 T/CECS ×× — 2023

**中国工程建设标准化协会标准**

**既有建筑地下逆作增层技术规程**

**Technical specification for top-down basement addition beneath existing building**

**（征求意见稿）**

**2023 北京**

**前言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2020年第二批工程建设协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2020] 023号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内外有关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定了本规程。

本规程共分9章和2个附录，主要技术内容包括.总则、术语和符号、基本规定、托换结构设计、侧向支护设计、新增地下结构设计、施工、监测与验收。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会地基基础专业委员会归口管理，浙江省建筑设计研究院负责技术内容的解释。执行过程中，请各有关单位结合实际，不断总结经验，并将发现的问题、意见和建议函告浙江省建筑设计研究院[地址：浙江省杭州市拱墅区安吉路18号，邮编：310006，电子邮箱：dxzc-cecs@ziad.cn ]。

主编单位：

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

目 次

[1 总 则 1](#_Toc8718)

[2 术语和符号 2](#_Toc8020)

[2.1 术语 2](#_Toc22993)

[2.2 符号 2](#_Toc22685)

[3 基本规定 4](#_Toc16869)

[3.1 一般规定 4](#_Toc17335)

[3.2 既有建筑检测与鉴定 7](#_Toc31020)

[3.3 环境调查 8](#_Toc3133)

[3.4 岩土工程勘察 8](#_Toc19504)

[3.5 地下增层建筑及机电设计 9](#_Toc9877)

[4 托换结构设计 10](#_Toc30616)

[4.1 一般规定 10](#_Toc5927)

[4.2 托换结构布置 10](#_Toc10021)

[4.3 托换桩设计 13](#_Toc30680)

[4.4 水平托换构件和连接节点设计 22](#_Toc23976)

[4.5 变形验算与控制 25](#_Toc22196)

[5 侧向支护设计 27](#_Toc5516)

[5.1 一般规定 27](#_Toc7867)

[5.2 支护结构设计 27](#_Toc9974)

[5.3 地下水控制 29](#_Toc1056)

[6 新增地下结构及基础设计 27](#_Toc10111)

[6.1 一般规定 31](#_Toc30593)

[6.2 地下结构构件设计 31](#_Toc22798)

[6.3 基础设计 33](#_Toc32736)

[6.4 连接构造 33](#_Toc10350)

[7 施 工 37](#_Toc6502)

[7.1 一般规定 37](#_Toc391)

[7.2 既有基础水平构件托换施工 39](#_Toc26421)

[7.3 托换桩施工 39](#_Toc11878)

[7.4 侧向支护结构施工 41](#_Toc14550)

[7.5 地下水控制 42](#_Toc24435)

[7.6 土方开挖与桩间支撑 43](#_Toc10242)

[7.7 既有结构构件拆除 44](#_Toc11922)

[7.8 既有上部结构加固 45](#_Toc31197)

[7.9 新增地下结构施工 45](#_Toc15354)

[7.10 作业环境及施工安全控制 47](#_Toc1755)

[8 监 测 48](#_Toc15106)

[8.1 一般规定 48](#_Toc18143)

[8.2 既有结构监测 48](#_Toc13889)

[8.3 托换结构监测 48](#_Toc19294)

[8.4 支护监测 49](#_Toc19883)

[8.5 周边环境监测 49](#_Toc32649)

[9 验 收 50](#_Toc1681)

[9.1 一般规定 50](#_Toc1734)

[9.2 检验 51](#_Toc17583)

[9.3 验收 51](#_Toc5127)

[附录A 考虑开挖卸荷影响桩基侧摩阻力折减系数计算 53](#_Toc31925)

[附录B 既有建筑地下增层工程分部、子分部工程、分项工程划分 54](#_Toc10429)

[本规程用词说明 55](#_Toc29663)

[引用标准名录 56](#_Toc24695)

**Contents**

[1 General Provision 1](#_Toc123647755)

[2 Terms and Symbols 2](#_Toc123647756)

[2.1 Terms 2](#_Toc123647757)

[2.2 Symbols 2](#_Toc123647758)

[3 Basic Requirements 4](#_Toc123647759)

[3.1 General Requirements 4](#_Toc123647760)

[3.2 Detection and Identification of Existing Building 7](#_Toc123647761)

[3.3 Envrionmental investigation 8](#_Toc123647762)

[3.4 Geotechnical Investigation 8](#_Toc123647763)

[3.5 Architectural and Equipment Design of Additional Underground Storey 9](#_Toc123647765)

[4 Design of Underpinning Structrure 10](#_Toc123647766)

[4.1 General Requirements 10](#_Toc123647767)

[4.2 Selection and Arrangement of Underpinning Structure 10](#_Toc123647768)

[4.3 Design of Underpinning Pile 13](#_Toc123647769)

[4.4 Design of Transverse Underpinning Members and Connection Joint 22](#_Toc123647770)

[4.5 Checking and Control of Deformation 25](#_Toc123647771)

[5 Design of Lateral Retaining and Proteciton Structure 27](#_Toc123647772)

[5.1 General Requirements 27](#_Toc123647773)

[5.2 Design of Retaining and Proteciton Structure 27](#_Toc123647774)

[5.3 Groundwater Control 29](#_Toc123647775)

[6 Design of Additional Underground Structure 27](#_Toc123647776)

[6.1 General Requirements 31](#_Toc123647777)

[6.2 Members design of underground structure 31](#_Toc123647778)

[6.3 Design of Foundation 31](#_Toc123647779)

[6.4 Conncection Detail 33](#_Toc123647780)

[7 Construction 37](#_Toc123647781)

[7.1 General Requirements 37](#_Toc123647782)

[7.2 Reforming and Strengthening Construction of Existing Foundation 39](#_Toc123647783)

[7.3 Construction of Underpinning Pile 39](#_Toc123647784)

[7.4 Construction of Lateral Retaining and Proteciton Structure 41](#_Toc123647785)

[7.5 Groundwater Control 42](#_Toc123647786)

[7.6 Excavation and Pile-bracing 43](#_Toc123647787)

[7.7 Removement of Existing Structural Members 44](#_Toc123647788)

[7.8 Existing Structure Strengthening 45](#_Toc123647789)

[7.9 Construction of Addtional Underground Structure 45](#_Toc123647790)

[7.10 Operating Environment and Construction Safety Control 47](#_Toc123647791)

[8 Monitoring 48](#_Toc123647792)

[8.1 General Requirements 48](#_Toc123647793)

[8.2 Monitoring of exsiting structure 48](#_Toc123647794)

[8.3 Monitoring of Underpinning Structure 48](#_Toc123647795)

[8.4 Monitoring of Lateral Retaining and Proteciton Structure 49](#_Toc123647796)

[8.5 Monitoring of Surroundings around Foundation Pit 49](#_Toc123647797)

[9 Acceptance 50](#_Toc123647798)

[9.1 General Requirements 50](#_Toc123647799)

[9.2 Entiative Inspection 51](#_Toc123647800)

[9.3 Acceptance 51](#_Toc123647801)

[Appendix A Calculation of reduction coefficient of side friction of pile foundation considering the effect of excavation unloading 53](#_Toc31925)

[Appendix B Division of engineering division, sub-division engineering and sub-project division in Top-down basement addition project beneath Existing buildings 54](#_Toc10429)

[Explanation of Wording in this Specification 55](#_Toc123647802)

[List of Quoted Standards 56](#_Toc123647803)

1 总 则

**1.0.1** 为规范既有建筑地下增层的技术要求，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境，制定本规程。

**条文说明：**既有建筑地下开挖增层技术可避免当前大拆大建的建设模式，是城市地下空间开发建造的新途径。目前国内已有多个利用逆作技术在既有建筑下方进行开挖和增建地下空间的工程案例，如杭州甘水巷3#组团、北京市音乐堂（原中山音乐堂）、中国工商银行扬州分行办公楼附楼、济南商埠区某医院历史建筑、济南修女楼、济南宏济堂等工程先后进行了既有建筑地下开挖增层。

既有建筑地下增层技术是在上部建筑物已先期施工完成的前提下进行地下逆作开挖，因而其实施难度与常规逆作法工程相比要大得多, 如地下开挖阶段的竖向支承体系（托换结构体系）受力复杂，基础底板结构和竖向承重构件与临时托换构件和上部既有结构之间的连接构造复杂，施工限制因素多等。由于缺少相关行业标准，工程建设存在安全隐患，因此迫切需要系统总结该领域的关键技术，以便更好地服务于工程实践。本条规定是制定本规程的基本方针和原则。

**1.0.2** 本规程适用于既有建筑地下增层的设计、施工、监测和验收。

**条文说明：**本条规定明确了地下增层的范围，包括无地下空间的既有建筑增设地下空间以及在既有建筑原有地下空间基础上向下扩展地下空间。

**1.0.3** 既有建筑地下增层的设计、施工、监测和验收除应执行本规程外，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** 既有建筑 existing building

已建成可以验收的建筑或已投入使用的建筑。

**2.1.2** 地下增层 basement addition

利用基础托换等技术在既有建筑下方进行开挖和增设地下空间，以达到增加地下使用面积、提升使用功能的目的。

**2.1.3** 托换体系 underpinning system

在既有建筑地下增层过程中，采用桩、承台、基础梁等新增构件与原基础构件共同组成的用于支承既有建筑的结构体系。

**2.1.4** 主动托换 active underpinning

在既有建筑结构托换之前，通过千斤顶对新增基础和构件预加荷载，消除托换体系的部分变形，分级分步实施荷载转移，使托换后桩和结构的变形控制在较小的范围内。

**2.1.5** 被动托换 passive underpinning

在既有建筑结构托换之前，对新增基础和构件的托换体系不预加荷载，通过被托换构件微小变形使新增基础和构件的托换体系发挥作用，达到托换目的。

**2.1.6** 托换桩 vertical components of underpinning piles

既有建筑地下增层过程中，土方开挖之前施作于原基础下方，用于支承既有建筑的竖向托换构件，包括既有工程桩和新增托换桩。新增托换桩又分为临时托换桩和永久托换桩。

**2.1.7**  临时托换桩 temporary vertical components of underpinning piles

仅作为既有建筑地下开挖增层施工阶段的托换桩，地下增层施工完成后不作为工程桩使用。

**2.1.8** 永久托换桩 permanent vertical components of underpinning piles

在地下增层施工完成后需作为工程桩使用的托换桩。

## 2.2 符号

**2.2.1** 作用效应

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Nl* | —— | 侧向支撑的轴向力设计值； |
| *F*m0 | —— | 锚杆静压桩封桩预加载压力。 |

**2.2.2**  抗力和材料性能

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Q*uk | —— | 单桩竖向极限承载力标准值； |
| *R*a | —— | 单桩竖向承载力特征值； |
|  | —— | 单桩极限端阻力标准值； |
|  | —— | 单桩第*i*层土的极限侧阻力标准值； |
| *E*c | —— | 混凝土弹性模量。 |

**2.2.3** 几何参数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 桩身周长； |
|  | —— | 第*i*层岩土厚度； |
| *h*0 | —— | 桩的临界入土深度； |
| *l*c | —— | 桩的计算长度； |
| *l* | —— | 桩的外露长度； |
| *h* | —— | 桩的实际入土深度； |
| *h*j | —— | 托换承台的截面高度。 |

**2.2.4** 计算参数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 抗拔系数； |
|  | —— | 桩-土破坏界面的摩擦角； |
|  | —— | 内置型钢的预加载率； |
| *β* | —— | 超压系数； |
|  | —— | 土的有效内摩擦角； |
|  | —— | 混凝土收缩应变； |
|  | —— | 徐变系数； |
|  | —— | 初始应力作用下混凝土应变； |
|  | —— | 含钢率； |
| *n* | —— | 钢筋与混凝土弹性模量之比； |
| *p* | —— | 土压力； |
| *v*s | —— | 土体水平位移； |
| *k* | —— | 土体的水平反力系数； |
| *η* | —— | 计算点的桩侧摩阻力折减系数； |
| *f* | —— | 计算点的桩侧阻力标准值； |
|  | —— | 计算点的土体竖向有效应力 |
| *OCR* | —— | 计算点土的超固结比； |
|  | —— | 与超固结比相关的参数； |
| z | —— | 自原基础底面起算的计算点深度； |
|  | —— | 原基础底面至计算点深度范围内土层的平均有效重度； |
| *q* | —— | 原基础底面土的反力。 |

3 基本规定

## 3.1 一般规定

**3.1.1** 既有建筑地下增层前应对建筑物进行检测与鉴定。当鉴定结果不满足要求时应采取相应的加固措施。

**3.1.2** 既有建筑地下增层方案应根据既有建筑类型与现状、基础形式、周边环境、地质条件、开挖深度、施工条件等因素综合确定。

**3.1.3** 确定新增地下室外轮廓线时，宜沿既有建筑边线外扩1~2跨作为地下增层施工的出土口和材料、设备出入口。

**3.1.4** 既有建筑地下增层结构设计应包含下列内容：

1 托换结构布置；

2 托换结构的承载力和稳定性计算；

3 托换结构变形计算及其对上部结构影响分析；

4 侧向支护设计；

5 新增地下结构及基础设计；

6 连接节点设计。

**条文说明：**既有建筑地下增层时由于上部建筑物荷载已存在，在下部地下空间施作期间，保证上部既有建筑的安全是该技术的关键。

**3.1.5** 既有建筑地下增层设计尚应包括规划、建筑防火、防水、人防和机电等相关设计。

**3.1.6** 既有建筑地下增层施工前应编制专项施工方案，施工作业流程宜符合图3.1.6的要求。专项施工方案应包含下列内容：

1 竖向托换构件施工；

2 水平托换构件施工；

3 侧向支护结构施工；

4 土方开挖和地下水控制；

5 新增地下室基础及结构施工；

6 临时支撑及托换构件拆除。



图3.1.6 地下增层施工工艺流程图

**条文说明：**本规程主要针对既有建筑下方进行开挖和增设地下空间的原位增层，除原位增层外，既有建筑也可进行移位增层。在既有建筑外侧先建好地下空间时，将建筑物移至新建地下空间的正上方，并将移位建筑物和地下空间连接，完成地下增层。其施工工艺流程图按图1进行，示意图见图2。进行移位增层时，可根据移位增层相关规范进行设计、施工。



