

全国注册土木工程师（岩土）继续教育必修教材（之三）

城市地下空间建设新技术

住房和城乡建设部执业资格注册中心 组织编写

朱合华 主 编



中国建筑工业出版社

全国注册土木工程师（岩土）继续教育必修教材（之三）

城市地下空间建设新技术

住房和城乡建设部执业资格注册中心 组织编写
朱合华 主 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

城市地下空间建设新技术/住房和城乡建设部执业资格注册中心组织编写;朱合华主编. —北京:中国建筑工业出版社, 2014. 4

(全国注册土木工程师(岩土)继续教育必修教材(之三))

ISBN 978-7-112-16690-9

I. ①城… II. ①住…②朱… III. ①城市建设-地下建筑物-新技术应用-研究-中国 IV. ①TU984. 11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 068862 号

本书对近几年来国内典型的综合性示范地下工程运用的新技术进行了介绍和分析。重点分析了地下空间开发投资模式、建筑技术、施工技术、环境质量保障技术、防灾减灾技术、地下空间建设综合技术及建养一体数字化技术在不同类型的城市地下工程中的示范性应用。本书共 14 章, 各章除了对新技术进行综合介绍外, 还详细介绍了各种新技术的工程应用范例。内容丰富, 对从事地下空间建设的设计、施工、管理人员有很好的参考作用。

* * *

责任编辑: 赵梦梅 王 梅 刘瑞霞

责任设计: 李志立

责任校对: 张 颖 赵 颖

全国注册土木工程师(岩土)继续教育必修教材(之三)

城市地下空间建设新技术

住房和城乡建设部执业资格注册中心 组织编写

朱合华 主 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 20¼ 字数: 504 千字

2014 年 7 月第一版 2015 年 4 月第二次印刷

定价: 58.00 元

ISBN 978-7-112-16690-9

(25521)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

编 委 会

主 编：朱合华

副主编：范庆国 傅德明 衡朝阳 张季超 刘新荣

郑 刚 闫治国

编委会（以汉语拼音排列为序）：

白廷辉 丁文其 范庆国 傅德明 衡朝阳

焦 莹 雷华阳 李 鹏 李晓军 李 竹

廖少明 刘新荣 毛利勤 宋金良 孙曦源

滕延京 童华炜 王可怡 王庆国 吴小建

夏才初 徐正良 许 勇 闫治国 颜正红

张季超 张继红 张子新 赵 黎 郑 钢

周 智 周 舟 朱合华 朱泽兵

前 言

受住房和城乡建设部执业资格注册中心委托编写此书，作为全国注册土木工程师（岩土）继续教育必修课教材。

进入 21 世纪后，我国面临大规模开发利用地下空间资源、加速推进城市现代化进程的历史机遇。我国目前已成为地下空间开发利用的大国。近 15 年来，聚焦国家城市可持续发展的重大需求——高效开发利用城市地下空间资源、解决土地资源紧缺和日益严重的“城市病”问题，我们依托国家和地方科技攻关项目，通过大范围、多部门、高强度的产、学、研协同攻关和全方位的工程集成示范，开发了一系列具有自主知识产权的地下空间开发利用新技术，促进了地下空间学科与行业的跨越发展，提升了自主创新能力和核心竞争力，具有广阔的应用前景。

对于注册土木工程师（岩土）而言，拓宽知识面是继续教育的目的之一。针对目前我国地下空间开发利用的发展趋势，本期全国注册土木工程师（岩土）继续教育的主题选定为“城市地下空间建设新技术”，内容涵盖了大断面竖井型深基坑钢支撑复合支护技术、城市超深基坑地下工程设计与施工技术、新型盖挖法、现代气压沉箱工艺与施工技术、大面积的超深基坑逆作施工成套技术、轨道交通与商业综合开发“一体化”建造模式与施工技术、城市高密集地区地下空间开发岩土环境保护新技术、特大跨超浅埋结构扁平车站隧道开挖和支护技术、盾构穿越建（构）筑物微扰动施工控制技术、城市综合管沟建设运营技术、城市大规模地下空间建设运营技术、大型地铁枢纽站改扩建技术、城市地下空间防灾减灾技术以及建养一体数字化技术。这些新技术的推广宣传将对今后我国城市地下空间的开发建设起到非常重要的指导和促进作用。

