

河南省工程勘察设计行业协会团体标准

T/HNKCSJ028-2026

既有建筑地基基础加固技术标准

2026-06-08 发布

2026-09-01 实施

河南省工程勘察设计行业协会
二〇二六年六月

河南省工程勘察设计行业协会团体标准

既有建筑地基基础加固技术标准

主编单位：河南省新豫地质工程勘察院有限公司

河南诚信岩土工程勘察设计有限公司

批准单位：河南省工程勘察设计行业协会

实施日期：2026年9月1日

前 言

为促进河南省域既有建筑地基基础加固技术工作标准化，做到安全适用、经济合理，使既有建筑地基基础加固行业科学健康发展，编制组在广泛调查研究，认真总结近十几年来河南省域既有建筑地基基础加固工程的勘察、鉴定、设计、施工、检测与验收经验，并在广泛征求意见的基础上制定了本标准。

本标准的主要内容：1总则；2术语和符号；3基本规定；4调查与检测；5对既有建筑地基勘察的要求；6既有建筑地基基础鉴定；7基础沉降和变形监测；8纠倾加固设计；9托换加固设计；10地基基础加固设计；11加固施工；12检验与验收。

本标准由河南省新豫地质工程勘察院有限公司负责具体技术内容的解释。在标准执行过程中，请各单位结合工程实践，认真总结经验，并将意见或建议寄送郑州市南阳路56号《既有建筑地基基础加固技术标准》管理组（邮政编码450053，E-mail：wangrongyan168@126.com）。

本标准主编单位：河南省新豫地质工程勘察院有限公司
河南诚信岩土工程勘察设计有限公司

本标准参编单位：郑州市建筑设计研究院有限公司
河南省建筑科学研究院有限公司
郑州岩土工程勘察设计院
河南省豫矿地质勘察设计有限公司
河南地矿职业学院
河南省建院勘测设计有限公司
中源设计咨询（河南）有限公司

本标准起草人员：王荣彦 刘立兵 许录明 罗雪贵

王 斌 郭自恒 王建庄 张予强
李海军 高树才 朱明轩 刘 洋
钱 伟 付宗伟 刘炜嶓 汪向丽
王江峰 申志磊 刘 阳 董国松
何玉秀 李迎乐 宋义涛 赵子安
徐志军 周恒芳 齐熙华 张葦
贾 祎 黄景信 李庆率 冯颖彦
程 馨 孟园园 王 巍 刘松丽
赵新星 王宝朝 吴冠军 孙 晋
张彦涛 黄 楠 王永刚 吴爱君
韩兴坤 孙 豫 张若晨 王红阳
刘楚瑜 贾珂南 李宪春 聂宜峰
曹 栋 吴冰洁 朱 涛

本标准审查人员： 刘金波 李小杰 李永新 张根山
侯化坤

目 次

1 总 则	1
2 术语和符号	2
2.1 术 语	2
2.2 符 号	3
3 基本规定	5
4 调查与检测	9
4.1 一般规定	9
4.2 场地和地基基础	10
5 对既有建筑地基勘察的要求	11
5.1 一般规定	11
5.2 对勘察成果的要求	11
6 既有建筑地基基础鉴定	15
6.1 一般规定	15
6.2 既有地基鉴定	16
6.3 既有基础鉴定	18
7 基础沉降和变形监测	23
7.1 一般规定	23
7.2 沉降监测	23
7.3 水平位移监测	24
7.4 自动化监测	25
8 纠倾加固设计	26
8.1 一般规定	26
8.2 迫降纠倾设计	27
8.3 顶升纠倾设计	31
9 托换加固设计	35
9.1 一般规定	35
9.2 设 计	35
10 地基基础加固设计	38
10.1 一般规定	38
10.2 天然地基承载力确定与计算	39
10.3 单桩承载力计算	40
10.4 地基变形计算	43
10.5 扩大基础设计	44

10.6 注浆补强基础设计45

10.7 锚杆静压桩设计46

10.8 树根桩设计48

10.9 坑式静压桩设计49

10.10 复合桩设计49

11 加固施工51

11.1 一般规定51

11.2 扩大基础法施工52

11.3 纠倾施工53

11.4 托换加固施工55

11.5 注浆加固施工56

11.6 锚杆静压桩施工57

11.7 树根桩施工58

11.8 坑式静压桩施工59

11.9 复合桩施工59

11.10 施工中监测59

12 检验与验收61

12.1 一般规定61

12.2 检 验62

12.3 验 收66

附录A 既有建筑墙下条形基础地基土载荷试验要点.....70

附录B 既有建筑地基承载力持载再加荷载荷试验要点.....72

附录C 既有建筑桩基础单桩承载力设计参数.....74

附录D 既有建筑桩基础单桩承载力持载再加荷载荷试验要点.....76

本标准用词说明78

引用标准名录79

附：条文说明80

1 总 则

1.0.1 为了在河南省域既有建筑地基基础加固中贯彻执行国家的技术经济政策，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于既有建筑因勘察、设计、施工或使用不当；纠倾、改建、古建筑保护；遭受邻近新建建筑、深基坑开挖、新建地下工程或自然灾害的影响等需对其地基和基础进行加固的设计、施工、质量检验与验收。

1.0.3 进行既有建筑勘察、鉴定、设计和施工时，应以既有建筑地基基础的沉降变形结果是否满足国家有关规范、规程要求为基本原则。

1.0.4 既有建筑地基基础加固设计、施工和质量检验、验收除应执行本标准外，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 buildings

既有建筑是指已经建成并投入使用的各类房屋。

2.1.2 既有建筑地基基础加固 soil and foundation improvement

为满足建筑物使用功能、结构安全和耐久性要求，对既有建筑地基和基础采取的各类加固技术措施的总称。

2.1.3 既有建筑地基承载力特征值 characteristic value of ground bearing capacity of existing buildings

由载荷试验测定的在既有建筑荷载作用下地基土固结压密后再加荷，压力变形曲线线性变形段内规定的变形所对应的压力值，其最大值为再加荷段的比例界限值。

2.1.4 既有建筑单桩竖向承载力特征值 characteristic value of single pile vertical bearing capacity of existing buildings

