

北京市地方标准

DB

编 号:DB11/940-2012

备案号: J12162-2012

基坑工程内支撑技术规程

Technical specification of internal bracing
for excavation engineering

2012-12-12 发布

2013-07-01 实施

北京市住房和城乡建设委员会
北京市质量技术监督局 联合发布

北京市地方标准

基坑工程内支撑技术规程

Technical specification of internal bracing
for excavation engineering

编 号：DB11/940-2012

备案号：J12162-2012

主编单位：北京城建科技促进会

北京市轨道交通建设管理有限公司

批准部门：北京市质量技术监督局

实施日期：2013 年 7 月 1 日

2013 北京

关于发布北京市地方标准 《基坑工程内支撑技术规程》的通知

京建发〔2013〕30号

各区、县住房城乡建设委，各集团、总公司，各有关单位：

根据北京市质量技术监督局《关于印发2011年北京市地方标准制修订项目计划的通知》（京质监标发〔2011〕74号）的要求，由北京城建科技促进会、北京市轨道交通建设管理有限公司主编的《基坑工程内支撑技术规程》已经北京市质量技术监督局批准，北京市质量技术监督局、北京市住房和城乡建设委员会共同发布，编号为DB11/940—2012，自2013年7月1日起实施。其中第3.1.10、4.2.7、4.9.1、4.9.4为强制性条文，必须严格执行。

该规程由北京市住房和城乡建设委员会、北京市质量技术监督局共同负责管理，由北京城建科技促进会负责解释工作。

特此通知。

北京市住房和城乡建设委员会

2013年1月14日

关于同意北京市地方标准 《基坑工程内支撑技术规程》备案的函

建标标备〔2012〕138号

北京市住房和城乡建设委员会科技与村镇建设处：

你处《关于北京市工程建设地方标准〈基坑工程内支撑技术规程〉申请备案的函》（京建科标备便〔2012〕03号）收悉。经研究，同意该项标准作为“中华人民共和国工程建设地方标准”备案，其备案号为：J12162—2012。其中，同意第3.1.10、4.2.7、4.9.1、4.9.4条作为强制性条文。

该项标准的备案公告，将刊登在近期出版的《工程建设标准化》刊物上。

住房和城乡建设部标准定额司

2012年10月16日

前 言

本规程为强制性标准，其中第 3.1.10、4.2.7、4.9.1、4.9.4 为强制性条文，必须严格执行。

本规程是根据北京市质量技术监督局《关于印发 2011 年北京市地方标准制修订项目计划的通知》（质监标发〔2011〕74 号）的要求，由北京城建科技促进会、北京市轨道交通建设管理有限公司组织编写。

本规程共分 6 章和 3 个附录，主要技术内容包括 1、总则，2、术语，3、内支撑设计，4、内支撑施工，5、内支撑监测，6、施工质量验收；附录 A 常见活络头/节点图。其中附录 A 为资料性附录。

本规程由北京市住房和城乡建设委员会和北京市质量技术监督局共同负责管理，北京城建科技促进会负责具体技术内容的解释工作。

为提高标准质量，请各单位在执行本规程过程中，结合工程实践，认真总结经验，并将意见和建议寄至北京城建科技促进会（邮政编码：100055，地址：北京市宣武区广莲路甲 5 号北京建设大厦 1011 室，E-mail：cjjch@sohu.com）。

本规程主编单位：北京城建科技促进会

北京市轨道交通建设管理有限公司

本规程参编单位：北京市政建设集团有限责任公司

北京城建设计研究总院有限责任公司

北京中铁瑞威基础工程有限公司

铁道第三勘察设计院集团有限公司

北京安捷工程咨询有限公司

北京市市政工程研究院
北京城建勘测设计研究院有限责任公司
中建二局第三建筑工程有限公司
泛华建设集团有限公司
北京市建设工程安全质量监督总站
中航勘察设计研究院有限公司
北京航天勘察设计研究院
中国冶金地质总局
建研地基基础工程有限责任公司
建设综合勘察研究设计院有限公司
北京建材地质工程公司
北京赛瑞斯国际工程咨询有限公司
华铁工程咨询有限责任公司
中冶地集团西北岩土工程有限公司
北京金水源岩土工程有限公司
中兵勘察设计研究院

本规程主要起草人员：

罗富荣	周与诚	王建明	孔 恒
贾永刚	吕培印	陈芸娜	冯科明
刘 军	杨生贵	何世鸣	周载阳
张艳英	赵 斌	彭 峰	闫德刚
王笃礼	王晓辉	杨秀仁	赵杰伟
徐桂珍	刘彦林	曹国斌	李 军
李国栋	汪一帆	韩少光	王 永
王勇刚	马 昕	张永生	郭玉海
陈 曦	李 江	马永琪	王武京
张成满	卢 进	赵 刚	卢常亘
王文正	贺美德	王国光	廖翌棋
张荣成	杨发兵	张全益	梁 涛

翟云明	谢蕴华	弋顺昌	夏向东
郑玉洁	郭跃龙	雷崇红	曹伍富
程 伟	李建军	孙希波	袁振国
本规程主要审查人员：叶 锋	郭中泽	张 汎	胡瑞深
吕军斗	张钦喜	王 良	

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	内支撑设计	3
3.1	一般规定	3
3.2	选型和布置	4
3.3	结构计算	8
3.4	构造设计	12
4	内支撑施工	13
4.1	一般规定	13
4.2	土方开挖	13
4.3	材料进场验收	14
4.4	钢腰梁安装	16
4.5	钢支撑安装	17
4.6	钢筋混凝土内支撑结构施工	19
4.7	预压力施加	20
4.8	倒撑施工	20
4.9	内支撑拆除	21
5	内支撑监测	22
5.1	一般规定	22
5.2	监测方法	22
5.3	监测点布置	23
5.4	监测要求	24
5.5	监测信息处理	26
6	施工质量验收	28

DB11/ 940—2012

6.1 验收程序与组织	28
6.2 主控项目	28
6.3 一般项目	30
附录 A 常见活络头/节点图	33
本规程用词说明	34
引用标准名录	35
条文说明	37

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	Design	3
3.1	General	3
3.2	Type selectings and settings	4
3.3	Structural calculation	8
3.4	Structure design	12
4	Construction	13
4.1	General	13
4.2	Earthwork excavation	13
4.3	Site acceptance for materials	14
4.4	Installation of steel middle beam	16
4.5	Installation of steel bracing	17
4.6	Construction of RC internal bracing structure	19
4.7	Prestressing	20
4.8	Internal bracing replacement	20
4.9	Removing of internal bracing	21
5	Monitoring and measurement	22
5.1	General	22
5.2	Method of monitoring and measurement	22
5.3	Arrange of monitoring point	23
5.4	Requirement for monitoring	24
5.5	Monitoring information processing	26
6	Acceptance of construction quality	28

DB11/ 940—2012

6.1	Procedue and organization of acceptance	28
6.2	Dominant items	28
6.3	General items	30
Appendix A Maps of common disconnectable coupling and nodes		33
Explanation of wording in this standard		34
List of normative standards		35
Clause explanation		37

1 总 则

1.0.1 为规范基坑工程内支撑的设计、施工、监测和验收，做到技术先进、经济合理、安全适用、绿色环保，确保基坑支撑体系稳定和周边环境安全，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于北京地区基坑工程内支撑体系的设计、施工、监测、验收。

1.0.3 基坑工程内支撑应综合考虑场地工程地质与水文地质条件、基坑开挖深度、基坑平面形状与尺寸、周边环境条件、施工条件、支护结构使用期限及绿色环保等因素，并与其它支护型式进行技术经济比较，合理选择，精心设计，精心施工，严格监控。

1.0.4 基坑工程内支撑的设计、施工、监测和验收除应符合本规程外，尚应符合国家及北京市现行的有关规范、标准的规定。

2 术 语

2.0.1 内支撑体系 internal bracing system

由支撑、冠梁/腰梁和竖向立柱、连接件及附属构件等组成，作用在基坑内用以支撑基坑侧壁的结构体系。

2.0.2 腰梁 middle beam

设置在支护结构顶部以下传递支护结构与内支撑支点力的钢筋混凝土梁或钢梁。

2.0.3 冠梁 top beam

围护结构顶部并与围护结构连接的用于传力或增加围护结构整体刚度的水平梁式构件。

2.0.4 斜（角）撑 inclined bracing

设置在基坑两临边之间，或基坑侧壁与支撑之间的水平受压杆件。

2.0.5 抗剪蹬 shear pedaling

与围护结构和腰梁相互连接，抵抗斜角撑作用下腰梁产生顺向滑移的剪力传递构件。

2.0.6 活络头 disconnectable coupling

设置在钢支撑端部能够连接固定和拆卸，可伸缩调节长度的受力构件。

2.0.7 托盘 pallet

设置在腰梁上用来防止钢支撑坠落的一种钢构件。

2.0.8 中拉槽 slot cut

基坑土方分层开挖至设计工况标高后，在架设支撑之前距基坑内壁一定距离，以适当坡度继续开挖一定深度和一定长度的槽，以便于机械作业的土方开挖方式。

3 内支撑设计

3.1 一般规定

3.1.1 内支撑适用于采用墙式围护结构和桩式围护结构的基坑支护工程。

3.1.2 支撑结构的设计工况应遵循“纵向分段、竖向分层、先撑后挖、先换后拆、严禁超挖、动态设计”的原则。

3.1.3 支撑结构设计应考虑中拉槽土方开挖工况，提出中拉槽试挖规格、监测项目、控制指标及验收要求。

3.1.4 内支撑设计应包括下列内容：

- 1 材料选择和结构体系的布置；
- 2 内力和变形计算；
- 3 构件强度和稳定验算；
- 4 构件节点设计；
- 5 安装和拆除要求；
- 6 监测要求。

3.1.5 内支撑结构设计时，应考虑地质条件的复杂性和基坑开挖工序的变化而出现的偶然状况，并应在设计上采取必要的防范措施。

3.1.6 内支撑结构宜采用超静定结构；在复杂环境或软弱土质中，应选用平面或空间的超静定结构。

3.1.7 内支撑结构应考虑支护结构个别构件的提前失效而导致土压力作用位置的转移，并宜设置必要的冗余支撑。

3.1.8 内支撑布置应在安全可靠的前提下，满足土方开挖和主体结构的要求。

3.1.9 内支撑的常用材料可以采用钢材、混凝土或钢材和混凝土组合。

3.1.10 内支撑构件上的施工机械或堆放材料等荷载不得超过设

计允许条件。

3.1.11 周边环境复杂且对基坑变形控制要求较高或者基坑形状比较复杂的基坑工程，首道内支撑宜选用钢筋混凝土支撑。

3.1.12 内支撑材料的物理力学指标、构件及连接的承载力、变形验算应符合现行国家标准 GB50017《钢结构设计规范》和 GB50010《混凝土结构设计规范》的规定。

