****

**T/CECS ×××－202×**

**中国工程建设标准化协会标准**

**既有建筑地下空间加固技术规程**

Technical specification for reinforcement of underground space of existing buildings

（征求意见稿）

中国XX出版社

**中国工程建设标准化协会标准**

**既有建筑地下空间加固技术规程**

Technical specification for reinforcement of underground space of existing buildings

**T/CECS ××－20××**

|  |  |
| --- | --- |
| 主编单位： | 建研地基基础工程有限责任公司 |
| 批准部门： | 中国工程建设标准化协会 |
| 施行日期： | 2 0 ×× 年 × 月 1 日 |

中国XX出版社

20×× 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2020年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2020]23号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，结合我国实际情况，参考有关国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程的主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、检测鉴定、地基基础加固、地下结构加固、抗浮治理、防水渗漏修复、监测与验收等。

本规程的某些条款，可能直接或间接涉及国家专利，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，由建研地基基础工程有限责任公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送建研地基基础工程有限责任公司（地址：北京市北三环东路30号中国建筑科学研究院地基基础研究所，邮政编码：100013）。

|  |  |
| --- | --- |
| 本规程主编单位： |  |
| 本规程参编单位： |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| 本规程主要起草人员： |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| 本规程主要审查人员： |  |
|  |  |

**目 次**

[1 总 则 1](#_Toc91843181)

[2 术语和符号 2](#_Toc91843182)

[2.1 术 语 2](#_Toc91843183)

[2.2 符 号 3](#_Toc91843184)

[3 基本规定 4](#_Toc91843185)

[4 检测鉴定 5](#_Toc91843186)

[4.1 一般规定 5](#_Toc91843187)

[4.2 地基 7](#_Toc91843188)

[4.3 基桩 8](#_Toc91843189)

[4.4 基础与地下结构 9](#_Toc91843190)

[4.5 沉降变形监测 9](#_Toc91843191)

[4.6 环境影响检测 10](#_Toc91843192)

[5 地基基础加固 12](#_Toc91843193)

[5.1 一般规定 12](#_Toc91843194)

[5.2设计 13](#_Toc91843195)

[5.3施工 15](#_Toc91843196)

[5.4 检验与检测 18](#_Toc91843197)

[6 地下结构加固 19](#_Toc91843198)

[6.1 一般规定 19](#_Toc91843199)

[6.2 设计 19](#_Toc91843200)

[6.3 施工 25](#_Toc91843201)

[6.4检验与检测 31](#_Toc91843202)

[7 抗浮治理 33](#_Toc91843203)

[7.1一般规定 33](#_Toc91843204)

[7.2设计 33](#_Toc91843205)

[7.3施工 35](#_Toc91843206)

[7.4 检验与检测 36](#_Toc91843207)

[8 防水渗漏修复 37](#_Toc91843208)

[8.1 一般规定 37](#_Toc91843209)

[8.2 材料 37](#_Toc91843210)

[8.3 设计 38](#_Toc91843211)

[8.4 施工 42](#_Toc91843212)

[8.5 检验与检测 45](#_Toc91843213)

[9 监测与验收 47](#_Toc91843214)

[9.1 一般规定 47](#_Toc91843215)

[9.2 监 测 47](#_Toc91843216)

[9.3 验 收 48](#_Toc91843217)

[附录A 地基检测方法 51](#_Toc91843218)

[附录B 钻探设备类型选择 52](#_Toc91843219)

[附录C 既有建筑地基静载荷试验要点 53](#_Toc91843220)

[附录D 基桩检测方法 55](#_Toc91843221)

[附录E 地基基础加固方法选择 56](#_Toc91843222)

[本规程用词说明 57](#_Toc91843223)

[引用标准名录 58](#_Toc91843224)

[附：条文说明 59](#_Toc91843224)

**Contensts**

[1 General Provisions 1](#_Toc3145290)

[2 Terms and Symbols 2](#_Toc3145291)

[2.1 Terms 2](#_Toc3145292)

[2.2 Symbols 3](#_Toc3145293)

[3 Basic Requirements 4](#_Toc3145294)

[4 Detection and Appraise 5](#_Toc3145290)

[4.1 General Requirements 5](#_Toc3145292)

[4.2 Foundation Soil 7](#_Toc3145292)

[4.3 Foundation Pile 8](#_Toc3145292)

[4.4 Foundation and Underground Structure 9](#_Toc3145292)

[4.5 Monitoring of settlement and deformation 9](#_Toc3145292)

[4.6 Detection of Environmental Impact 10](#_Toc3145292)

[5 Reinforcement of soil and foundation 1](#_Toc3145290)2

[5.1 General Requirements 12](#_Toc3145292)

[5.2 Design 13](#_Toc3145292)

[5.3 Construction 15](#_Toc3145292)

[5.4 Inspection and Testing 18](#_Toc3145292)

[6 Reinforcement of Underground Structure 19](#_Toc3145317)

[6.1 General Requirements 19](#_Toc3145292)

[6.2 Design 19](#_Toc3145292)

[6.3 Construction 2](#_Toc3145292)5

[6.4 Inspection and Testing 31](#_Toc3145292)

[7 Governance of Defence Buoyancy 37](#_Toc3145317)

[7.1 General Requirements 33](#_Toc3145292)

[7.2 Design 33](#_Toc3145292)

[7.3 Construction 35](#_Toc3145292)

[7.4 Inspection and Testing 36](#_Toc3145292)

[8 Leakage Treatment 37](#_Toc3145317)

[8.1 General Requirements 37](#_Toc3145292)

[8.2 Materails 37](#_Toc3145292)

[8.3 Design 38](#_Toc3145292)

[8.4 Construction 42](#_Toc3145292)

[8.5 Inspection and Testing 45](#_Toc3145292)

[9 Monitoring and Acceptance 47](#_Toc3145317)

[9.1 General Requirements 47](#_Toc3145292)

[9.2 Monitoring 47](#_Toc3145292)

[9.3 Acceptance 48](#_Toc3145292)

[Appendix A Selection of Foundation Testing Method 56](#_Toc3145329)

[Appendix B Type Selection of Drilling Equipment 56](#_Toc3145329)

[Appendix C Key Points of Static Load Test for Foundation of Existing Building 56](#_Toc3145329)

[Appendix D Selection of Pile Testing Method 56](#_Toc3145329)

[Appendix E Selection of Foundation Reinforcement Method 56](#_Toc3145329)

[Explanation of Wording in This Specification 57](#_Toc3145337)

[List of Quoted Standards 58](#_Toc3145338)

[Addtion: Explanation of Provisions 59](#_Toc3145338)

# 1 总 则

**1.0.1** 为在既有建筑地下空间的加固设计、施工中做到安全适用、保护环境、技术先进、经济合理、确保质量，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于既有建筑地下空间的检测鉴定、设计、施工与监测验收。

**1.0.3** 既有建筑地下空间加固的检测鉴定、设计、施工与验收，应综合考虑地质条件、周边环境要求、主体地下结构要求和施工季节变化等因素，因地制宜，优化设计、精心施工、严格监控。

**1.0.4** 既有建筑地下空间加固工程除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

# 2 术语和符号

## 2.1 术 语

**2.1.1** 既有建筑地下空间 underground space of existing buildings

已存在或部分存在于地表以下的建筑空间。

**2.1.2** 地下空间加固 underground space improvement

为满足既有建筑地下空间使用功能和耐久性的要求，对地下空间地基、基础和结构采取加固技术措施的总称。

**2.1.3** 周边环境surroundings

在既有建筑地下空间加固施工及使用阶段，周围可能受加固影响的建（构）筑物、管线、和道路等的统称。

**2.1.4** 托换加固 improvement for underpinning

通过在结构与基础间设置构件或在地基中设置构件，改变原结构传力途径的地基基础加固技术。

**2.1.5** 桩式托换 type of pile underpinning

通过桩基或复合桩基，对原有基础进行托换的地基基础加固技术。

**2.1.6** 冲击旋喷桩percussion-installed jet-grouting mixing pile

利用钻具冲击成孔，通过喷射浆液及气体切削、搅拌原状土而形成的柱状固结体。

**2.1.7** 全方位高压喷射注浆工法mixed jet system（MJS）

高压水泥浆通过钻杆独特的多孔管和前端造成装置，可向任意角度喷出，以此切割土体并与土拌合形成水泥土增强体的加固方法。

**2.1.8** 超高压喷射注浆法rodin jet pile（RJP）

一种在三管法基础上开发的高压喷射注浆工法，以超高压喷射流两次破坏土层结构，第一次是水和空气的复合喷射流，第二次是高压喷射的水泥浆再次冲击切削土体。

**2.1.9** 劲性复合桩strength composite piles

由柔性桩和刚性桩经复合施工形成的具有互补增强作用的桩。

**2.1.10** 结构加固  strengthening of structure

对承重结构、构件及其相关部分采取增强、局部更换或调整其内力等措施，使其满足安全性、耐久性和适用性。

**2.1.11** 排水减压抗浮 Anti-Buoyancy by drainage

通过排水减少水浮力的抗浮措施。

**2.1.12** 迎水面修复 Water facing reverse waterproofing system

在既有建筑地下空间的背水面采用钻孔对迎水面实施注浆，对防水层进行修复加固，封闭破损的渗漏水通道，起到防水止漏的作用。

**2.1.13** 电渗脉冲防渗除湿技术 Electro-osmosis pulse antileakage dehumidification technology

在多孔介质的结构体（如砖砌体、混凝土、钢筋混凝土等）的内部和外部设置正、负电极，接通直流电源后，在电场力的驱动作用下，结构体内部的水分会从正极连续渗流到达负极排出室外，使结构保持干燥。

## 2.2 符 号

**2.2.1** 作用和作用效应

*G0*—建筑物自重及压重的总荷载标准值(kN)；

*Rt*—原抗浮构件承载力特征值(kN)；

*Gt*—增加的压重标准值(kN)；

∑*R*—增加的抗浮构件承载力特征值(kN)；

*Nw*—浮力标准值(kN)；

**2.2.2** 几何参数

V—帷幕设计体积(m3)；

Q—帷幕注浆量(m3)；

**2.2.3** 设计参数和计算系数

*Ks*—抗浮稳定性安全系数；

λ—超注系数；

n—地层裂隙率；

β—浆液充填系数；

m—浆液结实率；

# 3 基本规定

**3.0.1** 既有建筑地下空间加固应具备下列资料：

1场地岩土工程勘察报告或抗浮工程专项勘察报告，包含水文地质条件和抗浮设防水位等；

2 既有建筑结构、地基基础设计资料、施工资料、验收资料和竣工图等；

3 既有建筑地基、基础、结构使用现状的检测鉴定资料；

4 对既有建筑地下空间加固可能产生影响的邻近建（构）筑物、深基坑开挖、降水、新建地下工程的有关勘察、设计、施工、监测资料等；

5 对于存在沉降和差异沉降较大的既有建筑地下空间的沉降变形观测资料；

6有特殊保护性建筑物的加固要求。

**3.0.2** 加固后既有建筑地下空间设计工作年限不应低于原建筑物剩余设计工作年限。

**3.0.3** 既有建筑地下空间加固设计应综合考虑技术经济效果，应符合安全稳定、耐久性、降低能耗与保护环境的要求，加固原材料及成品应进行进场检验和验收。

**3.0.4** 对可能或已经出现倾斜、失稳、开裂、过大变形或局部倒塌等不安全因素的既有建筑，在加固施工前，应预先采取可靠措施防止发生安全事故，必要时尚应对施工过程的结构安全性进行专项分析。

**3.0.5**  既有建筑地下空间加固设计与施工应设计现场监测系统，监测施工期和使用期建筑物的变形和沉降，直到沉降达到稳定为止。

**3.0.6** 既有建筑地下空间加固验收应具有下列技术文件和记录：

**1** 勘察资料、地下空间加固设计文件和抗浮堵漏设计文件、图纸会审记录和设计变更文件、竣工图；

**2**  加固工程施工组织设计或施工方案，加固施工记录，隐蔽工程检查验收记录；

**3**  竣工验收申请和竣工验收报告；

**4**  原材料、半成品等产品合格证书，性能试验报告，检验检测报告；

**5**  重大问题处理文件（含设计变更文件）；

**6**  监理方案、实施及监督记录与监督评价报告；

**7**  监测方案、实施及监测记录与监测结果报告；

**8**  其他必须提供的文件或记录。

# 4 检测鉴定

## 4.1 一般规定

**4.1.1** 既有建筑地下空间检测与鉴定宜分为受损建筑和增载建筑两类开展工作。

**4.1.2** 既有建筑地下空间检测与鉴定宜包括地基、基桩、基础与地下结构、沉降变形监测等内容，可能受周边环境影响的既有建筑还应包括周边环境影响检测。

**4.1.3** 既有建筑地下空间检测与鉴定的主要工作内容应符合下列规定：

**1** 受损建筑

**1**）查明地基基础、地下结构的现状和受损程度；

**2**）分析地基基础、地下结构的受损原因；

**3**）提出加固地基基础、地下结构的措施建议。

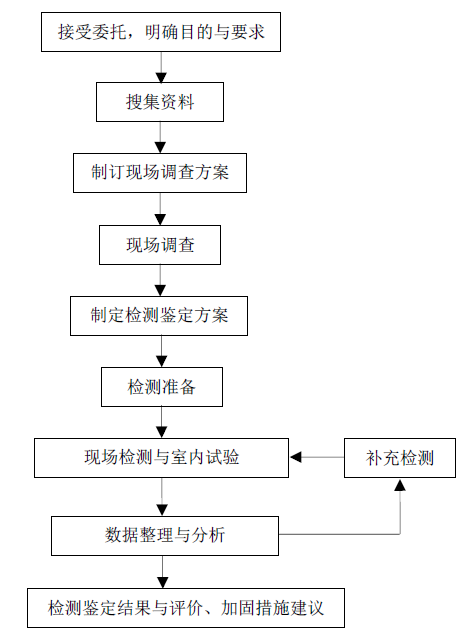
**2** 增载建筑

**1**）查明地基基础、地下结构的现状；

**2**）分析地基基础、地下结构继续承载的能力；

**3**）提出加固地基基础、地下结构的措施建议。

**4.1.4** 既有建筑地下空间检测与鉴定工作应按下图所示程序进行(图**4.1**.4)：

****

**图4.1.4 既有建筑地下空间检测与鉴定工作程序**

**4.1.5** 检测鉴定前应编制检测鉴定方案，检测鉴定方案宜包括下列内容：

**1** 既有建筑概况；

**2** 检测鉴定的目的、依据、范围、项目，选用的检测方法及检测数量；

**3** 检测人员、仪器设备、进度计划等；

**4** 检测点开挖、破除、加固及修复；

**5** 安全措施和环保措施；

**6** 需委托方配合的工作。

**4.1.6** 既有建筑地下空间检测与鉴定应优先选择无破损或微破损的检测方法，宜遵循先简后繁、先粗后细、先面后点的检测原则。

**4.1.7** 具有下列情况之一时，应进行沉降变形监测：

**1** 既有建筑的沉降、开裂仍在发展；

**2** 邻近新建建筑、深基坑开挖、新建地下工程、自然灾害等周边环境对既有建筑安全仍有较大影响。

**4.1.8**  检测点的位置应根据结构类型、荷载分布、地基基础型式、周边环境等因素确定，地基检测点应沿既有建筑物的周边和角点布置在外墙基础下或地基处理范围内，受损建筑可在内墙基础下增设检测点。下列部位应设置检测点：

**1** 损坏或变形较大部位；

**2** 荷载突变部位；

**3** 受加固改造影响的部位；

**4** 地基土性质及分布复杂的部位；

**5** 环境影响显著部位；

**6** 初步判断为可能引起事故的部位。

**4.1.9** 检测数据异常或对检测结果有异议时，应查找原因，根据工程具体情况，进行综合分析并确定检测结果；当不能确定时，宜重新检测或选用其他检测方法补充验证检测。

**4.1.10** 当检测、监测过程中遇有下列情况之一时，应增加检测数量、监测频率或调整检测方案：

**1** 变形量或变形速率异常；

**2** 周边或开挖面出现塌陷、滑移、侧向变形较大；

**3** 既有建筑及地表出现异常变化；

**4** 由于地震、暴雨、冻融、风灾等自然灾害引起的其他异常情况。

**4.1.11** 检测鉴定结论应根据检测数据，结合既有建筑使用情况、工程环境条件和检测方法综合分析确定。

**4.1.12**  现场检测工作结束后，应及时修复因检测造成的既有建筑缺损。

**4.1.13** 既有建筑地下空间检测鉴定，应分析评价下列内容：

**1** 受损建筑

**1**）既有建筑地基基础、地下结构的承载力、变形、稳定性和耐久性；

**2**）引起既有建筑开裂、差异沉降、倾斜的原因；

**3**）邻近新建建筑、深基坑开挖和降水、新建地下工程或自然灾害等周围环境变化对既有建筑地基基础、地下结构已造成的影响或仍然存在的影响；

**4**）既有建筑地基基础、地下结构加固的必要性以及加固方法的建议。

**2** 增载建筑

**1**）既有建筑地基基础、地下结构继续承载的能力，斜坡上的既有建筑继续保持稳定的能力；

**2**）既有建筑可能产生的附加沉降、差异沉降，既有建筑开裂、倾斜的可能性；

**3**）既有建筑地基基础、地下结构加固方法的建议。

**4.1.15**  既有建筑地下空间鉴定可分为安全性鉴定和正常使用性鉴定，鉴定评级的层次、等级划分、工作步骤和内容、评级标准及其鉴定评级应符合现行国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB50292和《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144的有关规定。

**4.1.16**既有建筑地基鉴定可分为安全性鉴定、持久性鉴定和使用性鉴定，鉴定评级的层次、等级划分、评级标准及其鉴定评级应符合现行行业标准《既有建筑地基可靠性鉴定标准》JGJ404的有关规定。

**4.1.17** 检测鉴定报告应包括下列内容：

**1** 建筑名称，建设、勘察、设计、监理和施工等单位名称，委托情况；

**2** 建筑概况，包括地点、位置、建造时间、使用历史、现状，地基类型（地质条件和水文条件）、基础型式、上部结构型式，原设计条件，加固设计要求，周边环境条件等；

**3** 检测鉴定的目的、依据、项目、数量、方法以及仪器设备，检测日期；

**4** 现场的调查情况；

**5** 检测点的编号、位置标注图件和检测实施过程记录；

**6** 检测点标高、场地标高、设计标高、地下水位标高记录；

**7** 检测数据统计、实测与计算分析曲线和表格及汇总结果；

**8** 状态分析与评价；

**9** 检测鉴定结论与建议。

## 4.2 地基

**4.2.1** 既有建筑地基检测包括天然地基检测、处理后地基检测、复合地基检测以及复合地基中增强体的检测。

**4.2.2** 地基检测应根据工程特点、检测目的和内容、周围环境按附录A选择勘探、原位测试和室内土工试验等方法，物探法宜与其他方法配合使用。

**4.2.3** 钻探设备可根据钻探位置、岩土类别、可钻性、取样要求和施工环境按附录B选择。

**4.2.4** 既有建筑勘探钻进方法，应符合下列规定：

**1** 受损建筑地下水位以上宜干钻，需要加水或使用循环液时，可采用双层岩芯管钻进或三重管取土器钻进；

**2** 地下水位以下可采用无泵反循环单管岩芯钻进；

**3** 钻探可能坍塌的地层时，应采取护壁措施。地下水位以上可采用套管护壁；地下水位以下的黏土、粉质黏土，可采用原土造浆护壁；地下水位以下的粉土、砂士，可采用膨润土浆液护壁；地下水位以下的破碎岩层，可采用优质泥浆、水泥浆或化学浆液护壁。

**4.2.5** 钻探施工前应采用物探方法或小口径洛阳铲提前查明孔位处的地下埋藏物。

**4.2.6** 钻孔的回次进尺应根据钻具类型和土层特点确定。钻进回次进尺不宜超过1.0m，且不得超过取土器高度；基底以下5.0m范围内、重点勘察部位和预计的地层界线附近，回次进尺不宜超过0.5m；采取原状土样前用螺纹钻头清土时，回次进尺不宜超过0.3m。

**4.2.7** 既有建筑天然地基、处理后地基、复合地基的载荷试验方法和承载力特征值的确定可符合本标准附录C的有关规定。

**4.2.8** 勘探应留取岩土芯样照片，有特殊要求时，尚应留取岩土芯样。

**4.2.9** 岩土的物理力学指标统计分析时，宜按3倍标准差作为舍弃标准；受损建筑，应根据具体情况选定取舍标准或分区统计。

**4.2.10** 无粘结强度增强体质量的测试结果宜单根统计。

**4.2.11** 地基土的均匀性分析，应符合下列规定：

**1** 天然地基应符合现行行业标准《高层建筑岩土工程勘察规程》JGJ72的有关规定；

**2** 强夯地基宜根据影响深度、土性、试验结果分层分析，分层厚度不宜大于2m；

**3** 换填地基压实系数、压缩性指标等应分层统计，同条件的压实土层应划分为一层。

**4.2.12** 地基土的承载力特征值应根据勘探与土工试验成果并结合当地经验确定。

**4.2.13** 地基分析评价应包括下列内容：

**1** 地基土层的分布及其均匀性，尤其是沟、塘、古河道、墓穴、岩溶、土洞等的分布情况；

**2** 地基土的物理力学性质，特别是软土、湿陷性土、液化土、膨胀土、冻土等的特殊性质；

**3** 地下水及其腐蚀情况；

**4** 地基承载力、变形情况；常受水平荷载作用、建造在斜坡上或相邻深基坑的既有建筑物场地稳定情况；

**5** 自然灾害或环境条件变化，对地基土工程特性的影响；

**6** 地基加固方法的建议和地基加固设计所需的有关参数。

## 4.3 基桩

**4.3.1** 既有建筑基桩检测包括基桩承载力、桩身完整性、桩长、钢筋笼长度、桩身混凝土强度、桩端持力层和桩底沉渣厚度等。

**4.3.2** 基桩检测应根据工程特点、检测内容和目的、周围环境按附录D选择检测方法。承载力检测应采用静载荷试验法，桩身完整性检测宜采用低应变法或钻芯法，桩长检测宜采用旁孔透射法或钻芯法，钢筋笼长度检测宜采用磁测桩法，桩身混凝土强度、桩端持力层和桩底沉渣厚度检测应采用钻芯法。

**4.3.3** 重要的增层、增载建筑，且无条件进行基底下基桩载荷试验时，可采用模拟桩的持载再加荷试验，推定既有工程桩的承载特性。

**4.3.4** 基桩静载荷试验前应检测桩身完整性。

**4.3.5** 基桩桩身完整性检测宜选用无损检测方法。当无损检测方法不能实施或不能明确确定检测结果时，可采用微破损检测方法。

**4.3.6**  基桩承载力和完整性检测需断开基桩与基础或承台时，应采取防止破坏既有建筑或影响既有建筑正常使用的措施。

## 4.4 基础与地下结构

**4.4.1** 基础检测包括无筋扩展基础、钢筋混凝土扩展基础、柱下条形基础、筏板基础、箱形基础、桩基础的承台和基础连梁等。

**4.4.2**  基础与地下结构检测应按表4.4.2选择检测方法。

表**4.4.2** 基础于地下结构检测方法

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 检测方法 | 适用范围 |
| 1 | 现场开挖量测法 | 适用于检测基础的形式、基本尺寸、埋置深度及损伤外观 |
| 2 | 地质雷达探测法 | 适用于结合现场开挖量测法检测基础的形式、宏观尺寸和埋置深度 |
| 3 | 回弹法、超声-回弹综合法、后装拔出法 | 适用于检测基础的混凝土抗压强度 |
| 4 | 钻芯法 | 适用于检测基础的混凝土抗压强度、腐蚀厚度、冻伤厚度、裂缝深度 |
| 5 | 超声法 | 适用于检测基础的内部缺陷、冻伤厚度、裂缝深度 |
| 6 | 显微镜法 | 适用于基础上稳定裂缝宽度的一次性检测 |
| 7 | 雷达法、电磁感应法 | 适应于测定混凝土的保护层厚度、钢筋间距 |
| 8 | 剔凿法 | 适应于检测钢筋的锈蚀情况、钢筋直径 |
| 9 | 电化学法 | 适应于检测钢筋的锈蚀情况 |

**4.4.3** 受到环境侵蚀和灾害影响的基础与地下结构，其检测位置应在损伤最严重部位。

**4.4.4** 浅埋基础的损伤检测可选择既有建筑物的散水、勒脚、墙体裂缝、周边地面变形等部位；埋置较深基础的损伤检测可选择地下室墙体裂缝、地下室底板裂缝和沉降缝变形等对应部位。

## 4.5 沉降变形监测

**4.5.1** 应根据工程特点、监测内容和目的、周围环境按表4.5.1选择监测方法。

表**4.5.1** 沉降变形监测方法

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 监测方法 | 适用范围 |
| 1 | 水准测量、静力水准测量 | 适用于沉降监测 |
| 2 | 视准线法、极坐标法、激光准直法、测小角法、位移计自动测计法、GPS法、三维激光扫描法或近景摄影测量法 | 适用于水平位移监测 |
| 3 | 倾斜传感器法 | 适用于倾斜监测 |
| 4 | 比例尺法、小钢尺法、坐标方格网板法、  百分表裂缝宽度动态监测法、测缝计或传感器自动测记法 | 适用于不稳定裂缝的监测 |

**4.5.2** 变形监测的等级及精度要求应符合表4.5.2的规定：

表**4.5.2** 沉降 变形监测的等级及精度要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 等级 | 沉降监测 | 水平位移监测 | 适用范围 |
| 观测点测站高差中误差（mm） | 观测点坐标  中误差（mm） |
| 一级 | ±0.15 | ±1.0 | 变形特别敏感的高层建筑、高耸构筑物、工业建筑、重要古建筑的变形监测等 |
| 二级 | ±0.5 | ±3.0 | 变形比较敏感的高层建筑、高耸构筑物、工业建筑、古建筑的变形监测等 |
| 三级 | ±1.5 | ±10.0 | 一般性的高层建筑、多层建筑、工业建筑、高耸构筑物的变形监测等 |

