

陕西省工程建设标准

模块化装配式钢结构栈桥技术标准

Technical Standard of Modular Assembled Steel
Structure Trestle

（征求意见稿）

《模块化装配式钢结构栈桥技术标准》编制组

2026 年 8 月

前 言

根据陕西省住房和城乡建设厅、陕西省市场监督管理局发布的《关于下达2025年工程建设标准制定计划的通知》（陕建标发（2025）6号）文件的要求，编制组经充分调查研究，认真总结实践经验，并参考国内相关标准，在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准的主要技术内容是：1.总则；2.术语和符号；3.材料；4.基本设计规定；5.栈桥布置；6.标准结构设计；7.围护系统设计；8.产品的生产、运输及安装。

本标准由陕西省住房和城乡建设厅负责归口管理，陕西省建设标准设计站负责日常管理，西安建筑科技大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请反馈给西安建筑科技大学（地址：西安市雁塔路13号西安建筑科技大学，邮编：710055，电话：029—82205272，电子邮箱：xueqiang@xauat.edu.cn）。

本标准主编单位：西安建筑科技大学

陕西正元智慧装备有限公司

本标准参编单位：中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司

中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司

陕西榆林能源集团有限公司

中国建筑西北设计研究院有限公司

中煤西安设计工程有限责任公司

江苏省电力设计院

太原理工大学

华陆工程科技有限责任公司

中煤科工北京华宇工程有限公司

西安建筑科技大学设计研究总院有限公司

陕西陕煤黄陵矿业有限公司

西安建大装配式钢结构研究院有限公司

中国天辰工程有限公司

东华工程科技股份有限公司

海南省新蓝智造科技有限公司

本标准主要起草人：薛 强 李锦瑞 黄育琪 彭宝宁 刘宜杭 孙晓岭

瞿 伟 张东生 王 昊 杜智洋 兰 旭 蔡

萌

田黎敏 杨俊芬 刘飞鹏 李强波 孙 巍 陈永昌

郑铭杰 苗亦木 郭立志 黄 慧 朱 帆 陈

燕

刘翰超 柳景虹 冯临生 温 博 赵雪莉 王 凯

柴 浩 赵 敏 李浩翔

本标准主要审查人：

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	3
2.1	术语	3
2.2	符号	6
3	材料	8
3.1	钢材	8
3.2	连接材料	8
3.3	混凝土	10
3.4	围护材料	10
4	基本设计规定	13
4.1	一般规定	13
4.2	设计使用年限与安全等级	18
4.3	荷载与作用	18
5	栈桥布置	22
5.1	一般规定	22
5.2	结构布置	25
6	结构设计	26
6.1	结构分析	26
6.2	构件设计	26
6.3	节点设计	30

6.4 抗震设计	32
6.5 防腐与防火设计	40
7 围护系统设计	43
7.1 一般规定	43
7.2 围护系统设计要求	44
7.3 节点及构造设计	45
8 产品的生产、运输及安装	48
8.1 栈桥产品基本要求	48
8.2 堆放及运输	51
8.3 安装与施工	52
8.4 检验与验收	53
8.5 后期运行与维护	55
附录 A	56
本标准用词说明	63
引用标准名录	64

Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms and Symbols.....	3
	2.1 Terms.....	3
	2.2 Symbols.....	6
3	Materials.....	8
	3.1 Steel.....	8
	3.2 Connections and Fasteners Materials.....	8
	3.3 Concrete.....	10
	3.4 Enclosure Materials.....	10
4	Basic Requirements of Design.....	13
	4.1 General Requirements.....	13
	4.2 Design Service Life and Safety Level.....	18
	4.3 Loads and Actions.....	18
5	Trestle Layout.....	22
	5.1 General.....	22
	5.2 Structural Arrangement.....	25
6	Structural Design.....	26
	6.1 Structural Analysis.....	26
	6.2 Component Design.....	26
	6.3 Joint Design.....	29
	6.4 Seismic Design.....	32
	6.5 Corrosion Protection and Fire Resistance Design.....	40
7	Enclosure System Design.....	43
	7.1 General.....	43
	7.2 Design Requirements for Enclosure System.....	44
	7.3 Joint and Detailing Design.....	45
8	Production, Transportation and Installation of Products.....	48

8.1 Basic Requirements for Trestle Products.....	48
8.2 Stacking and Transportation.....	51
8.3 Installation and Construction.....	52
8.4 Inspection and Acceptance.....	53
8.5 Subsequent Operation and Maintenance.....	54
Addition A.....	56
Explanation of Wording in This Standard.....	63
List of Quoted Standards.....	64

1 总则

1.0.1 为规范模块化装配式钢结构栈桥工程的设计、部品部件生产、施工安装、质量验收及运维管理，统一技术要求，保障工程质量和施工安全，提升结构安全性、适用性、经济性和工业化建造水平，推动绿色低碳发展，制定本标准。

【条文说明】1.0.1 本条规定了本标准的编制目的。

随着工业建筑领域物料输送系统向大型化、快速化和绿色化方向发展，传统现场焊接和散件拼装式钢结构栈桥在施工周期、质量控制、安装安全和后期维护方面存在一定局限。模块化装配式钢结构栈桥采用工厂预制、现场装配的建造方式，能够有效提高施工效率，降低现场作业风险，提升工程质量一致性。

制定本标准，旨在统一模块化装配式钢结构栈桥工程在设计、制造、施工、验收及运维阶段的技术要求，推动工业建筑钢结构工程向标准化、工业化、绿色低碳方向发展。

1.0.2 本标准适用于工业建筑中物料输送用模块化装配式钢结构栈桥工程的设计、部品部件生产、运输、安装、质量验收及运维管理。本标准适用于以钢结构为主体、采用工厂预制和现场装配施工的栈桥工程。

【条文说明】1.0.2 本条明确了本标准的适用对象和实施范围。本标准主要适用于工业建筑中承担物料输送功能的模块化装配式钢结构栈桥工程，包括主体钢结构、围护系统、支承体系及相关连接构件的设计、制造、运输、安装和运维管理。

1.0.3 本标准适用于相关工业物料输送栈桥的新建、改建和扩建工程。本标准所指物料输送栈桥包括输煤栈桥、散料输送栈桥、粮食输送栈桥及物料转运栈桥等模块化装配式钢结构栈桥工程。

1.0.4 模块化装配式钢结构栈桥工程的设计、施工及验收，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。具有特殊工艺及物料输送要求时，应进行专

项设计。

1.0.5 模块化装配式钢结构栈桥工程建设应遵循绿色节能、资源循环利用和全生命周期管理原则，推广高性能钢材、环保型连接材料及先进工业化建造技术，提高运维效率和耐久性能。

【条文说明】1.0.5 本条提出绿色建造和智慧运维要求。模块化装配式钢结构栈桥应充分体现绿色低碳和循环利用理念，在材料选用、构造设计、施工组织和运维管理全过程中统筹考虑资源节约和环境影响。鼓励采用 BIM、结构健康监测和数字化运维技术，提高工程全生命周期管理水平。

1.0.6 装配式栈桥应采用模块化、系列化、通用化的标准化设计，实行部品部件工厂化生产与装配化施工，并宜结合信息化与智能化技术实现全生命周期协同管理。

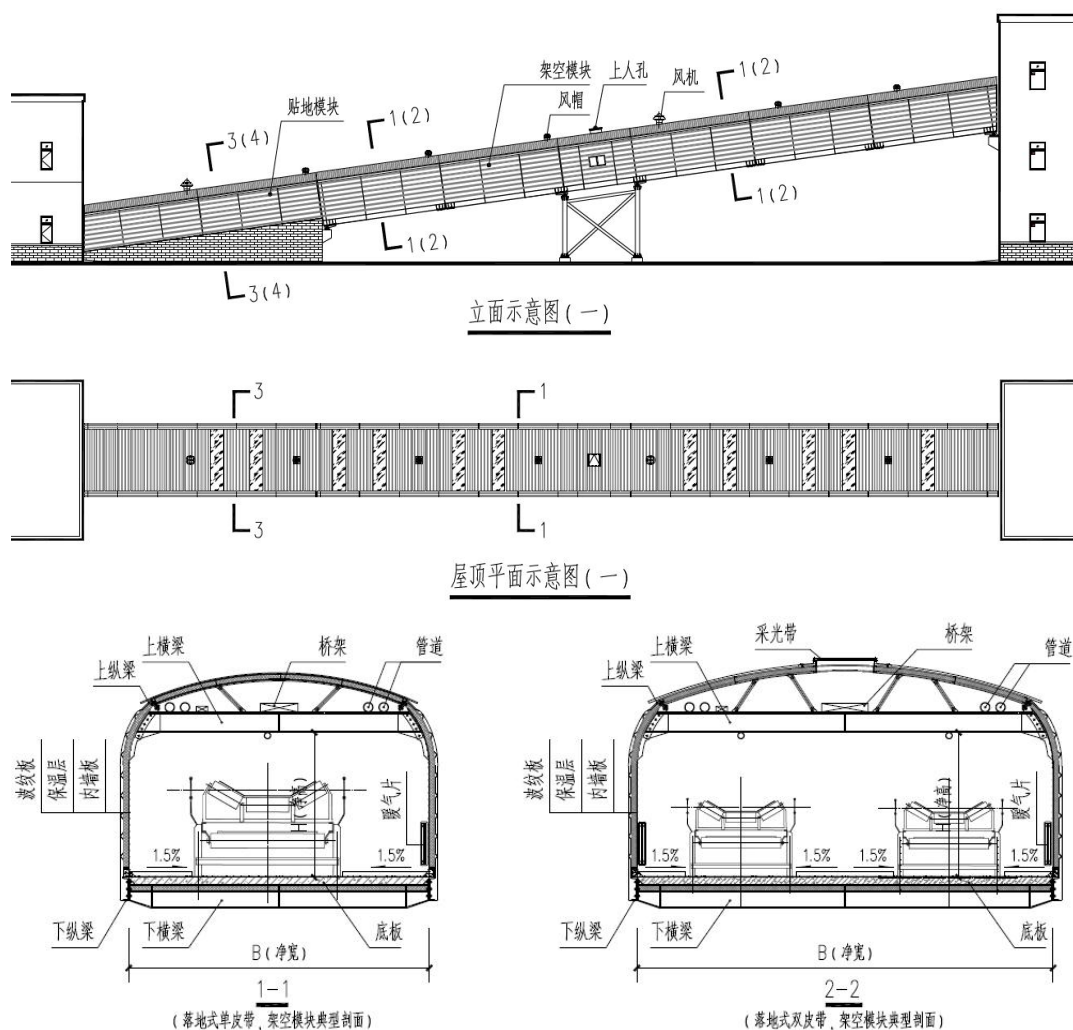
2 术语和符号

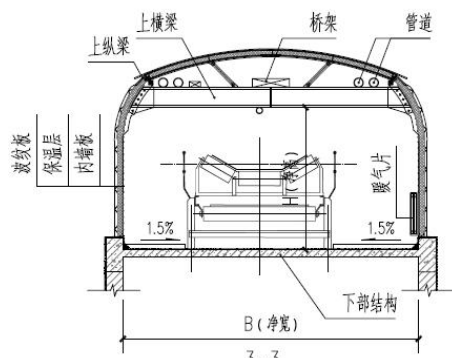
2.1 术语

2.1.1 模块化装配式钢结构栈桥 modular assembly steel structure trestle

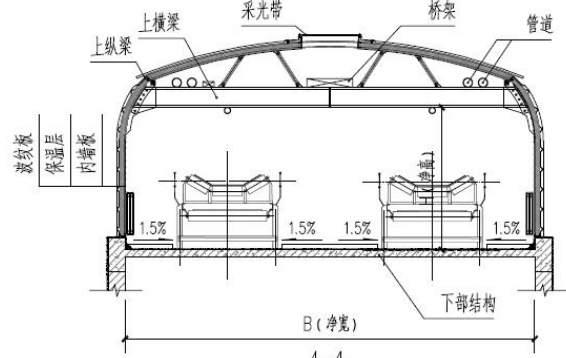
主体受力结构由上、下纵梁，横梁，侧板及加劲构件等组成，通过工厂预制的标准模块在现场装配连接形成的物料输送用钢结构栈桥。上、下纵梁宜采用角钢、槽钢或 H 型钢，侧板可采用波折钢板，横梁及横隔构件宜采用槽钢或 H 型钢。标准模块长度宜为 9m~12m。模块化装配式钢结构栈桥根据胶带输送机数量可分为单皮带和双皮带两种形式；根据胶带输送机安装方式可分为落地式和悬挂式两种形式。

【条文说明】2.1.1 模块化装配式钢结构栈桥如下几种形式，如图所示：

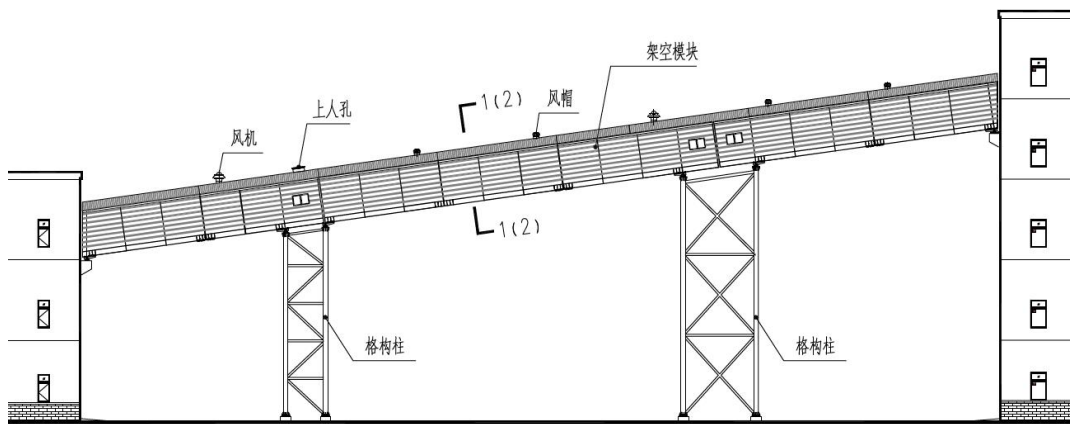




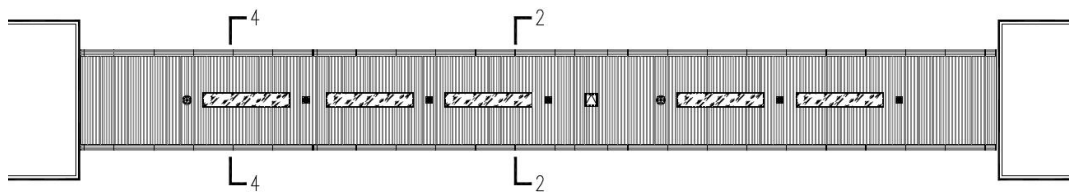
(落地式单皮带, 贴地模块典型剖面)



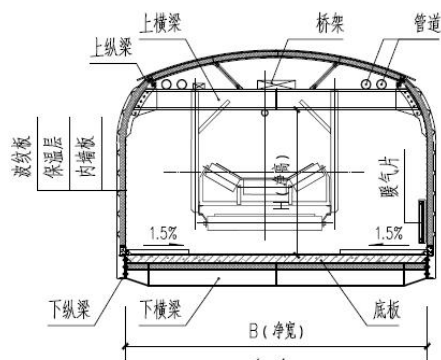
(落地式双皮带, 贴地模块典型剖面)



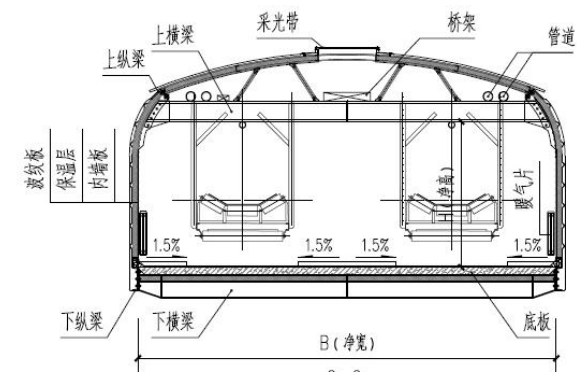
立面示意图 (二)