3.1.13 内支撑监测项目的控制指标应按“分区、分级、分阶段”的原则制定。

3.2 选型和布置

3.2.1 内支撑的选型和布置应根据下列因素综合考虑确定：

- 1 基坑使用要求、平面形状、尺寸和开挖深度；
- 2 基坑周围环境变形要求和邻近地下工程施工情况；
- 3 场地工程地质和水文地质条件；
- 4 围护结构形式；
- 5 地下结构布置、工程造价、施工顺序、施工方法和工期等；
- 6 北京地区工程经验和材料供应情况。

3.2.2 腰梁的选型与设置应满足下列规定：

- 1 腰梁材料宜采用钢材或钢筋混凝土，并宜连续布置；
- 2 钢腰梁可采用 H 型钢、工字钢、槽钢或其组合截面等。

当采用组合截面时，组合截面构件间应采用缀板连接；

3 钢筋混凝土腰梁强度等级不应低于 C25。混凝土腰梁的截面高度不应小于其计算跨度的 $1/8$ ，腰梁的截面宽度不应小于支撑的截面高度。腰梁的纵向受力钢筋直径不宜小于 $\Phi 16\text{mm}$ ，间距不应大于 200mm 。箍筋直径不应小于 $\Phi 8\text{mm}$ ，间距不应大于 250mm 。钢筋混凝土支撑的纵向钢筋在混凝土腰梁内的锚固长度不宜小于 $30d$ ；

4 腰梁可采用立柱支承或与围护结构连接牢靠，受力均衡、稳定，具体连接构造应根据腰梁和支撑的自重等因素由计算确定；

5 钢腰梁与混凝土围护结构应采用支架连接，并宜设置吊筋，吊筋与混凝土围护结构的连接应牢固。连接构件的规格与布置应根据腰梁和支撑的自重等因素由计算确定。支架与混凝土围护结构的连接可采用植筋、锚栓等形式，具体可按现行行业标准 JGJ145《混凝土结构后锚固技术规程》相关要求进行设计、施工与验收；

6 钢腰梁拼装节点位置应设置在支撑点附近，并不宜超过腰梁计算跨度的三分之一。腰梁的分段预制长度不宜小于支撑间距的 2 倍。钢腰梁拼装节点的强度宜满足等强连接；

7 钢支撑与腰梁斜交时，在腰梁与混凝土围护结构之间应设置经过验算的剪力传递构件。采用抗剪镗时，其规格、数量、焊缝、位置应根据相关规范要求进行设计；

8 地下连续墙墙体与腰梁之间需要传递剪力时，可在墙体上沿腰梁长度方向预留按计算确定的剪力槽或受剪钢筋等；

9 腰梁的水平挠度宜小于其计算跨度的 $1/1000 \sim 1/1500$ ；

10 在采用地下连续墙作为围护墙的地铁车站等狭长形基坑中，可采用由支撑和竖向支承结构组成的无腰梁支撑体系。

3.2.3 支撑结构的选型与设置应满足下列规定：

1 基坑工程支撑体系宜采用钢支撑平面支撑体系；

2 钢支撑钢材宜采用 Q235 钢。可采用圆形钢管、H 型钢、工字钢、槽钢或其组合截面，宜选用圆形钢管。混凝土支撑的强度等级不应低于 C25；

3 支撑构件宜避开主体结构的墙、柱；

4 水平支撑宜采用相互正交、均匀布置的平面对撑体系，可以用对撑、对撑桁架、角撑、斜撑桁架及边桁架和八字撑等形

DB11/ 940—2012

式组成平面结构体系，做到受力简单，传力明确、安全可靠；

5 条形基坑可采用横向布置的对撑体系，在基坑四角设置水平角撑；

6 当相邻混凝土支撑之间的水平距离大于 9m 时，宜在支撑端部设置八字撑。八字撑宜左右对称，与腰梁之间的夹角宜为 60° 。钢支撑不宜采用八字撑形式；

7 水平支撑的竖向道数及位置应根据基坑开挖深度、工程地质与水文地质条件、支护结构类型、相应基坑等级的变形要求及地区工程经验，由计算确定；

8 上、下层水平支撑轴线应布置在同一竖向平面内。水平支撑的竖向净距当基坑采用机械开挖及运输时，不宜小于 4m；

9 设定的各层水平支撑标高，不得妨碍地下结构楼板和底板的施工。水平支撑构件与地下结构楼板间的净距不宜小于 500mm，与基础底板（梁）间的净距不应小于 600mm，且应满足墙、柱竖向结构的插筋高度要求；

10 钢支撑与钢腰梁（冠梁）应焊接或螺栓连接，焊缝长度不宜小于钢支撑端头周长的一半，当设置端头轴力计时，应保证支撑的稳定并采取可靠的防坠落措施。对于深基坑存在围护结构顶部向坑外位移时，首道支撑应采用钢筋混凝土支撑；

11 第一道水平支撑宜设置在冠梁上，且不宜低于自然地面以下 3m；

12 水平钢支撑的现场安装节点应尽量设置在纵横向支撑的交汇点附近。相邻横向（或纵向）支撑之间的纵向（或横向）支撑的安装节点数不宜多于两个；

13 纵向和横向支撑的交汇点宜在同一标高上，并宜采用定型的十字节点或井字节点连接。当纵向和横向支撑不在同一标高时，其连接构造及连接件的强度应满足平面稳定要求；

14 钢支撑的一端应设置活络头，活络头分为轴心伸缩式和

两侧伸缩式，宜选择轴心伸缩式；

15 钢支撑预压力值应结合基坑侧壁的变形要求及支护结构的内力情况确定，不应小于支撑设计轴力的 30%，不宜大于 75%；

16 基坑工程竖向不宜采用单支点支撑体系，采用单支点支撑体系的基坑应保证基坑的整体稳定及支撑体系的可靠；

17 水平支撑端头为钢筋混凝土腰梁的，其腰梁的撑间跨度不宜大于 9m。水平支撑端头为钢腰梁的，其腰梁的撑间跨度不宜大于 4m；

18 混凝土支撑的截面高度（竖向尺寸）不应小于其竖向平面计算跨度的 1/20。

3.2.4 立柱的选型与设置应满足下列规定：

1 当基坑平面尺寸较大，水平支撑的长度超过 25m 时，宜设立柱；

2 立柱及联系梁组成纵向支撑体系宜设置剪刀撑等可靠措施保证其纵向稳定；

3 立柱应布置在纵横向支撑的交点处或桁架式支撑的节点位置上，并应避开主体工程梁、柱及承重墙的位置。立柱的间距一般不宜超过 15m；

4 立柱可采用 H 型钢、钢管、格构式钢构件或钢筋混凝土灌注桩等形式。基坑开挖面以上部分宜采用格构式钢柱、钢管或 H 型钢，基坑开挖面以下部分宜采用钢筋混凝土灌注桩；

5 立柱的嵌固长度、立柱插入混凝土桩深度等应满足支撑结构对立柱承载力和变形的要求。立柱下混凝土灌注桩直径不应小于 600mm，其上部钢立柱在桩内的埋入长度应不小于钢立柱长边边长的 4 倍，并宜与桩内钢筋焊接；

6 立柱与水平支撑连接可采取铰接构造，但铰接件在竖向和水平方向的连接强度应大于支撑轴力的 1/50。立柱纵向宜设

置纵向联系梁，联系梁可对称设置于立柱两侧，与立柱焊接。当采用钢牛腿连接时，钢牛腿的强度和稳定应由计算确定；

7 立柱穿过主体结构底板以及支撑穿越主体结构侧墙的部位，必须采取可靠防水措施；

8 立柱除满足本规程外，设计、计算及构造尚应符合现行行业标准 JGJ94《建筑桩基技术规范》的有关规定。

3.2.5 竖向斜撑宜设置在底板与侧墙之间，宜由钢管、H 型钢、工字钢等构成，通过预先埋设的埋件连接。

3.2.6 连接板应设置在钢支撑端头处，宜为钢板，厚度不小于 10mm，连接板与支撑杆件应满焊，焊缝高度及长度应能承受全部支撑轴力或与支撑等强度，必要时，增设加劲肋板，肋板数量，尺寸应满足支撑端头局部稳定要求和传递支撑力的要求。