注：1 观测的高差中误差和坐标中误差，指相对于邻近基准点的中误差；

2 观测点点位中误差为观测点坐标中误差的 倍；

3 沉降监测，可根据需要按观测点的高程中误差或相邻变形监测点的高差中误差，确定监测精度等级。

**4.5.3** 宜采用国家平面坐标系统和高程系统或所在地使用的地方坐标系统和高程系统，也可使用建筑坐标系或独立坐标系。

## 4.6 环境影响检测

**4.6.1** 既有建筑周围环境变化包括地下空间开挖、降水、大面积堆载、桩基施工和施工振动。

4.**6.2** 环境变化对既有建筑物的影响检测宜贯穿环境变化前、环境变化中和环境变化后的全过程。

**4.6.3** 既有建筑周边环境变化可能影响既有建筑时，应根据环境的变化按表4.6.3选择适宜的检测方法。

表4.**6.3** 环境影响检测方法

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 检测方法 | 适用范围 |
| 1 | 测斜法 | 土体的水平位移 |
| 2 | 分层沉降法 | 土体的深层竖向位移 |
| 3 | 水阻法 | 地下水位的变化 |
| 4 | 电测法 | 孔隙水压力的变化 |
| 5 | 激振法 | 环境振动的检测 |
| 6 | 化学分析法 | 地基土、地下水的腐蚀性 |

**4.6.4**  既有建筑周边范围内环境发生变化，且符合下列情况之一的，应进行环境影响检测。

1 中低压缩性土场地的既有建筑周边开挖基坑，既有建筑基础边到基坑底边的水平距离小于既有建筑基础底到基坑底竖向距离的1.5倍；高压缩性土场地小于2倍；

2 既有建筑周边大面积堆载，既有建筑物处于堆载边缘外2倍堆载宽度范围内；

3 中低压缩性土场地的既有建筑周边开挖地下空间，既有建筑基础边到地下空间的最小水平距离小于既有建筑基础底到地下空间顶竖向距离加2m；高压缩性土场地小于1.7倍加2.5m；

4 高压缩性土场地的既有建筑周边施工桩基时，既有建筑物距离施工作业位置小于50m；

5 中低压缩性土场地的既有建筑周边振动施工，既有建筑物距离施工作业位置小于20m，高压缩性土场地小于50m；

6 既有建筑周边降水施工，距离降水的位置，弱透水层场地小于50m，强透水层场地小于100m；不宜小于200m

7 既有建筑物周边存在腐蚀水土，距离腐蚀水土的位置，弱透水层场地小于200m，强透水层场地小于500m。

# 5 地基基础加固

## 5.1 一般规定

**5.1.1** 既有建筑地下空间加固方案选择，应符合下列规定：

**1** 结合地基基础和上部结构现状，按附录E选择地基加固、托换加固、基础加固，或采用地基基础加固与加强上部结构刚度相结合的加固方案。

**2** 应分别从预期效果、施工空间条件、施工难易程度、材料来源和运输条件、施工安全性、对邻近建筑和环境的影响、机具条件、施工工期和造价等方面进行技术经济分析和比较，选定最佳加固方法。

**3** 应通过现场试验确定施工工艺参数和施工可行性。

**4** 应分析评价施工工艺和方法对既有建筑附加变形及受力的影响。

**5** 有特殊保护要求的既有建筑地下空间地基基础加固，应满足既有建筑的保护要求。

**5.1.2** 既有建筑地下空间地基基础加固设计，应包括以下内容：

**1** 根据加固的目的和要求，进行地基承载力和地基变形计算、基础验算；对位于斜坡或承受水平力的地下空间加固，应进行地基稳定性验算。

**2** 遵循新基础和旧基础，新增桩和原有桩变形协调和共同受力原则，进行地基基础加固设计；新、旧基础应采取可靠的连接技术。

**3** 考虑地下空间地基基础构件拆除施工，以及既有建筑荷载向加固后地基基础或托换结构的传递对既有建筑受力及变形的影响。

**4** 加固施工的工序、步骤。

**5** 加固施工采用的施工工艺、施工参数和施工质量控制要求。

**6** 加固施工的质量检验、验收要求及标准。

**7** 加固施工期间及加固完成后既有建筑沉降与变形等的监测要求与控制标准。

**5.1.3** 既有建筑地下空间地基基础加固施工，应符合下列规定：

**1** 根据加固设计制定专项施工方案，对于重要的或危险性较大的工程，施工方案应进行专项论证；

**2** 在注浆、钻孔、成桩等施工过程中，应对既有建筑及周边环境进行监测，当监测数据异常时应立即停止施工，分析查明原因并及时采取措施；

**3** 应采用对地基扰动较小的施工工艺和施工方法，并采取减小地基扰动的施工措施；

**4** 根据地基基础加固方案和施工方法的要求，采取包括隔水、降水、地下水回灌等地下水控制措施；

**5** 采用注浆等地基加固方案需要在基础上钻孔时，施工完成后应采取可靠方案对基础钻孔进行封堵；

**6** 采用桩基托换加固方案，托换桩封桩应满足上部结构荷载的传递要求，既有建筑对沉降与变形敏感时，应采用预应力封桩。

**5.1.4** 地基基础加固施工质量检验和验收，除符合本章规定外，尚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》GB 50202、《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550、《建筑工程质量验收统一标准》GB 50300等的有关规定。

**5.2设计**

**5.2.1** 既有建筑地下空间地基承载力特征值的确定，应符合下列规定：

**1** 当有地区经验时，可按地区经验，并结合土工试验、其它原位试验结果综合确定；

**2** 不改变基础埋深及尺寸，直接增加荷载时，可按《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ123的持载再加荷试验方法确定；

**3** 不具备持载试验条件时，可按《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ123原基础下的现场载荷试验方法，并结合土工试验、其它原位试验结果，以及地区经验等综合确定；

**4** 扩大基础的地基承载力特征值，应采用原天然地基承载力特征值。

**5.2.2** 注浆地基加固法设计，应符合下列规定：

**1** 注浆加固材料可选用水泥浆液、硅化浆液和碱液等固化剂；有地下动水流动的地基加固，宜采用双液注浆或其它初凝时间短的速凝配方。

**2** 注浆设计前宜进行室内浆液配比试验和现场注浆试验，以确定设计参数和检验施工方法及设备，也可参考当地类似工程的经验确定设计参数。

**3** 应保证加固地基满足土体渗透性、地基土的强度和变形的设计要求。

**4** 对地基承载力和变形有特殊要求的地基，注浆加固宜与其它地基基础加固方法联合使用。

**5.2.3** 高压喷射注浆地基加固设计，应符合下列规定：

**1**根据工程需要和土质条件可选用单重管法、双重管法和三重管法、冲击旋喷工艺、MJS工艺或RJP工艺；高压喷射注浆加固体形状可设计成柱状、壁状、条状和块状。

**2** 加固体的强度和直径，应通过现场试验确定。

**3** 应结合工程情况进行现场试验，确定施工参数及工艺。

**4** 应根据既有建筑物荷载分布和基础形式进行平面布置。

**5.2.4** 注浆加固后地基承载力及变形模量等力学参数宜通过静载荷试验检验确定；当无静载荷试验条件时，可根据加固前后地基土的标准贯入、动力触探、静力触探等原位测试或物探方法试验进行综合判定。

**5.2.5** 桩式托换加固设计，应满足下列规定：

**1** 根据既有建筑结构形式、基础型式、荷载情况，以及场地地基情况进行方案比选，分别采用整体托换、局部托换，或托换与加强建筑物整体刚度和强度相结合的设计方案。

**2** 按上部结构、基础、地基变形协调原则进行承载力、变形验算。

**3** 对于砌体、剪力墙结构，应在承重墙与基础梁、板间设置托换梁、板；对于框架结构，应在承重柱与基础间设置托换梁、板。

**4** 应按托换过程中最不利工况，进行上部结构内力、变形复核。

**5** 可采用锚杆静压桩、坑式静压桩、树根桩、注浆钢管桩、H型钢桩等微型桩，或大直径锚杆静压桩、钻孔灌注桩、人工挖孔灌注桩、劲性复合桩等中等及以上直径桩，加固形成复合桩基、桩基等加固方案。

**6** 微型桩加固设计计算应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94和《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ123的有关规定；桩基托换加固设计计算，应符合《建筑地基基础设计规范》GB 50007和行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94的有关规定。

**7** 托换桩应与基础整体连接，桩顶与基础的连接应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94的有关规定。

**8** 桩基托换加固设计，应对基础进行强度复核，当基础强度不满足要求时，应对原基础进行加固。

**9** 根据环境的腐蚀性、桩的类型、荷载类型（受拉或受压）、钢材的品种及设计使用年限，托换桩中钢筋或钢构件的防腐构造应符合耐久性设计的要求。

**10** 应选择较好的土层作为桩端持力层。桩端全断面进入持力层深度，根据持力层土质不同，不宜小于1~2倍桩的边长或直径。

**5.2.6** 既有建筑下原有桩与新增桩的单桩竖向承载力特征值，应通过单桩竖向静载荷试验确定；原有桩的单桩静载荷试验，可按《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ123的持载再加荷试验方法确定，有地区经验时，可按地区经验确定；新增桩单桩竖向承载力特征值，应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的方法确定。

**5.2.7** 采用桩式托换地基基础加固，新增桩对上部结构荷载的分担可按以下原则确定：

**1** 在既有建筑原基础内增加桩时，应按新增加的全部荷载，由新增桩承担进行承载力计算。

**2** 对既有建筑的独立基础、条形基础进行扩大基础，并增加桩时，可按既有建筑原地基增加的承载力承担部分新增荷载、其余新增加的荷载由桩承担进行承载力计算，此时地基土承担部分新增荷载的基础面积应按原基础面积计算。

**3** 既有建筑桩基础扩大基础并增加桩时，可按新增加的荷载由原有桩和新增桩共同承担，进行承载力计算。

**5.2.8** 既有建筑地下空间基础加固，应符合下列规定：

**1** 基础补强注浆加固适用于因不均匀沉降、冻胀或其它原因引起的基础裂损的加固。

**2** 基础的承载力或刚度不能满足设计要求，宜采用加大基础截面或底板厚度法。

**3** 基础加固设计时应采取有效措施，保证新、旧基础的连结牢固和地基的变形协调。具体设计及构造措施等可参见国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB50007、《混凝土结构加固设计规范》GB50367的有关规定。

**5.2.9** 加大基础底面积的设计，应符合下列规定：

**1** 当基础承受偏心受压时，可采用不对称加宽；当承受中心受压时可采用对称加宽。

**2** 当采用混凝土套加固时，基础每边加宽的宽度其外形尺寸应符合国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB50007中有关刚性基础台阶宽高比允许值的有关规定；沿基础高度隔一定距离应设置锚固钢筋。

**3** 当采用钢筋混凝土套加固时，加宽部分的主筋应与原基础内主筋相焊接。

**4** 不宜采用混凝土套或钢筋混凝土套加大基础底面积时，可将原独立基础改成条形基础；将原条形基础改成十字交叉条形基础或筏形基础；将原筏形基础改成箱形基础。

**5.2.10** 加深基础法的设计，应符合下列规定：

**1** 应考虑原基础能否满足施工要求，必要时应进行基础加固；

**2** 基础加深的混凝土墩可以设计成间断的或连续的；

**3** 当基础为承重的砖石砌体、钢筋混凝土基础梁时，墙基应跨越两墩之间，如原基础强度不能满足两墩间的跨越，应在坑间设置过梁。

**5.2.11** 当地基持力层范围内存在软弱下卧层时，应进行软弱下卧层地基承载力验算，验算方法应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的有关规定。

**5.2.12** 地基基础加固或增加荷载后的建筑物相邻柱基的沉降差、局部倾斜、整体倾斜值的允许值，应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的有关规定。

**5.2.13** 对有特殊要求的保护性建筑，地基基础加固或增加荷载后的地基变形允许值，应按建筑物的保护要求确定。

**5.2.14** 地基基础加固或增加荷载后产生的地基变形量，可符合现行行业标准《既有建筑地基基础加固规范》JGJ 123的有关规定。

**5.3施工**

**5.3.1** 注浆加固施工，应符合下列规定：

**1** 注浆加固应采用多孔间隔注浆和缩短凝固时间的措施，减小注浆施工对既有建筑沉降和变形的影响；

**2** 注浆加固可采用花管注浆、袖阀管注浆、注浆管注浆、低塌落度砂浆压密注浆等工艺；

**3** 注浆加固终孔可采用压力或注浆量控制标准，当注浆量未达到设计要求时，应评价注浆加固的效果；

**4** 注浆顺序应根据地质条件、现场环境、周边排水条件和注浆目的等确定。

**5.3.2** 高压喷射注浆施工，应符合下列规定：

**1** 高压喷射注浆应采用速凝浆液、跳孔注浆等措施，严格控制注浆施工对既有建筑沉降的影响；

**2** 高压喷射注浆应采取措施避免浆液凝固后基础与地基之间产生脱空。

**5.3.3** 锚杆静压桩施工，应符合下列规定：

**1** 当既有建筑基础强度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或抬梁作为压桩承台；

**2** 桩应一次连续压到设计标高，当必须中途停压时，桩端应停留在软弱土层中，且停压的间隔时间不宜超过24h；

**3** 压桩施工应对称进行，在同一个独立基础上，不应数台压桩机同时加压施工；

**4** 桩尖应达到设计深度，且压桩力不小于设计单桩承载力1.5倍时的持续时间不少于5min时，可终止压桩。

**5.3.4** 坑式静压桩施工，应符合下列规定：

**1** 当既有建筑基础强度不能满足压桩反力时，应对原基础进行加固，增设钢筋混凝土地梁、型钢梁或钢筋混凝土垫块，加强基础结构的强度和刚度；

**2** 坑式静压桩工作坑不应连续开挖，应采取间隔式开挖和托换加固；

**3** 工作坑开挖时应采取坑壁支护措施，当有地下水时，应对地下水采取可靠的控制措施。

**5.3.5** 树根桩法施工，应符合下列规定：

**1** 对高渗透性土体或存在地下洞室可能导致的胶凝材料流失，以及施工和使用过程中可能出现桩孔变形与移位，造成微型桩的失稳与扭曲时，应采取土层加固等技术措施；

**2** 土层中采用钻机成孔，可采用天然泥浆护壁，遇粉细砂层易塌孔时应加套管；

**3** 当地下水流速较大可能导致水泥浆、砂浆或混凝土影响灌注质量时，应采用永久套管、护筒或其它保护措施。

**5.3.6** 注浆钢管桩施工，应符合下列规定：

**1** 钢管桩可采用静压、植入等方法施工。

**2** 应缩短桩孔成孔和灌注水泥浆之间的时间间隔；注浆时，应采取措施保证桩长范围内完全灌满水泥浆；当采用桩身钢管进行注浆时，可通过底部一次或多次灌浆；也可将桩身钢管加工成花管进行多次灌浆；采用花管灌浆时，可通过花管进行全长段多次灌浆，也可通过花管及阀门进行分段灌浆，或通过互相交错的后注浆管进行分步灌浆。

5.3.7 H型钢桩施工，应符合下列规定：

**1** 用于地下水有侵蚀性的地区或腐蚀性土层的钢桩，应按设计要求作防腐处理。

**2** 钢桩焊接时，必须清除桩端部的浮锈、油污等脏物，保持干燥；下节桩顶经锤击后变形的部分应割除；上下节桩焊接时应校正垂直度；焊接应对称进行；每个接头焊接完毕，应冷却后方可锤击。

**3** 当持力层较硬时，H型钢桩不宜送桩。当地表层遇有大块石、混凝土块等回填物时，应在插入H型钢桩前进行触探，并应清除桩位上的障碍物。

**4** 对于密集桩群，宜自中间向两个方向或四周对称施打；当一侧毗邻建筑物时，宜由毗邻建筑物处向另一方向施打；根据基础的设计标高，宜先深后浅；根据桩的规格，宜先大后小，先长后短。

**5.3.8** 钻孔灌注桩施工，应符合下列规定：

**1** 根据施工场地及地质条件，宜选用螺旋钻孔、泥浆护壁成孔或机械洛阳铲成孔等灌注成桩等工艺。

**2** 宜采取减小泥浆排放的措施。

**5.3.9** 人工挖孔灌注桩施工，应符合下列规定：

**1** 应根据桩径大小和地质条件采用可靠的支孔护壁的施工方法。

**2** 加强对土层出水情况的观察，发现异常情况，及时采取处理措施。

**3** 扩底时，为防止底部塌方，可采取间隔挖土扩底措施，留一部分土方作为支撑，待灌注混凝土前挖除。

**5.3.10** 劲性复合桩施工，应符合下列规定：

**1** 柔性桩的施工应符合现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79的有关规定；

**2** 刚性桩采用混凝土预制桩、钢桩或灌注桩时，应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94的有关规定。

**5.3.11** 基础补强注浆加固施工，应符合以下规定：

**1** 在原基础裂损处钻孔注浆，钻孔与水平面的倾角不应小于30º，钻孔孔径不应小于注浆管的直径，钻孔孔距可为0.5m～1.0m。

**2** 浆液材料可采用水泥浆或改性环氧树脂等，注浆压力可取0.1MPa～0.6MPa。浆液在10min～15min内不再下沉，可停止注浆。

**3** 对单独基础每边钻孔不应少于2个；对条形基础应沿基础纵向分段施工，每段长度可取1.5m～2.0m。

**5.3.12** 加大基础截面或底板厚度施工，应符合以下规定：

**1** 原基础混凝土界面（粘合面）经修整露出骨料新面后，尚应采用花锤、砂轮机进行打毛；必要时，也可凿成沟槽。

**2** 在完成上述加工后，应用清洁的压力水冲洗干净，清除原基础混凝土表面松动的骨料、砂砾、浮渣和粉尘。

**3** 原基础混凝土的界面，应按设计文件的要求涂刷结构界面胶（剂）。

**5.3.13** 加大基础底面积施工，应符合下列规定：

**1** 在灌注混凝土前，应将原基础凿毛和刷洗干净，铺一层高强度等级水泥浆或涂混凝土界面剂，增加新、老混凝土基础的粘结力；

**2** 对基础加宽部分，地基上应铺设厚度和材料与原基础垫层相同的夯实垫层；

**3** 对条形基础加宽时，应按长度1.5m～2.0m划分单独区段，并采用分批、分段、间隔施工的方法。

**5.3.14** 加深基础施工，应符合下列规定：

**1** 施工时应先设置间断的混凝土墩，并在挖掉墩间土后，灌注混凝土形成连续墩式基础。

**2** 对较大的柱基用基础加深法加固时，应将柱基面积划分为几个单元进行加固，一次加固不宜超过基础支撑总面积的20%，施工应先从角端处开始。

## 5.4 检验与检测

**5.4.1** 既有建筑地基基础加固施工，天然地基验槽前应普遍采用轻型动力触探检验，检验数据作为验槽依据，检验深度及间距应符合《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202的有关规定。

**5.4.2** 注浆法加固施工后，应进行下列质量检验：

**1** 应采用载荷试验进行地基承载力检验；当有地区经验时，可采用标准贯入试验、圆锥动力触探试验、静力触探试验进行检验，结合载荷试验结果对地基承载力进行评价。检验数量为每个单体建筑物不应少于3点。

**2** 宜用标准贯入试验、圆锥动力触探试验、静力触探试验或钻芯法试验对加固地层的均匀性进行检测；应根据加固目的和要求，钻取相应数量的试样进行室内试验，测定其压缩性、强度或渗透性。

**5.4.3** 采用锚杆静压桩、坑式静压桩、树根桩、注浆钢管桩、H型钢桩、钻孔灌注桩和人工挖孔灌注桩加固施工后，应采用单桩竖向抗压静载荷试验检验基桩的竖向承载力，检测数量不应少于总桩数的1%且不应少于3根。钻孔灌注桩和人工挖孔灌注桩宜采用低应变法检验桩身完整性，检测数量不应少于总桩数的30%且不应少于10根。

**5.4.4** 劲性复合桩质量应符合《劲性复合桩技术规程》JGJ/T 327的有关规定。

# 6 地下结构加固

## 6.1 一般规定

**6.1.1** 地下结构加固前，应根据建筑物的种类，按现行国家标准进行结构检测或鉴定，当建筑物有抗震要求时，尚应进行抗震能力鉴定。

**6.1.2** 加固设计方案，应根据检测或鉴定结果、使用要求及后续使用年限，经综合分析后确定；在满足构件承载能力、变形能力及耐久性的前提下，加固设计方案宜采取有效措施优化结构体系，提高结构整体稳固性。

**6.1.3** 地下结构加固设计的基本参数要求，包括安全等级、设计使用年限、荷载作用、材料性能、几何参数等，应符合现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001、《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068的有关规定。

**6.1.4** 结构的加固设计，应综合考虑其技术经济效果，减少不必要的拆除或更换，尽量减少原材料和能源的消耗，减少污染。

**6.1.5** 加固设计应明确结构加固后的用途、使用环境和加固设计工作年限。在加固设计工作年限内，未经技术鉴定或设计许可，不得改变加固后结构的用途和使用环境。

**6.1.6** 既有地下结构加固设计，应考虑对周围建筑、道路及市政管线的不利影响，并提供保障周边环境安全的措施。

## 6.2 设计

**6.2.1** 加固设计前应对地下结构进行现场踏勘，若发现现场实际情况与检测鉴定报告不符应及时通知检测鉴定单位，必要时应进行补充检测鉴定。

**6.2.2** 加固设计方案应与建筑物现状和施工方法紧密结合，确保可实施性，并应减少对生产、生活的影响，

**6.2.3** 地下结构的加固设计，应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定。

**6.2.4** 地下建筑应按现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223确定其抗震设防类别及其抗震设防标准。

**6.2.5** 地下结构的加固，应按现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108的相关要求进行防水设计。有特殊防水要求的地下建筑物尚应符合专项标准的要求。

**6.2.6** 当地下建筑有人防要求时，地下结构的加固设计应符合现行国家标准《人民防空地下室设计规范》GB 50038和《人民防空工程设计规范》GB 50225的有关规定。

**6.2.7** 地下结构加固设计采用的结构分析方法，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010规定的结构分析基本原则，且在一般情况下，应采用线弹性分析方法计算结构的作用效应。

**6.2.8** 地下结构的加固设计，应分别按施工阶段和正常使用阶段进行强度、刚度、稳定性计算和耐久性设计，并进行裂缝宽度的验算。施工阶段的临时性安全措施，可不进行裂缝宽度验算及耐久性设计。

**6.2.9** 地下结构的加固，应按下列规定进行承载能力极限状态和正常使用极限状态的设计、验算：

**1** 结构上的作用，应经调查或检测核实，其设计值应**符合现行标准的规定**。

**2** 被加固结构、构件的作用效应，应按下列要求确定：

**1)** 结构的计算图形，应符合其实际受力和构造状况；

**2)** 应考虑由于实际荷载偏心、结构构件变形等造成的附加内力。

**3** 结构、构件的尺寸，对原有部分应根据检测鉴定报告采用原设计值或实测值；对新增部分，可采用加固设计文件给出的名义值。

**4** 既有结构、构件的混凝土强度等级和受力钢筋抗拉强度标准值应按下列规定取值：

**1)** 当原设计文件有效，且有可靠结构鉴定依据时，可采用原设计的标准值；

**2)** 当结构可靠性鉴定认为应重新进行现场检测时，应采用检测结果推定的标准值。

**5** 加固材料的性能和质量，应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定；其性能的标准值应按现行国家标准《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728确定；其性能的设计值应按现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定采用。

**6** 验算结构、构件承载力时，应计入加固部分应变滞后的影响，以及加固部分与原结构共同工作程度。

**7** 加固后改变传力路线或使结构质量增大时，应对相关结构、构件及建筑物地基基础进行必要的验算。

**6.2.10** 加固材料应根据结构或构件类型、受力条件、使用要求和所处环境等选用，并满足可靠性、耐久性和经济性的要求。

**6.2.11** 主要材料宜采用钢筋混凝土，主要构件混凝土强度等级应不低于既有建筑结构构件混凝土强度，且不得低于C30；有防水要求时应采用防水混凝土，抗渗等级不应小于P6。

**6.2.12** 结构加固新增的钢构件和钢筋，宜选用较低强度等级的牌号；当采用高强度级别牌号时，应考虑二次受力的不利影响。

**6.2.13** 加固材料中含有合成树脂或其他聚合物成分时，应符合《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB50728的有关规定，其耐久性应满足地下结构后续使用年限的要求。

**6.2.14** 对使用胶粘方法或掺有聚合物材料加固的结构构件，尚应定期检查其工作状态；检查的时间间隔可由设计单位确定，但第一次检查时间不应迟于10年。

**6.2.15** 作用于地下结构的荷载应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的有关规定，根据施工和使用阶段可能发生的变化，按可能出现的最不利组合进行计算。加固设计的荷载尚应符合下列规定：

**1** 水平荷载：应包括水压力、主动土压力或静止土压力、侧墙外地面荷载的侧压力、地震作用引起的水平向力、人防荷载等。

**2** 竖向荷载：应包括顶部土压力、结构自重、施工荷载、活荷载、作用于底板的水浮力、地震作用引起的竖向力、人防荷载等。

**3** 顶板土压力按全部覆土自重计算。

**4** 侧向水土压力计算中，应计入地面荷载以及施工机械等引起的附加水平侧压力。

**5** 当地下结构所处地层有地下水时，按地层中地下水的最高水位计算浮力，该计算水位的确定应充分考虑暴雨等灾害天气下的最不利情况。

**6.2.16** 加固设计应与实际施工方法相结合，采取有效措施保证新增构件和部件与原结构连接可靠，新增截面与原截面连接牢固，形成整体共同工作。

**6.2.17** 地下结构常用的加固方法及配合使用的技术，其种类可参照表6.2.17。加固设计时，可根据实际条件和使用要求选择适宜的方法及技术。

**表6.2.17 地下结构常用的加固方法及配合使用的技术**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 加固方法 | 直接加固 | 增大截面、置换混凝土、外包型钢、粘贴钢板、粘贴纤维复合材、钢丝绳网片-聚合物砂浆面层等 |
| 间接加固 | 增设支点、增设抗侧力结构、增设抗震墙等 |
| 配合使用的技术 | | 裂缝修补技术、锚固技术、阻锈技术 |