图1 建筑物移位地下增层施工工艺流程图

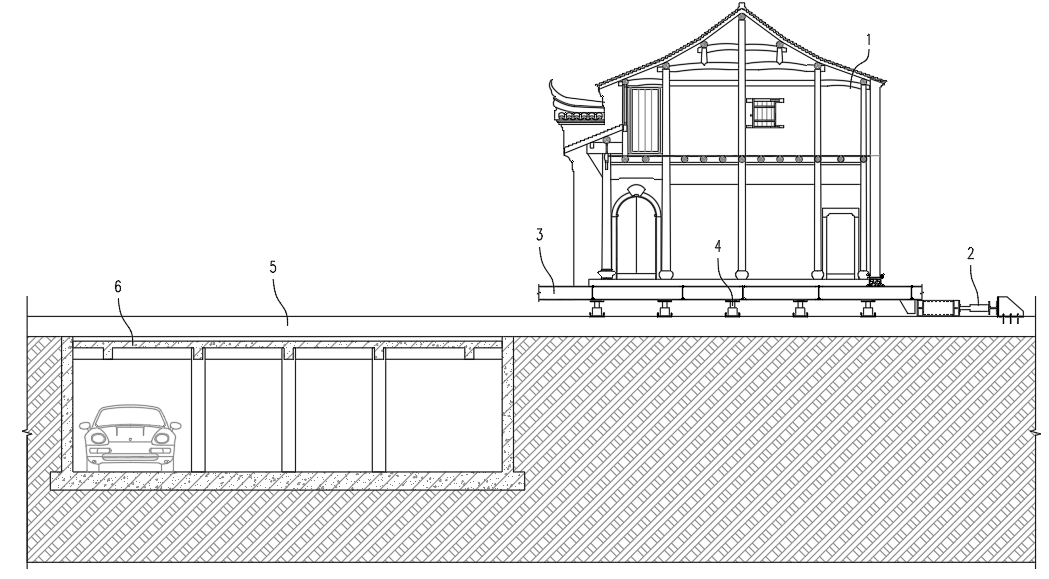


图2 建筑物移位地下增层示意图

1-既有建筑 ；2-顶推/牵引装置； 3-托换结构； 4-移位设备； 5-移位轨道； 6-新建地下空间

**3.1.7** 既有建筑地下增层工程应对托换体系、侧向支护体系、既有建筑结构和周边环境进行全过程监测。

**条文说明：**应对托换桩、托换结构、支护体系、地下水位、周边土体、地下管线、邻近建（构）筑物进行动态监测并及时反馈。竣工后的沉降等监测时间应根据地基土的类别、基础的形式、建(构)筑物的结构形式等综合考虑，监测时间不宜小于60天。

## 3.2 既有建筑检测与鉴定

**3.2.1** 既有建筑检测与鉴定前，应查阅工程图纸、搜集资料，并应对建筑物使用条件、使用环境、结构现状等进行现场调查、检测，必要时应进行监测。其工作的范围、内容、深度和技术要求，应满足检测与鉴定工作的需要。

**3.2.2** 当既有建筑的工程图纸和资料不全或与现场实际不符时，应对原建筑物的结构布置、受力构件的外形尺寸进行测绘，对受力构件的实际配筋、保护层厚度等进行检测。

**条文说明：**当既有建筑的工程图纸和资料齐全，且真实和有效时，可仅进行验证性检查和检测；当结构存在资料缺失或失真现象时，应重点以现场详细核查和检测作为依据，保证结构鉴定与加固的可靠性。

**3.2.3** 既有建筑结构的检测与鉴定应包括下列内容：

1 结构形式、楼屋盖形式、墙体材料与砌筑方式等；

2 建筑结构布置、结构及构件尺寸与设计资料或图纸的符合性；

3 结构构件的裂缝、损伤和缺陷；

4 结构、构件变形情况；

5 建筑物装饰装修情况；

6 材料强度；

7 结构和构件进行承载力验算。

**3.2.4** 针对不同结构类型的建筑物，重点检测下列材料强度：

1 钢筋混凝土结构的混凝土强度和钢筋性能；

2 砖砌体结构砂浆和块材强度；

3 钢结构的钢材强度，螺栓种类、排布方式、数量、高强螺栓终拧扭矩，焊缝质量等。

**3.2.5** 验算采用的计算模型应符合结构受力和构造的实际情况，结构或构件的材料强度 、几何参数可采用原设计值，当检测结果不符合原设计规定时，应按实际结果取值。

**3.2.6** 既有建筑地基基础的检测与鉴定应包括下列内容：

1 场地类别与地基土状况；

2 地基承载力(原位或土工试验)；

3 基础、桩的外形尺寸、埋置深度、基础开裂、材料强度、钢筋锈蚀程度；

4 地基基础沉降（变形）。

**3.2.7** 当利用既有工程桩作为托换桩时，应对其材料强度、外形尺寸、垂直度偏差等内容进行检测与鉴定。

**条文说明：**托换桩是既有建筑地下增层中的重要受力构件，当现行检测鉴定相关规范未能包含设计单位重点关注的检测与鉴定内容时，设计单位可根据实际工程需求提出补充检测与鉴定内容。

## 3.3 环境调查

**3.3.1** 既有建筑地下增层设计前应对周边环境展开调查。

**条文说明：**鉴于既有建筑处于服役状态，周边管线复杂，地下增层时，必须对周边环境进行调查。

**3.3.2** 环境调查应在已有勘察报告和设计文件的基础上，根据工程条件及采用的施工方法、工艺，判定需补充查明的地下埋藏物及周边环境条件。

**3.3.3** 环境调查应包括下列内容：

1 应查明周边影响范围内各类地下管网的类型、材质、分布、使用情况以及对施工振动和变形的承受能力。

2 应查明周边的建(构)物结构类型、基础形式、埋深及围护结构的分布。

3 应查明周边道路分布及运行车辆载重情况。

4 应查明地下增层施工机械及材料等进出场路线情况。

**条文说明：**环境调查的对象主要指会对既有建筑地下增层基础及基坑工程产生影响或受其影响的周围建(构)筑物、道路、地下管线、贮输水设施及相关活动等，以及施工时的荷载堆放、运输车辆的道路。此外，宜进一步查明既有建(构)筑物的高度、建成时间、沉降变形、损坏和维修等情况。

## 3.4 岩土工程勘察

**3.4.1** 既有建筑地下增层工程应收集既有建筑物岩土工程勘察报告，如原勘察报告不满足地下增层设计要求时应进行补充勘察。

**条文说明：**既有建筑无地下室，地下增层需进行侧向支护和抗浮设计，或者既有建筑为柱下扩展基础，地下增层后需要调整基础形式时，需通过补充勘察提供相关设计参数。

**3.4.2** 既有建筑地下增层工程岩土工程勘察除应符合现行国家标准的有关规定外，尚应重点查明竖向托换构件、围护结构影响范围内工程地质及水文地质条件。

**3.4.3** 既有建筑地下增层工程的补充勘察应包括以下内容：

1 场地土层分布、岩土物理力学性质的统计与综合分析，提出增层地下室托换桩、抗浮锚杆及侧向支护基坑工程设计参数的建议值；

2 地下水类型、埋藏条件、水位变化、补给条件、土层的渗透系数等水文地质资料以及地表水体情况，并估计其对基坑工程的影响；评价基坑发生管涌和坑底隆起的可能性；提出基坑工程降水和隔渗方案建议；

3 对拟采用的基坑支护结构和基础形式的建议，以及设计和施工中应注意的事项；

4 估计基坑开挖和降水对周围环境可能产生的不利影响，并提出防范建议；

5 有关图表，包括场地总平面和勘探点位置图、工程地质剖面图、试验及建议采用的物理、力学参数表等。

**3.4.4** 勘察范围宜包括既有建筑基础平面并外延至地下空间总开挖深度的 1~2倍；当工程地质条件复杂或存在深厚的软弱土区域时，勘察范围宜适当加大，勘探点宜适当加密。

**3.4.5** 勘察点的深度宜根据建筑设计、场地岩土工程条件确定，勘察深度一般为拟建地下空间基础埋置深度的2~3倍，并且不小于《岩土工程勘察规范》GB50021的相关要求；当场地工程地质条件复杂或存在深厚的软弱土区域，勘察深度宜适当加大。

## 3.5 建筑及机电设计

**3.5.1** 既有建筑增层地下室的建筑防火设计并应符合下列规定：

**1** 增层地下室应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016；

2 增层地下室应与原有建筑进行消防一体化设计。新增地下室的相关消防设施应接受建筑火灾自动报警控制设备和消防控制设备的整体控制。

**3.5.2** 既有建筑增层地下室的建筑防水设计应符合现行国家规范《建筑与市政工程防水通用规范》（GB55030）及的有关规定，并应满足下列要求：

**1** 增层地下室与既有建筑交接界面处防水等级宜提高一级，已为一级的可不再提高；新旧构件连接部位、阴阳角等特殊部位应增加防水层；

**2** 增层地下室的防水材料性能应与工程使用环境和实际情况相适应，条件复杂的增层地下室的防水材料选择应充分考虑工程所处环境和工作条件，提高耐久性要求，不宜按照规范下限进行设计；

**3** 增层地下室的变形缝、施工缝、后浇带、穿墙管（盒）、预埋件、预留通道接头、桩头等细部构造，应加强防水措施；结构变形缝设置的橡胶止水带应满足结构允许的最大变形量；穿墙管设置防水套管时，防水套管与穿墙管之间应密封。

**3.5.3** 既有建筑增层地下室的建筑机电设计应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB50015、《民用建筑电气设计规范》GB51348、《建筑物防雷设计规范》GB50057、《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736的规定，并应满足下列要求：

**1** 增层地下室建筑机电设计应充分考虑原有建筑机电系统情况，进行一体化设计；

**2**  增层地下室的防雷设计，应在认真调查增层地下室地质、环境等条件以及被保护物的特点等的基础上，详细研究防雷装置的形式及其布置。 利用建筑物的钢筋作为防雷装置的，应与增层地下室的相应位置的钢筋相连接。

**3** 电梯等设备设施应向增层地下室延伸到达或者采用摆渡的方式到达，便于使用。

4 托换结构设计

## 4.1 一般规定

**4.1.1** 既有建筑托换结构设计，应综合考虑施工阶段、正常使用阶段全过程的承载力和变形控制要求、施工可行性、经济性等因素，经技术经济分析确定。

**4.1.2** 既有建筑托换结构设计，应根据既有建筑的结构类型、荷载情况及场地地基土情况进行方案比选，采用整体托换、局部托换或托换与加强既有建筑整体刚度相结合的方案。

**4.1.3** 对于单建式地下建筑或荷载不大的地上建筑可采用被动托换形式；对于高层建筑、对变形控制要求高的建筑或需要抬升标高的建筑地下增层时宜采用主动托换形式。

**条文说明：**对变形控制要求高的建筑，可通过预应力封桩或设置主动提升调平装置，实现竖向荷载的主动转换与变形控制。

**4.1.4** 既有建筑托换结构设计应按上部结构、既有地下室或基础、地基变形协调的原则进行承载力、变形验算。当既有结构的基础沉降、倾斜、变形、开裂超过国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 - 2011的有关规定时，应就危险点排除、结构加固、基础托换等进行综合设计。

**4.1.5** 既有建筑托换结构设计除满足本规程的要求外，尚应符合现行标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003、《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑桩基技术规范》JGJ 94、《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123、《建(构)筑物托换技术规程》CECS 295、《建筑物移位纠倾增层改造技术规范》CECS 225的要求。

## 4.2 托换结构布置

**4.2.1** 托换结构的布置应满足既有建筑地下增层过程中的受力、变形与稳定性要求，并应考虑施工可行性和便利性，可采用分散托换方案、集中托换方案或分散与集中托换组合方案。

**条文说明：**既有建筑原基础为桩基础时，应尽可能利用原工程桩作为施工阶段的竖向支承体系。托换桩应结合地质条件、柱网布置、施工要求等条件，进行选型和布置，并满足施工和使用期间各工况下的承载力和变形要求。

**4.2.2** 既有建筑地下增层基础托换宜采用桩基托换，可选用的桩型为锚杆静压桩、钻孔灌注桩、人工挖孔桩、树根桩、高喷扩径锚杆静压复合桩、水泥土复合钢管桩等。

**条文说明：**锚杆静压桩应按“对称布置、受力均衡”的原则，以一根结构柱为一组，采用“一柱两桩”、“一柱四桩”等形式进行布置。每组锚杆桩的顶部应设置混凝土转换承台，上部结构柱的柱底反力（轴力、弯矩和剪力）通过转换承台传递给下部锚杆桩，使每组锚杆桩能整体受力、共同工作。混凝土承台可利用原柱下独立基础，当原基础尺寸偏小或承载力不足时，应事先进行加固。当利用原柱下独立基础作为每组锚杆桩共同工作的转换承台时，不利于后期新增地下室内部结构柱的施工，新浇筑的柱顶部与原结构柱的底端之间的连接处理相对比较困难。为方便后期新增地下室结构柱施工，可在原独立柱基的上方另行浇筑混凝土转换承台的方式进行加固，该技术已应用于杭州甘水巷3#组团工程。

**4.2.3** 托换桩布置时，宜使桩群承载力合力点与竖向荷载合力作用点重合，并使基桩受水平力和力矩较大方向有较大抗弯截面模量。桩位宜采用对称方式布桩，减少偏心。当无法对称布桩时，可采用增大基础面积、加深桩长等进行基础托换。

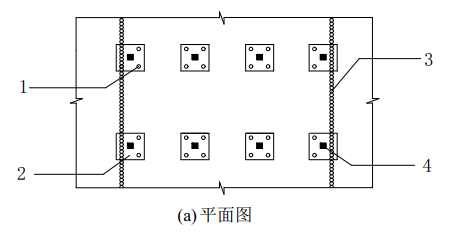
**4.2.4** 当既有建筑为框架结构且采用桩基础时，柱荷载应通过组合承台传递至既有工程桩和新增托换桩（图 4.2.4）。



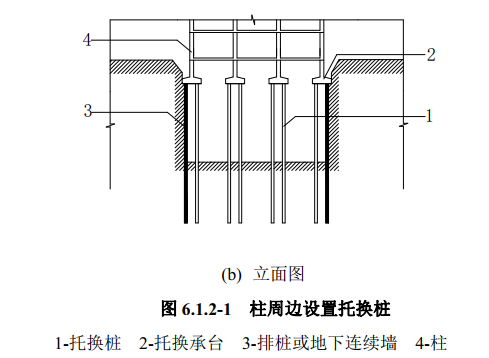
图4.2.4 组合承台托换布置示意图

1-托换桩； 2-托换承台； 3-既有工程桩； 4-柱

**4.2.5** 当既有建筑为框架结构并采用天然地基独立基础或筏板基础时，托换桩宜靠近柱集中布置。当既有建筑边界临近基坑边界时，可利用基坑支护排桩或地下连续墙兼作托换桩。柱荷载应通过既有基础或新增托换承台传递到托换桩（图 4.2.5）。



（a）平面图



（b）立面图

图4.2.5 框架结构托换布置示意图

1-托换桩； 2-托换承台； 3-排桩或地下连续墙 ；4-柱

**4.2.6** 当既有建筑为砌体结构并采用条形基础时，托换设计应符合下列规定:

1 宜在砌体墙两侧分散均匀布置小截面托换桩，上部结构荷载通过托换梁传递到托换桩（图4.2.6）；



图4.2.6砌体结构条形基础托换示意图

1-锚杆静压桩 2-托换承台 3-夹墙梁 4-抬墙梁 5-封边梁

2 当既有建筑荷载较轻、地下增层层数较多或为加快基坑开挖效率时，可在建筑外围和房间中部设置大直径托换桩和大刚度托换梁，桩位的布置应结合施工阶段及正常使用阶段受力、施工机械的操作空间、永久结构框架梁柱的位置等综合确定。

**4.2.7** 应结合托换桩的布置，将既有建筑的基础加固形成具有整体刚度的结构体系，可采用框架梁式体系、筏板体系或相结合的体系。

**条文说明：**既有建筑原位地下增层属于逆作法的一种，但与常规逆作法又有明显不同：常规逆作法利用临时钢立柱支撑上部结构，由于上部结构尚未施作，所以钢立柱平面位置不受上部结构限制；但既有建筑地下增层时，由于上部结构竖向构件（墙柱）已经存在，所以新增的竖向托换构件只能采用从既有建筑竖向构件的周边或者两相邻竖向构件中间位置设置，然后用托换承台或者托换梁将两者连接，为了增强托换体系的整体性和抗变形能力，需要将托换承台、托换梁等构件连接能一个整体。

**4.2.8** 对于历史保护建筑，托换结构布置应避开重点保护部位并采用软性隔离保护措施；当无法避开时，应征得许可后采取保护性卸解后再原样复原的措施。

## 4.3 托换桩设计

**4.3.1** 既有建筑托换桩按其使用功能可分为临时性托换桩和永久性托换桩。临时托换桩可仅对施工荷载作用下的桩身强度、稳定性及变形进行验算。永久托换桩除了对施工荷载作用下的桩身强度、稳定性及变形进行验算外，还应按照永久设计工况和地震设计工况对桩身强度、稳定性及变形进行计算。

**4.3.2** 托换桩的设计等级宜为甲级，不应低于乙级。

**4.3.3** 新增托换桩竖向抗压极限承载力应通过静载荷试验确定。新增永久托换桩在使用阶段承受拔力时，其抗拔极限承载力也应通过静载荷试验确定。

**4.3.4** 利用既有工程桩作为托换桩时，其竖向极限承载力应根据岩土工程勘察报告、房屋建造时的基桩静载荷试验结果和桩基实测沉降等资料综合分析确定。房屋建造时未进行静载荷试验的，宜补充静载荷试验。

**4.3.5** 单桩竖向抗压或抗拔极限承载力试验应采用慢速维持荷载法。试桩数量应符合《建筑桩基技术规范》JGJ94的相关规定。

**4.3.6** 托换桩承载力验算时，应扣除开挖段的桩侧摩阻力，按照土方开挖后埋置在土体中桩身实际长度计算；当开挖深度大于10m或超过开挖后有效桩长的1/3时，宜考虑开挖卸荷对工程桩承载力的影响。

扣除开挖段桩侧摩阻力后的单桩竖向抗压和抗拔极限承载力标准值应按下式计算：

单桩竖向抗压极限承载力标准值：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （4.3.6-1） |

单桩竖向抗拔极限承载力标准值：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | | （4.3.6-2） |
| 式中：*Q*uk、*Q*ubk | —— | 单桩竖向抗压和抗拔极限承载力标准值； | |
| *Ra、Rta* | —— | 既有基桩单桩竖向抗压和抗拔承载力特征值； | |
| *q*pk、*q*sik | —— | 为桩的极限端阻力标准值、第*i*层土的极限侧阻力标准值，应采用根据单桩静载荷试验结果修正后的端阻力和侧阻力标准值。 | |
| *λi* | —— | 抗拔系数； | |
| *up* | —— | 桩身周长； | |
| *liw* | —— | 开挖段第*i*层土的厚度。 | |

**条文说明：**对于软土地区，用于载荷试验的试桩与工程桩皆在地面完成，试桩得到的单桩承载力与实际工程桩存在两个主要的差别：其一，需扣除开挖段桩身侧摩阻力，得到有效桩长的实际承载力；其二，基坑开挖后，工程桩周土体围压减小，导致承载力的降低，不能简单将地面试桩承载力扣除开挖段后得到的有效桩长承载力作为工程桩的承载力，否则相对于工程实际偏于不安全。理论上讲开挖卸荷对抗拔桩的影响大于承压桩。承载力的损失与开挖半径、开挖深度、有效桩长、桩型等因素有关。上海软土地区相关分析（表1）得到的主要影响规律如下：1）开挖半径，随着开挖半径的增加，抗拔桩的承载力损失比例逐渐增大。当开挖半径R小于有效桩长L时（R/L<1），损失比例基本呈线性增加；当1<R/L<2时，损失比例增长趋势变缓。当R/L>4后，开挖半径的继续增加对承载力的损失影响就相当微小了，开挖效应已充分体现。群桩分析表明，邻近基坑的边桩的承载力损失比相对较小，而中心桩的承载力损失比则相对较大。2）开挖深度，开挖深度是决定桩基承载力损失比例的最直接因素，相同条件下，当挖深H越大时，开挖引起的承载力损失比例越大。3）有效桩长，随有效桩长L与开挖深度H比值的增加，开挖引起的桩基抗拔承载力损失比例变小。H/L=0.3、H/L=0.5、H/L=0.7时，开挖引起的承载力损失比例最大值分别可达20%、30%、40%左右，因此，对于开挖深度与平面尺寸一定的工程，减少开挖对承载力影响的最有效办法是增加有效桩长。参考上述分析结果，认为开挖深度与有效桩长比例大于三分之一时，开挖引起的托换桩承载力损失可能会超过15%，宜考虑开挖卸荷对桩基承载力的影响。

