

附件 1

团 体 标 准

T/CMEA**-2025

基坑补偿装配式 H 型钢支撑技术标准

Technical standard of fabricated H-shaped steel support for

foundation pit compensation

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施

中国市政工程协会 发布

中国市政工程协会团体标准

基坑补偿装配式 H 型钢支撑技术标准

Technical standard of fabricated H-shaped steel support for

foundation pit compensation

(征求意见稿)

T/CMEA **-2025

主编单位：中国建筑第八工程局有限公司

南京市测绘勘察研究院股份有限公司

瑞马丸建（安徽）工程支护科技有限公司

广州市盾建地下工程有限公司

核工业湖州勘测规划设计研究院股份有限公司

批准单位：中国市政工程协会

施行日期：2025 年 XX 月 XX 日

中国建筑工业出版社

2024 北京

中国市政工程协会团体标准公告

2025 年第 XX 号（总第 XX 号）

现批准《基坑补偿装配式 H 型钢支撑技术标准》为本协会团体标准，编号为 T/CMEAXX-2025，自 2025 年 XX 月 XX 日起实施。

本标准由我协会组织中国建筑工业出版社出版发行。

前言

根据《关于同意<基坑补偿装配式H型钢支撑技术标准>立项的函》（中市协[2020] 22号）的要求，本文件编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内有关标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本文件。

本文件共分为7章和3个附录，主要技术内容包括：总则、术语、基本规定、设计、施工、质量检验、监测等。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国市政工程协会管廊及地下空间专业委员会归口，由中国建筑第八工程局有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议，请寄送至中国建筑第八工程局有限公司（地址：上海市浦东新区世纪大道1568号中建大厦，邮编：200122）。

主编单位：中国建筑第八工程局有限公司

南京市测绘勘察研究院股份有限公司

瑞马丸建（安徽）工程支护科技有限公司

广州市盾建地下工程有限公司

核工业湖州勘测规划设计研究院股份有限公司

参编单位：湖北川林装配式建筑工程有限公司

武汉市政工程设计研究院有限责任公司

深圳宏业基岩土科技股份有限公司

广州建筑股份有限公司

北京中岩大地科技股份有限公司

上海宏信建筑科技有限公司

甘肃中建市政工程勘察设计院有限公司

住建部科技促进中心

中国城市建设研究院有限公司

中国市政工程中南设计研究总院有限公司

广西瑞宇建筑科技有限公司

广东一新长城建筑集团有限公司

上海市地矿建设有限责任公司

中建七局总承包公司

云南建投基础工程有限责任公司

贵州中建建筑科研设计院有限公司

天津市勘察设计院集团有限公司

浙江工业大学工程设计集团有限公司

武汉市政工程设计研究院有限责任公司

中建八局第三建设有限公司

主要起草人：XX

主要审查人：XX

目 次

1 总则	3
2 术语和符号	4
2.1 术语	4
2.2 符号	5
3 基本规定	8
4 设计	10
4.1 一般规定	10
4.2 结构类型与布置	10
4.3 结构整体分析	13
4.4 构件、节点的计算	14
4.5 构件、节点的构造	19
5 施工	21
5.1 一般规定	21
5.2 钢支撑安装	22
5.3 轴力预加、补偿与控制	23
5.4 土方开挖	24
5.5 支撑拆除及回收	25
5.6 施工监测、巡查与应急预案	26
6 质量检验	28
6.1 一般规定	28
6.2 装配式钢支撑构件进场验收	28
6.3 现场安装质量验收	30
7 监测	34
附录 A 轴力自动补偿系统	36
附录 B 常用的 H 型钢型号	38
附录 C 质量检验	40
条文说明	44

Contents

1 General provisions	3
2 Terms and symbols	4
2.1 Terms	4
2.2 Symbols	5
3 General requirements	8
4 Design	10
4.1 General requirements	10
4.2 Structure type and layout	10
4.3 Overall structural analysis	13
4.4 Calculation of components and nodes	14
4.5 Construction of components and nodes	19
5 Construction	21
5.1 General requirements	21
5.2 Steel support installation	22
5.3 Axial force pre loading, compensation and control	23
5.4 Soil excavation	24
5.5 Support removal and recovery	25
5.6 Construction monitoring, patrol and emergency plan	26
6 Quality testing	28
6.1 General requirements	28
6.2 Mobilization acceptance of fabricated steel support members	28
6.3 Site installation quality acceptance	30
7 Monitor	34
Appendix A Automatic compensation system of axial force	36
Appendix B Commonly used H-shaped steel model	38
Appendix C Quality testing	40
Description of Terms in This Standard	44

1 总则

1.0.1 为推广应用绿色低碳基坑支护技术，规范基坑工程中补偿装配式 H 型钢组合支撑的应用，做到安全适用、保护环境、经济合理、保证质量，制定本文件。

1.0.2 本文件适用于基坑工程中装配式 H 型钢组合支撑的设计、施工、检验和监测。

1.0.3 装配式 H 型钢支撑的应用应因地制宜、合理选型、优化设计、精心施工、严格监控。

1.0.4 装配式 H 型钢支撑的应用，除应遵守本文件规定外，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 基坑 foundation pit

为进行建（构）筑物地下部分的施工由地面向下开挖出的空间。

2.1.2 H 型钢支撑 H-shaped steel support

设置在基坑内的由型钢构件组成的用以支撑挡土构件的结构部件。

2.1.3 补偿装配式 H 型钢支撑体系 compensation assembly H-shaped steel support system

由定型 H 型钢支撑、钢围檩、连杆、自动伺服千斤顶、立柱、托梁等组成，使用螺栓装配连接，对形成的平面钢支撑体系施加预应力，实现对基坑支挡结构变形控制的支撑体系，是一种可回收、绿色低碳的支撑体系。

2.1.4 轴力补偿系统 axial force compensation system

由液压千斤顶、自控控制系统、压力表等构件组成，设置与支撑端部，用于施加、保持和补偿预应力。

2.1.5 标准件 standard parts

在补偿装配式 H 型钢支撑体系中，由型钢或钢板按标准尺寸加工，能相互连接装配、拆卸重复组装，并由专门功能和作用、可以重复使用的构件。

2.1.6 非标准件 non standard parts

在装配施工过程中，不能使用标准构件，专门制作用于特殊部位使用的构件。

2.1.7 连杆 connection beam

连接于单根对撑之间，使其形成双拼或多拼对撑，起连接和传力作用的 H 型钢标准件。

2.1.8 盖板 Cover plate

为矩形，连接于 H 型钢标准件端头，上下分别设置两个盖板，盖板一端通过螺栓连接一个型钢标准件端头，盖板另一端通过螺栓连接另一个型钢标准件端头。

2.1.9 连接板 Connecting plate

为梯形，通过螺栓连接型钢支撑与连杆。

2.1.10 八字撑 Splayed brace

扩大钢支撑支撑范围，一端连接于腰梁，另一端连接于钢支撑主撑。

2.1.11 角度连接件 Angle connector

用于八字撑与主撑连接、八字撑与腰梁连接的节点。

2.1.13 托梁 Pedestal support

设置在托座与支撑之间将多更支撑构件的重量传递到托座上的钢构件。

2.1.14 限位装置 Limit device

设置在支撑和托梁上，限制钢支撑在托梁上左右、上下移动，只进行轴向移动。

2.2 符号

2.2.1 材料力学性能和抗力

f — 钢材强度设计值 (kPa)；

N_b — 单根螺栓所能提供的抗剪承载力设计值(kN)；

N_c — 单根锚栓所能提供的抗剪承载力设计值(kN)。

2.2.2 作用和作用效应

M_x 、 M_y — 同一截面处绕 x 轴和 y 轴的弯矩设计值 (kN·m)；

M_{xi} 、 M_{yi} — 单肢型钢绕 x 轴和 y 轴的弯矩设计值 (kN·m)；

N — 轴心压力设计值(kN)；

N_i — 单肢型钢的轴心压力设计值(kN)；

Q_i — 剪力设计值(kN)；

τ_i — 组合围檩型钢与型钢或型钢与混凝土梁结合面处平均剪应力设计值 (kPa)。

2.2.3 几何参数

A — 型钢组合截面毛截面积 (m²)；

A_n — 钢材净截面面积 (m^2)，由毛截面面积扣除开孔截面积后得到，当构件多个截面有孔且开孔尺寸不同或开孔数量不同时，取最不利的截面；

A_i — 单肢型钢的截面积 (m^2)；

I_i — 组合截面惯性矩 (m^4)；

W_{nx} 、 W_{ny} —组合截面对 x 轴和 y 轴的净截面模量 (m^3)；

S^* — 计算剪应力处以上截面对中和轴的面积矩 (m^3)；

W_x 、 W_y —组合构件毛截面模量 (m^3)；

W_{xi} 、 W_{yi} —单肢型钢毛截面模量 (m^3)；

b — 组合围檩截面结合面宽度(m)；

l_{ox} — 型钢组合截面对 x 轴的计算长度， $l_{ox}=l_0$ ， l_0 取相邻托梁的间距；

l_{oy} — 型钢组合截面对 y 轴的计算长度，取型钢组合支撑的实际长度，不考虑中间托梁的影响；

l_{yi} — 单肢型钢截面对 y 轴的计算长度，取相邻盖板间距；

L —支撑跨度 (m)；

W_{nx} 、 W_{ny} — 对 x 轴和 y 轴的净截面模量；

W_x 、 W_y — 型钢组合构件对 x 轴和 y 轴的毛截面模量；

W_{xi} 、 W_{yi} — 单根支撑对 x 轴和 y 轴的毛截面模量；

2.2.4 计算系数及其他

k ——强度折减系数；

n_f^b ——每延米 H 型标准件与 H 型标准件接合面所需螺栓的数量；

n_f^c ——每延米 H 型标准件与 H 型标准件接合面所需锚栓的数量；

β_{mx} 、 β_{my} ——弯矩作用平面内稳定计算的等效弯矩系数；

N_i ——单根支撑的轴心压力设计值；

$\bar{Q}_i$ ——计算剪跨内的平均剪力设计值；

q ——钢支撑体系的水平荷载设计值；

$\bar{\tau}_i$ ——H 型标准件与 H 型标准件或 H 型标准件与围檩接合面处的平均剪应力设计值。

3 基本规定

3.0.1 基坑补偿装配式 H 型钢支撑支护设计应规定其设计使用期限，满足基坑使用要求，与基坑使用年限匹配。

3.0.2 补偿装配式 H 型钢支撑基坑支护结构设计原则、勘察要求、荷载作用、承载力与变形计算和稳定性验算等应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定。

3.0.3 型钢支撑设计和施工应综合考虑工程地质与水文地质条件、场地及周边环境条件、基坑形状和平面尺寸、基坑开挖深度及施工条件等因素，并与挡土结构、地下水控制、土体加固、主体结构等的设计和施工相协调。

3.0.4 对软土地区平面尺寸较大、形状不规则基坑，型钢支撑宜与混凝土支撑混合使用。

3.0.5 补偿装配式 H 型钢支撑体系主要由对撑、角撑、连杆、八字撑及围檩相互组合而成，对撑及角撑均应设置预应力施加装置，基坑实施过程中可通过预加和复加预应力控制基坑变形。