本教材由同济大学、上海申通地铁集团有限公司、广州大学、上海建工（集团）总公司、中国建筑科学研究院、重庆大学、天津大学、上海市城市建设设计研究总院以及上海地固岩土工程有限公司等单位专家学者编写。在教材的组织和编写过程中，得到了教育部“长江学者和创新团队发展计划：城市软土地下空间与工程（IRT1029）”以及相关工程建设、管理、设计、施工、运营养护等单位的大力支持和帮助，限于篇幅，不一一列出，在此谨表谢意。

感谢中国建筑工业出版社的大力支持以及所做的辛勤工作。

不足之处，恳请读者批评指正。

编者
2014 年 4 月

目 录

第 1 章 大断面竖井型深基坑钢支撑复合支护技术应用	1
1.1 概述	1
1.2 技术介绍	1
1.3 工程应用——北京地铁白石桥南站工程	10
第 2 章 城市超深基坑地下工程设计与施工技术	33
2.1 概述	33
2.2 技术介绍	34
2.3 工程应用——天津站交通枢纽工程后广场工程	41
2.4 总结	62
第 3 章 新型盖挖法	63
3.1 概述	63
3.2 技术介绍	63
3.3 工程应用——上海轨道交通 7 号线常熟路车站工程	69
3.4 总结	76
第 4 章 现代气压沉箱工艺与施工技术	77
4.1 概述	77
4.2 技术介绍	78
4.3 工程应用——上海市轨道交通 7 号线 12A 标南浦站—耀华站中间风井工程 ...	85
第 5 章 大面积的超深基坑逆作施工成套技术	88
5.1 概述	88
5.2 技术介绍	93
5.3 工程应用——上海 500kV 世博变电站工程	113
第 6 章 轨道交通与商业综合开发“一体化”建造模式与施工技术	116
6.1 概述	116
6.2 技术介绍	119
6.3 工程应用——上海轨道交通七号线浦江耀华路站工程	131

第 7 章 城市高密集地区地下空间开发岩土环境保护新技术	132
7.1 概述	132
7.2 全回收的深基坑围护系统	132
7.3 集装箱式土方挖运方法	138
7.4 地基隔振技术	140
7.5 工程应用——江苏省昆山金鹰 A 地块项目二期基坑围护工程	142
7.6 结语	149
第 8 章 特大跨超浅埋、特大断面、高边墙、结构扁平车站隧道开挖和支护技术	151
8.1 概述	151
8.2 技术介绍	151
8.3 工程应用——重庆轻轨佛图关—大坪区间隧道及大坪车站隧道工程	160
第 9 章 盾构穿越建（构）筑物微扰动施工控制技术	172
9.1 概述	172
9.2 盾构穿越工程的难点与微扰动施工的基本原则	172
9.3 盾构穿越建（构）筑物微扰动施工技术指标体系	173
9.4 盾构穿越建（构）筑物微扰动施工控制方法	177
9.5 工程实例——轨道交通 10 号线下穿越虹桥机场飞行区工程	191
参考文献	196
第 10 章 城市综合管沟建设运营技术	197
10.1 概述	197
10.2 技术介绍	198
10.3 工程应用——广州大学城综合管沟	199
10.4 总结	214
第 11 章 城市大规模地下空间建设运营技术	215
11.1 概述	215
11.2 技术介绍	218
11.3 工程应用——广州珠江新城核心区地下空间工程	219
11.4 总结	238
第 12 章 大型地铁枢纽站改扩建技术	239
12.1 概述	239
12.2 技术介绍	239
12.3 工程应用——上海地铁徐家汇枢纽站工程	239
12.4 工程应用——上海地铁世纪大道四线换乘枢纽站工程	253

第 13 章 城市地下空间防灾减灾技术	265
13.1 概述	265
13.2 地下结构防火安全技术	266
13.3 隧道火灾动态火灾预警救援技术	281
参考文献	285
第 14 章 建养一体数字化技术及其在基础设施中的应用	287
14.1 概述	287
14.2 建养一体化的理念与实现	289
14.3 基础设施建养一体数字化平台	290
14.4 建养一体数字化技术	295
14.5 建养一体数字化在基础设施中的应用	303
14.6 结语	313
参考文献	314

第 1 章 大断面竖井型深基坑钢支撑复合支护技术应用

1.1 概述

随着社会经济发展,我国城市正在进行大规模地下空间建设(如:地铁、地下商场、地下车库、人防地下室和地下蓄水池等),其深基坑支护采用围护桩(墙)-钢支撑支护体系较多。由于钢支撑具有施工方便、安装拆除快捷、支护及时、可重复周转使用、不侵扰坑外空间和节能环保等诸多优点,已被广泛使用。然而,在钢支撑使用过程中,也常常遇到基坑断面突变、支撑难以布置、支撑受力不明确和支撑端部土体抗力不够等诸多难以解决的技术问题。大断面竖井型深基坑支护技术应运而生。