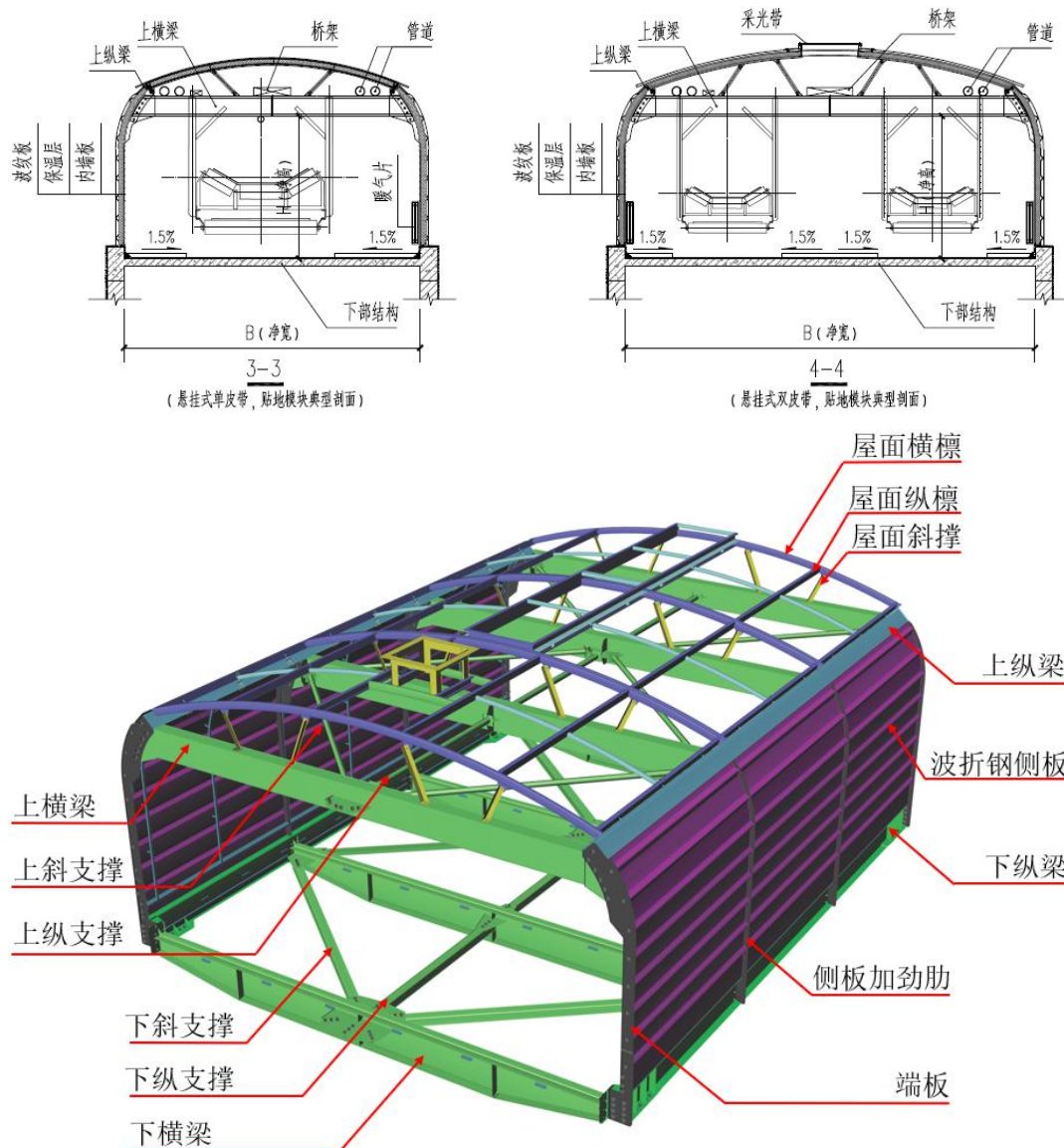
屋顶平面示意图 (二)



(悬挂式单皮带, 架空模块典型剖面)



(悬挂式双皮带, 架空模块典型剖面)



2.1.2 波折钢侧板 corrugated steel side plate

由钢板冷弯压型形成的波纹形板状构件，布置于栈桥侧向，除作为受力构件参与结构整体工作，提高结构的抗剪能力和空间刚度外，还可起围护作用。

【条文说明】2.1.2 本术语所称“波折钢侧板”，是指采用钢板经冷弯压型形成的波纹状板式构件，通常布置于栈桥两侧，兼具围护和结构受力功能。除在结构设计中可根据受力分析作为抗侧力构件参与整体工作，用于提高栈桥结构的侧向刚度、整体稳定性及抗剪性能外，还可满足防护、防风、防尘等围护要求。

为便于本标准后续条文表述，在不引起歧义的情况下，“波折钢侧板”以下简称“侧板”。凡本标准后续章节中出现“侧板”一词，除特别说明外，均专指本术语

所定义的波折钢侧板构件。

2.1.3 侧板加劲肋 side plate stiffeners

布置于栈桥侧板上的加强构件，可与上横梁一起形成抗侧力结构体系，用于增强栈桥的整体刚度及侧板的局部稳定性，防止在荷载作用下结构发生侧向变形及侧板发生局部屈曲。

2.1.4 屋面模块 roof module

按标准化设计在工厂预制完成，并在现场进行装配连接的屋面系统单元，具备围护、防护及排水等功能，并与主体结构模块整体装配。

2.1.5 风琴式伸缩缝 organ-style expansion joint

采用橡胶等柔性材料制成的折叠式连接构件，用于相邻结构单元围护系统之间的连接，能够适应变形并保持连接部位的密封与防护性能。

2.1.7 过水槽 water tank

设置于栈桥模块上的槽形构造，用于汇集、引导冲洗水。

2.1.8 屋面斜撑 roof bracing

在屋面结构设置的支撑屋面模块、屋面系统的支撑构件，用于提高结构稳定性并传递水平作用。

2.2 符号

2.2.1 计算指标

σ ——正应力；

μ ——风荷载体型系数；

f ——钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值；

β ——风振系数；

T_1 ——结构第 1 阶自振周期；

f_y ——钢材的屈服强度。

2.2.2 计算系数及其他

β_r ——强度增大系数；

η 、 η_i 、 η_s ——构件在承载能力极限状态下的强度利用系数。

2.2.3 几何参数

D——栈桥截面宽度；

H——栈桥截面高度。

3 材料

3.1 钢材

3.1.1 钢材宜采用 Q235、Q355、Q390、Q420 和 Q345GJ 钢，其质量应分别符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 和《建筑结构用钢板》GB/T 19879 的规定。

3.1.2 钢材的选用应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017、《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

3.1.3 对焊接承重结构，当采用可防止层状撕裂的 Z 向钢时，其材质应符合现行国家标准《厚度方向性能钢板》GB/T 5313 的规定。

3.1.4 钢材应根据结构的重要性、荷载特征、应力状态、钢材厚度、连接方式、环境条件等因素合理选取牌号和等级。Q235A 级钢不应用于焊接结构。各类牌号的 A 级钢不宜用于高层钢结构的主结构构件中。

3.1.5 钢管可采用热轧钢管，或采用冷弯成型高频焊接的直缝管，也可用冷弯型钢或热轧钢板、型钢焊接成型的钢管，钢管材质应符合现行国家标准《结构用无缝钢管》GB/T 8162、《直缝电焊钢管》GB/T 13793 的规定。焊缝可采用高频焊、自动或半自动焊和手工对接焊缝。

3.1.6 当采用热轧成型钢管或由热轧钢板、型钢焊接组成的矩形钢管时，钢材的强度指标应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定采用；当采用冷弯成型或由冷弯型钢焊接组成的矩形钢管时，钢材的强度指标应按现行国家标准《冷弯型钢结构技术规范》GB 50018 的规定采用。

3.1.7 结构中钢筋混凝土构件的钢筋应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。普通钢筋宜采用 HRB400 级和 HRB500 级钢筋。

3.2 连接材料

3.2.1 用于模块化装配式钢结构栈桥结构中的焊接材料应符合下列要求：

1 手工焊接用的焊条,应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒焊条》GB/T 5117 或《热强钢焊条》GB/T 5118 的规定。选择的焊条型号应与被焊钢材的力学性能相适应。

2 自动或半自动焊接用的焊丝和焊剂应与被焊钢材相适应,并应符合现行有关标准的规定。

3 二氧化碳气体保护焊接用的焊丝,应符合现行国家标准《熔化极气体保护电弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝》GB/T 8110 的规定。

4 当两种不同钢材相焊接时,宜采用与强度较低的一种钢材相适应的焊条或焊丝。

3.2.2 用于模块化装配式钢结构栈桥结构中的连接紧固件应符合下列要求:

1 普通螺栓应符合现行国家标准《六角头螺栓 C 级》GB/T 5780 和《紧固件 六角头螺栓》GB/T 5782 的规定。

2 高强度螺栓应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓连接副》GB/T 1231 或《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632 的规定。高强度螺栓的预拉力和摩擦面的抗滑移系数应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 选用。

3 栓钉应符合现行国家标准《紧固件 电弧螺柱焊用螺柱和瓷环》GB/T 10433 的规定。用于栓钉的钢材屈服强度不应低于 235N/mm²。

4 用于连接薄钢板或其他金属板件的自攻螺钉应符合现行国家标准《自钻自攻螺钉》GB/T 15856.1 ~ 15856.4、GB/T 3098.11 或《自攻螺栓》GB/T 5282 ~ 5285 的规定。

3.2.3 环槽铆钉连接副应符合现行国家或行业标准《钢结构高强度环槽铆钉连接技术规程》T/CECS 1552 及《环槽铆钉连接副 技术条件》GB/T 36993 的相关规定。环槽铆钉、套环及专用安装工具应配套使用,其材料性能、力学性能

及连接性能应满足设计要求。环槽铆钉的抗剪承载力、抗拉承载力及连接副的夹紧力应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 进行设计与选用。用于承重结构时，其性能等级不应低于设计规定要求。

3.3 混凝土

3.3.1 栈桥中的支架柱、混凝土底板及其他采用混凝土的构件，应按承载能力、正常使用和耐久性统一设计，并应根据设计使用年限、环境类别、环境作用等级、施工条件及维护条件，确定混凝土强度等级、配合比和耐久性指标。混凝土材料与耐久性设计应符合现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008 的规定。

3.3.2 当结构处于一般环境、冻融环境、近海或海洋氯化物环境、除冰盐等其他氯化物环境、盐结晶环境、化学腐蚀环境或磨蚀环境时，应分别采取相应的耐久性设计措施。对氯盐环境、冻融环境和磨蚀环境中的构件，应重点控制混凝土的抗氯离子渗透性能、抗冻耐久性、碱含量及耐磨性能。

3.3.3 混凝土的强度等级、力学性能和耐久性要求应符合现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008、《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《混凝土强度检验评定标准》GB 50107 的规定。

3.3.4 混凝土宜采用商品混凝土。对钢管支架柱内填混凝土或钢-混凝土组合构件，宜采用自密实混凝土；其配合比设计、施工及验收应符合现行行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283 的规定。

3.3.5 当采用普通混凝土时，应保证振捣密实；对结构狭小、钢筋（或钢管）密集部位，应采取有效措施保证混凝土的密实性和整体性。

3.3.6 支架柱柱底灌浆层宜采用高强无收缩灌浆料，其强度等级不应低于设计要求，且应具有良好的流动性、微膨胀性和体积稳定性。灌浆料的性能、施工及验收应符合现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 的有关规定。

3.4 围护材料

3.4.1 围护材料的品种、规格及性能应根据使用环境、功能要求及耐久性要求选用，并应符合现行国家及行业有关标准的规定。

3.4.2 桥身内墙面和屋面采用的压型钢板，其质量应符合现行国家标准《建筑用压型钢板》GB/T 12755 和《压型金属板工程应用技术规范》GB 50896 的有关规定。

3.4.3 围护系统采用岩棉作为保温或填充材料时，其性能应符合现行国家标准《建筑用岩绝热制品》GB/T 19686 的规定。岩棉材料的燃烧性能等级不应低于 A 级。

3.4.4 围护系统采用玻璃丝棉作为保温或填充材料时，其性能应符合现行国家标准《绝热用玻璃棉及其制品》GB/T 13350 的规定。玻璃丝棉材料的燃烧性能等级不应低于 A 级。

3.4.5 采光带采用 PC 板时，应根据使用环境选用相应性能的产品，其性能应符合现行国家标准《塑料制品 聚碳酸酯板材》GB/T 44570 及有关标准的规定。

3.4.6 采光带采用 FRP 板时，应根据使用环境和功能要求选用相应类型，其性能应符合现行国家标准《玻璃纤维增强聚酯连续板》GB/T 14206 等有关标准的规定。

3.4.7 当采用金属面夹芯板作为围护材料时，其芯材宜采用岩棉等不燃材料。夹芯板的物理力学性能及燃烧性能应符合现行国家标准《建筑用金属面绝热夹芯板》GB/T 23932 的有关规定。

3.4.8 围护系统采用的镀锌钢板或彩涂钢板，其质量应符合现行国家标准《连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带》GB/T 2518 和《彩色涂层钢板及钢带》GB/T 12754 的有关规定。

3.4.9 风琴式伸缩缝采用橡胶或橡胶复合材料制作时，其材料性能应符合相关橡胶材料标准的规定，并应符合现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》

GB 8624 的要求，其燃烧性能等级不应低于 B1 级，同时应满足现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 对建筑围护系统燃烧性能的相关规定。

4 基本设计规定

4.1 一般规定

4.1.1 模块化装配式钢结构栈桥应根据工艺条件、环境条件、材料供应、制作安装及施工条件等因素进行设计，并应遵循标准化、模数化和系列化设计原则；部品部件宜采用通用化、标准化设计。

【条文说明】4.1.1 本条规定模块化装配式钢结构栈桥设计的基本原则。

模块化装配式钢结构栈桥与传统现场拼装式钢栈桥相比，具有工厂预制程度高、现场安装速度快、构件重复利用率高等特点，因此在设计阶段应充分考虑工艺布置、环境条件、构件加工制造、运输吊装及现场安装条件等因素，统筹兼顾结构安全、施工可实施性及后期维护需求。

其中，“标准化、模数化和系列化”是模块化设计的核心要求。通过统一结构模数、构件截面形式、连接节点做法及围护构造方式，可有效提高工厂批量生产效率，降低制造和施工成本，并为后续运维更换和拆除回收创造条件。

4.1.2 模块化装配式钢结构栈桥应采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，按照分项系数的设计表达式进行设计。

4.1.3 模块化装配式钢结构栈桥应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计：

1 承载能力极限状态应包括：构件强度破坏、脆性断裂、因过度变形而不适于继续承载、结构或构件丧失稳定、转变为机动体系以及结构倾覆；

2 正常使用极限状态应包括：影响正常使用功能或外观的变形、影响正常使用的振动，以及影响耐久性能的局部损坏。

4.1.4 模块化装配式钢结构栈桥的设计应符合下列规定：

1 应具备明确、连续的竖向和水平荷载传递路径；

2 应满足结构整体刚度和承载力要求，并保证构件整体稳定性及局部稳定

性；

3 应具有必要的冗余度，避免因局部构件或组件破坏导致整体结构丧失承载能力。

【条文说明】4.1.4 本条对结构体系提出基本要求。

模块化装配式钢结构栈桥应形成明确、连续且可靠的竖向和水平传力路径，确保恒荷载、活荷载、风荷载、地震作用及设备动力荷载能够顺畅传递至基础和支承结构。

同时，本类结构多具有跨度较大、长细比较高、围护构件参与协同受力等特点，应特别重视整体稳定性和局部稳定性设计。

第3款提出结构冗余要求，主要是为了防止因个别杆件、连接节点或局部模块损伤引起连续性失效，提升整体结构抗偶然作用能力。

4.1.5 模块化装配式钢结构栈桥设计应遵循安全可靠、适用耐久、工业化建造、绿色低碳和全生命周期优化原则，满足工业物料连续稳定输送及运维检修要求。

4.1.6 模块化装配式钢结构栈桥的设计除应符合本标准外，尚应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017、《建筑结构荷载规范》GB 50009、《构筑物抗震设计规范》GB 50191的有关规定，并应根据具体应用行业符合相关行业标准的要求。