3.0.6 补偿装配式 H 型钢支撑应优先采用标准件，并应采取措施满足钢构件在运输、安装和使用过程中的强度、稳定性和刚度要求。

3.0.7 轴力补偿可采用全自动补偿系统或人工手动补偿的形式，对于环境保护要求高的基坑，应采用轴力自动补偿；对于环境保护要求一般的基坑，宜采用轴力人工补偿。

3.0.8 对撑及角撑预应力的施加应遵循对称、分级、均匀的原则。

3.0.9 补偿装配式 H 型钢支撑的安装和拆除顺序，应与支护结构的设计工况相一致，支撑拆除时应在可靠换撑形成之后进行，支撑拆除的范围应不影响未形成换撑区域的支护要求。

3.0.10 支撑结构不应兼作为施工平台或栈桥，不得堆放材料和运行施工机械。当需要设置施工平台或栈桥时，应与支撑结构脱离独立设置，并应进行专项设计。

3.0.11 补偿装配式 H 型钢支撑的质量检验应加强过程控制，可按照进场验收、安装质量验收和基坑开挖过程检查三个阶段进行检验。

3.0.12 基坑工程开挖施工应连续进行，从基坑开挖至主体地下结构完成，补偿装配式 H 型钢支撑基坑工程的暴露时间不宜超过两年。

3.0.13 基坑施工期间，应对对撑、角撑及围檩进行内力监测。其余监测要求尚应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 的有关规定。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 补偿装配式 H 型钢支撑的选型应根据基坑形状,开挖深度、周围环境条件、场地工程地质条件和水文地质条件、基坑挡土结构型式等综合确定。

4.1.2 补偿装配式 H 型钢支撑基坑支护设计时,支护结构的稳定性计算应满足现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120 的要求,支撑结构的稳定性、强度和变形计算应满足现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 的要求。

4.1.3 补偿装配式 H 型钢支撑中构件材料的选用应符合下列规定:

- 1 标准件和连接板的钢材牌号应不低于 Q355B;
- 2 钢立柱和托梁的钢材牌号应不低于 Q235B;

4.1.4 补偿装配式 H 型钢支撑设计应包括以下内容:

- 1 结构布置;
- 2 结构整体性分析;
- 3 构件的强度、稳定性及变形验算;
- 4 构件、连接及节点构造;
- 5 支撑的安装、拆除及监测。

4.1.5 基坑补偿装配式 H 型钢支撑体系的液压千斤顶预应力装置,应具有多次分级施加及复加预加轴力功能。

4.1.6 对环境保护要求高的基坑,宜采用轴力自动补偿系统;对一般环境的基坑,宜采用手动轴力补偿系统

4.2 结构类型与布置

4.2.1 补偿装配式 H 型钢支撑体系应包括定型 H 型钢支撑梁、围檩、立柱和连杆等构件。

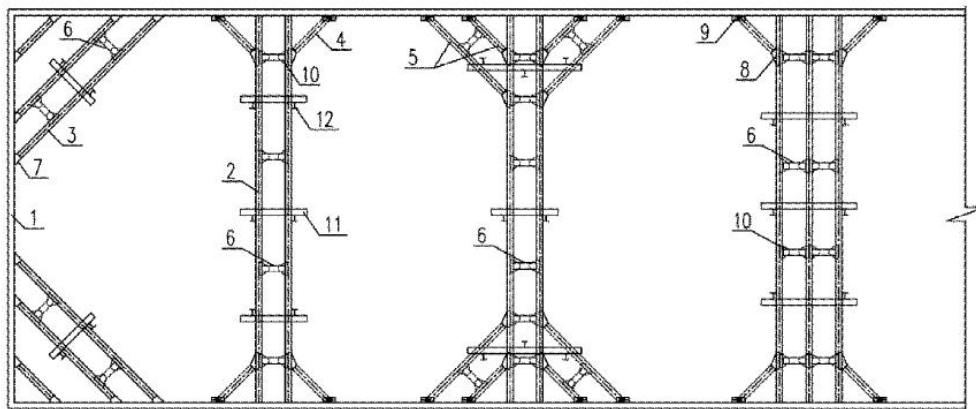


图 4.2.1 H 型钢支撑平面布置示意图

1—围檩；2—对撑；3—角撑；4—八字撑；5—双八字撑；6—连杆；7—角撑围檩连接件；8—八字撑对撑连接件；9—八字撑围檩连接件；10—连杆支撑连接件；11—托梁；12—立柱。

4.2.2 补偿装配式 H 型钢支撑按照布置形式可分为平面水平支撑和坑内竖向斜撑。应根据基坑的要求选择相应的形式或组合。

4.2.3 补偿装配式 H 型钢支撑平面布置应考虑以下因素：

- 1 基坑平面形状、规模、开挖深度
- 2 工程地质和水文地质条件
- 3 周边环境复杂程度
- 4 基坑支护结构形式
- 5 土方开挖和运输
- 6 地下主体结构的设计与施工要求

4.2.4 补偿装配式 H 型钢支撑结构平面布置应符合下列规定：

- 1 水平支撑采用由对撑、角撑、系杆及围檩等结构形式组成的平面结构；
- 2 支撑布置应在同一平面内形成整体，上下各道支撑杆件中心线宜布置在同一竖向平面内；
- 3 支撑的布置应满足主体结构的施工要求，宜避开地下主体结构的墙、柱等竖向构件；
- 4 基坑阳角部位应设置可靠的双向约束；
- 5 支撑布置应利于基坑土方开挖、运输以及地下结构的施工。
- 6 当基坑形状复杂时，可采用与钢筋混凝土支撑相结合的支撑布置方式。

4.2.5 补偿装配式 H 型钢支撑结构竖向布置应符合下列规定：

- 1 支撑的标高设置应利于控制基坑周边挡土结构的内力与变形；
- 2 各道水平支撑之间的净距以及支撑与基底之间的净距不宜小于 3m；
- 3 支撑与其下在拆撑前需要施工的底板面或楼板面净距不宜小于 500mm。

4.2.6 立柱和立柱桩的布置应符合下列规定：

- 1 立柱可采用格构柱、H 型钢柱或钢管柱等形式；
- 2 立柱桩宜采用钢筋混凝土灌注桩
- 3 当竖向荷载不大时，可直接采用 H 型钢兼作立柱和立柱桩；
- 4 当竖向荷载较大，应采用钢筋混凝土灌注桩与格构柱、H 型钢柱或钢管柱的组合形式。

4.2.7 立柱和立柱桩的构造应符合下列规定：

- 1 支撑立柱和立柱桩宜避开主体结构框架梁、柱以及承重墙的位置。相邻立柱的间距宜取 8~12m，且应根据支撑体系的布置、竖向荷载的大小以及支撑杆件的稳定性要求确定；
- 2 立柱设置于对撑、角撑组合构件的侧面，并宜成对设置。
- 3 对撑、角撑区域成对设置的立柱之间宜设置剪刀撑，剪刀撑杆件轴力的计算和承载力的验算应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017 的有关规定；
- 4 当对撑或角撑在施加预应力位置断开时，立柱、托梁和托座的设计应同时满足断开位置两侧支撑构件的竖向支撑要求；
- 5 立柱在穿越主体结构底板范围内应设置可靠的止水措施。

4.2.8 钢支撑的预应力施加装置的构造应符合下列规定：

- 1 千斤顶行程由支撑接头间隙和支撑压缩量两部分控制：支撑压缩量控制指标为 15mm 和单个支撑接头行程约 3~5mm；
- 2 当液压千斤顶行程大于控制值时，单根支撑设置单个千斤顶；当起千斤顶行程不满足支撑变形控制值时，需设置多个千斤顶；
- 3 在支撑和千斤顶对应位置应设置加劲板；
- 4 加载位置宜对称布置，补偿装配式 H 型钢支撑之间宜预留设置千斤顶的空间；

5 加载位置宜预留一个千斤顶的宽度。

4.2.9 冠梁宜采用钢筋混凝土结构，腰梁可采用钢腰梁或钢筋混凝土腰梁，钢腰梁由定型 H 型钢标准件组合拼装形成。

4.3 结构整体分析

4.3.1 补偿装配式 H 型钢支撑的设计计算，应考虑下列荷载与作用：

- 1 基坑周边挡土结构传至支撑结构的水平作用力；
- 2 支撑结构自重；
- 3 预加力的作用；
- 4 当温度改变引起的 H 型钢支撑结构内力不可忽略时，应考虑温度作用；
- 5 立柱隆沉产生的影响；
- 6 施工误差。

4.3.2 采用补偿装配式 H 型钢支撑体系的围护结构计算应符合下列规定：

- 1 宜采用平面杆系结构弹性支点法进行计算，计算应满足现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120 的有关规定；
- 2 弹性支点刚度系数取值宜通过对补偿装配式 H 型钢支撑整体进行线弹性结构分析得出支点力与水平位移的关系确定；

4.3.3 补偿装配式 H 型钢支撑体系可按平面杆系结构采用有限元方法进行计算，计算应符合下列规定：

- 1 计算模型应考虑预应力对基坑的影响，模型中钢支撑连接节点应根据实际连接方式确定节点约束条件；
- 2 对于不同类型的构件应采用各自对应的计算单元，对撑、角撑、连杆、八字撑及围檩按梁单元模拟；
- 3 边界条件的设置应与整体计算模型相协调，应能模拟施加预应力时坑外土体抗力；
- 4 整体计算工况应与基坑拼装钢支撑体系施工工况相一致，按照预应力施加顺序分工况进行模拟。

4.3.4 结构整体分析应考虑下列工况：

- 1 土方开挖至各道支撑施工面；
- 2 支撑安装完成、施加预应力；

3 基坑开挖至坑底；

4 换撑、拆撑。

4.3.5 对于连接件、八字撑等受力复杂的结构构件，宜进行应力分析和计算，并应采取相应的构造措施。

4.3.6 补偿装配式 H 型钢支撑在竖向荷载作用下的内力计算应根据竖向支承条件按简支梁、连续梁或空间框架分析。

4.3.7 补偿装配式 H 型钢支撑体系的承载力计算和变形验算应符合下列规定：

- 1 支撑构件应根据支撑体系整体计算结果进行受力复核；
- 2 对撑、角撑及围檩宜按压弯构件计算；
- 3 支撑构件承载力计算应考虑施工偏心误差的影响，偏心距取值不宜小于支撑计算长度的 1/1000，且不宜小于 40mm；
- 4 支撑构件在计算轴向承载力、变形、稳定性时应考虑螺栓连续开孔对截面削弱的不利影响。

4.4 构件、节点的计算

4.4.1 对撑与角撑的组合截面强度应按下列式计算：

$$\frac{N}{A_n} \pm \frac{M_x}{W_{nx}} \pm \frac{M_y}{W_{ny}} \leq \xi f \quad (4.4.1)$$

