 底层悬臂梁上表面距底座高度偏差	± 10
δH_2 相邻悬臂梁间高度偏差	± 10



(a) 立面图

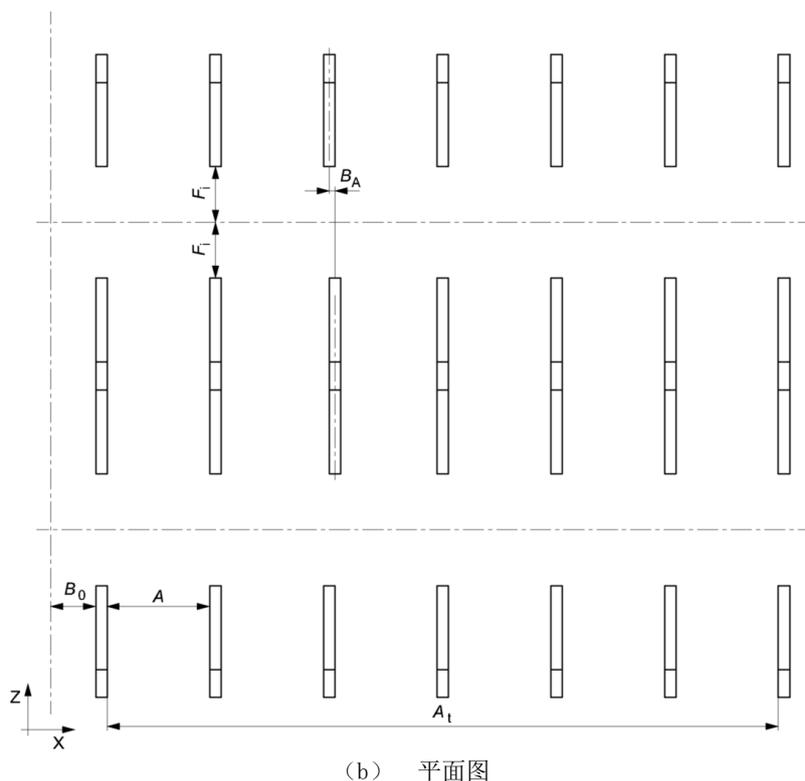


图 5.3.2-4 悬臂式货架安装偏差

4 自动化立体仓库货架的安装偏差应符合现行行业标准《立体仓库组合式钢结构货架 技术条件》(JB/T 11270)、《立体仓库焊接式钢结构货架 技术条件》(JB/T 5323)的有关规定;

5 阁楼式货架的安装偏差应符合现行行业标准《阁楼式货架》(WB/T 1116)的有关规定;

6 其他类型货架的安装偏差可参考以上规定。

5.3.3 钢构件质量按安装偏差可评定为 *a* 级、*b* 级、*c* 级三个等级。

1 *a* 级: 检测项的偏差全部满足本标准的要求;

2 *b* 级: 检测项的偏差至少有一项不满足本标准的要求, 所有不满足项应有 90% 及以上的检测构件满足本标准的要求, 且最大值 (或最小值) 不应超过其极限偏差值的 1.2 倍;

3 *c* 级: 除 *a* 级与 *b* 级外的其他情况。

5.4 构件变形

5.4.1 钢构件变形的检测应符合下列规定:

1 构件的变形应包括: 垂直度、挠度等项目;

2 构件的变形测量可采用水准仪、经纬仪、全站仪或三维扫描仪等仪器, 按照合理方法步骤进行量测;

3 垂直度、挠度应根据测点间相对位置差计算。

5.4.2 钢构件的变形应符合相应产品标准的规定。当无产品标准时:

1 立柱垂直度不应超过表 5.4.2-1 规定的限值;

表 5.4.2-1 货架立柱垂直度限值

货架类型	整体垂直度			层间位移角
	货架满载率 80% 及以上承载	货架承载 80% 以上后空载	货架满载率 80% 以下承载	

横梁式货架	1/160	1/260	线性插值	1/150
窄巷式货架	1/190	1/350	线性插值	1/180
驶入式货架	1/200	1/350	线性插值	1/190
穿梭车货架	1/190	1/350	线性插值	1/190
后推式货架	1/160	1/260	线性插值	1/150
重力式货架	1/160	1/260	线性插值	1/150
悬臂式货架	1/160	1/260	线性插值	1/150
阁楼式货架	1/190	1/350	线性插值	1/180
自动化立体库货架	1/1000	1/1000	线性插值	1/940

2 承载梁挠度不应超过表 5.4.2-2 规定的限值；

表 5.4.2-2 货架承载梁挠度限值

货架类型	满载挠度	备注
横梁式货架	L/200	L 为跨度
窄巷式货架	L/200&10mm	
驶入式货架	10mm	
穿梭车货架	10mm	
后推式货架	L/200	
重力式货架	L/200	
悬臂式货架	1/180	
阁楼式货架	L/250	
自动化立体库货架	L/300&10mm	

5.4.3 钢构件质量按变形可评定为 a 级、b 级、c 级三个等级。

1 a 级：检测项全部满足本标准的要求；

2 b 级：检测项至少有一项不满足本标准的要求，所有不满足项应有 90% 及以上的检测构件满足本标准的要求，且最大值（或最小值）不应超过其极限偏差值的 1.2 倍，且功能无影响；

3 c 级：除 a 级与 b 级外的其他情况。

5.5 构件缺陷与损伤

5.5.1 钢构件缺陷与损伤检测的内容包括表面质量、损伤残余变形、腐蚀等项目，并应符合下列规定：

1 构件表面质量可采用目测法检测；

2 构件损伤残余变形可用观察和尺量的方法检测；

3 构件的腐蚀可按本标准第 5.6 节的规定进行检测。

5.5.2 钢构件表面不应有裂纹、折叠、夹层，钢材端边或端口处不应有分层、夹渣等缺陷。当钢构件表面有锈蚀、麻点或划伤等缺陷时，其深度不得大于钢材厚度负偏差值的 1/2。