所谓大断面竖井型深基坑,是指在城市地下空间开发利用时,开口一般设计为方形(圆形),边长(直径)在 40m 左右,深度较大,侧壁竖直且无预留肥槽,开挖时受环境限制需在局部部位垂直出土,内部支撑一般以中心对称的斜支撑为主,由上而下分步架设分步明挖的基坑。

目前,城市地铁交叉枢纽车站、繁华狭窄地段地下工程、盾构始发接收井等,一般均需要进行大断面竖井型深基坑支护工程。由于大断面竖井型深基坑技术难度大,尚无一套系统成熟的技术标准,给设计和施工造成诸多困难,制约了我国城市地下空间的快速发展。由此引发的基坑坍塌事故屡见不鲜。

为了有效地解决大断面竖井型深基坑钢支撑复合支护技术难题,本章结合北京地铁 9 号线与 6 号线换乘枢纽——白石桥南站基坑工程,详细介绍一系列技术,包括:相邻建(构)筑物变形控制,周边管线保护,围护桩水平外放距离取值、隔离封闭控制和超长格构柱施工等技术,为相关类似工程提供参考。

1.2 技术介绍

1.2.1 相邻建(构)筑物变形控制标准

在建(构)筑物林立的城市地下进行地下空间施工,必然对邻近建(构)筑物地基基础产生影响,相邻建(构)筑物地基基础附加变形控制标准是确保其在地下空间施工期间既安全又能正常使用的必要条件,它直接制约着开挖支护方案的确定。

一般地,地下空间开挖引发相邻建(构)筑物地基基础附加变形,与已有地基变形的累计变形量(有时还需预留后期变形量)应小于地基变形总允许值。这样可不考虑地下空间开挖对上部复杂结构的影响情况,使控制其对相邻建筑物的影响这一复杂技术问题简化为仅对其地基基础变形控制即可。

(1) 地基变形总允许值

根据国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011，建筑物地基变形总控制标准如表 1.2-1 所示。实际应用时，应针对不同的建筑物基础形式和建筑物类型确定地下空间施工期间相邻建筑物地基基础变形控制标准。

建筑物的地基变形允许值 表 1.2-1

变 形 特 征	地基土类型	
	中、低压缩性土	高压缩性土
砌体承重结构的局部倾斜	0.002	0.003
工业与民用建筑相邻柱基的沉降差		
(1)框架结构	0.002 <i>l</i>	0.003 <i>l</i>
(2)砌体墙填充的边排柱	0.0007 <i>l</i>	0.001 <i>l</i>
(3)当基础不均匀沉降时不产生附加应力的结构	0.005 <i>l</i>	0.005 <i>l</i>
单层排架结构(柱距为 6m)柱基的沉降量(mm)	(120)	200
桥式吊车轨面的倾斜(按不调整轨道考虑)		
纵向		0.004
横向		0.003
多层和高层建筑的整体倾斜 $H_g \leq 24$		0.004
$24 < H_g \leq 60$		0.003
$60 < H_g \leq 100$		0.0025
$H_g > 100$		0.002
体型简单的高层建筑基础的平均沉降量(mm)		200
高耸结构基础的倾斜 $H_g \leq 20$		0.008
$20 < H_g \leq 50$		0.006
$50 < H_g \leq 100$		0.005
$100 < H_g \leq 150$		0.004
$150 < H_g \leq 200$		0.003
$200 < H_g \leq 250$		0.002
高耸结构基础的沉降量(mm) $H_g \leq 100$		400
$100 < H_g \leq 200$		300
$200 < H_g \leq 250$		200

注：1. 本表数值为建筑物地基实际最终变形允许值；2. 有括号者仅适用于中压缩性土；3. *l* 为相邻柱基的中心距离 (mm)； H_g 为自室外地面起算的建筑物高度 (m)；4. 倾斜指基础倾斜方向两端点的沉降差与其距离的比值；5. 局部倾斜指砌体承重结构沿纵向 6~10m 内基础两点的沉降差与其距离的比值。

(2) 地基基础已发生的变形

砌体承重结构基础的局部倾斜、多层和高层建筑的整体倾斜、高耸结构基础的倾斜及其沉降量，应通过现状测量及其竣工图（很重要）准确推断。当未能搜集到竣工图时应通过上部结构底层特征部位高程差合理测判。