式中 N ——轴心压力设计值(kN)；

A_n ——组合截面净截面面积(m²)；

M_x 、 M_y ——同一截面处绕 x 轴和 y 轴的弯矩设计值(kN·m)；

W_{nx} 、 W_{ny} ——对 x 轴和 y 轴的净截面模量(m³)；

f ——钢材强度设计值(kPa)。

ξ ——钢支撑重复利用折减系数，对于首次使用的新钢支撑，取值为 1，对于重复使用的旧钢支撑，无相关数据经验时，可取 0.85~0.95。

4.4.2 实轴（x 轴）稳定性按下式计算：

$$\frac{N}{\varphi_x A \xi f} + \frac{M_x}{W_x (1 - 0.8 \frac{N}{N_{Ex}}) \xi f} + \frac{M_y}{W_y \xi f} \leq 1.0 \quad (4.4.2)$$

式中 N ——同一截面处轴心压力设计值(kN)；

N'_{Ex} ——参数， $N'_{Ex} = \pi^2 EA / (1.1\lambda_x^2)$

A ——组合截面毛截面面积(m^2);

ξ ——钢支撑重复利用折减系数，对于首次使用的新钢支撑，取值为 1，对于重复使用的旧钢支撑，无相关数据经验时，可取 0.85~0.95。

f ——钢材强度设计值(kPa)。

M_x 、 M_y ——计算构件范围内对实轴（x 轴）和虚轴（y 轴）的最大弯矩设计值(kN·m);

W_x 、 W_y ——对实轴（x 轴）和虚轴（y 轴）的净截面模量(m^3);

φ_x ——对实轴（x 轴）的轴心受压构件整体稳定系数，按《钢结构设计标准》GB50017 附录 D 取值；

4.4.3 虚轴（y 轴）稳定性按下式计算：

$$\frac{N}{\varphi_y A \xi f} + \frac{M_y}{W_y (1 - \frac{N}{N'_{Ey}}) \xi f} + \frac{M_x}{W_x \xi f} \leq 1.0 \quad (4.4.3)$$

式中 N ——同一截面处轴心压力设计值(kN);

A ——组合截面毛截面面积(m^2);

f ——钢材强度设计值(kPa)。

ξ ——钢支撑重复利用折减系数，对于首次使用的新钢支撑，取值为 1，对于重复使用的旧钢支撑，无相关数据经验时，可取 0.85~0.95。

M_x 、 M_y ——计算构件范围内对实轴（x 轴）和虚轴（y 轴）的最大弯矩设计值(kN·m);

W_x 、 W_y ——对实轴（x 轴）和虚轴（y 轴）的净截面模量(m^3);

φ_y ——对虚轴（y 轴）的轴心受压构件整体稳定系数，按《钢结构设计标准》GB50017 附录 D 取值，计算双拼和多拼支撑时， $\lambda_{oy} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{n}{2}\lambda_1^2}$ ， λ_y 为组合支撑对 y 轴的惯性矩， λ_1 为组合支撑中的单个支撑对 y 轴的惯性矩， λ_1 的计算长度取连杆间距， n 为支撑道数；

N'_{Ey} ——参数， $N'_{Ey} = \pi^2 EA / (1.1\lambda_y^2)$ ；

λ_x, λ_y ——截面 x, y 方向长细比， $\lambda_x = \frac{l_{0x}}{i_x}$ ， $\lambda_y = \frac{l_{0y}}{i_y}$ ， l_{0x} 、 l_{0y} 为构件实轴（x 轴）和虚轴（y 轴）的计算长度。按照本文件 4.3.2 的原则确定

i_x 、 i_y ——构件截面对实轴（x 轴）和虚轴（y 轴）的回转半径。对于单根单拼支撑，可按照附录取值；对于双拼支撑、三拼支撑， i_x 同单拼支撑， i_y 分别为 $\sqrt{i_{y1}^2 + s^2 / 4}$ 、 $\sqrt{i_{y1}^2 + 2s^2 / 3}$ ，对于多拼支撑，可按附录 B 计算， i_{y1} 为单拼支撑绕虚轴的回转半径，s 为型钢支撑间距，H 型钢支撑组合的 i_x 、 i_y 取值参见附录 B

4.4.4 双拼、多拼支撑中的单根支撑或组合支撑中单肢型钢支撑（如图 4.4.4 所示）的稳定性应按式计算：

$$\frac{N_i}{\varphi_{yi} A_i \xi f} + \frac{M_{yi}}{W_{yi} (1 - 0.8 \frac{N_i}{N'_{Eyi}}) \xi f} + \frac{M_{xi}}{W_{xi} \xi f} \leq 1.0 \quad (4.4.4)$$

式中 M_{xi} 、 M_{yi} ——单根支撑对实轴（x 轴）和虚轴（y 轴）的最大弯矩设计值（kN·m）；

式中 N_i ——单根支撑轴心压力设计值(kN)；

A ——组合截面毛截面面积(m²)；

f ——钢材强度设计值(kPa)；

ξ ——钢支撑重复利用折减系数，对于首次使用的新钢支撑，取值为 1，

对于重复使用的旧钢支撑，无相关数据经验时，可取 0.85~0.95。

N'_{Ey} ——参数， $N'_{Ey} = \pi^2 EA / (1.1\lambda_y^2)$

M_x 、 M_y ——计算构件范围内对实轴（x 轴）和虚轴（y 轴）的最大弯矩设计值(kN·m)；

W_x 、 W_y ——对实轴（x 轴）和虚轴（y 轴）的净截面模量(m³)；

φ_{yi} ——对虚轴（y 轴）的轴心受压构件整体稳定系数，按《钢结构设计标准》GB50017 附录 D 取值，计算双拼和多拼支撑时， $\lambda_{oy} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{n}{2} \lambda_1^2}$ ， λ_y 为组合支撑对 y 轴的惯性矩， λ_1 为组合支撑中的单个支撑对 y 轴的惯性矩， λ_1 的计算

长度取连杆间距， n 为支撑道数；

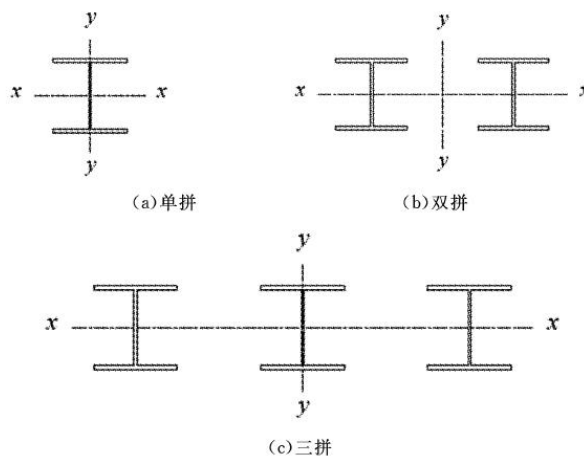


图 4.4.4 H 型钢支撑截面示意图

4.4.5 支撑的计算长度 l_{0x} 、 l_{0y} （如图 4.4.5 所示）应按下列原则确定：

$l_{0x} = \max \{l_1, l_2, l_3, \dots, l_n\}$ ， $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ 为各跨立柱间距，如不设置立柱，则 l_{0x} 取支撑的实际长度， l_{0y} 取两端八字撑的支撑长度，如不设置八字撑，则 l_{0y} 取支撑的实际长度。

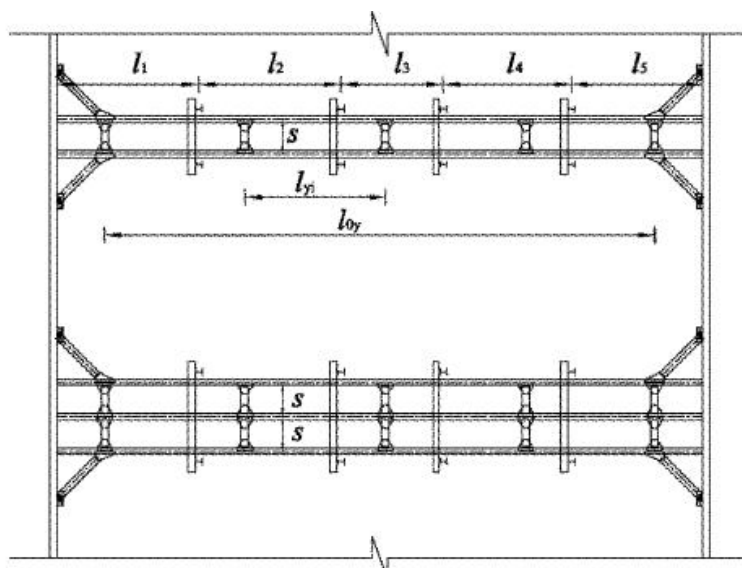


图 4.4.5 支撑计算长度

4.4.6 钢围檩抗弯强度应按下式计算：

$$\frac{M_x}{1.05W_{nx}} + \frac{M_y}{1.05W_{ny}} \leq \xi f \quad (4.4.6)$$

式中

M_x 、 M_y ——计算构件范围内对实轴（x 轴）和虚轴（y 轴）的最大弯矩设计值(kN·m)；

W_x 、 W_y ——对实轴（x 轴）和虚轴（y 轴）的净截面模量(m³)；

ξ ——钢支撑重复利用折减系数，对于首次使用的新钢支撑，取值为 1，对于重复使用的旧钢支撑，无相关数据经验时，可取 0.85~0.95；

f ——钢材强度设计值(kPa)。

4.4.7 钢围檩抗剪强度应按下式计算：

$$\frac{VS}{It_w} \leq \xi f_v \quad (4.4.7)$$

V ——计算截面沿腹板平面的剪力设计值；

S ——计算剪应力处以上毛截面对中和轴的面积矩；

I ——梁的毛截面惯性矩；

t_w ——腹板厚度；

ξ ——钢支撑重复利用折减系数，对于首次使用的新钢支撑，取值为 1，对于重复使用的旧钢支撑，无相关数据经验时，可取 0.85~0.95；

f_v ——钢材抗剪强度设计值。

4.4.8 螺栓的承载力设计值应取受剪和承压承载力设计值中的较小者。受剪承载力设计值和承压承载力设计值应分别按下式计算：

$$N_v^b = n_v \frac{\pi d^2}{4} f_v^b \quad (4.4.8-1)$$

$$N_e^b = d \sum t f_c^b \quad (4.4.8-2)$$

式中： N_v^b ——受剪承载力设计值；

N_e^b ——承压承载力设计值；

f_v^b 、 f_c^b ——螺栓的抗剪和承压设计值；

$\sum t$ ——在不同受力方向中一个受力方向承压构件总厚度的较小值；

n_v ——受剪面数目；

d ——螺杆直径。

4.4.9 钢立柱的设计应满足强度和稳定性的要求。

4.4.10 钢立柱的受压计算长度应符合下列规定：

- 1 单层支撑钢立柱、多层支撑底层钢立柱的受压计算长度，用取底层支撑至基坑地面的净高度与立柱直径或截面长边的 5 倍之和。
- 2 多层支撑相邻两层水平支撑间的立柱受压计算长度，应取此两层水平支撑的中心间距。