4.1.7 模块化装配式钢结构栈桥的设计宜采用建筑信息模型（BIM）技术及参数化建模方法，开展模块化设计、施工模拟、构件编码、模型管理及设计成果交付，实现设计、加工、施工和运维全过程的信息化协调。

4.1.8 栈桥结构的挠度及侧移应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的有关规定，其中：

1 受弯构件在正常使用极限状态下的挠度不应大于跨度的 $1/400$ ；当有较高使用要求或设有脆性围护构件时，挠度不应大于跨度的 $1/500$ ；

2 在风荷载或多遇地震作用下，栈桥侧板顶部与底部的相对侧移不宜大于桥身高度的 $1/120$ ；

3 在风荷载或多遇地震作用下，栈桥支架柱的整体侧移应满足结构安全和正常使用要求，其横桥向侧移不宜大于柱高的 $1/350$ ，顺桥向侧移不宜大于柱高的 $1/500$ ；在罕遇地震作用下，整体侧移不应大于柱高的 $1/50$ 。

4.1.9 模块化装配式钢结构栈桥应具备良好的动力性能，并宜针对风振、设备振动及地震等动力作用进行分析，必要时采取减振控制措施。

4.1.10 支架结构宜设置交叉斜杆形成稳定抗侧力体系，主要抗侧力构件可按放大地震作用进行设计，柱构件设计内力可适当提高，节点承载力不应低于连接构件承载力要求，并应保证足够延性。支架结构必要时可按抗震性能化设计原则进行设计。

【条文说明】4.1.8 栈桥侧板顶部与底部相对侧移 δ 示意图如图 4.1.8 所示。

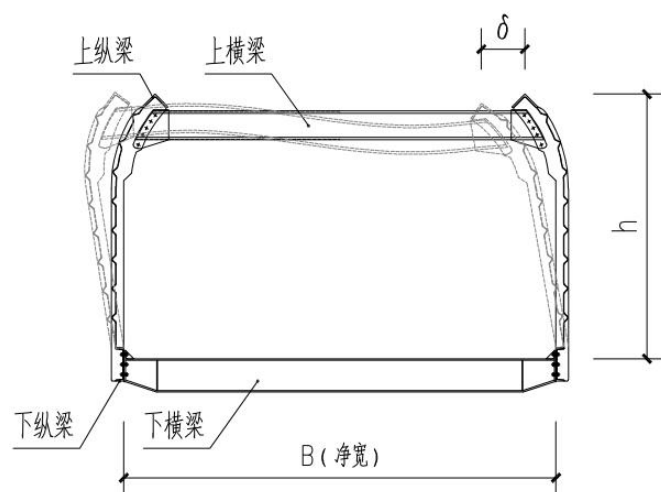


图 4.1.8 栈桥相对侧移示意图

4.1.9~4.1.10 本组条文主要规定结构动力性能和抗震设计要求。

模块化装配式钢结构栈桥在使用过程中除承受常规静力作用外，还可能受到风振、设备运行振动、冲击荷载及地震作用影响。

对于跨度较大、柔度较高或设备动力作用显著的结构，应进行必要的动力分析，并根据分析结果采取减振措施。

支架结构作为主要抗侧力体系，其抗震设计应重点保证体系完整性、传力可靠性及节点延性。宜通过设置交叉支撑、水平支撑等措施形成稳定抗侧力体系，避免在地震作用下发生脆性破坏。

4.1.11 波折钢侧板的应力应满足承载能力极限状态的要求，其应力应符合下式要求：

$$\sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} \leq 0.85\beta_f f$$

(4.1.11)

式中： σ_1 、 σ_2 、 σ_3 —计算点处在相邻构件荷载设计值作用下的第一、第二、第三主应力；

β_f —强度增大系数。当各主应力均为压应力时， $\beta_f = 1.2$ ；

当各主应力均为拉应力时， $\beta_f = 1.0$ ，且最大主应力应满

足 $\sigma_1 \leq 1.1f$ ；其他情况时， $\beta_f = 1.1$ 。

【条文说明】4.1.11 本条规定波折钢侧板作为受力构件参与整体结构工作时的设计要求。

在本标准适用的结构体系中，波折钢侧板除参与整体横向抗侧力和空间刚度工作外，还可承担围护功能，因此其受力性能直接关系结构整体稳定性和抗剪性能。设计时应根据结构分析结果进行应力验算，根据材料特点，可以采用第四强度理论进行极限承载力计算。

4.1.12 模块化装配式钢结构栈桥设计时，应合理选择材料及采取构造措施，满足结构在运输、安装和使用过程中的强度、稳定性和刚度要求，并应符合防火、防腐蚀要求。

4.1.13 模块化装配式钢结构栈桥设计应统筹考虑工厂预制、模块运输、现场拼

装吊装、运维监测、检修维护及拆除回收再利用的全流程需求，符合绿色建造和低碳发展要求。

4.1.14 模块化装配式钢结构栈桥楼地面必须有防滑的构造措施。

【条文说明】4.1.12~4.1.14 本组条文规定材料选用、构造措施及全生命周期设计要求。

设计时应综合考虑结构在工厂预制、运输吊装、现场安装及使用阶段的受力特点，合理选用材料和构造做法，保证结构在各阶段均具有足够的强度、刚度和稳定性。同时应充分考虑防火、防腐蚀及防滑等安全要求，并兼顾结构拆除回收及再利用需求。

4.1.15 栈桥设备系统应根据工艺需求合理配置，包括通风、采光照明、采暖、给排水及检修辅助设施等，并应满足运行、检修及安全要求。设备布置应与结构及围护系统协调，并预留安装与检修空间。

【条文说明】4.1.15 栈桥设备系统布置示意图如图 4.1.15 所示。

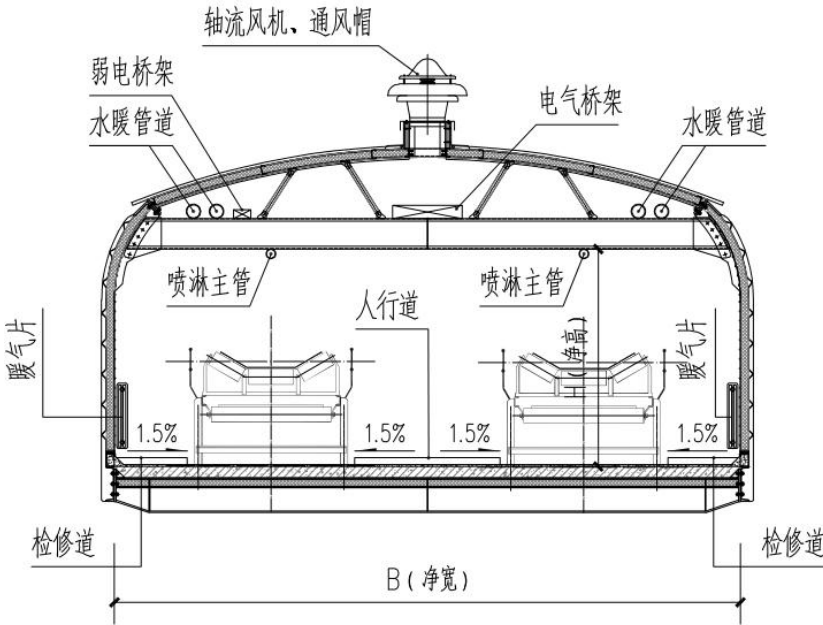


图 4.1.15 栈桥设备布置示意图

4.1.16 通风系统应根据栈桥围护形式及物料特性确定，自然通风不能满足要求

时应设置机械通风，其设计应符合现行国家标准《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 的规定。在有防爆要求的场所，通风设备及相关电气设备应采用防爆型产品，并应符合国家现行有关防爆标准的规定。

4.1.17 栈桥照明及排水设计应满足使用要求。照明设计应符合现行国家标准《建筑照明设计标准》GB/T 50034 的规定；在有冲洗需求的区域，应采取有效排水措施，防止积水影响结构及设备运行。

4.1.18 栈桥防雷与接地设计应根据建筑物防雷类别、使用功能及环境条件确定，并应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 和《建筑电气与智能化通用规范》GB 55024 的有关规定。栈桥钢结构、设备金属外壳及其他应接地的导电构件应采取可靠的等电位连接和接地措施。

4.2 设计使用年限与安全等级

4.2.1 工业物料输送用模块化装配式钢结构栈桥设计使用年限应为 50 年；临时施工用模块化钢结构栈桥设计使用年限可按工程需求确定，且不应低于 5 年。

4.2.2 模块化装配式钢结构栈桥结构安全等级为二级。

4.2.3 模块化装配式钢结构栈桥结构重要性系数按《工程结构通用规范》GB 55001 取值为 1.0。

4.3 荷载与作用

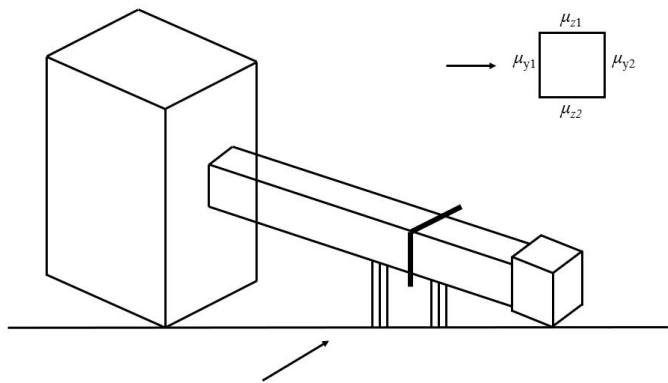
4.3.1 模块化装配式钢结构栈桥荷载及荷载效应组合除应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用外，还应符合相应行业标准要求。

4.3.2 模块化装配式钢结构栈桥设计应计入下列各类荷载与作用：

- 1 永久荷载：结构自重、围护结构重量、设备自重等；
- 2 可变荷载：皮带系统及物料自重、楼面检修活荷载、风荷载、雪荷载、温度变化作用、设备运行动力荷载、施工检修荷载等；
- 3 施工临时荷载：模块运输、吊装、拼接及安装过程中产生的临时作用荷

载；

- 4 偶然作用：地震作用、设备撞击作用、突发超载作用等。
- 4.3.3** 设备安装荷载应根据设备实际重量、支承范围及工艺使用要求确定，并应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 及相关工艺专业条件的规定；结构分析时，设备荷载应按最不利布置位置和最不利工况取值。
- 4.3.4** 栈桥设计应采用胶带机运行荷载、检修荷载、张紧装置荷载等工艺荷载标准值；
- 4.3.5** 设计模块化装配式钢结构栈桥时，荷载分项系数、荷载组合系数及组合值系数应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 及相关行业标准的有关规定；地震作用应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定进行计算。
- 4.3.6** 屋面活荷载和雪荷载不同时考虑，按最不利数值计算。
- 4.3.7** 模块化装配式钢结构栈桥风荷载应按《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定计算，并应考虑风振效应及结构动力放大影响。
- 4.3.8** 风荷载体型系数可按下列规定采用：



- 1 X 向体型系数 μ_x 与栈桥倾角有关，当倾角 $0^\circ \sim 15^\circ$ 时， μ_x 取为 0.2；
- 2 Y 向体型系数 μ_y 与栈桥宽高比（ D/H ）呈负相关，取值如下表所示：

表 4.3.8 栈桥 Y 向风荷载体型系数取值表

栈桥宽高（ D/H ）	$D/H <$	$1.2 \leq D/H <$	$1.7 \leq D/H <$	$D/H \geq 2.15$
---------------	---------	------------------	------------------	-----------------

	1.2	1.7	2.15	
Y 向迎风面 μ_{y1}	+0.9	+0.9	+0.9	+0.9
Y 向背风面 μ_{y2}	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4
Y 向总体型系数	1.6	1.5	1.4	1.3

注：+表示压力；-表示吸力。

3 Z 向体型系数 μ_z 需考虑上吸、下压两种工况。当栈桥倾角 $0^\circ \sim 15^\circ$ 时，对于上吸工况， μ_z 随栈桥宽高比（D/H）增大而增大，取值为-0.2~0.7；对于下压工况，Z 向总体型系数（上下表面之和）与栈桥宽高比（D/H）相关，最大值为 0.5。

4.3.9 栈桥风振系数应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定确定；对风振响应较为明显的结构，应结合动力分析确定风振系数；必要时，应通过专项论证或风洞试验确定。

【条文说明】4.3.8-4.3.9 本条栈桥风振系数取值可参考《全封闭胶带机钢结构通廊风荷载研究》报告内容确定。考虑到栈桥结构通常具有跨度较大、自重较轻、整体刚度相对较小等特点，在风荷载作用下可能产生较明显的动力响应，因此设计时应根据结构振动方向及第一阶自振周期合理选取风振系数。栈桥结构不同方向风振系数的建议取值见表 4.3.9。

表 4.3.9 栈桥结构风振系数取值

方向	第一阶自振周期 T (s)	风振系数 β
顺桥向 (X 向)	0.8~1.3	1.5~2.2
横桥向 (Y 向)	0.6~0.9	1.2~1.4
竖向 (Z 向)	≤ 0.4	1.3~2.2

注：1.风振系数与结构自振周期及动力响应有关，应根据结构动力特性确定；

2.竖向风振响应一般较小，但在轻型结构中应予以考虑；

3.栈桥桁架结构风振系数不应小于 1.2。

4.3.10 对于跨度大于 40m 或柔性较大的模块化装配式钢结构栈桥，以及基本自振周期 T_1 大于 0.25s 的各种栈桥结构，应考虑风压脉动对结构产生顺风向风振的影响。顺风向风振响应计算应按结构随机振动理论计算。

风振分析可采用下列方法之一：1.时程分析法；2.谱分析法；3.等效静力法（适用于规则结构）。

当采用简化方法时，应确保结构基本模态覆盖主要动力响应。

5 栈桥布置

5.1 一般规定

5.1.1 模块化装配式钢结构栈桥布置应满足物料输送工艺要求，并应兼顾消防疏散、通风采光及运维检修等功能，同时应符合工业化建造、标准化设计及绿色低碳的原则。

【条文说明】：**5.1.1** 本条对模块化装配式钢结构栈桥总体布置原则作出规定。栈桥布置是栈桥结构设计的总体控制内容，应在满足物料输送工艺流程和设备布置要求的基础上，统筹考虑消防疏散、通风采光、运维检修及后期改扩建等使用需求。

模块化设计宜遵循由整体到局部、由总体控制到细部深化的原则，工程设计中宜按“大区段划分—标准模块布置—支架柱布置—模块内分段”的顺序逐级展开。首先应根据工艺流程、总图条件及场地限制确定栈桥总体走向和区段范围；然后结合标准跨径和标准长度进行模块布置，并确定支架柱位置；最后结合加工、运输和吊装条件完成模块内部节段划分。模块布置时应考虑模块复用率，减少非标准构件数量，提高工业化建造水平。

5.1.2 栈桥的净宽度和净空高度应根据工艺要求确定，并应在满足使用功能的前提下兼顾经济性及标准化要求。

5.1.3 栈桥应结合结构布置按温度区段进行分段，并应与支座布置、伸缩缝设置及结构受力体系相协调。温度区段长度不宜超过 150m；当超过 150m 时，应进行温度作用分析，并采取相应构造措施或设计措施。