3.2.7 钢支撑的竖向布置应使钢支撑与围护结构之间不出现拉力。

3.2.8 当采用环形支撑时，环梁宜采用圆形、椭圆形等封闭曲线形式；并按使环梁弯矩、剪力最小的原则布置辐射支撑；宜采用环形支撑与腰梁或冠梁交汇的布置形式。

3.3 结构计算

3.3.1 作用在支撑结构上的水平力应通过静力计算确定，计算时应考虑由水、土压力和坑外地面荷载引起的侧压力、支撑预加压力、温度变化等引起的内力。

3.3.2 作用在支撑结构上的竖向荷载应包括支撑结构的自重和作用在支撑结构上的施工活荷载。施工活载不宜大于 0.5kN/m。

3.3.3 确定支撑结构的计算模型时可采用下列假定：

1 计算模型的尺寸取支撑构件的中心距；

2 钢筋混凝土支撑的抗弯刚度可适当折减，折减系数 0.8 ~ 0.9。钢筋混凝土腰梁的抗弯刚度可适当折减，折减系数 0.6

~0.7。

3 钢腰梁采取分段拼装时，拼接点的构造不能满足截面的等强连接要求，则应把拼接点作为铰接考虑。

3.3.4 形状比较规则的基坑，并采用相互正交的支撑体系时，支撑构件的内力和变形可按下列方法确定：

1 支撑轴力按腰梁长度方向分布的水平反力乘以支撑中心距，当支撑与腰梁斜交时，水平反力应取沿腰梁长度方向水平反力及垂直方向水平反力的合力；

2 在垂直荷载作用下，支撑的内力和变形可近似按单跨或多跨梁分析，其计算跨度取相邻立柱中心距；

3 立柱的轴向力可取纵横向支撑的支座反力之和；

4 在水平荷载作用下，现浇混凝土腰梁的内力与变形可按多跨连续梁计算。计算跨度取相邻水平支撑之间的中心距离；

5 当水平支撑与腰梁斜交时，尚应计算支撑轴力在腰梁长度方向所引起的轴向力。

3.3.5 较为复杂的平面支撑体系，宜按空间杆系模型计算，计算模型的边界可按下列原则确定：

1 在水平支撑与腰梁或立柱的交点处，以及腰梁的转角处分别设置竖向铰支座或弹簧；

2 基坑四周与腰梁长度方向正交的水平荷载不是均匀分布或支撑结构布置不对称时，可在适当位置上设置防止模型整体平移或转动的水平约束。

3.3.6 支撑构件的截面承载力应根据围护结构在各施工阶段荷载作用效应的包络图进行计算，其承载力表达式为：

$$\gamma_0 F \leqslant R \quad (3.3.6)$$

式中：

γ_0 —围护结构的重要性系数，对于安全等级为一级、二级和三级的基坑支撑构件，应分别取 1.10，1.00，0.90；

F —支撑构件内力的组合设计值，其荷载综合分项系数不应小于 1.25，各项荷载作用下的内力组合系数均取 1.0；

R —按现行国家的有关结构设计规范确定的截面承载力设计值。

3.3.7 腰梁的截面承载力计算应符合以下规定：

1 宜按水平方向的受弯构件计算。当腰梁与水平支撑斜交，或腰梁作为边桁架的弦杆时，尚应按偏心受压构件进行验算。腰梁的受压计算长度可取相邻支撑点的中心距。钢腰梁拼接点按铰接设计时，其受压计算长度取相邻支撑点中心距的 1.5 倍；

2 现浇混凝土腰梁的支座弯矩，可乘以 0.8~0.9 的调幅系数，但跨中弯矩需相应增加。

3.3.8 支撑的截面承载力计算应符合下列规定：

1 支撑应按偏心受压构件计算。截面的偏心弯矩除由竖向荷载产生的弯矩外，尚应考虑轴向力对构件初始偏心距的附加弯矩。构件截面的初始偏心距可取支撑计算长度的 2‰~3‰，混凝土支撑不宜小于 20mm，对于钢支撑不宜小于 40mm；

2 支撑节点符合本规程第 3.2.3 及第 3.2.4 条第 (2)、(6) 款的构造要求时，支撑的受压计算长度在竖向平面内取相邻立柱的中心距，在水平面内取与计算支撑相交的相邻横向水平支撑的中心距。对于钢支撑，当纵横向支撑不在同一标高上相交时，其平面内的受压计算长度应取与计算支撑相交的相邻横向水平支撑中心距的 1.5~2.0 倍；

3 当纵横向水平支撑交点处未设置立柱时，支撑的受压计算长度按下列规定确定：在竖向平面内，现浇混凝土支撑取支撑全长，钢支撑取支撑全长的 1.2 倍；在水平面内取与计算支撑相交的相邻横向水平支撑或连系杆中心距的 1.0 倍~1.2 倍；

4 斜撑和八字撑的受压计算长度在两个平面内均取支撑全长。当斜撑中间设有立柱或水平连系杆时，其受压计算长度规定同对撑；

5 现浇混凝土支撑在竖向平面内的支座弯矩可以乘以 0.8~0.9 的调幅系数，但跨中弯矩需相应增加；

6 支撑结构内力分析未计温度变化或支撑预压力的影响时，截面验算的轴向力宜分别乘以 1.1~1.2 增大系数；

7 混凝土支撑构件及其连接的受压、受弯、受剪承载力计算应符合现行国家标准 GB50010《混凝土结构设计规范》的有关规定；钢支撑构件及其连接的受压、受弯、受剪承载力计算及各类稳定性验算应符合现行国家标准 GB50017《钢结构设计规范》的有关规定。

3.3.9 立柱截面承载力计算应符合下列规定：

1 立柱应按偏心受压构件计算。开挖面以下立柱的竖向和水平承载力可按单桩承载力验算；

2 立柱截面上的弯矩应包括竖向荷载对立柱截面形心的偏心弯矩、支撑轴向力的 1/50 作为横向水平力对立柱产生的弯矩、土方开挖时，作用在立柱上的不平衡单向土压力引起的弯矩；

3 立柱受压计算长度取竖向相邻水平支撑中心距，最下一层支撑以下的立柱取该层支撑中心线至开挖面以下 5 倍立柱直径（或边长）处的距离。

3.3.10 支撑构件的变形应符合下列规定：

1 支撑构件的变形可根据构件刚度按结构力学的方法计算；

2 支撑在竖向平面内的挠度宜小于其计算跨度的 1/600~1/800；

3 腰梁、边桁架及主支撑构件的水平挠度宜小于其计算跨度的 1/1000~1/1500。

3.3.11 钢支撑构件的截面承载力计算和变形验算应按现行国家标准 GB50017《钢结构设计规范》的规定进行。

3.3.12 腰梁应进行截面抗弯强度验算和截面抗剪强度验算。

3.3.13 钢立柱应按压弯构件进行变形、稳定和截面承载力验

算，并应符合现行国家标准 GB50017《钢结构设计规范》的相关规定。

3.3.14 钢筋混凝土支撑、冠梁、腰梁、立柱等构件计算按现行国家标准 GB50010《混凝土结构设计规范》的有关规定执行。

3.4 构造设计

3.4.1 支撑构件的长细比不应大于 100，连系构件的长细比不应大于 120，立柱的长细比不应大于 25。

3.4.2 立柱与钢支撑之间应设置可靠钢支架（联系梁）进行连接，钢支架（联系梁）应能有效约束水平支撑侧向和竖向位移。

3.4.3 基坑向内凸出的阳角应设置可靠的双向约束。地质条件复杂或周边环境条件复杂时可在阳角部位采取地层改良措施。

3.4.4 在基坑平面转角处，当纵横向腰梁不在同一平面上相交时，其节点构造应满足两个方向腰梁端部的相互支承的要求。

3.4.5 斜撑和腰梁的连接构造必须满足抗剪要求。

3.4.6 钢结构支撑构件长度的拼接宜采用高强螺栓连接或焊接，拼接点宜满足等强连接。对于格构式组合构件，不应采用钢筋作为缀条连接。

3.4.7 钢支撑与钢腰梁的连接节点处支撑与围檩的翼缘和腹板连接应加焊加劲板，满足局部稳定要求。加劲板的厚度不小于 12mm，焊缝高度不小于 8mm。

3.4.8 支撑构件的构造除满足本规程外，尚应符合现行国家标准 GB50017《钢结构设计规范》或 GB50010《混凝土结构设计规范》的有关规定。

4 内支撑施工

4.1 一般规定

4.1.1 施工单位应依据设计图、工程地质条件、水文地质条件、周边环境编制土方开挖和支撑方案，并作为基坑专项施工方案的一部分。

4.1.2 内支撑结构应在土方开挖至其设计位置后及时安装，按设计要求对水平支撑施加预压力并固定牢靠。

4.1.3 单跨压杆式支撑安装工艺流程为：测量定位→支架安装→腰梁安装→支撑安装→预加压力→楔紧固定→验收。

4.1.4 多跨压杆式钢支撑安装工艺流程为：测量定位→立柱之间连系梁安装→支架安装→腰梁安装→支撑安装→预加压力→楔紧固定→验收。

4.1.5 对撑式双向多跨压杆式钢支撑安装工艺流程为：测量定位→立柱之间连系梁安装→支架安装→腰梁安装→支撑安装→支撑与立柱（连系梁）连接安装→预加压力→楔紧固定→验收。

4.1.6 水平支撑上不得堆放材料或其他重物，基坑周边荷载应当符合设计要求。

4.1.7 支撑材料应经过检查验收，预压力施加设备经过标定，支撑材料堆放应满足设计和相关规范要求。

4.1.8 钢支撑体系应按相关规范和要求进行防腐处理。

4.1.9 内支撑体系各构件吊装应符合相关规范和要求。

4.2 土方开挖

4.2.1 土方开挖时，围护结构强度不应小于设计强度的 70%，地下水控制满足开挖要求。

4.2.2 土方开挖应合理确定开挖顺序、路线及开挖深度，分层、分段、适时开挖，开挖深度应符合设计工况，严禁超挖。

4.2.3 土方开挖应在基坑坡顶和坡脚采取地表水和地下水截排措施，坡面地下水控制措施应符合基坑地下水控制要求，当坡面出现明显渗漏水时，应停止开挖。

4.2.4 开挖过程中，应采取有效措施对支护结构、工程桩和槽底进行防护。

4.2.5 土方开挖过程中，特别是在冬季、雨季施工时，应根据天气预报，及时调整开挖方案，采取必要的安全、环境保护措施。

4.2.6 开挖过程中应按监测方案及相关标准要求及时进行监测，发生异常情况时，应立即停止挖土，查清原因，采取相应措施。

4.2.7 采用中拉槽方式进行土方开挖，应进行试验性施工，并按测试结果制定安全的施工方案后，方可进行土方开挖。

4.2.8 中拉槽土方开挖应满足下列要求：

- 1 纵向分段长度不宜超过 8m，段间土坡坡比不宜大于 1:1；
- 2 竖向分层高度为设计工况标注的高度，一般不超过 6m；
- 3 中拉槽两侧的土台，坡顶宽度不宜小于 2m、放坡比不宜大于 1:1，坡顶、坡底标高为相应设计工况标高。