4.4.11 托梁的设计应满足强度、稳定性和变形的要求。

4.4.12 托梁应有足够的支承刚度，防止钢支撑的变形。在竖向和侧向形成有效约束。

4.4.13 立柱和立柱桩计算应符合下列规定：

- 1 立柱应按偏心受压构件进行强度和稳定性验算，计算应充分考虑基坑开挖与拆撑过程中的各不利工况，偏心距应根据立柱垂直度并按双向偏心进行计算，偏心距不宜小于计算长度的 1/100；
- 2 立柱计算长度宜取竖向相邻水平支撑中心距，底层宜取底层支撑至基坑底面的净高度与立柱直径或边长的 5 倍之和；
- 3 立柱桩应进行单桩竖向承载力计算，竖向荷载应按最不利工况取值。

4.5 构件、节点的构造

4.5.1 钢支撑、钢围檩杆件采用双拼或多拼 H 型标准件或 H 型标准件组合构件，其 H 型标准件应按本规程附录 B 选用。

4.5.2 钢支撑的构造应符合下列规定：

- 1 对撑、角撑与围檩设置于同一标高；
- 2 当对撑与角撑采用组合构件时，同一截面拼接节点面积百分率不宜超过 50%，错开长度不宜小于 1m。

4.5.3 钢支撑区域围檩的计算与构造应符合下列规定：

- 1 对撑端部设置八字撑时宜避免八字撑之间的围檩承受拉力，如无法避免，应根据整体计算对拉力进行复核，并采用可靠连接措施；
- 2 八字撑之间可根据受力和变形要求设置对撑或角撑；

4.5.4 盖板、连杆和系杆的构造应符合下列规定：

1 在对撑、角撑的上翼缘和下翼缘均应设置盖板或系杆，且盖板或系杆的位置应上下对应；

2 盖板、系杆应根据现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017 相关规定进行设计；

3 连接盖板与单根对撑或角撑杆件的螺栓个数应验算。

4.5.5 钢围檩的构造应符合下列规定：

1 组合围檩宜沿基坑周边连续设置，形成完整的封闭体系；

2 围檩的拼装宜减少拼装节点，采用多拼腰梁时，拼装接头处宜错开，腰梁采用高强螺栓拼接。

3 组合围檩应设置加劲板，间距不宜大于 500mm；

4 组合围檩与围护之间的安装空隙应采用不低于 C20 的细石混凝土填充。

4.5.6 钢支撑的预加轴向压力宜取支撑轴向压力标准值的 50%~80%，且应与弹性支点法计算时预加力取值相匹配。

4.5.7 竖向支承连接件构造应符合下列规定：

1 立柱与对撑或角撑之间应设置可靠的托梁和托座进行连接。托梁和托座应能对节点位置支撑在侧向和竖向的位移进行有效约束；

2 托梁宜按简支梁进行强度和挠度的验算，其最大计算挠度应不大于 $L/400$ ， L 为托梁支点间的最大距离；

3 托梁与单根支撑、托梁与托座之间均宜采用螺栓连接，螺栓数量应通过计算确定，托梁与单根支撑构件之间的连接螺栓个数不应少于 2 个，托梁与托座之间的连接螺栓个数不宜少于 4 个；

4 腰梁下宜沿基坑周边设置托架，托架平面间距不宜大于 3m。

5 施工

5.1 一般规定

5.1.1 装配式 H 型钢支撑施工应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》（JGJ120）和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》（GB50205）、《建筑地基基础工程施工质量验收标准》（GB50202）的有关规定。

5.1.2 装配式钢支撑宜依据专项设计，采用工厂预拼装+工地现场安装的方法施工。

5.1.3 基坑装配式钢支撑支护专项施工方案的编制应包含以下内容：

- 1) 进场检验；
- 2) 钢支撑构件安装；
- 3) 预应力施加与控制；
- 4) 支撑轴力监测与巡查；
- 5) 钢支撑拆除；
- 6) 其它相关事项。

5.1.4 装配式钢支撑的施工工艺流程应符合下列规定：

- 1) 钢支撑宜从基坑开挖（开槽）至支撑底标高之下 600mm 处时进行安装；
- 2) 在牛腿施工结束后安装钢围檩，并应对钢围檩背侧与围护墙间缝隙进行 C20 细石混凝土填充；
- 3) 安装托梁下牛腿，架设托梁；
- 4) 根据基坑土方开挖工艺合理制定安装顺序，钢支撑安装宜分段对称进行；
- 5) 安装千斤顶；
- 6) 连接两道支撑中间连杆；
- 7) 安装两侧八字撑；
- 8) 按设计要求分级施加预应力；
- 9) 安装第二层钢支撑、第三层钢支撑……；
- 10) 钢支撑拆除采取与安装相反的顺序。

5.2 钢支撑安装

5.2.1 装配式钢支撑施工前应做好如下准备工作：

- 1 实地勘察施工场地、周边环境和保护要求，并及时处理施工区域地面障碍物；
- 2 对施工人员进行技术交底，且事先进行必要的实际操作培训并考核；
- 3 进行工厂预拼装，标注所拼装构件编号；
- 4 确保供电、供水、道路、排水、照明、临设房屋等能满足安全文明施工要求；
- 5 施工现场管理人员到位、相关工种应配套齐全；

5.2.2 装配式钢支撑设备、构件材料的堆放应符合下列规定：

- 1 对进入施工现场的设备、材料应进行验收，并注明其名称、规格型号、数量、场地、使用部位；
- 2 钢构件堆放场地要平整坚实、排水条件良好；
- 3 堆放支垫点要合理，垫木宜采用耐压的长木方或枕木，堆放应上下对齐；
- 4 钢支撑构件应分类堆放整齐、标识明确、记录完整，并应有明显的警示标识。
- 5 堆放高度不宜超过 1.5m。

5.2.3 每层支撑应在土方开挖至设计要求的标高后应立即安装。

5.2.4 装配式钢支撑的吊装应符合下列规定：

- 1 起吊前应检查、清理遗留在钢支撑上的螺栓、工具等，应检查钢支撑所有部件连接是否牢固可靠，应检查吊具、吊带、钢丝绳是否规范合格，应检查起重设备各部件的可靠性、安全性并进行试运行；
- 2 起吊作业人员必须由持有有效证件的专人统一指挥，吊装区域非操作人员严禁入内，吊臂垂直下方严禁站人；
- 3 吊装时应选择合理吊点位置，检查吊点是否规范合格；
- 4 支撑构件吊装时，划分的施工警戒区域应有明显的标志，非施工人员禁止入内；
- 5 钢围檩、支撑吊装施工过程中应有专人统一指挥，操作人员要听从指挥；
- 6 吊放施工材料时严禁碰撞钢支撑体系，不得随意让支撑体系承担附加荷载；

- 7 起重设备不得超负荷运转；
- 8 六级以上强风区不准进行户外起吊作业。

5.2.5 钢围檩的安装应符合下列规定：

- 1 钢围檩应逐节安装；
- 2 钢围檩水平中线应与支撑轴线在同一水平面上；
- 3 钢围檩与围护结构间隙的处理应满足设计要求和 4.4.4 条规定；
- 4 钢围檩连接点应避开支撑位置。

5.2.6 支撑构件的安装应符合下列规定：

- 1 支撑与立柱、围檩之间的连接应严格按设计要求施工，确保连接点体系稳定；
- 2 架设支撑前，应复核两侧钢围檩与立柱、托梁的标高；
- 3 钢支撑连杆安装应顺直，并在同一标高位置。

5.2.7 支撑安装的容许偏差应符合本文件表 6.4.4 的规定。

5.3 轴力预加、补偿与控制

5.3.1 支撑安装完毕后，应及时检查各节点的连接状况，经确认符合要求后方可施加预压力。

5.3.2 预应力施加时应检查各连接部位的稳定性、牢固性，遇到异常情况，应立即停止，排除隐患后，方可继续作业。

5.3.3 对支撑构件施加预应力时，千斤顶压力的合力点应与支撑轴线重合，千斤顶应在支撑轴线两侧对称、等距放置，且应同步平衡施加压力。

5.3.4 支撑预应力应根据设计要求分级施加。加至设计值的 10% 时，应检查确认无异常后，方可逐级施加。

5.3.5 预应力加至设计要求的额定值后，应对所有螺栓进行二次复紧并再次检查各连接点的情况，必要时对节点进行加固，待额定压力稳定后予以锁定。

5.3.6 如采用混凝土冠梁和围檩时，预加应力前应确保其达到设计强度。

5.3.7 支撑的施工与使用过程中均应考虑气温变化对支撑工作状态的影响，根据支撑内力及预应力监控结果随时调整支撑预应力，使支撑始终处于受压状态，并防止因温度变化引起附加应力而造成破坏。在地区日温差较大的时期，应加密监控。

5.3.8 施加预应力过程中，应做好记录。

5.4 土方开挖

5.4.1 土方开挖与支撑安装关系密切，合理的基坑开挖与支护方案是保证基坑稳定和达到控制变形要求的最根本保证。开挖基本要求如下：

1 基坑土方开挖顺序及开挖深度应符合基坑支护设计的要求，严禁超挖、乱挖；

2 土方开挖和支撑架设方案必须根据基坑周边环境允许的变形限度来制定；

3 基坑开挖与支撑架设采用分层、分步、对称、平衡、随挖随撑的施工方案，尽可能减少开挖过程中土体扰动以及围护墙体无支撑暴露的时间。

5.4.2 基坑平面开挖应符合下列要求：

1 基坑平面开挖顺序应结合工程地质与水文地质条件、环境保护要求、场地条件、基坑平面尺寸、开挖深度、支护形式、施工方法等因素综合确定；

2 应按照分区、分块、对称、平衡、限时的原则确定开挖顺序；

3 平面尺寸较大的基坑，宜结合支撑平面布置、地下室后浇带、变形缝、施工分仓缝等工况分区跳挖。

5.4.3 基坑竖向开挖应符合下列要求：

1 基坑开挖应采用分层开挖方式，分层厚度应根据支撑竖向间距确定，不可超挖；

2 每层开挖面要具备牛腿、托梁、支撑的施工条件，宜控制在低于施工面底30~60cm左右；

3 支撑体系的安装和预应力施加未达到设计要求之前，严禁进行下层土方开挖；

4 机械挖土时，坑底标高以上30cm范围内土层，应采用人工开挖；

5 支撑下方土方开挖过程中应做好对立柱的保护，临时边坡应保证稳定的放坡角度。

5.4.4 挖土过程中，如发现实际地质情况与地质勘察报告明显不符，或存在地质勘察报告中未反映的障碍物、管线等情况时，应立即通知相关责任主体进行处理。

5.4.5 应根据基坑及周边环境监测信息，及时调整土方开挖顺序、速率及方法；当基坑及周边环境出现异常时，应立即停止土方开挖，通知相关责任主体，排除

隐患后方可继续施工。

5.4.6 机械挖土应避免对支撑产生不利影响，挖土机械严禁碰撞支撑结构、降水井管、监测点等。

5.4.7 当基坑沿竖向设置多道内支撑时，宜设置挖土施工栈桥，施工栈桥应根据周边场地环境条件、基坑形状、支撑布置、施工方法等进行专项设计，应按照设计要求对施工栈桥的荷载进行控制。