由单桩静载荷试验测定的在既有建筑荷载作用下桩周和桩端土固结压密后再加荷，荷载变形曲线线性变形段内规定的变形所对应的荷载值，其最大值为再加荷段的比例界限值。

2.1.5 纠倾加固 improvement for tilt rectifying

为纠正建筑物倾斜，使之满足使用要求而采取的地基基础加固技术措施的总称。

2.1.6 托换加固 improvement for underpinning

通过在结构与基础之间或者地基中设置托换构件，改变地基基础的传力途径，进行地基基础加固的技术措施总称。

2.1.7 劲性复合桩 composite pile

劲性复合桩是通过搅拌、钻孔等方法将水泥土、混凝土料与同心植入的管桩、方桩、型钢复合形成的基桩。

2.2 符 号

2.2.1 作用和作用效应

F_k ——作用的标准组合时基础加固或增加荷载后上部结构传至基础底面的竖向力；

G_k ——基础自重和基础上的土重；

M_k ——作用的标准组合时作用于基础底面的力矩；

M_{xk} ——作用的标准组合时作用于承台底面通过桩群形心的 x 轴的力矩；

M_{yk} ——作用的标准组合时作用于承台底面通过桩群形心的 y 轴的力矩；

N ——滑板承受的竖向作用力；

N_a ——顶升支承点的荷载；

p_k ——作用的标准组合时基础底面处的平均压力；

P_p ——静压桩施工设计最终压桩力；

Q ——单片墙线荷载或单柱集中荷载；

Q_k ——作用的标准组合时桩基中轴心竖向力作用下任一单桩的竖向力。

2.2.2 材料的性能和抗力

F ——水平移位总阻力；

f_a ——修正后的既有建筑地基承载力特征值；

f_0 ——滑板材料抗压强度；

p_s ——静压桩压桩时的比贯入阻力；

q_{pa} ——桩端端阻力特征值；

q_{sia} ——桩侧阻力特征值；

R_a ——既有建筑单桩竖向承载力特征值；

2.2.3 几何参数

A ——基础底面面积；

A_p ——桩底端横截面面积；

A_0 ——滑动式行走机构上下轨道滑板的水平面积；

d ——设计桩径；

s ——地基最终变形量；

s_0 ——地基基础已完成的地基变形量；

s_1 ——地基基础产生的地基变形量；

s_2 ——原建筑荷载下尚未完成的地基变形量；

u_p ——桩身周长。

2.2.4 设计参数和计算系数

n ——桩基中的桩数或顶升点数；

3 基本规定

3.0.1 进行既有地基基础工程鉴定时应针对既有建筑的勘察报告，当发现地质资料不全、地质资料失真不能正确反映场地实际及水文地质条件已经发生较大变化，不能满足鉴定要求时，应进行专项岩土工程勘察。

3.0.2 进行岩土工程勘察时应遵循就近勘察的原则，采取多种手段、综合分析进行岩土工程评价。

3.0.3 当有下列情况时应对既有地基基础进行鉴定：

- 1 达到设计年限需要继续使用；
- 2 改建、扩建、移位及建筑用途或使用条件有重大变化或进行改造可能影响安全的既有地基基础工程；
- 3 既有地基基础出现失稳迹象、既有地基出现挤出、临空或临沟，既有基础出现明显开裂及变形；
- 4 遭受地质灾害及已发生安全事故的既有地基基础工程。
- 5 位于既有边坡坡顶既有建筑物出现裂缝，且有进一步的发展趋势；边坡底部或周围土体已出现可能导致边坡剪切破坏的迹象或其他可能影响安全的征兆；
- 6 日常使用中发现安全隐患。

3.0.4 既有建筑地基基础的鉴定按照两个层次进行，即构件层次鉴定和子系统层次鉴定。其中构件层次包括既有独立基础、条形基础和筏板基础及各类桩基础。子系统层次包括既有地基和既有基础的鉴定。

3.0.5 既有建筑地基基础加固设计与施工，应具备下列资料：

- 1 场地岩土工程勘察资料。当无法搜集或资料不完整，不能满足加固设计要求时，应进行重新勘察或补充勘察；
- 2 既有建筑结构、地基基础设计资料和图纸、隐蔽工程施工记录、竣工图纸等。当搜集的资料不完整，不能满足加固设计要求时，应进行补充检验；
- 3 既有建筑结构、基础使用现状的检测资料，包括沉降观测资料、裂缝、倾斜观测资料等；

- 4 既有建筑改扩建、纠倾等对地基基础的设计要求；
- 5 对既有建筑可能产生影响的邻近新建建筑、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；
- 6 受保护建筑物的地基基础加固要求；
- 7 与施工有关的周围环境调查。

3.0.6 既有建筑地基基础加固设计应遵循以下原则：

- 1 进行既有建筑地基基础加固遵循安全、经济合理、技术可靠、施工方便的原则；
- 2 通过地基基础加固治理，使建筑物地基的沉降逐渐趋于稳定，达到安全使用的目的；
- 3 应结合上部结构特点、勘察、检测发现的问题针对性提出设计方案，设计方案应安全可靠且易于实施；
- 4 当建（构）筑物荷载较大时、建筑物跨地貌单元、土质软弱、欠固结、特殊土或容易遭受水的侵蚀、建（构）筑物变形较大且仍有沉降趋势时，应优先考虑桩基础或复合桩设计；
- 5 当建（构）筑物荷载不大、建（构）筑物不跨地貌单元、土质一般、无特殊土或不易遭受水的侵蚀、建（构）筑物变形较小且没有沉降趋势时，可采用增大基础、复合地基或注浆地基设计；
- 6 进行既有建筑地基基础加固不应对上部结构产生结构损伤和破坏。当施工对周边建筑物、场地和管线等产生不良影响时，应采取有效技术措施。

3.0.7 既有建筑地基基础加固设计内容应符合下列要求：

- 1 应进行地基承载力、地基变形、基础承载力验算；
- 2 当进行桩基础设计时，应结合上部荷载特点、已有基础形式、地基条件进行桩基承载力及变形验算；
- 3 既有建筑地基基础加固后或增加荷载后，建筑物相邻基础的沉降量、沉降差、局部倾斜和整体倾斜的允许值应严格控制，保证建筑结构安全和正常使用。