4.3 材料进场验收

4.3.1 进入施工现场的钢支撑、腰梁、立柱及辅助材料，应按照物资进场报验程序进行材料报验，安装施工前必须经监理单位验收合格。材料进场验收的主要内容包括：

- 1 材料的数量和品种应与订货单一致；
- 2 核对钢支撑的规格符合设计要求；
- 3 钢支撑、钢腰梁的材质证明文件；
- 4 检查钢支撑的连接形式应与设计要求相符；
- 5 钢材表面质量检验，表面不得有结疤、裂纹、折叠和分

层等缺陷；

- 6 钢材表面的锈蚀深度，不得超过其厚度负偏差的 $1/2$ ；
- 7 所有配件应与钢支撑及腰梁配套；
- 8 高强螺栓的规格、强度满足设计要求；
- 9 检查支撑、腰梁、加强翼板的连接焊缝高度满足现行行业标准 JGJ81《建筑钢结构焊接技术规程》的要求，加强翼板壁厚、长度满足设计要求。

4.3.2 钢支撑、钢腰梁和立柱等构件宜由工厂化制作。

4.3.3 周转使用的材料应提供原材材质单，产品合格证，现场检验几何尺寸以及外观，经施工单位以及监理单位验收合格后方可使用。

4.3.4 焊接材料进场验收要满足如下要求：

- 1 进场的焊接材料的质量合格文件、中文标识及检验报告要符合标准的要求，其品种、规格、性能要符合设计文件及规范要求；

- 2 重要钢结构采用的焊接材料抽样复验结果符合现行国家标准和设计要求；

- 3 焊条外观无药皮脱落、焊芯生锈等缺陷；焊剂未受潮结块。

4.3.5 螺栓进场验收要满足如下要求：

- 1 螺栓连接件应有产品质量合格证明文件；
- 2 螺栓连接件应核对型号、规格应与设计一致。

4.3.6 涂装材料要满足如下要求：

- 1 圆形钢管、H 型钢、工字钢、槽钢、钢板等支撑体系用的涂装材料进场应检查产品质量合格证明文件；
- 2 涂装材料存放应符合消防相关规定。

4.3.7 支撑材料现场存放与运输应符合下列要求：

- 1 构件应按使用计划的先后顺序、构件的形状和大小进行

DB11/ 940—2012

堆放，钢构件堆放时下方必须垫稳，分类码放整齐，标识明确、记录完整，并应设置明显的警戒标识。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；

2 钢构件在装卸、运输过程中，应注意保护钢管管口、法兰盘接口，避免发生碰撞、坠落。

4.4 钢腰梁安装

4.4.1 钢腰梁单节长度应按设计选取，如设计无要求时，应根据起吊能力、运输能力，以及施工分段长度等综合考虑确定，做到安全稳妥、灵活方便。

4.4.2 钢腰梁单节长度确定后，应对全部钢腰梁按照不同层高、不同部位进行统一编号，并绘制安装平面、剖面图，标明各段钢腰梁编号。

4.4.3 钢腰梁应根据土方开挖情况，在同一层位上进行分段安装，分段连接点应避开钢支撑位置。钢腰梁之间连接采用焊接方式。

4.4.4 钢腰梁与围护结构的连接应符合下列要求：

1 应按设计要求安装螺栓，固定三角形支架（牛腿），确保装好的支架顺直并在同一高度位置，三角支架的纵向间距按照设计图纸要求进行设置；

2 腰梁应水平放置，腰梁水平中线应与支撑轴线在同一水平面上；

3 采用吊筋方式时，应焊接不少于2个吊耳与上部的围护桩体拉结固定；

4 与斜撑相连的每节腰梁，应有抗剪措施（如抗剪蹬），避免腰梁受力时产生顺向滑移；

5 抗剪蹬的焊接尺寸、数量、位置等应符合设计要求，设计无要求时，应设置在钢支撑轴线的两端，每端至少一个，嵌入

围护桩桩间的深度不小于半个桩径与喷射混凝土厚度之和，并用混凝土充填密实。

4.4.5 钢腰梁与围护结构应密贴，钢腰梁对应围护桩（墙）部位应在挂网喷射混凝土时找平。若存在空隙，视空隙宽度，采用强度等级不低于 M20 的砂浆抹平或采用强度等级不低于 C30 的细石混凝土填充。

4.4.6 钢腰梁安装就位后，托盘应与钢腰梁焊接或螺栓连接，钢支撑座与钢支撑的搭接长度不小于 150mm，当需要安装端头轴力计时，钢支撑座的长度应为轴力计长度与搭接长度之和。

4.5 钢支撑安装

4.5.1 钢支撑安装应符合下列规定：

1 钢支撑活动端、固定端和标准段宜在工厂按设计要求加工制作；

2 钢支撑安装前，应做好测量定位工作，保证支撑位置准确；

3 钢支撑安装前应先拼装，拼装偏差应符合设计要求或相关规范之规定；安装时宜使用龙门吊；

4 吊放钢支撑时，钢支撑的固定端与活动端纵向应逐根交替间隔布设；

5 钢支撑就位时，根据监控量测方案及时安装监测元器件；

6 钢支撑安放到位后，应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。

4.5.2 土方开挖至设计标高后，钢支撑应当在 24h 内安装到位，并施加预加压力。

4.5.3 钢支撑安放到位后，施加预加压力应按照设计要求逐级进行，预加压力加至设计要求后，顶紧并固定钢梁。

4.5.4 钢支撑分段之间的连接应满足下列要求：

1 钢支撑分段之间可采用法兰连接或焊接。每根钢支撑的安装轴线偏心不大于 20mm；

2 采用螺栓连接，拼装时螺栓安装应互相错开螺母连接方向，并应在平整地方进行拼装，采用对角和分级分序将螺母扳紧，使各螺栓受力均匀。螺栓连接应符合现行国家标准 GB50205《钢结构工程施工质量验收规范》的规定；

3 采用焊接连接时，焊接应满足现行行业标准 JGJ81《建筑钢结构焊接技术规程》的要求。

4.5.5 钢支撑与腰梁的连接应满足下列要求：

1 钢支撑与腰梁宜采用托盘形式架设连接，支撑端与腰梁应均匀接触；

2 钢支撑与冠梁、连续墙结构连接时，宜采用在冠梁、连续墙结构钢筋上预埋钢板形式；

3 预压力加至设计轴力 10% 时，检查钢支撑和钢腰梁无异样后，对钢支撑两端进行焊接或螺栓连接，活动端安装轴力计的，可不焊接，但应采取悬吊等防坠落措施。

4.5.6 钢支撑与立柱（连系梁）之间的连接应符合下列要求：

1 钢支撑与立柱（连系梁）之间的连接应严格按照设计要求施工，确保支撑与立柱（连系梁）连接点体系的相对稳定；

2 架设钢支撑前，应复核两侧腰梁体系与立柱（连系梁）的标高，减少钢支撑在空间相交部位的竖向受力。

4.5.7 立柱的施工应符合下列要求：

1 立柱的加工材料、尺寸，焊接要求等严格按照设计图纸进行，设计无要求时，执行现行行业标准 JGJ81《建筑钢结构焊接技术规程》中的相关规定；

2 钢格构柱宜在工厂进行制作，分段制作长度不宜超过 15m；

3 立柱现场安装可采用“地面拼接、整体吊装”的施工方法；

4 立柱的定位和垂直度采取措施进行控制，对格构柱、H型钢柱，尚应同时控制方向偏差；

5 土方开挖后，应按照设计要求，及时架设剪刀撑和水平钢支撑等加固措施，确保立柱之间形成整体、稳定的支撑体系；

6 开挖过程中应定时测量立柱的回弹，并及时调节立柱与支撑拉紧装置；

7 立柱穿过地下结构底板的部位，应按设计要求设置可靠的防水构造措施。

4.5.8 对撑式双向多跨压杆式支撑水平纵横向支撑之间的连接应符合下列要求：

1 基坑尺寸较大时，应设置水平纵横向支撑。水平纵横向支撑的连接有十字接头、井字接头及叠交连接形式；

2 接头形式的选择应按设计要求加工制作，并应满足相关规范和规定的要求；

3 十字接头可由四通管、法兰盘及高强螺栓连接组成；井字接头是由四个十字接头拼装组成；

4 十字、井字接头与立柱（钢构柱）的连接应按设计要求施作，及时架设剪刀撑等加固措施，确保立柱之间形成整体、稳定的支撑体系；

5 采用叠交连接时，应保证连接构造及连接件的强度满足支撑在平面内的稳定要求；

6 水平纵横向支撑之间的连接除满足上述要求外，其他同多跨压杆式支撑的相关规定和要求。

4.6 钢筋混凝土内支撑结构施工

4.6.1 钢筋混凝土内支撑结构的架设与拆除时间，应与设计工况一致。

4.6.2 钢筋混凝土内支撑的施工应符合现行国家标准 GB50204

《混凝土结构工程施工质量验收规范》的规定。

4.6.3 钢筋混凝土腰梁施工前应将排桩、地下连续墙等挡土构件的连接表面清理干净，混凝土腰梁应与挡土构件紧密接触，不得留有缝隙。

4.6.4 钢筋混凝土支撑施工时，按规范要求留置同条件混凝土试块。当同条件混凝土试块强度符合设计要求时，方可开挖支撑施工作业面以下的土方。

4.6.5 钢筋混凝土支撑结构中受压构件的混凝土应一次浇筑成型。腰梁的混凝土浇筑需留设施工缝时，应留设在腰梁受力较小部位（一般为腰梁跨度的 $1/3$ 处）。

4.6.6 立柱的施工应符合本规程第 4.5.7 条的规定。

4.7 预压力施加

4.7.1 结合工程实际和设计要求选定适合的千斤顶。

4.7.2 油泵、千斤顶、压力表等必须经过检定合格，并在有效期内使用。

4.7.3 仪器安装调试后按照设计要求的预压力值逐级进行加压，期间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，继续作业。施加预压力应符合以下要求：