(3) 施工期间地基附加变形控制标准

相邻地下空间施工前要求其周边建筑物的地基变形提出施工期间的控制标准。应从建筑物的地基变形允许值中扣除已有变形值及后期变形值来合理确定。即：

$$\xi_2 \leq \xi_0 - (\xi_1 + \xi_3)$$

(1.2-1)

式中 ξ_0 ——建筑物的地基变形允许值；
 ξ_1 ——建筑物的已有变形值；
 ξ_2 ——施工期间建筑物的地基变形控制值；

ξ_3 ——建筑物后期地基变形值（最小取 0）。

在这一标准的控制下方可设计相邻地下空间施工支护方案；然后，采用可靠的数值模拟来预测地基基础变形；接着修正方案并形成施工图；最后，在施工中做好实时监测及反馈，实现信息化施工，确保周边建筑物及地下工程安全。

相邻地下空间施工期间其相邻建（构）筑物地基基础的附加变形控制标准值，根据现行规范应从建筑物的地基变形允许值中扣除已有变形值及后期变形值来合理确定。这样可以无须考虑对上部复杂结构的影响情况，使对相邻建筑物的影响控制技术大大简化。

（4）控制要点

① 对于砌体承重结构条形基础的既有局部倾斜应测定，再控制将要出现的局部倾斜。如图 1.2-1 所示；

② 对于框架结构独立基础的任意两个相邻柱基相对倾斜应测定，再控制将要出现的附加变形，如图 1.2-2 所示；

③ 对于箱形或筏板基础的整体倾斜应测定，再控制将要出现的整体附加倾斜。

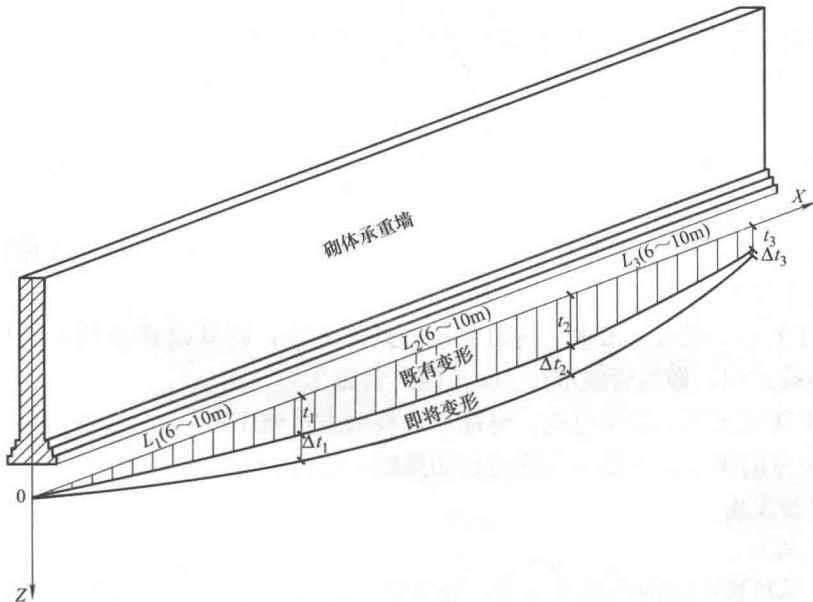


图 1.2-1 条形基础控制局部倾斜

1.2.2 地下管线保护技术

1. 管线探查

（1）首先，应对施工地段地下管线设施资料进行大量而丰富的搜集工作，绘制地下管线综合分布图；

（2）其次，为进一步准确地掌握该地段地下管线的实际分布情况，需采用现场揭盖调查、管线仪探测及地质雷达多种方式进行场地管线详细探查；

（3）还有，对于人员进入地下窖井作业时，要求先揭盖通风一定时间，然后派专业探查人员佩戴防毒面具、氧气面罩等方可进入，作业人员需与地面人员保持联系畅通，必要时需系绳作业防止意外情况发生；