3.0.8 既有建筑地基基础加固设计方案可按下列步骤进行：

1 根据加固的目的结合地基基础和上部结构的现状，考虑上部结构、基础和地基的共同作用，选择并制定加固地基、加固基础或加强上部结构刚度和加固地基基础相结合的方案。

2 一般应优先选用能与原地基基础结构协同工作、对既有建筑主体结构整体和变形扰动较小的地基基础形式。

3 对制定的各种加固方案，应分别从预期加固效果，施工难易程度，施工可行性和安全性，施工材料来源和运输条件，以及对邻近建筑和周围环境的影响等方面进行技术经济分析和比较，优选加固方法。

4 对选定的加固方法，应通过现场试验确定具体施工工艺参数和施工可行性。

3.0.9 受较大水平荷载或位于斜坡上的既有建筑地基基础加固，以及邻近新建建筑、深基坑开挖、新建地下工程基础埋深大于既有建筑基础埋深并对既有建筑产生影响时，应进行地基稳定性验算。

3.0.10 加固后的既有建筑地基基础使用年限应满足加固后的既有建筑设计使用年限的要求。

3.0.11 进行地基基础变形计算时应充分考虑到既有建筑地基基础的已有变形量，结合上部荷载条件、既有建筑基础形式、地基条件等因素采用工程类比经综合分析后确定。

3.0.12 进行既有建筑地基基础施工时，应由具有相应资质的单位和有经验的专业人士承担，严格执行施工要求并应进行施工中监测，发现问题及时处理。

3.0.13 既有建筑地基基础加固使用的材料，应符合国家现行有关标准对耐久性设计的要求。

3.0.14 当发现上部结构整体性较差难以直接对既有建筑地基基础加固时，宜先对上部结构或部分构件进行加固。

3.0.15 纠倾加固、托换加固及其他重要工程在施工过程中应设置现场监测系统，监测既有地基基础和上部结构变形。有下列情况时应结合建（构）筑物特点及损坏位置布置监测点，立即开展变形监测工作，并不应少于3个月：

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、新建地下工程等，对既有建筑安全有较大影响。

3 当场地为深厚软土、高压缩性土、湿陷性黄土等特殊地质条件的工程。

3.0.16 既有建筑地基基础加固工程，应对建筑物在施工期间及使用期间进行沉降观测，结合既有建筑沉降现状、沉降速率直至沉降达到稳定为止。

3.0.17 既有建筑地基基础加固施工完成后，应进行施工质量检验和验收。

3.0.18 当需要进行既有建（构）筑物抗震鉴定时，既有建筑地基基础加固鉴定和设计应按照有关规范、标准对既有建筑地基基础进行抗震验算与鉴定。

4 调查与检测

4.1 一般规定

4.1.1 既有建筑鉴定与加固前，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，其工作的范围、内容、深度和技术要求，应满足鉴定与加固工作的需要。

4.1.2 既有建筑鉴定、加固前的结构调查、检测，应符合下列要求：

- 1 应采用适合结构现状和现场作业的检测方法；
- 2 当既有建筑结构取样量受条件限制时，应作为个案通过专门研究进行处理；
- 3 既有建筑结构构件的材料性能检测 results 和变形、损伤的检测、监测结果，应能为结构鉴定提供可靠的依据。检测结果未经综合分析，不得直接作出鉴定结论；
- 4 应采取措施保障现场检测作业安全，并应制定应急处理预案；
- 5 检测结束后，应及时对其所造成的结构构件局部破损进行修复。

4.1.3 现场调查应包括下列内容：

- 1 既有建筑使用历史和现状，包括建筑物的实际荷载、变形、开裂等情况，以及前期鉴定、加固情况；
- 2 相邻的建筑、地下工程和管线等情况；
- 3 既有建筑改造及保护所涉及范围内的地基情况；
- 4 邻近新建建筑、深基坑开挖、新建地下工程的现状情况；
- 5 地下室的渗漏及变形；
- 6 周围地表水的排泄条件。

4.1.4 具有下列情况时，应进行现场检测：

- 1 基本资料无法搜集齐全时；
- 2 基本资料与现场实际情况不符时；
- 3 使用条件与设计条件不符时；
- 4 现有资料不能满足既有建筑地基基础加固设计和施工要求时。

4.1.5 质量检测的方法和数量应根据建（构）筑物重要性等级、病害程度、剩余使用年限、加固方法及实施的可行性等因素综合确定。

4.2 场地和地基基础

4.2.1 既有建筑所在场地的调查、检测，应收集该场地内既有建筑的历次灾害、场地地形及雨水排泄条件、场地的工程地质和地震地质的有关资料，并应对边坡场地的稳定性等性能进行评价。

4.2.2 既有建筑地基基础现状的调查、检测，应符合下列要求：

- 1 收集原始岩土工程勘察报告及有关地基基础设计的图纸资料；
- 2 检查地基变形在主体结构及建筑周边的反应；
- 3 当需通过现场检测确定地基的岩土性能或地基承载力时，应对场地、地基岩土进行近位勘察。

5 对既有建筑地基勘察的要求

5.1 一般规定

5.1.1 当既有建筑地基基础因受地下水位上涨或地基弱化时，应对已有勘察报告复核，补充勘察工作，复核场地及地基地质条件。

5.1.2 当场地岩土工程勘察资料不能反映场地实际时，应结合场地具体情况及场地地质条件采用钻探、静力触探、取土、探井、土工试验等勘探手段按照近位原则进行岩土工程勘察工作。

5.1.3 当既有建筑场地有特殊岩土分布时，应结合场地及地基特点布置相应勘察工作。

5.1.4 当既有建筑场地有不良地质现象或问题时应结合场地不良地质特点布置相应勘察工作。

5.1.5 应根据新的勘察成果复核既有建筑地基基础的合理性与适宜性。

5.2 对勘察成果的要求

5.2.1 既有建筑岩土工程勘察报告应根据任务要求、工程特点和地质条件等具体情况编写，并应包括下列内容：

- 1 勘察目的、任务要求和依据的技术标准；
- 2 既有建筑概况及目前破坏情况；
- 3 勘察方法选择和勘察工作布置；
- 4 场地地形、地貌、地层、地质构造、岩土性质及均匀性；
- 5 地基土及软土、湿陷性土、液化土、膨胀土、冻土等特殊土分布情况；
- 6 各项岩土性质指标，岩土的强度参数、变形参数、地基承载力的建议值及与当时勘察时的对比分析；
- 7 地下水埋藏情况、类型、地下水位及其建筑建成后地下水位的变化情况。暴雨期间场地排水、积水情况；场地及周边供水、排水管线与渗漏情况；
- 8 土和水对建筑材料的腐蚀性；