1 预压力应逐级施加达到设定值时，应再次检查各连接点的情况，待压力稳定后锁定；

2 当昼夜温差过大导致支撑预加压力损失时，应根据设计要求修正。

4.7.4 施加预压力过程中，应做好施工记录，施加预压力完成，并锁定钢支撑后再拆除千斤顶。

4.8 倒撑施工

4.8.1 利用主体结构倒撑时，主体结构的底板或中板混凝土强

度应满足设计要求。设计无要求时，混凝土强度应达到设计值的70%，方可倒撑。

4.8.2 利用主体结构施作倒撑时，可不设置腰梁，倒撑结构连接形式采用在主体结构上预埋钢板，进行钢支撑与预埋钢板焊接。

4.8.3 使用满堂红支架代替倒撑时，应编制专项施工方案。

4.8.4 利用地下结构作为倒撑结构时，应符合下列规定：

- 1 地下结构与围护结构之间已回填或设置传力构件；
- 2 当结构底板和楼板分块浇筑或设置后浇带时，应在分块部位或后浇带处设置传力构件。

4.9 内支撑拆除

4.9.1 内支撑拆除应按照“先倒撑、后拆除”的顺序进行，施工流程应符合设计计算工况的要求。

4.9.2 内支撑拆除前，应编制专项施工方案。

4.9.3 内支撑拆除应自下而上分层进行。拆卸钢支撑时宜用托架托住待拆除的钢支撑，用千斤顶施加预压力卸去活动端的锁定装置，释放支撑轴力，用气焊切开钢支撑端头连接部位，依次吊出钢支撑，拆除钢腰梁。

4.9.4 利用地下结构作为换撑结构时，换撑结构混凝土强度应达到设计允许的强度要求。

4.9.5 钢筋混凝土内支撑。拆除时应对地下结构采取有效的安全防护措施。

4.9.6 拆除过程中，应加强基坑的监控量测与现场巡视，发现安全隐患，立即停止拆除作业，待找出原因，隐患排除后方可继续作业，必要时调整拆除方案。

5 内支撑监测

5.1 一般规定

5.1.1 内支撑监测项目应符合表 5.1.1。基坑工程其它监测项目应符合现行国家标准 GB50497《建筑基坑工程监测技术规范》的规定。

表 5.1.1 内支撑监测项目

监测项目	基坑安全等级	
	一级	二级
支撑轴力	应测	宜测
立柱竖向位移	应测	宜测
立柱内力	可测	可测

5.1.2 对监测轴力的重要内支撑，宜同时监测其两端的沉降。

5.1.3 监测项目宜按两级或三级预警等级进行反馈和控制，并根据预警等级制定预警报送的方式、流程、报送对象及时间要求。

5.1.4 采用中拉槽方式进行土方开挖时，应当依据设计要求编制中拉槽试挖监测方案。试挖监测方案应以基坑工程监测方案为基础并适当加强。中拉槽试挖影响范围内的监测项目包括围护桩（墙）顶（身）位移、钢筋应力、内支撑轴力、地表沉降等，测点布置应能反应中拉槽状态下支护及内支撑结构的最不利情况，监测数据应真实可靠。监测值超出设计允许值时应停止试挖并及时采取措施。

5.2 监测方法

5.2.1 钢支撑轴力监测宜采用轴力计或表面式应变计。采用轴力计应安装在钢支撑的端部直接监测轴力，且轴力计的构造和尺寸应满足原设计钢支撑的刚度和稳定性的要求；采用振弦式、应

变式表面应变计应焊接在钢支撑表面监测应力应变，并换算支撑轴力。

5.2.2 钢筋混凝土支撑轴力宜采用钢筋计监测钢筋的应力，将待测应力部位的主筋切断，串入钢筋计，两端与主筋轴心对准、焊牢，埋设在混凝土中进行轴力监测。或采用混凝土应变计监测混凝土的应变，通过钢筋与混凝土共同工作、变形协调条件反算支撑的轴力。

5.2.3 立柱内力采用钢筋计或表面式应变计监测，监测方法同钢筋混凝土支撑轴力的监测。

5.2.4 立柱沉降和支撑两端点的沉降应使用精密水准仪和钢尺测量。

5.3 监测点布置

5.3.1 支撑轴力监测点的布置应符合下列要求：

1 监测点宜布置在支撑轴力较大或在整个支撑系统中起控制作用的支撑上。受力较大的斜撑和基坑深度变化处宜增设监测点；

2 每层支撑的轴力监测点不应少于 3 个，各层支撑的监测点位置在竖向上宜保持一致；

3 钢支撑的监测截面宜选择在两支点间 $1/3$ 部位或支撑的端头。各种传感器均应在钢支撑受力之前安装布置就位；

4 钢筋混凝土支撑的监测截面应布置在两支撑点间 $1/3$ 部位并避开节点位置。每个截面宜上下左右设置 4 个测点，最少不得少于 2 个测点，并应上下对称布置；当无对焊条件时可采用两根短钢筋以帮焊的形式与中间主筋连接；

5 每个监测点截面内传感器的设置数量及布置应满足不同传感器测试要求。

5.3.2 立柱内力监测点应在基坑标准段选择 4 根～5 根具有代

表性的立柱，测点宜布置在坑底以上各层立柱下部的 1/3 部位。

5.3.3 立柱沉降监测点宜布置在基坑中部、地质条件复杂处的立柱上。测点宜布置在与立柱刚性连接的顶板表面上，采用铆钉枪打入或钻孔埋设膨胀螺丝。监测点不应少于立柱总根数的 5%，逆作法施工的基坑不应少于 10%，且均不应少于 3 根。

5.3.4 支撑两端点的位移和中部沉降监测点，采用铆钉枪打入或钻孔埋设膨胀螺丝。

5.4 监测要求

5.4.1 钢支撑安装过程中的预加轴力与轴力损失监测应按下列步骤进行：

- 1 钢支撑加载受力之前读取基准值并不少于 3 次；
- 2 钢支撑加载过程中与千斤顶同步监测各阶段的轴力，并将监测轴力与千斤顶加载油表读数相互校核；
- 3 千斤顶加载锁定后测读相应状态的轴力，并确定轴力损失值。

5.4.2 钢筋混凝土支撑轴力监测应在支撑达到混凝土龄期要求，在基坑尚未开挖时进行基准值的测读并不少于 3 次。

5.4.3 基坑开挖过程中的支撑轴力变化值监测应按下列要求进行：

- 1 监测精度为 $0.15\%F_s$ ；
- 2 监测频率要求在开挖期间应符合表 5.4.3 的规定。

表 5.4.3 明（盖）挖法基坑监测频率表

工程安全等级	施工进度		基坑设计深度（m）			
			≤5	5~10	10~15	>15
一级	开挖深度（m）	≤5	1次/1d	1次/2d	1次/2d	1次/2d
		5~10	—	1次/1d	1次/1d	1次/1d
		>10	—	—	2次/1d	2次/1d
一级	底板浇筑后时间（d）	≤7	1次/1d	1次/1d	2次/1d	2次/1d
		7~14	1次/3d	1次/2d	1次/1d	1次/1d
		14~28	1次/5d	1次/3d	1次/2d	1次/1d
		>28	1次/7d	1次/5d	1次/3d	1次/3d
二级	开挖深度（m）	≤5	1次/2d	1次/2d	—	—
		5~10	—	1次/1d	—	—
	底板浇筑后时间（d）	≤7	1次/2d	1次/2d	—	—
		7~14	1次/3d	1次/3d	—	—
		14~28	1次/7d	1次/5d	—	—
		>28	1次/10d	1次/10d	—	—

注：1. 各道支撑开始拆除到拆除完成后 3d 内监测频率应为 1 次/d；
 2. 基坑工程施工至开挖前的监测频率视具体情况确定；
 3. 当基坑安全等级为三级时，监测频率可视具体情况适当降低；
 4. 宜测、可测项目的仪器监测频率可视具体情况适当降低。

3 当轴力变化较大或者围护结构变形较大时应加密监测轴力变化值。

5.4.4 立柱的内力监测应按下列要求进行：

- 1 监测精度为 0.15%F_s；
- 2 监测频率要求在开挖及结构施工期间 1 次/2d；结构完成后 1 次/7d；经数据分析确认达到基本稳定后 1 次/30d；
- 3 出现异常情况时，应增大监测频率。

5.4.5 立柱的沉降监测应按下列要求进行：

DB11/ 940—2012

- 1 监测精度符合表 5.4.5 中有关要求；
- 2 监测频率在开挖及结构施工期间 1 次/2d；结构完成后 1 次/7d；经数据分析确认达到基本稳定后，1 次/30d；
- 3 出现异常情况时，应增大监测频率。

表 5.4.5 沉降监测的技术要求

等级	高程中误差 (mm)	相邻点高差中误差 (mm)	往返较差，附和或环线闭合差 (mm)	使用仪器及主要技术要求
I	±0.3	±0.1	0.15	采用 DS05 水准仪，按国家一等水准测量技术要求作业，其观测限差宜按上述规定的 1/2 要求
II	±0.5	±0.3	0.30	采用 DS05 水准仪，按国家一等水准测量技术要求作业

注：n 为测站数。

5.4.6 内支撑的两端和中部沉降、位移监测应符合表 5.4.5 立柱的沉降监测要求。

5.4.7 监测所采用的监测仪器及元件应满足表 5.4.7 的要求。

表 5.4.7 监测元件及仪器

监测项目	监测元件	监测仪器
钢支撑轴力监测	振弦式、应变式表面应变计	频率接收仪
	轴力计	频率接收仪
混凝土支撑轴力监测	钢筋计、应变计	频率接收仪
立柱内力监测	振弦式、应变式表面应变计	频率接收仪
立柱、内支撑沉降监测	—	DS05 水准仪