5.5.3 钢构件损伤残余变形应满足以下规定：

1 柱构件损伤后，局部屈曲模式的残余变形不应超过截面对应尺寸的 1/10，畸变屈曲模式的残余变形不应超过变形部分构件长度的 1/100，弯曲屈曲模式的残余变形，正面不应超过变形部分构件长度的 3/1000，侧面不应超过变形部分构件长度的 5/1000，如图 5.5.3 所示。

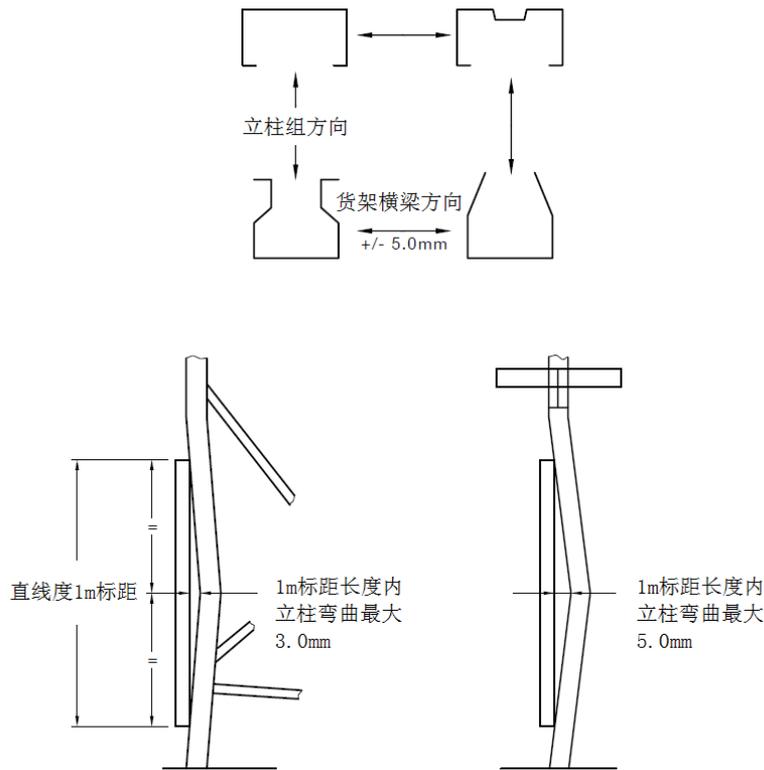


图 5.5.3 弯曲屈曲模式的残余变形

2 梁构件损伤后,局部屈曲模式的残余变形不应超过对应截面尺寸的 1/10,弯曲屈曲模式的残余变形不应超过构件长度的 1/500。

3 杆构件损伤后,弯曲屈曲模式的残余变形不应超过变形部分构件长度的 1/100。

5.5.4 钢构件质量按缺陷和损伤可评定为 a 级、b 级、c 级三个等级。

1 a 级: 构件满足本标准的要求,对结构承载无影响;

2 b 级: 构件不满足本标准的要求,对结构承载有一定影响,如构件的定量检测项,正的最大值(或负的最小值)超过规定限值的 1.0 倍但不超过 2.0 倍;

3 c 级: 构件不满足本标准的要求,对结构承载有严重影响。

5.6 构件腐蚀

5.6.1 钢构件腐蚀检测的内容包括腐蚀损伤程度、腐蚀速度。

5.6.2 钢构件腐蚀损伤程度检测应符合下列规定:

1 检测前,应先清除待测表面积灰、油污、锈皮;

2 对均匀腐蚀情况,测量腐蚀损伤板件的厚度时,应沿其长度方向选取 3 个腐蚀较严重的区段,且每个区段选取 8~10 个检测点测量构件厚度,取各区段量测厚度的最小算术平均值。作为该板件实际厚度,腐蚀严重时,测点数应适当增加;

3 对局部腐蚀情况,测量腐蚀损伤板件的厚度时,应在其腐蚀最严重的部位选取 1~2 个截面,每个截面选取 8~10 个测点测量板件厚度,取各截面测量厚度的最小算术平均值,作为板件实际厚度,并记录测点的位置,腐蚀严重时,测点数可适当增加。

5.6.3 板件腐蚀损伤量应取初始厚度减去实际厚度。初始厚度应根据构件未腐蚀部分实测厚度确定。在没有未腐蚀部分的情况下,初始厚度应取下列两个计算值的较大者:

1 所有区段全部测点的算术平均值加上 3 倍的标准折;

2 公称厚度减去允许负公差的绝对值。

5.6.4 钢构件后期的腐蚀速度可根据构件当前腐蚀程度、受腐蚀的时间以及最近腐蚀环境扰动等因素综合确定，并可结合结构的后续目标使用年限，判断构件在后续目标使用年限内的腐蚀残余厚度。

5.6.5 钢构件质量按腐蚀程度可评定为 *a* 级、*b* 级、*c* 级三个等级。

1 *a* 级：防腐涂层完好或局部鼓起、但尚有光泽，钢材表面无腐蚀或轻度少量点状腐蚀；

2 *b* 级：防腐涂层大面积剥落或鼓起，钢材表面呈麻面状锈蚀，平均锈蚀深度超过 0.05 倍的板件厚度；

3 *c* 级：防腐涂层完全剥落，钢材严重腐蚀，发生层蚀、坑蚀现象，平均锈蚀深度超过 0.1 倍板件厚度。

5.7 构件涂装

5.7.1 钢构件涂装的检测应包括涂层外观质量、涂层厚度、涂层硬度与涂层脱离主材抗性。

5.7.2 涂层外观质量检测可采用目测法。涂层不应有漏涂，表面不应存在脱皮、泛锈、龟裂和起泡等缺陷，不应出现裂缝。涂层应均匀、无明显皱皮、流坠、乳突、针眼和气泡等。涂层与钢基材之间应粘结牢固，无空鼓、脱层、明显凹陷、粉化松散和浮浆等缺陷。