9 可能影响工程稳定的不良地质现象与冲沟、河塘、古河道、墓穴等的分布情况，并对可能的工程危害程度进行评价；

10 场地稳定性和既有地基基础的适宜性、合理性评价。

5.2.2 既有建筑岩土工程勘察报告应对岩土利用、整治和改造的方案进行分析论证，提出建议；对既有建筑工程施工和使用期间可能发生的岩土工程问题进行预测，提出监控和预防措施的建议。

5.2.3 既有建筑岩土工程勘察报告应附下列图件：

- 1 勘探点平面布置图；
- 2 工程地质柱状图；
- 3 工程地质剖面图；
- 4 原位测试成果图表；
- 5 室内试验成果图表。

5.2.4 当既有建筑场地有特殊岩土分布时，岩土工程勘察成果除应符合5.1节要求外，尚应包括以下内容：

1 对填土勘察应包括下列内容：

(1) 搜集资料，调查地形和地物的变迁，填土的来源、堆积年限和堆积方式；

(2) 查明填土的分布、厚度、物质成分、颗粒级配、均匀性、密实性、压缩性和湿陷性；

(3) 判定地下水对建筑材料的腐蚀性。

2 对湿陷性黄土勘察应包括下列内容：

(1) 勘探点的间距应按《岩土工程勘察规范》GB50021 的规定取小值。对湿陷性土分布极不均匀的场地应加密勘探点；

(2) 控制性勘探孔深度应穿透湿陷性土层；

(3) 应查明湿陷性土的年代、成因、分布和其中的夹层、包含物、胶结物的成分和性质；

(4) 湿陷性碎石土、砂土宜采用动力触探试验和标准贯入试验确定力学特性；

(5) 不扰动土试样应在探井中采取；

(6) 不扰动土试样除测定一般物理力学性质外，尚应作土的湿

陷性和湿化试验；

(7) 对不能取得不扰动土试样的湿陷性土，应在探井中采用大体积法测定密度和含水量；

(8) 对于厚度超过 2m 的湿陷性土，应在不同深度处分别进行浸水载荷试验，并应不受相邻试验的浸水影响。

3 对膨胀岩土勘察应包括下列内容：

(1) 勘探点宜结合地貌单元和微地貌形态布置；其数量应比非膨胀岩土地区适当增加，其中采取试样的勘探点不应少于全部勘探点的1/2；

(2) 勘探孔的深度，除应满足基础埋深和附加应力的影响深度外，尚应超过大气影响深度；控制性勘探孔不应小于8m，一般性勘探孔不应小于5m；

(3) 在大气影响深度内，每个控制性勘探孔均应采取I、II级土试样，取样间距不应大于1.0m，在大气影响深度以下取样间距可为1.5~2.0m；一般性勘探孔从地表下1m 开始至5m 深度内，可取III级土试样，测定天然含水量。

4 对软土勘察应包括下列内容：

(1) 成因类型、成层条件、分布规律、层理特征、水平向和垂直向的均匀性；

(2) 地表硬壳层的分布与厚度、下伏硬土层或基岩的埋深和起伏；

(3) 固结历史、应力水平和结构破坏对强度和变形的影响；

(4) 微地貌形态和暗埋的塘、浜、沟、坑穴的分布、埋深及其填土的情况；

(5) 开挖、回填、支护、工程降水、打桩、沉井等对软土应力状态、强度和压缩性的影响；

5.2.5 当既有建筑场地有不良地质现象等问题时岩土工程勘察成果除应符合5.1节要求外，尚应包括以下内容：

1 采空区

对采空区的勘察宜以搜集资料、调查访问为主，并应查明下列内容：

（1）矿层的分布、层数、厚度、深度、埋藏特征和上覆岩层的岩性、构造等；

（2）矿层开采的范围、深度、厚度、时间、方法和顶板管理，采空区的塌落、密实程度、空隙和积水等；

（3）地表变形特征和分布，包括地表陷坑、台阶、裂缝的位置、形状、大小、深度、延伸方向及其与地质构造开采边界、工作面推进方向等的关系；

（4）地表移动盆地的特征，划分中间区、内边缘区和外边缘区，确定地表移动和变形的特征值；

（5）采空区附近的抽水和排水情况及其对采空区稳定的影响；

（6）搜集建筑物变形和防治措施的经验。

2 地面沉降

（1）对已发生地面沉降的地区，地面沉降勘察应查明其原因和现状，并预测其发展趋势，提出控制和治理方案。

（2）对可能发生地面沉降的地区，应预测发生的可能性，并对可能的沉降层位做出估计，对沉降量进行估算，提出预防和控制地面沉降的建议。

3 岩溶场地

岩溶场地勘察宜采用工程地质测绘和调查、物探、钻探等多种手段结合的方法进行，并应符合下列要求；

（1）详细勘察应查明拟建工程范围及有影响地段的各种岩溶洞隙和土洞的位置、规模、埋深、岩溶堆填物性状和地下水特征，对地基基础的设计和岩溶的治理提出建议。

6 既有建筑地基基础鉴定

6.1 一般规定

6.1.1 既有建筑地基基础构件层次的鉴定和子系统层次鉴定分为四个安全等级，各层次的评价标准应符合表6.1.1的规定。

表6.1.1 安全性鉴定评级标准

层次	鉴定对象	等级	分级标准	处理要求
一	构件层次的鉴定	a_u	安全性符合本标准及现行规范与标准的要求，且能正常工作	不必采取措施
		b_u	安全性略低于本标准对 a_u 级的要求，尚不明显影响正常工作	仅需采取维护措施
		c_u	安全性不符合本规范对 a_u 级的要求，已影响正常工作	应采取措施
		d_u	安全性极不符合本标准对 a_u 级的要求，已严重影响正常工作	必须立即采取措施
二	子系统层次的鉴定	A_u	安全性符合本标准及现行规范与标准的要求，且整体工作正常	可能有个别一般构件应采取措施
		B_u	安全性略低于本标准对 A_u 级的要求，尚不明显影响整体工作	可能有极少数构件应采取的措施
		C_u	安全性不符合本标准对 A_u 级的要求，已影响整体工作	应采取措施，且可能有极少数构件必须立即采取措施
		D_u	安全性极不符合本标准对 A_u 级的要求，已严重影响整体工作	必须立即采取措施