5.4.8 除另有专项设计外，支撑结构上不允许堆放材料、工具等杂物，更不得承重机械、设备。

5.4.9 土方工程质量验收应符合现行国家标准《建筑地基基础工程质量验收规范》（GB 50202）的相关要求。

5.5 支撑拆除及回收

5.5.1 装配式钢支撑的拆除应列入所编制的专项施工方案，支撑拆除顺序应与设计计算工况相一致。

5.5.2 支撑拆除应保证主体结构及周围环境安全。

5.5.3 拆除钢支撑应先换撑、后拆除，换撑结构强度达到设计要求后，方可拆除钢支撑，换撑位置和施工方法应符合设计要求。

5.5.4 支撑拆除应自下而上分层进行，每层支撑拆除流程为：

- 1 换撑；
- 2 释放千斤顶压力；
- 3 根据托梁和托座的布置情况，逐节或分段拆除钢支撑；
- 4 拆除支撑下方的托梁及托座；
- 5 拆除钢围檩和立柱。

5.5.5 用于拆除的起重机作业场地应满足以下要求：

- 1 拆除作业前对起重机的工作环境、行驶道路以及构件重量和分布情况等全面了解；
- 2 应为起重机作业提供符合起重机要求的工作场地和环境，地基承载力必须满足起重机的安全施工要求；
- 3 起重机应与沟渠、基坑保持安全距离；
- 4 起重机上楼面作业时，应计算分析起重机行走状态下以及起升、回转、变

幅三种不同工作状态下楼面板的承载力并经主体结构设计单位认可。

5.5.6 支撑杆件拆除前应将其与相邻待拆除杆件的连接螺栓进行解除；

5.5.7 在支撑杆件拆除过程中，应注意保护立柱等竖向构件；

5.5.8 钢支撑拆除时应对支撑杆件采取防坠落措施；

5.5.9 拆除吊装施工时，避免碰撞上部已安装好的支撑，同时防止钢丝绳缠住安装好的支撑而出现事故。

5.5.10 拆除过程中，应加强对基坑的监测与现场巡视，发现隐患应立即停止拆除作业，排除隐患后方可继续作业，必要时调整拆除方案。

5.5.11 利用主体结构换撑应满足以下要求：

- 1 主体结构的楼板或地下室底板的混凝土强度已达到设计要求；
- 2 主体结构与围护结构之间的支撑转换构造及强度应符合设计要求；
- 3 当局部主体结构不能有效传递支撑转换后的水平力时，应采取临时加固措施。

5.6 施工监测、巡查与应急预案

5.6.1 装配式钢支撑施工及使用期间，施工单位应对支撑结构进行施工监测和巡查。发现异常情况时，应及时进行分析和处理。

5.6.2 施工监测应包括以下内容：

- 1 钢支撑水平位移；
- 2 钢支撑挠曲变形；
- 3 立柱竖向变形；
- 4 支撑预应力。

5.6.3 施工巡查应包括以下内容：

- 1 构件的外观；
- 2 土方开挖和支撑施工的顺序及时间；
- 3 节点的完好情况及支撑体系完整性；
- 4 围檩与围护结构、支撑与围檩的连接；
- 5 支撑及基坑周边地面堆载、施工通道活荷载。

5.6.4 装配式钢支撑施工应编制应急预案，应急预案包括下列内容：

- 1 应急组织体系、人员及职责；

- 2 重大危险源辨识;
- 3 应急技术及管理措施;
- 4 各项应急资源配置。

5.6.5 施工现场应根据重大危险源配置应急材料、设备及人员。

5.6.6 监测结果报警或支护结构及周围环境的保护对象出现险情时,应立即采取下列应急措施:

- 1 立即停止基坑开挖,清理基坑周边堆载;
- 2 有条件的情况下挖除坑外土体进行卸载;
- 3 坑内被动区范围内回土反压;
- 4 对支护结构进行加固处理。

5.6.7 当周围建筑物、构筑物及地下管线监测报警或出现险情时,应立即采取如下措施:

- 1 疏散建筑物内人员、设置警戒区;
- 2 及时修补坑外地面裂缝。

5.6.8 基坑支护结构、周围环境监测报警或出现险情后,除立即采取应急措施外,各责任主体应协商确定确保基坑及周围环境安全的技术及管理措施,制定补救及加固方案,立即组织实施。

6 质量检验

6.1 一般规定

6.1.1 装配式钢支撑应根据现行国家标准 GB50300《建筑工程施工质量验收统一标准》和 GB50202《建筑地基基础工程施工质量验收标准》按分项工程进行验收。

6.1.2 装配式钢支撑所采用的主材、辅材和螺栓等材料应具有质量证明书，并应符合设计文件和现行国家标准的要求。当设计有要求或对其质量有疑义时，可对材料进行抽样复检，试验方法和抽检数量应满足现行国家标准 GB50205《钢结构工程施工质量验收标准》的规定。

6.1.3 分项工程检验批宜按以下原则划分：

1 单层支撑按受力平衡要求的梁组数划分；

2 多层支撑按水平支撑道数划分；

3 对于原材料及成品进场时的验收，可根据工程规模及进场材料实际情况合并或分解检验批，但不应低于 GB50202《建筑地基基础工程施工质量验收标准》和本文件要求的最低数量。

6.1.4 分项工程各检验批均应符合合格质量标准。检验批不合格时，应扩大检测，并按 GB50202《建筑地基基础工程施工质量验收标准》的要求进行处理。

6.1.5 装配式钢支撑检验批的质量验收应按主控项目和一般项目进行验收，验收记录可采用本文件附录 D 的样式进行填写。

6.1.6 钢支撑结构施工和拆除的顺序，应与设计工况一致，并应在前一工况验收合格后，方可进入一下工况。

6.2 装配式钢支撑构件进场验收

6.2.1 钢支撑构件进场验收标准应符合下列规定：

1 钢支撑构件外观应无明显弯曲变形，翼缘、端部边缘平直，翼缘表面和腹板表面不应有明显的凹凸面、损伤和划痕，以及焊瘤、油污、泥砂和毛刺等。

2 支撑构件的进场验收标准应符合表 6.2.1 的规定。

表 6.2.1 构件进场验收标准

项	序	检验项目	允许值	允许偏差		检查方法	检查数量
				单位	数值		
主控项目	1	规格	设计值	-		产品质量相关文件	全数
	2	外形尺寸	设计值	mm	±3	用钢尺量	
一般项目	1	垂直度	-	mm	$<h/1000$ 且 <10	用线锤检查	总数的 5%，且 不少于 3 个
	2	平直度	-	mm	$\leq 0.1L\%$	用平尺检查	
	3	焊缝厚度	设计值	-		用焊缝检验尺	
	4	孔间距	设计值	mm	±2	用钢尺量	
	5	孔径		mm	±2	游标卡尺检查	
	6	孔数		个	0	观察	

3 当设计有要求或对焊缝质量有疑义时，应对钢支撑构件的焊缝进行检测，其试验方法和抽检数量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205 的规定。

6.2.2 钢板厚度及允许偏差应符合其产品标准的要求。

检查数量：每一品种规格的钢板抽查 5 处

检验方法：用游标卡尺量测

6.2.3 型钢的规格尺寸及允许偏差应符合其产品标准的要求。

检查数量：每一品种规格的型钢抽查 5 处

检验方法：用钢尺和游标卡尺量测

6.2.4 钢材的表面质量除应符合国家现行有关标准的规定外，尚应符合下列规定：

1 当钢材的表面有锈蚀麻点或划痕等缺陷时，其深度不得大于该钢材厚度负允许偏差值的 1/2；

2 钢材表面的锈蚀等级应符合现行国家标准，涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级应达到 GB 8923 规定的 C 级及以上；

3 钢材端边或断口处不应有分层、夹渣等缺陷。

检查数量:全数检查

检验方法:观察检查

4 焊材的品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求；

检查数量：全数检查

检验方法：检查焊接材料的质量合格证明文件、中文标志及检验报告等

5 焊条外观不应有药皮脱落、焊芯生锈等缺陷，焊剂不应受潮结块。

检查数量：按量抽查 1%且不应少于 10 包

检验方法：观察检查

6.2.3 连接用紧固件的进场检验要求应符合下列规定：

1 钢结构连接用高强度大六角头螺栓连接副、扭剪型高强度螺栓连接副、普通螺栓等紧固标准件及螺母、垫圈等标准配件，其品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求，出厂时应分别随箱带有扭矩系数和紧固轴力(预拉力)的检验报告。

2 检验方法：检查产品的质量合格证明文件、中文标志及检验报告等。

3 螺栓、螺母、垫圈外观表面应涂油保护，不应出现生锈和沾染脏物，螺纹不应损伤。

6.3 现场安装质量验收

6.3.1 安装前应对基坑的定位轴线、基础、围檩、立柱轴线和标高进行检查，并进行复测，存在交叉作业时，应同其它作业工种做好交接验收。

6.3.2 在安装过程中，应根据设计和施工工况要求，确保立柱、支撑等结构的整体稳定性，必要时，应采取临时支撑或加固等措施。

6.3.3 支撑、围檩等主要构件安装就位后应立即校正，校正后应立即进行固定。

6.3.4 立柱安装施工要点和精度要求应符合下列规定：

1 立柱桩混凝土的浇筑面宜高于设计桩顶 500mm；

2 立柱的定位和垂直度宜采用专门措施进行控制，对格构柱、H 型钢柱，尚应同时控制方向偏差；

3 临时立柱平面位置的允许偏差应为 50mm，垂直度的允许偏差应为 1/150；

4 立柱兼作主体结构构件时，立柱平面位置的允许偏差应为 10mm，垂直度允许偏差应为 1/300。

6.3.5 托梁安装施工要点和精度要求应符合下列规定：

1 托梁下应设支承牛腿，牛腿与立柱间、牛腿与托梁间应可靠连接；

2 托梁下牛腿安装应平直，并在同一标高位置；

3 托梁需接长时，可焊接或螺栓连接，应执行对应的规范、标准；

4 托梁平直度的允许偏差应为 1/1000。

6.3.6 千斤顶安装间隙和行程的要求应符合下列规定：

1 千斤顶行程用于支撑长度调整和预应力施加；

2 预应力施加前，千斤顶使用行程不应超过总行程的 30%。

3 预应力施加后，千斤顶使用行程不应超过总行程的 80%。

6.3.7 螺栓安装的要求应符合下列规定：

1 螺栓必须提供材质证明书（质量保证书），并经抽取检验质量合格后方可使用；

2 螺栓安装时应自由穿进孔内，不得强行敲打；螺栓不能自由穿进时，不得采用气割扩孔，须用铰刀铰孔；

3 安装螺栓时，构件的摩擦面应保持干燥；

4 螺栓紧固分为初拧、复拧、终拧，应在同一天完成；

5 连接处的螺栓应按一定顺序施拧，一般应由螺栓群中央顺序向外拧紧。

6.3.8 水平支撑结构安装施工质量验收标准应符合表 6.3.8 的规定。

表 6.3.8 水平支撑结构安装施工质量验收标准

项	序	检验项目	允许值或允许偏差	检查方法	检查数量
主控项目	1	预应力	设计值的 $\pm 10\%$	油泵或土压计读数	全数
一般项目	1	支撑中心标高	$\pm 30\text{ mm}$	用钢尺量	同类构件数的 10%，且每类构件不少于 3 件。
	2	支撑水平位置	$\pm 30\text{ mm}$	用钢尺量	
	3	支撑两端标高差	$L/600$ 且 $\leq 20\text{ mm}$	水准仪	
	4	支撑总体挠度	$L/1000\text{ mm}$	用拉线和钢尺量	
	5	支撑与立柱轴线偏差	$\pm 30\text{ mm}$	用钢尺量	
	6	围檩顶面标高	$\pm 10\text{ mm}$	水准仪	
	7	围檩水平度	1/1000	水平尺或水准仪	