**6.2.18** 地下结构常见构件的加固方法，可根据工程的实际情况，按表6.2.18选用。

**表6.2.18 地下结构常见构件的加固方法**

|  |  |
| --- | --- |
| 构件／区域 | 加固方法的选择 |
| 板 | 增大截面、置换混凝土、粘贴纤维复合材、钢丝绳网片-聚合物砂浆面层等 |
| 梁 | 增大截面、置换混凝土、外包型钢、粘贴钢板、粘贴纤维复合材等 |
| 柱 | 增大截面、置换混凝土、外包型钢、粘贴纤维复合材等 |
| 侧墙 | 增大截面、置换混凝土、粘贴钢板、粘贴纤维复合材、钢丝绳网片-聚合物砂浆面层等 |
| 侧墙（支护） | 增大截面、增设抗侧力结构（壁柱、横墙、斜撑、水平支撑）、增设支点等 |

注：表中“侧墙（支护）”系指：地下建筑改造（特别是大范围拆除）过程中，为满足地下空间整体结构在侧向压力作用下的承载安全及抗侧稳定，而在侧墙区域进行的支护补强。

**6.2.19** 增大截面加固法，适用于钢筋混凝土受弯和受压构件的加固，其设计应符合下列规定：

**1** 采用本方法时，按现场检测结果确定的原构件混凝土强度等级不应低于C13。

**2** 新增截面部分，可用现浇混凝土、自密实混凝土或喷射混凝土浇筑而成。也可用掺有细石混凝土的水泥基灌浆料灌注而成。

**3** 原构件混凝土表面应经处理，设计文件应对所采用的界面处理方法和处理质量提出要求。一般情况下，除混凝土表面应予打毛外，尚应采取涂刷结构界面胶、种植剪切销钉或增设剪力键等措施，以保证新旧混凝土共同工作。

**4** 新增混凝土层的最小厚度，板不应小于40mm；梁、柱，采用普通混凝土、自密实混凝土或灌浆料施工时，不应小于60mm，采用喷射混凝土施工时，不应小于50mm。

**6.2.20** 置换混凝土加固法，适用于承重构件受压区混凝土强度偏低或有严重缺陷的局部加固，其设计应符合下列规定：

**1** 采用本方法加固梁式构件时，应对原构件加以有效的支顶。当采用本方法加固柱、墙等构件时，应对原结构、构件在施工全过程中的承载状态进行验算、观测和控制，置换界面处的混凝土不应出现拉应力，当控制有困难，应采取支顶等措施进行卸荷。

**2** 采用本方法加固混凝土结构构件时，其非置换部分的原构件混凝土强度等级，按现场检测结果不应低于该混凝土结构建造时规定的强度等级。

**3** 置换用混凝土的强度等级应比原构件混凝土提高一级，且不应低于C30。

**4** 混凝土的置换深度，板不应小于40mm；梁、柱，采用人工浇筑时，不应小于60mm，采用喷射法施工时，不应小于50mm。置换长度应按混凝土强度和缺陷的检测及验算结果确定，但对非全长置换的情况，其两端应分别延伸不小于100mm的长度。

**5** 梁的置换部分应位于构件截面受压区内，沿整个宽度剔除，或沿部分宽度对称剔除，但不得仅剔除截面的一隅。

**6.2.21** 外包型钢加固法，适用于需要大幅度提高截面承载能力和抗震能力的钢筋混凝土柱及梁的加固，其设计应符合下列规定：

**1** 原结构应完好，不存在影响继续承载的损伤或严重缺陷。

**2** 采用外包型钢加固钢筋混凝土梁时，应在梁截面的四隅粘贴角钢，当梁的受压区有翼缘或有楼板时，应将梁顶面两隅的角钢改为钢板。

**3** 外包型钢应优先选用角钢；角钢的厚度不应小于5mm，角钢的边长，对梁和桁架，不应小于50mm，对柱不应小于75mm。沿梁、柱轴线方向应每隔一定距离用扁钢制作的箍板或缀板与角钢焊接。箍板与缀板均应在胶粘前与加固角钢焊接。箍板或缀板截面不应小于40mm×4mm，其间距不应大于20r（r为单根角钢截面的最小回转半径），且不应大于500mm；在节点区，其间距应适当加密。

**4** 外包型钢的两端应有可靠的连接和锚固。对柱的加固，角钢下端应锚固于基础；中间应穿过各层楼板，上端应伸至加固层的上一层楼板底或屋面板底；对梁的加固，梁角钢（或钢板）应与柱角钢相互焊接。必要时，可加焊扁钢带或钢筋条，使柱两侧的梁相互连接。具体构造宜根据实际情况设计。

**5** 外包型钢加固梁、柱时，应将原构件截面的棱角打磨成圆角。外包型钢的注胶应在型钢构架焊接完成后进行。外包型钢的胶缝厚度宜控制在3mm～5mm；局部允许有长度不大于300mm、厚度不大于8mm的胶缝，但不得出现在角钢端部600mm范围内。

**6** 采用外包型钢加固钢筋混凝土构件时，型钢表面（包括混凝土表面）应抹厚度不小于25mm的高强度等级水泥砂浆（应加钢丝网防裂）作防护层，也可采用其他具有防腐蚀和防火性能的饰面材料加以保护。

**6.2.22** 粘贴钢板加固法，适用于对钢筋混凝土受弯、大偏心受压和受拉构件的加固，其设计应符合下列规定：

**1** 不得用于素混凝土构件，包括纵向受力钢筋一侧配筋率小于0.2％的构件加固。

**2** 被加固的混凝土结构构件，其现场实测混凝土强度等级不得低于C15，且混凝土表面的正拉粘结强度不得低于1.5MPa。

**3** 应将钢板受力方式设计成仅承受轴向应力作用。

**4** 粘贴后的钢板，其外表面应进行防锈蚀处理。表面防锈蚀材料对钢板及胶粘剂应无害。

**5** 采用本方法加固的混凝土结构，其长期使用的环境温度不应高于60℃；处于特殊环境（如高温、高湿、介质侵蚀、放射等）的混凝土结构采用本方法加固时，除应按国家现行有关标准的规定采取相应的防护措施外，尚应采用耐环境因素作用的胶粘剂，并按专门的工艺要求进行粘贴。

**6** 当被加固构件的表面有防火要求时，应按现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016规定的耐火等级及耐火极限要求，对胶粘剂和钢板进行防护。

**7** 粘钢加固的钢板宽度不宜大于100mm。采用手工涂胶粘贴的钢板厚度不应大于5mm；采用压力注胶粘结的钢板厚度不应大于10mm，且应按外粘型钢加固法的焊接节点构造进行设计。

**8** 对钢筋混凝土受弯构件进行正截面加固时，均应在钢板的端部（包括截断处）及集中荷载作用点的两侧，对梁设置U形钢箍板；对板应设置横向钢压条进行锚固。

**6.2.23** 粘贴纤维复合材加固法，适用于钢筋混凝土受弯、轴心受压、大偏心受压及受拉构件的加固，其设计应符合下列规定：

**1** 不得用于素混凝土构件，包括纵向受力钢筋一侧配筋率小于0.2％的构件加固。

**2** 被加固的混凝土结构构件，其现场实测混凝土强度等级不得低于C15，且混凝土表面的正拉粘结强度不得低于1.5MPa。

**3** 应将纤维受力方式设计成仅承受拉应力作用。

**4** 粘贴在混凝土构件表面上的纤维复合材，不得直接暴露于阳光或有害介质中，其表面应进行防护处理。表面防护材料应对纤维及胶粘剂无害，且应与胶粘剂有可靠的粘结强度及相互协调的变形性能。

**5** 采用本方法加固的混凝土结构，其长期使用的环境温度不应高于60℃；处于特殊环境（如高温、高湿、介质侵蚀、放射等）的混凝土结构采用本方法加固时，除应按国家现行有关标准的规定采取相应的防护措施外，尚应采用耐环境因素作用的胶粘剂，并按专门的工艺要求进行粘贴。

**6** 当被加固构件的表面有防火要求时，应按现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016规定的耐火等级及耐火极限要求，对纤维复合材进行防护。

**7** 当加固的受弯构件为板、壳、墙和筒体时，纤维复合材应选择多条密布的方式进行粘贴，每一条带的宽度不应大于200mm；不得使用未经裁剪成条的整幅织物满贴。

**8** 当受弯构件粘贴的多层纤维织物允许截断时，相邻两层纤维织物宜按内短外长的原则分层截断；外层纤维织物的截断点宜越过内层截断点200mm以上，并应在截断点加设U形箍。

**6.2.24** 钢丝绳网片-聚合物砂浆面层加固法，适用于对钢筋混凝土受弯、大偏心受压构件的加固，其设计应符合下列规定：

**1** 不得用于素混凝土构件，包括纵向受力钢筋一侧配筋率小于0.2％的构件加固。

**2** 被加固的混凝土结构构件，其现场实测混凝土强度等级不应低于C15级，且混凝土表面的正拉粘结强度不应低于1.5MPa。

**3** 应将网片设计成仅承受拉应力作用，并能与混凝土变形协调、共同受力。

**4** 混凝土结构构件加固后，其正截面受弯承载力的提高幅度，不宜超过30％；并且应验算其受剪承载力，避免因受弯承载力提高后而导致构件受剪破坏先于受弯破坏。

**5** 板和墙，宜采用对称的双面外加层构造。当采用单面的面层构造时，应加强面层与原构件的锚固与拉结。

**6** 钢丝绳网片安装时，应施加预张紧力；预张紧应力大小取0．3ƒrw，允许偏差为±10％，ƒrw为钢丝绳抗拉强度设计值。施加预张紧力的工序及其施力值应标注在设计、施工图上，不得疏漏，以确保其安装后能立即与原结构共同工作。

**7** 聚合物砂浆面层的厚度，不应小于25mm，也不宜大于35mm；当采用镀锌钢丝绳时，其保护层厚度尚不应小于15mm。

**8** 聚合物砂浆面层的表面应喷涂一层与该品种砂浆相适配的防护材料，提高面层耐环境因素作用的能力。

**9** 当被加固结构、构件的表面有防火要求时，应按现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016规定的耐火等级及耐火极限要求，对钢丝绳网片-聚合物改性水泥砂浆外加层进行防护。

**6.2.25** 地下结构的加固设计，应结合该项目中的地基基础加固、抗浮、渗漏修复等其它加固修复工程（若有）的方案内容，优化选用适宜的加固方法和相关技术，避免重复或冲突，提高加固效率。

**6.2.26** 当建筑物存在因地基不均匀沉降或抗浮承载力不足等影响因素引起的原结构构件变形过大或损坏时，应在加固设计中提出有效的处理措施，并按设计文件规定的顺序进行地下结构的加固施工。

**6.2.27** 当加固工程包含地下结构的大范围拆除改造内容时，加固设计应就拆除施工环节涉及的失稳、上浮等结构安全问题进行计算分析与评估；当该安全评估不满足要求时，则应进行相应的支护补强设计，并应明确拆除施工过程的变形监测要求。

**6.2.28** 为防止结构加固部分意外失效而导致的坍塌，在使用胶粘剂或其他聚合物的加固方法时，原结构构件的承载能力应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定。

**6.2.29** 采用结构胶粘接加固结构构件时，其正截面受弯承载力的提高幅度，应符合现行标准的有关规定，并应验算其受剪承载力。

## 6.3 施工

**6.3.1** 设计单位应按审查批准的施工图，向施工单位进行技术交底，内容包括：该加固项目的特点、设计意图、加固原则与流程、拆除及支护要点、危险性较大的分部分项说明、施工监测要求等事项。

**6.3.2** 施工单位应依据加固施工图及设计单位的技术交底内容，编制施工组织设计和施工技术方案，经审查批准后组织实施。

**6.3.3** 施工现场管理人员应当向作业人员进行安全技术交底。

**6.3.4** 结构加固前，施工单位应根据该项目的相关设计资料对待加固区域进行现场核对，若发现以下问题，施工单位应及时向业主（或监理单位）和加固设计单位报告，由设计单位提出解决方案后方可施工：

**1** 现场结构布置与加固施工图表示不一致；

**2** 待加固构件存在混凝土开裂、钢筋锈蚀等其他结构缺陷；

**3** 该区域的其他相关构件存在开裂、钢筋锈蚀严重等损坏现象。

**6.3.5** 加固工程施工前，应对原结构、构件进行清理、修整和支护，主要包括下列内容：

**1** 拆迁原结构上影响施工的管道和线路以及其他障碍；

**2** 按设计文件规定卸除原结构上的荷载（若设计文件未规定时，应采取措施卸除或大部分卸除作用在结构上的活荷载）；

**3** 卸除顶板覆土与侧填土，降排水工作（当设计文件有规定时）；

**4** 修整原结构、构件加固部位；

**5** 设置侧墙支护及配套的补强措施（当设计文件有规定时）；

**6** 搭设安全支撑及工作平台。

**6.3.6** 对可能或已经出现倾斜、失稳、开裂、过大变形或局部倒塌等不安全因素的既有建筑，在加固施工前，应预先采取可靠措施防止发生安全事故，必要时尚应对施工过程的结构安全性进行专项分析论证。

**6.3.7** 在现场核对原结构构造及清理原结构过程中，若发现该结构整体牢固性不良或原有的支撑、连接系统有缺损时，应及时向业主（或监理单位）和加固设计单位报告。在设计单位未采取补救措施前，不得按现有加固方案进行施工。

**6.3.8** 加固工程的每道工序均应按《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的相关要求以及企业的施工技术标准进行质量控制；每道工序完成后应进行检查验收；必要时尚应按隐蔽工程的要求进行检查验收；合格后方允许进行下一道工序的施工。

**6.3.9** 地下结构加固施工的全过程，应有可靠的安全措施：

**1** 加固工程搭设的安全支护体系和工作平台，应定时进行安全检查并确认其牢固性；

**2** 加固施工前，应熟悉周边情况，了解加固构件受力和传力路径的可能变化。对结构构件的变形、裂缝情况应设专人进行检测，并做好观测记录备查；

**3** 在加固过程中，若发现结构、构件突然发生变形增大、裂缝扩展或条数增多等异常情况，应立即停工，支顶并及时向安全管理单位或安全负责人发出书面通知；

**4** 对危险构件、受力大的构件进行加固时，应有切实可行的安全监控措施，并应得到监理总工程师的批准；

**5** 当施工现场周边环境有影响施工人员健康的粉尘、噪声、有害气体时，应采取有效的防护措施；当使用化学浆液（如胶液和注浆料等）时，尚应保持施工现场通风良好；

**6** 需注意加固材料对施工环境温度和湿度的特殊要求，应按产品说明的要求正确储存和使用，并配备安全保障措施。

**6.3.10** 当结构加固需搭设模板、支架和支撑时，应根据结构的种类，分别按现行国家标准《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的有关规定执行。

**6.3.11** 地下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。

**6.3.12** 混凝土构件增大截面工程的施工，应符合下列规定：

**1** 原构件混凝土界面（粘合面）经修整露出骨料新面后，尚应采用花锤、砂轮机或高压水射流进行打毛；必要时，也可凿成沟槽。

**2** 当采用三面或四面新浇混凝土层外包梁、柱时，尚应在打毛同时，凿除截面的棱角。

**3** 在完成上述加工后，应用钢丝刷等工具清除原构件混凝土表面松动的骨料、砂砾、浮渣和粉尘，并用清洁的压力水冲洗干净。若采用喷射混凝土加固，宜用压缩空气和水交替冲洗干净。

**4** 原构件混凝土的界面，应按设计文件的要求涂刷结构界面胶（剂）；界面胶（剂）的涂刷方法及质量要求应符合该产品使用说明书及施工图说明的规定。

**5** 原构件钢筋的外露部分在除锈时，若发现锈蚀已导致其截面削弱严重，尚应通知设计单位，并按设计补充图纸进行补筋。

**6** 混凝土构件新增截面的施工，可根据实际情况和条件选用人工浇筑、喷射技术或自密实技术进行施工。当有可靠的工程经验时，也可采用符合规范要求的灌浆技术进行施工。

**6.3.13** 局部置换混凝土工程的施工，应符合下列规定：

**1** 剔除被置换的混凝土时，应在到达缺陷边缘后，再向边缘外延伸清除一段不小于50mm的长度；对缺陷范围较小的构件，应从缺陷中心向四周扩展，逐步进行清除，其长度和宽度均不应小于200mm。剔除过程中不得损伤钢筋及无需置换的混凝土；若钢筋或混凝土受到损伤，应由施工单位提出技术处理方案，经设计和监理单位认可后方可进行处理；处理后应重新检查验收。

**2** 新旧混凝土粘合面的界面处理应符合设计规定及本规程第6.3.12条的要求，但不凿成沟槽。若用高压水射流打毛，宜打磨成垂直于轴线方向的均匀纹路。

**3** 置换混凝土的模板及支架拆除时，其混凝土强度应达到设计规定的强度等级。

**6.3.14** 外包型钢工程的施工，应符合下列规定：

**1** 现场的温湿度应符合灌注型结构胶粘剂产品使用说明书的规定；若未作规定，应按不低于15℃进行控制。

**2** 操作场地应无粉尘，且不受日晒、雨淋和化学介质污染。

**3** 外包型钢的钢构件施工过程所需搭设的支撑和工作平台，应遵守国家现行有关安全规程的规定。

**4** 钢骨架及钢套箍的部件，宜在现场按被加固构件的修整后外围尺寸进行制作。当在钢部件上进行切口或预钻孔洞时，其位置、尺寸和数量应符合设计图纸的要求。

**5** 外包型钢的构件，其原混凝土界面（粘合面）应打毛；打毛的质量应符合本规程第6.3.12条的要求，但在任何情况下均不应凿成沟槽。

**6** 钢骨架及钢套箍与混凝土的粘合面经修整除去锈皮及氧化膜后，尚应进行糙化处理。糙化可采用砂轮打磨、喷砂或高压水射流等技术，但糙化程度应以喷砂效果为准。

**7** 原构件混凝土截面的棱角应进行圆化打磨，磨圆的混凝土表面应无松动的骨料和粉尘。

**8** 外包型钢时，其原构件混凝土表面的含水率不宜大于4％，且不应大于6％。若混凝土表面含水率降不到6％，应改用高潮湿面专用的结构胶进行粘合。

**9** 钢骨架各肢的安装，应采用专门卡具以及钢楔、垫片等箍牢、顶紧；对外包型钢骨架的安装，应在原构件找平的表面上，每隔一定距离粘贴小垫片，使钢骨架与原构件之间留有2mm～3mm的缝隙，以备压注胶液

**10** 型钢骨架各肢安装后，应与缀板、箍板以及其他连接件等进行焊接。

**11** 外包型钢骨架全部杆件（含缀板、箍板等连接件）的缝隙边缘，应在注胶（或注浆）前用密封胶封缝。封缝时，应保持杆件与原构件混凝土之间注胶通道的畅通。同时，尚应在适当位置钻孔，粘贴注胶嘴底座，并在适当部位布置排气孔。待封缝胶固化后，进行通气试压。若发现有漏气处，应重新封堵。

**12** 注胶施工结束后，应静置72h进行固化过程的养护。养护期间，被加固部位不得受到任何撞击和振动的影响。养护环境的气温应符合灌注材料产品使用说明书的规定。

**6.3.15** 外粘纤维复合材工程的施工，应符合下列规定：

**1** 施工环境温度应符合结构胶粘剂产品使用说明书的规定。若未作规定，应按不低于15℃进行控制。

**2** 作业场地应无粉尘，且不受日晒、雨淋和化学介质污染。

**3** 经修整露出骨料新面的混凝土加固粘贴部位，应进一步按设计要求修复平整，并采用结构修补胶对较大孔洞、凹面、露筋等缺陷进行修补、复原；对有段差、内转角的部位应抹成平滑的曲面；对构件截面的棱角，应打磨成圆弧半径不小于25mm的圆角。在完成以上加工后，应将混凝土表面清理干净，并保持干燥。

**4** 粘贴纤维材料部位的混凝土，其表层含水率不宜大于4％，且不应大于6％。对含水率超限的混凝土应进行人工干燥处理，或改用高潮湿面专用的结构胶粘贴。

**5** 当粘贴纤维材料采用的粘结材料是配有底胶的结构胶粘剂时，应按底胶使用说明书的要求进行涂刷和养护，不得擅自免去涂刷底胶的工序。若粘贴纤维材料采用的粘结材料是免底涂胶粘剂，应检查其产品名称、型号及产品使用说明书，并经监理单位确认后，方允许免涂底胶。

**6** 底胶指干时，其表面若有凸起处，应用细砂纸磨光，并应重刷一遍。底胶涂刷完毕应静置固化至指干时，才能继续施工。

**7** 多层粘贴纤维织物时，应在纤维织物表面所浸渍的胶液达到指干状态时立即粘贴下一层。若延误时间超过1h，则应等待12h后，方可重复上述步骤继续进行粘贴，但粘贴前应重新将织物粘合面上的灰尘擦拭干净。

**8** 最后一层纤维织物粘贴完毕，尚应在其表面均匀涂刷一道浸渍、粘结专用的结构胶。

**6.3.16** 外粘钢板工程的施工，应符合下列规定：

**1** 当采用压力注胶法粘钢时，应采用锚栓固定钢板，固定时，应加设钢垫片，使钢板与原构件表面之间留有约2mm的畅通缝隙，以备压注胶液。固定钢板的锚栓，应采用化学锚栓，不得采用膨胀锚栓。锚栓直径不应大于M10；锚栓埋深可取为60mm；锚栓边距和间距应分别不小于60mm和250mm。锚栓仅用于施工过程中固定钢板。在任何情况下，均不得考虑锚栓参与胶层的受力。

**2** 现场的环境温度应符合胶粘剂产品使用说明书的规定。若未作具体规定，应按不低于15℃进行控制。

**3** 作业场地应无粉尘，且不受日晒、雨淋和化学介质污染。

**4** 原构件混凝土及加固钢板的界面（粘合面）经修整后，尚应分别按本规程第6.3.14条的有关要求进行打毛和糙化处理。

**5** 外粘钢板部位的混凝土，其表层含水率不宜大于4％，且不应大于6％。对含水率超限的混凝土梁、柱、墙等，应改用高潮湿面专用的胶粘剂。对俯贴加固的混凝土板，若有条件，也可采用人工干燥处理。

**6** 粘贴钢板专用的结构胶粘剂，其配制和使用应按产品使用说明书的规定进行。拌合胶粘剂时，应采用低速搅拌机充分搅拌。拌好的胶液色泽应均匀，无气泡，并应采取措施防止水、油、灰尘等杂质混入。

**7** 拌好的胶液应同时涂刷在钢板和混凝土粘合面上，经检查无漏刷后即可将钢板与原构件混凝土粘贴；粘贴后的胶层平均厚度应控制在2mm～3mm。俯贴时，胶层宜中间厚、边缘薄；竖贴时，胶层宜上厚下薄；仰贴时，胶液的垂流度不应大于3mm。

**8** 钢板粘贴时表面应平整，段差过渡应平滑，不得有折角。钢板粘贴后应均匀布点加压固定。其加压顺序应从钢板的一端向另一端逐点加压，或由钢板中间向两端逐点加压；不得由钢板两端向中间加压。

**9** 加压固定可选用：夹具加压法、锚栓（或螺杆）加压法、支顶加压法等。加压点之间的距离不应大于500mm。加压时，应按胶缝厚度控制在2mm～2.5mm进行调整。

**6.3.17** 钢丝绳网片外加聚合物砂浆面层工程的施工，应符合下列规定：

**1** 施工现场的气温：对改性环氧类或改性丙烯酸酯共聚物类聚合物砂浆，不应高于35℃；对乙烯-醋酸乙烯共聚物类聚合物砂浆，不应高于30℃；而且均不得受日晒、雨淋；

**2** 施工环境最低温度应符合聚合物砂浆产品使用说明书的规定；若未作规定，应按不低于15℃进行控制；

**3** 原结构、构件的混凝土表面应按相关规范要求进行清理，并剔除原构件混凝土或砌体的风化、腐蚀层，除去原钢筋锈层和锈坑。必要时，还应进行补筋。修整后尚应清除松动的骨料和粉尘，并应用清洁的压力水清洗洁净。若混凝土有裂缝，还应用结构加固用的裂缝修补胶进行修补。

**4** 在原构件的混凝土或砌体表面喷涂的结构界面胶（剂），宜采用与聚合物砂浆配套供应的结构界面胶（剂）。

**5** 安装钢丝绳网片前，应先在原构件混凝土表面画线标定安装位置，并按标定的尺寸在现场裁剪网片。裁剪作业及网片端部的固定方式应符合产品使用说明书的规定。

**6** 安装网片时，应先将网片的一端锚固在原构件端部标定的固定点上，而网片的另一端则用张拉夹持器夹紧，并在此端安装张拉设备，通过张拉使网片均匀展平、绷紧。在网片没有下垂的状态下保持网片拉力的稳定，并应有专人进行监控。经检查网片位置及网片中的经绳和纬绳间距无误后，用锚栓和绳卡将网片经、纬绳的每一连接点在原构件混凝土或砌体上固定牢靠。然后卸去张拉设备。