【条文说明】：**5.1.3** 本条对栈桥温度区段划分作出规定。钢结构栈桥长度通常较大，受环境温度变化影响明显，应结合结构长度、支座形式、约束条件及受力体系进行温度作用分析，避免因温度变形约束产生附加内力。温度区段划分可结合工程经验和现行国家标准相关规定确定。

5.1.4 栈桥应根据消防疏散、温度变形及结构受力要求进行分区，并应根据相应行业规范合理设置疏散通道及安全出口。

5.1.5 栈桥支架柱及支座布置应根据结构经济跨度、工艺条件及施工安装要求确定，合理设置铰接或滑动支座。

5.1.6 在转运站、起坡点及变坡位置，应结合结构受力及施工安装要求合理设置分缝及支撑构件；当设置伸缩缝时，其构造措施应符合现行国家标准等有关标准的规定。

5.1.7 栈桥与铁路、公路、水域、人行通道、电源线、动力和能源管道等毗邻或立体交叉时，其净距应符合国家现行标准的有关规定。

5.1.8 栈桥布置应根据工艺专业要求、总图布置条件以及加工制作、运输安装、钢材材质和技术经济指标等因素综合确定。桥身跨度或支架间距宜为 27m ~ 36m，标准跨度宜采用 27m 或 36m；当跨度大于 40m 时，应根据结构受力情况采取加高截面、增强构件刚度、加设斜撑、下挂桁架或其他提高结构整体刚度的措施。

【条文说明】：5.1.8 本条对栈桥总体布置及跨度选取原则作出规定。栈桥布置应在满足工艺输送要求的基础上，综合考虑总图布置条件、加工制作能力、运输与安装条件以及钢材材质与技术经济性等因素。不同工程条件下，结构跨度的选取直接影响栈桥的结构形式、用钢量及施工安装难度，因此应进行综合比选确定合理方案。

工程实践表明，桥身跨度或支架间距采用 27m ~ 36m 时，结构受力合理、构件规格较为统一，有利于实现标准化设计与工业化建造。其中，27m 和 36m 为较为常用的标准跨度，可有效兼顾运输模数、构件加工能力及现场安装效率。当跨度大于 40m 时，结构内力及变形显著增大，对构件截面、节点构造及整体刚度提出更高要求。此时宜通过加高结构高度、加强构件刚度或采取其他提高整

体刚度的措施,以保证结构安全性与使用性能。大跨度模块化装配式钢结构栈桥下挂桁架布置示意图如图 5.1.8 所示。

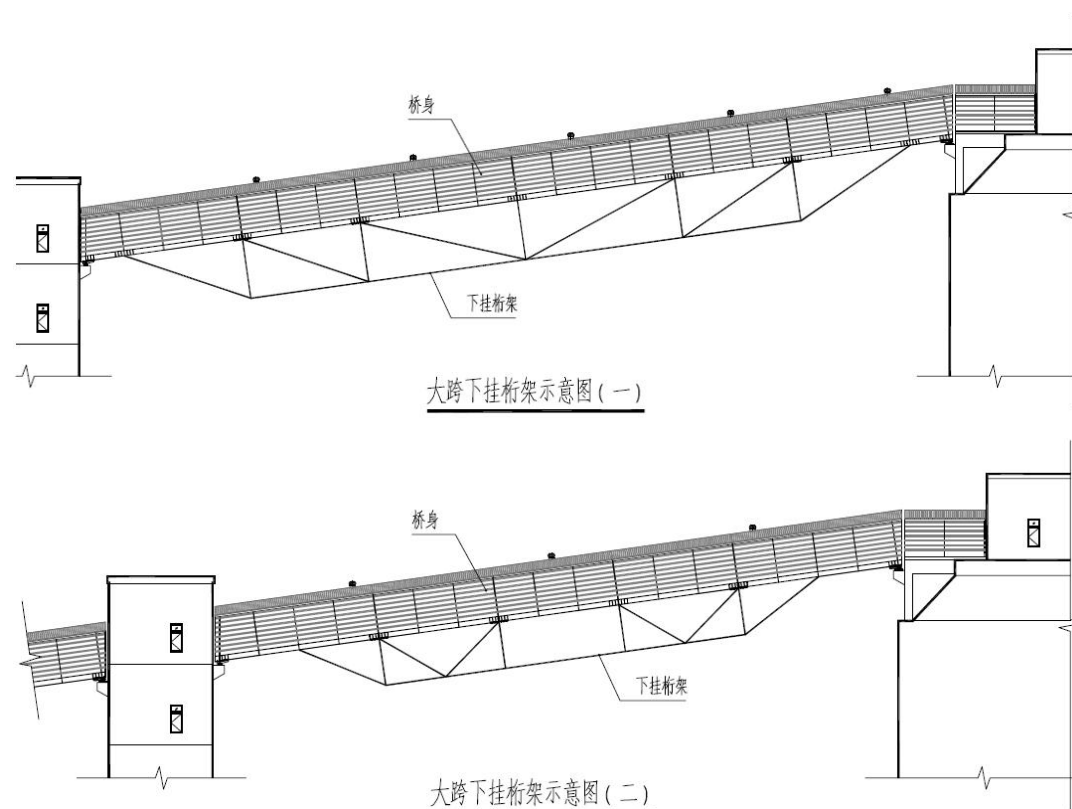


图 5.1.8 栈桥大跨下挂桁架示意图

5.1.9 模块化装配式钢结构栈桥按输送形式可分为单皮带栈桥及双皮带栈桥,按胶带输送机安装方式可分为悬挂式和落地式。

5.1.10 栈桥上(下)弦平面支撑体系的设置应符合下列规定:

- 1 平面支撑应根据结构布置和受力要求合理设置,支撑形式可按图 5.1.10 选用;当栈桥跨度不大于 30m 时,可仅在两端设置支撑,见图 5.1.10;
- 2 上弦支撑体系,抗震设防烈度为 6 度、7 度时,可采用柔性支撑;抗震设防烈度为 8 度及以上时,宜采用刚性支撑;
- 3 当跨度较大或结构刚度不足时,应加强平面支撑布置,或提高支撑构件刚度;
- 4 平面支撑的设置应保证结构整体稳定,并应与主体结构受力体系协调。

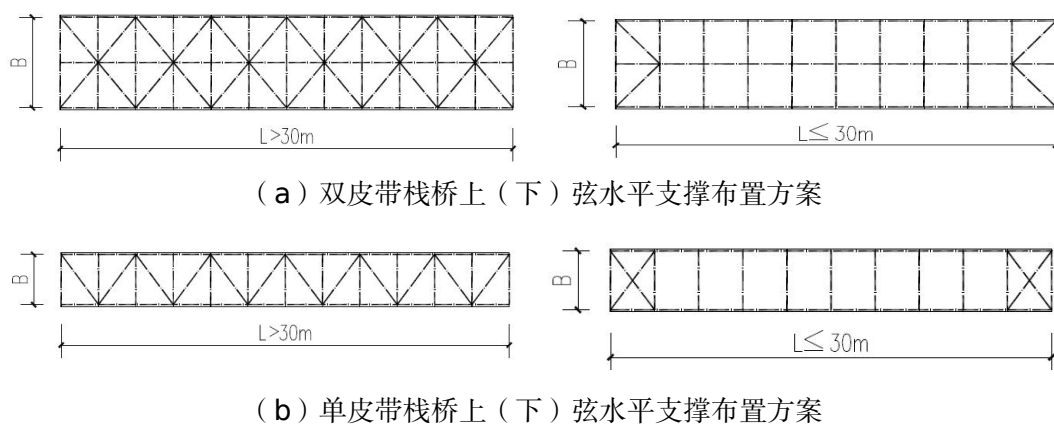


图 5.1.10 模块化装配式钢结构栈桥上(下)弦水平支撑形式

【条文说明】5.1.10 本条规定了栈桥上弦及下弦平面支撑体系的设置原则。

合理设置平面支撑对于保证结构整体稳定、传递水平荷载及协调构件受力具有重要作用。在模块化装配式结构中,支撑布置还直接影响构件标准化程度及现场安装效率。

5.2 结构布置

5.2.1 栈桥结构应采用模块化体系进行划分,模块布置宜沿栈桥纵向顺序设置,同一结构区段内宜采用统一的模块组合方式;非标准模块或非标准节段宜集中设置于区段端部,其划分方式应与整体模块划分原则一致。模块设计应采用模数协调,基本模数宜为 3m,模块长度宜为 3m 或其整数倍;模块划分应兼顾运输经济性、现场安装效率及构件标准化要求。支架形式及布置应与模块划分相协调,在变坡点、转折点及模块拼接位置宜设置支架柱,并应减少现场高空拼装作业。

5.2.2 栈桥栏杆、平台板、楼梯及检修通道等附属构件应采用定型化设计,其构造形式、连接方式及接口尺寸应统一,并应实现构件标准化与系列化。

5.2.3 结构标准化设计应与受力性能相协调,构件截面宜按受力分区进行优化设计,并应在满足承载力及稳定性要求的前提下提高材料利用效率。

5.2.4 栈桥结构设计应统筹工艺、建筑、结构及机电等专业要求,协调模块尺寸、接口形式、运输限界及安装工况等关键参数。

6 结构设计

6.1 结构分析

6.1.1 模块化装配式钢结构栈桥的抗震设防烈度、设计基本地震加速度和设计地震分组，应按国家规定权限批准发布的文件（图件）确定，并应符合现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的有关规定。对按现行有关规定需进行地震安全性评价的工程，地震动参数应按经批准的地震安全性评价报告确定。

6.1.2 栈桥宜采用符合栈桥实际受力情况的空间模型进行计算，模块板壳钢结构栈桥宜采用壳单元和梁单元组成的空间模型进行计算。

【条文说明】6.1.2 模块板壳钢结构栈桥的主体结构由钢板焊接形成，各板件共同承担荷载，其受力具有空间板壳结构特点。采用梁单元模型进行分析时，难以反映板件协同工作及局部受力特征，也难以满足连接构造及局部稳定分析要求。

壳单元可同时模拟板件的膜内力和弯曲作用，能够较真实地反映板壳结构的受力性能，因此本标准推荐模块板壳钢结构栈桥主体采用壳单元建立有限元分析模型。支撑体系及其他杆系构件可采用梁单元模拟，并与壳单元组成整体空间分析模型。

工程设计中，应根据分析目的合理确定单元类型及网格划分。对于模块连接区、开孔区、荷载作用区及其他受力复杂部位，宜采用局部网格细化，以保证分析结果满足设计要求。

6.1.3 桥身与地下通廊、支墩、支架、转运站或其他建（构）筑物间的连接，可假定为固定铰支座、滑（滚）动支座或弹性支座。

6.2 构件设计

6.2.1 栈桥构件设计应根据结构受力、稳定性及构造要求进行，并应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 及《冷弯型钢结构技术标准》GB/T

50018 的有关规定。构件体系应形成明确的传力路径，各构件应协调工作，保证结构整体性与连续性。节点及连接构造应满足力的可靠传递要求，并应避免应力集中及局部失稳。

6.2.2 波折钢侧板设计应满足承载力、整体稳定性及局部稳定性要求，并应与纵梁、横梁、支撑构件及加劲肋协同工作，形成整体受力体系。侧板构造及连接形式应保证荷载在纵向和横向构件之间可靠、连续传递，

6.2.3 波折钢侧板厚度应根据结构内力分布、板肋间距及稳定性要求分区确定，并应符合下列规定：：

- 1 侧板厚度不应小于 3.5mm；
- 3 厚度变化应沿结构纵向平缓过渡，不应突变；
- 4 厚度变化位置宜与加劲肋、支撑或分段拼接位置相对应。

【条文说明】6.2.3 本条对波折钢侧板厚度的分区设计作出规定。

由于栈桥结构沿纵向各区段内力分布及稳定要求存在差异，侧板厚度不宜统一取值，应根据结构受力特点进行分区确定。其中，跨中区段通常为弯矩和面内应力较大的控制区段，为保证其承载力及局部稳定性，规定该区段侧板厚度不应小于 3.5mm。其他区段可根据计算结果合理选取，但应满足强度、整体稳定性及局部稳定性要求。

侧板厚度变化应结合结构受力分布沿纵向平缓过渡，避免因截面刚度突变产生应力集中和不利变形。厚度变化位置宜结合加劲肋、支撑构件或分段拼接位置统筹布置，以利于结构受力转换、构造处理及施工安装，并保证传力路径连续可靠。

6.2.4 波折钢侧板端部及开洞边缘应采取加强措施，防止局部屈曲及撕裂。侧板拼接位置宜布置于受力较小区段，并应与加劲肋位置协调设置。

6.2.5 侧板加劲肋应根据侧板稳定性及受力要求设置，并应与侧板及主受力构

件协同工作。侧板加劲肋的厚度及宽度应根据受力情况确定

6.2.6 侧板加劲肋应进行承载力及稳定性验算，可按受压构件或受弯构件进行计算，并应与侧板共同形成稳定板单元，其整体稳定性应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定。加劲肋构造应符合下列规定：

- 1 加劲肋高度不应小于 90mm；
- 2 加劲肋厚度不应小于 10mm；
- 3 加劲肋面外应与侧板可靠连接，可采用熔透焊接连接。

【条文说明】**6.2.6** 本条对侧板加劲肋的承载力验算及构造要求作出规定。

加劲肋除作为侧板稳定约束构件外，在结构受力过程中还可能承担一定轴向力和弯矩作用，因此应根据实际受力状态按受压构件或受弯构件进行计算，并与侧板共同形成稳定板单元进行整体分析。规定加劲肋高度不应小于侧板厚度的 20 倍，且不应小于 60mm，主要是为了保证其具有足够的截面刚度和稳定约束能力，同时兼顾加工制作和焊接施工要求。加劲肋厚度不应小于 3mm，主要考虑其承载能力、局部稳定性及耐久性要求。加劲肋端部应与纵向、横向构件可靠连接，以确保侧板内力能够有效传递至主受力体系。加劲肋与侧板之间采用连续连接，主要是为了形成明确、可靠的边界约束条件，避免因连接间断造成局部失稳或约束失效。

6.2.7 支架杆件的计算长度应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 确定，其长细比应符合《构筑物抗震设计规范》GB 50191 的限值要求。杆件端部及节点构造应保证传力路径清晰，并应避免附加约束产生不利内力。

当杆件无节间荷载作用时，两端铰接杆件应按轴心受力构件进行强度、稳定及连接设计；当腹杆形心线与弦杆形心线不重合时，应考虑节点偏心引起的附加弯矩。

当杆件有节间荷载作用时，两端铰接杆件应按压弯构件或拉弯构件进行设计，

节点刚度引起的次弯矩应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定确定；

【条文说明】6.2.7 本条对支架杆件设计的计算原则作出规定。

支架杆件作为栈桥结构主要受力构件之一，其承载力和稳定性对结构整体安全具有重要影响。杆件计算长度应根据实际节点约束条件及结构布置形式确定，并符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定。对于无节间荷载作用的两端铰接杆件，可按轴心受力构件进行设计；当杆件节点存在偏心连接时，应考虑由节点偏心引起的附加弯矩影响，以更符合实际受力情况。对于有节间荷载作用的杆件，由于其同时承受轴力和弯矩作用，应按压弯构件或拉弯构件进行设计。条文中对节点刚度引起的次弯矩及弦杆弯矩简化取值作出规定，主要是便于工程设计中对常规支架体系进行合理简化计算，同时保证结构设计结果具有足够安全储备。

6.2.8 栈桥主体结构中，上纵梁及下纵梁等主要受力构件在承载能力极限状态下的强度利用系数应符合下列要求：

$$\eta \leq 0.85$$

其余构件在承载能力极限状态下的强度利用系数符合：

$$\eta_i \leq 0.90$$

波折钢侧板平均应力宜按下式控制：

$$\sigma \leq 0.80 f_y$$

σ ——构件计算应力；

f_y ——材料屈服强度。

侧板加劲肋等加劲构件承载力利用系数应符合：

$$\eta_s \leq 0.85$$

6.3 节点设计

6.3.1 模块化装配式钢结构栈桥节点设计应满足承载力、刚度和延性要求，并应保证传力路径明确、构造合理及施工安装方便。节点设计应与模块划分、运输单元及安装方案相协调，并应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定。