表1 承载力损失比与深长比和径长比关系

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| R/L  H/L | 0 | 0.2 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.1 | 0 | 2.6% | 4.2% | 5.2% | 5.7% | 5.8% |
| 0.3 | 0 | 4.7% | 10.3% | 13.2% | 14.3% | 14.8% |
| 0.5 | 0 | 9.8% | 14.4% | 18.7% | 20.5% | 21.4% |
| 0.7 | 0 | 14.3% | 17.8% | 22.83 | 25.2% | 26.4% |
| 1.0 | 0 | 16.0% | 21.5% | 26.86 | 29.8% | 31.5% |

**4.3.7** 当考虑开挖卸荷对桩极限承载力的影响时，可按附录A对托换桩承载力进行估算。

**条文说明：**开挖卸荷后坑底土体有效应力减小，桩土界面的法向应力和桩端土层上覆压力随之降低，将导致桩的侧阻力和端阻力减小，使托换桩的竖向抗压和抗拔极限承载力下降。可采用有限元法或基于Mindlin解的极限平衡简化分析方法进行分析。

（1）有限元分析方法

建立轴对称有限元分析模型，桩土皆采用实体单元模拟，桩土之间设置接触面，桩身采用弹性模型，土体采用弹塑性模型，接触面可采用粘滑库伦摩擦模型。模型应以工程实例为模拟对象，先进行开挖前的桩基加载试验模拟，以试桩的实测荷载-位移关系曲线为基本目标，通过相关参数的调整，使得计算得到的荷载-沉降曲线与实测拟合接近，并认为此时对应的计算模型和参数是合理的。在此基础上，模拟基坑开挖，开挖至基底后再模拟托换桩加载试验得到另一组荷载-沉降曲线，以此求得开挖前后承载力对比。有限元分析中计算参数选取是关键，因此，该方法强调对开挖前地面试桩的模拟，是验证模型和确定参数必要环节，在此基础上，开挖后的计算结果可靠度更高。

（2）基于Mindlin解的极限平衡简化分析方法

该简化分析方法首先建立了桩土接触面侧摩阻力与法向力的关系，从而通过桩土法向力求解托换桩的承载力。然后，应用经典Mindlin应力解计算一定开挖半径和深度的土体自重在开挖面下引起的附加应力变化，求得开挖后托换桩的桩身法向力，从而得到托换桩承载力。简化计算方法公式明确、计算参数少且易获取，便于操作。由于采用了弹性理论，该方法会夸大卸荷的影响，但从工程角度取值会更安全。

考虑开挖卸荷对桩极限承载力的影响时，可将桩侧各土层的侧阻力标准值乘以对应深度计算点的折减系数，计算时土层分层厚度可取1m，并取该层1/2层度处作为计算点的深度。需要进一步说明的是，开挖卸荷对桩极限承载力的影响也包括桩端阻力的降低，本条仅给出了开挖卸荷对桩侧阻力折减系数的计算方法。桩长较长时，开挖卸荷效应对桩极限承载力影响主要反映在桩侧阻力的降低；桩长较短时，桩端阻力的影响也不可忽视。

为计算开挖卸荷引起不同部位土体竖向有效应力的变化，可将基坑开挖卸荷视为在开挖面施加向上的均布荷载，大小为，利用经典Mindlin应力解，通过积分可得到考虑开挖卸荷引起的坑底以下各计算点的竖向附加应力及竖向有效应力。

实际工程中，往往采取分层开挖，以缓慢释放坑底卸荷附加应力，控制基坑底部土体的回弹变形。为分析分层开挖和一次性开挖对坑底卸荷应力的影响，假定基坑平面尺寸为32m×32m，开挖深度为10m，一次性开挖计算模型如图3.1；分层开挖模型如图3.2，共分5层开挖，每层厚度均为2m。图3.3和图3.4分别为一次性开挖和分层开挖时的卸荷附加应力计算结果。从图中可知，一次性开挖和分层开挖计算得到的卸荷应力，虽有一定差异，但差异并不大。图3.5为分层开挖时各层开挖对应的卸荷应力，图3.6为分层开挖与一次性开挖的卸荷应力差值，可见，采用一次性开挖模型计算的卸荷应力略偏大，但差值较小。因此，针对工程应用而言，可采用偏于安全的一次性开挖模型计算坑底卸荷应力。

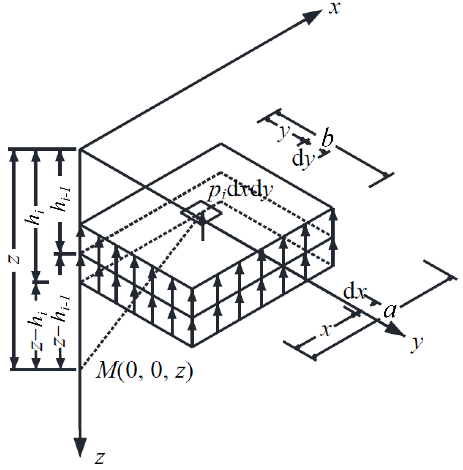
 

图3.1 一次性卸荷条件下的附加应力计算模型 图3.2 分层卸荷条件下的附加应力计算模型

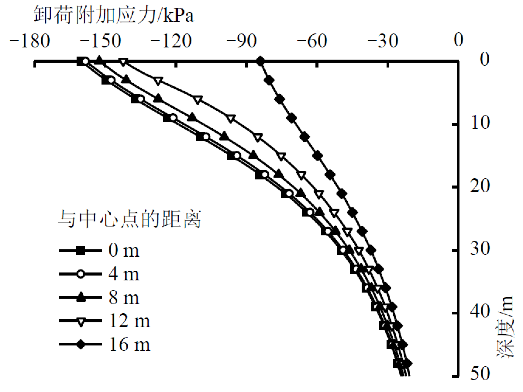
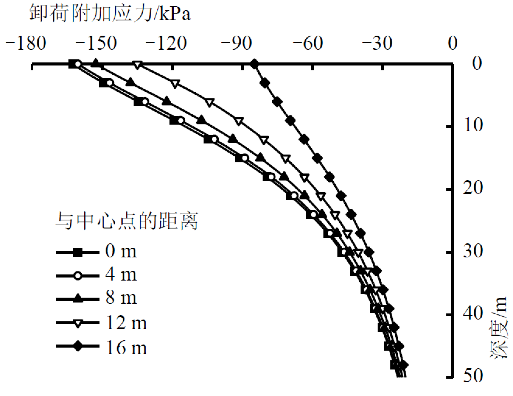
 

图3.3 一次性卸荷附加应力随深度的分布 图3.4 分层卸荷附加应力随深度的分布

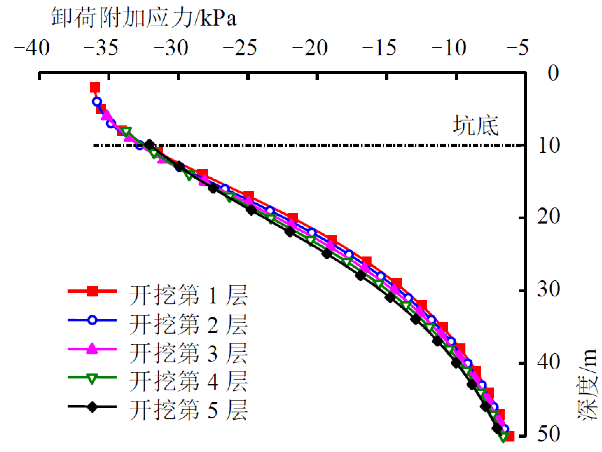
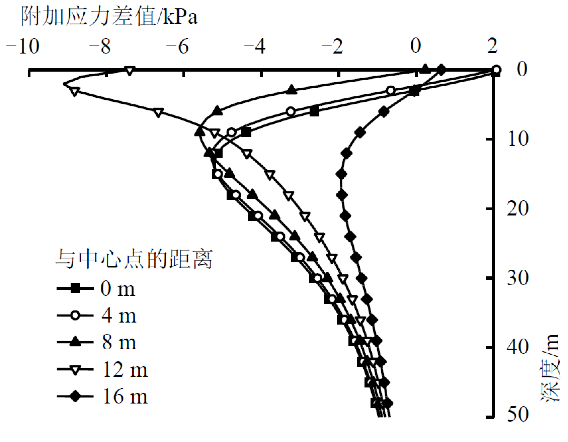
 

图3.5 分层开挖时各层对应的卸荷应力 图3.6 分层开挖与一次性开挖的卸荷应力差值

**4.3.8** 当采用新增托换桩与既有工程桩联合作为竖向托换结构时，应采取措施保证新增托换桩与既有工程桩之间的协同工作。新增托换桩应采用持荷封桩，桩顶持荷量应满足下列公式的要求：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （4.3.8-1） |
|  |  | （4.3.8-2） |
|  |  | （4.3.8-3） |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中 *Fm*0 | —— | 桩顶持荷量，即封桩时的桩顶预加载压力； |
| *n*1、*n*2 | —— | 某一桩承台下的既有工程桩与新增托换桩的数量； |
| *R*k1、*R*k2 | —— | 分别为考虑开挖卸荷影响后的既有工程桩、新增托换桩的单桩竖向抗压承载力特征值； |
| *P*0、 | —— | 分别为既有建筑地下开挖增层前承台所受的轴向荷载标准值、施工阶段承台所受的新增轴向荷载标准值； |
| *β* | —— | 考虑新增托换桩沉降变形松弛采取的预加载超压系数，可取1.2~1.5。 |

**4.3.9** 地下开挖施工阶段，应根据每一步开挖深度和桩的约束条件变化，按最不利开挖工况验算托换桩的桩身承载力。考虑桩身压曲影响的稳定系数应根据桩身压曲计算长度和桩的设计直径*d*（或矩形桩短边尺寸*b*）按《建筑桩基技术规范》JGJ94规定的方法计算确定。

**条文说明：**桩顶和桩身侧向约束状态是决定托换桩稳定性和桩身承载力的主要因素。既有建筑地下开挖阶段施工期间，托换桩上部受到原基础（或新增临时承台）的约束，下部受土体的侧向约束，由于不同土方开挖阶段、不同施工工况条件下托换桩的侧向约束是动态变化的，其稳定性和承载能力也是不断变化的，因此托换桩的计算长度确定和稳定承载力计算必须按照不同开挖工况、不同侧向约束条件分别进行分析，并按最不利工况进行桩身承载力验算。

**4.3.10** 托换桩的桩身压曲计算长度的确定，应考虑开挖深度、桩顶和桩身约束情况、桩的入土深度、桩侧和桩端土质条件等因素，宜通过考虑桩顶和侧向实际约束状况的屈曲分析得到轴向屈曲荷载反算确定，也可按本规程第4.3.11~4.3.13条计算确定。

**4.3.11** 当托换桩的桩顶承台通过内支撑结构体系与基坑周边挡墙连为整体时，桩身压曲计算长度可按下列公式计算确定：

**1** 开挖面以下桩的实际入土深度*h*≥*h*0时：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | |  | （4.3.11-1） |
|  | | |  | （4.3.11-2） |
|  | | |  | （4.3.11-3） |
| 式中： *l*c | —— | 桩身压曲计算长度（m）； | | |
| *l* | —— | 开挖面以上桩的外露长度（m）； | | |
| *h* | —— | 开挖面以下桩的实际入土深度（m）； | | |
| *h0* | —— | 开挖面以下桩的临界入土深度（m）； | | |
| *T* | —— | 桩土作用特征系数（m）； | | |
| *μ*1 | —— | 计算长度系数：当桩顶为铰接时取0.7；当桩顶为固接时取0.5； | | |
|  | —— | 考虑基坑挡墙侧向位移影响的计算长度放大系数，可取； | | |
| *E*c | —— | 桩的弹性模量（N/m2）； | | |
| *I* | —— | 桩的惯性矩（m4）； | | |
| *m* | —— | 土体水平地基反力系数的比例系数（N/m4）； | | |
| *b*0 | —— | 桩身计算宽度，通常取桩身直径的2倍（m）。 | | |

**2** 开挖面以下桩的实际入土深度*h*＜*h*0时：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | |  | （4.3.11-4） |
| 式中： *μ*2 | —— | 计算长度系数：当桩顶为铰接，桩尖未嵌岩时取1.0；当桩顶为铰接，桩尖嵌岩时取0.7；当桩顶为固接，桩尖未嵌岩时取0.7；当桩顶为固接，桩尖嵌岩时取0.5； | | |

**4.3.12** 当托换桩的桩顶承台和既有建筑原基础与基坑周边挡墙脱开时，开挖面以下桩的实际入土深度不应小于临界入土深度*h*0，此时桩身压曲计算长度可按下列公式计算确定：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （4.3.12） |

式中，为计算长度系数，当桩顶为铰接时，取=2.0；当桩顶为刚接时，取=1.0。

**4.3.13** 当地下增层的层数为2层或多于2层时，宜先逆作施工地下室水平梁板结构，此时，托换桩的桩身压曲计算长度可按下列公式计算确定：

**1** 桩顶承台与水平结构之间、水平结构与水平结构之间的托换桩：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （4.3.13） |

式中，为上下道水平支撑结构中心线之间的垂直距离。当托换桩承台和水平梁板结构与基坑周边挡墙连为整体时，取*μ*4=1.0，*ζ*1=1.1；当托换桩承台和水平梁板结构与基坑周边挡墙脱开时，取*μ*4=1.5，*ζ*1=1.0。

**2** 最下道水平结构与开挖面之间的托换桩，其桩身压曲计算长度*l*c可分别按本规程第4.3.11条和第4.3.12条计算确定，此时，开挖面以上桩的外露长度*l*取最下道水平结构中心线至开挖面的垂直距离，托换桩与最下道水平结构的连接节点宜按铰接考虑。

**4.3.14** 当开挖后托换桩暴露长度较大、稳定性不满足要求时，可在托换桩之间增设临时支撑。当考虑临时支撑的有利作用时，托换桩的桩身压曲计算长度，宜根据桩身侧向实际约束状态通过屈曲分析得到轴向屈曲荷载反算确定。

**4.3.16** 当托换桩稳定性不满足要求时，宜通过增加截面或增设侧向支撑的方式提高其稳定性；当增设多层地下室，土方开挖至每层地下室梁板设计标高时，宜立即施工梁板，形成对托换桩的有效约束。

**4.3.17** 桩间侧向支撑应按下列规定进行强度和稳定性验算：

1 按强度验算时，应按下式验算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （4.3.17-1） |

2 按稳定性验算时，应按下式验算：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | |  | （4.3.17-2） |
| 式中： *σ* | —— | 侧向支撑应力值（N/mm2）； | | |
| *A*c | —— | 侧向支撑的净截面面积（mm2）； | | |
| *A* | —— | 侧向支撑的毛截面面积（mm2）； | | |
| *Nl* | —— | 侧向支撑的轴向力设计值，按本规程4.3.19条规定计算（N）； | | |
| *φ* | —— | 侧向支撑的稳定性系数，若支撑材料为钢材，其长细比应根据《钢结构设计标准》GB50017附录C轴心受压构件的稳定性系数取值； | | |
| *f* | —— | 侧向支撑材料强度设计值，若支撑材料为钢材，其强度应按《钢结构设计标准》GB50017第3.4.1条取值。 | | |

**4.3.18** 桩间侧向支撑约束桩时在支撑内所产生的轴向力设计值应按下式计算：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | *Nl*=0.2*N* | （4.3.18） |
| 式中： *N* | —— | 桩的受压承载力设计值（N）。 | | |

**4.3.19**  托换桩宜选择较硬土层作为桩端持力层。桩端全截面进入持力层的深度，对于黏性土、粉土不宜小于2d，砂土不宜小于1.5d，碎石类土，不宜小于1d。当存在软弱下卧层时，桩端以下硬持力层厚度不宜小于3d。

**4.3.20** 锚杆静压桩适用于淤泥、淤泥质土、黏性土、粉土、人工填土和湿陷性黄土等地下增层基础托换。当地基土中含有坚硬黏性土或密实的砂土夹层时，应根据现场试验确定其适用性。锚杆静压桩的设计应符合下列规定：

**1** 桩型可采用直径为200mm～600mm的开口钢管、或边长为200mm～400mm的预制钢筋混凝土方桩；当建筑的保护要求较高时，宜采用开口钢管。

**2** 选用钢管桩时，应采取有效的防腐处理或通过考虑管壁腐蚀厚度进行相应加固设计。

**3** 每节桩长宜为1.5m~3m，长细比不应大于130。接桩可采用焊接或螺纹式、啮合式、卡扣式、抱箍式等机械快速连接方式。当采用机械连接时，连接处可按构造封闭焊接作为桩身检测时传递脉冲信号使用和满足防水功能。

**4** 压桩孔应布置在墙体的内外两侧或柱子四周，宜避开门窗等墙体薄弱部位。压桩孔可预留，或在扩大基础上由人工或机械开凿，压桩孔宜做成上小下大的锥形。

**5** 当利用锚固在基础底板或承台上的锚杆提供压桩力时，应对基础底板或承台的承载力进行验算；施工期间最大压桩力不应大于基础底板或承台设计允许拉力的80%。当既有建筑基础承载力和刚度不满足压桩要求时，应对基础进行加固补强，或采用新浇筑钢筋混凝土挑梁作为压桩承台。