**7** 当网片需要接长时，沿网片长度方向的搭接长度应符合设计规定；若施工图未注明，应取搭接长度不小于200mm，且不应位于最大弯矩区。

**8** 安装网片时，应对钢丝绳保护层厚度采取控制措施予以保证，且允许按加厚3mm～4mm设置控制点。

**9** 聚合物砂浆的强度等级必须符合设计要求。

**10** 喷抹聚合物砂浆时，可用喷射法，也可采用人工涂抹法，但应用力擀压密实。喷抹应分3道或4道进行。仰面喷抹时，每道厚度以不大于6mm为宜，后一道喷抹应在前一道初期硬化时进行。初期硬化时间应按产品使用说明书确定。

**6.3.18** 当采用的结构加固方法需做防护面层时，应按设计规定的材料和工艺要求组织施工。其施工过程的控制和施工质量的检验应符合国家现行有关标准的规定。

**6.3.19** 采用外包型钢、粘贴钢板、粘贴碳纤维布等加固法对既有结构加固时，应对既有结构界面进行清理，对结构损伤进行补强处理，保证原结构质量满足设计要求。

**6.3.20** 采用增大截面、置换混凝土、增设支点等加固法对既有结构加固时，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。

**6.3.21** 当结构加固需事先对原结构进行部分拆除时，其拆除工程实施应符合以下要求：

**1** 既有结构拆除前，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；

**2** 既有结构拆除前，应明确拆除部位与原建筑物的关系、连接节点构造，确定最适宜的拆除方法和拆除顺序；

**3** 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。

**4** 当大范围拆除可能涉及侧墙失稳及地下室上浮的安全隐患时，应按设计文件的规定及专项论证的要求，对拆除影响区域事先设置侧墙支护，并采取配套的墙外卸土、堆载增重、降排水等辅助措施；

**5** 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。

**6** 对要拆除的结构应进行必要的临时支撑或加固。

**7** 应事先在保护部位设置挡板、遮盖物等保护设施。

**6.3.22** 既有结构拆除施工应按设计规定的顺序进行；非结构构件拆除必须与结构整体拆除同步进行，墙、梁、柱结构构件应在其所承载的全部构件拆除后再进行拆除。

**6.3.23** 既有结构机械化拆除施工应符合下列要求：

**1** 应采用水冷却金刚石锯片或绳锯切割机对混凝土进行拆除。

**2** 在距离保留结构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** 楼层施工荷载不应超过原结构的荷载允许值。

**6.3.24** 当加固工程包含地下结构的大范围拆除、结构托换等重大改造内容时，其施工全过程，应按设计文件的有关要求，在规定的部位对构件变形及结构侧向位移等关键指标进行施工监测。

**6.3.25** 既有结构拆除施工除本章规定外，尚应符合现行行业标准《建筑拆除工程安全技术规范》JGJ 147的有关规定。

**6.3.26** 结构加固中，新增混凝土施工时，新旧结构交接面应采用人工凿毛处理，凿毛应避免造成既有结构损伤，凿毛后应清理干净；旧结构混凝土面宜涂刷界面剂。

**6.3.27** 结构加固中，新增钢筋在支座处的锚固形式：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，植筋时应避免损伤原结构钢筋。

**6.3.28** 结构加固施工中，在原结构上开孔洞时，位置、大小等应经过设计确认，完成施工后应做好封堵处理。

**6.3.29** 新旧结构连接防水施工应符合下列要求：

**1** 旧结构拆除施工时应保护好原有防水措施。

**2** 新结构施工前对接缝防水进行修补和清理。

**3** 新结构防水应与旧结构防水连接成整体，并在接缝处加强处理。

**6.3.30** 当加固工程包含地下结构的大范围拆除、结构托换等重大改造内容时，项目实施前，应根据该项目的勘察设计文件及鉴定报告等原始资料，进行现场查勘及风险调查，包括并不限于下列内容：

**1** 工程场地范围的工程地质和水文地质情况；

**2** 工程影响范围内的交通流、道路、地面建（构）筑物、特殊建（构）筑物、文物或保护性建筑等情况，必要时应要求进行补充调查或现状安全评估；

**3** 工程影响范围内的地下构筑物、地下管线和地下水等情况。

若发现与原始资料严重不符，导致工程施工及环境安全风险超出原设计文件的内容范围时，施工单位应及时向业主（或监理单位）和加固设计单位报告，由设计人员提出解决方案后方可施工。

**6.3.31** 地下结构加固工程中，需结合地基基础加固、抗浮补强、渗漏修复等其它分项内容（若有），综合考虑各分项的交叉施工流程，采取合适的施工工艺及工序安排。

**6.3.32** 地下结构加固工程中，当施工环境为潮湿或渗水状态时，施工方案应考虑潮湿环境对工艺及材料的影响；加固施工过程中，应进行降水控制，并采取相应的排水止水措施；加固施工完成后，应按规范及设计要求做好结构防护。

**6.3.33** 地下结构加固施工除按本章规定外，尚应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666以及《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的要求；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的要求。

**6.3.34** 加固工程的冬期施工，除满足本规程的有关要求外，尚应符合现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ 104的有关规定。

## 6.4检验与检测

**6.4.1** 地下结构加固用材料检验均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以及《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定。

**6.4.2** 化学胶粘剂主要检测项目有胶体性能（抗拉强度、受拉弹性模量、伸长率、抗压强度）、粘结能力（钢对钢T冲击剥离长度、钢对钢拉伸抗剪强度标准值、钢对C45混凝土正拉粘结强度等）、不挥发物含量、耐湿热老化性和环保性等。若有怀疑时，应对其安全性能和工艺性能进行见证抽样复验，其安全性能复验结果应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的中关于胶粘剂的规定。

**6.4.3** 碳纤维织物（碳纤维布）纤维复合材的主要检测项目有抗拉强度标准值、弹性模量和极限伸长率、纤维织物单位面积质量或预成型板的纤维体积含量和碳纤维织物的K数。

**6.4.4** 植筋的胶黏剂固化时间达到7d的当日，应抽样进行现场锚固承载力检验，检验方法及质量合格评定标准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附录W的有关规定。

**6.4.5** 新增灌浆料与细石混凝土的混合料，其强度等级必须符合设计要求，用于检查其强度的试块，应在监理工程师的见证下，按照现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的规定进行取样、制作、养护和检验。

**6.4.6** 注胶（或注浆）设备及其配套装置在注胶（或注浆）施工前应按该产品标准规定的技术指标进行适用性检查和试运作安全检查，其检验结果应合格。

**6.4.7** 粘贴钢板应用小锤轻轻敲击所粘贴的钢板，从音响判断粘结效果及密实度。如锚固区粘结密实面积少于90%，非锚固区粘结密实面积少于70%，则此粘结件无效，应剥下重新粘结。

**6.4.8** 外包型钢的施工质量检验，应在检查其型钢肢安装、缀板焊接合格的基础上，对注胶质量进行检验和探测。注胶饱满度探测应由检验机构派员到现场用仪器或敲击法进行探测，探测结果以空鼓率不大于5%为合格。

**6.4.9** 增大截面工程应对新增混凝土强度、截面尺寸、浇筑质量、钢筋、保护层厚度、结合面粘结质量等进行检查检验。检查数量、检验方法以及允许偏差值应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 有关规定。

# 7 抗浮治理

## 7.1一般规定

**7.1.1** 既有建筑地下空间施工期和使用期的抗浮稳定状态应根据地下结构形式及埋置深度、结构荷载分布、抗浮设计等级、抗浮设防水位等条件，按最不利组合工况确定。

**7.1.2** 既有建筑地下空间抗浮治理方案，宜符合下列规定：

**1** 当地下水位高于基础底板时，水位对治理方法存在影响时应先降低地下水位；

**2** 地下空间有上浮情况，宜在沉降稳定或复位后进行抗浮治理；

**3** 宜采用新增抗浮结构与既有结构共同受力的联合抗浮体系，并增加协同工作的辅助措施；

**4** 对发生较大隆起变形或开裂的区域，宜采用压重法和锚固法等组合方案；

**5** 对发生较大隆起变形区域尚可利用的既有抗浮结构构件，宜在卸压后采取预应力锚固等措施；

**6** 既有抗浮结构构件承载力不满足要求时，宜在其临近增补协同作用的锚固构件或通过泄压改善抗浮结构构件的受力状况。

**7.1.3** 既有建筑地下空间抗浮结构构件使用年限不应少于建筑工程结构设计使用年限。

**7.1.4** 抗浮结构构件设计采用的作用效应组合、抗力限值及永久性抗浮构件耐久性设计应符合国家现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123和《建筑工程抗浮技术标准》JGJ476有关规定。

**7.1.5**既有建筑地下空间抗浮设计除强度和稳定外，尚应符合下列规定：

**1** 治理范围应根据鉴定结论及分析计算确定；

**2** 依据鉴定报告利用既有构件的剩余抗力时，应使其与新增构件的受力、变形相协调；

**3** 新增抗浮结构或构件不应改变既有工程的使用功能和环境条件，当改变时应经业主或原结构设计单位确认；

**4**  新增结构构件受力变形应协调，并应与既有结构可靠连接；

**5** 新增结构构件不应对既有相关结构、构件造成不利的影响；

**6** 对与加固部位关联的既有结构构件应进行验算，不满足要求时应预先加固。

**7.1.6** 邻近建（构）筑物、基坑开挖、地下工程对既有工程抗浮治理施工产生影响时，除应优化地下工程施工方案外，尚应对保护的既有建筑采取隔离、加固等保护措施。

## 7.2设计

**7.2.1** 既有工程抗浮加固时，抗浮稳定性应满足下式要求：

式中：*G0*—建筑物自重及压重的总荷载标准值(kN)；

*Rt*—原抗浮构件承载力标准值(kN)；

*Gt*—增加的压重标准值(kN)；

∑*R*—增加的抗浮构件承载力标准值(kN)；

*Nw*—浮力标准值(kN)；

*Ks*—抗浮稳定安全系数，施工期取1.05，使用期取1.1。

**7.2.2** 抗浮加固稳定性验算应采用施工期、使用期设防水位，必要时可进行专项抗浮水位论证。

**7.2.3** 既有工程在采用压重抗浮法、锚固抗浮法、排水限压法、泄水降压法及隔水控压法等方法进行抗浮治理时，应综合工程抗浮稳定状态、加固要求、施工条件、对周边环境影响等因素进行技术经济比较后确定。

**7.2.4** 压重抗浮法所增加的结构或构件作为抗浮措施在地下空间内部使用时，不应影响设计功能、结构或构件的使用功能。

**7.2.5** 压重抗浮法设计，应符合下列规定：

**1** 增重荷载应根据抗浮稳定性验算确定﹔

**2** 增重荷载可位于地下结构顶部或底部，但不应影响既有工程的使用功能﹔

**3** 增重材料可采用混合土、素混凝土、重型混凝土或钢渣等材料；

**4** 可增设钢筋混凝土叠合层，兼做配重。

**7.2.6** 锚固抗浮法分为抗浮锚杆法、抗浮桩法，设计中新增锚固构件除应符合新建工程抗浮锚固措施要求外，尚应符合下列规定：

**1** 构件的布设位置应根据抗浮安全性鉴定报告、既有结构或构件强度等要求确定；

**2** 构件的承载力、数量应根据抗浮稳定状态、被锚固构件及构件的强度等计算确定；

**3** 构件与既有结构或抗浮构件联合共同组成抗浮体系时，应考虑受力变形协调，并应与既有结构可靠连接；

**4** 新增构件与既有抗浮锚固构件应将锚固段错开布置；

**5** 如需严格控制既有建筑基础的上浮变形，抗浮构件应施加预应力；

**6** 新增锚固体与既有构件之间的连接处理应满足冲切、剪切和防水要求。

**7.2.7** 锚固构件的设计应符合国家现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94及《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476的有关规定。

**7.2.8** 采用锚固法进行抗浮加固，对破除既有结构部分构件或在既有结构上开孔、凿洞的情况，应验算新增构件对既有结构的内力变形影响，保证新增构件与既有结构之间形成牢固连接（图7.2.8）。



**图 7.2.8 抗浮桩二次封桩节点**

1-抗浮桩；2-基础；3-第一次封桩；4-锚固筋；5-止水条；6-第二次封桩；7-基础筋

**7.2.9** 既有结构根据水文地质情况，采取排水限压、隔水控压、泄水降压等进行主动抗浮时，可，应符合下列规定：

**1** 建立完整的汇集、排出系统和监控系统，排水系统及泄压装置不应影响既有结构承载性能。

**2** 应根据结构自重、原抗浮承载能力及抗浮设防水位等综合确定主动抗浮控制水位，满足地下结构抗浮稳定性要求。

**3** 采取主动抗浮设计时，应考虑主动降水位对建筑沉降变形的影响及周边环境等可能产生的危害，并提出防治措施。

**4** 采用主动抗浮时，岩土工程勘察中应提供相关地层的水位地质参数。

**5** 监控系统应包括地下水水位和水压力监测，并设置有必要的维护检修设施。

## 7.3施工

**7.3.1** 压重抗浮法施工，应符合下列规定：

1 压重材料填筑时，不得损害关联结构或构件；

2 顶板上增重时，不得超填和不得使用重型机械碾压；

3 钢筋混凝土叠合层的锚固钢筋伸入原结构层的锚固长度应符合《既有建筑地基基础加固技术规范》（JGJ123）相关要求。

**7.3.2** 抗浮桩加固施工，应符合下列规定：

1采用抗浮桩法进行加固时，破除既有结构部分构件或在既有结构上开孔、凿洞时，应采用对既有结构损害小、振动弱的轻型工具。

2 采用锚杆静压桩施工时，压桩力不得大于该加固部分的结构自重荷载；压桩孔可预留，或在原基础上由人工或机械开孔，压桩孔的截面形状宜做成上大下小的截头锥形。

3预制桩室内接桩应优先采用焊接或螺纹式连接。

4灌注桩的成孔设备应满足室内净空要求，灌注桩的成孔、钢筋笼制作和混凝土验收等应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

**7.3.3** 抗浮锚杆加固施工，应符合下列规定：

**1** 地质条件和周边环境复杂、施工扰动较敏感结构的锚杆施工方案应经专门论证；

**2** 预应力构件应分级张拉；

**3** 施工应控制对既有结构构件的损伤，并应对既有结构构件进行监测。

7.3.4 采取排水限压、隔水控压、泄水降压等进行主动抗浮时，应符合下列规定：

**1** 地质条件和周边环境复杂、施工扰动较敏感结构，采取主动抗浮加固施工方案应经专门论证；

**2** 采用排水限压法和泄水降压法时，应建立完整的汇集与排出系统和自动监控系统；

**3** 主动抗浮加固施工前，应对损伤既有结构构件进行监测，必要时设置临时支撑；施工完成后，应及时对损伤既有结构构件进行加固修复。

**7.4.8** 对于挤土抗浮桩，施工过程应对桩顶、地面和临近既有建筑物的竖向和水平位移进行系统观测，当位移较大影响结构安全时应停止施工，采取合理措施后方可进一步施工。

## 7.4 检验与检测

**7.4.1** 压重抗浮法施工后的检验点应在同批施工的增重抗浮体（区域）范围内均匀布置，检验项目应包括几何尺寸、材料性能、配筋数量、钢筋直径、外观质量、与锚固构件连接部位等，具体应符合下列规定：

**1** 截面几何尺寸检测方法和允许偏差值可按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204执行；

**2** 轴线定位尺寸可采用全站仪等测量，蜂窝、麻面、露筋等外观质量可采用目测和仪器检测；

**3** 内部缺陷检测可采用超声法、冲击反射法等，必要时可采用局部破损方法验证；

**4** 每一检验批的检测点数不应少于3个，质量评定应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204和《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202的执行。

**7.4.2** 抗浮桩施工后应采用单桩竖向抗拔静载试验检验竖向抗拔承载力，检测数量不应少于总桩数的1%且不应少于3根。

**7.4.3** 抗浮锚杆施工后应采用锚杆抗拔试验检验竖向抗拔承载力，检测数量不应少于总锚杆数的5%且不应少于6根。

**7.4.4** 截水沟、排水沟、盲沟和集出水系统的质量检验应符合《建筑工程抗浮技术标准》JGJ476的有关规定。

# 8 防水渗漏修复

## 8.1 一般规定

**8.1.1** 对既有建筑地下空间防水系统重构工程设计、施工和渗漏修复材料选择，应根据使用要求、工程地质条件、结构特点、环境及气候条件、材料性能等因素确定。

**8.1.2** 渗漏修复前现场调查宜包括下列内容：

**1** 工程所在周围的环境；

**2** 渗漏水水源及其变化规律；

**3** 渗漏水发生的部位、现状及其影响范围；

**4** 结构稳定情况和损害程度；

**5** 使用条件、气候变化和自然灾害对工程的影响；

**6** 现场作业条件。

**8.1.3** 修复材料性能应满足施工环境保护要求，不得使用有毒有害，易燃易爆、污染环境材料。

**8.1.4** 施工单位应根据施工图编制施工组织设计，报建设、监理部门审批后实施。

**8.1.5** 渗漏修复工程施工完成后进行堵漏效果检验与验收，同时应进行工程施工期和运营期的渗漏监测。

## 8.2 材料

**8.2.1** 注浆堵漏采用无机类材料，可使用水泥、黏土、水泥黏土、超细水泥、硫铝酸盐早凝早强水泥、水泥基无收缩灌浆材料、水中不分散水泥基灌浆材料等浆液。

**8.2.2** 采用精选的粉煤灰，烧失量宜小于8%，SO3含量宜小于3%；通常掺粉煤灰量是水泥重量的30%～40%。粉煤灰等级见表8.2.2。

表8.2.2 粉煤灰品质指标和等级

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 指标 | 等级 | | |
| Ⅰ级 | Ⅱ级 | Ⅲ级 |
| 细度（45μm方孔筛筛余） | ≤12 | ≤20 | ≤45 |
| 烧失量 | ≤5 | ≤8 | ≤15 |
| 需水量比 | ≤95 | ≤105 | ≤115 |
| 三氧化硫含量 | ≤3 | ≤3 | ≤3 |

**8.2.3** 水泥基材料的外加剂种类、掺量应通过室内试验或者现场注浆试验确定。

**8.2.4** 水泥基类修复材料从流动性、强度及收缩性方面分为水中不分散修复材料、早凝早强高强修复材料、高性能无收缩修复材料。

**8.2.5**  有机类防水抗渗修复材料可采用环氧树脂类、丙烯酸盐类、甲基丙烯酸酯类、木质素类、脲醛树脂、聚氨酯类、糠醛树脂类、改性环氧及水性高分子现场合成修复材料。

**8.2.6**  常用渗漏修复材料的主要性能、成分及用途范围见表8.2.6。

表8.2.6 常用浆材性能表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 灌浆材料 | | | 可注入最小裂隙(mm) | 主 要 成 分 | 主 要 用 途 |
| 无  机  化  学  系 | 粘土类浆液 | | 裂隙0.03  粒径0.1 | 膨润土或高岭土 | 裂隙、破碎带、岩溶层，大孔隙地层堵水充填 |
| 水  泥  类 | 普通  水泥 | 裂隙0.3  粒径1.0 | 普通硅酸盐水泥或矿碴水泥等 | 基岩裂隙、岩溶、破碎带或粗砂砾预注浆堵水和壁后充填加固 |
| 超细  水泥 | 裂隙0.05  粒径0.2 | 细磨的纳米粒径的硅酸盐水泥 | 基岩裂隙预注堵水 |
| 有  机  化  学  系 | 铬木素类 | | 裂隙0.03  粒径0.04 | 亚硫酸盐纸浆废液，重铬酸钠。 | 表土层堵水加固，基岩裂隙注浆堵水加固 |
| 脲醛树脂类 | | 粒径0.05 | 脲醛树脂或脲素、甲醛、酸或酸性盐 | 表土层堵水加固，基岩裂隙注浆堵水加固 |
| 聚氨脂类 | | 粒径0.03 | 甲苯二异氰酸脂，聚醚树脂 | 表土层或基岩裂隙注浆堵水加固 |
| 环氧树脂类 | | 粒径0.05 | 酚醛树脂，丁二烯，环氧乙烷 | 表土层堵水加固，基岩裂隙注浆堵水加固 |
| 丙烯酸盐类 | | 粒径0.02 | 丙烯酸镁，丙烯酸钙 | 裂隙、破碎带、表土层堵水加固、变形缝、施工缝、结构裂缝堵漏加固 |

**8.2.7** 电渗脉冲法所使用正极和负极材料技术指标，应符合下列规定：

**1**正极高分子导电塑料导线电阻率≥10-4欧姆.厘米；

**2** 正极钛丝直径为2.0mm~3.0mm；

**3** 正极钛箔厚度为0.02mm~0.03mm，宽度为15mm~25mm；

**4** 负极可用铜棒，其直径为14mm~18mm，长度为150mm~200mm。

## 8.3 设计

**8.3.1** 既有建筑局部渗漏修复包括注浆帷幕堵漏、迎水面防水修复、结构断面修复、背水面修复和电渗脉冲防渗除湿。

**8.3.2** 渗漏修复设计依据的勘探报告除应符合《岩土工程勘察规范》GB50021有关规定外，尚应包括下列内容：

**1** 既有建筑区域周边自然环境条件；

**2** 既有建筑工程地质特征；

**3** 既有建筑地下水文地质特征，包括地下水分布、变化规律以及地下水物理、化学特性；

**4** 既有建筑地下特殊地质体，包括构造破碎带、岩溶、塌陷等地质缺陷体的规模、分布规律、胶结程度等特征。

**5** 既有建筑区域主要地下工程的水文地质及工程地质问题的结论性意见以及对渗漏修复等方面的建议。

**8.3.3** 对于既有建筑地下工程采用帷幕注浆止水的方式进行钻孔注浆止水，帷幕线的布置应考虑下列内容：

1）地下工程主体结构分布；

2）地下工程透水通道特征；

3）地下工程管线分布特征；

4）地下工程止排水可能引起的地基破坏程度。

**8.3.4** 注浆帷幕堵漏加固宜采用单排布置注浆孔，遇到复杂地质体可采用多排孔加密注浆，注浆量可依据式（8.3.4）进行计算。

 （8.3.4）

Q—帷幕注浆量(m3)；

λ—超注系数，宜取1.1～1.5，动水条件取大值；

V—帷幕设计体积(m3)；

n—地层裂隙率(%)，由现场试验确定；

β—浆液充填系数，取0.8～0.9；

m—浆液结实率(%)，由现场试验确定；

**8.3.5** 注浆帷幕堵漏设计应结合地下工程水文地质条件，在现场调查的基础上，确定注浆孔径、注浆有效扩散半径以及帷幕的厚度，钻孔参数设计应符合下列规定：

**1** 注浆段孔径不宜小于91mm，终孔孔径不应小于75mm；

**2** 注浆孔孔底偏差应满足施工图设计要求；

**3** 地下含水层透水性较均一时宜等距布置注浆孔，不均一时宜采用不等距布孔。遇到地层复杂时比如岩溶、构造带等宜加密布孔；

**4** 注浆孔孔深应达到帷幕设计下限。

**8.3.6**  大、中型既有建筑地下工程防水渗漏修复设计应选用迎水面防水修复，迎水面修复设计要求应与原结构防水设计相同。

**8.3.7** 迎水面防水修复设计采用的不定型堵漏修复材料，应满足下列规定：

**1** 缝隙密封材料应满足设计相关指标要求；

**2** 材料性质与结构物变形需协调；

**3** 材料抗腐蚀性和耐久性需满足要求。

**8.3.8** 迎水面防水修复设计应包括地下空间底板防水工程设计、外墙防水工程设计、顶板及其他部位防水设计，注浆孔与结构体垂直布设，钻孔深度至结构外表面和防水层之间，孔径可为8～15mm（见图8.3.8）。



**图8.3.8 迎水面注浆**

1—注浆管；2—密封层；3—结构；4—密封层；5—原防水层；6—垫层；7—原土层

**8.3.9** 防水渗漏修复设计应包括下列内容：

1 混凝土的抗渗等级、抗裂性能要求；

2 既有建筑的底板、结构围护墙体、顶板、变形缝、施工缝、后浇带、桩头、穿墙管等防水系统图纸和节点详图，以及特殊部位防水节点详图设计；

3 排水系统及工程各种洞口的防倒灌措施。

**8.3.10** 对需要穿过地下结构底板的预应力及非预应力锚杆和各种桩头节点防水系统，应采用有压迎水面复合防水系统。

**8.3.11** 迎水面修复防水构造应符合表8.3.11的规定。

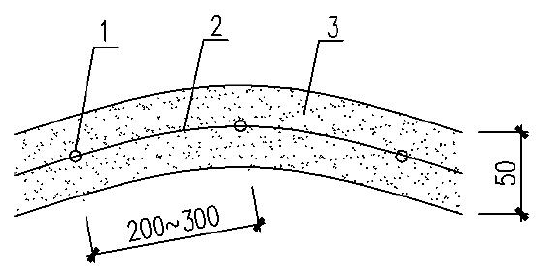
**表8.3.11 防水构造规定**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 节点  类型 | | 非预应力锚杆 | 预应力锚杆 | 桩头 | 主体围护结构、后浇带和施工缝 |
| 防水  措施 | | 1高弹高强反应型密封注浆材料或金属防水板  2防水卷材或高分子片材  3加强柔性防水层 | 1高弹高强反应型密封注浆材料或金属防水板  2防水卷材或高分子片材（过渡管）  3加强柔性防水层 | 1高弹高强反应型密封注浆材料或金属防水板  2防水卷材或高分子片材（过渡管）  3加强柔性防水层 | 1高弹高强反应型密封注浆材料  2防水卷材或高分子片材  3加强柔性防水层  4金属防水板  5过渡管 |
| 防水等级 | 一级 | 应选2〜3道防水措施 | 应选2〜3道防水措施 | 应选2〜3道防水措施 | 应选2〜3道防水措施 |
| 二级 | 应选2道防水措施 | 应选2道防水措施 | 应选2道防水措施 | 应选2道防水措施 |
| 三级 | 宜选1〜2道防水措施 | 应选1〜2道防水措施 | 应选1〜2道防水措施 | 应选1〜2道防水措施 |

**注：主体围护结构包括结底板、侧面墙体和顶板结构。**

**8.3.12**  对于既有建筑地下主体结构的混凝土裂缝渗漏宜选用贴嘴止水、快速止水，在此基础上应符合下列规定：

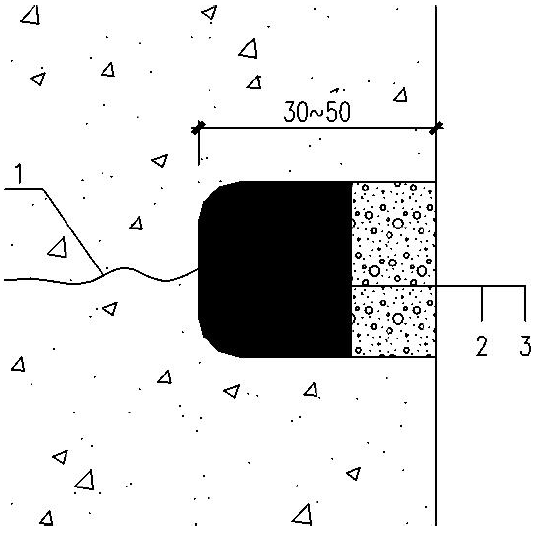
1 在潮湿环境中采用环氧树脂材料进行贴嘴止水，止水嘴布置在裂缝较宽的位置及其交叉部位，间距在200～300mm，裂缝封闭宽度宜50mm（见图8.3.12-1）。