6.1.2 仅对地基基础安全性评定时，该子系统与另一子系统的交叉部位（上部结构）也应进行检查；当发现问题时应进行分析，提出处理建议。

6.1.3 既有建筑地基基础鉴定应按下列步骤进行：

- 1 搜集鉴定所需要的基本资料；
- 2 对搜集到的资料进行初步分析，制定现场调查方案，确定现场调查的工作内容及方法；
- 3 结合搜集的资料和调查的情况对有问题地段进行检验；
- 4 综合分析评价，作出鉴定结论和加固方法的建议。

6.1.4 既有建筑地基基础鉴定，应对下列内容进行分析评价：

- 1 既有建筑地基基础的承载力、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，对既有建筑地基基础已造成的影响或仍然存在的影响；
- 4 既有建筑地基基础加固的必要性，以及采用的加固方法。

6.1.5 通过现场实测既有地基基础的沉降量和沉降速率，认为沉降稳定，且通过综合分析后认为既有地基基础不存在可能的不均匀沉降因素后，可不进行现场载荷试验。

6.1.6 鉴定报告应包含下列内容：

- 1 工程名称，地点，建设、勘察、设计、监理和施工单位，基础、结构形式，层数，改造加固的设计要求，鉴定目的，鉴定日期等；
- 2 现场的调查情况；
- 3 现场检验的方法、仪器设备、鉴定过程与鉴定内容；
- 4 结合勘察报告分析既有建筑地基基础出现问题的原因并提出加固意见；
- 5 明确鉴定结论。

6.2 既有地基鉴定

6.2.1 对建造在斜坡场地上的既有建筑进行地基鉴定时，应依据其历史资料和实地勘察结果进行场地稳定性评价。

6.2.2 既有建筑的地基安全性鉴定，应依据地基变形和主体监测结果进行鉴定评级的方法，并应符合下列要求：

- 1 当地基变形和主体结构反映观测资料不足或怀疑结构存在的问题由地基基础承载力不足所致时，应按地基基础承载力的勘察和检测资料进行鉴定评级；

- 2 对有大面积地面荷载或软弱地基上的既有建筑，尚应评价地面荷载、相邻建筑以及循环工作荷载引起的附加沉降或桩基侧移对建筑物安全使用的影响。

6.2.3 对既有地基的安全性鉴定按地基变形观测结果和建筑物现状的检测鉴定时，应结合沉降量、沉降差、沉降速率、沉降裂缝（变形或位移）、使用状况、发展趋势等进行综合分析并评价。

6.2.4 对既有地基的安全性需要按承载力项目鉴定时，应根据地基和基础的检测、验算及近场勘察结果，结合现行标准规定的地基基础承载力要求和建筑物损伤状况进行综合分析并评定等级。

6.2.5 对既有地基的安全性按斜坡场地稳定性项目鉴定时，应结合滑动迹象、滑动史等进行综合分析并评定等级。

6.2.6 当场地、地基下的地下水位、水质或土压力有较大改变时，应根据此类变化对基础产生的不利影响进行评价，并应提出处理建议。

6.2.7 既有地基的检验应符合下列规定：

1 勘探点位置或测试点位置应靠近基础，并在建筑物变形较大或基础开裂部位重点布置，条件允许时，宜直接布置在基础之下。

2 地基土承载力宜选择静载荷试验的方法进行检验，对于重要的增层、增加荷载等建筑，应按本标准附录A的规定进行地基土载荷试验，或按本标准附录B的规定进行地基土持载再加荷载荷试验，检测数量不宜少于3点。

3 选择井探、槽探、钻探、静力触探等方法进行勘探时应采取就近勘察的原则，验证孔应均匀分布在不同的地质单元上。地下水埋深较大时，优先选用人工探井的方法，采用物探方法时，应结合人工探井、钻孔等其他方法进行验证，验证数量不应少于4点。

4 选用静力触探、标准贯入、圆锥动力触探、十字板剪切或旁压试验等原位测试方法，并结合不扰动土样的室内物理力学性质试验，进行现场检验，其中每层地基土的原位测试数量不应少于3个，土样的室内试验数量不应少于6组。既有建筑地基检测项目应符合表6.2.7的要求。

表6.2.7 既有建筑地基检测项目表

检测项目 影响目的	地层分布	岩土工程特性	承载力	土体位移	地下水位变化	地基土振动
延长使用年限	O	O	O	×	×	×
荷载或功能改变	√	√	√	×	×	×
改造、加固	√	√	√	×	×	×
邻近基坑影响	√	O	×	√	×	×
邻近降水影响	√	√	×	√	√	×
邻近堆载影响	√	√	×	√	O	×
邻近地下空间影响	√	√	×	√	O	×
邻近振动影响	√	√	O	√	×	√

注：“√”表示必做项目，“O”表示选做项目，“×”表示不做项目。

6.2.8 既有建筑地基分析评价应包括下列内容：

- 1 应结合已有地质资料，采用综合勘察手段分析地基的承载力、变形特征；
- 2 引起既有建筑开裂、差异沉降、倾斜等的原因；
- 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，对既有建筑地基已造成的影响及仍然存在的影响；
- 4 对既有地基加固的必要性进行分析，提出既有地基加固设计所需的有关参数并提出加固方法的建议；
- 5 对经常受水平荷载作用的高层建筑，以及建造在斜坡上或边坡附近的建（构）筑物，应评价既有地基的稳定性。

6.3 既有基础鉴定

6.3.1 既有基础的现场调查，应包括下列内容：

- 1 基础的类型、尺寸及埋置深度；
- 2 基础的外观质量、基础的开裂、腐蚀或损坏程度；
- 3 材料强度、钢筋配置与锈蚀情况；
- 4 基础的基础沉降与变形；基础倾斜、弯曲、扭曲等情况。

6.3.2 既有基础的检验可采用下列方法：

- 1 基础材料的强度，可采用非破损法或钻孔取芯法检验；

2 对开挖露出的基础应进行结构尺寸、材料强度、配筋等结构检验。可通过局部凿开或非破损方法检验；基础中钢筋的检验包括钢筋直径、数量、位置和锈蚀情况；对具有代表性的部位进行开挖检验，检验数量不应少于3处。