5.7.3 涂层厚度可采用涂层测厚仪检测。同一构件应检测 5 处，每处的数值为 3 个相距 50mm 测点涂层厚度的平均值。应按照现行国家标准《色漆和清漆 漆膜厚度的测定》(GB/T 13452.2) 执行。涂层厚度应符合相应产品标准的规定。当无产品标准时，涂层厚度平均值不宜小于 60 μm，且最薄处不宜小于 40 μm。

5.7.4 涂层硬度可采用铅笔法检测。应按照现行国家标准《色漆和清漆 铅笔法测定漆膜硬度》(GB/T 6739) 执行。涂层硬度应符合相应产品标准的规定。当无产品标准时，涂层硬度不宜低于 GB/T 6739 重对铅笔硬度 H 级的硬度。

5.7.5 涂层脱离主材抗性可采用划格法检测。应按照现行国家标准《色漆和清漆 漆膜的划格试验》(GB/T 9286) 执行。涂层脱离主材抗性应符合相应产品标准的规定。当无产品标准时，涂层脱离主材抗性不宜低于 GB/T 9286 中 2 级的要求。

5.7.6 钢构件质量按涂装可评定为 *a* 级、*b* 级、*c* 级三个等级。

1 *a* 级：检测项全部满足本标准的要求；

2 *b* 级：检测项至少有一项不满足本标准的要求，但不影响构件耐久性；

3 *c* 级：除 *a* 级与 *b* 级外的其他情况。

5.8 构件试验

5.8.1 构件试验，应根据设计、制作、安装、使用条件等，选择有代表性的构件进行。

5.8.2 下列情况应通过构件试验进行评定：

1 按现有计算手段尚不能准确做出评定；

2 验算缺少应由的参数，如约束条件、荷载取值等；

3 需要确定构件的实际承载能力。

5.8.3 根据要求构件试验可分为下列三类：

1 确定构件正常工作状态下工作性能的验证性试验；

2 确定构件设计承载能力的承载力试验；

3 确定构件极限承载能力的破坏试验。

5.8.4 构件的承载力试验可进行原型或足尺模型荷载试验，进行现场荷载试验的构件应具有代表性，试验前应制定详细的试验方案。试验方案可按附录 A 制定，并应在试验前征得有关各方同意。构件模拟试验，可以从原结构中取样，也可以按照构件的实际尺寸另行加工试样。从结构中取样时应确保原结构的安全；另行加工试样时应保持与原构件的相似性。

5.8.5 对构件进行试验难以模拟实际受力状态时，应采用数值方法模拟构件的受力性能。数值模拟应采用成熟的有限元软件进行，应考虑构件的主要损伤和缺陷。

6 连接和节点的检测与评定

6.1 一般规定

- 6.1.1 连接和节点的检测内容应包括：连接和节点的几何特征、缺陷变形与损伤、腐蚀状况、节点的功能状态以及材料性能。
- 6.1.2 连接和节点检测前，应清除检测部位表面的油污、浮锈和其他杂物。
- 6.1.3 连接和节点的腐蚀与涂装防护，可按本标准第 5.6 节和第 5.7 节的规定进行检测。
- 6.1.4 下列情况下，连接和节点宜通过试验进行检测与评定：
- 1 按现有手段尚不能准确评定连接和节点的性能；
 - 2 连接和节点验算缺少应有的参数。

6.2 焊缝连接

- 6.2.1 焊缝检测的内容应包括焊缝质量、焊缝构造及其尺寸、焊缝腐蚀以及开裂状况。
- 6.2.2 焊缝检测的抽样应符合下列规定：
- 1 结构关键部位焊缝的检测，应全数普查和目测外观质量；
 - 2 对外观质量检查有疑问的焊缝，应进行无损探伤，抽样比例不应少于 2%，且不应少于 3 处；
 - 3 焊缝长度每 300mm 应定义为 1 处，小于或等于 300mm 者，每条焊缝为 1 处；
 - 4 抽样位置应覆盖结构的关键受力部位、大部分区域以及不同的焊缝形式。
- 6.2.3 焊缝质量检测内容应包括角焊缝的外观质量、对接焊缝的外观质量和内部缺陷。外观质量包括裂纹、咬边、根部收缩、弧坑、电弧擦伤、表面夹渣、焊缝饱满程度、表面气孔和腐蚀程度。检测应按下列要求进行：
- 1 焊缝外观质量检测，宜采用辅以放大镜的目测，当目测不能满足检测要求时，可采用磁粉探伤或渗透探伤；
 - 2 对接焊缝内部质量检测，可采用超声波无损检测法；当超声波检测不适用时，可采用射线探伤检测。
- 6.2.4 焊缝尺寸应包括焊缝长度、焊缝余高，角焊缝尚应包括焊脚尺寸。测量焊缝余高和焊脚尺寸时，应沿每处焊缝长度方向均匀量测 3 点，取其算术平均值作为实际尺寸。焊缝的细部构造可采用目测检查。
- 6.2.5 对于严重腐蚀的焊缝，应检查焊缝截面的腐蚀程度、剩余焊缝的长度和高度。

6.3 螺栓连接

- 6.3.1 螺栓连接检测的内容应包括连接的构造及尺寸、变形及损伤、腐蚀状况、螺栓等级。当不能确定等级时，可取样进行力学性能检验。
- 6.3.2 螺栓连接检测的方法宜为观察、尺量、锤击检查等方法。
- 6.3.3 螺栓连接检测的抽样应符合下列规定：
- 1 检测的抽样比例不应少于同类节点数的 2%，且不应少于 3 个节点，抽查位置应覆盖结构的大部分区域以及不同连接形式的区域；同类节点总数不足 10 个时，应全数检查；每个抽查节

点检测的螺栓数不应少于 10%，且不应少于 1 个。

2 有损伤的节点和指定检测的节点，应全数检查。

6.3.4 螺栓连接的尺寸和构造的检测应包括：螺栓的规格、孔径、间距、边距，螺栓的质量等级、数量、排列方式，节点板尺寸和构造；高强度螺栓连接尚应包括螺母数量、螺栓头露出螺母的长度、节点板及母材的厚度。