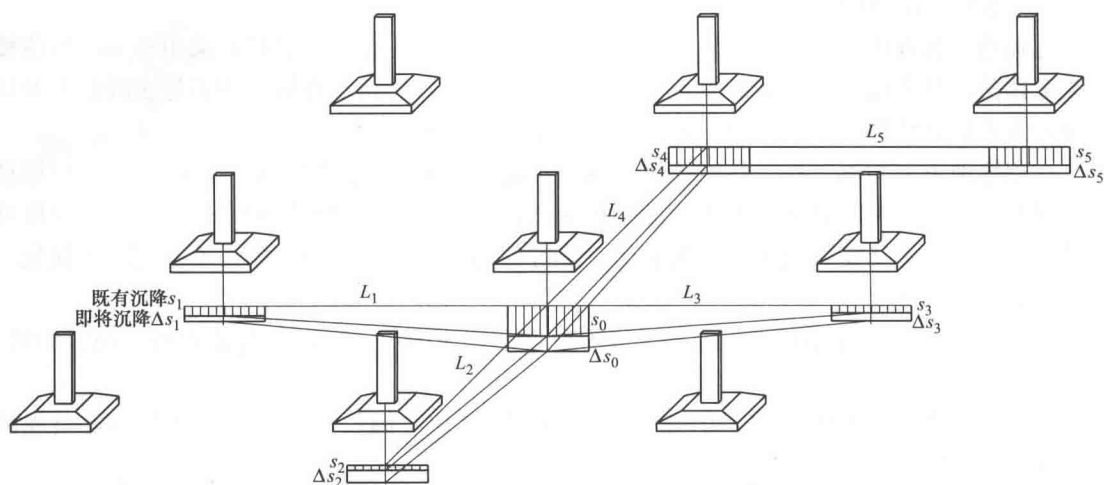


图 1.2-2 独立基础控制相邻柱间沉降差/距离

(4) 最后,需沿基坑周边开挖纵横探槽直接探查,并绘制场地管线精确位置图,并提出准确探查报告。

2. 管线改移

(1) 改移方案要精心设计,管线拆迁应保证管道的使用功能不受影响,并符合城市的总体规划,同时紧密结合各施工现场实情考虑;

(2) 对各种地下管线拆除改移均应委托各个相应产权单位专业队伍实施后方可施工;

(3) 对于各类管线一般处理方法如下:

① 对自来水、雨水、污水、热力管道的处理方法,将其改移至基坑围护桩外侧,未改移之前准确标识,做到管线部位 2m 范围严禁施工;

② 对于通讯光缆,高压电线、电缆,迁移后方可施工;

③ 对废弃的煤气、天然气管线进行切除时,需进行燃气浓度检测、减压和通风处理,以免爆炸事故发生。

3. 管线保护

(1) 对基坑影响范围内地下管线,施工期应设置沉降观测点、明确标志及标识,并进行变形监测,保证其总变形在允许值范围;

(2) 在打桩(墙)时,应在每一桩(墙)位置均进行人工挖探至原状土层,以免未探明管线损伤;

(3) 基坑支护设计、施工均以变形控制为主,应在管线剩余变形允许值范围内;

(4) 对于未能及时改移地下管线及时向有关单位提供观测资料;

(5) 制订有针对性的应急预案,配备好抢修器材,做到防患于未然。一旦诱发管线事故,需立即上报,组织抢险。

1.2.3 围护桩水平外放距离取值技术

地下空间施工采用大直径围护桩-钢支撑-网喷护面复合支护体系,设计时仅考虑主体结构外轮廓与围护桩之间预留网喷护面及防水层厚度,一般为 100mm。而围护桩施工必然存在钻机定位误差 Δt 和垂直度误差,若围护桩施工控制不严格,将导致成桩偏入或偏

出量较大, 要么侵入结构外轮廓线需要凿除桩体可能影响基坑安全, 要么肥槽过大需要大量混凝土充填而造成巨大浪费。

因此, 施工图一般要求施工单位在打桩时应根据具体情况将围护桩轴线进行适当外放。目前, 基坑围护桩外放尺寸尚未统一, 工程中出现了大量凿除桩体或填充大量混凝土现象。需要对施工中大直径围护桩最佳水平外放距离取值问题进行专项讨论。如图 1.2-3 所示, 图中 Δs 为围护桩中轴线与结构外轮廓的间距的设计值, 包括: 桩身截面半径、网喷护面厚度及防水层厚度等。

围护桩不侵犯结构线的水平最小外放距离可表达为:

$$\Delta T = k(\Delta t + H \cdot \tan \alpha) \quad (1.2-2)$$

式中 ΔT ——水平外放距离;

Δt ——钻机定位误差 (规范一般要求小于 50mm);

H ——基坑深度 (一般地下二层约为 18.0m, 地下三层约为 25.0m);

$\tan \alpha$ ——垂直度 (地铁工程要求为 0.3%);

k ——经验系数 (取 1.2)。

那么, 对于 18.0m 或 25.0m 明挖深基坑之围护桩最小水平外放距离计算得:

$$\Delta T = 1.2 \times \left(50 + 0.003 \times \begin{cases} 18000\text{mm} \\ 25000\text{mm} \end{cases} \right) = \begin{cases} 125\text{mm} \\ 150\text{mm} \end{cases}$$