**图8.3.12-1 贴嘴止水布孔**

1—止水嘴；2—裂缝；3—环氧树脂材料

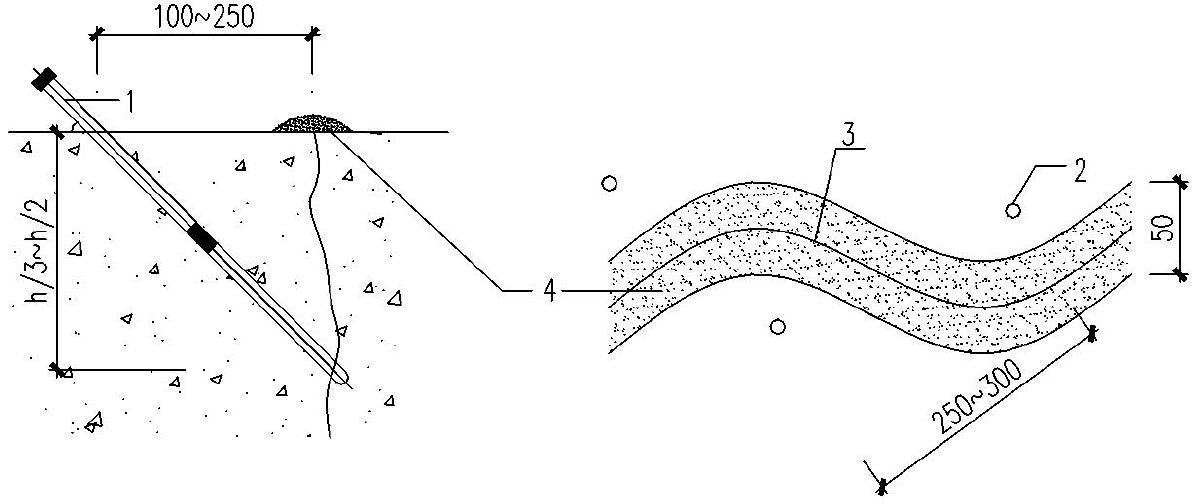
2 采用快凝早强型材料进行快速封堵止水，宜沿裂缝走向在混凝土裂缝表面布置深30～50mm、宽度在30mm的凹槽（见图8.3.12-2）。



**图8.3.12-2 裂缝快速封堵止水**

1—裂缝；2—快凝型封堵止水材料；3—防水砂浆

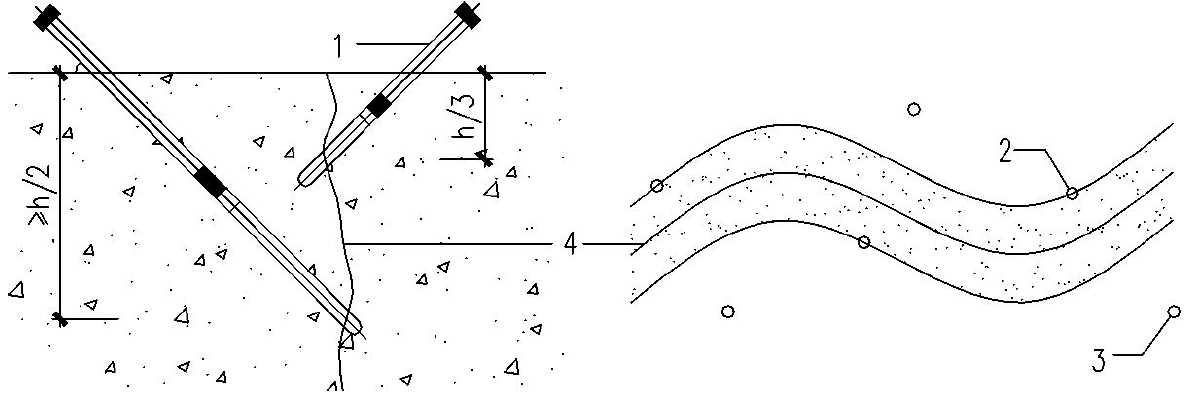
**8.3.13** 对于地下工程渗漏宽度较小的裂缝，宜采取钻孔注浆止水方式。注浆孔布置在裂缝两侧斜穿裂缝，钻孔与裂缝水平距离在100～250mm，钻孔间距宜在250～300mm，孔径为10～12mm，钻孔倾角在45～60°（见图8.3.13）。封堵材料宜选用环氧树脂材料或者超细水泥基灌浆材料。



**图8.3.13 钻孔注浆止水布置**

1—注浆嘴；2—钻孔；3—裂缝；4—封堵材料

**8.3.14** 对于地下工程渗漏宽度较大的裂缝，宜采取重复注浆止水方式。裂缝表面需要封闭，注浆孔布置在裂缝两侧斜穿裂缝，第一次钻孔垂直深度不宜小于结构厚度的1/3，第二次钻孔垂直深度不宜小于结构厚度的1/2。两次钻孔平面布置间距在300～500mm（见图8.3.14）。注浆材料宜选用环氧树脂材料或者水泥基灌浆材料。



**图8.3.14 钻孔注浆止水布孔**

1—注浆嘴；2—钻孔；3—补强孔；4—裂缝

**8.3.15** 对混凝土结构体裂缝、施工缝和缺陷等部位进行柔性防水体系及结构自防水体系的系统处理。

**8.3.16** 既有建筑地下空间电渗脉冲防渗除湿技术适用于具有毛细孔或微裂缝宽度小于0.2mm的混凝土、钢筋混凝土或砖结构体的排渗修复工程。

**8.3.17** 电渗脉冲防渗除湿系统的电器部分设计应符合国家现行标准《智能建筑设计标准》GB 50314、《建筑设备监控系统工程技术规范》JGJ/T 334、《低压配电设计规范》GB 50054、《住宅建筑电气设计规范》JGJ 242、《民用建筑电气设计标准》GB 51348、《家用和类似用途电器的安全 第1部分 通用要求》GB4706.1、《电磁环境控制限值》GB8702、《地下防水工程施工质量验收规范》GB50208、《建筑电气工程施工质量验收规范》GB50303的有关规定。

**8.3.18** 电渗法电极布置，宜符合下列规定：

1 电渗脉冲正极主要布置在地下结构物的内壁和地面，每平方米需布置2.0延米~2.5延米的阳极，间距范围400~1000mm；

2 电渗脉冲负极布置在地下结构的外侧，距离地下结构面不应小于200mm，不大于1500mm。根据正极配置数量来决定负极数量，每布置30延米~40延米正极，应对应设置一根负极。

3电渗脉冲防渗除湿系统宜由控制系统、管线系统等组成。大型系统多个智能控制器组网时，应有服务器系统。

## 8.4 施工

**8.4.1** 渗漏修复施工应建立各道工序的自检、交接检和专职人员检查的制度，做好施工人员的技能培训工作，主要操作人员应持证上岗。每道工序经检验合格后才能进行下道工序的施工。

**8.4.2** 渗漏修复施工过程中应随时检查治理效果，并做好施工记录。当工程现场条件与设计方案有差异时，应停止施工。

**8.4.3** 渗漏修复钻孔宜选择回转式钻机进行钻进，当采用冲击钻机进行钻进时应加强钻孔和裂隙的冲洗，具体操作应符合下列规定：

1 施工前应由具有测量资格的人员进行钻孔测放，孔位测放误差不得大于1cm；

2 钻机安装前应进行地盘平整，钻机安装与孔位误差不宜大于50cm；

3 钻孔开孔孔径应根据地层实际情况确定，终孔孔径应不小于设计口径；

4 覆盖层不进行注浆时，宜采用跟管钻进。每注浆段钻探完成后，应洗孔10~20min，孔底沉渣厚度应不超过20cm；

5 钻进过程应采取控斜措施。宜每50m测斜一次。当出现偏差时应及时纠正。钻孔孔深不得小于帷幕下限，终孔后应有孔深验证记录，孔深验证误差不应大于0.1%；

6 钻孔过程中，应做好各种记录，应填报班报表、岩心登记表、测斜结果表、孔深验证结果表、水位观测表等。

**8.4.4** 对于渗漏施工治理应符合注浆时垂直方向自下而上，水平方向从一侧向另一侧开始进行。对于混凝土蜂窝、麻面渗漏治理的施工分别按照裂缝、孔洞或大渗漏量等不同特征进行封堵治理。

**8.4.5** 孔内注浆方法可选择上行式注浆和下行式注浆两种，一般采用下行式注浆。注浆材料应根据现场实际情况或者现场注浆试验选择。

**8.4.6** 制浆设备的选择应与注浆量、浆液类型、浆液密度和注浆方式相适应，保证能均匀、连续地拌制浆，应符合下列规定：

1 制浆材料应按规定的浆液配比计量，计量误差应小于5%。注浆量较大的工程应建立集中制浆站，集中制浆站的制浆能力应满足注浆高峰期所有机组的用浆需要；

2 注浆前、浆液浓度变换后及注浆超过2h时，应对浆液密度、流动性等性能检查或抽查，及时调配；

3 寒冷季节施工应做好机房和注浆管路的防寒保暖工作，浆液温度不宜低于5℃。炎热季节施工应采取防晒和降温措施，浆液温度不宜超过40℃。定期保养搅拌和计量设备，保持搅拌系统的清洁。

**8.4.7**  注浆必须连继进行，若因故中断，应按下列原则处理：

1冲洗钻孔后恢复注浆，若无法冲洗或冲洗无效，则应进行扫孔，再恢复注浆；

2 恢复注浆时可采用中断前浆液浓度继续灌注，若浆液注入率较中断前减少较多，应降低浆液浓度继续注浆。

**8.4.8** 采用止浆塞注浆时，应与注浆方法、注浆压力、注浆孔孔径及地质条件相适应，止浆塞应有良好的膨胀和耐压性能，并易于安装和卸除。

**8.4.9** 既有建筑围护结构迎水面防水工程，所采用的防水材料，应有厂家检测报告，合格证，材料的品种、规格、性能应符合设计要求，材料进场后现场抽检合格方可使用。

**8.4.10** 既有建筑围护结构迎水面防水施工，应做好压力机器设备校正检查和材料使用前配制试验。

**8.4.11** 既有建筑地下空间主体维护结构的迎水面防水堵漏施工，应符合下列规定：

1输送系统的垂直管道采用塑料给水管，管径≥15mm。高度大于结构底板厚度150mm。塑料给水管耐压要求大于2MPa；

2 双液体注浆施工机器，压力输送机器要求能够进行2MPa压力下的施工，材料输送配比准确，成型密封可靠，施工时间可控；

3 结构底板输送系统的垂直管道塑料给水管间距不大于5米，不小于1米；

4 墙体输送系统的垂直管道塑料给水管间距不大于10米，不小于1.5米。

**8.4.12** 既有建筑围护结构迎水面防水工程，主体围护结构中注浆体输送系统安装前应探测钢筋、管道及电线等。

**8.4.13** 既有建筑围护结构迎水面防水工程施工，应满足下列规定：

1 注浆体输送系统安装前应探测钢筋、管道及电线等；

2 注浆泵应平置于坚实的基础上，将支腿定位，防止移动；

3 注浆泵在运行期间所处的温度环境不低于 5℃，不高于 45℃；

4 保证泵所处空间通风良好，便于将泵和传动系统产生的热量排出。

**8.4.14** 预埋件、螺栓孔渗漏、管道根部的渗漏宜先止水、再设置刚性防水层，也可设置柔性防水层。

**8.4.15** 既有建筑普通裂缝的止水及刚性防水层的施工，应符合下列规定：

1钻孔注浆时应严格控制注浆压力等参数，并沿裂缝走向自下而上依次进行注浆；

2 宜按照从上到下的顺序进行施工，先沿凹槽走向分段嵌填速凝型无机防水堵漏材料止水并间隔留置引水孔，引水孔间距宜为500mm～1000mm，再用速凝型无机防水堵漏材料封闭引水孔；

3 粘贴注浆嘴和封缝前，宜先将裂缝两侧待封闭区域内的基层打磨平整并清理干净，再用配套的材料粘贴注浆嘴并封缝。粘贴注浆嘴时宜先用定位针穿过注浆嘴，再对准裂缝插入，将注浆嘴骑缝粘贴在基层表面，宜以拔出定位针时不粘附胶粘剂为准；

4 立面上应沿裂缝走向自下而上依次进行注浆。当观察到临近注浆嘴出浆时可停止从注浆，并从下一注浆嘴重新注浆。注浆全部结束且孔内灌浆材料固化，并进检查无湿、无明水后应按照工程要求进行拆除；

**8.4.16** 既有建筑变形裂缝的止水及刚性防水层的施工，应符合下列规定：

1钻孔注浆止水施工的浆液阻断点应埋设牢固且能承受注浆压力而不受破坏；

2 注浆管（嘴）应埋置牢固并应做好引水处理。在注浆过程中观察到临近注浆嘴出浆时可停止注浆，并应封闭该注浆嘴，然后从下一注浆嘴开始逐渐。停止注浆且待浆液固结后并经检查无湿渍、无明水后按要求处理注浆嘴、封孔并清理基层；

3 变形缝背水面止水带的安装应在无渗漏水的条件下进行。粘贴内置式密封止水带的转角处使用专用修补材料做成圆角或钝角。粘贴止水带时宜在止水带及混凝土基层搭接部位来回辊压排气。胶粘剂未完全固化前止水带应避免受压或发生位移；

4 采用螺栓固定内置式密封止水带的转角处应使用专用修补材料做成钝角，并宜配制专用的金属压板配件。膨胀螺栓的规格应符合设计要求，安装时应采取措施避免造成变形裂缝两侧的基岩破坏；

5 安装变形裂缝外置排水槽时，排水槽应固定牢固，排水坡度应符合设计要求，转角部位应使用专用配件。

**8.4.17** 既有建筑的孔洞渗漏施工时注浆管（嘴）应埋置牢固并做好引水泄压处理，待浆液固化并经检查无明水后按照设计要求处理注浆嘴、封孔并清理基层。

**8.4.18** 电渗脉冲电极施工，应符合下列规定：

1 正极采用刻槽法施工时，矩形槽断面深度15~18mm，宽度18~20mm，在槽内临时固定正极导线，并将密封材料挤入槽内抹平，养护至少7~10天；

2 正极采用粘贴法施工时，混凝土表面导涂刷一层导电胶，再铺贴一层钛箔，在钛箔表面再刷一层导电胶，使导电胶固化；

3 在结构物外部土体中钻孔，孔深与阳极埋设相当，插入负极，并且把连接线引入结构物内部；

4 从结构物内部钻孔，抵达外部土体后，插入负极，将连接线引入结构内部后，将钻孔堵塞严密。

5 将所有正、负极导线、与连接线连接，确保接头密封防水；

6 安装接线箱，将正、负极连接线分组连接至接线箱。

## 8.5 检验与检测

**8.5.1** 渗漏修复治理部位检验，应符合下列规定：

1 通过表面观察检查地下工程止水带与紧固件压板以及止水带与基层之间应紧密结合。

2 采用涂层侧厚仪量测涂料的用量或防水层平均厚度应符合设计要求，最小厚度大于等于原设计厚度。

3 通过表面观察检验柔性涂膜防水层在管道根部等细部的渗漏修复应符合设计要求。

4 表面观察和用小锤轻击聚合物水泥砂浆防水层与基层及各层之间应粘结牢固，无脱层、空鼓和裂缝。

5 观察检验涂料防水层应与基层粘结牢固，涂刷均匀，不得有皱折、鼓泡、气孔、露胎体和翘边等缺陷。

6 观察检验地下工程衬砌的嵌缝材料表面平滑，缝边应顺直，无凹凸不平现场。

**8.5.2** 水泥砂浆防水层的平均厚度应符合设计要求，最小厚度不小于原设计厚度。

**8.5.3** 注浆效果检验根据检查孔压水试验或物探跨孔检测结果，结合施工记录和施工成果资料，进行综合评定。

**8.5.4**  注浆效果检查孔的数量宜为注浆孔总数的10%，每个区段工程至少应布置一个检查孔。检查孔布置宜分布在以下主要区域：

1 孔段中心线上；

2 断层、岩体破碎、裂隙发育、强岩溶等地质条件复杂的部位；

3 末序孔注入量大的孔段附近；

4 经查注浆过程中不正常、分序递减不合理、对防渗能力有影响的部位。

**8.5.5**  经检查孔压水试验检查，试验段的检查孔合格率需满足设计的规定和分级要求，且分布不集中，注浆质量可评为合格。确认注浆不合格的检查孔，应自下而上分段卡塞按设计要求注浆并封孔，并在影响范围内重新检查注浆效果。检查孔岩心可进行变形性能和抗渗性能检测，试验结果提供给相关部门存档。

**8.5.6**  物探跨孔检测可利用注浆孔或检查孔进行跨孔透视，分析浆液填充的程度，若发现强透水区应进行钻孔验证。物探检验孔间距宜为5～8m。检验时间可在注浆完成14d以后，进行物探测试的注浆孔或检查孔，在物探测试工作未开始前应保护好孔口，待物探测试结束后进行封孔。

**8.5.7**  既有建筑地下空间防水堵漏结构表面湿渍和渗水验收依据设计要求确定。

# 9 监测与验收

## 9.1 一般规定

**9.1.1** 既有建筑地下空间加固工程监测包括施工期监测和使用期监测，应根据设计文件和各方的监测要求，对涉及施工安全、建筑物及周边环境安全，以及可能对人身财产安全造成危害的对象或被保护对象进行工程监测。当设计有要求时，应对使用期间的地下空间结构进行健康监测。

**9.1.2** 既有建筑地下空间加固工程，应按设计要求及现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB50550的规定进行施工质量验收。

## 9.2 监 测

**9.2.1** 既有建筑地下空间加固施工前，应编制专项监测方案。对地基加固、结构托换等危险重大工程，设计阶段要明确监测要求，监测方案应进行专门论证。

**9.2.2** 监测方案应根据各方的监测要求，设计文件明确的监测目的结合建筑结构的安全等级、周边环境条件、工程的施工特点等确定地下空间加固工程监测项目、监测点布置、监测方法、监测频率和监测预警值及限值。

**9.2.3** 地基基础及地下结构加固施工，应对施工过程中建筑物的沉降、倾斜及结构构件的变形、裂缝进行监测。必要时，应对建筑的水平移位和内力（或应变）进行监测。

**9.2.4** 加固施工过程应对影响范围内的地面沉降、隆起、位移、周边建（构）筑物和地下管线变形、地下水位变化及土体位移进行监测。

**9.2.5** 加固施工降水对周边环境有影响时，应对有影响的建筑物及地下管线、道路进行沉降监测，对地下水位的变化进行监测。

**9.2.6** 抗浮治理施工和使用期间，应进行地下水位和抗浮稳定性状态监测，必要时应进行抗浮结构及构件的内力和变形状态监测。

**9.2.7** 既有建筑地下空间加固施工现场监测工作应符合现行国家及行业标准《工程测量标准》GB 50026、《建筑变形测量规范》JGJ 8、《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497、《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61 及《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 等有关规定，并应满足地下空间加固设计、施工及监测控制安全、精度的要求。

**9.2.8** 监测工作应采用巡视检查与仪器量测相结合的方法进行，有条件时可采用自动化系统实时监测。

**9.2.9** 监测期间，监测结果应与结构分析结果进行适时对比，当监测数据异常时，应及时核查，分析原因。当监测数据超过预警值，或出现基坑、周边建（构）筑物、管线失稳破坏征兆时，应立即停止风险范围内的所有施工作业，进行风险评估，并采取应急处置措施。

**9.2.10** 施工监测过程中应提供监测日报表、阶段性报告，工程结束时应提供完整的监测总报告。监测成果应系统完整地保存，包括现场监测原始记录、计算分析资料、文字报告等。

**9.2.11** 地下空间加固工程使用期间的结构健康监测系统宜包括传感器子系统、数据采集和处理子系统、数据传输子系统、数据存储与管理子系统、结构损伤识别与状态评估子系统。各系统相互关系见图 9.2.11。日常检查和定期检测数据应可导入数据监控与管理系统，供后续分析使用。

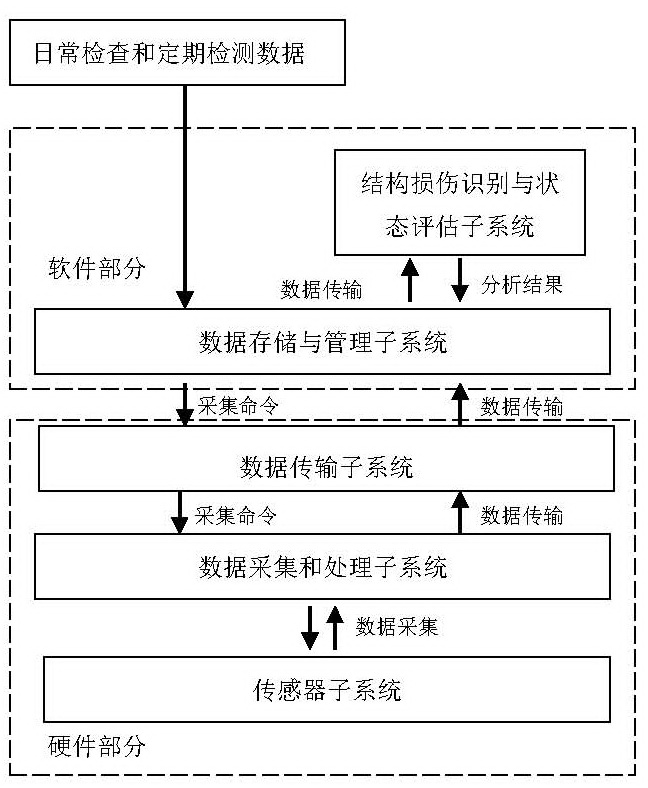


图9.2.11 结构健康监测系统构成图

**9.2.12** 结构健康监测系统在选用传感器与采集装置时，应综合考虑监测要求和经费预算等多方面因素合理选择。传感器布设应根据工作环境考虑一定程度的冗余，宜优先选用技术成熟可靠的产品。

**9.2.13** 结构健康监测系统的硬件部分应具备适当的保护措施设计与维修替换设计，其使用寿命应满足设计对监测期限的要求。

**9.2.14** 结构健康监测系统软件应与硬件匹配良好，且具有兼容性、易扩展性、易维护性与较好的人机交互功能，且能长期稳定运行。软件系统的使用寿命不应低于其硬件系统的设计寿命。

## 9.3 验 收

**9.3.1** 既有建筑地下空间加固施工质量验收，应符合下列规定：

**1** 对施工中使用的材料、构件和设备应进行检验，材料、构件以及试块、试件等应有检验报告；

**2** 各施工工序应进行质量自检，施工工序之间应进行交接质量检验；

**3** 质量验收应在自检合格的基础上进行，隐蔽工程在隐蔽前应进行验收，并形成检查或验收文件；

**4** 质量验收应进行分部、分项工程验收。

**9.3.2** 质量验收应按主控项目和一般项目验收，主控项目的质量检验结果必须全部符合检验标准，一般项目的验收合格率不得低于80％。

**9.3.3** 原材料和预制产品施工前检验，应符合下列规定：

**1** 砂、石等质量检验项目、批量和检验方法应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52的有关规定；

**2** 钢材、水泥等产品质量检验应包括出厂合格证检查、现场抽检试验报告检查；

**3** 预制构件的钢筋配置、混凝土强度、外观质量、尺寸与偏差、变形与损伤等的检验应按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/ T 50344执行。

**4** 施工前应对钢筋、钢绞线、焊接材料、锚头、压浆材料等的材质、规格与力学性能进行检验。筋体安装前应检查防护层的完整性，并对破损处进行修补。

**9.3.4** 既有建筑地下空间加固施工，基槽开挖后，应进行验槽。当发现与勘察报告和设计文件不一致，或遇到异常情况时，应结合地质条件，提出处理意见；对加固设计参数取值、施工方案实施影响大时，应进行补充勘察。

**9.3.5** 既有建筑地基基础采用桩基础或地基处理加固，应按设计要求及现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202的有关规定对桩基础或处理后地基及复合地基进行检验。

**9.3.6** 基础采用补强注浆加固，应对注浆补强后的基础钻芯取样进行检验。

**9.3.7** 应对新、旧基础结构连接构件进行检验，并提供隐蔽工程检验报告。

**9.3.8** 纠倾、移位、托换加固施工，应对顶升梁或托换结构以及连接构造进行检验，并提供隐蔽工程检验报告。

**9.3.9** 既有建筑地下结构加固，混凝土结构子分部工程的质量验收，应在钢筋、预应力、混凝土、现浇结构和装配式结构等相关分项工程验收合格的基础上，进行质量控制资料检查、观感质量验收及结构实体检验。

**9.3.10** 既有建筑地下空间加固施工采用降排水时，应在开挖前验收预降排水时间。预降排水时间应根据基坑面积、开挖深度、工程地质与水文地质条件以及降排水工艺综合确定。设有截水帷幕的工程，宜通过预降水过程中的坑内外水位变化情况检验帷幕止水效果。

**9.3.11** 渗漏水检查应进行全数检查，重点检查下列部位：

**1** 经堵漏及补强的原渗漏水部位；

**2** 地下空间变形缝、后浇带、施工缝，混凝土构件纵、横向拼缝接头及密封垫。

**9.3.12** 渗漏水检验，可按表9.3.12进行防水等级的符合性评定。

表9.3.12 渗漏水检验结果的符合性评定

|  |  |
| --- | --- |
| 防水等级 | 渗漏水检查结果 |
| 1级 | 地下空间结构无渗水，结构内壁无湿渍。 |
| 2级 | 地下空间结构无漏水，结构内壁任意100m2防水面积，不超过三块湿渍，单个湿渍面积不大于0.2m2。 |