6.3.5 螺栓连接的变形及损伤的检测应包括：螺杆断裂、弯曲，螺栓脱落、松动、滑移，连接板栓孔挤压破坏，腐蚀程度。

6.4 梁柱节点

6.4.1 梁柱节点的检测内容应包括：挂片尺寸与定位、焊缝连接、螺栓连接、安全插销、安装偏差、变形与损伤、节点腐蚀状况。

6.4.2 梁柱节点检测的抽样应符合下列规定：

1 检测比例不应少于同类节点数的 2%，且不应少于 3 个节点，抽查位置应覆盖结构的大部分区域以及不同连接形式的区域；

2 有损伤的梁柱节点和指定检测的梁柱节点，应全数检查；

3 当发现梁柱节点有影响结构承载力的严重缺陷时，应全数检测。

6.4.3 梁柱节点质量可按表 6.4.3 所列内容中出现的最低等级，评定为 a 级、b 级、c 级三个等级。

表 6.4.3 货架梁柱节点质量等级评定

项目	级别		
	a 级	b 级	c 级
挂片尺寸与定位	基本满足设计要求，不大于允许偏差	不满足设计要求，不大于允许偏差的 2 倍	不满足设计要求，大于允许偏差的 2 倍
焊缝连接	基本满足《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205) 要求，无开裂，无锈蚀	不满足《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205) 要求，有影响节点性能的缺陷，轻度锈蚀	不满足《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205) 要求，变形裂损，锈蚀严重
螺栓连接	基本满足《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205) 要求，螺杆无断裂、螺帽无松动无脱落	不满足《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205) 要求，螺杆无断裂、螺帽有松动有脱落	不满足《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205) 要求，螺杆有断裂、螺帽有松动有脱落
安全插销	安全插销安装到位	安全插销有脱出趋势	安全插销缺失
安装偏差	挂齿插入完全立柱孔，紧密牢固	挂齿部分插入立柱孔，有脱出趋势	挂齿从立柱孔中脱出，虚挂
变形与损伤	挂片与挂齿无变形无损伤	挂片或挂齿轻微变形，挂齿有掰弯趋势	挂片或挂齿严重变形，挂齿根部开裂
节点腐蚀	见第 5.6 节	见第 5.6 节	见第 5.6 节

6.5 柱脚节点

6.5.1 柱脚节点的检测内容应包括：底板尺寸与定位、垫片尺寸与定位、焊缝连接、螺栓连接、地坪锚栓、变形与损伤、节点腐蚀状况。

6.5.2 柱脚节点检测的抽样应符合下列规定：

1 检测比例不应少于同类节点数的 2%，且不应少于 3 个节点，抽查位置应覆盖结构的大部分区域以及不同连接形式的区域；

2 有损伤的柱脚节点和指定检测的柱脚节点，应全数检查；

3 当发现柱脚节点有影响结构承载力的严重缺陷时，应全数检测。

6.5.3 柱脚节点的地坪锚栓应符合相应设计标准的规定。当无设计标准时，可参照表 6.5.3。

表 6.5.3 货架柱脚节点技术标准

螺栓直径 (mm)	M8	M10	M12	M16	M20
最小预紧力矩 (N·m)	20	30	40	60	80
最小埋深 (mm)	65	80	95	115	140
最小实测抗拔力 (kN)	3.6	5.7	7.3	11.4	16.2

6.5.4 柱脚节点质量可按表 6.5.4 所列内容中出现的最低等级，评定为 a 级、b 级、c 级三个等级。

表 6.5.4 货架柱脚节点质量等级评定

项目	级别		
	a 级	b 级	c 级
底板尺寸与定位	基本满足设计要求，不大于允许偏差，底板扭转幅度不超过边长 1/10	不满足设计要求，不大于允许偏差的 2 倍，底板扭转幅度不超过边长 1/5	不满足设计要求，大于允许偏差的 2 倍，底板扭转幅度大于边长 1/5
垫片尺寸与定位	基本满足设计要求，垫片覆盖立柱截面区域	不满足设计要求，立柱超出垫片覆盖区域	不满足设计要求，垫片缺失导致底板悬空
焊缝连接	基本满足《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205) 要求，无开裂，无锈蚀	不满足《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205) 要求，有影响节点性能的缺陷，轻度锈蚀	不满足《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205) 要求，变形裂损，锈蚀严重
螺栓连接	基本满足《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205) 要求，螺杆无断裂、螺帽无松动无脱落	不满足《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205) 要求，螺杆无断裂、螺帽有松动有脱落	不满足《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205) 要求，螺杆有断裂、螺帽有松动有脱落
地坪锚栓	满足第 6.5.3 节要求	不满足第 6.5.3 节要求但无损坏	不满足第 6.5.3 节要求且有损坏
变形与损伤	所有组件无损坏	组件有轻微损坏	组件损坏严重
节点腐蚀	见第 5.6 节	见第 5.6 节	见第 5.6 节

6.6 节点试验

6.6.1 节点试验，应根据设计、制作、安装、使用条件等，选择有代表性的节点进行。

6.6.2 下列情况应通过节点试验进行评定：

- 1 按现有计算手段尚不能准确做出评定；
- 2 验算缺少应由的参数，如约束条件、荷载取值等；
- 3 需要确定节点的实际承载能力。

6.6.3 根据要求节点试验可分为下列三类：

- 1 确定节点正常工作状态下工作性能的验证性试验；
- 2 确定节点设计承载能力的承载力试验；
- 3 确定节点极限承载能力的破坏试验。

6.6.4 对节点可进行原型或足尺模型荷载试验，试验方案可按附录 A 制定，并应在试验前征得有关各方同意。节点模拟试验，可以从原结构中取样，也可以按照节点的实际尺寸另行加工试样。从结构中取样时应确保原结构的安全；另行加工试样时应保持与原节点的相似性。