3 桩的完整性可通过低应变法、钻孔取芯法检验，桩的长度可通过开挖、钻孔取芯法或旁孔透射法等方法检验，桩的承载力可通过静载荷试验检验。

4 对重要的增层、增加荷载等采用桩基础的建筑，宜按本标准附录D的规定进行桩的持载再加荷载荷试验。

对既有基础的检验项目见表6.3.2。

表6.3.2 既有建筑基础检测项目表

检测项目 检测目的	基础形式 尺寸埋深	基础 强度	钢筋配 置 锈蚀	基础 损伤	基础 变形	基桩 完整性
延长使用年限	√	√	√	√	√	×
地基基础鉴定	√	√	√	√	√	√
地基基础损伤	√	√	√	√	√	O
荷载或功能改变	√	√	√	√	√	√
改造、加固	√	√	√	√	√	√
邻近基坑影响	√	O	O	√	√	O
邻近降水影响	√	√	O	√	√	×
邻近堆载影响	√	O	O	√	√	O
邻近地下空间影响	√	O	O	√	√	O
邻近振动影响	√	O	O	√		O

注：“√”表示必做项目，“O”表示选做项目，“×”表示不做项目。

6.3.3 既有基础的检测批构件数量应符合GB/T 50344或其他相关标准，且不得少于3处。

6.3.4 对于受到环境腐蚀及灾害影响的既有基础，其检测位置应设置在受影响或损伤部位。

6.3.5 基础开挖后应及时记录基础、周边岩土层及地下水渗出情况。

6.3.6 基础变形检测方法应根据基础特点、检测目的、环境条件确定。

6.3.7 既有基础的主体结构安全性鉴定应依据其结构承载功能、结构整体牢固性、结构存在的不适于继续承载的侧向位移进行综合评定。

6.3.8 开挖既有基础时，应采取有效措施防止既有建筑基础失稳。

I 基础形式、尺寸与埋深

6.3.9 基础的尺寸与埋深检测宜采用现场开挖量测法。开挖位置与开挖范围的确定应有利于现场判定基础形式。

6.3.10 基础尺寸和埋深采用现场开挖量测法检测时，应将基础顶面和侧面完全暴露，开挖深度和宽度应满足测量操作的要求。

6.3.11 基础截面尺寸的测量，每处开挖位置应测量3次，每次测量位置间距不应小于200mm，取3次测量的平均值作为该处的代表值，测量值应精确至1mm。

6.3.12 基础尺寸测量完成后，应在现场与竣工图纸及时核对，不符合时，应查找原因。

II 基础材料强度

6.3.13 基础混凝土抗压强度的现场检测宜采用钻芯法或回弹法、超声回弹综合法等间接法，除应符合GB/T50784的规定外，尚应符合下列要求：

1 当测试区域存在腐蚀、潮湿或明显质量缺陷时，应采用钻芯法测试；

2 当采用回弹法、超声-回弹综合法或后装拔出法测试结果存在争议时，应采用钻芯法进行验证。

6.3.14 采用钻芯法从基础中抽取芯样时，钻取部位应符合下列规定：

- 1 受力较小的部位；
- 2 混凝土强度具有代表性的部位；
- 3 便于钻芯机安放和操作的部位；
- 4 避开主筋、预埋件和管线的位置。

III 钢筋配置与锈蚀

6.3.15 钢筋位置、保护层厚度和钢筋数量的检测，宜采用雷达法或电磁感应法，并应符合JGJ/T152的规定。基础底部的钢筋不具备无损检测条件时，可采用钻孔或剔凿等方法检测。

6.3.16 钢筋检测面应清洁、平整，并应避开金属预埋件。检测区域内钢筋的可能分布状况宜根据钢筋设计资料确定。

6.3.17 钢筋锈蚀状况宜采用原位尺量检测、取样称重检测等直接法，并应记录和描述腐蚀状态和缺陷。

IV 基础损伤

6.3.18 应对既有基础的完整性进行检查，并应记录和描述基础的裂缝、腐蚀等损伤及缺陷。

6.3.19 检查基础的腐蚀损伤时，宜剔凿出新鲜混凝土面后用钢尺量测腐蚀深度和面积。

6.3.20 既有基础的缺陷宜采用实地开挖、尺量检查等方法。

6.3.21 检查基础的裂缝时，宜分析裂缝的性质。钢筋锈胀裂缝处的钢筋锈蚀检测应按照有关标准执行。

6.3.22 浅埋基础的裂缝部位可根据既有建筑的散水裂缝、基础裂缝、墙体裂缝和周边地面变形情况确定；埋置较深基础的裂缝部位可根据地下室墙体裂缝、地下室底板裂缝和沉降缝变形等情况确定。

6.3.23 基础裂缝可采用比例尺、小钢尺、游标卡尺、坐标方格网板定期量测宽度，也可采用百分表、测缝计或传感器自动测记裂缝的变化。

6.3.24 采用比例尺、小钢尺、游标卡尺定期量测裂缝宽度时应在裂缝最宽处和裂缝末端镶嵌或埋入固定标志；采用裂缝宽度动态监测法监测裂缝宽度时，应将裂缝宽度动态监测仪按有关规定安装。

6.3.25 对于数量较少、量测方便的裂缝，可通过采用比例尺、小钢尺、游标卡尺等工具定期量测出的预埋固定标志间距离监测裂缝的变化，或通过坐标方格网板定期读取坐标差监测裂缝的变化，或通过百分表裂缝宽度动态监测仪上百分表的读数监测裂缝的变化；对