6.3.2 栈桥上纵梁、下纵梁及楼（屋）面水平支撑体系的连接节点应按内力进行设计。支架柱采用格构柱时，其柱肢拼接节点宜按等强原则设计，腹杆（支撑）连接节点宜按腹杆（支撑）设计承载力对应内力的 2 倍进行设计。

6.3.3 支撑节点设计应依据结构整体分析结果确定节点内力，并应按轴力、剪力及弯矩组合效应进行承载力验算。节点及其连接构件应保证传力路径连续、明确，不应产生明显应力集中。对于重要节点或受力复杂节点，宜采用有限元分析进行补充验算。

6.3.4 框架式支架结构节点抗震设计应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《构筑物抗震设计规范》GB 50191 的有关规定。节点应具有足够的延性，不应先于主体构件发生脆性破坏；抗震设计时，关键节点宜按“强节点、弱构件”的原则进行设计。

6.3.5 栈桥上、下纵梁连接节点宜采用高强度螺栓连接或栓焊混合连接。节点连接形式应根据受力特点、施工安装条件及维护要求综合确定。

6.3.6 节点螺栓连接设计应符合现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的有关规定。主要受力构件连接宜采用全熔透焊缝，焊缝质量等级应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

6.3.7 杆件节点构造应符合下列规定：

- 1 节点连接应满足强度、刚度及稳定性要求，并应避免局部应力集中；
- 2 节点板尺寸及厚度应与杆件内力相匹配，并宜采用标准化节点形式；

3 螺栓连接节点应保证足够搭接长度，并应满足施工安装空间要求；

4 焊接节点应采用合理焊缝形式，并应避免焊接残余应力集中。

栈桥交叉支撑及支架斜腹杆可按受拉构件进行计算，其连接构造应保证受拉力可靠传递，并应避免受压失稳工况。

【条文说明】6.3.7 本条对杆件节点构造设计作出规定。

节点是栈桥结构中各杆件和支撑体系传递内力的关键部位，其构造合理性直接影响结构整体受力性能、刚度分布及安全储备。节点连接应根据杆件实际内力和连接形式进行设计，满足强度、刚度及稳定性要求，并采取合理构造措施减少局部应力集中，避免因节点薄弱导致连接破坏或局部失稳。

节点板尺寸及厚度应与杆件内力水平和连接方式相适应，宜采用标准化、系列化节点形式，以提高设计统一性、加工精度和施工效率。采用螺栓连接时，应充分考虑连接搭接长度、螺栓布置间距及施工安装空间，保证连接受力可靠并满足现场拼装要求；采用焊接连接时，应根据受力特点合理选择焊缝形式和布置方式，减少焊接残余应力及应力集中对结构性能的不利影响。

对于栈桥交叉支撑及支架斜腹杆，考虑其在常规使用工况下主要承担拉力作用，可按受拉构件进行计算，但其连接节点仍应保证拉力能够连续、可靠传递。同时，在结构分析及构造设计中宜结合施工阶段和特殊荷载工况，对可能出现的受压作用进行必要校核，防止局部失稳或节点受力异常。

6.3.8 栈桥交叉支撑及支架斜腹杆可按受拉构件进行计算，其连接构造应保证拉力可靠传递，并应避免连接节点发生局部失稳或过早破坏。

6.3.9 模块间连接宜采用环槽铆钉、高强度螺栓或其他可靠的机械连接方式。连接设计应满足承载力、抗疲劳性能及耐久性要求；当连接承受拉力与剪力共同作用时，应按复合受力状态进行验算，并应考虑动力荷载及疲劳作用的影响。连接节点布置宜规则、对称，避免偏心受力。

【条文说明】6.3.9 本条针对模块化栈桥中模块拼接位置的受力特点与长期服役性能要求，对模块间连接提出控制原则。

模块间连接是结构整体受力连续性的关键薄弱环节，其受力状态通常较为复杂，往往同时承受拉力、剪力及由结构整体变形引起的附加内力。因此，该类连接不仅需要满足静力承载力要求，还需重点控制其在动力作用下的稳定性与耐久性能。

采用环槽铆钉连接，主要考虑其在循环荷载作用下具有较好的抗松动能力及稳定的抗剪性能，适用于装配式结构中需要快速安装且长期服役的连接部位。

由于模块间连接长期处于车辆荷载、风振或其他动力作用影响下，容易产生应力循环与累积损伤，因此要求按拉剪复合受力状态进行验算，并考虑疲劳效应，以避免连接在长期使用过程中发生渐进性破坏或性能退化。

同时要求连接布置规则、对称，是为了减少模块拼接误差引起的附加弯矩及偏心效应，从体系层面保证结构整体受力路径的均匀性与稳定性。

6.3.10 节点设计应满足工厂化制作和现场装配要求，宜优先采用螺栓连接，减少现场焊接工作量。节点构造应满足运输分段、吊装及安装要求，并宜具有安装调整能力；模块连接节点宜采用标准化设计，便于制造、安装及更换。

6.3.11 支架柱子插入基础杯口深度，应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定计算确定。

6.3.12 模块连接节点应保证模块间受力连续，连接刚度宜与主体结构相协调，不应因节点刚度突变产生明显的应力集中。模块拼接位置宜避开结构内力较大部位。

6.4 抗震设计

6.4.1 抗震设防烈度为 6 度及以上地区的栈桥，应进行抗震设计。栈桥计算单元宜取相邻两防震缝之间的区段，纵向和横向地震作用应由相应方向的抗侧力构

件及其连接节点承担。

【条文说明】:6.4.1 本条规定了模块化装配式钢结构栈桥进行抗震设计的适用范围及基本分析单元。

根据现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 5001 和《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 的有关规定,抗震设防烈度为 6 度及以上地区的工程均应进行抗震设计。栈桥结构作为具有较长纵向连续布置特征的构筑物,其地震响应与常规单体建筑有所不同,因此应结合结构连续长度、防震缝设置及支承条件合理划分计算单元。

本条规定宜以相邻两防震缝之间区段作为一个计算单元,主要考虑防震缝对结构动力响应的分隔作用,便于准确分析各区段在水平地震作用下的受力特征。纵向和横向地震作用通常分别由相应方向的抗侧力体系承担,包括支架柱、支撑体系、横向框架及其连接节点。对于模块化结构,还应重点考虑模块间连接节点在地震作用下的变形协调能力和传力可靠性。

6.4.2 抗震设防烈度为 6 度时,可不进行地震作用计算,但应按有关规定采取抗震构造措施。

【条文说明】: 6.4.2 本条规定了抗震设防烈度为 6 度地区的简化设计要求。

根据现行规范规定,在抗震设防烈度为 6 度地区,地震作用相对较小,结构可不进行专门的地震作用计算,但仍应采取必要的抗震构造措施,以保证结构整体性和延性。

对于模块化装配式钢结构栈桥,抗震构造措施主要包括:支架柱与基础可靠连接、模块连接节点加强、支座防滑移、防脱落措施、水平支撑和纵向系杆连续设置、围护结构与主体结构可靠连接。

本条的目的在于避免因完全忽略抗震要求而导致结构薄弱部位提前破坏。

6.4.3 抗震设防烈度为 7 度至 9 度时，栈桥地震作用计算和构造应符合下列规定：

1 在结构规则、跨度较小且支承体系可靠时，桥身可不单独进行纵向和横向地震作用计算，但支座及支架应进行水平地震作用计算，且栈桥及其连接节点应采取抗震措施；桥身支座可按放大水平地震作用进行设计；

2 跨度不大于 27m 的栈桥，可不计算竖向地震作用；

3 跨度大于 27m 的栈桥，在抗震设防烈度为 8 度和 9 度时，应计算竖向地震作用。

【条文说明】：6.4.3 本条规定了抗震设防烈度为 7 度至 9 度地区栈桥结构地震作用计算及构造措施要求。

栈桥结构通常具有纵向线性布置、横向刚度较大、纵向连续长度较长的特点。对于一般跨度和常规支承形式的栈桥，桥身主体在水平地震作用下的受力相对明确，因此在满足构造要求的前提下，可适当简化桥身本体的水平地震作用计算。

第 1 款规定桥身可不进行纵向和横向地震作用计算，主要基于常规输送栈桥在地震作用下主要由支架和支座体系承担水平作用的工程经验。支座及支架作为主要传递地震水平力的关键部位，应进行专门的水平地震作用计算，同时栈桥本体及连接节点应采取可靠的抗震构造措施。

其中，支座可按放大水平地震作用进行设计，主要是考虑支座节点可能出现的动力放大效应及局部薄弱问题。

第 2 款和第 3 款对竖向地震作用计算作出区分规定。对于跨度不大于 27m 的栈桥，竖向地震作用通常对结构内力影响较小，可不进行专门计算；当跨度大于 27m，尤其在 8 度和 9 度高烈度区时，竖向地震作用对梁系挠度、支座反力及节点受力影响明显，应进行专门分析。

6.4.4 当抗震设防烈度为 9 度及以上，或工程位于高烈度地震区时，栈桥结构

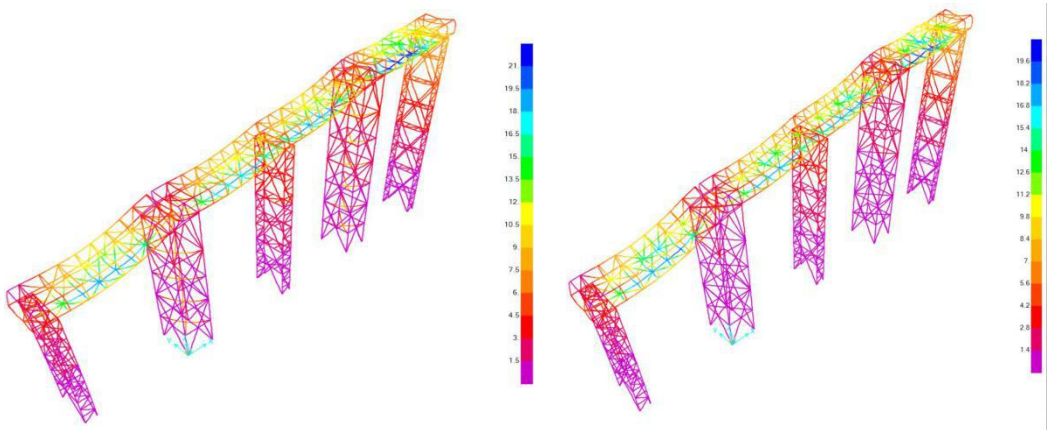
的抗震设计应按现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191 的有关规定执行，并应进行专门的抗震性能设计论证。必要时应结合工程场地条件、结构体系特点及施工工况开展专项研究或抗震性能评估，明确结构在罕遇地震作用下的安全性与可靠性。

【条文说明】6.4.4 本条系根据高烈度地震区装配式模块栈桥工程专项研究及实际工程应用经验提出。

工程实践表明，抗震设防烈度为 9 度及以上地区，栈桥结构在强震作用下的动力响应显著增大。尤其装配式模块化钢结构栈桥具有跨度较大、纵向连续布置、高位支承、节点连接复杂及整体柔度较大的特点，其动力特性对地震作用较为敏感。

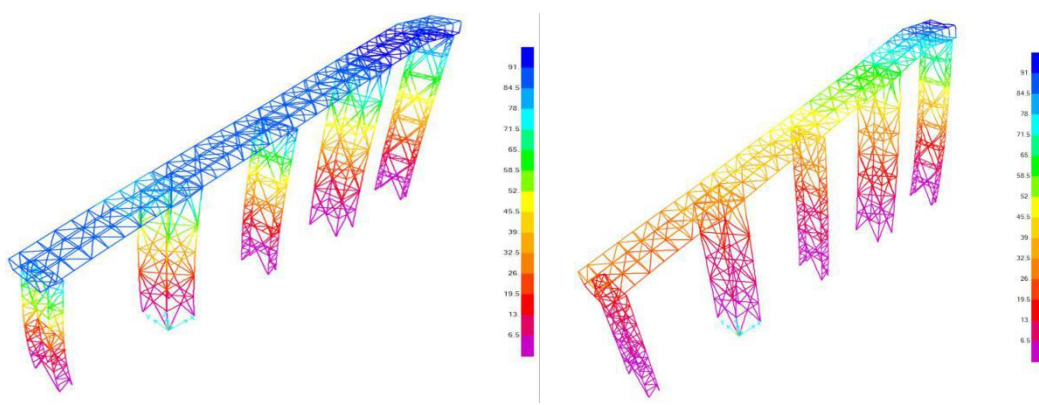
以某 9 度高烈度区装配式模块栈桥工程专项抗震设防研究为例，场地 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度为 0.367g，50 年超越概率 2% 的峰值加速度达到 0.65g。结构第一振型周期为 1.49s，第二振型周期为 1.19s，扭转周期为 0.86s，表明该类结构具有较明显的长周期和扭转响应特征。

在多遇地震作用下，格构柱最大层间侧移角 1/562，栈桥模块最大层间侧移角 1/250，栈桥模块最大挠度 1/908，均满足规范限值要求。



(a) 恒载工况下变形图

(b) 活载工况下变形图



(c) X 向地震工况下变形图

(d) Y 向地震工况下变形图

图 6.4.4-1 多遇地震作用下栈桥结构变形图

在设防地震作用下，主要受力构件均满足不屈服要求，支撑构件允许局部进入屈服状态，结构整体仍满足正常使用性能目标。

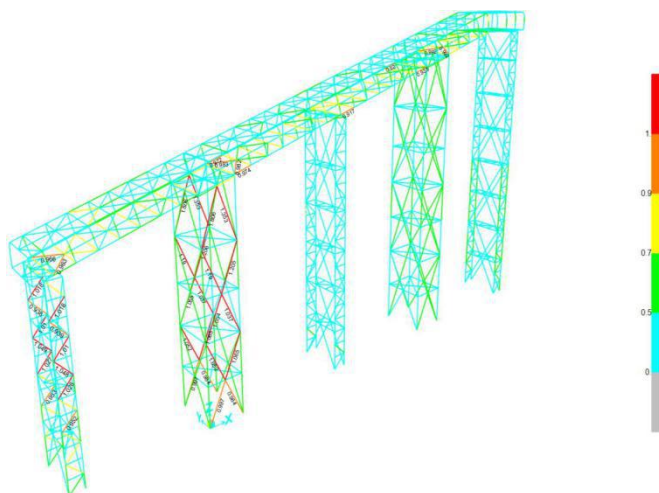


图 6.4.4-2 设防地震作用下栈桥整体应力比简图

在罕遇地震作用下，通过非线性动力弹塑性时程分析发现，结构最大层间位移角平均值分别为 X 向 1/144、Y 向 1/125，小于规范限值 1/50；塑性发展主要集中于支撑及部分框架梁，首先表现为支撑大范围屈服，随后局部梁端形成塑性铰，而主要竖向承重构件及栈桥模块主体构件保持弹性工作状态，未出现整体失稳和连续倒塌现象。