6.6.5 对节点进行试验难以模拟实际受力状态时，应采用数值方法模拟节点的受力性能。数值模拟应采用成熟的有限元软件进行，并应考虑节点的主要损伤和缺陷。

7 货架钢结构系统评定

7.1 一般规定

7.1.1 在对货架钢结构进行详细检测、分析验算和评定之前，应先对结构系统的完整性进行检测与评定。

7.1.2 货架钢结构系统评定可采用理论计算、数值模拟、现场检查、现场试验或模型试验等方法。

7.1.3 结构分析时应考虑环境、结构累计损伤对材料、构件、节点以及结构性能的影响。理论分析所需的各种几何尺寸、材料特性参数、连接特征参数应根据检测结果取值。分析所采用的简化方法和近似假定，应有理论或试验依据或经工程实践验证。分析采用的计算模型应是根据结构实际状况建立的二维或三维模型，并应符合货架钢结构的实际构造和实际工作状态。

7.1.4 当结构按承载能力极限状态验算时，根据结构对荷载的反应，可采用线性或非线性理论；当结构按正常使用极限状态验算时，可采用线性理论，必要时可采用非线性理论。

7.1.5 当结构按承载能力极限状态验算和按正常使用极限状态验算时，应根据货架类型，按相关货架结构设计标准规定的荷载（作用）对结构的整体进行荷载（作用）效应分析。

7.2 系统安全性评定

7.2.1 货架钢结构系统安全性等级评定，应按结构系统完整性和结构系统的承载安全性两个项目分别评定，并取其中的较低等级作为结构系统的安全性等级。

7.2.2 货架钢结构系统完整性包括结构布置与选型、支撑系统两个项目，并按下列标准评定等级：

A₀级：结构形式和构件选型正确，结构和支撑布置合理，传力路线明确合理，结构构造和连接可靠，没有薄弱部位，结构系统完备，满足安全使用要求。

B₀级：结构形式和构件选型基本正确，结构和支撑布置合理，传力路线基本合理，结构构造和连接基本可靠，没有明显薄弱部位，结构整体系统完备，局部不满足要求，但不影响安全使用。

C₀级：结构和支撑布置基本合理，存在薄弱部位，结构形式、构件选型、结构构造和连接不符合要求，影响安全使用，应采取措施。

D₀级：结构和支撑布置、结构形式、构件选型、结构构造和连接不符合要求，危机安全，必须及时采取措施。

7.2.3 货架钢结构系统的承载安全性等级，应根据结构体系的特点、空间作用性能、损伤程度以及结构上的荷载（作用）等，按现行货架结构设计标准规定的结构分析原则和方法，建立合理的计算模型，对结构抗力与作用效应进行分析，按下列标准评定结构系统的承载安全性等级：

A₀级：结构各部分承载力均满足建造时或最后一次改造时所执行的货架结构设计标准，即符合下式要求。

$$R_d \geq \gamma_0 S_d \quad (7.2.3-1)$$

式中： γ_0 ——结构重要性系数，应按建造时或最后一次改造时所执行的标准采用；

S_d ——荷载基本组合效应的设计值；

R_d ——结构构件抗力的设计值。

B_u 级：结构各部分承载力基本满足建造时或最后一次改造时所执行的货架结构设计标准，局部结构承载力下降不超过 10%，即符合下式要求。

$$R_d \geq 0.9\gamma_0 S_d \quad (7.2.3-2)$$

C_u 级：结构承载力无法满足建造时或最后一次改造时所执行的货架结构设计标准，但局部结构承载力下降不超过 20%，即符合下式要求。

$$R_d \geq 0.8\gamma_0 S_d \quad (7.2.3-3)$$

D_u 级：结构承载力无法满足建造时或最后一次改造时所执行的货架结构设计标准，局部结构承载力下降超过 20%，即不符合式 (7.2.3-3) 要求。

7.3 系统适用性评定

7.3.1 货架钢结构系统适用性等级评定，应按结构侧向位移变形和承载梁挠曲变形两个项目分别评定等级，并取其中的较低等级作为结构系统的适用性等级。

7.3.2 货架钢结构系统适用性等级评定，可根据验算分析结果或 5.4 节构件变形评定结果，按照表 7.3.2 的规定评定等级：

表 7.3.2 货架钢结构适用性等级

等级	A_s	B_s	C_s	D_s
评定内容	符合设计规定，所有构件均为 a 级	基本符合设计规定，不影响正常使用，不含 c 级构件	不符合设计规定，影响正常使用，含 c 级构件	不符合设计规定，不能正常使用，全为 c 级构件

7.4 系统耐久性评定

7.4.1 货架钢结构系统耐久性等级评定，应按结构腐蚀现状和结构防腐现状两个项目分别评定等级，并取其中的较低等级作为结构系统的耐久性等级。

7.4.2 货架钢结构系统的耐久性等级，可根据该结构体系中各种构件及节点的重要性、对整体结构安全或失效所起的作用或影响及其构件及节点本身的腐蚀与涂装质量等级按表 7.4.2 进行综合评定。

表 7.4.2 货架钢结构耐久性等级

等级		A_d	B_d	C_d	D_d
评定内容	对结构安全起控制作用的立柱、承载梁及其节点	a	腐蚀 a 涂装 b	腐蚀 b 涂装 c	c
	对结构安全起控制作用的支撑及其节点	a	腐蚀 a 涂装 b	腐蚀 b 涂装 c	c
	其他构件及其节点	b	c	-	-

附录 A 货架钢结构性能的静力荷载试验

A.1 一般规定

- A.1.1** 本附录适用于货架钢结构的静力荷载检测，不适用于动力荷载与疲劳性能的检测。
- A.1.2** 货架钢结构的静力荷载试验可分为使用性能检测、承载力检测和破坏性检测；使用性能检测和承载力检测的对象可以是实际的结构、构件或节点，也可以是足尺或缩尺模型；破坏性检测的对象可以是不再使用的结构、构件或节点，也可以是足尺寸的模型。必要时，可进行材性试验。
- A.1.3** 检测装置和设施，应能模拟结构实际荷载的大小和分布，应能反映结构或构件实际工作状态，加载点和支座处不得出现不正常的偏心，同时，应保证构件的变形和破坏不影响检测数据的准确性，不造成检测设备的损坏和人员伤亡事故。
- A.1.4** 检测的荷载，应分级加载，每级荷载不宜超过最大荷载的 20%，在每级加载后应保持足够的静止时间，并检查试件是否存在断裂、屈服、屈曲的迹象。
- A.1.5** 变形测试，应考虑支座沉降变形的影响，正式检测前应施加一定的初始荷载，然后卸载，使试件和检测装置正确到位。加载过程中应记录荷载变形曲线，当曲线表现出明显非线性时，应减小荷载增量。
- A.1.6** 达到使用性能或承载力检测的最大荷载后，应持荷至少 1 小时，每隔 15 分钟测取一次荷载和变形值，直到变形值在 15 分钟内增加量不超过上一次测量值的 1% 为止。然后应分级卸载，在每一级荷载和卸载全部完成后测量变形值。
- A.1.7** 采用模型试验时，应对模型实际采用的材料进行材料性能试验。材料性能试验内容，应根据试验模型承载性能分析中需要的材料性能指标来确定。