通过多个工程实践经验充分表明, 北京地区地铁明挖基坑围护桩最佳水平外放距离取值为 $(0.005 \sim 0.007)H$ 合理 (H 为基坑深度)。施工中需严格控制桩孔定位、钻杆定位及钻杆垂直度。各地区应根据地层状况及施工水平研究适合的外放取值。

1.2.4 隔离封闭控制技术

当地铁双线“十”字交叉并在交叉部位设换乘节点时, 该换乘节点平面形状因换乘要求需要扩大, 基坑断面会出现突变, 为保证支撑两端有可靠的侧壁, 以确保基坑的安全, 需采用隔离分段的基坑施作方式。换乘节点支护隔离封闭后便于支撑架设, 同时为缩短工期、合理布置场地和周边环境安全等提供可靠的技术保障 (图 1.2-4)。

隔离封闭施工技术如下:

(1) 将周边环境复杂且基坑断面突变较大的深基坑, 采用围护桩 (墙) 将其分割成两个或三个分别独立的基坑便于支护设计, 内置撑受力均匀, 工程安全性高, 同时也为场区同期施工开辟出较多工作面;

(2) 一般在基坑断面突变部位设隔离桩 (墙) 后, 可分别形成封闭规则断面的基坑;

(3) 单个规则断面基坑设计可简化为平面问题, 地面以上附加荷载按远近、大小最不利组合工况取值核算;

(4) 采用斜支撑时, 桩和围檩 (腰梁) 间需设置抗剪蹬, 以保证在围檩无水平滑移条件下垂直坑壁方向上的作用力得以发挥;

(5) 围护桩墙设计时, 不仅要考虑斜撑作用的法向力, 同时要考虑满足斜撑作用的切向力的作用, 及其在开挖和拆撑时可能出现的各工况下的不利组合;

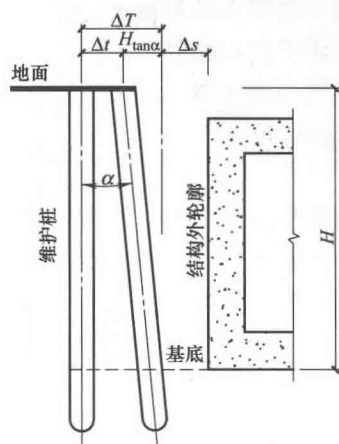


图 1.2-3 桩与主体结构位置关系

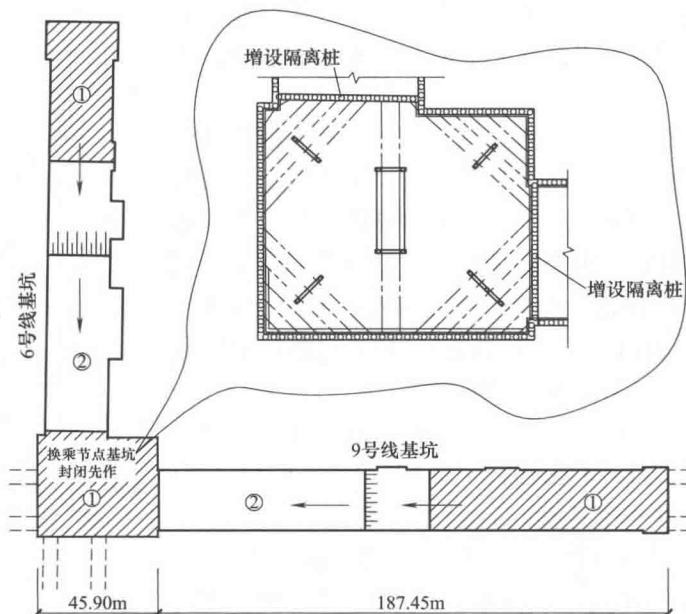


图 1.2-4 交叉枢纽车站隔离封闭

(6) 若隔离后两侧坑深不同, 应先行施工较深一侧基坑, 待主体结构封顶回填后, 其紧邻基坑方可开挖;

(7) 主体结构钢筋混凝土的每一层水平中板, 均需在其甩茬处垫设型钢等密贴坑壁,

以承担拆撑后的附加转移荷载;

(8) 隔离桩(墙)随邻坑开挖而破除, 直至邻坑基底;