**6** 锚杆可采用带螺纹锚杆、端头带镦粗锚杆或带爪肢锚杆，材料为精制螺纹钢筋或螺栓。锚杆可采取钻孔埋设和预先埋设的方式，锚固深度宜为12倍~15倍锚杆直径。锚杆的锚固力应根据压桩反力确定，锚杆设置不应少于4根，锚杆的承载力应符合下式要求：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | |  | （4.3.20-1） |
| 式中： *K*0 | —— | 安全系数，取1.2； | | |
| *P*max | —— | 最大压桩力设计值（kN）； | | |
| *n*0 | —— | 每个桩孔预埋锚杆数； | | |
| *f*y | —— | 锚杆抗拉强度设计值（kN/mm2）； | | |
|  | —— | 锚杆直径（mm）。 | | |

**7** 锚杆与压桩孔的间距、 锚杆与周围结构的最小间距以及锚杆或压桩孔边缘至基础承台边缘的最小间距宜符合下列规定(图4.3.20):



（a）锚杆与压桩孔的间距要求 （b）锚杆与周围结构的最小间距



(c)锚杆或压桩孔边缘至基础承台边缘的最小间距

图4.3.20锚杆与压桩孔布置构造要求

1-锚杆；2-压桩孔；3-高出基础承台表面的结构；4-基础承台边缘

1）锚杆与压桩孔的间距不宜小于150mm；

2）锚杆与周围结构的最小间距不宜小于100mm；

3）锚杆或压桩孔边缘与基础承台边缘的最小间距不宜小于200mm。

**8** 钢管桩的承载力应计入土塞效应的影响并按下式进行估算：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | |  | （4.3.20-2） | |
| 式中：*u* | —— | 钢管桩周长； | | |
| *q*sik | —— | 单桩第i层土的极限侧阻力标准值，取与混凝土预制桩相同值； | | |
| *q*pk | —— | 单桩极限端阻力标准值，取与混凝土预制桩相同值； | | |
| *l*i | —— | 第*i*层土厚度； | | |
| *A*p | —— | 钢管桩端面积； | | |
| *λ*p | —— | 桩端土塞效应系数。当*h*b/*d*≤5时，*λ*p=0. 16*h*b/*d*；当*h*b/*d* >5时，*λ*p =0.8。*h*b为桩端进入持力层深度，*d*为钢管桩外径。 | | |

**9** 钢管桩压桩至设计标高后充灌不低于C30微膨胀混凝土。

**4.3.21** 当对托换桩的承载力和稳定性要求较高时，可采用钻孔灌注桩作为托换桩，灌注桩的设计应符合以下规定：

**1** 灌注桩的施工应采用适用于狭小空间的改型钻孔灌注桩施工设备，灌注桩的布置应充分考虑施工机械所需的平面范围、净空以及对既有墙体、基础的影响。

**2** 钢筋笼的分节应满足施工空间的要求，钢筋笼主筋宜焊接或机械连接，优先采用机械连接。当有可靠经验时，也可采用可伸缩式钢筋笼。

**3** 现场环境许可时，室外桩可采用常规钻孔灌注桩内插格构柱或钢管柱。

**4** 当净空受限制时，宜采用“桩柱一体”低净空钻孔灌注桩，地下室标高范围内桩体可作为托换柱、基坑立柱，条件许可时可兼作为永久结构柱。

**5** “桩柱一体”钻孔灌注桩与底板及各层楼板的连接应满足传力和防水要求。

**6** 钻孔灌注桩及钢立柱的设计尚应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94、《建筑基坑支护技术规程》JGJ120、《建筑工程逆作法技术标准》JGJ432的相关规定。

**条文说明：**常用的泥浆护壁成孔灌注桩施工设备有GPS-10型和GPS-15型， GPS-10型和GPS-15型设备平面尺寸分别为3m×5.5m、3.2m×6m，设备高度约6m，很难满足既有建筑间特别是既有建筑内部空间条件下的使用，需要进行小型化的改造或研制新型模块式小型化灌注桩施工装备。一般要求既有建筑净高不应小于3m、墙体之间净宽不应小于2m，桩中心和建筑墙体之间的距离不应小于700mm，桩径不宜大于1m，钻孔深度不宜大于60m。

除解决成孔的施工机械高度限制问题外，往往还需对钢筋笼进行分节制作加工（无法采用长9m分节）、运输、吊装及焊接接头，耗时长且成本高（材料费、人工费、机械台班费高）。可采用伸缩式钢筋笼，纵筋采用钢绞线，纵筋与箍筋采用异形旋转扣件连接，加工时将通长达数十米的钢筋笼缩成数米长，运输至低净空的灌注桩施工现场，在钻成孔后将钢筋笼插入孔中，使钢筋笼由数米长伸展至数十米长，最大优点是纵筋无需分段焊接或机械式套筒连接，现场施工效率高。

**4.3.22** 当采用人工挖孔桩时，应有可靠的技术措施和安全措施，人工挖孔桩的设计应符合下列规定:

**1** 孔径(不含护壁)不应小于0.8m。

**2** 端承型桩的中心距不宜小于2倍桩身设计直径；扩底桩的中心距不宜小于1.5D (D为扩大头直径)或D+1m (当D>2m时)。

**3** 扩底部分可分为平底和弧底两种。当扩底桩底部持力层为微风化或中等风化的硬质岩石时，桩底部可做成平底。弧底的扩底桩弧底可比周边低0.2m，扩底部分的高度h应考虑竖向压力的刚性扩散角和施工安全的要求，b/h 可取1/4~1/2，扩底矢高hb与扩大头直径D之比可取0.15~0.2，且D/d≤3（图4.3.22）。

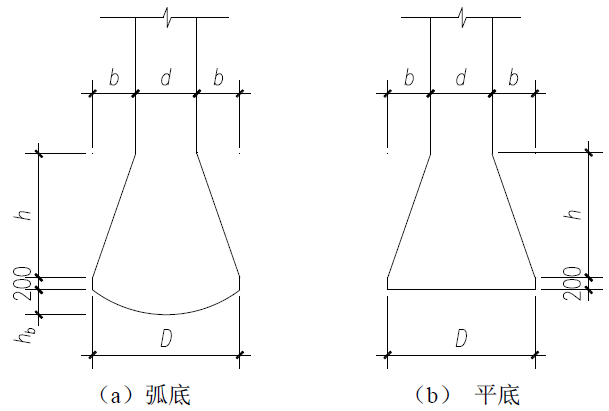


图4.3.22 扩底桩扩底构造

**4** 人工挖孔桩的护壁应根据桩长和穿越的土层采用砖砌护壁、钢筋混凝土护壁或钢筒护壁；

1）在土层或较破碎的岩层中挖孔时，宜设置钢筋混凝土护壁。钢筋混凝土护壁的的厚度不宜小于100mm，多节护壁时第一节护壁宜加厚100~150mm，配筋不应小于φ8@150双向，上下节护壁间应用钢筋拉结；

2）钢筒护壁主要用于穿越呈软流塑状的淤泥质粘土或较厚粉砂层。

**条文说明：**当建筑场地狭小，或建筑工程场地及周边环境不允许有振动、挤压、噪音、泥浆污染等干扰时，常规的钻孔灌注桩施工受限，如果地层条件许可，如基岩埋深浅，孔壁稳定性好且桩端提供的承载力高，采用人工挖孔桩在某些情形下会成为一种相对合理、可靠的托换桩型。但对于以下情况，不应采用人工挖孔桩：桩孔深度大于20m；需穿越厚度较大的淤泥层或淤泥质土层；地下水位较高，特别是有承压水的砂土层、滞水层时；桩底以下有软弱夹层、溶洞、墓穴和矿井等，桩位处在断层、有害气体、地下暗塘(沟)等灾害性或不良性地质条件。

**4.3.24**  水泥土组合钢管桩设计应符合以下规定：

**1** 水泥土组合钢管桩有通长组合桩、扩底（径）段组合桩两类，适用于深厚软土地基、土性较好的砂性土地基，不适用于持力层为岩层的地基。水泥土系通过高压喷射注浆旋喷工艺成型，钢管桩与水泥土之间通过锚固件连接，锚固件一般可采用斜向钢板、角钢倒刺、槽钢；

**2** 基桩的中心距不应小于植入桩直径的4倍，且不宜小于水泥土桩直径的2.5倍；

**3** 初步设计时，确定水泥土组合钢管桩单桩竖向抗压极限承载力标准值应按下列公式计算，并取其中的较小值：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | |  | （4.3.24-1） |
|  | | |  | （4.3.24-2） |
| 式中：*U* | —— | 水泥土桩周长； | | |
| *u* | —— | 同心植入的钢管桩周长(m)； | | |
| *a*p | —— | 桩端端阻力发挥系数，应按地区经验确定，无地区经验时可取1.0； | | |
| *ξ* | —— | 钢管桩-水泥土界面极限侧阻力换算系数，取钢管桩-水泥土界面剪切强度标准值与对应位置桩身水泥土强度标准值之比，无当地经验时，可取0.16； | | |
| *η* | —— | 桩身水泥土强度折减系数，可取0.55~0.70；与水泥土掺入比及搅拌均匀程度有关，对高喷水泥土搅拌桩取高值，对深层搅拌桩取低值； | | |
| *f*cu | —— | 与桩身水泥土配比相同的水泥土试块(边长为70.7mm的立方体)在标准养护条件下28d龄期的立方体抗压强度平均值(kPa)。 | | |

**4** 水泥土组合钢管桩的构造应符合下列规定：

1）桩身水泥土强度不应低于1.5MPa；

2）植入钢管桩的截面尺寸不宜小于200mm，长度宜为水泥土桩长度的0.67倍~1.0倍；

3）水泥土桩直径与钢管桩的直径之差不宜小于150mm，且水泥土桩直径与钢管桩的直径之比不宜大于3.0。

## 4.4 水平托换构件和连接节点设计

**4.4.1** 根据不同的结构类型和受力大小，与托换桩相连接的基础水平托换构件可按下列规定选型：

**1** 既有建筑为框架结构时，柱托换节点宜采用封闭抱柱梁式托换，抱柱梁可采用钢筋混凝土构件或型钢。

**2** 既有建筑为砌体结构或剪力墙结构时，墙托换节点宜采用夹墙梁式托换，夹墙梁可采用钢筋混凝土结构、型钢、型钢混凝土组合梁、预应力混凝土梁等形式。

**3** 当利用既有建筑的基础作为水平托换构件时，应复核基础承载力，当基础承载力或构造不满足要求时，应采取加固措施。

**4** 托换构件之间应相互连接形成整体，托换结构体系可采用平面桁架式、十字交叉梁格式、梁板式、拱形结构式、分荷结构式等。当柱下荷载较大时，可采用带竖向斜撑的分荷结构式托换（图4.4.1）。



图4.4.1 带竖向斜撑的分荷结构式托换

1-柱；2-斜撑；3-托换连梁；4-斜撑下端连系梁；5-托换梁；6-滚轴；7-轨道梁

**4.4.2** 当既有建筑混凝土柱等竖向构件采用包裹式钢筋混凝土承台或抱柱梁向托换桩传递荷载时，托换承台的截面高度应符合《建（构）筑物移位工程技术规程》JGJ/T239中5.4.3条相关规定。托换承台的受弯、受冲切、受剪承载力验算可参照现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007中8.5.19条相关规定计算。

**4.4.3** 可采用凿毛、植筋等方法提高托换承台与原竖向构件之间的整体性，构造要求应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB50367中5.5条相关规定。钢筋混凝土抱柱托换节点新旧混凝土结合面受剪承载力应符合下列规定：

**1** 临时性托换节点设计时，对于桩、柱上传递竖向荷载的抱柱梁结构，当不植筋时，其新旧混凝土结合面竖向承载力可按式4.4.3-1估算, 同时应满足构造要求。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | |  | （4.4.3-1） |
| 式中：*V* | —— | 剪力荷载设计值（kN）； | |
| *γ* | —— | 剪力荷载设计值（kN）； | |
| *V*u | —— | 新旧混凝土结合面竖向承载力（kN）； | |
| *f*c | —— | 梁、柱混凝土抗压强度设计值(kPa)，可取较低值； | |
| *A*c | —— | 新旧混凝土交接面的有效面积(m2)。 | |

**2** 永久性托换节点设计时，对于桩、柱传递竖向荷载的抱柱梁结构，当有植筋时，其新旧混凝土结合面竖向承载力可按4.4.3-2、4.4.3-3公式计算。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | |  | （4.4.3-2） |
|  | | |  | （4.4.3-3） |
| 式中：*f*s | —— | 结合面配置的植筋抗拉强度设计值； | | |
| *A*s | —— | 结合面上同一截面植筋总截面面积。 | | |

**条文说明：**在应用该公式时，应满足以下使用条件：

1 对新旧混凝土结合面处，原构件的表面应凿成凹凸差不小于6mm的粗糙面。

2 抱柱梁的高宽比应符合混凝土梁的构造要求。

3 被抱柱梁包围的原结构，其平面径向尺寸宜小于1.5m。若超过1.5m时，应进行特殊设计。

4 植筋位置沿高度方向距离抱柱梁上、下表面距离不小于100mm，沿水平方向距离墩柱边缘不小于60mm。

**4.4.4** 托换梁内力计算时，支座按实际情况确定或支座弯矩按固定端计算，单跨托梁的跨中弯矩按简支梁计算。对于砌体结构，当上部层数较多时，可按墙梁进行计算，墙梁的计算符合现行国家标准《砌体结构通用规范》GB 55007、《砌体结构设计规范》GB 50003的相关规定。托换梁、上部墙体、顶梁应满足相应构造要求。

**条文说明：**托换梁设计时，应考虑支座位置的变化、支座的差异沉降、上部结构刚度的影响，并考虑托换梁的弯扭组合的复杂受力状态、托换梁刚度或变形对既有建筑的影响。

**4.4.5** 采用钢筋混凝土夹墙梁（图4.4.5-1）进行基础托换时，宜符合下列规定：



图4.4.5-1 钢筋混凝土夹墙梁式托换

1-夹墙梁；2-横向拉梁

**1** 托换体系应包括墙体两侧的夹墙梁和横向拉梁或拉结筋。

**2** 钢筋混凝土夹墙梁高度宜取夹墙梁计算跨度的1/8～1/12，宽度应考虑托换桩的施工及与托换桩的连接需求。夹墙梁计算跨度取相邻支座形心之间的距离。

**3** 横向拉梁间距宜控制在1~1.5m内，拉梁采用钢筋混凝土梁时，截面宽度不宜小于200mm，高度不宜小于2/3夹墙梁高度。每个拉梁中下部拉结钢筋数量应按式4.4.3确定，且不小于2C16。仅配置横向拉结钢筋时，横向拉结钢筋数量不小于C16@1000。横向钢筋锚入夹墙梁中的锚固长度不小于400mm。当墙体荷载较大时，拉墙梁也可采用型钢或钢管。

**4** 钢筋混凝土夹墙梁高度尚应满足式4.4.5-1的要求。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | |  | （4.4.5-1） |
| 式中：*q* | —— | 单位长度上承重墙竖向荷载设计值（N/mm）； | | |
| *f*v | —— | 砌体与混凝土界面粘结抗剪强度，由试验确定；无试验资料时，可根据夹墙梁混凝土强度等级在0.3~0.5N/mm2之间取值； | | |
| *h* | —— | 夹墙梁与墙体结合面高度（mm）。 | | |

**5** 钢筋混凝土夹墙梁的拉梁中受拉纵筋或穿墙螺栓数量应满足轴心受拉构件最小配筋率要求，下部钢筋或穿墙螺栓按式4.4.5-2确定。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | |  | （4.4.5-2） |
| 式中：*a* | —— | 名义剪跨，可按图4.4.3-2取值（mm）； | | |
| *h*s | —— | 夹墙梁上表面至对拉钢筋形心的距离（mm）； | | |
| *b*b | —— | 夹墙梁截面宽度（mm）； | | |
| *b*w | —— | 墙体厚度（mm）。 | | |



图4.4.5-2 剪跨a取值示意图

**4.4.6** 当采用预应力技术提高托换构件与原竖向构件之间的整体性时，可按下式计算预应力产生的节点抗剪承载力：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | |  | （4.4.6） |
| 式中：*u* | —— | 摩擦面的抗滑移系数，可取0.7； | | |
|  | —— | 传力摩擦面数目，一根螺栓上有两个摩擦面，故可取2； | | |
| *n* | —— | 螺杆根数； | | |
| *Pi* | —— | 单个螺栓的预紧力。 | | |

**4.4.7** 对于复杂的托换节点，宜结合有限元分析或试验情况确定节点承载力。

**4.4.8** 当托换桩需要在基础、承台和地下室等既有结构内开直孔穿过时，应在桩孔内浇筑混凝土封桩，封桩混凝土的强度等级应比既有结构混凝土至少提高一个等级，并采取措施确保混凝土与孔壁之间不产生收缩裂缝。孔内新浇混凝土与孔壁既有结构混凝土之间的竖向直接连接界面，应按下式验算受剪承载力：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | |  | （4.4.8） |
| 式中：*V* | —— | 连接界面处的剪力设计值，取桩的竖向荷载设计值； | | |
| *β*c | —— | 混凝土强度影响系数，按新、旧混凝士强度等级的较低值取值：当混凝土强度等级不超过C40时，*βc*取1.0；当混凝土强度等级等于或高于C60时，*βc*取0.8；其间按线性内插法确定； | | |
| *f*c | —— | 混凝土的轴心抗压强度设计值，取新、旧混凝土轴心抗压强度设计值的较低值，其数值大于27.5N/mm2时，应取27.5N/mm2； | | |
| *A*c | —— | 孔壁新旧混凝土连接界面的计算面积。 | | |