A.2 使用性能检测

- A.2.1** 使用性能检测用以证实结构、构件或节点在规定荷载的作用下出现设计允许的弹性变形，经过检测且满足要求的结构、构件或节点应能正常使用。
- A.2.2** 在规定荷载作用下，某些结构、构件或节点可能会出现局部变形，但这些变形的出现应是事先确定的且不表明结构、构件或节点受到损伤。
- A.2.3** 检测的荷载，在无明确要求的条件下，应取下列荷载之和：
- 1.0×实际自重；
 - 1.15×其他恒载；
 - 1.0×存储单元荷载；
 - 1.25×其他可变荷载；
- A.2.4** 经检测的结构、构件或节点应满足下列要求：
- 荷载变形曲线宜基本为线性关系；
 - 卸载后残余变形不应超过所记录到最大变形值的 20%。
- A.2.5** 当上条要求不满足时，可重新进行检测。第二次检测中的荷载变形基本上呈线性关系，新的残余变形不得超过第二次检测中所记录到的最大变形的 10%。

A.3 承载力检测

- A. 3.1 承载力检测用于证实结构、构件或节点的设计承载力。
- A. 3.2 在进行承载力检测前，宜先进行 A. 2 节所述使用性能检测且结构检测满足相应的要求。
- A. 3.3 承载力检测的荷载，应采用永久荷载和可变荷载适当组合的承载力极限状态设计荷载的 1.2 倍。
- A. 3.4 承载力检测结果的评定，在检测荷载作用下，结构、构件或节点的任何部分不应出现屈服破坏或断裂破坏，卸载后，试件的残余变形不应超过总变形量的 20%。

A. 4 破坏性检测

- A. 4.1 破坏性检测用于确定结构或模型的实际承载力。
- A. 4.2 进行破坏性检测前，先进行设计承载力的检测，并根据检测情况估算被检测试件的实际承载力。
- A. 4.3 破坏性检测的加载，应先分级加到设计承载力的检测荷载，根据荷载变形曲线确定随后的加载增量，然后加载到不能继续加载为止，此时的承载力即为结构的实际承载力。

A. 5 现场荷载试验方法

- A. 5.1 使用性能检测与承载力检测可进行现场荷载试验，破坏性检测不宜进行现场荷载试验。
- A. 5.2 现场试验宜采用均布加载。当试验荷载与目标使用期内的荷载形式不同时，应按荷载等效原则换算。
- A. 5.3 均布荷载宜用荷重块，可以采用现场经计量后的袋砂、袋石子、袋水泥或砖块等。荷重块应通过现场实际使用的托盘或其他器具施加在结构或构件上。
- A. 5.4 现场荷载的施加，应按照 A. 1 的规定逐级加载，也可采用与实际存取一致的方式施加。
- A. 5.5 在最大试验荷载作用下应持续 1 小时以上。在持续时间内应观察试件的反应。持续时间结束时，应观察并记录各项读数。

A. 6 基于试验的设计指标确定

- A. 6.1 基于试验的承载力设计值，应由下式确定：

$$R_d \leq (R_{\min}/k_t) / \gamma_R^t \quad (\text{A. 6. 1})$$

式中： R_d ——基于试验的承载力设计值；

R_{\min} ——承载力试验结果的最小值；

k_t ——考虑结构试件变异性的因子，根据结构特性变异系数 k_{sc} 按表 A. 6. 1 取用；

γ_R^t ——基于试验的抗力分项系数，可依据试验原型设计时对应的可靠指标 β 确定， $\gamma_R^t = 1.0 + 0.15(\beta - 2.7)$ 。

表 A. 6. 1 考虑结构试件变异性的因子 k_t

试件数量	结构特性变异系数 k_{sc}					
	5%	10%	15%	20%	25%	30%
1	1.18	1.39	1.63	1.92	2.25	2.63
2	1.13	1.27	1.42	1.60	1.79	2.01
3	1.10	1.22	1.34	1.48	1.63	1.79
4	1.09	1.19	1.29	1.40	1.52	1.65
5	1.08	1.16	1.25	1.35	1.45	1.56
10	1.05	1.10	1.16	1.22	1.28	1.34
100	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