5.5 监测信息处理

5.5.1 测点初始值应在测点稳定后进行测读，取三次观测数据的平均值作为初始观测值。

5.5.2 布置在钢支撑或立柱上的表面式应变计，每个测点应先

计算应力、应变，取该部位 3 个～4 个测点的应力、应变平均值计算轴力。

5.5.3 布置在钢支撑上的轴力计，根据标定系数直接计算轴力。

5.5.4 钢筋混凝土支撑或立柱，应根据钢筋计的标定系数计算钢筋内力，取 2 个或 4 个测点的平均值，进行钢筋混凝土支撑轴力的计算。

5.5.5 监测数据及资料必须有完整清晰的记录，各类数据均应及时绘制成时态曲线，并应注明开挖方法和施工工序及开挖工况等信息。

5.5.6 在监测数据的计算分析工作中，除应对每个项目进行单项分析外，尚应进行支撑体系的多项目综合分析。

5.5.7 当监测时态曲线呈现收敛趋势时，应根据曲线形态选择合适的函数，对监测结果进行回归分析，确定施工方法及判定施工方法的适应性。

5.5.8 当实测数据出现任何一种预警状态时，或支撑轴力的绝对值急剧变化时，应立即向施工主管、监理、建设和其他相关单位报告，获得确认后应立即提交预警报告。

6 施工质量验收

6.1 验收程序与组织

6.1.1 质量验收应在施工单位自行检查评定合格的基础上按规定的程序进行。

6.1.2 内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，由监理工程师（建设单位项目技术负责人）组织施工单位项目质量（技术）负责人等进行验收。

6.1.3 所采用的原材料、监测器具等应具有产品合格证、进场复验报告，施工过程应有施工记录，并按照相关规定进行。

6.1.4 千斤顶需具有质量技术监督部门出具的标定记录。

6.1.5 内支撑施工质量应符合设计文件的要求和相关专业验收标准的规定。

6.2 主控项目

6.2.1 内支撑系统所使用的原材料型号、尺寸及力学性能必须符合设计要求。

检查数量：施工单位、监理单位按批次进行检验。

检验方法：尺量、检查材料质量证明文件、检测报告。

6.2.2 重复使用的钢管、型钢支撑，应进行进场验收，验收合格后方可使用。

检查数量：施工单位全数检查，监理单位按施工单位检查数量的30%见证检查。

检验方法：观察检查。

6.2.3 钢支撑拼装后两端支点中心线偏心应不大于20mm，安装后总偏心量应不大于50mm。

检查数量：施工单位全数检查，监理单位按施工单位检查数量的30%见证检查。

检验方法：仪器检查，用钢尺量。

6.2.4 内支撑应在土方开挖至其设计位置后及时安装，需要施加预压力的，应按设计要求施加预压力，内支撑预压力允许偏差应为 $\pm 50\text{kN}$ 。

检查数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察及测量检查。

6.2.5 采用中拉槽方式进行土方开挖的，应对试挖后基坑的稳定性进行验收。验收内容包括中拉槽土方开挖方案、中拉槽监控量测方案、实际开挖施工记录、监测数据等。实际开挖工况应与方案相符，监测项目、监测频次、监测数据应符合设计及相关规范、规程的要求。

检查数量：施工单位、监理单位、设计单位、建设单位全数检查。

检验方法：观察检查，测量检查或专用工具检查。

6.2.6 连系梁与围护桩的连接、腰梁与围护结构的连接、内支撑端头与联系梁、腰梁的连接、内支撑与立柱的连接应符合设计和规范要求。

检查数量：施工单位全数检查、监理单位按施工单位检查数量的30%见证检查。

检验方法：观察检查。

6.2.7 端头/活络头的节点做法应符合设计和本规程规定。

检查数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察检查。

6.2.8 内支撑的连接方式应符合设计要求，当采用栓接时，连接板尺寸、螺栓种类、材质、孔径、孔距应符合设计要求，允许偏差符合相关规定，成孔必须采取机械成孔方式，严禁现场气割扩孔。

检查数量：施工单位全数检查，监理单位按施工单位检查数量的30%见证检查。

DB11/ 940—2012

检验方法：观察检查，测量检查或专用工具检查。

6.2.9 钢支撑焊接外观质量应符合国家现行标准 GB50205《钢结构工程施工质量验收规范》、JGJ81《建筑钢结构焊接技术规程》的规定。

检查数量：施工单位全数检查，监理单位按施工单位检查数量的 30% 见证检查。

检验方法：观察检查，使用放大镜、焊缝量规和钢尺检查。

6.2.10 当设计单位对本规程第 6.2.9 条中焊接质量有明确要求时，应按规定对焊缝进行无损检测，无损检测应在外观检查合格后进行。

检查数量：施工单位全数检查，监理单位按施工单位检查数量的 100% 见证检查。

检验方法：检查超声波或射线探伤记录。

6.3 一般项目

6.3.1 钢及钢筋混凝土支撑系统工程质量检验应符合表 6.3.1 的规定。

表 6.3.1 钢及钢筋混凝土支撑系统工程质量检验标准

序号	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
		数量	单位	
1	腰梁标高	±30	mm	水准仪
2	立柱位置：标高 平面	±30 ±50	mm	水准仪 用钢尺量
3	支撑平面位置	100	mm	用钢尺量
4	预加压力	50	kN	油表读数或传感器
5	安装前支撑两端支点中心线偏心	20	mm	用钢尺量
6	安装后支撑两端支点中心线总偏心	50	mm	用钢尺量
7	开挖超深（开槽放支撑不含）	≤200	mm	水准仪

检查数量：施工单位全数检查，监理单位按不低于支撑总数的 20% 进行检查。

6.3.2 钢筋混凝土内支撑结构的施工偏差应符合下列要求：

- 1 混凝土支撑截面尺寸允许偏差为 10mm；
- 2 支撑中心定位允许偏差为 30mm（包括水平面内、垂直平面内的定位偏差）；
- 3 临时立柱平面定位的允许偏差为 50mm，垂直度的允许偏差应为 1/150；
- 4 立柱用作地下室结构的构件时，立柱平面定位的允许偏差为 20mm，垂直度允许偏差为 1/300。

6.3.3 钢支撑的挠度应符合设计要求。当设计无要求时，应符合相关规定。

6.3.4 钢支撑外观检查标准应符合表 6.3.4 的规定。

表 6.3.4 钢支撑外观检查标准

型 钢	项 目	允许偏差 (mm)
	截面几何尺寸	±4
钢支撑	侧弯矢高	15
	扭曲	$h/250$ 且 <10.0
	翼板对腹板的垂直度	$h/100$ 且 <3.0
	端部连接板对腹板的垂直度	3

检查数量：施工单位全数检查，监理单位按不低于支撑总数的 20% 进行见证检查。

6.3.5 内支撑安装位置允许偏差应满足表 6.3.5 的要求。

检查数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察及测量检查。

DB11/ 940—2012**表 6.3.5 支撑构件的安装允许偏差**

项 目	允许偏差 (mm)
高程	±50
水平间距	±100
同一横撑中间及两端顶面任意两点的高差	5.0
横撑对定位轴线的整体偏差	50.0
横撑整体直线度	±20.0
横撑预压力施加后轴线偏移	5.0

附录 A 常见活络头/节点图

(资料性附录)

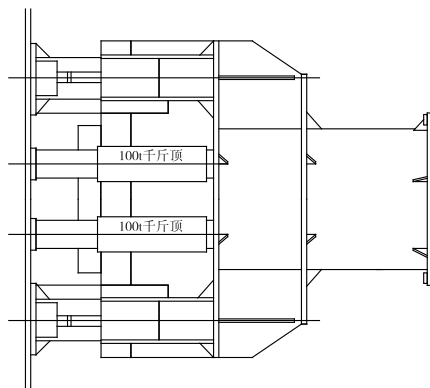
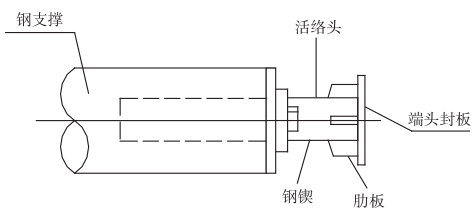


图 A—1 采用双缸千斤顶支顶的活络头

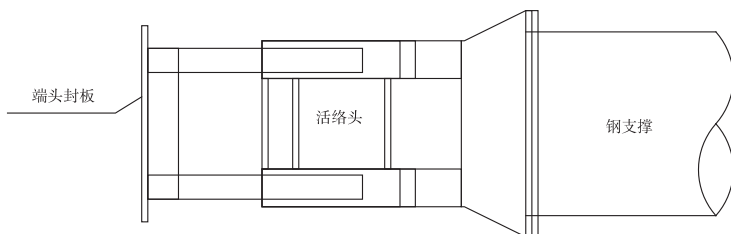


图 A—2 采用单缸千斤顶支顶的活络头

本规程用词说明

1 为方便在执行本规程时区别对待，对于技术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 本规程中指定应按其他有关标准、规程执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- GB50010 《混凝土结构设计规范》
GB50017 《钢结构设计规范》
GB50204 《混凝土结构工程施工质量验收规范》
GB50205 《钢结构工程施工质量验收规范》
GB50497 《建筑基坑工程监测技术规范》
JGJ81 《建筑钢结构焊接技术规程》
JGJ94 《建筑桩基技术规范》
JGJ120 《建筑基坑支护技术规程》
JGJ145 《混凝土结构后锚固技术规程》
DB11/489 《建筑基坑支护技术规程》
DB11/490 《地铁工程监控量测技术规程》

北京市地方标准

基坑工程内支撑技术规程
**Technical specification of internal bracing
for excavation engineering**