**9.3.13** 既有建筑地下空间加固工程验收的程序和组织，除应符合本规范相应要求外，尚应符合现行国家有关工程施工质量验收标准的要求。

# 附录A 地基检测方法

表**A.0.1** 地基检测方法

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 检测方法 | 适用范围 |
| 1 | 钻（井）探 | ⑴适用于查明岩土层的类型、分布、地下水的埋藏条件；  ⑵适用于查明场地的不良地质作用、对工程不利的埋藏物 |
| 2 | 既有建筑地基  静载荷试验 | 适用于测定基础下天然地基、处理后地基、复合地基以及复合地基中单桩的承载力特征值 |
| 3 | 螺旋板载荷试验 | 适用于测定深层地基土或地下水位以下地基土的承载力，并估算其变形模量 |
| 4 | 静力触探试验 | 适用于测定软土、一般黏性土、粉土、砂土和含少量碎石的既有建筑地基土的比贯入阻力、锥尖阻力、侧壁摩阻力、孔隙水压力和划分土层、判定土类 |
| 5 | 标准贯入试验 | ⑴适用于评价砂土、粉土、一般黏性土的均匀性、物理力学性质以及饱和砂土、粉土的液化等；  ⑵适用于评价非碎石土换填地基、强夯地基、预压地基、不加填料振冲加密处理地基、注浆处理地基以及桩间土等既有建筑地基均匀性、物理力学性质和地基处理效果 |
| 6 | 动力触探试验 | ⑴适用于评价素填土、黏性土、粉土、砂土、碎石土、软岩、极软岩的均匀性、物理力学性质；  ⑵适用于评价复合地基中无粘结强度增强体的质量 |
| 7 | 十字板剪切试验 | 适用于测定饱和软黏性土(*Φ*≈0)的不排水抗剪强度和灵敏度 |
| 8 | 旁压试验 | 适用于测定黏性土、黄土、粉土、砂土、碎石土、软岩及风化岩等岩土层的旁压试验特征参数、强度和变形参数 |
| 9 | 扁铲侧胀试验 | 适用于测定软土、一般黏性土、粉土、黄土和松散～中密砂土的静止侧压力系数、水平基床系数；评价黏性土的状态；判别土类 |
| 10 | 剪切波测试 | 适用于测试既有建筑场地剪切波波速和评价地基土密实度 |
| 11 | 压缩波测试 | 适用于测试既有建筑场地压缩波波速和地基内的异常体 |
| 12 | 瞬态面波测试 | 适用于测试天然地基、换填地基、压实地基、夯实地基、挤密地基等的面波波速和反演剪切波速 |
| 13 | 地质雷达测试 | 适用于测试地基异常体或孔洞 |

# 附录B 钻探设备类型选择

**B.0.1** 钻探设备应根据钻探位置、岩土类别、可钻性、取样要求和施工环境等条件选择，可按表B.0.1进行。

表B.0.1 钻探设备参数及适用范围

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 钻机类型 | 主要性能参数 | | | | | | | | |
| 动力类型 | 功 率  （kW） | 转速（频率）  （r/min）（Hz） | 孔 深  （m） | 孔 径  （mm） | 芯 径  （mm） | 钻机重量 （kg） | 钻机高度  （m） | 适用地层  类 型 |
| 声波  钻机 | 汽油风冷 | 4.77 | （7000～12000） | 15～60 | 55.6\69.8\88.9 | 46\60.5\77.7 | 45+11+39 | 2 | 饱和砂土、软土 |
| 背包式  钻机 | 汽油风冷 | 0.96 | 1920 | 23 | 26.4\42\50 | 20.5\38\45 | 18+56 | 2 | 软岩～极硬岩 |
| 便携式  钻机 | 汽油风冷 | 7.35 | 2800～1200 | 100 | 38\48 | 23\32.5 | 38+45 | 2.5 | 软岩～极硬岩 |
| 手持电动钻机 | 电动水冷 | 3.3 | 240\540\930 | 20 | 36\42\50 | 20\38\45 | 38 | 1.5 | 软岩～硬岩 |
| 导轨式凿岩机 | 气动电驱 | 11 | 550 | 20 | 50\60\75\80 | 不取芯  测试孔可选 | 69+620 | 2.05 | 软岩～硬岩 |
| EP600  绳索取芯 | 柴油液压 | 38 | 200～1300 | 100\300\60 | 75\65\50 | 63.5\56\42 | 180×6 | 5 | 软岩～极硬岩 |
| 30、50、100型  地质钻机 | 柴油水冷  电动风冷 | 8～10.3 | 18～570 | 30～100 | 75\90\110\130 | 常规尺寸 | 400～700 | 6 | 黏性土、粉土、砂土、  软岩～极硬岩 |

注：老旧建筑既有建筑地下空间存在狭小，通风较差，采用汽油钻、柴油钻机施工时应确保通风顺畅，必要时改为电动钻机。

# 附录C 既有建筑地基静载荷试验要点

**C.0.1** 既有建筑地基静载荷试验可用于确定天然地基、处理后地基和复合地基的承载力。

**C.0.2** 既有建筑地基的静载荷试验数量，同条件下不宜少于3点。

**C.0.3** 试验加载设备、荷载测量仪器和沉降测量仪器应符合现行行业标准《建筑地基检测技术规范》JGJ340的有关规定。

**C.0.4** 天然地基的静载荷试验加载分级、稳定标准和终止加载条件应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007的有关规定，其他地基的应符合现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ79的有关规定。

**C.0.5** 加载反力装置宜选用既有建筑的自重作为压重，并应符合下列规定：

**1** 既有建筑自重提供的反力不得小于最大加载量的1.2倍；

**2** 应对提供反力的既有建筑进行强度验算或加固，试验不应破坏或影响既有建筑及正常使用；

**3** 宜对作为压重的既有建筑局部构件进行检测、监测。

**C.0.6** 静载荷试验点应选择在既有建筑上部结构刚度大、完整性好的部位。

**C.0.7** 静载荷试验千斤顶或千斤顶上的压力传感器应直接与基础下钢垫板或钢梁接触（图C.0.7），钢垫板或钢梁尺寸可根据基础强度和加载量确定。基底与钢垫板或钢梁间、承压板下宜铺设中粗砂找平。

****

图C.0.7 静载荷试验装置示意图

1—既有建筑基础；2—承压板；3—百分表；4—千斤顶；5—基准桩；6—基准梁；7—钢垫板或钢梁；8—试坑壁；9—室内地坪；10—室外地坪

**C.0.8** 以既有建筑自重作为反力时，应验算基础的受弯、受冲切、受剪和局部受压承载力。

**C.0.9** 静载荷试验的承压板应为方形，宽度应符合下列规定：

**1** 天然地基，承压板面积不宜小于0.25m2；

**2** 处理后地基，承压板面积不宜小于0.25m2；当处理深度或影响深度大于承压板宽度的3倍时，宜分层检测；

**3** 单桩复合地基或多桩复合地基，应符合现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ79的有关规定。

**C.0.10** 静载荷试验的试坑开挖完成后应及时进行试验，试坑及开挖应符合下列规定：

**1** 同一建筑同条件下的静载荷试验试坑开挖形状、尺寸应相同；

**2** 开挖尺寸应满足试验仪器设备安装、操作空间和试验要求；

**3** 试验坑侧壁土体含水量较大或较松散时，应采取支撑、支护等防护措施。

**C.0.11** 试验坑坑壁土体较密实稳定时，基准桩可设置在垂直于基础方向的坑壁上；坑壁含水量较大或松散时，基准桩宜设置在坑底，承压板与基准桩间的净距不应小于承压板的边长或直径。

**C.0.12** 地基承载力特征值的确定，应符合下列规定：

**1** 天然地基，应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007的有关规定；

**2** 处理后地基和复合地基，应符合现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ79的有关规定，复合地基承载力特征值也可采用增强体载荷试验结果和其周边土承载力特征值结合经验确定；

**3**  试坑开挖尺寸小于3倍承压板宽度或直径时，根据第1款、第2款确定的地基承载力特征值不宜进行深度修正。

# 附录D 基桩检测方法

表D.0.1 基桩检测方法

|  |  |
| --- | --- |
| 检测方法 | 适用范围 |
| 基础下桩的静载荷试验 | 地下水位以上、既有基础下有操作空间且适宜试验的桩竖向抗压承载力、水平承载力、抗拔承载力 |
| 基础外桩的持载再加荷静载试验 | ⑴在既有建筑基础外、按与既有建筑基桩完全相同的方法制作的模型桩的载荷试验间接验证既有建筑单桩的竖向抗压承载力、水平承载力、抗拔承载力，可加载至极限；  ⑵验证高应变法的单桩竖向抗压承载力检测结果 |
| 高应变法 | 判定基础外桩或拆除上部结构的桩的单桩竖向抗压承载力 |
| 钻芯法 | 桩顶钻芯时适用于检测混凝土灌注桩的桩长、桩身混凝土强度、桩底沉渣厚度和桩身完整性，判定或鉴别桩底持力层岩土性状；  桩侧钻芯时适用于检测桩身混凝土强度 |
| 双速度低应变法 | 桩头或桩身部分裸露（包括允许开挖时人工揭露）的桩身完整性检测 |
| 旁孔透射法 | 检测桩头隐蔽、桩体无法开挖、桩周附近可钻孔的基桩长度。 |
| 磁测桩法 | 测定基桩的钢筋笼长度 |

# 附录E 地基基础加固方法选择

**E.0.1** 地基基础加固方法应根据建筑结构类型、荷载性质、岩土类别、地下水位、施工设备、施工经验和施工环境等条件选择，可按表E.0.1进行。

表**E.0.1** 地基基础加固方法及适用范围

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 名称 | | 适用范围 |
| 地基  加固 | 注浆法 | 砂土、粉土、黏性土和人工填土等 |
| 高压喷射注浆法 | 淤泥、淤泥质土、黏性土、粉土、砂土、黄土、素填土和碎石土等 |
| 桩式  托换  加固 | 锚杆静压桩法 | 淤泥、淤泥质土、粘性土、粉土、人工填土、湿陷性黄土等 |
| 坑式静压桩法 | 淤泥、淤泥质土、粘性土、粉土、湿陷性黄土和人工填土且地下水位较低的地基 |
| 树根桩法 | 淤泥、淤泥质土、黏性土、粉土、砂土、碎石土及人工填土等 |
| 注浆钢管桩法 | 淤泥质土、黏性土、粉土、砂土和人工填土等 |
| H型钢桩法 | 淤泥、淤泥质土、黏性土、粉土和人工填土等 |
| 钻孔灌注桩法 | 粘性土、粉土、填土、砂土、碎石类土等 |
| 人工挖孔灌注桩法 | 地下水位以上的粘性土、粉土、填土、中等密实程度以上的砂土、风化岩层等 |
| 劲性复合桩法 | 淤泥、淤泥质土、黏性土、粉土、砂土和人工填土等 |
| 基础  加固 | 基础补强注浆加固法 | 因不均匀沉降、冻胀或其它原因引起的基础裂损加固 |
| 加大基础底面积法 | 当既有建筑物荷载增加、地基承载力或基础底面积尺寸不满足设计要求，且基础埋置较浅，基础具有扩大条件时的加固 |
| 加深基础法 | 浅层地基土层可作为持力层，且地下水位较低的基础 |

**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执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

# 引用标准名录

1. 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
2. 《建筑结构荷载规范 》 GB 50009
3. 《钢结构设计标准》 GB50017
4. 《人民防空地下室设计规范》GB 50038
5. 《地下工程防水技术规范》 GB 50108
6. 《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144
7. 《[建筑地基基础工程施工质量验收标准](https://www.baidu.com/link?url=eSBGLlO5iZ_4p2nSX9DTXbb0WKdJXokoehNF-uo8Y8v8DcCt7E6b-HOPIZ5-ME92ya7xYBLNB_c1SId-MeyD9OPALcsvpODH-3QS2t1TQnq&wd=&eqid=dc17b6d70001fab50000000261ce700f)》 GB 50202
8. 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
9. 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB50205
10. 《地下防水工程质量验收规范》 GB 50208
11. 《人民防空工程设计规范》GB 50225
12. 《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292
13. 《混凝土结构加固设计规范》 GB50367
14. 《水泥基灌浆材料应用技术规范》 GB/T 50448
15. 《建筑结构加固工程施工质量验收规范》 GB50550
16. 《建筑抗震加固技术规程》 JGJ 116
17. 《既有建筑地基基础加固技术规范》 JGJ 123
18. 《混凝土结构后锚固技术规程》 JGJ 145
19. 《既有建筑地基可靠性鉴定标准》 JGJ/T 404
20. 《既有建筑地基基础检测技术标准》 JGJ/T 422
21. 《建筑工程抗浮技术标准》 JGJ 476
22. 《碳纤维片材加固混凝土结构技术规程》 CECS 146

**中国工程建设协会标准**

**既有建筑地下空间加固技术规程**

**T/CECS ××－20××**

条 文 说 明

制订说明

本规程制订过程中，编制组进行了广泛的调查研究，参考了国外先进技术标准，总结了我国既有建筑地下空间建设的实践经验，通过工程验证、试验及征求意见取得了规程所需的重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《既有建筑地下空间加固技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

**目 次**

[1 总 则 62](#_Toc91866631)

[2 术语和符号 63](#_Toc91866632)

[3 基本规定 64](#_Toc91866633)

[4 检测与鉴定 65](#_Toc91866634)

[4.1 一般规定 65](#_Toc91866635)

[4.2 地基 65](#_Toc91866636)

[4.6 环境影响检测 65](#_Toc91866637)

[5 地基基础加固 66](#_Toc91866638)

[5.1 一般规定 66](#_Toc91866639)

[5.2设计 66](#_Toc91866640)

[5.4 检验与检测 67](#_Toc91866641)

[6 地下结构加固 69](#_Toc91866642)

[6.1 一般规定 69](#_Toc91866643)

[6.2 设计 69](#_Toc91866644)

[6.3 施工 70](#_Toc91866645)

[6.4检验与检测 71](#_Toc91866646)

[7 抗浮治理 73](#_Toc91866647)

[7.1一般规定 73](#_Toc91866648)

[7.2设计 73](#_Toc91866649)

[7.3施工 74](#_Toc91866650)

[8 防水渗漏修复 75](#_Toc91866651)

[8.1 一般规定 75](#_Toc91866652)

[8.2 材料 75](#_Toc91866653)

[8.3 设计 79](#_Toc91866654)

[8.4 施工 82](#_Toc91866655)

[9 检测与验收 85](#_Toc91866656)

[9.1 一般规定 85](#_Toc91866657)

[9.2 监 测 85](#_Toc91866658)

[9.3 验 收 86](#_Toc91866659)

# 1 总 则

**1.0.1** 在总结国内外既有地下空间加固设计与施工的应用经验基础上，编制既有地下空间加固和修复的技术规程，使既有建筑地下空间检测鉴定、加固设计、加固施工和堵漏修复有一个整体的流程和控制，这对保证既有地下空间的设计和施工质量安全和建设部门有序监管都有重要意义。

**1.0.4** 对既有建筑地下空间进行加固时，除应符合本规程的规定外，尚应符合使用期内结构抗震、防腐蚀、防火等安全性、耐久性要求。

# 2 术语和符号

**2.1.1** 既有建筑地下空间指已存在或部分存在于地表以下的空间，在建过程中、初步具备使用功能或已在使用过程中的建（构）筑物。既有建筑地下空间包括地下公共空间、工业仓储空间、停车库和建筑组合空间等。

**2.1.2** 既有建筑地下空间加固可以分为事故处理类加固和改造保护类加固。事故处理类加固主要包括因勘察、设计、施工、使用不当或自然灾害造成的建筑开裂、倾斜而需对其进行加固。改造保护类加固增加荷载、扩建地下室等而需对其进行加固的统称。

**2.1.12** 迎水面修复是指为满足既有建筑地下空间防渗要求，对地下空间地基、基础和结构采取直接接触水的基面（迎水面）上进行防水处理技术措施。通过埋设的注(灌)浆管道在既有建筑地下空间渗漏区域范围采用高、低压注（灌）浆施工技术，将蠕动弹性密封材料，输送到指定的成型空腔部位，在压力作用下一次性解决各种缺陷及防水卷材（或者片材）破损形成的渗漏水通道。对于既有建筑电梯井开挖等的项目，如存在拆除或局部拆除条件的结构，可将防水卷材（或者片材）采用空铺及机械固定工艺或整体现浇工艺固定，采用高、低压注（灌）浆施工技术，使结构体与卷材及弹性密封材料紧密结合的复合防水系统。

**2.1.13** 电渗脉冲防渗除湿技术是一种背水面、主动型防水技术，它主要依据电渗排水原理和直流电的脉冲技术。电渗排水脉冲技术通过对直流电的停顿、存储、压缩、转换再向负载的瞬间释放，使电能得到极大的增强。

# 3 基本规定

**3.0.1** 既有建筑地下空间加固需搜集以下资料：①原设计图纸；②地勘报告；③ 基坑支护图纸；④ 重新确定抗浮设防水位设防资料；⑤沉降观测资料；⑥施工资料；⑦如果有桩基条件下桩基的检测报告等。

既有建筑地下空间加固处理流程包括以下步骤：① 授权书，评估，现场检查；② 确定抗浮设防水位和地基沉降；③ 做系统的检测、设计复核计算和地下室抗浮验算，对建筑物现状安全性和耐久性进行判断，如果分析原因，还要结合检测鉴定，新的沉降观测，现场条件和施工记录进行综合分析；④ 根据验算结果出具基础或结构加固设计图纸，如整体和局部抗浮不满足要求，还需要做抗浮加固设计，如打抗浮桩、增加配重等；⑤ 堵漏和加固施工，施工过程中做好变形观测；⑥ 验收。

既有建筑地下空间的检测鉴定可按现行国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292和《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144，行业标准《既有建筑地基可靠性鉴定标准》JGJ/T 404和《既有建筑地基基础检测技术标准》JGJ/T 422等的有关规定。

抗浮设防水位应根据建筑使用功能、抗浮设计等级、场地历史最高水位和长期水位观测资料、勘察报告建议、水位预测咨询成果和工程经验综合分析后，按抗浮工程施工期、建筑使用期、抗浮设备检修维护期分别给出。

**3.0.3** 对于需要进场检验的施工材料应进行现场抽样复检，混凝土、钢筋、钢材及焊接材料、水泥浆料、胶粘剂、纤维和纤维复合材、阻锈剂、裂缝修补材料等，均应提供产品合格证、使用说明书、出厂检验报告，材料强度、耐久性、环保等指标均满足规范和设计要求后方可用于施工。

**3.0.4** 当房屋存在因地基不均匀沉降或抗浮承载力不足等影响因素引起的原结构构件变形过大或损坏时，应在加固设计中提出有效的处理措施，并按设计文件规定的顺序进行地下结构的加固施工。

**3.0.5** 对既有建筑地基基础加固工程，当监测数据出现异常时，应立即停止施工，分析原因，必要时采取调整既有建筑地基基础加固设计或施工方案的技术措施。对于仅加固上部结构且无安全风险时，可不进行监测。

# 4 检测与鉴定

## 4.1 一般规定

**4.1.1** 一般情况，因某种原因既有地下空间结构发生不均匀沉降、倾斜、开裂、渗漏等工程事故、缺陷或既有建筑增加荷载时，应对既有建筑结构和地基基础进行检测鉴定。既有建筑荷载增加包括功能改变、扩大产能、改造加固等原因引起的荷载增大，也包括既有建筑周边扩建、接建、堆载、降水等原因引起的既有地基应力增大。因国家规范、标准改变引起的永久作用、可变作用、偶然作用、地震作用增大需加固时，也应归入增载建筑类。另外，达到使用年限的既有建筑，因使用时间较长，国家规范、标准必然更迭引起作用增加，所以，达到使用年限的既有建筑也可归入增载建筑类。

**4.1.3** 既有建筑地下空间地基基础、地下结构的现状包括既有建筑地基基础的承载力、变形、稳定性和耐久性等。当基本资料无法搜集齐全或与现场实际情况不符，使用条件与设计条件存在差异，现有资料不能满足既有建筑地下空间加固设计和施工要求时，应进行现场检测进一步确定。

## 4.2 地基

**4.2.3** 在既有建筑地下空间内进行原位试验，标准贯入试验、动力触探试验可采用附着式提升器或门式提升架。静力触探的反力装置可采用地锚、堆载、基础植筋锚固或支承在既有建筑梁板底的反力架。

## 4.6 环境影响检测

**4.6.4** 本条所规定的既有建筑物周边范围内进行开挖基坑、大面积堆载、开挖地下空间、施工桩基、振动施工、抽降水施工或出现污染时，应针对环境的变化进行检测。当超出本条规定的范围发生上述环境变化、而初步判断环境变化可能影响既有建筑物时，也应进行相应的检测。

本条第1款、第3款是根据基坑支护设计需计算的附加荷载与基坑开挖边线的最远距离确定的。第2款是根据地基土在既有建筑附加荷载作用下达到极限承载力时，地基土内部形成连续滑动面延伸到地面的位置至既有建筑的距离确定的。第4款是总结河北省衡水地区施工素混凝土桩的工程经验所得。第5款是总结河北省既有建筑周边振动对既有建筑的影响经验所得。第6款是根据河北省基坑降水工程对周边既有建筑的影响总结而来。第7款的腐蚀水土不包括现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021中的微腐蚀水土。

# 5 地基基础加固

## 5.1 一般规定

**5.1.1** 加固方案与施工方法选择应与既有建筑及地基基础现状紧密结合，充分考虑现场条件的可实施性，并应减少对既有建筑生产和生活的影响。

**5.1.2** 在进行地基基础加固设计，应符合下列要求：① 地基承载力、地基变形计算及基础验算，应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的有关规定；② 桩基设计计算应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007和行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94的有关规定；③ 地基稳定性计算应符合国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的有关规定；④ 抗震验算应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的有关规定。

**5.1.3** 地下水控制应根据地基加固方案、施工条件和环境条件等因素确定，并应减小对既有建筑及周边环境的影响。采用在基础上布置降水井的地下水控制方案，应采取可靠措施防止地基土的流失。

**5.2设计**

**5.2.1** 既有建筑地基土的压密在荷载作用下已完成或基本完成，再加荷时地基土的“压密效应”，使增加荷载的一部分由原地基土承担。

《砖混结构房屋加层技术规》CECS78:96规定，当原房屋经长期使用，未出现裂缝和异常变形，地基沉降均匀，上部结构刚度较好，原基底地基承载力在80kPa以上，且使用6年以上的粉土、粉质粘土地基；使用4年以上的砂土地基；使用8年以上的粘土地基；结合当地经验，原地基承载力可适当提高，根据加层设计时地基承载力标准值与原房屋设计时的地基承载力标准值的关系，地基承载力提高系数在1.05~1.25之间。

《建筑物移位纠倾增层改造技术规范》（CECS225:2007）规定，沉降稳定的建筑物直接增层时，其地基承载力特征值可适当提高，根据建成年限，地基承载力提高系数在1.05~1.45之间。

中国建筑科学研究院地基所李钦锐、滕延京等的试验结果表明，原地基土在压力下固结压密后再加荷，荷载变形曲线明显变缓，表明其承载力提高。对粉质黏土，持载7d后，变形趋于稳定。在模型试验的基础上，提出了持载再加荷试验方法，采用与原基础、地基条件基本相同条件下，通过持载再加荷试验确定地基承载力，用于不改变原基础尺寸、埋深条件直接增加荷载的设计条件。

对于不具备持载试验条件时，可在原基础下开挖试验坑，通过现场载荷试验方法确定地基承载力，由于承压板尺寸选取，以及由于安装载荷试验设备的需要，会将原基础下压密程度最高、承载力提高最大部分的地基土挖除，从而使得载荷试验确定地基承载力与实际承载力不同。采用在原基础下的载荷实试验方法确定地基承载力时，还需结合土工试验、其他原位方法等综合确定。

扩大基础加固或改变基础形式，再加荷时原基础仍能承担部分荷载，可采用持载再加荷试验方法确定其增加值，其余增加荷载由扩大基础承担。采用原地基承载力特征值设计，相对简单。

**5.2.5** 行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94把直径或边长小于250mm的灌注桩、预制混凝土桩、预应力混凝土桩，钢管桩、型钢桩等称为小直径桩，本规范将桩身截面尺寸小于300mm的压入（打入、植入）小直径桩纳入微型桩的范围。

**5.2.6** 既有建筑下原有桩与新增桩单桩竖向承载力特征值应通过单桩竖向静载荷试验确定。既有建筑原有桩的单桩的静载荷试验，有条件时应在既有建筑下进行，无条件时可按《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ123的持载再加荷试验方法确定；既有建筑下原有桩的单桩竖向承载力特征值，有地区经验时也可按地区经验确定。

**5.2.7** 中国建筑科学研究院地基所李钦锐、滕延京等的试验结果表明，天然地基在使用荷载下持载，土层固结完成后在原基础内增加桩的试验结果，新增荷载在再加荷的初始阶段，大部分荷载由新增桩承担。随着上部结构的荷载增大，承台下地基土反力有了一定的增长，在加荷的中后期，承台下地基土分担的上部结构荷载达到30%左右。既有建筑原地基增加的承载力可按本规范第5.2.1条的原则确定，地基土承担部分新增荷载的基础面积应按原基础面积计算。模型试验独立基础持载结束后扩大基础底面积并植入树根桩，基础上部结构传来的荷载由原独立基础下的地基土、扩大基础底面积下的地基土、桩周土共同承担。模型试验原桩基础持载结束后扩大基础底面积并植入树根桩，在增加荷载量为原荷载量时，新增桩与原有桩分担的荷载虽先后不同，但几乎共同分担。

**5.2.8** 基础的承载力或刚度不能满足设计要求，宜采用加大基础截面或底板厚度法。加大基础底面积法适用于当既有建筑物荷载增加、地基承载力或基础底面积尺寸不满足设计要求，且基础埋置较浅，基础具有扩大条件时的加固。可采用混凝土套或钢筋混凝土套扩大基础底面积。加深基础法适用于浅层地基土层可作为持力层，且地下水位较低的基础加固。可将原基础埋置深度加深，使基础支承在较好的持力层上。加大基础截面或底板厚度法的设计应符合下列规定：① 混凝土强度等级应不低于既有建筑基础（底板）混凝土强度，且不得低于C30；② 有防水要求时应采用防水混凝土，抗渗等级不应小于P6；③ 一般情况下，除混凝土表面应予打毛外，尚应采取涂刷结构界面胶、种植剪切销钉或增设剪力键等措施；④ 新增钢筋在支座处的锚固形式：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，植筋时应避免损伤原结构钢筋。

## 5.4 检验与检测

**5.4.1** 当发现与勘察报告和设计文件不一致，或遇到异常情况时，应结合地质条件，提出处理意见；对加固设计参数取值、施工方案实施影响大时，应进行补充勘察。

# 6 地下结构加固

## 6.1 一般规定

**6.1.2** 合理的结构体系，一般具备如下特征：结构平立面布置规则，各部分质量和刚度均匀连续；结构传力途径简捷明确，竖向构件连续贯通对齐；重要构件和关键部位设置冗余约束或有多条传力途径；偶然作用影响小。

很多早期的既有建筑，由于未经正规设计等原因，不具备上述特点，故其在复杂荷载工况下的整体稳定性差，抗连续倒塌能力不足，存在很大的安全隐患。因此，在加固设计时，仅对构件进行承载能力、变形能力及耐久性加固，对某些建筑来说是不够的；为提高结构整体稳固性，建议在项目条件许可的前提下，针对原结构体系中不合理的部分，采取有效措施进行优化。