(9) 主体结构施工车站连接成一体。

1.2.5 超长格构柱设计施工技术

所谓格构柱, 是在开挖基坑前坑内预先制成的具有满足内支撑架设需要且具有一定承载能力的垂直钢立柱。其设置原则是既能满足基坑内支撑架设需要, 又要将对主体结构施工产生的影响降低到最小。

大断面深基坑一般需要采用超长格构柱, 有如下几个方面的原因: 首先, 会遇到钢支撑较长, 易出现压杆不稳定问题, 需要中部适当进行约束; 其次, 较长的钢支撑自身自重较大, 其产生的支撑挠度易于超限, 也需要中部适当托架; 还有, 当基坑较深时, 钢支撑层数设置较多, 为了加强支撑整体稳定性而设置支撑-连梁-格构柱体系; 最后, 因支撑装拆难于吊装, 需要中部托架递接等。这些均需要在支撑中部设有格构柱(梁)进行约束或托架。其坑内结构如图 1.2-5 所示。

超长格构柱下部需要钢筋混凝土桩基一同施工, 施工工艺复杂。预先在工作台应采用型钢分节制作便于吊装,

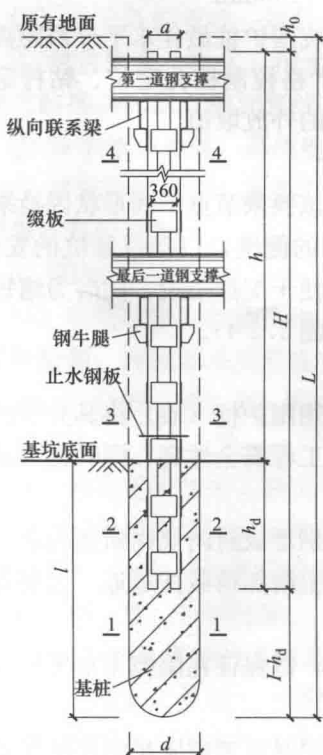


图 1.2-5 格构柱示意图

就位安放时上部有两节或多节型钢柱需在孔口焊接且需保证其整体垂直度和方向性，就位后孔口固定方可在柱内下放小口径导管至孔底，进行水下灌注混凝土（控制灌注混凝土量至基底以上 500mm），待混凝土初凝再采用碎石充填上部四周空隙成柱。其主要控制技术如下：

(1) 设计方面

格构柱强度和刚度需满足基坑顺序下挖、钢支撑分层架设或拆除、季节变化产生的温度应力作用、雨水浸入周边土体及积雪荷载、局部高温焊接和可能出现的轻微碰撞力等各种工况最不利组合之需求；格构柱内截面应足够大且需光滑，有严格的垂直度要求，保证整柱内可以自由提放灌注混凝土的小口径导管。临时格构柱使用时间可按一年计。

(2) 施工技术控制

格构柱施工允许偏差值见表 1.2-2。

格构柱施工允许偏差 表 1.2-2

项 目	分 项	允 许 偏 差
杆件	杆件弯曲矢高	$\leq L/1000(L\text{-构件长度})$
	连接处中心线偏移	$\leq 2.0\text{mm}$
	构件长度允许偏差	$\leq 3.0\text{mm}$
	角焊缝尺寸偏差	0~3mm
格构柱	顶标高	$\leq 30\text{mm}$
	垂直度允许偏差	$\leq 0.3\%$
	孔位水平偏差	$\leq 50\text{mm}$
	孔径允许偏差	$\leq 5\text{mm}$
	孔深允许偏差	$\leq +150\text{mm}$
基桩	顶标高	$\leq 30\text{mm}$
	底沉渣	$\leq 50\text{mm}$
	钢筋保护层厚度	$\leq 70\text{mm}$ ，允许偏差 $\leq \pm 20\text{mm}$

1.2.6 钢围檩后抗剪蹬贴桩技术

除首层斜撑直接架设于桩顶冠梁处，其余各层斜撑均通过钢围檩支撑在围护桩上，因此，传递到钢围檩上的斜撑轴力可分解为垂直于围檩表面的法向力和平行于围檩表面的切向力。为避免该切向力引发围檩相对于桩发生滑移，造成支撑失效，需在围檩背后设置抗剪蹬。抗剪蹬设置部位及其与桩之间的相对位置关系如图 1.2-6 所示，受力分析如图 1.2-7所示。