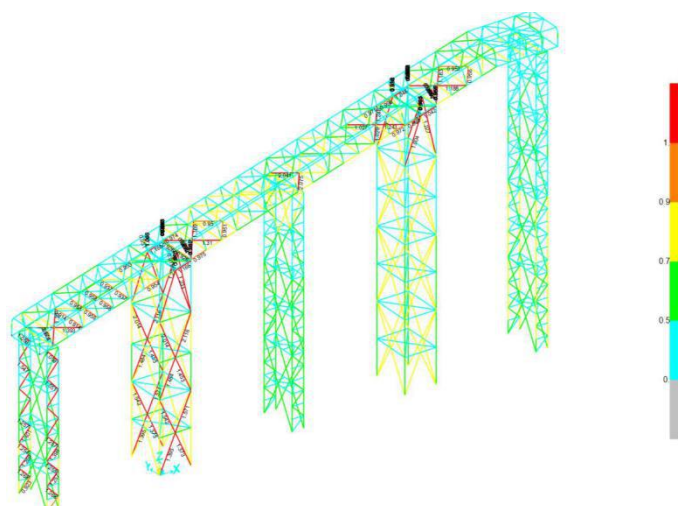


图 6.4.4-3 罕遇地震作用下栈桥整体应力比简图

分析结果表明,该类结构在高烈度地震作用下存在明显的构件塑性发展和耗能过程,其抗震性能除与主体构件强度有关外,还与节点构造、支撑耗能机制及施工阶段受力状态密切相关。采用常规弹性设计方法难以全面反映结构在罕遇地震作用下的真实工作状态。

因此,对于抗震设防烈度为 9 度及以上,或位于高烈度地震区的栈桥结构,除按现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191 进行设计外,尚应进行专项抗震性能设计论证;必要时,应结合场地条件、结构体系特点及施工工况开展专项研究或抗震性能评估,以确保结构满足“大震不倒”的性能目标。

6.4.5 栈桥的地震影响系数,应根据场地类别、基本地震烈度、设计地震分组、结构自振周期和阻尼比按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的地震影响系数曲线确定。

6.4.6 计算多遇地震作用效应时,当栈桥顶部距地面高度不大于 50m 时,阻尼比可取 0.04;当大于 50m 且小于 200m 时,可取 0.03。栈桥水平地震影响系数最大值应按表 6.4.6 取值。

表 6.4.6 水平地震影响系数最大值

地震影响	6 度	7 度	8 度	9 度
多遇地震	0.04	0.08(0.12)	0.16(0.24)	0.32

设防地震（偶遇地震）	0.12	0.23(0.34)	0.45(0.68)	0.90
罕遇地震	0.28	0.50(0.72)	0.90(1.20)	1.40

注：括号内数值分别用于基本地震加速度为 0.15g 和 0.30g 的地区。

【条文说明】6.4.6 除有专门规定外，栈桥的阻尼比应取 0.05；当阻尼比不等于 0.05 时，栈桥的水平地震影响系数应按《构筑物抗震设计规范》GB 50191 乘以阻尼修正系数。

6.4.7 栈桥的竖向地震作用标准值可采用重力荷载代表着与竖向地震作用系数之积。竖向地震作用，可不向下传递，但构件和节点计算应予以计入。竖向地震作用系数，可按表 6.4.7 取值。

表 6.4.7 竖向地震作用系数

结构类别	设防烈度	场地类别		
		I	II	III、IV
钢桁架	8	可不计算(0.10)	0.08(0.12)	0.10(0.15)
	9	0.15	0.15	0.20

注：括号内数值系基本地震加速度为 0.30g 的地区。

6.4.8 抗震缝的设置及构造应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的及下列有关规定：

对两端均与建筑物脱开的栈桥，抗震缝宜符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定，当与建筑相邻处的高度不大于 15m 时，抗震缝的最小宽度可采用 100mm；当高度大于 15m 时，6 度、7 度、8 度和 9 度相应每增加高度 5m、4m、3m 和 2m，宜加宽 20mm。

【条文说明】6.4.8 本条系针对两端均与建筑物脱开的栈桥结构抗震缝设置提出的构造要求。

栈桥作为连接不同建（构）筑物之间的线性结构，其动力特性通常与两侧主体结构存在差异。由于相邻建筑物在高度、结构形式、刚度分布及自振周期等方

面往往不同，在地震作用下易产生不同步振动和相对位移。若缝宽设置不足，结构在水平地震作用下可能发生碰撞、挤压或局部卡阻，导致端部支承、围护构件及连接节点损伤，严重时可能影响栈桥整体安全和正常使用功能。

震害调查表明，在历次强震中，连接通廊、连桥及类似栈桥结构的端部位置为震害易发部位，常见破坏现象包括端部碰撞挤压、支座脱空或错位、围护板和屋面板局部破坏，以及连接节点变形损伤等。对于两端均与建筑物脱开的栈桥，上述震害主要与相邻结构不同步振动引起的相对位移不足释放有关。因此，合理设置抗震缝宽度是防止震害扩展的重要构造措施。

本条规定其抗震缝设置应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定，并结合栈桥结构特点进行细化控制。

考虑到栈桥结构一般具有自重较轻、整体柔度较大、横向刚度相对较小及连接跨度较长等特点，当与建筑相邻处高度不大于 15m 时，其地震相对位移通常处于可控范围。结合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定及工程应用经验，抗震缝最小宽度采用 100mm，可满足一般设防条件下的防碰撞要求。

当相邻处高度大于 15m 时，结构侧移响应及端部相对位移随高度增加而显著增大，且设防烈度越高，地震作用下位移需求越大。为保证不同设防烈度下具有必要的抗碰撞安全储备，本条规定 6 度、7 度、8 度和 9 度地区分别按每增加高度 5m、4m、3m 和 2m 加宽 20mm 进行控制，其取值原则与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 保持一致，并结合栈桥结构线性连续布置特点进行适用性调整。

本条规定的缝宽为最小控制值。对于高烈度区、大跨度栈桥、两侧结构刚度差异较大、高差较大或连接建筑物动力特性差异明显的工程，尚应结合结构动力分析结果和实际构造条件适当加大缝宽，必要时进行专项抗震位移验算，以避免

地震作用下发生碰撞震害。

6.4.9 模块化装配式钢结构栈桥的抗震设计应符合现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191 的规定，抗震构造措施应与模块化连接节点、装配式结构体系的受力特点相适配。

6.4.10 模块化连接节点应具备充足的抗震延性与耗能能力，严禁节点先于主体受力构件发生脆性破坏，保证结构抗震受力体系的完整性。

6.4.11 模块化装配式钢结构栈桥结构应进行多遇地震作用下的承载力与变形验算，对于大跨度、重要性栈桥，尚应进行罕遇地震作用下的弹塑性受力分析。

6.4.12 栈桥结构动力分析及共振验算宜符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 及有关标准的规定。

6.4.13 栈桥结构应进行共振验算，并应符合下列要求：

1 栈桥结构在设备运行工况下，应进行动力分析，结构自振频率不应与设备激励频率及其倍频接近，必要时应进行共振验算。

2 当结构自振频率与设备激励频率接近时，应采取调整结构刚度、质量分布或设置减振措施等措施，避免发生共振。

3 对输送设备运行产生的周期性荷载，应根据设备类型、运行速度及布置情况确定激励频率，并应考虑启停及不均匀运行等不利工况。

4 共振验算可采用简化计算或动力分析方法进行，必要时宜采用有限元分析。

5 栈桥结构的振动响应应满足结构安全及正常使用要求，振动幅值及加速度应控制在允许范围内。

6.5 防腐与防火设计

6.5.1 模块化装配式钢结构栈桥的防腐与防火设计，应在根据工程环境条件、输送介质特性、设计使用年限及运维要求综合确定，并应符合现行国家标准《工

业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046 及相关行业规范的规定。

6.5.2 栈桥结构及其围护系统、附属构件和设备外露部件，应根据大气腐蚀、工业腐蚀、潮湿、盐雾及粉尘积聚等环境作用进行防腐设计，其防护措施应符合现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046 的有关规定。在腐蚀性较强环境中，宜采用耐腐蚀材料、防腐涂层、金属镀层或复合防护体系。

6.5.3 结构构件及其连接部位的防腐设计应符合现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046 的有关规定，并应符合下列要求：

- 1 构件连接节点、螺栓连接部位、焊缝附近及构件端部等易腐蚀部位，应采取重点防护措施；
- 2 构造设计应避免形成积水、积尘及腐蚀介质滞留；
- 3 拼接节点及模块连接部位应保证防护连续性。

6.5.4 结构构造设计应满足防腐及运维要求，并应符合现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046 的有关规定，同时应符合下列要求：

- 1 构件布置宜减少凹槽、死角及封闭积聚空间；
- 2 闭口截面构件应采取可靠封闭或排水措施；
- 3 防护构造应便于检查、清理、维修及更换；
- 4 防护设计宜与检修通道及可达性要求相协调。

6.5.5 当结构构件受物料冲刷、磨蚀或频繁接触作用时，其防护设计应符合现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046 的有关规定，并应采取耐磨、防撞及局部加强措施；易损部位宜设置可更换的防护层或衬板。

6.5.6 防腐涂层及表面处理应符合现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046 的有关规定，并应与环境类别、维护周期及设计使用年限相适应；钢材表面处理应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定》GB/T 8923 的规定。采用涂装体系时，设计文件应明确基层处理要求、

配套体系及维护要求。

6.5.7 模块连接节点及拼装接口的防腐设计，应保证防护体系的连续性，并应考虑现场安装、拆卸及后期维护条件。

6.5.8 栈桥防火设计应根据输送介质性质、周边环境及火灾危险性确定，并应符合《构筑物抗震设计规范》GB 50191 及相关行业规范的规定。

6.5.9 栈桥火灾危险性应根据输送介质确定，并应符合下列规定：

- 1 输送煤炭的栈桥，其火灾危险性可按丙类确定，耐火等级不应低于二级，并应符合相关行业规范的有关规定；
- 2 输送矿石、化工制品等其他物料时，应按相关行业标准确定火灾危险类别；
- 3 不同区段输送不同介质时，应按分区分别确定火灾危险性。

6.5.10 当栈桥与周边建（构）筑物的防火间距不符合相关行业规范时，应采取防火措施；位于甲、乙类储罐防护范围内或距离煤堆 3m ~ 5m 范围内的构件，应进行防火保护；与丁、戊类建（构）筑物或设备间距不足时，可不设置防火墙。

6.5.11 防火保护措施应符合现行国家标准《钢结构防火涂料》GB 14907 及相关行业规范的有关规定，并应根据结构形式及使用要求合理选用防火涂料、防火包覆等措施。

6.5.12 栈桥内部防火设计应符合相关行业规范的有关规定，并应符合下列要求：

- 1 当设置自动灭火系统时，结构构件可不采取防火保护措施；
- 2 当未设置自动灭火系统时，主要承重构件的耐火极限不应低于 1.5h，其防火保护措施应符合现行国家标准《钢结构防火涂料》GB 14907 的有关规定；
- 3 栈桥内部空间布置应避免形成不利于排烟的条件。

6.5.13 栈桥疏散楼梯及通道的设置应符合相关行业规范的有关规定。

7 围护系统设计

7.1 一般规定

7.1.1 栈桥围护系统设计应满足安全适用、耐久可靠、经济合理及便于施工与维护的要求，并应符合国家现行有关标准的规定。

7.1.2 围护系统设计应根据栈桥所属行业输送物料特性、环境条件及运行要求确定，并应满足防雨、防风、防尘、防腐、保温及通风等功能要求。

【条文说明】：7.1.2 本条规定围护系统的功能性设计原则。

栈桥所服务行业差异较大，不同输送物料（如煤炭、矿石、化工原料等）在粉尘特性、腐蚀性及环境影响方面差异显著，因此围护系统不能采用统一形式，而应根据具体工况进行针对性设计。

围护系统不仅承担围护作用，还承担环境隔离功能，包括防尘扩散、防雨侵入及防风干扰等。本条明确围护系统应满足多种功能的综合要求，以保证设备运行环境稳定及周边环境安全。

7.1.3 栈桥围护系统应结合结构形式进行整体设计，并应与主体结构体系相协调，保证围护结构布置合理、受力明确。

【条文说明】：7.1.3 本条强调围护系统与主体结构的协同设计。

围护系统作为附属结构，其布置与受力状态直接依赖主体结构体系。如果围护系统设计脱离结构布置，容易导致连接不合理或受力路径不清晰，从而产生附加应力或局部破坏。

因此围护系统设计必须与结构体系统一考虑，使围护构件的传力路径明确，并与结构变形特性相协调。

7.1.4 栈桥围护系统设计应符合装配式建造要求，宜采用标准化、模块化设计方法，并应满足工厂预制及现场装配式施工的要求。

7.1.5 围护系统所采用的材料及构造形式，应符合本标准第3章有关围护材料

的规定。

7.1.6 栈桥围护系统设计应满足消防安全要求，其防火构造及材料选用应符合相关行业规范的有关规定。

7.1.7 在腐蚀性或其他特殊环境条件下，围护系统应采取相应防护措施，其材料选用及构造设计应符合现行有关标准的规定。

7.2 围护系统设计要求

7.2.1 栈桥围护系统宜采用全封闭式形式，并应根据使用功能、环境条件及工艺要求进行设计。

7.2.2 当输送物料粉尘较大或受风、雨、雪等气候影响明显时，围护系统应采取有效的防尘、防雨及防风措施，并应保证良好的密闭性能。

7.2.3 围护结构材料应根据使用环境、耐久性及使用功能要求选用，可采用压型钢板、金属夹芯板、PC板、FRP板等材料或其组合形式；其性能应符合本标准第3章及现行国家有关标准的规定。在腐蚀性环境中，应选用耐腐蚀材料或采取相应防护措施。

7.2.4 围护结构应满足强度、刚度及整体稳定性要求，其荷载取值及作用组合应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的有关规定。

7.2.5 围护结构与主体结构的连接应安全可靠，并应满足变形协调要求；在温度作用、风荷载及结构变形影响下，不应产生不利附加应力或连接破坏。围护结构连接节点及接口构造应满足防水、防风及耐久性要求。

7.2.6 围护结构应采取防止雨水渗漏及积水的构造措施，屋面及侧墙节点应进行防水设计，并应设置合理的排水坡度及排水设施。

7.2.7 围护系统应根据运行及维护要求设置检修口、观察窗及通风设施，其布置位置及尺寸应满足设备运行、检修及通风需求。

7.2.8 在寒冷或温差较大的地区，围护系统应采取防结露措施；在高温或强日

照地区，应采取隔热或遮阳措施。

7.2.9 围护系统设计应与结构模块划分相协调，围护构件宜与结构模块同步划分，并应满足工厂预制及现场装配一体化安装的要求。围护系统接口应与结构模块接口统一，并应保证构造连续性。

7.2.10 栈桥屋面围护系统设计应根据结构形式、使用环境及功能要求确定，并应符合下列规定：

- 1 屋面围护系统应满足防水、防风、抗渗漏及耐久性要求；
- 2 屋面构造应与主体结构及模块划分相协调，便于工厂预制及现场安装；
- 3 屋面材料宜采用压型钢板、金属夹芯板、FRP 板或其他轻质围护材料，必要时应设置保温层，其性能应符合现行有关标准的规定；
- 4 屋面应设置可靠的排水系统，防止积水；
- 5 在粉尘或腐蚀性环境中，屋面构造应便于清理和维护。

7.3 节点及构造设计

7.3.1 栈桥围护系统节点及构造设计应满足安全可靠、构造合理、连接有效及便于施工与维护的要求，并应与主体结构受力体系及变形特性相协调。

7.3.2 围护构件与主体结构的连接节点应安全可靠，连接方式宜采用螺栓连接、自攻、铆钉连接等装配式连接形式，并应满足承载力及变形协调要求。节点构造应具备一定的调节能力，以适应施工安装偏差，并应便于安装、拆卸及更换。

【条文说明】：7.3.2 本条针对围护构件与主体结构之间的连接节点提出要求。连接节点是围护系统受力传递的主要路径，其可靠性直接关系到围护结构的安全性。在装配式建造模式下，采用螺栓连接、自攻钉连接等干式连接方式，有利于提高施工效率并减少现场作业，同时也便于构件的拆卸与更换。