## 6.2 设计

**6.2.7** 由于线弹性分析方法是最成熟的结构加固分析方法，迄今为国外结构加固设计规范和指南所广泛采用。因此，《混凝土结构加固设计规范》GB 50367作出了“在一般情况下，应采用线弹性分析方法计算被加固结构的作用效应”的规定。

**6.2.8** 施工阶段的临时性安全措施，其构件设计属于“短暂设计状况”，根据《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068的规定，可根据需要进行正常使用极限状态设计，无需耐久性极限状态设计。

**6.2.9** 大部分计算参数已在该结构加固前检测鉴定中通过实测或验算予以确定。因此，在进行结构加固设计时，宜尽可能加以引用，这样不仅节约时间和费用，而且在被加固结构日后万一出现问题时，也便于分清责任。

**6.2.12**结构加固钢材选择，主要基于以下三点的考虑：

**1** 在二次受力条件下，具有较高的强度利用率和较好的延性，能较充分地发挥被加固构件新增部分的材料潜力；

**2** 具有良好的可焊性，在钢筋、钢板和型钢之间焊接的可靠性能得到保证；

**3** 高强钢材仅推荐用于预应力加固及锚栓连接。

**6.2.15** 作用于地下结构的荷载，相较于地上部分要复杂地多，主要差异内容包括：(1) 地下构件尺寸及自重一般较大；(2) 大部分顶板上盖较厚的覆土；(3) 侧墙承担土压力与水压力；(4) 地下室整体承担水浮力；(5) 防空地下室有人防荷载；(6) 顶板及地面常布置有重型施工机械及施工堆载；(7) 当项目包含地下结构的大范围拆除改造内容时，拆除施工将导致原地下空间的整体受力平衡被破坏，带来失稳、上浮等系列安全问题，设计必需考虑施工阶段荷载工况校核。

故本条款基于上述情况分析，对结构荷载的进行了分类展示，供设计师参考，以防设计漏项。

**6.2.17～6.2.18** 由于地下建筑的施工条件限制，底板、侧墙与顶板，一般只能在地下室内侧加固，且待加固构件多处在潮湿环境甚至渗水状态，再结合地下结构的其它特点，本规程仅列举了在地下结构加固工程中较普遍使用的加固方法与相关技术，供设计人员参考选用。

**6.2.25** 地下结构的加固项目，往往包含了结构加固、地基基础加固、抗浮、渗漏修复等不同分项，设计中应统筹考虑，尽量做到综合治理，避免重复或冲突，提高加固效率。

**6.2.26** 当既有结构存在损坏时，在加固时，应采取有效的治理对策，从源头上消除或限制其有害的作用。与此同时，尚应正确把握处理的时机，使之不至对加固后的结构重新造成损坏。就一般概念而言，通常应先治理后加固，但也有一些防治措施可能需在加固后采取。因此，在加固设计时，应合理地安排好治理与加固的工作顺序，以使这些有害因素不至于复萌。这样才能保证加固后结构的安全和正常使用。

**6.2.27** 地下结构的大范围拆除改造施工，可能涉及地下室抗侧失稳、地下室上浮、保留结构的承载力不足等一系列安全问题，也是设计人员容易忽略的技术细节，必需引起高度重视；该支护补强设计，除了直接对侧墙区域提供支护及构件补强措施外，也可以依据现场实际条件采取必要的卸土、堆载增重、降排水等辅助手段；另外，设计文件还应明确对构件变形及结构侧向位移等关键指标的变形监测要求，并提出应急处理措施，以确保拆除全过程的结构安全。

**6.2.28** 为防止使用胶粘剂或其他聚合物的结构加固部分意外失效（如火灾或人为破坏等）而导致的建筑物坍塌，现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 500367要求设计者对原结构、构件提供附加的安全保护，即：要求原结构、构件必须具有一定的承载力，以便在结构加固部分意外失效时尚能继续承受永久荷载和少量可变荷载的作用。具体验算要求，应参照该规范的有关规定执行。

**6.2.29** 依据现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 500367的规定：当采用结构胶粘接加固混凝土结构构件时，其正截面承载力的提高幅度不应超过40％，并应验算其受剪承载力，其目的是为了控制加固后构件的裂缝宽度和变形，也是为了强调“强剪弱弯”设计原则的重要性。

## 6.3 施工

**6.3.5** 加固工程与新建工程相比，增加了清理、修整原结构、构件以及界面处理的工序。这两道工序对保证加固工程的质量和加固的效果至关重要，施工人员和监理人员必须认真对待，否则将使结构的加固以失败告终。

另外，由于部分地下结构加固工程涉及抗侧稳定、抗浮等安全问题，故加固施工前依据设计文件要求，进行必要的卸土与降排水工作以及设置侧墙支护及配套的补强措施，是该部分加固工程的重要内容。

**6.3.7** 在现场核对原结构构造和清理原结构过程中，施工单位有责任关注其整体牢固性是否存在需要增强或补救的问题。一旦发现该结构的支撑、连接、拉结等系统有缺损、间断、错漏等情况时，应立即停工并及时通知业主和设计单位。在他们尚未采取措施前，不应仍按原加固方案施工，以免留下隐患或造成不必要的经济损失。

**6.3.11** 在施工过程中，大中型施工机械、设备材料、建筑垃圾等施工荷载，如果不进行严格管控，容易出现超过设计工况的情况；施工单位应严格按照设计文件对施工荷载的要求制定详细的施工流程，以防止出现超载导致的变形、开裂、坍塌等安全事故。

**6.3.14** 由于外包型钢加固工程一般多使用普通型结构灌注胶的情况，为保证这类胶粘剂能够正常固化，并具有可靠的粘结能力，本条依据现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的有关要求，针对原构件混凝土含水率控制作了规定。若施工所遇到现场条件，无法通过自然通风降低原构件混凝土表面的含水率，则应采用局部表面人工烘干措施，或改用高潮湿面适用的结构胶粘剂进行粘合。同样的，外粘纤维复合材及外粘钢板工程对原构件混凝土含水率的控制要求，也是相同原理。

**6.3.21** 既有结构的拆除改造施工，由于涉及结构体系及荷载工况的临时改变，隐含着诸多不安全的因素，是加固工程的重要内容之一；故本条特别针对拆除施工各个环节的实施要点制定了相关规定，包括一些施工人员容易忽略的关键细节，以确保拆除全过程的施工安全。

**6.3.24** 当加固工程包含地下结构的大范围拆除、结构托换等重大改造内容时，由于涉及结构体系及荷载工况的临时改变，隐含着诸多不安全的因素，即使加固设计提供了相应的加固补强措施，但施工过程仍存在一定的风险，必需按设计文件的相关要求进行全过程变形监测，以确保及时发现异常情况，防止事故的发生。

**6.3.30** 当加固工程包含地下结构的大范围拆除、结构托换等重大改造内容时，由于涉及原结构空间平衡体系的破坏，可能对周围建筑、道路及市政管线产生不利影响，施工安全不容有失。若加固设计前的现场调查检测不全面不细致，可能会导致设计文件的遗漏与错误，对后续施工带来较大的安全隐患及环境安全风险； 故应事先根据工程实际情况进行必要的现场查勘及风险调查，以防止上述错漏问题的发生。

## 6.4检验与检测

**6.4.6** 灌注用结构胶粘剂应经试配，并测定其初黏度；对结构构造复杂工程和夏季施工工程还应测定其适用期（可操作时间）。若初黏度超出本规范及产品使用说明书规定的上限，应查明其原因；若属胶黏剂的质量问题，应予以更换，不得勉强使用。对气温异常的夏季工程，若试用期达不到要求，应采取措施降低施工环境气温；对结构构造复杂工程，宜改用其他优质结构胶粘剂。被加固构件注胶（或注浆）后的外观应无污渍、无胶液（或浆液）挤出的残留物；注胶孔（或注浆孔）和排气孔的封闭应平整；注胶嘴（或注浆嘴）底座及其残片应全部铲除干净。

# 7 抗浮治理

## 7.1一般规定

**7.1.2** 在施工条件下，由于未能及时覆土，由于未考虑控制水位措施，导致建筑物上浮的案例时有发生，因此在设计时，应对建筑类型、荷载情况、水文地质条件、环境情况、施工条件等进行综合分析，确定合理有效的抗浮方案。地下空间有上浮情况，应考虑泄压或压重等措施促使结构复位；上浮量不大且不影响正常使用功能，亦可在沉降稳定后进行上浮治理。既有建筑抗浮工程不满足稳定性要求时应进行抗浮治理。一般情况下，当既有建筑地下空间出现下列情况应进行抗浮加固设计：① 整体或局部出现上浮位移、隆起变形；② 地下结构底板发生隆起变形和开裂；③ 因使用条件或功能变化削减抗浮力；④ 遭遇灾害或发生影响抗浮结构、构件及抗浮设施性能事故。

**7.1.4** 既有建筑地下空间抗浮设计包括抗浮稳定性验算、抗浮措施选择、抗浮构件验算、耐久性设计、构造设计，以及抗浮构件性能试验、施工及质量验收标准和监测与维护等，应符合国家现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123、行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ476及当地地方标准有关规定，并结合当地经验进行确定。

**7.1.5**未经技术鉴定和设计许可，不得改变抗浮结构、构件及抗浮设施的使用条件、性能及用途。既有工程的抗浮鉴定、加固设计和施工全过程应严格进行质量控制和工程监测，当发现异常情况时，应及时分析原因并采取有效处理措施。既有工程抗浮治理施工前，应根据设计文件、现场地质条件和环境条件等，充分考虑既有结构的安全性和降水影响，编制专项施工方案。

## 7.2设计

**7.2.1** 参照《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476关于建筑抗浮工程设计等级划分，进行抗浮理的既有工程按甲级考虑，抗浮稳定安全系数按施工期取1.05，使用期取1.1确定。

**7.2.7** 锚固构件设计包括抗浮结构构件布置、承载力和变形计算及其控制标准；抗浮体系、锚固构件及其群锚效应的稳定性验算；抗浮体系、锚固构件的裂缝控制和防腐设计；高、低水位工况上部结构荷载下的抗浮构件受力和变形验算。

**7.2.9** 常见的主动抗浮措施主要包括砂石反滤层与排水盲沟、降水井、抗浮阀等，上世纪中叶在国内外水工结构防渗工程中已经开始了广泛应用。目前，主动抗浮技术的研究已取得较大进展，但工程界对这种方法普遍不熟悉。在降排水抗浮方法抗浮机理、长期工作性能和可靠性、对周边环境的影响等方面还需要深入系统研究，并以工程实践的信息反馈作为支撑。

国内目前使用的技术主要是在既有建筑底板开泄水孔和设置后置式滤水系统，既有结构物投入使用时，地下水由泄水孔和排水管不断地流入集水井，在集水井内被水泵提升排走，从而使底板底地下水位始终低于结构上浮的预警水位，确保结构物不上浮。



**图 7.2.9 后置式泄压井结构**

1-泄压井；2-井外滤料；3-检修井盖；4-排水管；5-排水盲沟；6-基础底板；7-止水片

## 7.3施工

**7.3.1** 抗水板叠合层浇筑混凝土前，应对界面处理及涂刷结构界面胶（剂），确保新增钢筋或植筋与原构件钢筋的连接构造及焊接质量和植筋质量。钢筋混凝土叠合层施工应凿除构件表面缺陷部位（混凝土疏松、破损等）直至完全露出坚实基层，新旧底板接触面应进行凿毛处理，清除浮渣和灰尘，浇筑新混凝土前应先将旧混凝土表面浇水润湿，涂刷混凝土专用界面剂，构件表面的裂缝封堵处理施工应符合《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123的有关规定，锚栓和植筋施工应符合国家现行标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367和《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145的有关规定。

**7.3.2** 灌注桩宜采用扩底灌注桩和后注浆灌注桩等，必要时宜施加预应力。预制桩可根据工程条件选用混凝土桩或钢桩。

新增桩与既有构件之间的连接应符合国家现行标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145的有关规定。

根据既有工程中抗浮处理经验，由于低净空施工，桩身垂直度控制难度高，法兰接桩难度大，而且易受垂直度引起螺栓崩断，因此如无可靠技术保证，采取法兰连接方式应慎重。

**7.3.3**抗浮锚杆施工完成后需对伸出工作面的筋体用素水泥浆进行涂抹，避免筋体锈蚀，地下结构底板施工严禁扰动锚固体及筋体，混凝土浇筑前应对筋材进行检查，必要时进行二次防腐。

**7.3.4** 排水限压抗浮加固施工应尽量减少施工对原有结构的损伤，不宜破坏原有结构的防水体系，卸压口位置的防水应专门处理。排水限压抗浮施工时，不宜大面积破除原有地下室结构底板。限压点布置应按设计图要求，若限压点附近有集水坑，限压点可设置在集水坑内；若限压点附近无集水坑，可通过管道或排水沟将水引流至最近的集水坑。限压系统中的电气化元件的施工应满足有关规定，施工结束后，应进行相应的维护和保养。排水限压装置施工完成后，宜在板面增设疏排层。具体步骤包括：剔凿找平层，清理基层，裂缝修复，JBS疏排层设置，配置双层双向钢筋网，浇筑高一等级纤维混凝土。

# 8 防水渗漏修复

## 8.1 一般规定

8.1.2 建有建筑地下空间渗漏修复前应进行现场调查，具体可包括以下资料：①工程设计相关资料；②原防水设防构造使用的防水材料及其性能指标；③渗漏部位相关的施工组织设计或施工方案；④ 隐蔽工程验收记录及相关的验收资料；⑤历次渗漏水治理的技术资料。

8.1.4 施工单位必须具备相对应的专业承包资质，进场施工前应进行施工人员技能培训，按照施工组织设计向现场施工人员和管理人员进行任务布置。

## 8.2 材料

8.2.1 注浆堵漏水泥通常采用的是硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或复合硅酸盐水泥，当有抗侵蚀或其他要求时，应使用特种水泥，水泥的强度等级应为32.5或以上。

**8.2.2**水泥类胶凝材料需要提高强度、节省水泥用量以及提高水泥以及混凝土的抗腐蚀、抗冻和抗碳化的性能时，可以加入粉煤灰材料。粉煤灰在水泥类胶凝材料中的作用可以概括为①能够起到填充的作用，能够使结构密度得以提高；②可以替代部分水泥，可以节省水泥用量，从而节省大量的资金；③同时能够提高水泥及混凝土结构的使用寿命，改善水泥及混凝土结构的抗腐蚀、抗冻、抗碳化的性能。

**8.2.3** 外加剂的品质一般应符合《水工混凝土外加剂技术规程》DL/T5100的有关规定，现场应用可参考表8.2.3。

表8.2.3 外加剂掺量表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 试剂 | 掺量占水泥重量 (％) | 说明 |
| 速凝剂 | 硅酸钠 | 2～3 | 加速凝结，凝结时间缩短30%~40% |
| 铝酸钠 |
| 早强速凝复合剂 | 碱性激发剂和硅灰  协同纳米氧化铝 | 1～3 | 早期强度提高30%~50%，凝结时间缩短30%~40% |
| 缓凝剂 | 木质素磺酸钙 | 0.2～0.5 | 延长凝结时间，使水泥凝结时间延长50%~70％ |
| 酒石酸 | 0.1～0.5 |
| 减水剂 | 木质磺酸钙 | 0.2～0.3 | 可减少用水量10%~15%，增加流动性 |
| 萘磺酸甲醛缩合物 | 0.5~1 | 可减少用水量20%~25% |
| 稳定剂 | 纤维素 | 0.2～0.3 | 增加稳定性 |
| 膨胀剂 | 铝粉 | 0.005～0.02 | 约膨胀15% |

**8.2.4** 水中不分散修复材料性能要求：①高抗分散性。可不排水施工，即使受到水的冲刷作用，也能使在水下浇筑的水下不分散混凝土不分散、不离析、水泥不流失。②优良的施工性。水下不分散修复材料虽然粘性大，但富于塑性，有良好的流动性，浇筑到指定位置能自流平、自密实。③适应性强。新拌水下不分散修复材料可用不同的施工方法进行浇筑，并可通过各种外加剂的复配，满足不同施工性能的要求。④不泌水、不产生浮浆，凝结时间略延长。水中不分散修复材料主要性能指标应不低于表8.2.4-1。

表8.2.4-1 按水料比0.6加水搅拌均匀后性能指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 流动度 | 初始 | ≥20mm |
| 60min保留值 | ≥20mm |
| 竖向膨胀率 | 24h | ≥1% |
| 凝结时间 | 初凝h（水中） | ≤72 |
| 初凝h（空气中） | ≤48 |
| 终凝h（水中） | ≤96 |
| 终凝h（空气中） | ≤72 |
| 泌水率 | 24h | 0% |
| 抗压强度MPa | （水中成型）7d | ≥5 |
| （水中成型）28d | ≥10 |
| （水中成型）360d | ≥15 |
| （水中成型）7d转PH4-5硫酸溶液21d | ≥10 |
| （水中成型）7d转饱和氢氧化钙溶液21d | ≥10 |
| （空气中成型）7d | ≥10 |
| （空气中成型）28d | ≥15 |
| （空气中成型）360d | ≥25 |
| 粘结强度MPa | 28d | ≥1 |
| 抗渗 | （水中成型）28d | ≥P12 |
| （空气中成型）28d | ≥P20 |

早凝早强高强修复材料性能要求：①施工工艺简单，单位长度作业时间短；②施工时所需设备安全、简易，易于运输和装卸；③浆液渗透性好，与原建筑基面的黏结强度高；④浆液固结后需产生一定的强度。⑤浆液在动荷载作用下固化后不产生收缩。早凝早强高强修复材料主要性能指标应不低于表8.2.4-2。

表8.2.4-2 按水料比0.27加水搅拌均匀后性能指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | | 技术指标 |
| 凝结时间 | 初凝 | ≥40min |
| 终凝 | ≤120min |
| 流动度（mm）（25℃） | 初始流动度 | ≤20 |
| 30min保留值 | ≤30 |
| 泌水率（%） | 24h自由泌水率 | 0 |
| 3h钢丝间泌水率 | 0 |
| 压力泌水率（%） | 0.22Mpa（孔道垂直高度≤1.8m时） | 0.1 |
| 0.36Mpa（孔道垂直高度>1.8m时） | 0.2 |
| 自由膨胀率（%） | 3h | ≥0.1 |
| 24h | ≥0.1 |
| 抗压强度（MPa） | 4h | ≥20 |
| 12h | ≥40 |
| 1d | ≥50 |
| 3d | ≥55 |
| 7d | ≥60 |
| 28d | ≥80 |
| 抗折强度（MPa） | 4h | ≥5.5 |
| 12h | ≥7 |
| 1d | ≥9 |
| 3d | ≥10.5 |
| 7d | ≥12 |
| 28d | ≥12.5 |
| 对钢筋的锈蚀作用 | | 无锈蚀 |
| 立方米用量 | | 2250±50kg |

高性能无收缩修复材料性能要求：①低水料比，高流动性，高渗透性，高粘接力，高强度；②无泌水、无收缩，浆液凝固后结石率≥99%；③后期强度不回落。高性能无收缩修复材料主要性能指标应不低于表8.2.4-3。

表8.2.4-3 按水料比0.26加水搅拌均匀后性能指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | | 技术指标 |
| 凝结时间 | 初凝 | ≥6:00 |
| 终凝 | ≤24:00 |
| 流动度（mm）（25℃） | 初始流动度 | ≤17 |
| 30min保留值 | ≤20 |
| 60min保留值 | ≤30 |
| 泌水率（%） | 24h自由泌水率 | 0 |
| 3h钢丝间泌水率 | 0 |
| 压力泌水率（%） | 0.22MPa（孔道垂直高度≤1.8m时） | 0.1 |
| 0.36MPa（孔道垂直高度>1.8m时） | 0.2 |
| 自由膨胀率（%） | 3h | 0.5 |
| 24h | 0.8 |
| 抗压强度（MPa） | 1d | 21 |
| 3d | 55 |
| 7d | 65 |
| 28d | 70 |
| 抗折强度（MPa） | 3d | 9.5 |
| 7d | 10.5 |
| 28d | 13.5 |
| 对钢筋的锈蚀作用 | | 无锈蚀 |
| 立方米用量 | | 2200±50kg |

8.2.5 有机类防水抗渗修复材料中既可堵水又能补强的环氧树脂类止水灌浆修复材料性能要求：①具有较低粘度，可灌性好，固化速度较快；②能在0℃以上固化以及可水中固化，且固化速度适中（室温空气中30分钟内初凝，水中30分钟初凝），能在潮湿和干燥界面施工；③固化体系无有机溶剂释放，反应放热平稳，不易爆聚。环氧树脂类修复材料主要性能指标应符合表8.2.5-1所示。改性环氧树脂类止水灌浆修复材料主要性能指标应符合表8.2.5-2所示。渗水基面用环氧树脂类止水灌浆修复材料主要性能指标应符合表8.2.5-3所示。

表8.2.5-1 环氧树脂类止水灌浆材料技术性能表

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 技术指标 |
| 外观 | A、B组分均匀，无分层 |
| 初始黏度（mPa·s) | 低黏度型≤20 |
| 普通型≤200 |
| 可操作时间 | ＞30 |
| 固化后的抗压强度(MPa) | ≥40 |
| 固化后的抗拉强度(MPa) | ≥10 |
| 固化后的粘结强度(MPa) | 干燥基层≥3.0 |
| 潮湿基层≥2.0 |
| 固化后的抗渗压力(MPa) | ≥1.0 |

表8.2.5-2 裂缝止水型改性环氧树脂胶部分性能指标表

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 技术指标 |
| 抗拉强度(MPa) | ≥16 |
| 受拉弹性模量(MPa) | ≥800 |
| 伸长率（%） | ≥5.0 |
| 抗压强度(MPa) | ≥70 |
| 钢对钢拉伸抗剪强度(MPa) | ≥15 |
| 钢对钢拉伸抗剪强度（水下固化）(MPa) | ≥14 |
| 钢对C45混凝土正拉粘结强度(MPa) | ≥3.0 |
| 钢对C45混凝土正拉粘结强度（水下固化）(MPa) | ≥2.5 |
| 初凝时间（分钟） | 40～100 |

为满足天窗点抢险、抢修需要，改性环氧树脂胶固化时间应在40～100分钟之间。灌注用改性环氧树脂胶性能指标须满足《工程结构加固材料安全性鉴定技术规程》（GB 50728-2011）、《混凝土裂缝用环氧树脂灌浆材料》（JC/T1041-2007）中相关要求，施工完毕通车后，灌注环氧树脂胶要求固化后有3%～8%的延伸率，以克服行车对结构的震动、荷载扰动影响。

表8.2.5-3 渗水基面用环氧树脂防水涂料部分性能指标表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | | 技术指标 |
| 固体含量（%） | | ≥60 |
| 干燥时间（h） | | ≤12 |
| 抗渗压力（MPa） | | ≥1.0 |
| 柔韧性 | | 无开裂 |
| 抗冲击性（落球法） | | 无开裂 |
| 粘接强度(MPa) | 干基面 | ≥15 |
| 潮湿基面 | ≥14 |
| 浸水处理 | ≥3.0 |

聚氨酯类修复材料性能要求：①反应迅速。②凝固后强度高。③施工简单，两组分按体积比1:1 进行混合。④环境中有无水均可反应，当环境中有水时，可与水快速反应形成硬质泡沫。⑤在树脂中加入催化剂或触变剂时可改变反应过程，改变发泡倍数和反应时间。⑥性能稳定，永久有效。聚氨酯类修复材料主要性能指标应不低于表8.2.5-4所示。

表8.2.5-4 聚氨酯类材料性能指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | | 技术指标 |
| 反应最高温度（℃） | | ≤140 |
| 膨胀倍数（不遇水） | | ≥1 |
| 膨胀倍数（遇水） | | 可调 |
| 抗压强度MPa（2小时后）下同 | | ≥60 |
| 抗拉强度（MPa） | | ≥20 |
| 抗剪强度（MPa） | | ≥20 |
| 粘结强度 | 干粘结（MPa） | ≥4.5 |
| 湿粘结（MPa） | ≥2.5 |
| 抗冻融性能（200次） | | 无粉化、开裂、剥落、起泡 |
| 抗老化性能（80℃±2℃，168h） | | 表面无变化，质量无损失 |
| 渗透系数（cm/s） | | ≤1\*10-8 |
| 水质影响 | | 无影响 |

丙烯酸盐类修复材料性能要求：①低粘度；②凝胶时间可控制在1～3min（20℃环境）；③韧性：断裂伸长率>300%；④对酸碱、溶剂、燃油等有较好的耐化学腐蚀性；⑤对破碎的岩石和混凝土有很好的粘结强度，即使在湿工况也有很好的性能表现；⑥失重及吸水膨胀的质量变化率在-15%到+20%。丙烯酸盐类修复材料主要性能指标应不低于表8.2.5-5所示。

表8.2.5-5 丙烯酸盐类材料技术指标-

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 技术要求 |
| 外观 | 不含颗粒均质液体 |
| 密度/（g/m³） | 生产厂控制+0.05 |
| 粘度/（mps.s）≤ | 10 |
| PH值 | 6.0～9.0 |
| 凝胶时间/s | 实测值 |
| 渗透系数/（cm/s）﹤ | 1.0×10-6～1.0×10-7 |
| 固砂体抗压强度/kPa≥ | 200 |
| 抗挤出破坏比降≥ | 300 |
| 遇水膨胀率/%≥ | 30 |

8.2.6 交通类隧道、地铁车站、区间永久性结构渗漏水治理工程和既要求堵水又要求补强的混凝土结构工程严禁单独使用丙烯酸盐类、聚氨酯类注浆堵漏材料，聚氨酯类材料只用于临时性维护类工程防水、堵漏中，水泥水玻璃双液注浆材料不得用于永久性工程防渗堵漏。因水泥水玻璃双液注浆耐久性不好，«CECS 370-2014隧道工程防水技术规范»第77页和«GB 50108-2018地下工程防水技术规范»都明确规定：水泥水玻璃双液注浆材料不得用于永久性工程防渗堵漏。

8.2.7 电渗排水过程进行中，在正极附近发生电化学反应，产生酸性介质，所以正极材料应具有足够的耐酸腐蚀性。导电塑料导线、钛丝或钛箔的导电性，虽比金属铜略差一些，但其耐酸腐蚀性大大增强。