抗剪蹬施工技术控制如下：

- ① 测量放线确定抗剪蹬安装位置；
- ② 在坑壁相应位置开凿坑槽安装抗剪蹬，坑槽底部需暴露桩身侧面并找平；
- ③ 钢围檩安装就位，及时测量抗剪蹬所需实际尺寸；
- ④ 所用钢板材料、厚度及抗剪蹬立面高度均应按照设计图纸严格执行；
- ⑤ 焊接抗剪蹬应原位作业，主钢板与次钢板交接平面形状可按照设计图纸进行相似处理，确保主钢板端部紧贴桩身；

(3) 连系梁与格构柱连接技术

以托架来约束斜撑和超长对撑，以便压杆处于稳定状态。连系梁水平架设在焊接于格构柱侧的牛腿之上。如图 1.2-10 所示。

(4) 支撑与连系梁间抱箍连接技术

在多层支撑情况下，在每层支撑与连系梁交接位置，应设置双层抱箍约束支撑，以增强较长支撑的压杆稳定性。

(5) 钢支撑安装技术

- 在工作平台按所需尺寸拼装钢支撑，整撑轴线偏差不大于 20mm。对于超长撑可分段拼接再原位组装，段间连接部位宜设置在连系梁上；

- 支撑安装应与土方开挖密切配合，土方开挖至钢支撑轴线下 1.0m，及时架设钢支撑，以减少围护结构的变形；

- 吊装安放钢支撑，使支撑两端（活络伸缩端及不可伸缩端）准确就位，确保支撑轴线与支座面垂直，支撑安装容许偏差按表 1.2-3 控制；

- 若安置轴力监测设备，需在支撑不可伸缩端专项设计加强支撑节和加强支座；

- 轴力的加荷系统（油泵、压力表及千斤顶）应成套率定，并定期维护、校检及仪表定期检定，严禁压力超限；

- 支撑一旦就位，需按设计要求预加支撑轴力，缓慢分级加荷达预加轴力值，持续一段时间待压力稳定后，采用钢楔锁定活络端，拆除千斤顶；

- 在钢支撑两端打结保险绳，通过钢丝绳或钢筋连系在围护桩上，有效防止支撑坠落；

- 当逐根支撑加压时，应对邻近的支撑预压力复核调整。

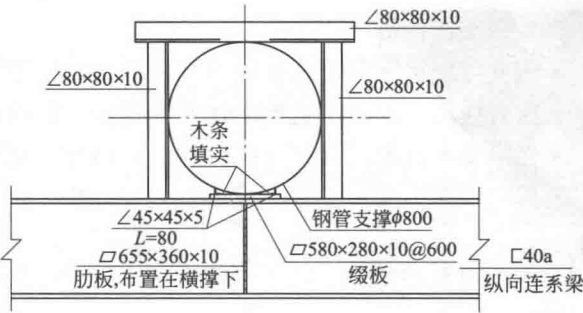


图 1.2-10 斜撑支座详图

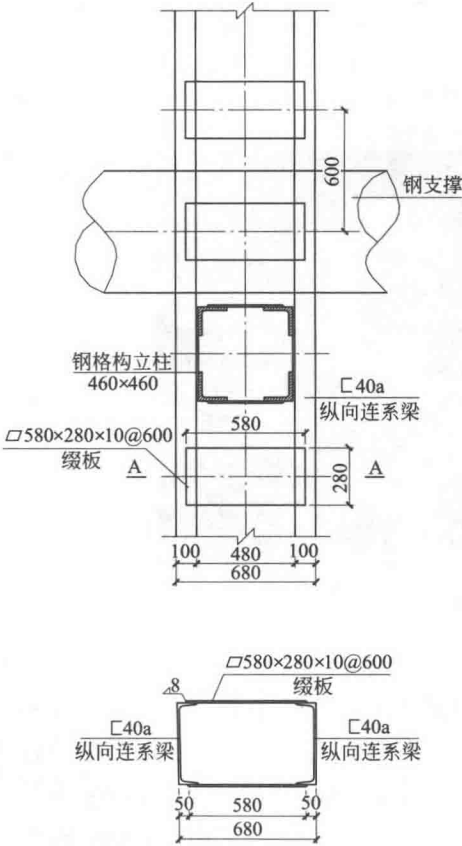


图 1.2-11 连系梁详图

支撑安装容许偏差 表 1.2-3

项 目	容 许 偏 差	项 目	容 许 偏 差
支撑中心标高	±30mm	立柱垂直度	≤3/1000
支撑两端标高差	≤20mm, 且 ≤1/600 支撑长度	支撑与立柱轴线偏差	≤50mm
支撑挠曲度	≤1/1000	支撑水平轴线偏差	≤30mm