于面积较大、不方便量测的众多裂缝可采用测缝计或传感器自动测记裂缝的变化。

6.3.26 裂缝监测的周期应根据裂缝的变化速度确定，裂缝增速大时，应及时增加观测次数。

6.3.27 裂缝的监测部位应清洁、平整，量测精确不应大于0.1mm。

6.3.28 每次监测应绘出裂缝的位置、形态和尺寸，注明日期，并应拍摄裂缝照片。

6.3.29 裂缝深度的监测，可采用超声波法，并应符合下列规定：

1 当监测部位只有一个可测表面，估计的裂缝深度不大于基础厚度的一半且不大于500mm时，可采用单面平测法；

2 当监测部位有两个相互平行的测试表面时，可采用双面穿透斜测法。

6.3.30 裂缝监测应提交下列成果资料：

- 1 裂缝位置分布图；
- 2 裂缝监测成果表；
- 3 裂缝变化曲线图；
- 4 裂缝监测技术报告。

6.3.31 对既有建筑基础的鉴定评价应包括下列内容：

1 结合既有基础的裂缝、腐蚀或破损程度，以及基础材料的强度等，对基础结构的完整性和耐久性进行分析评价；

2 对于桩基础，应结合桩身质量检验、场地岩土的工程性质、桩的施工工艺、沉降观测记录、载荷试验资料等，结合类似工程经验对桩的承载力进行分析和评价；

3 进行既有基础结构承载力验算，分析基础加固的必要性，提出基础加固方法的建议。

7 基础沉降和变形监测

7.1 一般规定

7.1.1 基础沉降和变形监测等级、精度、仪器设备和基准网的建立应符合JGJ8的规定。

7.1.2 对沉降监测资料分析时按照以下要求进行：

1 对既有地基基础的沉降观测应充分考虑到已有沉降并结合本次沉降资料进行综合分析后确定沉降量。如沉降量、沉降差、倾斜等超过 GB50007要求，应分析原因，进行鉴定，并采取加固措施。

2 当连续三个月沉降趋于稳定且建（构）筑物倾斜满足有关规范、规程要求时应结合既有结构鉴定情况、剩余工作年限及地下水位动态情况等，经综合分析后确定是否有加固的必要。

7.1.3 沉降和变形监测点布置应结合建（构）筑物工程特点和周边环境特点布置，并应符合JGJ8的规定。

7.1.4 条件成熟或受业主委托，宜对有代表性的既有建（构）筑物进行自动化监测。

7.2 沉降监测

7.2.1 沉降监测应测定基础的沉降量和沉降速率。

7.2.2 沉降监测宜采用水准测量方法或采用静力水准测量方法。

7.2.3 水准测量应符合下列规定：

1 应在标尺分划线成像清晰和稳定的条件下进行观测；

2 观测之前应将仪器置于露天阴影下，使仪器与外界气温趋于一致，并应在规定的温度范围内工作；

3 观测时，仪器应避免安置在空压机、搅拌机、卷扬机等施工机械振动影响的范围内；

4 在观测工作间歇时，宜在固定的水准点上结束，否则应选择两个稳定可靠的固定点作为间歇点。间歇后应检测两个间歇点的高差，符合要求后从间歇点起测。

7.2.4 水准测量每周期观测后，应及时整理观测资料，计算观测点的沉降量、沉降差以及本周期平均沉降量、累计沉降量和沉降速率。

7.2.5 沉降监测应提交下列成果资料：

- 1 工程平面位置图及基准点分布图；
- 2 沉降监测点位分布图；
- 3 沉降监测成果表；
- 4 时间-荷载-沉降量曲线图；
- 5 等沉降曲线图；
- 6 沉降监测技术报告。

7.3 水平位移监测

7.3.1 水平位移监测应根据现场作业条件选用视准线法、极坐标法、测小角法、激光准直法、位移计自动测计法、全球定位系统法、三维激光扫描法或近景摄影测量法等。

7.3.2 监测设备应根据监测等级和监测方法选择。

7.3.3 水平位移监测点的位置应选在墙角柱基及裂缝两侧等处。

7.3.4 使用视准线、激光准直、测小角等方法测量地面监测点在特定方向的位移应符合下列规定：

1 采用视准线法测定位移，宜在视准线两端各自向外的延长线上埋设检核点。在观测成果的处理中，应考虑视准线端点的偏差改正；

2 采用激光准直法测定位移，激光仪器在使用前必须进行检核，仪器射出的激光束轴线、发射系统轴线和望远镜照准轴应三者重合，观测目标应与最小激光斑重合；

3 采用小角法测定位移，应平行于待测建筑边线布置视准线，观测点偏离视准线的偏角不应超过 $30'$ 。

7.3.5 测量监测点任意方向位移时，可根据观测点的分布情况，采用前方交会、方向差交会、极坐标等方法；或采用直接量测位移分量的方向线法，在建筑纵、横轴线的相邻延长线上设置固定方向线，定期量测基础的纵向和横向位移。

7.3.6 水平位移监测应提交下列成果资料：

- 1 水平位移监测点位布置图；
- 2 水平位移监测成果表；
- 3 水平位移曲线图与建筑扭转曲线图；

4 水平位移监测技术报告。

7.4 自动化监测

7.4.1 条件成熟时，在既有地基基础建筑加固中应进行自动化监测。

7.4.2 进行自动化监测时，应结合项目特点编制自动化监测方案。

7.4.3 自动化监测方案中监测点的布置应结合具体工程特点布置。

7.4.4 自动化监测应进行试运行，确保运行正常，并应及时维护。

河南省工程勘察设计行业协会发布

8 纠倾加固设计

8.1 一般规定

8.1.1 纠倾加固适用于整体倾斜值超过GB50007规定的允许值，且影响正常使用或安全的既有建筑纠倾。

8.1.2 纠倾加固应根据工程实际情况选择迫降纠倾法和顶升纠倾法，遇到复杂情况时可采用多种纠倾方法联合进行。

8.1.3 迫降纠倾法分为掏土纠倾法、堆载纠倾法、降水纠倾法、浸水纠倾法、水冲法，其中掏土纠倾法又可分为基底掏土纠倾法、井式纠倾法、钻孔取土纠倾法。

8.1.4 迫降纠倾法适用于以下情况：

- 1 埋藏较浅的天然地基、垫层地基和散体桩复合地基；
- 2 整体沉降量或不均匀沉降量较大的建（构）筑物；
- 3 当建（构）筑物基础为桩基础时不适用。

8.1.5 顶升纠倾法适用于以下情况：

- 1 重量较小的建（构）筑物及同时需要加固地基的建构筑物。
- 2 整体沉降量或不均匀沉降量较大的建（构）筑物。

8.1.6 当采用浸水纠倾、降水纠倾影响到周边建（构）筑物安全时宜设计隔离桩，尽可能降低水对周边建（构）筑物的不利影响。

8.1.7 既有建筑纠倾加固设计前，应进行倾斜原因分析，对纠倾施工方案进行可行性论证，并对上部结构进行安全性评估。当上部结构不能满足纠倾施工安全性要求时，应先对上部结构进行加固。当可能发生再度倾斜时，应确定地基加固的必要性，并提出加固方案。