## 4.5 变形验算与控制

**4.5.1** 既有建筑地下增层后的地基基础最终沉降量和差异沉降量，应包括地下增层前已产生的沉降量和地下增层后新增的沉降量。

**4.5.2**  既有建筑地下增层后的最终沉降量和差异沉降量应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007有关规定。

**4.5.3**  应考虑地基基础不均匀沉降对既有建筑结构构件受力的影响。当地基基础不均匀沉降引起的结构构件附加内力过大时，应采取减小差异沉降的措施。

**4.5.4** 托换桩的桩基沉降可按《建筑桩基技术规范》JGJ94采用考虑桩径影响的明德林解进行计算，并计入桩身压缩变形。

**条文说明：**当托换桩为摩擦型桩时，托换桩的桩基沉降计算尚应考虑以下因素：

1 地下增层土方开挖引起的卸载效应及桩基托换引起桩侧和桩端土体有效应力变化对沉降影响；

2 降水和开挖卸载后土体回弹对桩基沉降的影响；

3 土方开挖引起拟建地下空间持力层超固结效应，造成的土体侧压力系数的变化。

**4.5.5** 地下增层工程应控制施工引起的卸载与加载对既有结构及周边环境的影响，并对施工全过程中既有结构的变形、强度和刚度进行复核，必要时在增层开挖前采取相应的结构加固措施。

**4.5.6** 既有结构托换及地下增层过程中应结合上部既有结构需求控制相邻托换桩柱的差异变形，相邻托换桩柱最大差异沉降不宜大于20mm。

**条文说明：**既有建筑地下增层应结合上部结构的承载力和改造需求，采用强制位移等方法确定相邻竖向构件的差异变形数值。

**4.5.7** 当托换桩的桩顶承台和既有建筑原基础与基坑周边挡墙脱开时，应补充水平风荷载作用下的结构侧向变形验算，并应满足下列要求：

**1** 当托换桩为钢桩或钢管混凝土桩时，托换桩在开挖面以上暴露段的侧向位移，不应大于，其中，*l*为开挖面以上暴露段的长度，为开挖面以下桩的临界入土深度；

**2** 当托换桩为混凝土桩时，托换桩在开挖面以上暴露段的侧向位移，不应大于；

**3** 水平风荷载宜按50年一遇的基本风压计算确定；

**4** 水平风荷载作用下结构侧向位移计算时，托换桩嵌固端可取开挖面以下桩的临界入土深度*h*0处。

**4.5.8** 对于主体结构倾斜严重的既有建筑，宜经纠倾完成后方能开挖基坑。对于开工前沉降不稳定且沉降速率明显较大的既有建筑，必须经加固且沉降基本稳定后方可开挖基坑。

5 侧向支护设计

## 5.1 一般规定

**5.1.1** 既有建筑地下增层的侧向支护结构可单独临时设置，也可与主体结构相结合作为地下结构外墙或外墙的一部分。

**条文说明：**侧向支护结构的设计应在既有建筑地下增层工程设计时一并综合考虑。地下室的外墙兼作支护挡墙、梁板或托换梁等水平构件兼作支护结构的水平支撑等措施有利于节省基坑支护的费用，但应考虑其相互影响。

**5.1.2** 侧向支护结构除满足正常基坑支护功能外，还应控制支护结构施工、土方开挖、地下水位变化和拆换撑对既有建筑物的影响。

**5.1.3** 侧向支护结构设计应根据周边环境条件和既有建筑现状设定合理的支护结构水平位移和周边环境变形的控制值。

**条文说明：**侧向支护结构的变形控制指标应根据基坑周边环境和既有建筑对附加变形的承受能力、基坑开挖对周边环境和既有建筑的影响程度，并结合已有基坑工程实践的经验和统计数据综合确定。

**5.1.4** 当侧向支护结构位于既有建筑的正下方时，宜在托换施工完成后再进行支护结构施工，并应复核既有建筑对支护结构产生的超载，评估支护结构施工的作业面和支护结构施工对既有建筑的影响。

**条文说明：**支护结构位于既有建筑的正下方时，其施工收既有建筑的层高等限制较大，施工空间狭小，同时对既有建筑结构影响较大，因此宜在托换施工完成后再进行支护结构施工。

**5.1.5** 应从支护结构施工、土方开挖和地下水控制三方面采取措施减小基坑施工对周围环境的影响，必要时可对周边建构筑物和管线采取土体加固、结构托换和架空管线等保护措施。

**5.1.6** 在施工期间，应针对支护结构、周边环境和既有建筑物开展有效的监测工作，并根据监测数据对支护结构设计和基坑施工进行动态调整，实现信息化施工。

## 5.2 支护结构设计

**5.2.1** 侧向支护结构可采用放坡开挖、土钉墙和复合土钉墙、水泥土重力式挡墙和桩墙式支护结构等形式。桩墙式支护结构可采用地下连续墙、灌注桩排桩、咬合桩、型钢水泥土墙、树根桩、钢板桩、钢管组合钢板桩、型钢组合钢板桩和预制混凝土板桩等形式。

**条文说明：**既有建筑地下增层的支护结构选择往往受周边环境和既有建筑的施工空间条件限制。在低净空条件下，可考虑采用先插H型钢再采用MJS工法或RJP工法进行旋喷加固后形成型钢水泥土墙作为侧向支护结构。

**5.2.2** 侧向支护结构的选型应综合考虑下列因素，通过技术经济比较后确定：

**1** 工程地质与水文地质条件；

**2** 周边环境条件及变形控制要求；

**3** 基坑开挖深度、平面尺寸和形状；

**4** 支护结构使用要求；

**5** 施工的作业空间、可行性和质量可靠性；

**6** 支护结构施工过程的环境影响；

**7** 经济指标、环保性能和施工工期要求。

**5.2.3** 作用在支护结构上的土压力应结合支护结构的位移控制值确定。当支护结构的位移有严格控制要求时，宜采用静止土压力；当支护结构允许有较大位移时，可采用主动、被动土压力；当支护结构位移控制值未达到相应土体的极限状态位移时，宜采用考虑土体位移影响的中间状态土压力。

**1** 主动区的中间状态土压力可按下式计算：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | |  | （5.2.3-1） |
| 式中：*p*sa | —— | 主动区中间状态土压力（kPa）； | | |
| *p*0 | —— | 静止土压力（kPa）； | | |
| *ksa* | —— | 主动区土体的水平反力系数（kN/m3）； | | |
| *vs* | —— | 土体水平位移（m）； | | |
| *pa* | —— | 主动土压力（kPa）。 | | |

**2** 被动区的中间状态土压力可按下式计算：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | |  | （5.2.3-2） |
| 式中：*p*sp | —— | 被动区中间状态土压力（kPa）； | | |
| *k*sp | —— | 被动区土体的水平反力系数（kN/m3）； | | |
| *pp* | —— | 被动土压力（kPa）。 | | |

**条文说明：**中间状态土压力一般介于主动土压力和静止土压力或被动土压力和静止土压力之间，其值大小与支护结构变形的量值及其相对土体的方向有关。式（5.2.3）中土体的水平反力系数可采用m法计算，比例系数m取值可参照相关基坑规程。

**5.2.4** 临时性侧向支护结构的设计和计算应符合下列规定：

**1** 基坑安全等级、支护结构重要性系数、设计使用年限、支护结构设计计算、稳定性验算、地下水控制及周边环境控制等要求，应满足现行基坑规程的相关规定；并宜根据具体地下增层工程的特点，提高相关要求；

**2** 支护结构计算分析和稳定性验算应包括分层开挖、分层施工支撑或锚杆、分层换撑和逐层拆撑等全过程工况。

**条文说明：**既有建筑地下增层中的基坑工程安全性要求高、风险性相对较大，因此其安全储备应大于一般的基坑工程。

**5.2.5** 与主体结构相结合的侧向支护结构构件，除进行逆作施工阶段的极限状态设计计算外，尚进行永久使用阶段的承载能力极限状态和正常使用极限状态的设计计算，并应复核主体结构的有关构造设计要求。

**5.2.6** 支护结构体系的内力设计值应按地下结构施工阶段和永久使用阶段各个工况中可能出现的最不利内力组合值进行计算。

**5.2.7** 以下情况可采用深层搅拌法、注浆和高压喷射注浆法进行基坑内、外土体加固：

**1** 基坑变形及稳定控制需要；

**2** 施工道路、运土坡道和地下结构施工等需要；

**3** 环境保护需要。

**5.2.8** 地下连续墙与主体结构外墙结合应进行竖向承载性能设计和验算，并符合下列要求：

**1** 对于单一墙，永久使用阶段应按地下连续墙承担全部外墙荷载进行设计；

**2** 对于复合墙，地下连续墙与衬墙之间的结合面应按不承受剪力进行构造设计，永久使用阶段水平荷载作用下的墙体内力宜按地下连续墙与衬墙的刚度比例进行分配；

**3** 对于叠合墙，地下连续墙与衬墙之间的结合面应按承受剪力进行连接构造设计，永久使用阶段地下连续墙与衬墙应按整体考虑，外墙厚度应取地下连续墙与衬墙厚度之和。

**5.2.9** 灌注桩排桩、咬合桩、型钢水泥土搅拌墙等支护墙作为主体结构外墙的一部分时应符合下列规定：

**1** 支护墙内侧表面应设置喷射混凝土或现浇细石混凝土面层。面层厚度不宜小于100mm，混凝土强度等级不宜低于C30，面层内应设置钢筋网或钢丝网；当桩间土有流失现象时，应在面层施工阶段填实桩间空隙；

**2** 支护墙内侧应设置现浇混凝土外墙，厚度不应小于300mm，混凝土强度等级不宜低于C30；外墙可紧贴支护墙面层，也可在混凝土外墙与面层之间设置保温防水等衬垫层；

**3** 永久使用阶段的墙体内力宜按后施工的混凝土外墙与支护墙的刚度比例进行分配；

**4** 支护墙与主体结构之间应有可靠连接，当承受竖向荷载较大时，对灌注桩和咬合桩应采取桩端后注浆措施；

**5** 应满足主体结构耐久性要求。

**条文说明：**灌注桩排桩等支护墙在施工过程中往往存在垂直度偏差、扩颈、夹泥、露筋等质量缺陷，设置面层后，一方面质量缺陷得到处理，另一方面有利于保证外防水的施工质量。

**5.2.10** 当开挖深度大或变形控制要求高时，侧向支护结构可设置水平支撑或竖向斜撑等内支撑结构，在环境和土层等条件允许时也可设置预应力锚杆。

**5.2.11** 支撑结构可采用钢支撑、钢筋混凝土支撑或钢与钢筋混凝土组合支撑体系。在环境条件敏感时可结合伺服轴力自动补偿系统，严格控制各个施工工况支护结构的变形。

**5.2.12** 水平支撑的布置应便于土方开挖、竖向承载桩间支撑和地下主体结构的施工。当水平支撑整体刚度较大时宜与既有建筑的基础结构连接，支撑体系计算分析时宜采用三维有限元进行整体分析。

**5.2.13** 当支护结构兼作主体结构外墙时，水平支撑结构可利用已有或新增地下空间梁、板等构件，并根据逆作施工阶段的平面布置和工况，按水平向荷载和竖向荷载双向作用进行承载力和变形计算；同时还应满足逆作施工阶段和永久使用阶段的承载力极限状态和正常使用极限状态的设计要求。

## 5.3 地下水控制

**5.3.1** 地下水控制应保证基坑正常施工，防止潜水和承压水引起的渗流破坏，避免或减小地下水位下降对周边环境的不利影响。

**5.3.2** 地下水控制可采取集水明排、截水、降水以及地下水回灌等方法，应根据工程地质、水文地质、施工场地和环境条件，结合基坑支护方案综合分析确定。当地质条件和环境条件复杂时，可采用多种地下水控制措施相结合的方案。

**5.3.3** 基坑可采用设置竖向和水平向截水帷幕等措施截水。竖向截水帷幕可采用水泥土搅拌墙、钢板桩、咬合桩、地下连续墙等。水平向止水帷幕可采用水泥土搅拌法、高压喷射法或注浆法等形成。

**5.3.4** 基坑降水可采用轻型井点、自流深井和真空深井等。

**5.3.5** 当场地存在承压水时，应进行地下增层基坑开挖后的坑底突涌稳定性验算，不满足时可采用设置竖向和水平向截水帷幕、承压水减压等措施。

**5.3.6** 基坑施工期间，应对基坑内外地下水位的控制效果及其环境影响进行动态监测。

6 新增地下室结构及基础设计

## 6.1 一般规定

**6.1.1** 新增地下室的结构构件及基础构件应按现行国家标准的有关规定进行设计。

**6.1.2** 新增竖向构件安全等级应不低于上部结构的安全等级，且不低于二级。新增地下室基础的安全等级应与新增竖向构件一致。

**6.1.3** 新旧基础连接应保证基础的整体性，严格控制新旧基础间的沉降差。

**6.1.4** 既有建筑地下增层，应先完成新增基础及竖向构件的施工并达到设计强度，方可进行临时支撑结构（构件）的拆除。

**6.1.5** 既有建筑地下增层应采取合理措施确保新增地下结构与既有建筑竖向构件的可靠连接，减小对既有竖向构件的损伤。

## 6.2 地下结构构件设计

**6.2.1** 新增地下室结构柱宜与既有建筑结构柱对齐，当存在偏心时应考虑偏心对既有结构柱承载力的影响；当既有建筑结构柱无法落至基础时，应在新增地下室顶板进行转换。

**6.2.2** 新增地下室结构柱位置存在托换桩时，宜保留托换桩并外包混凝土形成结构柱。托换桩表面应采用凿毛、增设抗剪钢筋等确保新旧混凝土共同工作的措施。

**条文说明：**对于“一柱一桩”形式的新增结构柱，可将原工程桩钢筋笼外侧的保护层凿除并凿毛，再在其外侧外包混凝土，形成新增的永久结构柱（见图4）。



图4 桩柱一体结构柱示意图

1-既有工程桩； 2-工程桩外包部分； 3-柱

**6.2.3**  新增地下室剪力墙墙肢位置存在托换桩时，宜保留托换桩并作为墙肢的暗柱或壁柱，墙肢钢筋宜绕过托换桩，不能满足时对穿托换桩并注植筋胶灌实。

**6.2.4**  新增地下室剪力墙墙肢位置需要凿除托换桩时，应按照分段施工墙肢、分批凿除托换桩的原则，根据不同工况承载力计算结果制定施工方案。

**6.2.5** 新增地下室外墙位置需要凿除托换桩时，除满足6.2.4条要求外，尚应考虑地下室防水要求。

**6.2.6** 应考虑新增竖向构件之间差异变形对既有建筑结构构件受力的影响。新增地下室竖向构件的变形计算，应考虑托换构件拆除后产生的弹性压缩变形和混凝土收缩徐变效应引起的变形。

**6.2.7** 新增地下室竖向构件变形可按下式计算：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | |  | （6.2.7） |
| 式中： | —— | 时刻混凝土收缩应变； | |
|  | —— | 时刻的徐变系数； | |
|  | —— | 初始应力作用下混凝土应变； | |
| *h* | —— | 新增地下室竖向构件的高度。 | |

条文说明：描述混凝土收缩徐变特性的常用模型为ACI209、CEB-FIP、B3及GL2000。其中，CEB-FIP模型长期以来应用较为广泛，我国规范《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362-2018关于混凝土收缩徐变的计算就是采用了该模型方法。、可按《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362-2018计算。

**6.2.8** 当新增地下室竖向构件之间差异变形引起的既有建筑结构构件附加内力过大时，应采取增大截面尺寸、提高混凝土强度等级或采用内置型钢预加载法（图6.2.8）等减小差异变形的措施。

** **

**图6.2.8 内置型钢预加载法示意图**

1—型钢柱；2—型钢；3—型钢柱底板；4—千斤顶；5—预埋钢板；6—柱插筋；7—封板

**6.2.9** 当采用内置型钢预加载法时，新增地下室竖向构件变形可按下式计算：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | |  | （6.2.8-1） |
|  | |  | （6.2.8-2） |
| 式 中： | —— | 内置型钢预加载率，即内置型钢轴向预加载力与该竖向承重构件总轴向力的比值； | |
|  | —— | 内置型钢的预加载后混凝土初始弹性应变 | |
|  | —— | 含钢率； | |
|  | —— | 徐变增大系数； | |
|  | —— | 老化系数，取0.5~1.0； | |
|  | —— | 钢筋与混凝土弹性模量之比。 | |