考虑到施工过程中不可避免存在安装偏差，节点设计应具备一定的调节能力，以保证围护系统整体安装质量。此外，节点构造应兼顾后期维护需求，使围护构

件在必要时能够方便更换，从而提高系统的可维护性。

7.3.3 围护系统节点构造应采取可靠的防水及密封措施，板材连接部位、转角部位及穿板部位应设置连续密封构造，并应保证围护系统整体密闭性及耐久性。密封材料应与围护材料相适应，并具有良好的耐候性能。节点构造应避免形成积水、积尘及腐蚀介质滞留空间。

【条文说明】：7.3.3 本条规定围护系统节点防水与密封设计要求。围护系统渗漏问题在工程中较为普遍，其根本原因往往在于节点构造处理不当或密封措施失效，而非材料本身性能不足。因此，节点防水设计应以构造连续性为核心，通过合理设置板材搭接、转角构造及穿板节点，形成完整有效的防水体系。

同时，密封材料作为防水体系的重要组成部分，其性能应与围护材料相匹配，并具备良好的耐候性和耐久性，以保证在长期环境作用下仍能维持有效密封性能。

7.3.4 围护系统构造设计应简洁连续，减少不规则拼接及构造突变；节点及拼接部位应采取必要的防护措施，并应便于清理、检查及维护。

7.3.5 屋面及墙面围护系统节点设计应满足防水、防风及结构安全要求，其中屋面节点应重点控制抗风揭性能及排水构造，墙面节点应保证整体性、安装平整度及与屋面的过渡衔接。门、窗、百叶及设备开口等部位应设置加强及收边构造。

【条文说明】：7.3.5 本条对屋面与墙面围护系统节点设计进行分类控制。屋面与墙面在受力状态及使用功能方面存在明显差异，屋面主要承受风荷载及雨水作用，对抗风揭性能及排水能力要求较高；墙面则主要承担围护功能，对整体性及外观平整度要求较高。

此外，屋面与墙面交接部位以及各类开口部位通常为构造复杂区域，是渗漏和局部破坏的高发位置。因此需通过专项节点设计保证这些部位的结构安全及围护连续性。

7.3.6 围护系统节点设计应满足结构变形适应要求，在温度作用或结构位移较

大的部位，应采用滑动连接、柔性连接或其他适应变形的构造措施；围护构件不应参与主体结构主要受力，在变形缝处应设置连续的连接及密封构造。

【条文说明】：7.3.6 本条规定围护系统节点的变形适应能力。栈桥结构在温度变化及荷载作用下会产生一定变形，围护系统作为附属结构，应能够适应这种变形而不产生不利影响。如果节点连接过于刚性，将限制结构自由变形，从而在围护构件或连接部位产生附加应力，导致构件开裂或节点破坏。

因此，围护系统节点在必要时应采用滑动连接或柔性连接等形式，以释放结构变形带来的影响。同时明确围护构件不应参与主体结构主要受力，以避免围护系统承担超出其设计范围的结构作用。

7.3.7 围护系统节点设计应符合模块化建造要求，节点构造宜标准化、系列化，并应与结构模块划分相协调；节点设计应减少现场湿作业，提高装配效率，并应满足运输及吊装条件。

8 产品的生产、运输及安装

8.1 栈桥产品基本要求

8.1.1 栈桥部品部件应采用标准化、系列化及模块化设计，其规格、尺寸、连接形式及安装接口应统一，并应满足工厂化生产、运输及现场装配的要求。

【条文说明】8.1.1 本条是模块化装配式栈桥产品体系的基础性规定。标准化、系列化及模块化是实现工业化建造的前提条件，其核心在于通过统一构件规格与接口形式，提高构件通用性和互换性，从而实现批量生产和快速装配。

若缺乏统一的模数体系和接口标准，将导致构件无法实现规模化生产，并增加现场安装难度。因此，本条将“统一接口”作为关键控制内容。

8.1.2 栈桥部品部件的材料、规格、加工质量及外观质量应符合设计文件要求，并应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

8.1.3 栈桥承重部品部件的承载性能、稳定性能及变形性能应满足设计要求；连接节点、拼接接头及预埋连接件应具有可靠的传力性能和安装适应性。

【条文说明】8.1.3 本条强调承重部品部件的性能要求。模块化结构中，构件在运输和吊装过程中可能经历不同于设计工况的受力状态，因此不仅需要满足正常使用阶段的承载性能，还需考虑施工阶段的受力安全。

同时，连接节点作为力的传递路径，其性能直接影响结构整体受力状态，因此要求其具有可靠的传力能力及安装适应性。

8.1.4 栈桥围护板、楼面板、平台板、楼梯、栏杆、踢脚板及附属连接件等非承重部品部件，应满足使用功能及耐久性要求，并应与主体结构模块划分相协调。

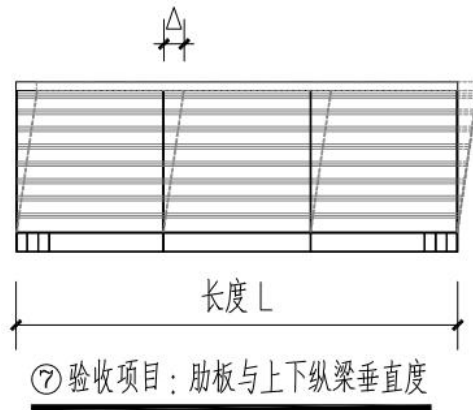
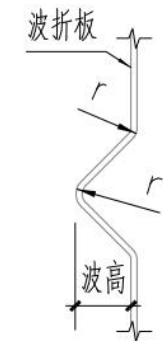
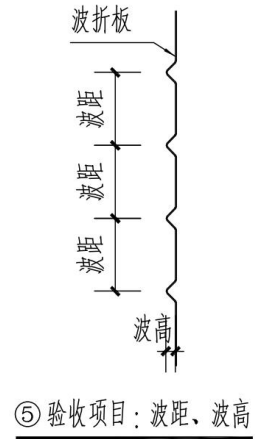
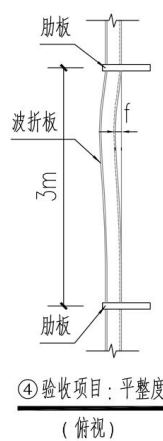
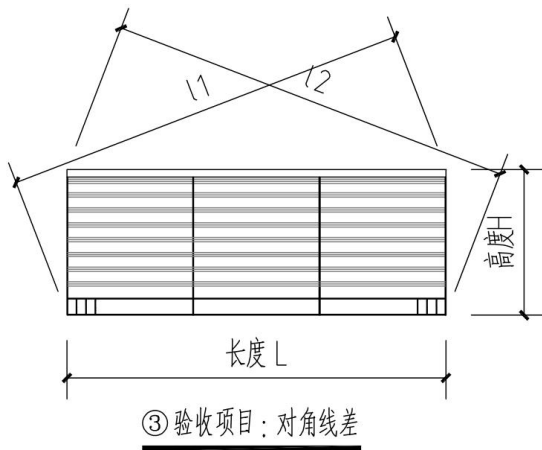
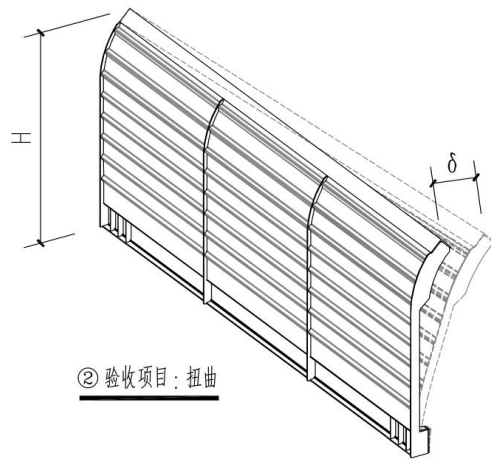
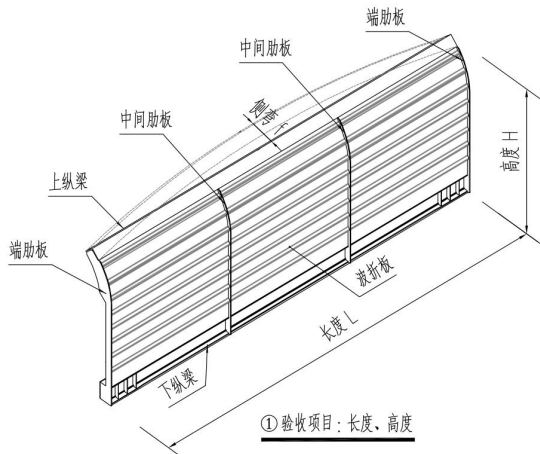
8.1.5 栈桥薄壁侧板应进行专项验收，外观质量应平整、顺直，板面不应有施工残留物和污物，且无锈蚀、无明显变形，其厚度、平整度、波形尺寸及成型质量等允许偏差应符合表 8.1.5 的规定，验收项目示例见表 8.1.5。

检查数量：按钢构件数抽查 10%，且不应少于 3 件。

表 8.1.5 栈桥波折钢侧板外形尺寸允许偏差

序号	验收项目	允许偏差	检验方法	图例
1	厚度	-0.25mm	卡尺、千分尺	①
2	长度	L/2500, 且 不超过 $\pm 5\text{mm}$	钢卷尺	
3	高度	$\pm 3\text{mm}$	钢卷尺	
4	侧弯矢高 f (上、下纵梁)	L/2500, 且 $\leq 10\text{mm}$	拉线、钢尺	
5	扭曲	H/250, 且 $\leq 10\text{mm}$	拉线、吊尺、钢尺	②
6	对角线差 (I1-I2)	$\leq 5\text{mm}$	钢尺	③
7	平整度	L/1000, 且 $\leq 3\text{mm}$	3m 靠尺、塞尺	④
8	波高	$\pm 2\text{mm}$	直尺、卡尺	⑤
9	波距	$\pm 3\text{mm}$	钢尺	
10	冷弯曲率	$r \geq 3t$	半径规、圆弧样板	⑥
11	肋板与上下纵梁 垂直度	$\leq 6\text{mm}$	直角尺、钢尺	⑦
10	中间肋板与 波折板垂直度	$\Delta \leq b/100$ 且 $\Delta \leq 3\text{mm}$	直角尺、钢尺	⑧

10	端肋板与 波折板垂直度	$\Delta \leq 1.5\text{mm}$	直角尺、钢尺	
13	波折板与肋板 对接允许偏差	$\Delta \leq 2.0\text{mm}$	直尺、靠尺	⑨



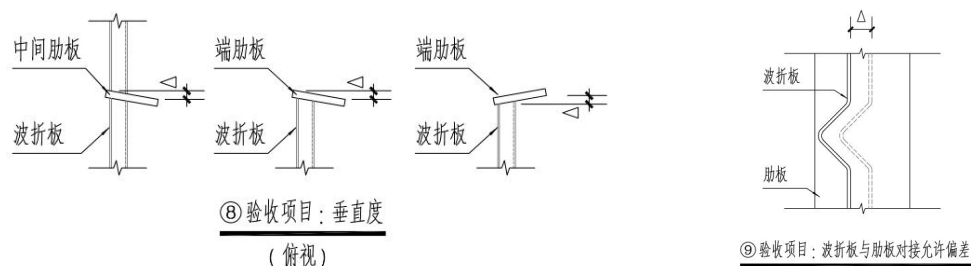


图 8.1.5 栈桥波折钢侧板验收项目示意图

【条文说明】8.1.5 薄壁侧板在栈桥围护系统中应用较为广泛，其厚度及成型质量对整体刚度、耐久性及外观质量具有重要影响。工程实践中，薄板类构件容易出现厚度负偏差及成型不均匀等问题，因此需进行专项质量控制。通过设置专门验收要求，有助于提高围护系统整体质量水平。

8.1.6 采用涂装、镀锌或其他表面防护处理的部品部件，其防护体系应与工程环境类别及设计使用年限相适应，并应符合现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046 的有关规定。

8.1.7 有防火要求的部品部件，其燃烧性能及耐火保护措施应符合设计要求，并应符合相关行业规范的有关规定。

8.1.8 栈桥部品部件宜设置统一标识，并应建立编码体系，实现部品部件在生产、运输、安装及运维全过程的可追溯管理。

【条文说明】8.1.8 本条规定部品部件的标识与编码管理要求。模块化装配式结构中，构件数量多、类型复杂，若缺乏统一标识体系，将导致现场识别困难，影响安装效率及质量控制。建立编码体系能够实现从生产到安装再到运维全过程的信息追溯，是实现数字化建造及运维管理的重要基础。

8.2 堆放及运输

8.2.1 部品部件在堆放及运输过程中，应采取防护措施，防止构件发生变形、损伤、腐蚀或污染，并应保证构件标识清晰完整。

8.2.2 部品部件运输前应根据构件尺寸、重量、重心位置、刚度特性及运输条

件编制运输方案；对重要构件或复杂运输工况，宜进行专项校核。

8.2.3 运输过程中所采用的车辆、吊具、绑扎方式及支垫方式应与构件受力特性相适应，并应防止构件产生扭曲变形、局部压损及表面防护层破坏。

【条文说明】8.2.2 本条规定运输方案编制要求。模块化构件在运输过程中往往处于非正常受力状态，特别是长细构件及薄壁构件，易产生变形或局部损伤。通过在运输前进行方案设计及必要的专项校核，可以有效避免运输阶段产生不可恢复变形，从而保证构件在安装阶段的质量。

8.2.3 本条强调运输过程中支承及约束方式的合理性。构件在运输过程中的受力状态与设计受力存在较大差异，不合理的支垫或绑扎方式可能导致构件产生附加应力或局部损伤。因此应根据构件受力特性选择合理的支承及固定方式，以保证构件在运输过程中的安全性及完整性。

8.2.4 对长细构件、薄壁构件、板状构件及其他易变形构件，应采取临时加固措施；对涂装件、镀锌件及精加工构件，应采取防碰撞、防擦伤及防雨措施。

8.2.5 部品部件堆放场地应平整坚实、排水良好，堆放方式应保证构件受力合理，并便于分类管理、吊装取用及检查验收。

8.2.6 部品部件应按类型、规格、安装顺序及安装区域分区堆放，并应设置清晰标识；易混淆构件及配套连接件应成组存放。

8.2.7 采用表面防护处理的部品部件在运输及堆放过程中，应避免长期受潮、暴晒及污染；当防护层受损时，应及时修复。

8.2.8 部品部件的堆放及运输应与现场安装顺序及施工进度相协调，减少二次搬运及重复倒运。

8.3 安装与施工

8.3.1 栈桥部品部件安装前，应完成基础、支座、预埋件、连接节点及安装基准的复核，复核结果应满足设计及施工要求后方可安装。

8.3.2 栈桥安装施工应编制专项施工方案，方案应包括吊装顺序、施工工况分析、临时支撑措施、测量与校正方法、节点连接工艺、成品保护及安全技术措施等内容。

8.3.3 部品部件安装宜按主体结构优先、先大后小、由下至上、先主体后附属的顺序进行，并确保各施工阶段结构体系的稳定性。

8.3.4 模块安装宜优先采用整体吊装方式，减少高空拼装及现场作业；在吊装、拼装及就位过程中，应采取可靠的临时固定措施。

【条文说明】**8.3.4** 本条强调模块整体吊装原则。整体吊装是装配式结构区别于传统施工方式的重要特征，其优点在于能够减少现场拼装工作量，提高施工效率并降低高空作业风险。同时，整体吊装有利于保证构件在工厂阶段完成主要拼装，从而提高构造精度及质量稳定性。

8.3.5 构件就位后应及时进行校正，并完成连接、终拧或焊接等工序。

8.3.6 采用高强度螺栓连接的部位，其安装、终拧及检验应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

8.3.7 采用焊接连接的部位，其焊接工艺、焊缝质量及无损检测应符合设计文件及现行有关标准的规定，并应采取控制焊接变形的措施。

8.3.8 安装过程中应对构件轴线位置、标高、垂直度、间距及拼接尺寸进行测量与控制，其允许偏差应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