A. 6. 2 结构特性变异系数 k_{sc} ，可由下式计算：

$$k_{sc} \leq (k_t^2 + k_m^2)^{0.5} \quad (\text{A. 6. 2})$$

式中： k_t ——几何尺寸不定性变异系数，对于连接可取 0.1；

k_m ——材料强度不定性变异系数，对于连接可取 0.1。

本规程用词说明

- 1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《金属材料拉伸试验第1部分：室温试验方法》GB/T 228.1
《金属材料弯曲试验方法》GB/T 232
《金属材料夏比摆锤冲击试验方法》GB/T 229
《低合金高强度结构钢》GB/T 1591
《碳素结构钢》GB/T 700
《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231
《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632
《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939
《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1
《紧固件机械性能螺母》GB/T 3098.2
《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205
《钢和铁化学成分测定用试样的取样和制样方法》GB/T 20066
《钢的成品化学成分允许偏差》GB/T 222
《钢丝验收、包装、标志及质量证明书的一般规定》GB/T 2103
《低碳钢热轧圆盘条》GB/T 701
《焊接用钢盘条》GB/T 3429
《焊接用不锈钢盘条》GB/T 4241
《熔化焊用钢丝》GB/T 14957
《结构用不锈钢无缝钢管》GB/T 14975
《结构用无缝钢管》GB/T 8162
《直缝电焊钢管》GB/T 13793
《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 709
《冷轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 708
《立体仓库组合式钢结构货架 技术条件》JB/T 11270
《立体仓库焊接式钢结构货架 技术条件》JB/T 5323
《阁楼式货架》WB/T 1116
《色漆和清漆 漆膜厚度的测定》GB/T 13452.2
《色漆和清漆 铅笔法测定漆膜硬度》GB/T 6739
《色漆和清漆 漆膜的划格试验》GB/T 9286
《工业厂房可靠性鉴定标准》GB50144
《Steel static storage systems-Tolerances, deformations and clearances》BS EN 15620
《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621
《钢结构焊接规范》GB 50661

货架钢结构工程检测与评定专项规程

条文说明

1 总 则

1.0.1 本条是编制本规程的目的。货架钢结构在新建过程中或在使用一段时间后出现问题，需要对其性能及时做出准确的评价，只有对结构的安全性、适用性和耐久性有了全面的了解，才能提出即经济又合理的处理方案。为了使在建及既有货架钢结构的“检测”和“评定”有章可循，制订了本规程。

1.0.2 本规程货架钢结构包括但不限于：横梁式、驶入式、穿梭式、窄巷式、后推式、重力式、悬臂式、搁板式、阁楼式、自动化立体库、库架一体式货架钢结构。对新型结构形式或有特殊要求的货架可参照执行，由委托方提出具体要求。

1.0.3 在实际工作中，本规程应和国家现行有关标准结合使用。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.2 为了使在建或已有货架钢结构的“检测”与“评定”工作标准化，保证“检测”和“评定”工作的质量，本条规定了必须按本规程进行结构检测和评定的各种情况。其中对于已有货架钢结构，有定期检测的必要性，因为货架作为一种仓储设备，必须与搬运设备配合使用，搬运设备运行时大概率会对货架造成超出设计预期的损伤。

3.1.4 货架钢结构可分为两个层次进行评定。货架钢结构的构件或节点数目众多且易损坏，需要定期进行检测与维护。由于货架钢结构为完全装配式结构，对损坏构件的更换相对容易。因此，将损坏件更换为与原设计相同的完整构件，即可保证结构恢复至未损状态。在符合评定目的要求的条件下，可仅进行低层次项目评级。如果有需要，可以通过系统建模分析校核、现场勘查试验等，对已修复结构或未修复结构进行高层次项目等级评定。

3.4 评定标准

本节的评定标准，采用文字描述的方式做出了统一规定。本规程其他章节，包括以数值描述的量化指标，均按照本节规定的原则制订。

为了使综合性的等级评定结果表达清晰、结果唯一，需要规定评级的层次标准。本条规定是参照现行国家标准《工业厂房可靠性鉴定标准》(GB50144)规定的评级层次，并结合货架钢结构本身的特点制定的。

4 材料的检测与评定

4.2 力学性能

4.2.1 既有钢货架结构钢材的力学性能检测试样应采用在结构中切取的方法。

4.2.3 如果表 4.2.3 中尚不能包含结构所采用的钢材时，则应根据实际采补钢材选取相应的国家现行标准作为试验和评定依据。

4.2.5 强度设计值的“0.85 倍”试验屈服强度取值原则依据国家现行标准《高耸与复杂钢结构检测与鉴定技术标准》(GB 51008)。

4.3 化学成分

4.3.1 对受损钢构件及连接件材质变化的化学成分分析，其取样部位应保证成分均匀。

4.3.3 如果被检测的钢材没有产品出厂证明资料或质保书，无法确定其是否满足相应的产品标准时，就应该进行化学分析，以验证其是否为原设计要求的钢材，是否符合设计要求和对应的国家现行标准。

5 构件的检测与评定

5.1 一般规定

5.1.2 货架钢结构构件的检测内容中，材料性能检测可按本规程第 4 章的有关规定执行，构件连接性能检测可按第 6 章有关规定执行。

5.1.3 考虑了既有货架钢结构与在建货架钢结构的的不同特点：

1 本条针对在建货架钢结构，货架构件总量往往很大，一般不可能全数检测，而通常采用抽样检测法，即从检验批中抽出少量个体组成样本，对样本进行规定项目的检测，而后，由样本检测参数法去推断检测批的检测参数。

2 本条针对既有货架钢结构。由于货架每个储位都需要存取货物操作，导致每个位置的构件都有损坏的可能，因此对于既有货架钢结构构件理论上应进行全数检测。对于货物的遮挡导致的不能完成检测的构件，应通过建立即时检查、定期巡检、年度检测三个层级的检测机制，保证在约定周期内完成。

5.1.4 因委托方要求，可仅对单个构件或部分构件进行检测，但检测结果即评定结论仅对检测构件有效。

5.2 构件几何尺寸制作偏差

5.2.2 结合货架制造商的加工标准，参考相关的货架产品标准，对构件钢材厚度、构件横截面尺寸、构件轴线或中心线尺寸、构件直线度、构件扭转度和构件板件平整度规定了标准。

5.2.3 本条中的 90%的规定是参照《钢结构工程施工质量验收标准》(GB 50205)及工程实际情况确定的。考虑到货架钢结构对缺陷的敏感性，本条对偏差设定了一个 1.2 倍偏差限值的门槛值。

5.3 构件安装偏差

5.3.1 钢构件安装偏差的检测可选择适宜现场情况的仪器与方法，检测精度应符合检测项的量值水平，宜进行不确定度的评定。

5.3.2 货架钢结构相对于设计标准的安装偏差，对结构发挥设计承载有着重要影响。结合工程实际情况，参考《Steel static storage systems-Tolerances, deformations and clearances》(BS EN 15620)、《立体仓库组合式钢结构货架 技术条件》(JB/T 11270)、《立体仓库焊接式钢结构货架 技术条件》(JB/T 5323)和《阁楼式货架》(WB/T 1116)，制订了本条的标准限值。