**6.2.10** 当新增地下室的顶板和楼板采用逆作施工，并兼作基坑水平支撑结构时，应考虑侧向水土压力对结构顶（楼）板受力的影响。顶（楼）板存在高差时，应在高差部位设置斜板、腋板等确保可靠传力的措施。

## 6.3 基础设计

**6.3.1** 新增地下室基础设计时，应进行地下结构的抗浮稳定性验算。

**6.3.2**  既有建筑地下增层后，当利用托换桩作为抗浮构件时，应进行抗拔承载力、桩身抗拉承载力及抗裂验算。

**6.3.3** 当地下结构不满足抗浮稳定验算要求时，应增设锚杆、锚杆静压桩等抗浮构件，并应考虑新增抗浮构件与托换桩的协同作用。

**6.3.4** 采用永久托换桩兼做新增地下室使用阶段的工程桩，其受压承载力应按4.3.6进行验算。

**6.3.5** 可采用凿毛、植筋等方法提高新增地下室底板与托换桩之间的整体性，新旧混凝土结构面受剪承载力可按4.4.3计算。

## 6.4 连接构造

**6.4.1** 新增结构柱与各层梁、板结构及柱下基础为非同步施作构件，其连接节点应进行专门设计，节点设计应反映整体结构预期的工作状态，保证构件相交节点在既定约束条件下力的可靠传递，并进行相应的承载力计算。

**6.4.2** 当既有建筑无地下室时，新增地下室顶板与托换桩、新增结构柱间宜采取以下构造措施（图6.4.2）：

1 宜将托换桩与新增地下室顶板连接提高托换桩承载力及稳定性；

2 宜将新增地下室顶板局部加厚以满足托换时的传力要求；

3 新增地下室结构柱尺寸宜大于既有建筑结构柱以保证预留插筋的施工。



（a）新增地下室柱前 （b）新增地下室柱后

图6.4.2 无地下室既有结构新增托换桩与新增地下室顶板连接构造

1. 既有建筑结构柱 ；2-新增梁、板 ；3-新增楼板局部加厚区； 4-新增托换桩； 5-既有建筑基础；

6-新增地下室结构柱插筋 ；7-新增地下室结构柱

**6.4.3** 当既有建筑底板作为新增地下室顶板时，除进行施工阶段的极限状态设计计算外，尚进行使用阶段的承载能力极限状态和正常使用极限状态的设计计算，并应采取有效措施保证新增地下室顶板与托换桩、新增结构柱间可靠连接。（图6.4.3）



（a）新增地下室柱前 （b）新增地下室柱后

图6.4.3 带地下室既有结构新增托换桩与新增地下室顶板连接构造

1. 既有建筑结构柱； 2-既有建筑承台； 3-新增托换桩； 4-既有工程桩； 5-凿除局部承台后的新增地下室顶板；

6-新增地下室结构柱钢筋；7-新增地下室结构柱

**6.4.4** 新增地下室构件与既有建筑结构柱连接宜满足下列要求（图 6.4.4）：

1 新增梁角部纵筋宜绕过原结构柱，中部纵筋对穿原结构柱并注植筋胶灌实；

2 新增梁、板结构施工时，宜预留新增地下室结构柱的竖向插筋。



**图6.4.4 新增地下结构构件与既有建筑竖向构件连接构造**

1. 既有建筑结构柱； 2-新增梁、板； 3-新增地下室结构柱插筋； 4-新增地下室结构柱 ；5-新增梁角部纵筋；

6-新增梁中间纵筋

条文说明：图6.4.4为新增地下结构构件与既有建筑竖向构件连接参考做法。顶板结构施工时，预留下部地下室结构柱的竖向插筋。待托换桩及新增梁板构件达到设计强度后，凿除顶板以下既有建筑结构柱，浇筑新增地下室结构柱。

**6.4.5** 新增地下室承台与托换桩间应可靠连接，并采取有效防水措施。

条文说明：当采用锚杆静压桩作为新增托换桩时，可参考图5.1与图5.2采用增设环肋、栓钉等措施增强底板混凝土桩之间的有效连接，可参考图6.1与图6.2采用上凸式或下凹式节点构造完成桩内混凝土“填芯”。



图5.1 锚杆静压桩与新增地下室基础环肋连接示意图

1. 既有工程桩工程桩； 2-新增地下室承台； 3-止水钢板； 4-新增结构柱； 5-锚杆静压桩； 6-连接环肋加劲板；

7-连接环肋端板



图5.2 锚杆静压桩与新增地下室基础栓钉连接示意图

1-既有工程桩 ；2-新增地下室承台； 3-止水钢板； 4-新增结构柱； 5-锚杆静压桩； 6-栓钉



图6.1 锚杆静压桩“填芯”上凸式构造示意图

1-既有工程桩；2-锚杆静压桩； 3-新增地下室承台； 4-建筑面层； 5-桩顶盖板； 6-桩底封板



图6.2 锚杆静压桩“填芯”下凹式构造示意图

1. 既有工程桩； 2-锚杆静压桩； 3-新增地下室承台 ；4-新增地下室承台加厚区； 5-新增地下室承台后浇区；

6-桩顶盖板； 7-桩底封板； 8-新增地下室承台顶部钢筋

7 施 工

## 7.1 一般规定

**7.1.1** 既有建筑地下增层施工前应具备下列主要技术资料：

1 岩土工程详细勘察报告与场地现状资料；

2 既有建筑的建筑、结构、机电安装等增层设计文件和原工程设计文件；

3 既有建筑安全性、抗震鉴定报告或评估报告，结构和基础受力与变形现状；

4 既有建筑地下室增层基坑支护设计文件和原基坑设计文件，增层基坑支护设计文件应明确基坑以及周边环境的变形控制指标；

5 既有建筑周边建（构）筑物及其保护要求，对影响范围内的建（构）筑物、桥梁、地铁等重要设施应明确具体的保护措施，并获得相关主管部门的认可；

6 既有建筑为文物建筑时，应明确保护要求和保护措施；

7 既有建筑周边地下管线资料。

**7.1.2** 既有建筑地下增层施工前应根据国家现行有关标准规定及设计文件进行施工组织设计，施工组织设计经专家论证通过后方可实施。

**条文说明**：施工组织设计主要内容包括：

1 工程概况；

2 编制依据；

3 施工部署（含开工准备、资源配置计划、施工平面布置等）；

4 总体施工顺序；

5 既有基础改造与加固施工方案；

6 基础（桩）托换施工方案；

7 侧向支护结构施工方案；

8 降排水方案；

9 土方开挖与桩间支撑方案；

10 既有结构构件拆除方案；

11 既有结构加固方案；

12 新建地下结构施工与上下新旧结构连接方案；

13 周边建（构）筑物与地下管线安全保证措施（或安全保护施工方案）；

14 施工监测方案；

15 施工进度计划及保证措施；

16 工程质量保证措施；

17 安全、文明施工保证措施；

18 应急处置方案；

19 夜间施工和特殊季节施工保证措施。

**7.1.3** 既有建筑在地下增层施工期间需要正常使用的，应采取相应的安全与正常使用保证措施。

**7.1.4** 地下增层施工前，应对影响施工的管线、设备等进行改迁。如遇不明地下障碍物应暂停施工，采取避让、清障等有效措施后方可继续施工。

**7.1.5** 增层施工过程中应加强现场管理，保证工程安全和正常施工。

**条文说明：**增层施工现场管理具体要求如下：

1 托换桩施工质量必须可靠，保证附加沉降可控、基本均匀且补桩后沉降能较快地趋于稳定；

2 基坑支护体系应保证稳定，并制定应急处置措施，基坑支护体系与既有建筑基础结构原则上应分离，以减少两种受力系统之间的不利影响；

3 托换桩、原工程桩桩间应加设支撑形成双向抗侧力的群桩受力体系，保证土方开挖过程中既有建筑物整体稳定；

4 基础混凝土垫层宜采用强度等级不低于C20早强型混凝土，厚度不少于150mm，开挖到底后尽快形成坑底垫层，提升群桩侧向稳定性；

5 对地下增层施工影响范围内的周边建（构）筑物和地下管线应加强预防性保护，严格控制沉降、倾斜及开裂；

6 应严格控制托换桩、支护桩施工对场地土层的扰动，当工程位于地铁保护区域内，应采取减少土层扰动的技术措施。

**7.1.6** 在地下增层施工过程中，应对既有建（构）筑物及周边环境进行监测，必要时应实时监测。

**7.1.7** 原址增层施工需要通过整体顶升、下降调整既有建筑高程的，升降施工应符合现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ123与《建筑物倾斜纠偏技术规程》JGJ270的相关规定。

**7.1.8** 移址增层施工所涉及的新基坑施工、既有建筑往返移位施工，应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120和《建(构)筑物移位工程技术规程》JGJ/T239的相关规定。

**7.1.9** 对于同一场地中既有建筑群体实施地下增层施工，要保证各楼栋的的侧向稳定，土方开挖应遵循“分层、分块、对称、平衡、限时开挖”的原则，防止托换桩变形受损。

**7.1.10** 对于主体结构倾斜超标的既有建筑，应先实施整体纠倾，完成后方能开挖基坑。对于开工前沉降不稳定或沉降较大的既有建筑，应予以加固处理，待沉降基本稳定后方可开挖基坑。

**7.1.11** 对于文物建筑的地下增层施工，应采取必要措施保证建筑文物元素完好无损，严格控制废水、废浆、废气等施工污染以及施工所引发的挤土效应、震动撞击、不均匀沉降等次生问题。

**7.1.12** 应制定合理、可行、高效的垂直运输施工方案，保证各阶段施工所需的土方、构件和物料运输。

**7.1.13** 既有建筑与新地下室顶板的竖向托换连接施工应符合现行建筑结构加固工程设计与施工验收规范的相关规定，保证结构连接质量。

**7.1.14** 托换桩施工宜采用预加载方案，控制增层施工期间既有建筑的沉降。

**7.1.15** 地下结构施工应处理好新旧结构连接处的防水构造。

## 7.2 既有基础水平构件托换施工

**7.2.1** 基础开挖之前应按设计要求对上部结构进行永久或临时加固，并做好地下管线的改迁保护工作。开挖施工期间应采取措施保护既有墙体与基础，软土地基应控制超挖减少基础扰动。墙体两侧开挖深度应基本保持均匀，防止墙体损坏；

**7.2.2** 对于复杂的基础托换改造工程，施工前应绘制施工深化图，经设计确认后方可实施。

**7.2.3** 后补锚杆静压桩的承台应先行托换施工，其余托换桩型的承台可先成桩。

**7.2.4** 既有砖混结构下的砖石基础托换，可采用分段托换的条形承台、托盘梁与独立承台、双夹梁式承台，或前几种承台（托盘梁）的不同组合形式，砖石基础托换改造的施工流程应先易后难、综合兼顾。

**条文说明：**砖混结构基础应分批托换，先托换非承重墙，后托换承重墙。截面较大的条形承台托换施工可分成两部分成型，先分段托换墙内暗梁，预留两侧承台的外伸主筋，然后跟进浇筑外挑承台。

**7.2.5** 既有砖混结构下的钢筋混凝土条形、独立基础托换加固，可通过扩大截面形成桩承台，涉及的砖墙采用（托盘梁）分段托换施工。

**7.2.6** 既有框架结构、框剪结构、剪力墙结构的独立、条形、筏板基础托换加固，可通过截面扩大形成桩承台，砖墙下采用（托盘梁）分段托换施工。

**7.2.7** 既有独立、条形基础托换，应按设计要求基础加固，用于后补桩托换。

**7.2.8** 低层建筑采用钢梁组合临时承台进行托换改造时，钢梁穿墙孔、双夹钢梁与墙体之间的空隙应预先浇灌密实，钢组合梁施工应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205、《钢结构工程施工规范》GB50755的规定。

**7.2.9** 砖墙中托盘梁托换施工，应预先开槽（洞）顶紧钢支墩，然后凿通砖洞、安装托盘梁钢筋。托盘梁主筋可分段搭接焊连接，箍筋可采用U形箍对穿连接，混凝土应采用早强微膨胀型。

**7.2.10** 新旧混凝土结合面和施工缝，应预先凿毛、清洗，并做好接浆或界面剂涂刷。

**7.2.11** 剪力墙穿墙水平钢筋间距不大于150mm时，应分批植筋（后灌胶）；

**7.2.12** 钢筋混凝土新承台托换施工，宜预留后期切割拆除所需的穿索孔。

## 7.3 托换桩施工

**7.3.1** 托换桩施工前，应评估托换桩、基坑支护桩（墙）施工对建筑沉降变形的影响，优化施工方案，采取减小地基附加变形的技术措施。

**7.3.2** 托换桩施工应选择满足现场使用条件和绿色施工要求的小型化桩机设备，使用前应检测桩机设备的各项性能指标。

**7.3.3** 施工前应通过试桩确定具体施工参数和施工方法，确保施工可行性。

**7.3.4** 托换桩作为高承台桩受力复杂，须采取有效措施加强桩与承台、桩上下节的连接。

**7.3.5** 对于施工场地狭小的灌注桩竖向承载力检验，宜采用基桩承载力自平衡检测法或高应变法。

**7.3.6** 锚杆静压桩基础托换、加固施工应严格遵照现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ123，确保施工质量。并符合以下规定：

1 锚杆静压桩按桩身材料分为钢筋混凝土方桩、预应力管桩、钢管桩、方管钢桩、H型钢桩等；按终压桩力值区分为（≤2000KN）低吨位桩、（≮2000且≤6000KN）高吨位桩、（＞6000KN）超高吨位桩；按受力方式分为抗压桩、抗拔桩，按封桩方式分为预加载和不加载两种。施工中要严格遵照《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ123-2012，确保施工质量；

2 锚杆材料宜用预应力螺纹钢筋、镦粗套丝钢筋、或通长螺杆，锚杆数量应根据最大压桩力计~~估~~算确定，锚杆锚固深度宜为15～25d。

3 施工前应该判断土层的可穿透性，对于较厚的塘渣填层、块石填层、密实砂层、砾石碎（卵）石层，应采取可靠的引孔措施，确保桩体顺利穿越复杂土层进入持力层。对于可能存在的地下障碍物，应预备有效的清障措施。

4 设计最大压桩力应根据不同地质情况，在施工时通过提前试桩来确定单桩最大压桩力，对于补桩密度较高的地基尚应考虑群桩挤密效应。试压桩数量不应少于3根，地质条件复杂时，尚应增加试桩数量。

5 钢筋混凝土方桩接头方式不得单独采用硫磺胶泥接桩，宜采用钢板套桩帽焊接接桩，焊缝质量等级不低于二级。桩节接合面不平的，严禁垫塞钢楔片，应采用硫磺胶泥垫平再焊接。

6 钢管桩材质优先采用低合金钢，钢管节连接口应精加工，接口加内衬板，以坡口熔透焊等强连接，并采用半自动二氧化碳气体保护焊接工艺，焊缝质量等级不低于二级。

7 打桩施工应遵循“同时满足稳定的终压桩力与进入持力层最低深度”的双控原则，并要求复压终沉，在砂土持力层中复压不少于3次，在强风化岩层中复压不少于6次。

8 压桩施工中，应跟踪监测所在承台的上抬位移，控制终压桩力，避免承台和结构受损。

9 钢管桩、方管桩和预应力管桩的混凝土灌芯施工质量应有保证；

10 在深厚软土地基补桩施工中，应采取及时、整体、可控的持荷措施，控制附加沉降。

11 预加载封桩的加载值应根据上部结构荷载而定，封桩混凝土应分二次浇筑，第一次封桩混凝土达到设计强度后方可拆除加载反力架。

**7.3.7** 钻孔灌注桩钻孔灌注桩（含桩端注浆）和人工挖孔桩施工，除满足《建筑桩基技术规范》JGJ94规定外，尚应符合下列要求：

1 现场环境许可时，室外桩可采用旋挖桩机、高桩架钻孔桩机施工。室内应采用小型钻孔桩机和配套导管进行施工，不宜采用冲击成孔；

2 钢筋笼的分节应满足施工空间的要求，应采取可靠措施保证钢筋笼焊接、机械连接与内插格构钢柱的分节焊接质量；

3 钻孔应控制泥浆比重，规范两次清孔，控制沉渣厚度≯50mm，控制水下混凝土浇灌质量，并对桩上段6m范围应通过振捣致密；

4 宜采取减小泥浆排放、现场泥浆固化处理的措施。

**7.3.8**  既有建筑为沉降稳定、持力层土性较好且层厚分布较均匀的短桩基础，当受施工空间限制钻孔桩机无法正常施工时，可采用人工挖孔桩托换。

**条文说明：**人工挖孔桩施工具体应符合以下规定：

1 人工挖孔桩桩径不小于800mm，孔深应严格限制在15m内，仅适用于桩长范围内无甲烷气体、软土层、松散土层等不良地质条件的地基，并且桩孔不受地下承压水影响；

2 人工挖孔桩混凝土护壁的厚度不应小于100mm，护壁混凝土强度等级不应低于桩身混凝土，并应振捣密实，护壁应配置直径不小于8mm的构造钢筋，竖向筋应上下搭接。人工挖孔桩的护壁也可采用钢护筒；

3 挖至设计标高后，应清除护壁上的泥土和孔底残渣、积水，并应进行桩底隐蔽工程验收。验收合格后，应立即封底并灌注桩身混凝土，若地下水渗流速度较快，应停止降水并实施水下混凝土浇灌工艺，确保浇灌质量；

4 当孔底基本无地下水灌注桩身混凝土时，混凝土应通过溜槽浇筑。当落距超过3m时，应采用串筒浇筑，串筒末端距孔底高度不宜大于2m，也可采用导管泵送。非水下浇筑的混凝土宜采用插入式振捣器振捣密实；

5 人工挖孔桩应采取相关安全措施，应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94的有关规定执行。

**7.3.9** 水泥土组合钢管桩施工应符合以下要求：

1 水泥土组合钢管桩分通长组合桩、扩底段组合桩两类。水泥土通过高压喷射注浆工艺成型，钢管桩与水泥土之间通过锚固件连接，锚固件一般可采用斜向钢板、角钢倒刺、槽钢和焊接箍筋等；