	8	焊缝厚度	设计值	焊缝检验尺	
--	---	------	-----	-------	--

6.3.9 竖向支撑结构安装施工质量验收标准应符合表 6.3.9 的规定。

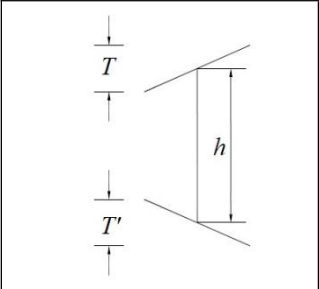
表 6.3.9 竖向支撑结构安装施工质量验收标准

项	序	检验项目	允许偏差	检查方法	检查数量
主控项目	1	立柱垂直度	$\leq 1/200$	用线锤和钢 尺量	全数
一般项目	1	立柱水平位置	$\pm 20 \text{ mm}$	用钢尺量	同类构件数的 10%，且 每类构件不 少于 3 件。
	2	柱顶标高	$\pm 20 \text{ mm}$	水准仪	
	3	牛腿顶面标高	$\pm 10 \text{ mm}$	水准仪	
	4	牛腿水平度	1/1000	水平尺或水 准仪	

6.3.10 当立柱采用型钢直接插入坑底以下，底部不设桩基础时，坑底以下型钢的施工质量验收标准应符合表 6.3.10 的规定。

表 6.3.10 坑底以下型钢施工质量验收标准

项	续	检验项目		允许偏差		检查方法	检查数量
				单位	数值		
主控项目	1	承载力		不小于设计值		静载试验、高应变法等	全数
	2	外形尺寸	桩端	mm	$\leq 0.5B\%$	用钢尺量	
			桩身	mm	$\leq 0.1B\%$		
	3	桩长		不小于设计值		用钢尺量	
	4	矢高		mm	$\leq 0.1\%l$	用钢尺量	
一般项目	1	桩位		mm	$\leq 100+0.01H$	全站仪或用钢尺量	
	2	垂直度		$\leq 1/100$		经纬仪测量	
	3	端部平整度		mm	≤ 1	用水平尺量	
	4	H 钢桩的方正度		mm	$h\geq 300$: $T+T'\leq 8$	用钢尺量	

			$h \leq 300:$ $T + T' \leq 6$	
5	端部平面与桩身中心线的倾斜值	≤ 2	用水平尺量	5
6	上下节桩错口	≤ 1	用水平尺量	6
7	桩顶标高	± 50	水准测量	7

7 监测

7.0.1 装配式 H 型钢支撑监测应作为基坑监测的重点内容贯穿于支撑的安装、使用、换撑和拆除全过程。

7.0.2 装配式 H 型钢支撑监测应包括型钢支撑轴力、围檩应力和立柱位移等内容，参照并符合表 7.0.2 的规定。

表 7.0.2 型钢组合支撑监测项目

监测项目	基坑设计等级		
	一级	二级	三级
型钢支撑梁轴力	应测	应测	应测
立柱位移	应测	应测	可测
围檩应力	应测	宜测	可测

7.0.3 型钢组合支撑的内力监测宜采用全自动连续监测系统。

7.0.4 型钢支撑梁轴力监测应符合下列规定：

- 1 监测点宜布置在轴力较大或在整个支撑系统中起控制作用的支撑梁上；
- 2 每层的监测点数不宜小于该层支撑梁数目的 50%，上下各层的监测点位置在竖向上宜保持一致；
- 3 每个监测点内的监测元件数不小于组成该榀支撑梁的单肢型钢数量的 50%且不少于 2 个；
- 4 监测断面应设置加压端 5m 范围外部位，并避开接头位置。

7.0.5 内力监测应力传感器的量程不宜小于设计值的 2 倍，精度不宜低于 $0.5\%F \cdot S$ ，分辨率不宜低于 $0.2\%F \cdot S$ 。

7.0.6 内力监测传感器宜在预应力施加前安装。

7.0.7 应考虑温度变化对内力监测结果的影响。

7.0.8 立柱沉降监测应符合下列规定：

- 1 立柱沉降监测点布置在连接件处、预应力加压端处、八字撑处等受力较大的立柱上；
- 2 监测点数不宜小于立柱总数 20%，且不应小于 3 个。

7.0.9 监测点的布置应不妨碍监测对象的正常工作，并应减少对施工作业的不利影响。

7.0.10 监测频率应符合表 7.0.10 规定。

表 7.0.10 监测频率

施工进程	内力监测频率	位移监测频率
预应力施加阶段	≥ 2 次/h	≥ 1 次/d
基坑开挖阶段	≥ 2 次/d	
拆换撑阶段	≥ 2 次/h	

附录 A 轴力自动补偿系统

A.1 基本要求

A.1.1 轴力自动补偿钢支撑系统是一种采用位移与轴力综合控制的支撑系统。与传统钢支撑相比，是一种能够对支撑轴力进行全天候不间断监测，并根据高精度传感器所测参数对支撑轴力进行自动补偿来达到控制基坑变形目的的支撑系统。

A.1.2 轴力自动补偿系统出厂应进行型式检验；相关材料和机具进场时应具有产品合格证书及液压千斤顶标定证书，液压千斤顶宜按《液压千斤顶》JJG621 的要求进行标定；相关材料和机具应符合《钢结构设计标准》GB50017 和《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的相关规定。

A.2 系统组成及要求

A.2.1 轴力自动补偿系统包含主控系统、数控泵站和自动补偿端。

A.2.2 轴力自动补偿系统的应具有以下功能。应能实时采集钢支撑轴力等施工过程数据，数据采集应准确，参数采集误差不宜大于 1%；应配置液压和机械双重安全锁；应设有操作方便、性能可靠的急停开关；应具备应急供电功能，确保断电时系统能正常工作；应具有自动报警功能；主控系统、数控泵站与自动补偿端之间应采用稳定的数据传输方式。

A.2.3 主控系统包含系统主机、数据传输装置与数据显示屏。主控系统应具有以下功能。应能设定钢支撑的轴力设计值、轴力报警值和极限承载值等关键技术参数，宜能设定油缸行程报警值；应能实时采集、查看、存储及上传施工数据，且存储的数据不可修改；应能对监控数据进行自动分析处理，结合现场监测数据分析，根据分析结果对数控泵站进行实时自动调节；应能实时显示监控数据及设备状态，能实现监控数据、设备故障的自动报警；主控系统的钢支撑轴力和油缸行程等数据采集的响应时间不大于 1min/次，控制的响应时间不大于 1min/次。

A.2.4 数控泵站包含电动油泵、控制电路和油压测量装置。数控泵站应具有以下功能。应能执行主控系统的指令，控制电动油泵按照指令调控油压；应能实现轴力等数据的采集并实时传输给主控系统；应能实时监测并自动调节自动补偿端油压，油压控制精度及油压测量精度不低于 0.1MPa；应配备溢流阀，并能设定溢

流阀的安全值，溢流阀安全值不高于额定压力的10%；应具有维持液压稳定、保证系统安全的功能；应具有液压油液位观测功能；数控泵站各密封件、电动油泵的性能应符合《预应力用电动油泵》JG/T 319的规定；电动油泵宜使用ISO粘度级为VG32及以上的液压油，液压油应符合《润滑剂、工业用油和相关产品（L类）的分类》GB/T7631.2的相关规定；液压油管与设备连接可采用承插接口或螺纹接口，应采取液压油防漏措施。

A.2.5 自动补偿端包含设备框架、液压千斤顶、机械锁，宜配置油缸行程测量装置。自动补偿端应符合下列规定。自动补偿端的设备框架、机械锁等受力构件应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017的要求，设备单位应在出厂前进行加载测试；自动补偿端与钢支撑通过法兰连接，法兰使用的高强度螺栓长度不小于90mm，螺栓等级不低于8.8级，螺栓个数应根据《钢结构设计标准》GB50017进行验算后确定；千斤顶因故障需更换时，自动补偿端应具有保证钢支撑轴力维持的功能。

附录 B 常用的 H 型钢型号

B.0.1 H 型钢支撑常用规格技术参数应符合表 B.0.1 的规定。

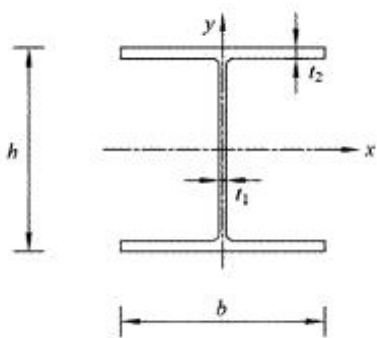


图 B.0.1 H 型钢支撑示意图

表 B.0.1 H 型钢支撑常用规格技术参数表

型号			H300	H350	H400	H500
截面尺寸		h	300	350	400	502
		b	300	350	400	470
		t ₁	10	12	13	20
		t ₂	15	19	21	25
截面面积 10 ² mm ²			118.5	171.9	218.7	329.8
线密度 kg/m			93	135	172	259
特性 参数	x-x 轴	I _x (10 ⁴ mm ⁴)	20200	39800	66600	151000
		W _x (10 ³ mm ³)	1350	2280	3330	6020
		i _x (10mm)	13.1	15.2	17.5	21.4
	y-y 轴	I _y (10 ⁴ mm ⁴)	6750	13600	22400	43300
		W _y (10 ³ mm ³)	450	776	1120	1840
		i _y (10mm)	7.55	8.88	10.1	11.5

B.0.2 多拼 H 型钢支撑的回转半径 i_y ，可按下式计算（以四拼支撑为例）：

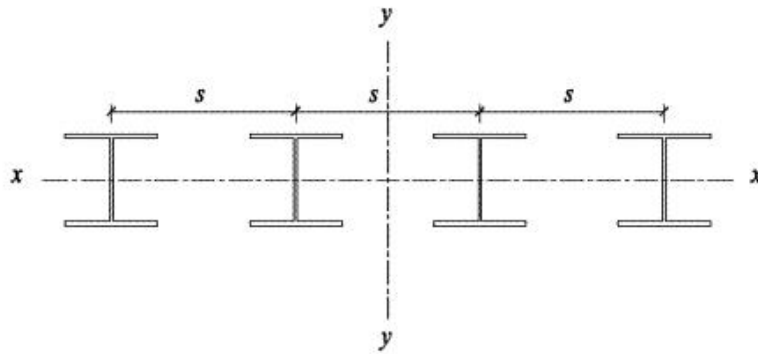


图 B.0.2 四拼支撑示意图

根据平行移轴公式，所有支撑对组合支撑截面 y 轴的惯性矩 I_y 为：

$$I_y = 2[I_{y1} + (1.5s)^2 A_1] + 2[I_{y1} + (0.5s)^2 A_1] = 4I_{y1} + 5s^2 A_1$$