DB11/940—2012

条文说明

2013 北 京

目 次

3 内支撑设计	41
3.1 一般规定	41
3.2 选型和布置	41
3.3 结构计算	42
3.4 构造设计	42
4 内支撑施工	44
4.1 一般规定	44
4.2 土方开挖	44
4.3 材料进场验收	45
4.4 钢腰梁安装	46
4.5 钢支撑安装	47
4.6 钢筋混凝土内支撑结构施工	48
4.7 预压力施加	48
4.8 倒撑施工	48
4.9 内支撑拆除	49
5 内支撑监测	51
5.1 一般规定	51
5.4 监测要求	51
5.5 监测信息处理	52
6 施工质量验收	53
6.1 验收程序与组织	53
6.2 主控项目	53
6.3 一般项目	54

3 内支撑设计

3.1 一般规定

3.1.3 对于采用内支撑的基坑工程，现行设计工况是土方开挖至支撑标高之下 500mm~1000mm，架设支撑后方能继续开挖。此种工况不能满足机械开挖要求。为解决土方开挖与现行设计工况的矛盾，在确保安全的前提下需要对“现行设计工况”进行重新界定，使之涵盖中拉槽工况。鉴于目前尚无适当的计算方法定量分析中拉槽对支护结构的影响，依据信息化施工要求，对中拉槽开挖进行监测，如果基坑监测数据符合设计要求，可将该中拉槽工况视为未中拉槽时的工况。本条要求设计单位在设计内支撑的基坑工程时，应当设计中拉槽试挖段，明确试挖段的位置、范围，布置监测项目，提出监测和验收要求。

3.1.10 内支撑构件是支撑基坑侧壁，承受侧壁水土压力并限制侧壁变形的水平偏心受压构件，仅承受支撑自重。本规范 3.3.2 条允许的施工活载及构件安装误差产生的偏心弯矩作用。一般情况下施工机械或材料堆放荷载均大于 0.5kN/m，因此内支撑构件上不得停放施工机械或堆放材料。当必须利用支撑构件兼作施工平台或栈桥时，除应满足本规范有关规定外，尚应满足作业平台（或栈桥）结构的强度和变形要求，因此需要进行变更设计。

3.2 选型和布置

3.2.2 第 2 款钢腰梁安装节点的整体性受现场操作条件的限制，一般不易保证，因此宜按简支梁计算。当支撑端部设置八字撑时，由于八字撑与主支撑及腰梁连接的整体性也不易做好，腰梁的计算跨度通常近似的取支撑和八字撑间距的平均值，即：

$$l_0 = \frac{1}{2}(l + l_1)$$

式中 l_0 —计算跨度，m；

l —相邻水平支撑的间距，m；

l_1 —相邻八字撑的间距，m；

3.2.4 结合北京地区经验对于一般 16m 岛式站台标准两层车站，车站基坑净宽约 25m，当采用直径 609mm，壁厚 12mm 钢管支撑时，经估算长细比为 119，大于构造长细比约 20%，宜设立柱，当有实际钢支撑轴力监测数据作为设计依据或采用直径较大钢支撑时，是否增设立柱，应结合工程实际情况而定。

3.3 结构计算

3.3.8 钢结构支撑，当纵横向支撑采取重叠连接时，由于整体性较差，在验算支撑平面内的纵向稳定时，受压计算长度应根据节点构造情况取 1.5 倍~2.0 倍的相邻横向支撑中心距。当节点处设有立柱，且连接可靠时，取小值，达不到可靠连接时取大值。

3.3.9 单向布置的平面支撑体系，支撑平面内的纵向稳定由立柱来保证。根据经验，维持支撑纵向稳定所需的横向力约为其轴向力的 1/50，因此立柱的验算需考虑由横向力产生的附加力矩，同时还需要考虑土方开挖时作用在立柱上的不平衡单向土压力引起的弯矩。

3.4 构造设计

3.4.2 结合北京地区经验对于一般 12m 岛式站台标准两层车站，车站基坑净宽约 21m，钢支撑基本采用直径 609mm，壁厚 12mm 钢管支撑，经估算对应长细比为 99，长细比估算时未扣除钢围檩的尺寸，设计时应予以扣除。当有实际钢支撑轴力监测数据作为设计依据时，支撑构件的长细比可适当调整。

3.4.3 基坑阳角处是应力集中部位，受力比较复杂，基坑平面

设计时应尽量避免阳角出现。如设计不可避免时，需采取可靠措施，保证阳角的稳定。即使在阳角的两个方向上加了支撑，也可能由于荷载的不对称而使支护结构产生复杂的变形，因此，在地下水位较高的软土地区，无可靠经验借鉴时，可对阳角的坑外地基进行加固，以减小支护结构后土体的塑性区发展。

4 内支撑施工

4.1 一般规定

4.1.1 内支撑施工是明挖基坑专项施工方案的主要内容，其是确保基坑安全施工的重要控制措施。因此为控制基坑工程自身结构施工风险和环境风险，根据相关规定，基坑施工前必须编制专项施工方案，超过一定规模的危险性较大的分部分项工程专项方案应当由施工单位组织召开专家论证会。实行施工总承包的，由施工总承包单位组织召开专家论证会。

4.1.2 为保证施工安全，在基坑土方开挖至设计位置时应及时安装横撑，尤其是在饱和的软弱地层中，必要时尚可采取拉槽先设横撑后再开挖土方的措施。横撑安装后，在施加预压力的过程中，应注意观察墙体变形、墙后土体及上层横撑的状态，必要时应及时做适当调整。

4.1.6 横撑是轴向受压构件，如果施工中在其上堆放材料或其它重物，则会增加横撑的弯度而影响其受力。

4.1.7 基坑施工时，为确保基坑的稳定性，对基坑周边的动静荷载设计都有明确的要求，如因特殊条件制约，局部荷载超过设计允许值时，设计可据条件进行基坑的稳定性核算，以便在工程中采用控制保护措施，因此本条规定，设计工况变更时，必须提前通知并征得设计人书面同意。

4.1.8 本条是为保证内支撑施工安全与质量，针对准备工作而提出的具体要求。

4.2 土方开挖

4.2.7 为配合机械化施工，土方开挖多采用中拉槽方式，但中拉槽与现行设计工况不完全相符。中拉槽规模过小，与现行设计工况最近，但可能机械无法作业，或机械效率得不到发挥；中拉

槽规模过大，则可能成为事实上的“超挖”。因此，中拉槽正式开挖之前必须先进行试验性施工，中拉槽试挖之前应按设计要求编制试挖方案，并在试挖过程中严格执行试挖方案，严格进行监测，试挖结果经验收合格后方可按试挖结果适当调整方案，进行正式开挖。

4.2.8 中拉槽是为了方便机械开挖，同时，中拉槽对基坑稳定性产生一定的不利影响。因此，原则上，在满足机械开挖的情况下，中拉槽的规模越小越好。

纵向分段长度 8m，是考虑挖掘机在不移动的情况下能将前方土传给后面的挖掘机；竖向分层高度 6m 是考虑挖掘机作业时不碰撞上方的支撑；土台宽度不宜小于 2m，一是考虑架设钢支撑时作业人员操作方便，二是考虑尽可能多留坡脚土，以保证基坑稳定；1:1 放坡基本能够保证临时土坡的稳定。

4.3 材料进场验收

4.3.1 本条是为保证材料进场质量，针对材料准备工作而提出的具体要求。

4.3.2 本条是为保证内支撑主要构件质量及实现及时支护而提出的具体要求。

4.3.4 焊接工艺与材料是确保内支撑各构件连接的重要工序，而焊接材料是确保该工序的关键，因此为保证内支撑各构件的焊接质量，本条针对焊接材料的准备工作提出的了具体要求。

4.3.7 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。对支撑、腰梁和立柱等采用工厂化制作的构件还应确保运输过程中的安全和产品质量。根据运输量、构件特点，提前制定运输计划；根据构件的长度、形状、重量选择运输工具，确保运输过程中的安全和产品质量；构件上车应绑扎牢固，文明装卸。

4.4 钢腰梁安装

4.4.1 地下工程基坑平面尺寸较大，特别是车站，因此，为吊运和施工方便，钢腰梁一般制作成单节拼装式的。

4.4.2 钢腰梁施工前，应根据基坑尺寸确定钢腰梁的施工顺序和钢腰梁的布置，为提高工效和施工质量，对钢腰梁要求统一编号作了具体规定。

4.4.3 基坑开挖一段长度后，为实现随开挖及时支护，应及时进行钢腰梁的安装，同时，为减少时空效应，在同一层位不采用连续安装，而采用分段安装腰梁。同时，为确保钢支撑的安装质量及作用效果，钢支撑与腰梁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。

4.4.4 钢腰梁可以采用三角形支架或牛腿支撑，三角支架应与围护结构的主筋、预埋件等连接，间距按设计要求设置，三角支架应比钢腰梁宽度大 50mm~100cm。钢腰梁采用吊筋与围护结构进行连接加固是保证钢腰梁稳定性、防止滑落的有效措施，应在工程施工中广泛采用。吊筋连接点间距宜控制在 2m~3m，且每段钢腰梁不小于两点，直径不小于 $\Phi 16\text{mm}$ 。因斜向支撑与冠梁或钢腰梁呈斜交，有一定夹角，存在平行于钢腰梁长度方向的分力，可能使钢腰梁存在后移，为使受力合力为零，按设计角度在冠梁或钢腰梁上设置抗剪蹬，确保钢管支撑与端承板成垂直关系，然后进行支撑安装作业，其安装方法与直撑相同。本条对抗剪蹬的嵌固深度做了规定。

4.4.5 在安装钢支撑之前，应保证排桩（墙）围护结构与钢腰梁接触点密贴。当支撑位置的钢腰梁与围护存在间隙时，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。钢腰梁与围护体之间的间隙垫实，再安装钢支撑，施加预压力，严禁在钢腰梁与桩体之间未垫实的情况下施加预压力。