2 水泥土通长组合钢管桩应按以下工序施工：

1）高压旋喷注浆跳打施工，工作面清除泥浆；

2）钢管桩迅速跟进施工，以锚杆静压桩工艺将钢管分节压入水泥土桩内，并满足“双控”要求。

3）及时清理桩孔，持荷加载，混凝土灌芯后加载封桩。

3 水泥土扩底组合钢管桩应按以下工序施工：

1）锚杆静压钢管桩跳打施工，直至扩底段以上1~2m处暂停，清理钢管内全部土塞；

2）对桩底端实施高压旋喷复喷施工，工作面清除泥浆；

3）钢管桩迅速跟进沉压施工，将钢管分节压入水泥土桩至设计标高，并满足“双控”要求。

4）及时清理桩孔，持荷加载，混凝土灌芯后加载封桩。

4 旋喷桩按双重管、三重管法施工，禁止采用单重管法。施工工艺参数应根据土质条件、加固要求估算，通过试桩确定。现场应采取减小泥浆排放、现场泥浆固化处理的措施；

5 高压旋喷注浆，宜采用强度等级为42.5级普通硅酸盐水泥，水泥浆液的水灰比宜为0.8～1.0，水泥掺量不宜小于被加固土质量的30%；

6 钢管桩施工遵照本章**7.3.6**节执行。

## 7.4 侧向支护结构施工

**7.4.1** 侧向支护结构系统一般包括支护桩（墙）与冠梁、水平支撑与立柱桩、钢支撑与围檩、止水帷幕、坑底土（被动土）加固等。

**条文说明：**侧向支护结构施工顺序通常为：支护桩（墙）、止水帷幕与立柱桩施工→坑底土加固→冠梁施工→（顶面）水平支撑→钢支撑与围檩→地下结构施工→换撑、拆撑→肥槽回填→拆除冠梁和支护桩（墙）上端部分。

对于稳定性好、水平刚度较大、整体性强的侧向支护结构，宜与既有建筑托换后的基础结构建立弹性连接，有利于加强既有建筑的侧向稳定。

**7.4.2** 侧向支护结构施工与施工质量检验应符合现行《建筑桩基技术规范》JGJ94、《建筑基坑支护技术规程》JGJ120、《建筑基坑工程逆作法技术规程》DB33/T1112、《建筑深基坑工程施工安全技术规范》JGJ311、《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB50202等标准的相关规定。

**7.4.3** 支护结构施工前应对既有建筑及原支护结构进行勘探，确定是否有障碍物及基础外挑等情况，制定针对性施工措施。

**7.4.4** 施工时宜选用低净高、小型化、施工震动与噪音较小的围护施工设备。

**7.4.5** 施工前应熟悉支撑系统的图纸及各种计算工况，掌握开挖及支撑设置的方式、了解预加轴力及周围环境保护的要求。

**7.4.6** 支撑结构的安装和拆除顺序，应与基坑支护结构的设计工况相一致。

**7.4.7** 钢筋混凝土内支撑施工应跟随土方施工穿插进行，应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB50666和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204的相关规定。支撑立柱桩、内支撑与既有主体基础结构相连接部位，应严格按图施工。

**条文说明：**内支撑的换撑与拆撑施工，应符合基坑工程设计工况要求，采取保证既有主体结构与周边建筑安全的防范措施。并应细化拆撑工序，制定临时加撑、机械切割、人工破碎与垂直运输方案。

**7.4.8** 钢支撑（预应力或非预应力）施工，分为H型钢支撑、钢管支撑和工具式钢支撑，钢支撑运输、拼装应考虑既有建筑有限的地下空间及安装条件的影响，合理地进行运输和安装，施工与验收应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205的相关规定。

**7.4.9** 高压旋喷桩止水帷幕与坑内土体加固施工，高压旋喷桩止水帷幕水泥掺量较高，可采用双重管和三重管施工工艺，施工应符合现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ79的相关规定。对于开挖深度较深、受承压水影响较大、安全等级为一级的基坑，可以采用MJS旋喷桩和RJP旋喷桩进行止水帷幕施工，施工应符合现行地方标准《既有地下建筑改扩建技术规范》DJ/TJ08-2235 的相关规定。

**条文说明：**高压旋喷桩坑内土体加固施工，一般水泥掺量较低，施工应严格控制加固层的厚度和平面置换率。

## 7.5 地下水控制

**7.5.1** 地下水控制应根据地下建筑增层施工过程中具体的水文地质条件，可采用隔水、集水明排、降水泄压、地下水回灌等控制措施，确保地下结构正常施工。

**7.5.2** 地下水控制应减小对既有建筑及周边环境的不利影响。

**7.5.3** 既有建筑在降水泄压之前，地下结构的底板及外墙上不得开洞，防止冒砂和涌水现象。基坑开挖过程中要加强对基坑渗漏水的监控，发现渗漏应及时封堵，饱和砂性土地层应采取措施防止管涌发生。

**7.5.4** 地下增层施工过程中，应对地下结构体内外地下水控制效果进行动态监测，并根据监测数据指导施工。地下室降水井停止降水时间应满足设计对结构抗浮稳定性的要求。停止降水后，应对降水井采取可靠的封井措施。

**7.5.5** 当采用地下水回灌时，在回灌保护范围内，应设置水位观测井并根据水位动态变化调节回灌量。

## 7.6 土方开挖与桩间支撑

**7.6.1** 基坑土方开挖过程中，应跟踪检查托换桩、既有工程桩的质量，发现问题及时处理。桩间支撑安装应按设计要求及时跟进成型，分块挖至坑底标高24小时之内，应完成混凝土垫层施工。

**7.6.2** 应全程监控既有建筑的侧向位移，会同设计单位制定侧向微调纠偏措施，确保既有建筑侧向稳定。

**7.6.3** 基坑土方开挖前应根据施工场地环境、支护结构形式、托换桩密度、地质条件和设计要求，编制详细的土方开挖专项施工方案，并按规定履行审批手续。

**条文说明：**土方开挖专项施工方案应包括下列内容：

1 工程概况；

2 分层分块开挖原则、开挖顺序、开挖方法；

3 出土口留设位置；

4 土方运输车辆的行车路线；

5 各分块开挖的时间进度要求；

6 施工机械的规格、数量、工效分析与劳动力的配备；

7 卸土场地及出土运输条件；

8 质量、安全、文明与环境保护措施；

9 基坑监测与应急措施等。

**7.6.4** 基坑土方开挖时，应符合下列规定：

1 基坑土方开挖应遵循“分层、分块、对称、均衡、限时开挖”的原则，严禁超挖。开挖参数应视地质情况及支撑方式确定。挖土机械的行车路线、挖土顺序、土方驳运等都应减小对既有建筑、围护结构、工程桩、支撑立柱、降水井、坑内监测设施、周围环境等的不利影响。应加强对基坑内工程桩与托换桩的保护，桩两侧的开挖面高差不得超过1m。

2 开挖设备宜采用清洁能源，工作行走路线应避免对既有建筑基础造成损坏。开挖方法宜为小型机械开挖、人工修土、水力冲土（粉砂土地层）等。

3 土方运输方式应根据结构型式、埋深和出土口的设置及分布、施工工序等情况确定。

**条文说明：**土方开挖、运输设备应符合下列要求：

1 开挖设备应根据出土口尺寸、土方开挖范围内的结构净空尺寸、柱间净距、柱与墙间净距、架设支撑后的开挖层净高等因素综合确定；

2 运输设备的装载、运输能力应与开挖设备的开挖能力相匹配，装载、运输能力不应小于最大开挖能力。

基坑出土可考虑如下方式：

1 小型挖机接力转运、叉车转运、小型铲车转运，结合地面挖机出土或简易悬挂移动吊机出土；

2 小型挖机挖土、皮带运输机出土；

3 对粉砂土地层，可用水力冲土成浆抽出外运。

**7.6.5** 软土地层的电梯井、集水井等坑中坑土方可在整体垫层浇筑完毕后再开挖。位于岩石地基中地下增层，应分段、分批次开挖施工。

**7.6.6** 基坑土方开挖前，基坑支护结构的强度和龄期、降水深度及坑内加固体强度应达到设计要求，并对支护结构进行渗漏水和地下水位监测。

**7.6.7** 基坑土方开挖应实行信息化管理和动态监测。

**7.6.8** 基坑土方开挖前应对邻近建（构）筑物、周边环境和地下重要管线的进行保护，开挖期间应加强监测，发现安全隐患应及时处理。

## 7.7 既有结构构件拆除

**7.7.1**  既有结构构件拆除前﹐应对现有设备、设施进行检查确认，拆除施工不得影响现有设备、设施的正常运行。

**条文说明：**既有结构构件一般包括底层室内外分隔墙、局部围护墙、设计明确拆除的局部结构、托换完成后需拆除的既有基础、新地下室成型后多余的桩体与承台、基坑围护桩墙顶部构件、砼内支撑、钢内支撑、围檩梁等。

**7.7.2** 既有结构构件拆除前，应明确拆除部位与原建筑物的关系以及对应的构造连接节点，优选拆除方法和拆除顺序。

**条文说明：**拆除工程除满足建筑拆除工程安全技术规范JGJ147要求外，尚应符合下列规定：

1 先标识后拆除。施工前应分别在图纸和实物上做好标识，并进行必要的测绘﹑拍照等存档等工作。

2 先分离后拆除。先将拆除结构与保留结构进行分离，然后拆除需要拆除的部位。

3 先加固后拆除。对要拆除的结构应进行必要的临时支撑或加固。

4 先保护后拆除。应事先在保护部位设置挡板、遮盖物等保护设施。

**7.7.3** 既有结构构件拆除施工应按设计规定的顺序进行。拆除前根据施工工艺、施工设备、场地条件等因素，将拆除部位划分为多段，拆除时应间隔拆除并进行临时支撑。

**7.7.4** 既有结构构件拆除前应制定相应的施工方案并做好必要的准备工作，根据结构型式、环保要求选择低震动、低噪音、粉尘和废水可控的拆除方法和拆除设备。

**条文说明：**既有结构构件拆除方法应符合以下要求：

1 应选择最大限度有利于既有结构保护及利用的拆除方法，根据环保要求优先选择低震动、低噪音、粉尘和废水可控的设备；

2 适合整体拆除的部位尽量避免分解拆除；

3 必须分解拆除的部位宜先整块拆卸后再分解拆除。

4 针对特定既有结构选择最适宜的拆除工具及设备，将拆除施工对保护部位的影响下降到最低程度。

**7.7.5** 承重结构构件拆除施工应实行信息化管理和动态监测。

**条文说明：**既有结构构件拆除施工应符合以下要求：

1 可采用水冷金刚水钻、金刚石盘锯、绳锯切割机或液压剪对混凝土构件、砌体进行无振动分块拆除，承重结构、工程桩与承台应预先绘制切割方案图，采用分块静力切割，拆除部位分块外运后再破碎。

2 距离保留结构300mm范围内应采用人工凿除方式，凿除范围内钢筋应保持完整性。

3 对钢构件采取气焰切割拆除。

## 7.8 既有上部结构加固

**7.8.1** 既有上部结构加固分为永久性加固和临时性加固，既有结构加固施工应严格按照设计工况制定施工流程，施工荷载不得超过设计允许值。

**7.8.2** 在既有结构加固前，应根据既有结构相关设计资料对结构尺寸、构造等进行现场核对，既有结构现状与设计资料不相符时，应由设计确认加固方案。

**7.8.3** 结构加固除满足《[混凝土结构加固设计规范》GB50367、《](https://www.baidu.com/link?url=57aywD0Q6WTnl7XKbIHuE8b-omKc3ap2x5EsTpVbV6AE2Y0M0_hmC8Z9FHRAsK7rz6H-_PQsGpq6_7laZQSzJq&wd=&eqid=ff938fe7000c7ce300000004636080d3)建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB50550外，尚应符合本规程的要求。

**7.8.4** 采用碳纤维加固、粘贴钢板加固、外包型钢加固等直接加固法对既有结构加固前，应对既有结构界面进行清理，对结构损伤进行补强处理，保证既有结构质量满足设计要求。

**7.8.5** 采用增大截面、增设支点等间接加固法对既有结构加固前，应对既有结构进行临时支撑，做好受力转换，同时保证结构加固连接节点的质量。

**7.8.6** 上部结构临时保护加固主要采用钢套架、钢支撑、钢拉杆体系，特殊部位采用刚度较强的钢筋混凝土加强体，施工中要注意新旧结构的构造连接，避免对既有结构产生不利影响。

**7.8.7** 既有结构加固除本章规定外，尚应符合现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的相关规定。

## 7.9 新增地下结构施工

**7.9.1** 地下增层施工顺序应符合设计要求。

**条文说明：**

单层地下室增层施工顺序通常为：底板施工→地下室柱与上部结构托换连接→顶面支撑换撑、拆除托换构件→外墙、内墙施工→汽车坡道、顶板施工→上下结构连接节点二次处理、楼梯施工→地下室防水→肥槽回填→拆除高出地表、影响地下管线埋设的支护桩（墙）→拆除上部结构临时加固体系。

多层地下室增层施工顺序与单层地下室相比，增加中间层水平内支撑换撑与拆除施工工序。

**7.9.2** 地下增层基础结构与基坑支护桩（墙）、水平支撑、立柱桩、工程桩、托换桩及其承台、上部结构下口之间的节点施工前应绘制施工深化图。

**7.9.3** 底板施工前，应按设计要求控制地下水位，确保支护桩（墙）不漏水。

**7.9.4** 新旧结构连接面处理应符合以下要求：

1 工程桩、托换桩和围护墙与底板之间的连接面应采用人工凿毛处理，凿毛应避免造成既有结构损伤，凿毛后应冲洗干净，植筋与抗剪键应符合设计要求;

2 托换钢桩、钢立柱桩的连接面除了抗剪键外，应加焊止水环（板），对穿钢筋开孔较多影响安全受力的构件截面应按设计要求补强;

3 底板与地下连续墙相连接采用钢筋焊接时，焊接长度应符合规范要求;采用植筋时，植筋深度应满足设计要求，植筋时应避免损伤老结构钢筋。

**7.9.4** 底板或楼层板设置后浇带时，应设置传力构件，楼层后浇带两侧梁板悬臂长度超过设计允许值时，应设置临时支撑。

**条文说明：**底板电梯井、集水井基础可先行浇筑成型。底板主筋接头较多，宜采用机械连接，不宜采用电弧焊连接。组合墙柱中的钢柱底座、柱墙竖向主筋必须精确定位固定。底板混凝土可以分仓施工，浇筑应按早强型大体积混凝土要求施工。

**7.9.5** 底板和楼板混凝土浇筑养护达到规定的强度要求后，方可进入逐层换撑、逐层新结构施工阶段。

**7.9.6** 底板与墙板的水平施工缝留设应规范、合理。

**条文说明：**底板与墙板的水平施工缝留设应符合以下要求:

1 水平施工缝的留设应结合设计要求、后续结构施工便利性要求综合确定；

2 应对留设的竖向钢筋采取必要的保护措施，宜采用一级机械接头；

3 外墙的水平施工缝应采取相应的止水措施。

**7.9.7** 柱、墙施工时预留的梁支座钢筋、墙板水平主筋，数量、位置、伸出长度应满足设计要求。竖向结构构件连接达到设计要求前，不得拆除临时支撑和上部结构托换承台。拆除前应采取水平向加固措施确保竖向构件的侧向稳定。

**条文说明：**地下室竖向结构构件（柱、墙、电梯井道）施工，多为组合结构，连接施工比较复杂，系地下室结构施工的重中之重，应严格按设计要求施工，实施精细化管控，保证新结构的柱、墙与上部结构下口连接节点安全可靠。

竖向结构托换与转换施工，宜采用PLC同步液压控制系统施加顶升力控制竖向位移，确保竖向构件上下连接安全可靠、保证质量。

**7.9.8**  新增地下室结构与上部结构墙﹑柱下部连接时，应采取措施保证接缝防水性能。

**条文说明：**新地下室结构与上部结构墙﹑柱下部连接时，施工应符合以下要求：

1 新结构浇筑应采用超灌法或注浆法的接缝处理方式，必要时可采用免振捣特种加固混凝土、高强无收缩灌浆料和自密实混凝土浇筑；

2 应在接缝处预埋单组分、遇水膨胀型聚氨酯密封胶条，保证接缝防水性能；

3 在接缝处预埋全断面注浆管，竖向结构施工完成后注入灌浆料对接缝进行处理；

4 上下主筋连接与锚固应满足设计要求。

**7.9.9** 地下室顶板结构施工，应严格处理好梁板与柱子、墙板的结合面，保证混凝土顶板的防水性能。

**7.9.10** 主体结构施工除符合本章规定外，尚应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的相关规定。结构防水施工应符合现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108的相关规定。

## 7.10 作业环境及施工安全控制

**7.10.1** 施工过程中的安全与降噪、通风与排气、照明与电力设施除符合本规程规定外，尚应符合现行行业标准《建筑施工安全检查标准》JGJ59、《建设工程施工现场环境与卫生标准》JGJ146的相关规定。

**7.10.2** 施工过程中应按现行国家标准《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB12523的相关规定，严格控制施工期间的噪声。

**条文说明：**施工过程中应采取下列措施控制噪声污染：

1 宜选用低噪声的机械，固定式机械宜安装隔声罩；

2 进入施工现场后，车辆禁鸣喇叭。

**7.10.3** 临时用电应按现行行业标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ46进行接地保护。

**7.10.4** 按照总平面布置图的要求保证施工现场道路畅通，道路上不得堆放各种设备、材料和杂物，保证道路整洁。保证施工现场排水系统良好，无积水现象。

**7.10.5** 闲置出土口、楼梯孔洞、交通要道应搭设防护设施。

**7.10.6** 施工前应勘察地下有毒、有害气体的分布情况。

**7.10.7** 通风及排气设施应结合地下增层规模、施工季节、地质条件、风机类型和噪声等因素选择。

**7.10.8** 施工通风应采用压入式机械通风，逆作法通风排气宜采用轴流风机，风机应配备防水、降温和防雷击设施。

**7.10.9** 应定期测试通风的风量、风速、风压，检查通风设备的供风能力和动力消耗。

**7.10.10** 逆作法地下室施工应设一般照明、局部照明和混合照明。在一个工作场所内，不得只设局部照明。

**7.10.11** 现场照明应采用防爆、防潮、高光效、长寿命、低能耗的照明光源。

**7.10.12** 动力、照明线路应在楼板、梁、柱等结构中设置专用的绝缘防水线路，严禁将线路架设在脚手架、钢支承柱及其他设施上。

**7.10.13** 人员通道应设置安全防护棚，楼梯应设置安全护栏。人员进入施工作业通道宜设置门禁系统。

**7.10.14** 各类洞口应设置安全防护设施。

8 监 测

## 8.1 一般规定

**8.1.1**  既有建筑地下增层施工前应编制专项监测方案，施工过程中依据方案进行监测，并根据监测结果指导施工。

**8.1.2** 既有建筑地下增层施工前应由设计单位根据增层设计及周边情况提出监测技术要求，包括：监测项目、测点位置、监测频率及监测报警值等；监测内容及技术指标应充分考虑既有建筑地下增层施工过程中，结构内力及邻近土体变形的发展变化特点，以及周边建（构）筑物、管线及道路等的允许限值。