回转半径 i_y 为：

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{4I_{y1} + 5s^2 A_1}{4A_1}} = \sqrt{i_{yi}^2 + \frac{5s^2}{4}}$$

式中， i_{yi} ——单个支撑（H 型钢）对自身 y 轴的回转半径；

I_{y1} ——对自身 y 轴的惯性矩；

s ——型钢支撑间距；

A_1 ——截面积。

附录 C 质量检验

C.0.1 补偿装配式 H 型钢支撑工程检验批质量验收记录可按表 C.0.1 填写，表中未包括的检验批项目和验收标准宜符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的有关规定。

表 C.0.1 补偿装配式 H 型钢支撑检验批质量验收记录表

工程名称				检验批部位	
施工单位				项目经理	
监理单位				总监理工程师	
施工依据标准				分包单位负责人	
主控项目		质量合格标准	施工单位检验评分记录或结果	监理（建设）单位验收记录或结果	备注
1	支撑结构外轮廓尺寸				
2	螺栓及螺栓连接情况				
3	预应力施加情况				
一般项目					
1	支撑中心标高				
2	支撑两端标高差				
3	支撑平面位置				
4	支撑整体挠度				
5	构件轴线偏差				
6	围檩顶面标高				
7	围檩水平度				
8	焊缝厚度				

施工单位检验评定结果	质量员 年 月 日
监理（建设）单位验收结论	监理工程师 年 月 日

本文件用词说明

- 1 为便于在执行本文件条文时区别对待，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

- 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 《工程结构可靠性设计统一标准》 GB 50153
- 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》 GB 50202
- 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB 50205
- 《建筑基坑工程监测技术规范》 GB 50497
- 《建筑基坑支护技术规程》 JGJ 120

中国市政工程协会团体标准

基坑补偿装配式 H 型钢支撑技术标准

T/CMEA **-2025

条文说明

编制说明

《基坑补偿装配式 H 型钢支撑技术标准》经中国市政工程协会于 2025 年 XX 月 XX 日以 XXXX 年 XXX 号公告批准发布。

本文件制定过程中，编制组对国内补偿装配式 H 型钢支撑项目进行了广泛调查研究，总结了我国补偿装配式 H 型钢支撑项目的先进实践经验，同时参考了国内外装配式 H 型钢支撑以及各类组合支撑的先进技术法规、技术标准。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本文件时能正确理解和执行条文规定，《基坑补偿装配式 H 型钢支撑技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本文件的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

1 总则

1.0.1 基坑补偿装配式H型钢支撑是基坑内支撑的一种形式,体系由H型钢支撑、钢围檩、连杆、千斤顶、立柱、托梁等组成。装配式H型钢支撑采用标准H型钢支撑构件,在构件连接、组合及安装方面有很大的便利性,支撑可以任意组合、拼装形成八字撑、双拼、三拼等形式,形成组合钢支撑体系,增强支撑整体性。装配式H型钢支撑主要构件(支撑、围檩)均在工厂内加工焊接成型后运送至施工现场,采用螺栓进行拼装,现场焊接工作较少,保证安装质量。装配式H型钢支撑采用的预加轴力系统,千斤顶永久设置于支撑上,分为手动和自动补偿两种。对于一般环境条件下,可采用手动预加装置。对于特殊周边环境(如周边有保护建筑等),采用自动补偿装置,可实现支撑实时补偿、卸载轴力。装配式H型钢支撑预加轴力系统可随时复加轴力,大大减少预加轴力损失,减小基坑变形。该体系采用全螺栓装配连接,形成平面桁架,整体性好,可实时调节和监测支撑轴力。该技术具有施工速度快、安装和拆除方便、构件重复利用、绿色环保、质量易于控制、基坑变形控制能力好等特点。在上海、江苏、安徽、浙江等地应用越来越广泛,为了有利于该技术的进一步推广应用,编制本规范,使补偿装配式型钢支撑的设计、施工、验收和监测规范化,做到安全可靠、技术先进、经济合理、确保质量及保护环境,具有重要的社会效益和经济效益。

1.0.2 本文件适用于市政工程、建筑工程,其他行业可参照执行。适用于基坑工程中装配式型钢组合支撑的设计、施工、验收和监测。

1.0.3 应结合周边环境条件、水文地质条件、主体结构及基坑特点、工程造价等因素,发挥装配式型钢组合支撑的技术优势,切实做到优化设计、精心施工。

1.0.4 基坑补偿装配式型钢支撑涉及到基坑工程和钢结构两本规范,因此除满足本规范的要求,还应满足现行基坑和钢结构规范的要求。

2 术语和符号

对基坑补偿装配式 H 型钢支撑体系各部分命名和解释。

3 基本规定

3.0.1 钢支撑为临时构件，钢支撑的使用年限不应小于基坑设计使用年限。

3.0.2 补偿装配式 H 型钢支撑是基坑工程的一部分，其计算应符合现行《建筑基坑支护技术规程》和《钢结构设计规范》的有关规定

3.0.3 型钢组合支撑仅为基坑工程的一个分项，其设计、施工、验收和监测应与基坑工程整体统筹考虑，应与基坑工程的其他分项，包括支护结构、基坑降排水、土方开挖等充分结合。

3.0.4 基坑平面形状复杂、侧压力较大时，可以混合采用钢筋混凝土支撑与型钢组合支撑，充分利用混凝土支撑平面形状适应强、承载能力高，型钢组合支撑施工便捷、速度快的优势；但是应注意钢筋混凝土支撑与型钢组合支撑刚度差异较大，施工工期、工序不同，可能造成实际施工工况与设计工况有较大出入，因此应合理布置、深入分析，优化两者交界处的细部设计图。

3.0.5 施加预应力并在整个基坑开挖过程中维持预应力是型钢支撑应用效果的重要环节，施加预应力可较好的控制基坑的变形。

3.0.6 工厂化生产、装配式施工符合我国建筑工业化的发展方向，尽量采用标准件利于材料的重复使用和支撑系统的可靠性，非标准件的应用应确保支撑体系的整体性能满足要求，现场应重视节点构造的可靠性。

3.0.7 钢支撑施加预应力可提高实际刚度，有效控制基坑变形。预加轴力包括自动补偿和人工补偿，自动补偿智能化程度高、成本高，人工补偿相对成本低，根据环境保护要求，对于环境保护要求高的基坑，采用轴力自动补偿；对于环境保护要求一般的基坑，采用轴力人工补偿，有利于基坑成本的控制。

3.0.8 预应力的施加对钢支撑的稳定性和基坑位移控制至关重要。预应力的施加应遵循对称、分级、均匀的原则，应仔细核实预应力的的大小、位置等，严防漏加、超加等问题。

3.0.9 型钢支撑应按照设计工况进行支撑和拆除，在平面上，支撑系统相对封闭并满足支撑性能要求即可进行土方开挖；在竖向，由于安装需要，支撑施工工况的开挖深度往往比支撑梁底标高略深一些，并考虑围檩牛腿、型钢支撑梁托座的施工空间；因此设计时应根据实际施工需要预留施工条件，确定每个工况的基坑开挖深度，施工应严格按照设计预留条件进行。支撑的拆除应满足基坑的安全稳

定。

3.0.10 考虑到施工平台及栈桥堆载较大，远超一般型钢组合支撑的竖向承载能力，因此通常情况下型钢组合支撑不考虑兼做施工平台或栈桥，施工机械也不能直接在其上施工作业，需要设置堆场或栈桥时，应脱开独立设置

3.0.11 补偿装配式 H 型钢支撑钢构件质量、钢构件安装质量、基坑开挖过程中钢构件的质量均影响钢支撑的稳定和基坑的变形，因此要进行三个阶段的检验。

3.0.12 因各种原因导致基坑施工暂停，钢构件受外界环境的变化，受力和变形均受较大的影响，因此钢支撑暴露时间不超过 2 年。

3.0.13 型钢支撑梁的安装精度、变形状况对其稳定性有较大影响，因此有必要对其进行全过程监测。其余监测要求尚应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 的有关规定。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 型钢支撑设计仅为基坑支护设计一个分项，其设计应纳入基坑支护设计中，整体考虑，不能独立于整体基坑支护设计之外。

4.1.3 补偿装配式 H 型钢支撑中构件材料均采用模数化的周转材料，避免混用，材料材质均为同一个型号，多次使用会出现材料腐蚀，表面需做防腐处理。

4.1.4 本条规定补偿装配式 H 型钢支撑设计应包括的内容。

4.2 结构类型与布置

4.2.3~4.2.7 型钢支撑布置时应做到不影响主体结构的施工，且考虑合理的挖土施工空间，避免与后期工序相矛盾，减少不必要的损失。同时，要注意相邻立柱之间的间距控制，间距过大影响型钢支撑梁受力性能，间距过小影响施工空间。

施工机械不能在型钢支撑梁上作业，只能在型钢支撑梁下方挖土，且开挖过程中要注意避免机械碰撞型钢组合支撑构件。因此两道支撑之间、最下一道支撑与底板之间应留出足够施工空间。基坑平面形状规整，对型钢组合支撑平面布置和整体受力有利。角撑、八字撑与围檩或压顶梁的夹角均宜在 45° 左右，支撑系统宜封闭，尽量避免开口支撑。

4.3 结构整体分析

4.3.1 钢支撑与围护整体建模分析结构受力和位移，建模应能真实反映结构的受力状态，荷载、杆件类型、节点模拟、边界条件等条件要合理选择。

不同类型的构件应采用各自对应的计算单元，除了型钢支撑梁按照杆单元外，围檩宜按照梁单元。

围护墙内力分析宜采用平面杆系结构弹性支点法进行计算。针对型钢组合支撑的弹性支点刚度取值现尚无公式直接计算，可通过对基坑围护墙位移实测值进行反分析得到，经过大量的工程实践及理论研究，型钢支撑的平均刚度取值范围为 $2.5\text{MN/m} \sim 3.5\text{MN/m}$ ，支撑间距较密的情况（净距小于8米）平均刚度可适当增加。

对弹性支点施加的预加轴力应根据基坑变形控制要求确定,同时施加预加轴力可在土方开挖前压缩支撑来减少土方开挖过程中的支撑压缩量,相当于增加了支撑刚度。

分析时应考虑基坑各部位荷载不均匀性;当基坑各边的土压力相差较大时,在简化为平面杆系时,尚应考虑基坑各边土压力的差异产生的土体被动变形的约束作用,此时,可在水平位移最小的角点设置水平约束支座,在基坑阳角处不宜设置支座。

型钢组合支撑不考虑兼做施工堆场或栈桥,但是支撑之上须考虑日常检修、监测、以及预应力复加时的操作荷载,宜考虑不小于 2kPa 的竖向活荷载。

温度变化将引起型钢组合支撑内力变化,但是目前对型钢组合支撑温度应力的研究较少。温度变化对型钢组合支撑的影响程度与温差及型钢支撑梁的长度有较大关系。根据经验,对于长度超过 40m 的支撑,可考虑 $10\%\sim 20\%$ 的支撑轴力变化。