4.4.6 钢支撑是轴向受压构件，为防止在施工过程中发生坠落，

造成事故，应在钢腰梁上安装钢支撑座，本条对钢支撑与钢支撑座的搭接长度做了规定。

4.5 钢支撑安装

4.5.1 横撑安装的水平及高程位置，是根据桩（墙）体受力要求而确定的。如横撑支撑位置移动量较大，很可能造成事故，因此本条对安装定位做了要求。为保证横撑有良好的整体性，故安装之间要求先试拼。同时，为防止横撑偏心受压，本条对拼装偏差做出了规定。安装时宜使用龙门吊，根据现场场地情况，也可同时使用吊车配合龙门吊施工。基坑工程一般施工周期长，为降低基坑开挖对周边建构筑物的影响，要经常检查基坑支护结构后面的土体变化、横撑受力及腰梁、楔子松紧等情况，因此需要做好监控量测工作。

4.5.2 为保证施工安全，在基坑土方挖至设计位置后应及时安装钢支撑，尤其是在饱和的软弱地层中，必要时尚可采取拉槽后先设横撑后再开挖土方的措施。

4.5.3 钢支撑安装后，在施加预压力的过程中，应注意观察桩、墙体变形、上层支撑的状态，同时为保证桩、墙体受力均匀，因此，本条规定施加预压力时应逐级加压。

4.5.4 钢支撑分段之间的连接一般有法兰和焊接两种。本条对这两种连接方式提出了具体要求。特别地对采用焊接连接时，为确保焊接质量，对焊接人员、材料等要求必须满足《建筑钢结构焊接技术规程》的要求。

4.5.5~4.5.6 为了保证施工安全，本条对钢支撑与腰梁、立柱（连系梁）的连接做了具体规定。

4.5.7 立柱是内支撑体系中重要的受力构件，不仅承受剪力作用，还要承受弯矩作用，因此，施工过程中必须严格按照设计图纸要求或规范要求。立柱材料应在工厂预制，现场拼装，考

虑运输、吊装等因素影响，本条对立柱分段长度做了规定。立柱穿过地下结构底板部位防水层不能闭合，将影响结构防水效果，因此，必须采取有效的防水措施。

4.6 钢筋混凝土内支撑结构施工

4.6.2 钢筋混凝土内支撑作为现浇混凝土构件，其使用的原材料、施工及验收标准应符合现行国家标准 GB50204《混凝土结构工程施工质量验收规范》的有关规定。

4.6.3 对与钢筋混凝土腰梁接触的支护结构，必须进行凿毛清理，从而保证钢筋混凝土腰梁与支护结构的紧密衔接、连接牢靠，确保基坑内支撑形成稳定受力体系。

4.6.4 为保证土方开挖施工安全，采用做多组同条件养护的混凝土试块，预测钢筋混凝土支撑混凝土标准强度，从而确定下层土方安全开挖的具体时间。

4.7 施加预压力

4.7.1~4.7.2 施加预压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。

4.7.3 施加预压力后，因钢构件发生弹性变形等，在每一次预压力施加过程中会产生一定的预压力损失，为了减小预压力损失过大，故应分阶段逐级施加锁定。因此在预压力达到设计值时，需要检查各个连接点有无松动、变形是否超出允许值。同时，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。

4.8 倒撑施工

4.8.1 主体结构施做完底板和侧墙后，拆除上道支撑前，需要

进行支撑替换，方可施工上部结构，设计一般采用施做倒撑方法。倒撑不施加预应力，只在围护结构对主体结构作用产生变形时才产生应力，因此，先施工倒撑后拆除上部支撑。

4.8.3 主体结构中板施工时一般采用满堂红支架支撑体系，施工倒撑后再施做满堂红支架增加了施工难度及施工周期，因此，工程上可以采用满堂红支架代替倒撑。满堂红支架其本身受力方向为竖直方向，代替倒撑作用需承受水平向力，必须考虑支架体系自身强度和刚度是否满足要求，以及由于构件连接的施工误差导致体系失稳的可能，因此，必须编制专项施工方案，实施专家论证。

4.8.4 本条对利用地下结构作为换撑结构的前提条件做了规定。也就是说，必须以保证受力路径的有效传递为前提条件。

4.9 拆除内支撑

4.9.1 支撑拆除过程是将支撑轴力转至永久支护结构或其它临时支护结构的过程。因此，在拆除支撑之前，必须按照设计计算工况的要求，将基坑回填至相应基坑位置、主体结构混凝土强度达到设计要求，并按设计要求的部位加装临时支撑后方可进行支撑拆除。

4.9.2 内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，内支撑拆除应编制专项施工方案，实行严格的审批制度。

4.9.3 本条对内支撑拆除顺序做了具体规定。

4.9.4 利用地下结构作为换撑结构时，如果主体结构混凝土强度没有达到设计规定的强度要求，容易造成混凝土结构构件开裂，影响结构安全和使用寿命，甚至造成基坑垮塌事故。为保证结构的安全和使用功能，提出主体结构混凝土强度要求，一般以其同条件养护混凝土试块强度不应小于混凝土设计强度的 70%

为控制条件。

4.9.5 钢筋混凝土支撑可以采用人工拆除、机械拆除、爆破拆除等，对规模较大拆除工程通常以静力爆破为主，因此要求编制相应的专项施工方案，并按相关程序论证和报批。

4.9.6 内支撑拆除后围护结构将产生应力重分布，有可能造成桩体局部变形过大，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 内支撑监测

5.1 一般规定

5.1.3 监测预警是预防支撑体系发生破坏的重要措施，监测预警值应由基坑设计方确定。支撑结构轴力预警值则采用了对应于构件承载能力设计值的百分比确定。构件的承载能力设计值是由材料强度设计值和几何参数设计值所确定的结构构件所能承受最大外加荷载的设计值。为了满足结构规定的安全性，构件的承载力设计值应大于或等于荷载效应的设计值。考虑基坑的安全等级，一级基坑、二级支撑轴力分别达到承载能力设计值的70%和80%预警是适宜的。监测项目按两级、三级预警进行反馈和控制。

5.1.4 中拉槽土方开挖方案是否合理必须通过试挖以及监测数据来检验。试挖监测方案以基坑工程监测方案为基础，结合试挖段各工况特点及其周边环境条件，具有针对性和阶段性。阶段性是指试挖监测方案随着试挖工作的完成而结束，其作用有三：一是做到信息化施工保证试挖过程中的工程安全；二是通过试挖获取客观、真实的监测数据；三是为试挖验收提供全面、充分的依据。本条要求在编制中拉槽土方试挖方案时，应编制中拉槽试挖监测方案。

5.4 监测要求

各种工况状态下的支撑轴力、立柱应力、立柱沉降、内支撑两端和中部的沉降和位移变化值是相对于基坑尚未开挖时的初始值而言的。

5.4.3、5.4.4 监测频率应根据基坑开挖进程、施工工况以及其他外部环境影响因素的变化及时做出调整。一般在基坑开挖期间，地基土处于卸荷阶段，支撑体系处于逐渐加荷状态，应适当

加密监测；当基坑开挖后一段时间、监测值相对稳定时，可适当降低监测频率。当出现异常现象和数据，或邻近报警状态时，应提高监测频率甚至连续监测。

与上海、广州等地区的地质条件相比，北京的地质条件相对简单，基坑工程施工的时空效应不很明显，地区的经验表明监测频率可以允许低于其他地区。表 5.4.3 监测频率是从工程实践中总结出来的成果，在无数据异常和事故征兆的情况下，能够满足现场监控的要求，在确定现场监测频率时可以选用。表 5.4.3 的监测频率针对的是应测项目的仪器监测。对于宜测、可测项目的仪器监测频率可视具体情况适当降低，一般可取应测项目监测频率值的 2 倍—3 倍。

若对支撑体系监测项目实施自动化监测，这些监测项目的监测频率应较表 5.4.3 值大大提高，以获得更多连续的实时监测数据。

5.5 监测信息处理

5.5.5 每次测试完成后，监测人员应及时进行数据处理和分析，形成当日报表，提供给委托单位和有关方面。通常情况下，还要绘出各类变化曲线或图形，注明开挖方法和施工工序及开挖面距支撑结构的距离等信息，使监测结果“形象化”，让工程技术人员能够一目了然，以便及时发现问题和分析问题。

5.5.6 监测数据的计算分析工作中除应对每个项目进行单项分析外，尚应进行支撑体系的多项目综合分析，且对监测项目应有正常、异常和危险的判断性结论。

6 施工质量验收

6.1 验收程序与组织

6.1.2 检验批应有监理工程师组织施工单位质量、技术负责人等进行验收。

6.1.4 千斤顶应在标定合格的有效期内使用，确保轴力施加准确。

6.2 主控项目

6.2.2 对于可周转使用的钢支撑，在以往使用过程中不可避免地发生变形、磨损等问题，在重新投入使用之前必须按照规定验收，因此制定本条规定。

6.2.3 由于基坑较宽，为方便吊运和施工安全，内支撑一般制作成拼装式。因此，为保证支撑有较好的整体性，故安装之前要求先试拼，同时，为了防止内支撑偏心受压，本条对拼装偏心量做出规定。

6.2.5 中拉槽土方开挖是否安全，必须通过试挖来检验，试挖结束并通过验收后方可进行正式开挖。验收内容包括：是否编制了中拉槽土方开挖方案，实际开挖工况是否与方案相符；是否编制了中拉槽监测方案，监测项目及监测频次是否符合监测方案；监测数据是否符合设计要求，是否需要对中拉槽土方开挖方案进行调整。参加验收相关单位包括施工单位、监理单位、设计单位、建设单位。

6.2.6~6.2.8 支撑各种连接和节点部位均为受力薄弱环节，对于连接部位和主要节点必须保证安全可靠。

6.2.9、6.2.10 钢支撑作为基坑支护的主要受力杆件，焊接质量直接关系到基坑的安全，故规定本条。

6.3 一般项目

6.3.2、6.3.5 内支撑的水平及高程位置是根据围护结构受力要求而确定的，如果支撑位置偏差过大，极易造成事故，因此作此规定。

6.3.3 内支撑是轴向受压杆件，如果挠度过大，受力形式发生变化，容易发生事故。