8.3.9 围护板、楼面板、平台板、栏杆、楼梯及其他附属构件应在主体结构形成稳定体系后进行安装，并应与相关专业施工协调进行。

8.3.10 施工过程中应采取成品保护措施，防止构件损伤、污染及变形；安装施工宜采用装配式及机械化施工方法，提高施工效率并减少高空作业。

8.4 检验与验收

8.4.1 栈桥部品部件在生产、运输、进场及安装各阶段均应进行检验，并形成完整质量记录。

【条文说明】8.4.1 本条提出全过程质量控制要求。模块化装配式结构的质量控制不应局限于竣工验收阶段，而应贯穿生产、运输、安装等各个环节。任何一个阶段的质量问题，都可能在后续阶段放大甚至难以修复。因此必须建立全过程质量控制体系，并形成完整记录。

8.4.2 部品部件出厂前应进行外观质量、尺寸偏差、连接质量及表面防护层质量检查；必要时应进行抽样复验。

8.4.3 进场检验应包括规格型号、数量、质量证明文件及外观质量检查；对有复验要求的材料及构配件，应按现行有关标准进行复验。

8.4.4 安装过程中应进行质量检查，内容包括构件定位、连接质量、紧固质量、焊缝质量及防护层修补等。

8.4.5 安装完成后应进行整体安装质量验收，验收内容应包括结构轴线、标高、垂直度、连接节点及附属构件安装质量等。

8.4.6 栈桥钢结构安装质量验收应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定；涉及混凝土结构的部位尚应符合《混凝土结构工程施工质量验收标准》GB 50204 的有关规定。

8.4.7 防腐、防火及围护系统的施工与验收，应符合现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046 及相关行业规范的有关规定。

8.4.8 照明、通风及其他设备系统的安装与验收，应符合现行国家标准《建筑照明设计标准》GB/T 50034 及《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 的有关规定。

8.4.9 竣工验收时，应提供完整的质量验收资料，包括生产记录、出厂合格证明、运输记录、安装记录及检验报告等。

8.4.10 栈桥工程经检验与验收合格后方可投入使用;不符合要求的部位应整改后重新验收。

8.5 后期运行与维护

8.5.1 栈桥投入使用后,应建立运行与维护管理制度,明确检查、维护及维修责任,保证结构及附属系统在设计使用年限内的安全、可靠运行。

8.5.2 栈桥在使用过程中应进行定期检查,检查内容应包括主体结构、连接节点、围护系统、附属构件及防护层状况,并应根据检查结果及时进行维护或修复。

8.5.3 对主要受力构件、关键连接节点及易损部位,应根据使用环境及荷载作用情况进行重点检查,必要时应进行专项检测或结构安全评估。

8.5.4 当栈桥结构出现异常变形、振动、连接松动或构件损伤等情况时,应及时进行分析处理,并应根据需要采取加固、更换或其他处置措施。

8.5.5 围护系统、防护层及附属构件在使用过程中应保持完好状态,出现破损、腐蚀、老化或连接松动等情况时,应及时维修或更换。

8.5.6 栈桥在使用过程中不得擅自改变使用功能或增加荷载;确需改造或增设设备时,应进行结构复核,并应符合现行有关标准的规定。

8.5.7 栈桥运行与维护过程中应建立技术档案,记录检查、维修、检测及改造情况,实现全过程可追溯管理。

8.5.8 栈桥运行与维护质量检查宜按本标准附录 A 执行。

【条文说明】8.5.8 本条明确运行与维护检查可按附录执行。附录 A 提供了标准化的检查表,可用于指导实际运维工作。通过将具体检查内容纳入附录,可以在正文保持原则性的同时,提高标准的可操作性和应用性。

8.5.9 当栈桥达到设计使用年限或出现严重损伤、功能不满足要求时,应进行安全评估,并根据评估结果采取加固、改造或拆除等措施。

附录 A 模块化装配式钢结构栈桥运行监测与维护检查表

栈桥投入使用后，应建立运行与维护管理制度，明确检查、维护及维修责任，保证结构及附属系统在设计使用年限内的安全、可靠运行。检查维护分为日常巡检、月度检查、季度检查、年度检查，以及雨后/大风后专项检查，可参考本附录表 A.0.1~表 A.0.5 实施。

填表说明：

- 1.不合格项必须标注位置、缺陷详情、整改责任人、完成时限及复查结果；
- 2.核心管控重点：预制模块拼接精度、高强螺栓连接性能、装配式节点密封性、结构变形稳定性、防腐耐久性能。

表 A.0.1：日常巡检表（每日/每班）

适用场景：每日开机前、每班作业前后直观巡检，排查即时安全隐患、运行异响、外观松动等显性问题，不做实测数据检测。

检查编号：_____ **栈桥编号/位置：**_____ **检查日期：**____年____月____日 **班次：**_____ **天气：**_____

检查人员：_____ **复核人员：**_____ **运行状态：**☐正常运行 ☐间歇运行 ☐停机

序号	检查模块	检查项目	检查标准（日常直观核查）	结果	缺陷记录
1	整体运行状态	运行稳定	栈桥通行、设备运行无异常晃动、抖动、异响；无突发偏		
2	模块化连接节点	拼接节点	各预制模块拼接处无错台、开裂、缝隙扩大；节点无松动、		
3	螺栓连接状态	螺栓外观	外露螺栓无缺失、断裂、明显松动；无大面积锈蚀、滑丝、		
4	主体钢构件	构件外观	立柱、横梁、桁架、肋板、波折板无明显弯曲、破损、开		
5	板面与安全防护	行走板面	板面平整无松动、塌陷、破损、翘边；无严重积料、积水、		
6	附属设施	防排水、标	排水孔、沟槽无堵塞、无积水；内板、泛水板无开胶、翘		
7	荷载工况	运行荷载	无超载运行、无违规堆放物料、无私自增设设备、无额外		

巡检小结：☐无隐患，正常运行 ☐存在一般隐患，现场整改完成 ☐存在隐患，需限期整改

签字确认：巡检人_____ 日期_____

表 A.0.2：月度维护检查表

适用场景：月度常态化深度维保，细化结构外观、防腐防护、节点密封、附属设施全方位排查，完成月度维保闭环。

栈桥编号/位置：_____ 检查月份：____年____月 检查人：_____ 复核人：_____

序号	检查模块	细化检查项目	质量标准	结果	问题及整改记录
1	整体状态核查	坡度、平整度、整体位移	栈桥坡度符合设计要求，无局部凹凸、塌陷；无明显水平、竖向位移，模块对接平整无错台		
2	钢构件防腐养护	涂层、锈蚀全面排查	构件涂层无大面积起皮、脱落、粉化、开裂；边角、拼接缝隙、焊缝无片状锈蚀，轻微斑点锈及时补漆养护		
3	模块化连接系统	连接螺栓、拼接缝隙、密封防护	连接螺栓紧固无松动，连接板贴合紧密无空鼓；拼接缝隙密封胶无开裂脱落，无渗水漏料隐患		
4	围护结构	板面、包边、侧板、屋面	花纹钢板、彩板、包边无翘边、松动、破损；挡边、封板完好牢固，无变形、脱落、漏料		
5	伸缩与排水系统	伸缩缝、排水设施	伸缩缝无积料堵塞，伸缩顺畅；排水沟、落水管、排水孔通畅，无长期积水锈蚀隐患		
6	附属安全设施	爬梯、平台、标识标牌	检修附属件牢固无锈蚀、无变形；各类标识齐全清晰、安装牢固，无褪色破损、缺失		
7	隐患闭环核查	上月问题整改复核	上月排查隐患全部闭环，无遗留、无重复缺陷，整改质量达标		

月度检查结论：合格项__项、不合格项__项； 整体状态：☐良好 ☐一般，需维保 ☐较差，需专项整改

签字确认：检查人：_____ 复核人：_____ 日期_____

表 A.0.3：季度专项检查表

适用场景：季度结构性专项检测，聚焦模块化核心特性，开展精度实测、螺栓扭矩复检、基础支座检测，排查结构性隐患。

栈桥编号/位置：_____ 检查季度：_____ 检查人：_____ 复核人：_____

序号	专项检查模块	检查项目	专项检测标准	结果/实测数据	隐患等级/整改要求
1	模块拼接精度专项	拼接错台、缝隙偏差	模块拼接高低差、缝隙偏差符合规范允许值，无挤压变形、错位偏移、受力不均现象		
2	高强螺栓专项复检	螺栓扭矩、防松状态	核心拼接高强螺栓扭矩达标，防松垫圈、锁紧装置无失效；无松动、滑丝、锈蚀、断裂问题		
3	主体构件实测	立柱垂直度、构件磨损	钢立柱垂直度偏差合规，无倾斜偏移；重载区段构件无严重磨损、应力集中、塑性变形		
4	基础与锚固系统	基础承台、地脚螺栓	混凝土基础无开裂、沉降、掏空、酥松；地脚螺栓紧固完好，无拔起、偏移、锈蚀失效		
5	支座系统专项	固定/滑动支座状态	支座无偏移、老化、卡死、锈蚀；滑动支座伸缩顺畅，垫板贴合紧密，受力均匀		
6	结构稳定性核查	重载工况稳定性	额定荷载工况下，栈桥无异常晃动、抖动、变形，整体结构受力均匀、稳定可靠		

季度专项结论：☐正常稳定，可正常运行 ☐存在一般缺陷，限期整改后运行 ☐存在重大隐患，立即停运整改

签字确认：检查人_____ 复核人_____ 日期_____

表 A.0.4：年度全面检测检查表

适用场景：年度结构安全评级、无损检测、整体性能评估、耐久度核验，用于年度维保验收、安全备案、大修判定。

栈桥全称：_____ 投用年限：_____ 检测年份：_____

检测单位：_____ 检测人员：_____ 审核人员：_____

序号	检测大类	详细检测项目	国家标准/设计要求	实测结果	判定 (评分)	备注
1	整体变形与沉降检测	不均匀沉降、水平位移、主梁挠度	沉降、位移、挠度均符合规范限值，无永久塑性变形、无持续变形趋势			激光实测
2	主体钢结构全面检测	构件完整性、锈蚀率、涂层厚度、钢材老化	构件无开裂、扭曲、缺损；锈蚀截面损失率合规，防腐涂层厚度达标，无老化脆化			仪器检测
3	模块化节点无损检测	预制焊缝探伤、拼接节点强度、螺栓紧固性能	关键焊缝无内部缺陷（UT/MT 抽检合格）；模块节点连接可靠，高强螺栓性能达标			年度探伤
4	桁架与杆件系统检测	桁架、腹杆、斜杆变形及连接状态	杆件平直无弯曲，连接无松动断裂，桁架几何尺寸稳定，受力均衡			全面核查
5	支座与基础系统检测	基础承载力、支座性能、锚固可靠性	基础无破损、沉降；支座运行正常，锚固系统无失效，满足设计承载要求			专项检测

6	安全专项检测	防火涂层、防雷接地、安全防护系统	防火封堵完好，防雷接地电阻达标，护栏、防护设施符合安全规范			年度必检
7	整体运行性能评估	荷载适配性、结构耐久度、隐患综合评估	整体结构满足设计运行要求，无重大安全隐患，耐久性能良好			综合评估

年度检测综合评级

☐A 级（90-100 分，完好，日常保养即可）

☐B 级（80-89 分，良好，常规小修）

☐C 级（66-79 分，合格，针对性维保）

☐D 级（50-65 分，不合格，需中大修加固）

☐E 级（<50 分，危险，立即停运整改）

年度检测总结与整改方案

1. 整体性能总结：_____

2. 主要缺陷及成因分析：_____

3. 大修/维保整改方案及周期：_____

签字确认：检测负责人_____ 技术审核人_____ 运维单位负责人_____ 日期_____

表 5：雨后/大风后专项检查表

适用场景：暴雨、大风（6 级及以上）、强对流天气过后专项排查，重点核查积水、渗水、节点松动、结构位移、防腐破损等突发隐患。

栈桥位置：_____ **天气情况：**_____ **检查日期：**____年__月__日 **检查人：**_____ **复核人：**_____

序号	检查模块	检查项目	检查标准	结果	隐患记录及处理
1	整体结构状态	位移、沉降、变形	天气过后栈桥无新增不均匀沉降、水平偏移、翘曲变形，模块对接无错位、错台		
2	模块化节点防水	拼接缝隙渗水、密封状态	模块拼接缝隙无渗水、漏水，密封胶无脱落、开裂、进水，节点内部无积水锈蚀		
3	连接件紧固性	螺栓松动、脱落情况	大风振动后螺栓无松动、缺失、移位，高强螺栓、普通螺栓紧固状态良好		
4	钢构件防腐	雨水冲刷涂层破损、新生锈蚀	构件无雨水冲刷导致的涂层脱落、起皮，无大面积新生水渍、锈蚀斑点		
5	排水系统	积水、堵塞、排水效率	板面、沟槽、支座处无积水、无淤积杂物，排水通畅，无积水浸泡结构现象		
6	安全防护设施	护栏、标识、附属件稳固性	护栏、扶手、标识无风吹松动、脱落、变形、破损，防护功能完好		
7	基础与支座	基础冲刷、支座积水	基础周边无雨水冲刷掏空、塌陷，支座无积水浸泡、卡顿、锈蚀加剧现象		

专项检查结论： ☐ 无隐患，恢复正常运行 ☐ 存在一般隐患，整改后运行 ☐ 存在重大隐患，停运整改

签字确认： 检查人_____ 复核人_____ 日期_____

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词，说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

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用词：

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用词：

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用词，采用“可”。

2 本标准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

- 1** 《碳素结构钢》GB/T 700
- 2** 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591
- 3** 《建筑结构用钢板》GB/T 19879
- 4** 《钢结构设计标准》GB 50017
- 5** 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 6** 《厚度方向性能钢板》GB/T 5313
- 7** 《结构用无缝钢管》GB/T 8162
- 8** 《直缝电焊钢管》GB/T 13793
- 9** 《冷弯型钢结构技术规范》GB 50018
- 10** 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 11** 《非合金钢及细晶粒焊条》GB/T 5117
- 12** 《热强钢焊条》GB/T 5118
- 13** 《熔化极气体保护电弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝》GB/T 8110
- 14** 《六角头螺栓 C 级》GB/T 5780
- 15** 《紧固件 六角头螺栓》GB/T 5782
- 16** 《钢结构用高强度大六角头螺栓连接副》GB/T 1231
- 17** 《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632
- 18** 《紧固件 电弧螺柱焊用螺柱和瓷环》GB/T 10433
- 19** 《环槽铆钉连接副 技术条件》GB/T 36993
- 20** 《混凝土结构通用规范》GB 55008
- 21** 《混凝土强度检验评定标准》GB 50107
- 22** 《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283
- 23** 《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448

- 24** 《建筑用压型钢板》GB/T 12755
- 25** 《压型金属板工程应用技术规范》GB 50896
- 26** 《建筑用岩绝热制品》GB/T 19686
- 27** 《绝热用玻璃棉及其制品》GB/T 13350
- 28** 《塑料制品 聚碳酸酯板材》GB/T 44570
- 29** 《玻璃纤维增强聚酯连续板》GB/T 14206
- 30** 《建筑设计防火规范》GB 50016
- 31** 《建筑用金属面绝热夹芯板》GB/T 23932
- 32** 《连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带》GB/T 2518
- 33** 《彩色涂层钢板及钢带》GB/T 12754
- 34** 《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624
- 35** 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 36** 《构筑物抗震设计规范》GB 50191
- 37** 《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019
- 38** 《建筑照明设计标准》GB/T 50034
- 39** 《建筑物防雷设计规范》GB 50057
- 40** 《建筑电气与智能化通用规范》GB 55024
- 41** 《工程结构通用规范》GB 55001
- 42** 《冷弯型钢结构技术标准》GB/T 50018
- 43** 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82
- 44** 《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205
- 45** 《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046
- 46** 《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定》GB/T 8923
- 47** 《钢结构防火涂料》GB 14907

48 《混凝土结构工程施工质量验收标准》GB 50204