竖向立柱的沉降或隆起引起立柱与立柱之间、立柱与围护墙之间产生差异沉降,但是现有支撑平面有限元计算无法考虑到这部分影响。当差异沉降较大时,会使水平支撑产生次弯矩,变形较大时,有可能造成型钢组合支撑整体失稳。因此,当预估或实测差异沉降较大时,应按差异沉降量对型钢支撑梁按照连续梁进行计算分析并采取措施。

4.4 构件、节点验算

型钢支撑梁的截面应进行强度和稳定性验算,组合截面、单肢截面均应满足强度和稳定性的要求。钢围檩应验算抗弯、抗剪强度。重要节点验算螺栓的承载力和抗剪强度。立柱验算强度和稳定性。托梁验算强度和变形。

4.5 构件、节点的构造

型钢支撑梁杆件拼接节点强度不应小于杆件强度,端板齐平螺栓拼接不能满足等强度要求时,可采用翼缘增设连接板拼接或法兰拼接。

为了保证型钢支撑梁在轴向压力作用下的稳定性,宜于型钢支撑梁的上、下翼缘设置盖板及系杆,下翼缘盖板遇托梁时可取消。在型钢拼接处设置盖板也可起到加强连接的作用。

型钢组合围檩受力复杂，其所受剪力、弯矩、轴力均较大，仅采用端板齐平拼接不能满足等强度要求。因此除确保拼接处的强度不小于杆件强度外，拼接处型钢翼缘均应设置拼接板，以提高拼接处抗弯抗剪能力。

围檩连续封闭有利于传力并增加支撑体系整体刚度。当因特殊情况围檩不能封闭时，应复核断开处围檩与围护墙之间的抗剪承载力，增加抗剪措施，避免围檩与围护墙之间错动，从而造成支撑失效。

设置于对撑端部的八字撑增大了支撑之间的间距，方便了基坑内挖土施工。但是八字撑之间间距过大，会造成八字撑之间的围檩弯矩增大。为减少八字撑之间围檩弯矩，通常可在八字撑中部增设对撑。由于构造原因，增设的对撑为单肢型钢，强度及刚度均较为有限。

型钢支撑体系中立柱一般为单跨结构，且梁柱节点为铰接，冗余度较小。立柱的不均匀沉降或较大隆起、不对称开挖或施工机械碰撞导致立柱倾斜、弯折都将可能对支撑体系产生较不利的影响。立柱间设置剪刀撑可大大提高立柱的抗侧移刚度。

5 施工

5.1 一般规定

5.1.3 工程概况和施工条件应说明工程的具体情况, 及在方案实施前应具备的作业条件。施工总体安排应包括施工前准备、材料计划及物流、劳动力计划及人员安排、施工计划及作业时间、现场区域划分及作业安排等内容。

5.2 钢支撑安装

5.2.1~5.2.2 支撑施工前, 必须掌握和应具备施工图、施工方案及施工人员技术交底等资料。构件应按作业计划的先后顺序及构件的形状和大小合理堆放。钢构件堆放时下方必须垫稳, 堆放层高和与基坑之间的净距应符合相关标准和规范的要求; 零部件和小型构件尽可能室内堆放, 在室外堆放期间, 宜将其进行苫盖, 防止雨淋或被污染。支撑材料一般用量较大, 施工场地狭窄, 考虑材料成本及少占用施工场地, 支撑材料一般根据施工进度计划先后进场。

5.2.4 钢支撑的吊装直接涉及支撑施工作业的安全与工作效率, 必须严格按照规定进行。

5.2.5 钢围檩施工前, 应根据基坑尺寸确定钢围檩的施工顺序和钢围檩的布置, 为提高工效和施工质量, 对钢围檩要求统一编号作了具体规定。基坑开挖一段长度后, 为实现随开挖及时支护, 应及时进行钢围檩的安装, 同时, 为减少时空效应, 在同一层位不采用连续安装, 而采用分段安装钢围檩。同时, 为确保钢支撑的安装质量及作用效果, 钢支撑与钢围檩的连接位置应避免安装接头出现于两根支撑的跨中或安装支撑处。在安装钢支撑之前, 应保证排桩(墙)围护结构与钢围檩接触点密贴。当支撑位置的钢围檩与围护存在间隙时, 必须采用 C30 以上细石混凝土填实或 M20 砂浆抹平, 严禁不填实间隙。钢围檩与围护体之间的间隙垫实, 再安装钢支撑, 施加预应力, 严禁在钢围檩与桩体之间未垫实的情况下施加预应力。

5.3 轴力预加、补偿与控制

5.3.1 钢支撑安装后, 在施加预应力的过程中, 应注意观察围护结构变形、上层

支撑的状态，同时为保证围护结构受力均匀。

5.3.2~5.3.6 施工过程中应对支撑轴力进行监测，当支撑轴力小于设计轴力的30%时，应及时增补预应力，保证支撑处于受压状态。施加预应力应根据工程实际选用合适的加压设备，使用前必须进行检测标定，液压泵必须带有压力表，以控制液压泵的压力和加压的速率。施加预应力后，因钢构件发生弹性变形等，在每一次预应力施加过程中会产生一定的预应力损失，为了减小预应力损失过大，故应分阶段逐级施加锁定。因此在预应力达到设计值时，需要检查各个连接点有无松动、变形是否超出允许值。

5.3.7 当昼夜温差过大时，也会造成支撑应力损失，因此应根据检测数值适当补加压力，保证在温度最低时满足设计要求。

5.4 土方开挖

5.4.1 采用钢支撑的基坑工程，其基坑土方开挖相对要求高：如在地下水位较高地区进行基础施工，应降低地下水位。基坑的降排水为基坑开挖关键，开挖前，应降低地下水位，使其低于开挖面。基坑开挖从上到下依次进行，基坑开挖深度应严格按照设计给出的标高进行，严禁超挖。挖至设计标高后应及时平整基坑，疏干坑内积水，在设计规定时间内浇注垫层及钢筋砼底板。

5.4.4~5.4.8 严格按规定取土是基坑施工安全的重要环节，挖土中应注意环境观察与监测，规范开挖程序与机械操作。

5.5 支撑拆除及回收

5.5.1~5.5.4 钢支撑拆除为一道重要环节，拆除时机或者工况把握不好，盲目施工，极易造成事故。因此，为确保拆撑安全，本条对钢支撑拆除顺序做了具体规定。

5.5.10 钢支撑拆除后围护结构将产生应力重分布，有可能造成围护结构局部变形过大，危及基坑及周边环境的安全，因此，拆撑过程中必须加强基坑的监控量测和现场巡视，切实做到信息化施工。

5.5.11 本条对利用主体结构作为换撑结构做出具体规定。由于过早换撑、混凝土强度不足容易造成混凝土结构构件开裂，为保证结构的安全和作用功能，提出了混凝土强度的要求。该强度通常反映为同条件养护混凝土时间的强度。

5.6 施工监测、巡查与应急预案

5.6.1~5.6.3 水平位移、挠曲变形、立柱竖向变形监测在基坑支护过程中应每天测量一次，，基坑土方开挖至基槽底、基坑变形稳定后，根据实际情况确定观测频率。水平位移观测主要用经纬仪或全站仪，观测点埋设在同一支撑固定端与千斤顶处。挠曲变形检测包括水平挠曲变形和竖向挠曲变形，观测点设在端部及跨中，跨度大的支撑杆件应适当增加测点。立柱竖向变形监测的测点布设在立柱顶部，使用水准仪进行监测。对各项检测记录应随时进行分析，当变形数值过大或变形速率过快时，应及时采取措施，确保基坑支护安全。

6 质量检验

6.1 一般规定

6.1.1~6.1.2 根据《建筑工程施工质量验收统一标准》（GB50300），将装配式钢支撑作为分项工程进行验收。检验批验收是最小的验收单元，也是最重要的验收工作内容，应在检验批验收合格的基础上，进行分项工程验收。

6.1.3 根据《建筑地基基础工程施工质量验收标准》（GB50202）的规定，检验批验收不合格时，应扩大检测范围，并按下列规定进行处理：

- 1) 经返工重做或更换构（配）件的检验批，应重新进行验收；
- 2) 经有资质的检测单位检测鉴定能够达到设计要求的检验批，应予以验收；
- 3) 经有资质的检测单位检测鉴定达不到设计要求，但经原设计单位核算认可能够满足结构安全使用要求的检验批，可予以验收；
- 4) 经返修或加固处理后满足安全使用要求的分项工程，按处理技术方案和协商文件进行验收；
- 5) 通过返修或加固处理仍不能满足安全使用要求的分项工程，严禁验收。

6.2 装配式钢支撑构件进场验收

本条指标参考了《建筑地基基础工程施工质量验收标准》（GB50202）和《门式刚架轻型房屋钢结构技术标准》（GB51022）等相关标准的要求。

6.3 现场安装质量验收

6.3.1~6.3.3 采取措施对于保证安装阶段结构稳定非常重要，要求每一步施工步完成时，结构均具有临时稳定的特征。安装过程中形成的临时空间结构稳定体系应能承受结构自重、施工荷载以及吊装过程中冲击荷载的作用。

6.3.8~6.3.10 本条指标参考了《建筑基坑支护技术规程》（JGJ120）和其它相关标准关于内支撑结构的施工验收要求。

7 监测

7.0.2 基坑设计等级的划分按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》(JGJ120-2012) 执行。监测范围除本条文所及内容外, 地下水位、土体深层水平位移、地面沉降和坑底隆起、周边建构筑物沉降、水平位移、开裂变形等监测按现行国标《建筑基坑工程监测技术标准》(GB50497-2019) 执行。

型钢支撑梁需施加较大的预应力, 且在基坑施工过程中处于较高应力的工作状态。预应力施加过程中和基坑开挖过程中, 围护墙和周边土体的深层水平位移会发生变化, 变化量较大时会直接影响受力构件的内力。型钢支撑梁平面外稳定性不容忽视, 因此本条列出了最重要的监测项目。监测应有完整详细的方案, 包括安装、使用、拆除等过程。监测项目的要求应按照基坑的安全等级确定, 对特殊情况应加大监测频率。

7.0.3 在型钢组合支撑预应力施加阶段和工作阶段, 需要实时掌握支撑的内力变化情况, 传统的监测方法采用人工采集监测数据, 较难实现高频率的监测要求。所以, 型钢组合支撑的内力监测宜采用全自动连续监测系统。

7.0.7 除利于自我保护外, 内力传感器设置的位置还应避免阳光直射和雨水淋湿。

7.0.10 预应力施加和拆换撑阶段, 内力变化快、幅度大, 因此需要较高的监测频率。基坑开挖阶段, 基坑工况变化引起围护墙内力和位移变化, 为了尽快了解型钢组合支撑实际受力情况, 并为内力调控提供可靠的依据和指导, 监测频率较常规加密为 2 次/1d。本条规定高于现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB50497 的要求。