5.4 构件变形

5.4.2 货架钢结构构件的变形，一方面影响结构的承载，导致二阶效应增大；另一方面影响结构的正常使用，变形过大后，搬运设备无法准确地进行货架上货物的存取操作。

1 货架承受货物荷载后，参考相应类型的货架产品标准与工程实践，确定了本条立柱垂直度标准的限值。货架钢结构立柱与横梁之间为插接式组装连接，初始安装存在一定的间隙，当承受货物荷载后间隙会减小，但是卸载后间隙并不能恢复至初始安装状态。对于货架承受货物荷载后再卸载至空载的垂直度，取值介于初始安装标准与承载标准之间。对于部分承载下的垂直度标准，则线性插值。规定层间位移角的目的是为货架健康监测提供监测目标参数。

5.4.3 本条中的 90%的规定是参照《钢结构工程施工质量验收标准》(GB 50205)及工程实际情

况确定的。

5.5 构件缺陷与损伤

5.5.3 货架钢结构构件损伤残余变形比较普遍。柱构件包括货架立柱，为开口冷弯薄壁截面，变形模式有局部模式、畸变模式和整体模式。针对三种模式屈曲半波的长度不同，分别确定了残余变形的限值。梁构件同理，不过梁构件一般为闭口截面，不涉及畸变模式。

5.5.4 本条给出了评定的要求，对于可以定量评定的检测项，按照 1 倍限值与 2 倍限值的标准评定；对于不能进行定量评定的检测项，应以对结构承载的影响程度进行评定。

5.8 构件试验

5.8.1~5.8.4 当条件不够不足以进行计算鉴定时，应采用试验的方法进行鉴定。当需要采用现场荷载试验检测构件的承载性能和使用性能时，如果本规程附录 A 的规定尚不能满足试验要求，则应按照国家现行有关标准的规定执行。

5.8.5 根据现有的试验设备和条件，并非所有类型构件都可进行试验验证，对于形体复杂或受力复杂的构件，通常需要采用有限元数值方法模拟节点的受力性能。数值计算所采用的方法和程序，必须是经过工程实际验证和专门鉴定。

6 连接和节点的检测与评定

6.1 一般规定

6.1.1 连接和节点的几何特性、缺陷和损伤状况以及材料性能是节点评定的依据和基本条件，应直接对实际结构的连接进行量测，必要时，可参考设计和施工技术文件。进行检测时，应符合现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》（GB/T 50621）的规定。可采用尺量和目测观察的方法检测。

6.2 焊缝连接

6.2.1 焊缝连接的安全性和可靠性，必须基于焊缝的实际几何尺寸、构造形式、施工质量和损伤退化程度进行评定，准确检测焊缝现状是评定焊缝的前提条件和基础。若对焊缝力学性能有疑义时，则需要对焊缝的力学性能进行检测。

6.2.2 焊缝的检测应保证抽样具有代表性，本条参考国家标准并结合工程实际确定关于焊缝质量检测的抽样方法。

6.2.3 焊缝质量外观和无损检测参考现行国家标准《钢结构焊接规范》（GB 50661）规定的方法。对焊缝表面损伤，当采用放大镜目测不能确定损伤或裂缝时，则可采用磁粉探伤或渗透探伤。对于对接焊缝内部质量检测，若采用超声波无损检测不能满足要求时，可采用射线探伤检测。。

6.3 螺栓连接

6.3.3 紧固件检测的数量和部位应具有代表性，同时要考虑实际操作的工作量，常规检测可采用抽样检测的方法，需要先对节点进行分类，每类节点的抽检数量不应少于规定要求，每个检测节点上抽取一定数量的螺栓进行详细检测。

7 货架钢结构系统评定

7.1 一般规定

7.1.1 货架钢结构系统的完整性检测范围，为结构系统中处于传力路径上的所有构件和节点，尤其是抗侧体系中的竖向构件与水平构件。由于货架钢结构使用空间的特殊要求，仅能在结构背部平面内设置空间设计抗侧体系，结构前部平面内需要通过水平传力构件连接至背部竖向抗侧体系。

7.1.2~7.1.5 结构分析结果是其评定的理论依据，既要考虑结构自身的特点，也要充分利用已有的检测成果。结构分析考虑构件和节点的损伤，对结构的理论计算模型做必要修正，使得结构的计算简图应尽量符合货架钢结构的实际工作状态。理论分析所采用的简化和假定均应有依据。

当无法通过计算得出可靠的结构分析结果时，可辅助以现场试验，如果现场试验也难以或无法进行，就需要进行模型试验。

在所有情况下均应对结构的整体进行分析。结构的承载能力分析，应采用大位移几何非线性和弹塑性分析方法。结构的正常使用变形，可采用线弹性理论，但对于高层货架钢结构，仍然要采用大位移几何非线性理论。结构受有多种不同的荷载作用时应确定其最不利的荷载组合。如委托方需要，可对极端外部荷载作用下的结构的倒塌反应进行计算机仿真分析。

7.2 系统安全性评定

7.2.1 货架钢结构系统的安全性分为两部分，及结构体系的完整性和结构体系的承载安全性。结构体系的完整性包括结构整体布置完整性与合理性、支撑体系布置的合理性及有效性、节点构造的有效性、支座布置的有效性、结构区段的划分、节点实际构造与计算模型的差异、整体结构的几何稳定性等。

7.2.3 货架钢结构系统的承载安全性等级，需要根据实际检测结构，建立计算模型进行数值分析后评定。这里的结构抗力与作用效应分析，不应仅仅理解为理论计算分析，更重要的是要进行理论计算与结构反应比较。理想的状态是通过上述的计算分析，直接确定结构系统失效临界状态的结构抗力与作用效应之比，并据此评定等级。

7.3 系统适用性评定

7.3.1 货架钢结构系统适用性等级评定，应包括结构构件的正常使用性等级和结构整体变形等级。对于有振动设备的货架钢结构，由于目前研究有限，暂不包括在本规程范围内。