**8.1.3** 各监测项目应在基坑开挖前或测点安装后测得稳定的初始值，且次数不应少于两次。

**8.1.4** 既有建筑地下增层施工过程中，应安排专人每天进行巡视检查。主要检查托换结构及侧向支护结构是否开裂，开挖面是否出现隆起现象或流土、管涌现象，邻近土体是否存在异常变形或裂缝，周边建（构）筑物、管线及道路是否存在开裂、破损等情况。

**8.1.5** 托换梁（承台）、竖向托换构件、侧向支护结构和主体结构监测项目的控制值应符合设计要求；增层基坑、周边建（构）筑物、管线控制值应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497的规定。

**8.1.6** 变形监测可采用水准仪、经纬仪以及高精度全站仪，构件内力监测可采用应变片、钢筋计、混凝土应变计或光纤光栅。

## 8.2 既有结构监测

**8.2.1** 地下增层施工的全过程应对既有结构进行监测，监测项目应包括以下内容：沉降、倾斜、水平位移、裂缝，工程需要时，尚应增加结构振动和主要受力构件内力监测。

**8.2.2** 监测点应布置在对变形敏感、结构薄弱及主要受力部位，测点数量、监测频率、监测周期等应根据设计要求及《建筑变形测量规范》JGJ 8的有关规定确定。

**8.2.3** 施工期间宜每天监测一次，在进行原有结构拆除、基础托换等既有建筑受力体系转化施工时，应加大监测频率或采用自动化监测系统实时监测。

**8.2.4** 原址地下增层需要通过整体顶升、迫降等调整既有建筑高程的，除应符合本规程外，尚应符合《建筑物倾斜纠偏技术规程》（JGJ270）的有关规定。

**8.2.5** 移位地下增层的，除应符合本规程外，尚应符合《建(构)筑物移位工程技术规程》（JGJ/T239）的有关规定。

## 8.3 托换结构监测

**8.3.1**  托换结构监测项目应包括以下内容：托换桩的沉降及侧向变形、转换构件的变形、裂缝与内力等。

**8.3.2** 压桩施工中，应跟踪监测所在承台的上抬位移，控制终压桩力，避免承台和结构受损。

**8.3.3** 测点布置应根据设计要求确定，施工过程中应根据施工进度及时布点，宜采用自动化监测系统实时监测。

## 8.4 支护监测

**8.4.1** 监测项目应包括以下内容：支护结构内力以及支护结构顶部水平位移、支护结构深层水平位移、支护结构竖向位移；

**8.4.2** 各监测项目在基坑施工影响前应测得稳定的初始值，且不应少于两次。

**8.4.3** 各项监测工作的时间间隔根据施工进程确定，在开挖卸载急剧阶段，间隔时间不宜超过1天，其余情况下可延至2～5天。当变形超过有关标准或场地条件变化较大时，应加密观测。当有危险事故征兆时，则需进行连续监测。每次监测工作结束后，及时提交监测简报及处理意见。

## 8.5 周边环境监测

**8.5.1** 施工监测项目应包括以下内容：

1 临近建（构）物竖向位移、倾斜及裂缝；

2 地下水水位；

3 周围土体侧向位移以及地表竖向位移；

4 地下管线及道路位移。

**8.5.2** 监测区域应涵盖地下增层开挖影响范围，可以地面至开挖底面深度的1~3倍作为监测范围。邻近重要建（构）筑物，尤其是古文物保护对象应列入监测范围内。

9 验 收

## **9.1 一般规定**

**9.1.1** 既有建筑地下增层工程必须进行施工质量检验和中间验收，验收合格后方可进入下一阶段施工。

**9.1.2** 既有建筑地下增层工程作为（建筑改造）单位工程的分部工程进行中间质量验收，施工质量验收的划分、程序和组织应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB5033的有关规定。

分部工程应包括地基与基础（托换）子分部工程、地下结构子分部工程、侧向支护子分部工程、上部结构加固子分部工程等，具体的子分部、分项工程划分见附录B。

**9.1.3** 地下增层工程的分项工程（检验批）质量验收记录的主控项目、一般项目应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB50202、《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ123、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204、《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205、《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB50550和《地下工程防水技术规范》GB50108等的有关规定。

对于地下抗浮构件的施工质量检验，则应按照《建筑工程抗浮技术标准》JGJ476执行。

**9.1.4** 既有建筑地下增层工程中间验收时所需提供的相关资料，除应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB50202、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204和《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB50550等的有关规定外，尚应提供工程施工监测报告。

**条文说明：**既有建筑地下增层工程中间验收时所需提供的相关资料，应包括以下资料：

1 岩土工程勘察报告、既有建筑安全性（抗震性）鉴定报告；

2 设计文件、图纸会审记录和设计变更文件；

3 施工组织设计及专项施工方案；

4 原材料、（钢、混凝土）构配件的出厂质量合格证书、预拌混凝土的质量证明文件以及进场见证检测和抽样检验记录、检测报告；预应力筋用锚具、连接器的质量证明文件和抽样检验报告；

5 工程测量、定位放线、技术复核记录，隐蔽工程验收记录；

6 植筋试验、钢筋焊接接头试验报告，结构加固各工序应检项目的现场检查记录和检验报告；

7 混凝土工程施工记录，预应力筋安装、张拉的检验记录、预应力孔道灌浆记录；混凝土试块强度报告；

8 试桩施工记录（报告）、（托换）打桩施工记录（含持荷控制）、基坑支护桩施工记录等；

9 既有基础构件托换施工记录、内支撑施工记录（含轴力伺服控制）、锚杆施工记录、降排水施工记录、换撑施工记录，结构加固与结构连接施工记录等；

10 工程桩低（高）应变检测报告、桩静载测试报告等；

11 建筑移位、顶升施工记录；

12 结构实体抽样检验记录；

13 结构观感验收记录；

14 检验批质量验收资料、分项工程质量验收资料；

15 分部、子分部质量验收资料；

16 工程施工监测报告（含周边环境监测）；

17 施工影像资料；

18 工程的重大质量问题的处理方案和验收记录；

19 （基础与结构）中间验收报告；

20 其他必要的文件和记录。

## 9.2 检验

**9.2.1** 既有上部结构永久或临时加固、托换承台及托换梁的施工质量检验，应按《建筑结构加固工程施工质量验收规范》（GB50550）的相关要求进行。凡涉及结构安全的加固材料、施工工艺、施工过程留置的试件、结构重要部位的加固施工质量等项目，均须进行现场见证取样检测或结构构件实体见证检验。

**9.2.2** 采用分节压入预制桩或植入的组合桩为托换桩，施工前应对成品桩的质量进行检验，施工过程中应对接桩质量进行检验，最终压桩力及压入或植入深度应符合设计要求，施工结束后应检验桩的竖向承载力。

**9.2.3** 采用钻（挖）孔灌注桩为托换桩，施工前应检验原材料质量，施工过程中应检验孔深、泥浆比重、钢筋笼制作与安装质量，成桩后应对桩身混凝土强度、桩身完整性及竖向承载力进行检验。钻孔灌注桩身完整性抽检比例宜为100%。

**9.2.4** 托换桩应采用静载试验的方法进行承载力检验，检验桩数不应少于总桩数的1%，且不少于3根，当总桩数少于50根时，不应少于2根。当受设备或现场条件限制无法采用静载试验时，可采用自平衡法。

**9.2.5** 侧向支护结构（支护桩、墙、支撑、锚杆、坑底加固、止水帷幕等）的施工质量检验，应按现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》（GB50202-2018）的相关要求进行；

**9.2.6** 新增地下结构的施工质量检验，应按《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB50204）和《地下工程防水技术规范》（GB50108）的相关规定进行。对涉及混凝土结构安全的有代表性的部位应进行结构实体检验。

**9.2.7** 应对新增结构与原主体结构之间的连接构造进行检验，并提供隐蔽工程验收报告。

**9.2.8** 对于移位增层、既有建筑通过升降完成最终结构改造的工程，移位施工和结构升降施工质量检验，应按《建（构）筑物移位工程技术规程》JGJ/T239-2011、《建筑物倾斜纠偏技术规程》JGJ270-2012的相关规定进行。

## 9.3 验收

**9.3.1** 检验批的质量验收应包括实物检查和资料检查，并应符合下列规定：

**1** 主控项目的质量经抽样检验均应合格；

**2** 一般项目的质量经抽样检验应合格；当采用计数检验时，除有专门规定外，其合格点率应不低于80%，且不得有严重缺陷；

**3** 具有完整的施工操作依据、质量验收记录。

**9.3.2** 分项工程的质量验收应在其所含检验批验收合格的基础上，进行质量验收，并应符合下列规定：

**1** 所含各检验批的质量均应验收合格；

**2** 所含的各检验批质量验收记录应完整。

**9.3.3** 子分部工程的质量验收应在其所含分项工程验收合格的基础上，并应符合下列规定：

**1** 所含各分项工程质量验收合格；

**2** 质量控制资料完整；

**3** 观感质量验收合格；

**4** 实体检验和主要使用功能抽样检验合格。

**9.3.4** 分部工程的质量验收应在其所含子分部工程验收合格的基础上，并应符合下列规定：

**1** 质量控制资料完整；

**2** 观感质量验收合格；

**3** 实体检验和主要使用功能抽样检验合格。

**9.3.5** 地下增层工程施工质量（中间）验收合格应符合下列规定：

**1** 所含各分部工程质量验收合格；

**2** 质量控制资料完整；

**3** 所含各子分部工程中有关安全、节能、环境保护和主要使用功能的检验资料应完整；

**4** 主要使用功能的抽查结果应符合相关专业验收规范的规定；

**5** 观感质量验收合格。

**9.3.6** 施工质量验收不合格时，应由施工单位返工、返修，并重新检查、验收。若通过返工、返修后仍不能满足安全使用要求的，严禁验收。

**附录A 考虑开挖卸荷影响桩基侧摩阻力折减系数计算**

**A.0.1** 考虑开挖卸荷对桩基承载力的影响时，可将桩侧摩阻力标准值乘以相应的折减系数。折减系数可按下式计算：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | |  | （A.0.1） |
| 式中：*η* | —— | 计算点的桩侧摩阻力折减系数； | | |
| *f*s0*、f*s1 | —— | 开挖前、开挖后计算点的桩侧阻力标准值； | | |
|  | —— | 开挖前、开挖后计算点的土体竖向有效应力，分别按本规程第A.0.2和A.0.3条计算； | | |
| *OCR* | —— | 计算点土的超固结比，等于开挖前与开挖后计算点的竖向有效应力之比； | | |
|  | —— | 计算点土的有效内摩擦角（o）； | | |
|  | —— | 与超固结比相关的参数，，其中*a*为拟合参数，取1.86。 | | |

**A.0.2** 开挖前计算点的土体竖向有效应力应按式（A.0.2）计算：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | |  | （A.0.2） |
| 式中：*z* | —— | 自原基础底面起算的计算点深度； | | |
|  | —— | 原基础底面至计算点深度范围内土层的平均有效重度； | | |
| *q* | —— | 原基础底面土的反力。 | | |

**A.0.3** 开挖后计算点的土体竖向有效应力应按式（A.0.3）计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （A.0.3） |

式中，为既有建筑地下开挖产生的卸荷应力，可将开挖卸荷视为在开挖面施加向上的均布荷载，利用Mindlin应力解计算。

**附录B 既有建筑地下增层工程分部、子分部工程、分项工程划分**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 分部工程 | 子分部工程 | 分项工程 |
| 1 | 地基与基础 | 地基 | 砂石地基，压密注浆地基，高压旋喷桩注浆地基，水泥土搅拌桩复合地基。 |
| 基础 | 钢筋混凝土独立、条形基础或承台，筏形与箱形基础或承台，钢结构基础，钢管混凝土结构基础，型钢混凝土结构基础，钢筋混凝土预制桩基础，钻（挖）孔灌注桩基础，干作业成孔桩基础，长螺旋钻孔压灌桩基础，钢桩基础，锚杆静压桩基础，组合桩基础，抗浮锚杆。 |
| 基坑侧向支护 | 灌注桩排桩围护墙，板桩围护墙，咬合桩围护墙，型钢水泥土搅拌墙，土钉墙，地下连续墙，水泥土重力式挡墙，混凝土或钢内支撑，岩土锚杆，与主体结构相结合的基坑支护。 |
| 地下水控制 | 降水与排水，回灌。 |
| 地下防水 | 主体结构防水，细部构造防水，注浆。 |
| 2 | 主体结构 | 混凝土结构 | 柱墙梁板结构的模板，钢筋，混凝土浇筑，预应力张拉灌浆。 |
| 砌体结构 | 砖砌体，混凝土小型空心砌体砌块，配筋砌体，填充墙砌体。 |
| 钢结构 | 钢结构焊接，紧固件连接，钢零部件加工，钢构件组装及预拼装，压型金属板，防腐涂料涂装，防火涂料涂装。 |
| 钢管混凝土结构 | 钢构件制作，钢管焊接，构件连接，钢管内钢筋骨架，混凝土浇筑。 |
| 型钢混凝土结构 | 型钢焊接，紧固件连接，型钢与钢筋连接，型钢构件组装及预拼装，型钢安装，模板，混凝土浇筑。 |
| 3 | 上部结构加固 | 混凝土构件增大截面工程 | 原构件修整、界面处理、钢筋加工、焊接、混凝土浇筑 |
| 混凝土局部置换构件工程 | 局部凿除、界面处理、钢筋修复、混凝土浇筑 |
| 外粘型钢工程 | 原构件修整、界面处理、钢构件加工与安装、焊接、注胶、涂装 |
| 粘贴纤维复合材工程 | 原构件修整、界面处理、纤维材料粘贴、防护面层 |
| 外粘钢板工程 | 原构件修整、界面处理、钢板加工、胶接与锚固、防护面层 |
| 钢丝绳网片外加聚合物砂浆面层工程 | 原构件修整、界面处理、网片安装与锚固、聚合物砂浆喷抹 |
| 承重构件外加钢筋网—砂浆面层工程 | 原构件修整、钢筋网加工与焊接、安装与锚固、聚合物砂浆或复合砂浆喷抹 |
| 钢构件增大截面工程 | 原构件修整、界面处理、钢部件加工与安装、焊接或高强度螺栓连接、涂装 |
| 混凝土构件外加预应力工程 | 原构件修整、预应力部件加工与安装、预加应力、涂装 |
| 混凝土及砌体裂缝修补工程 | 原构件修整、界面处理、注胶或注浆、或填充密封、表面封闭、防护面层 |
| 植筋工程 | 原构件修整、钢筋加工、钻孔、界面处理、注胶 |
| 锚栓工程 | 原构件修整、钻孔、界面处理、机械锚栓或定型化学锚栓安装 |

本规程用词说明

**1** 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

**1**) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

**2)** 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

**3)** 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

**4**) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

**2** 规程中指明应按其他有关标准、规范执行的，写法为：“应按……执行”或“应符合……的规定或要求”。

引用标准名录

《岩土工程勘察规范》GB 50021

《建筑设计防火规范》GB 50016

《地下工程防水技术规范》GB 50108

《建筑给水排水设计规范》GB 50015

《民用建筑电气设计规范》GB 51348

《建筑物防雷设计规范》GB 50057

《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736

《建筑地基基础设计规范》GB 50007

《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003

《建筑桩基技术规范》JGJ 94

《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123

《建(构)筑物托换技术规程》CECS 295

《建筑物移位纠倾增层改造技术规范》CECS 225

《钢结构设计标准》GB 50017

《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936

《混凝土结构设计规范》GB 50010

《砌体结构通用规范》GB 55007

《砌体结构设计规范》GB 50003

《组合结构通用规范》GB 55004

《组合结构设计规范》JGJ 138

《混凝土结构通用规范》GB 55008

《预应力混凝土结构设计规范》JGJ 369

《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92

《工程结构通用规范》GB 55001

《建筑抗震设计规范》GB 50011

《建（构）筑物移位工程技术规程》JGJ/T 239

《地下建筑工程逆作法技术规程》JGJ 165

《建筑深基坑工程安全施工技术规程》JGJ 311

《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497

《混凝土结构工程施工规范》GB 50666

《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204

《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205

《既有地下建筑改扩建技术规范》DG/TJ 08-2235-2017

《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550

《建筑施工安全检查标准》JGJ 59

《建设工程施工现场环境与卫生标准》JGJ 146

《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523

《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46

《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202

《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 5033

《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120

《建筑工程逆作法技术标准》JGJ 432

《建筑物倾斜纠偏技术规程》JGJ 270

《建筑变形测量规范》JGJ 8