## 8.3 设计

8.3.1 既有建筑局部渗漏修复中迎水面防水修复在既有建筑地下空间渗漏区域采用高、低压注（灌）浆施工技术，将蠕动弹性密封材料，输送到指定的成型空腔部位，在压力作用下一次性解决防水卷材（或者片材）破损形成的渗漏水通道。结构断面修复是通过注浆孔形成注浆通道，把水性注浆材料输送到地下室结构的开裂缝缺陷中，起到对结构的防渗堵漏加固作用。在既有建筑加固改造中可能存在局部位置的新建防水层，该防水层的布设应不低于原结构设计防水要求。既有建筑局部渗漏修复把防水层，结构体缺陷破损部位重新修复形成完整的刚柔复合防水体系。深导孔注浆防水体系包括深度（0.5～5m以上）注浆孔成型机具，超长浆液导管，专用压浆机具，水性注浆材料等。混凝土开裂、变形缝破损和混凝土缺陷部位漏水时，可采用水性注浆材料进行填充封闭，通过注浆机具及浆液导管把注浆材料输送到相关的漏水部位，封闭防水层破损部位以及混凝土缺陷部位，达到防水体系修复的目的。

渗漏修复的检测方法可分为以下四个步骤进行：① 目测，通过现场调查现对渗漏范围进行大致判断；② 可考虑采用无损检测的方法，比如雷达和红外的方法；③ 如果还是不能进行很好的判断，可采用钻探方法；④确定方法是结构破除的方法。这四个步骤可依次进行，渗漏检测情况会逐步明确。

**8.3.6**  不同防水等级的地下结构工程防水设防要求与措施不同，不同种类抗浮锚杆锚及不同种类桩头固节点作为结构体系的一部分，应对其进行防水等级划分并与地下结构防水等级相匹配。

**8.3.7** 迎水面防水修复密封材料填充于建筑物的接缝、裂缝、以及管道或与其他结构的连接处，能阻塞介质透过渗漏通道，起到水密性、气密性作用。该密封材料能承受位移并具有高气密性及水密性而嵌入建筑接缝中不定型的反应型材料，具有较好的基层平整度适应性，能达到良好的满粘效果，同时具有良好的粘结力，防止水在压力作用下沿防水层与基层的界面移动的性能。

**8.3.8**  迎水面防水修复设计应做到方案合理、设防可靠，并应符合下列要求：①既有建筑加固施工图总说明，应提出迎水面防水系统重构设防要求，满足相关设防标准要求。②迎水面防水修复设计文件中，应对选用材料的品种、型号、厚度、防水材料所执行的标准进行规定，必要时可对防水材料性能指标提出特别要求；③施工图设计文件中应包含迎水面防水系统构造设计；④施工图设计文件中应包含迎水面防水系统细部节点防水设计；⑤防水材料性能除应符合本标准有关规定外，还应能满足既有建筑所在地区高寒、高温、高湿、高盐、震动、往返形变、抗浮作用下形变环境的要求。

**8.3.9**  根据目前既有建筑地下工程渗漏和防洪的特点，防倒灌措施目前原来越成为保证地下空间安全的有效手段，应该防水堵漏设计中进行整体考虑。

**8.3.10** 对需要穿过地下结构底板的预应力及非预应力锚杆和各种桩头节点防水系统，可参考图8.3.10进行防水处理。



**图 8.3.10 锚杆或桩穿基础防水密封**

1-锚杆或桩；2-垫层；3-原防水层；4-弹性密封层；5-基础；6-灌浆料或其他灌注材料；

7-注浆管

**8.3.10** 对需要穿过地下结构底板的预应力及非预应力锚杆和各种桩头节点防水系统，应采用有压迎水面复合防水系统。

**8.3.16**  电渗脉冲防渗除湿技术是一种采用低电压和低电流，将结构内毛细管/孔极性水分移动的电渗技术，采用主动式防水、防渗，结构永久保持干燥状态，防止混凝土老化开裂，钢筋不锈蚀，改善结构内侧空气湿度，防潮湿，保护结构内侧表面不发霉及物品损坏。具有下列特点：① 采用220伏电源，输出超低压直流电最高24伏，安全可靠；② 耗电低，每1200m2，0.25度/天；③ 安装简捷；④ 可抵抗高水压60bar(600m水头）；⑤ 干燥时间为1-3个月；综合成本低，无需后期维护费用。

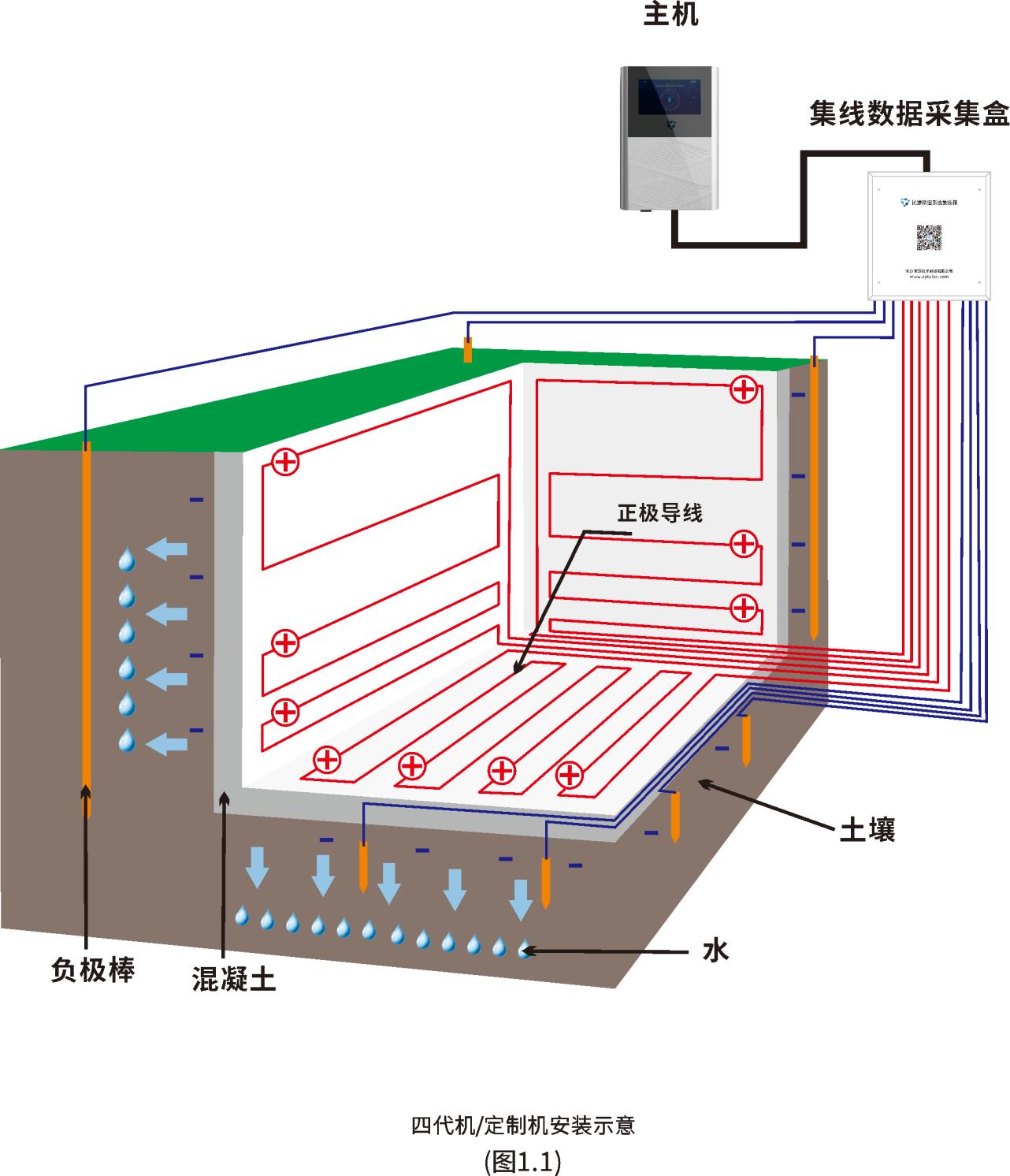
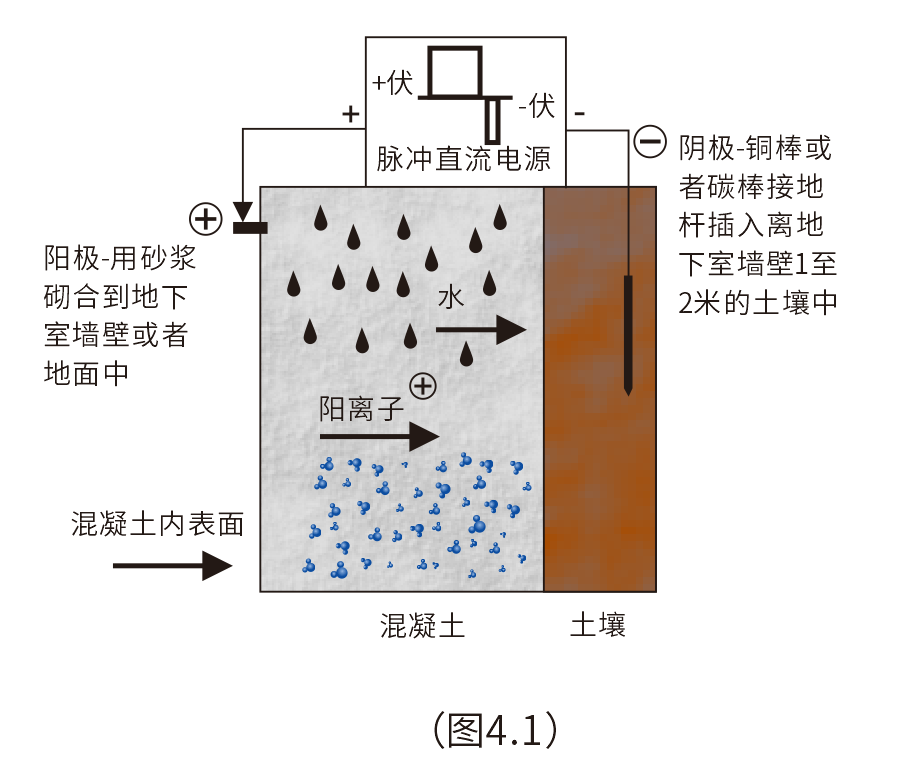


图8.3.16 电渗脉冲防渗除湿技术示意图

在实施电渗脉冲技术获得地下结构的现状含水率的检测仪器，在初步检测可选用具有高频电磁波扫描功能的表面湿度计，精确检测可选用基于红外成像原理的检测仪。

**8.3.18**  电渗脉冲电极布置如下图所示。

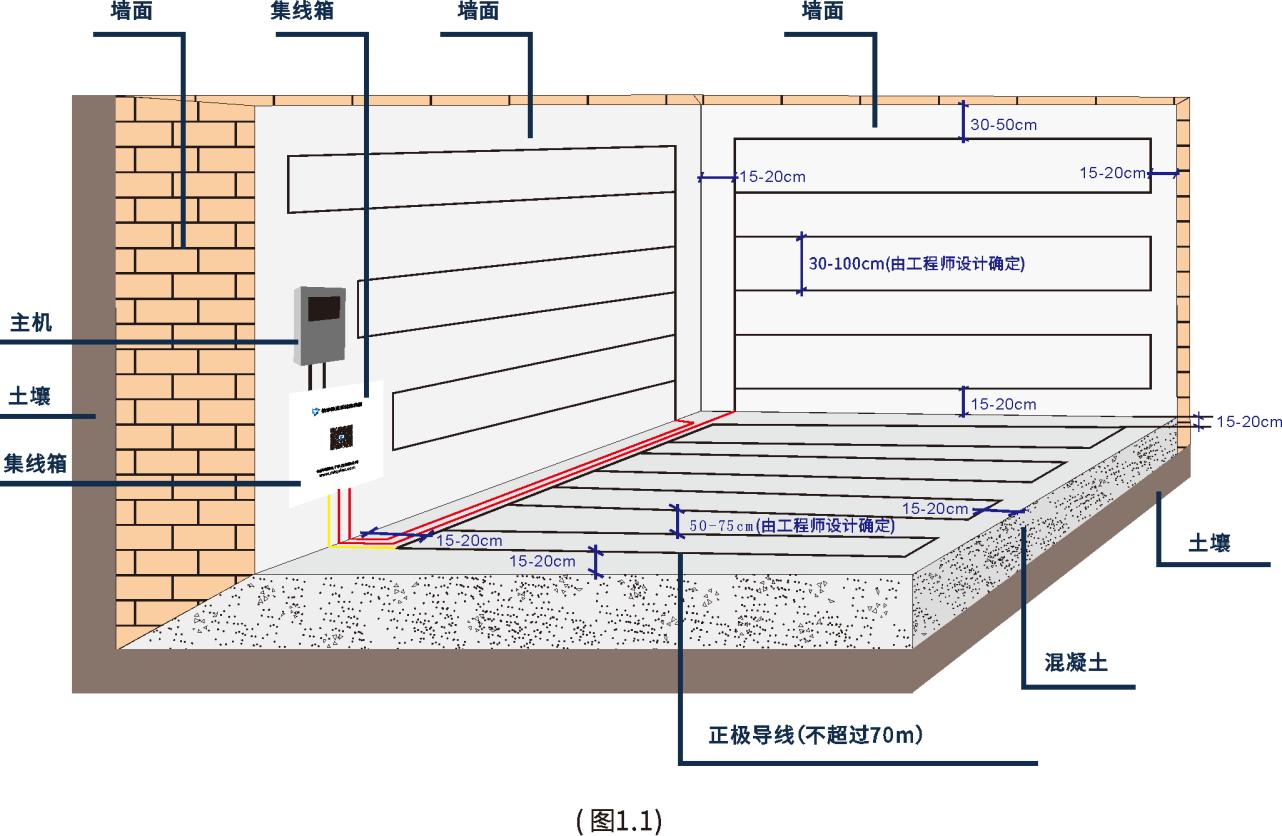


图8.3.18 电渗脉冲电极布置方法示意图

电渗法控制系统宜由智能控制器、触摸式显示屏、箱体等组成，并应符合下列规定：① 输出直流电压不超过36V；② 应支持云端数据处理；③ 可加载系统小程序至移动终端；④ 可实现远程监测及控制；⑤ 应支持RS232和RS485通信接口；⑥ 应具备组网功能，架设服务器后可集中管理；⑦ 触摸式显示屏应显示系统参数名称、状态及数据；⑧ 箱体防护等级不宜低于 IP44。

## 8.4 施工

**8.4.1** 设计单位应将渗漏修复治理工程设计内容向施工单位交代清楚，明确渗漏修复治理目标、设计目的、设计参数及施工技术等要求。渗漏治理施工前，施工单位应根据渗漏治理方案设计编制施工组织设计，报建设、监理单位审批后实施。具备开工条件时施工单位应提交开工报告，进行签证备案。 渗漏修复应由具有防水堵漏工程施工资质的专业施工队伍施工，施工单位应将施工组织设计内容向现场施工人员和管理人员进行讲解。

**8.4.2** 施工时的现场环境条件应符合施工工艺的要求，对已完成渗漏治理的工程应采取保护措施。

**8.4.5** 上行式注浆指的是在多含水层或厚含水层中采用地面预注浆时，钻孔一次至全深，自下而上分层或分段依次进行的注浆。下行时注浆指的是在多含水层或厚含水层中采用地面预注浆时，钻孔与注浆自上而下分层或分段交替进行的注浆。

**8.4.6** 注浆设备可选用专用注浆泵、泥浆泵等，一般应满足流量和压力可调、耐磨和抗腐蚀、轻便等要求。注浆泵额定工作压力应大于最大注浆压力的1.5倍，压力波动范围宜小于注浆压力的20%，排浆量能满足注浆最大注入率的要求。注浆管路配套阀门应采用耐蚀、耐磨、耐高压的高强度材质阀门。注浆记录仪应能自动测量记录注浆压力、注入率、浆液密度。

**8.4.8** 止浆塞的使用方法包括几个方面：1）采用分段卡塞注浆方式时，止浆塞阻塞在注浆段段顶以上2.0~3.0m孔壁完整处，防止绕塞返浆；2）采用孔口封闭注浆方式时，注浆前应检查封闭器密封性，并有防爆出措施；3）注浆达到结束标准后，应先孔内浆液自行卸压，然后止浆塞松压，待凝1h后进行钻孔扫孔，并通过段次压水试验检验该段注浆效果；4）压水试验结果符合设计要求，可结束该段次注浆，当不符合设计要求应进行复注。

**8.4.14** 预埋件、螺栓孔渗漏、管道根部渗漏设置的刚性和柔性防水层，应符合下列规定：

**1** 对于预埋件周边渗漏水，应将其周边剔成环形沟槽，清除预埋件锈蚀，并用清水冲刷干净，再采用嵌填速凝型防水堵漏材料方法进行止水处理。

**2** 对于受振动而造成预埋件周边出现的渗水，宜凿除预埋件，将预埋位置剔成凹槽，将替换的混凝土预制块表面抹防水层后固定与凹槽内，周边用速凝型防水堵漏材料填充密实。

**3** 螺栓孔渗漏的止水前应剔凿螺栓根部的基层，形成深度不小于40mm的凹槽，再切割螺栓并嵌填速凝型防水堵漏材料进行止水，并用聚合物材料进行防水找平。

**4** 对于管道根部的渗漏量较大时，宜采用钻孔注浆止水或埋管（嘴）进行注浆止水，钻孔宜斜穿基层并到达管道止水环表面，钻孔与管道外侧最近直线距离不宜小于100mm，注浆嘴不应少于2个，并宜对称分布。埋设金属或者塑料注浆管（嘴）前，宜先在管道根部剔凿直径不小于50mm、深度不大于30mm的凹槽，用速凝型防水堵漏材料进行注浆充填并封闭管道与基层间的接缝。

**5** 对于管道根部的渗漏量较小时，可采用注浆止水，也可采用快速封堵止水。宜先沿管道根部剔凿环行凹槽，凹槽的宽度不宜大于40mm、深度不宜大于50mm，再嵌填速凝型防水堵漏材料。

**6** 对于预埋件、螺栓孔渗漏、管道根部进行止水后，宜在管道周围200mm宽范围内的基层表面涂布水泥基渗漏结晶型防水涂料。当变形量较大时宜在四周涂布柔性防水涂料，并设置水泥砂浆保护层。

**8.4.18** 电渗脉冲系统安运行后，根据结构的渗漏及潮湿情况，干燥时间为1~3个月。系统工作运行时间为20~30年左右，到期更换新的控制装置。系统正常运行后，无需任何维护工作。根据防渗面积100~1500m2，每天耗电0.2~3度左右，保证系统正常供电（220伏交流电）。如果发生停电现象，短时间内结构不会发生渗水，若时间过长，结构有可能产生渗水潮湿现象，恢复供电后，系统能继续正常运行。

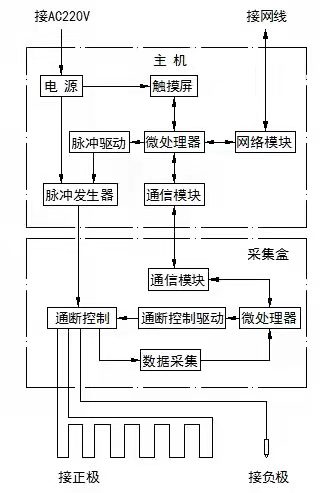


图8.4.18 电渗脉冲抗渗除湿系统组成图

# 9 检测与验收

## 9.1 一般规定

**9.1.1**既有建筑地下空间加固工程应在施工期间进行监测，根据监测结果采取调整既有建筑地下空间加固设计或施工方案的技术措施。

**9.1.2** 既有建筑地下空间加固施工后，应按设计要求及现行国家相关标准的规定进行施工质量检验。对于有特殊要求或国家标准没有具体要求的，可按设计要求或专门制定针对加固项目的检验标准及方法进行检验。

## 9.2 监 测

**9.2.1**既有建筑地下空间加固工程应委托有资质的监测单位编制监测方案，经设计、监理和业主等共同认可后实施监测。设计和施工单位应及时掌握监测情况，并实施动态设计和信息化施工。当存在危险性较大的分部分项工程，设计单位应当在设计文件中注明涉及危大工程的重点部位和环节，提出保障工程周边环境安全和工程施工安全的意见。施工单位应当在危大工程施工前组织工程技术人员编制专项施工方案。对于超过一定规模的危大工程，施工单位应当组织召开专家论证会对专项施工方案进行论证。

**9.2.2** 本条给出了既有建筑地下空间加固工程监测方案编制的基本要求。监测方案应经建设方、设计方等认可，必要时还应与基坑周边环境涉及的有关管理单位协商一致后方可实施。

**9.2.3**地基基础及地下结构加固施工过程中，由于新旧基础的地基变形不同，或改变结构或地基的受力状态，可能造成建筑物结构产生新的裂损，应对建筑物的变形和裂缝进行监测，根据监测结果进行施工控制。注浆加固施工会引起建筑物附加沉降，应在施工期间进行建筑物沉降监测。视沉降发展速率，施工后的一段时间也应进行沉降监测。

**9.2.4~9.2.5** 加固施工的基槽开挖和施工降水等可能对周边环境造成影响，为保证周边环境的安全和正常使用，应对周边建筑物、管线的变形及地下水位的变化等进行监测。

**9.2.6** 既有建筑地下空间加固工程在抗浮治理施工和使用期间内，不可避免地发生使用条件或环境条件的改变，可能引起浮力增加，并改变既有工程的抗浮稳定状态及其构件性状，因此，需要通过各项监测掌握其稳定状态。

**9.2.7** 本条给出了既有建筑地下空间加固工程监测工作的依据规定。

**9.2.8** 仪器监测可以取得定量的数据，进行定量分析；以目测为主的巡视检查更加及时，可以起到定性、补充的作用，从而避免片面地分析和处理问题。监测应采用仪器监测与巡视检查相结合的方法，多种监测方法互为补充、相互验证，以便及时、准确地分析、判断地下空间结构及周边环境的状态。

**9.2.9** 既有建筑地下空间加固工程设计方应根据地质情况、加固方法和周边环境保护要求对地下结构的内力、变形进行必要的计算与分析，并结合当地的工程经验确定合适的监测预警值。监测数据达到监测预警值时，监测单位应进行预警，目的是通知有关各方及时分析原因，以便对监测对象的安全状态做出及时、准确的判断，并根据分析判断结论采取相应措施消除或控制安全风险。

**9.2.10** 实施动态设计和信息化施工的关键是监测成果的准确、及时反馈，监测单位应建立有效的信息处理和信息反馈系统，将监测成果准确、及时地反馈到建设、监理、施工等有关单位。

**9.2.11** 地下空间加固工程使用期间实施结构健康监测的目的主要有：

**1** 评估分析地下结构在所处环境条件下结构现存缺陷可能的发展事态及其对结构安全运营造成的潜在威胁，确保结构安全运营；

**2** 设定结构安全预警值。对地下结构日常运营和发生意外和灾害时，对结构的健康状态、结构安全可靠性进行评估，进而给使用部门提供等级预警信息，为结构养护和维修提供建议；

**3** 论证设计、施工两阶段的参数、假设、工艺、工法的有效性，对设计和施工进行后期验证；

**4** 为新方法新技术的发展及应用提供建议。

**9.2.12** 选用的传感器性能指标应满足预期监测目的及技术要求，不应采用性能指标不达标的传感器，也不宜采用指标高于监测目的和要求太多的产品，选择时也应尽量使不同硬件相互匹配。实际长期监测中，部分硬件可能不能正常工作甚至完全损坏，因此对于监测所需的关键参数或者预期可能损坏硬件，可进行一定程度的硬件冗余配置。

**9.2.13** 监测系统硬件部分，尤其是传感器与数据传输线缆等，应进行适当的保护措施设计以尽量避免意外损坏。各类传感器、线缆与数据采集、存储系统等易损硬件，应进行适当的维修替换设计，以便后期系统管养维修。

## 9.3 验 收

**9.3.1** 本条主要依据《建筑与市政地基基础通用规范》GB55003-2021第2.3.5条的规定，对既有建筑地下空间加固施工质量验收的程序作出规定。

**9.3.2** 既有建筑地下空间加固施工质量验收的合格与否主要取决于主控项目和一般项目的检验结果。主控项目是对检验批的基本质量起决定性影响的关键项目，这种项目的检验结果具有否决权，需要特别控制，因此要求主控项目必须全部符合。一般项目是较关键项目，相对于主控项目可以允许在抽查的数量里有20%的不合格率。

**9.3.4** 验槽是在基坑或基槽开挖至坑底设计标高后，检验地基是否符合要求的活动。验槽的目的是为了探明基坑或基槽的土质情况等，据此判断异常地基基础是否需要进行局部处理、原钻探是否需补充、原基础设计是否需修正，同时是否应对自己所接受的资料和工程的外部环境进行再次确认等。验槽是地下空间加固工程施工前期重要的检查工序，是关系到整个建筑安全的关键，对每一个基坑或基槽，都必须进行验槽。

**9.3.5** 既有建筑地下空间采用桩基础或地基处理加固，应按照现行国家施工验收标准的要求，进行主控项目和一般项目的检验。

**9.3.6** 对基础钻芯取样，可采用目测方法检验浆液的扩散半径、浆液对基础裂缝的填充效果；尚应进行抗压强度试验测定注浆后基础的强度。钻芯取样数量，对条形基础宜每隔5m～10m，或每边不少于3个，对独立柱基础，取样数可取1个～2个，取样孔宜布置在两个注浆孔中间的位置。

**9.3.9** 本条是对地下结构加固混凝土结构子分部工程质量验收内容的有关规定。

**9.3.10** 不同性质的土层含水量、渗透性差异较大，对预降水时间的要求也不同。一般来说，土质基坑开挖深度越深、土层含水量越高、渗透性越差，需要的预降水时间越长。另外，不同的降排水工艺需要的预降水时间也不同，例如软土地层中真空负压管井比自流管井预降水时间缩短30％～50％。减压降水验证试验应结合土质基坑开挖工况验证减压降水的有效性，并根据试验过程中达到安全水位的时间确定减压预降水时间。

**9.3.11** 渗漏水检查是既有建筑地下空间加固防水渗漏修复工程质量的重点，应全数检查，并给出了地下空间的重点检查部位。

**9.3.12** 既有建筑地下空间加固防水渗漏修复工程的渗漏水检验结果的符合性评定，应国家标准《地下防水工程质量验收规范》GB50208-2011的有关规定。