8.1.8 建筑物纠倾加固设计应具备下列资料：

- 1 纠倾建筑物有关设计和施工资料；
- 2 建筑场地岩土工程勘察资料；
- 3 建筑物沉降观测资料；
- 4 建筑物倾斜现状及结构安全性评价；
- 5 纠倾施工过程结构安全性评价分析。

8.1.9 进行设计时，应先对建筑物沉降较大一侧的地基进行加固，使该侧的建筑物沉降减少；根据监测结果，再对建筑物沉降较小一侧的地基进行加固，迫使建筑物倾斜纠正，沉降稳定。

8.1.10 纠倾前应设置严密的监测系统及防护措施。当缺少类似工程设计经验时，应进行试验性施工，通过现场试验确定其适用性，或调整设计参数、施工工艺与施工参数。

8.1.11 应制定出现异常情况的应急预案，防止初期倾斜加大及过量纠倾的技术处理措施。

8.1.12 既有建筑纠倾加固后，建筑物的整体倾斜值及各角点纠倾位移值应满足设计要求。尚未通过竣工验收的倾斜建筑物，纠倾后的验收标准，应符合有关新建工程验收标准要求。

8.1.13 既有建筑纠倾加固完成后，应立即对工作槽（孔）进行回填，对施工破损面进行修复；当上部结构因纠倾施工产生裂损时，应进行修复或加固处理。

8.2 迫降纠倾设计

8.2.1 迫降纠倾设计应根据地质条件、工程对象及类似工程经验综合分析后选用。

8.2.2 迫降纠倾设计应符合下列要求：

- 1 对建筑物倾斜原因，结构和基础形式、整体刚度，工程地质条件，环境条件等进行综合分析；
- 2 迫降纠倾不应上部结构产生结构损伤和破坏；
- 3 纠倾后的地基承载力、地基变形应按本标准第10章的有关规定进行验算，防止纠倾后的再度倾斜。当既有建筑的地基承载力和变形不能满足要求时，可按本标准第10章有关方法进行加固设计；
- 4 应确定各控制点的迫降纠倾量；
- 5 确定纠倾工程的施工工艺和操作要点，当施工对周边建筑物、管线等可能产生不良影响时，应采取有效施工措施。

8.2.3 进行迫降纠倾时应设置迫降的监控系统，并应满足以下要求：

1 沉降观测点纵向布置每边不应少于4点，横向每边不应少于2点，相邻测点间距不应大于6m，且建筑物角点部位应设置倾斜值观测点；

2 应根据建筑物的结构类型、基础形式及整体刚度确定纠倾速率。迫降速率不宜大于5mm/d，迫降接近终止时，应预留一定的沉降量，以防发生过纠现象。

8.2.4 掏土纠倾法可分为人工掏土法或水冲掏土法，适用于匀质黏性土、粉土、填土、淤泥质土和砂土上的浅埋基础建筑物的纠倾，并应符合下列要求：

1 人工掏土法可选择分层掏土、室外开槽掏土、穿孔掏土等方法，掏土范围、沟槽位置、宽度、深度应根据建筑物迫降量、地基土性质、基础类型、上部结构荷载中心位置及现场试验确定；

2 掏挖时应先从沉降量小的部位开始，逐渐过渡，依次掏挖；

3 掏挖时预先划分为多批次掏挖，依据下沉量逐级调整开挖；

4 当采用高压水冲掏土时，水冲压力、流量应根据土质条件通过现场试验确定，水冲压力宜为1.0MPa~3.0MPa，流量宜为40L/min；

5 水冲过程中，掏土槽应逐渐加深，不得超宽；

6 当出现掏土过量，或纠倾速率超出控制值时，应立即停止掏土施工。当纠倾至设计控制值可能出现过纠现象时，应立即采用砾砂、细石或卵石进行回填，确保安全。

8.2.5 井式纠倾包括人工或机械挖孔和沉井挖孔，适用于黏性土、粉土、砂土、淤泥、淤泥质土或填土等地基上建筑物的纠倾。

1 工作井可采用沉井或挖孔护壁等方式形成，具体应根据土质情况确定，井壁宜采用钢筋混凝土，井的内径不宜小于800mm，井壁混凝土强度等级不得低于C25；

2 井位应设置在建筑物沉降量较小的一侧，井位可布置在室内，井位数量、深度和间距应根据建筑物的倾斜情况、基础类型、场地环境和土层性质等综合确定；

3 当采用射水施工时，应在井壁上设置射水孔与回水孔，射水孔孔径宜为150mm~200mm，回水孔孔径宜为60mm；射水孔位置应根据地基土质情况及纠倾量进行布置，回水孔宜在射水孔下方交错布置；

4 挖至设计标高，终孔后应清除护壁上的泥土和孔底残渣、积水，并应进行隐蔽工程验收。验收合格后，应立即封底和灌注桩身混凝土；

5 其他要求应按照JGJ94的有关规定执行；

6 沉井工程设计应符合《给水排水工程钢筋混凝土沉井结构设计规程》CECS137的规定；

7 纠倾达到设计要求后，工作井及射水孔均应回填，射水孔可采用生石灰和粉煤灰拌合料回填。

8.2.6 钻孔取土纠倾适用于淤泥、淤泥质土等软弱地基上建筑物的纠倾。

8.2.7 堆载纠倾法适用于淤泥、淤泥质土和松散填土等软弱地基上体量较小且纠倾量不大的浅埋基础建筑物的纠倾。一般多在沉降量较小的一侧堆载，在沉降量较大的一侧卸载。

8.2.8 降水纠倾法适用于渗透系数大于 10^{-4}cm/s 的地基土层的浅埋基础建筑物的纠倾。设计时应分析论证施工对周边建筑物及环境的影响，并采取必要的隔水措施。

1 井位布置、井深、管井结构设计应结合场地建筑特点、地基结构、含水层分布确定；

2 管井结构设计包括井身结构、过滤器类型及井管配置、填砾的规格及位置、封闭的位置及所用材料、管井的附属设施如测水管、填砾等内容；

3 松散层中管井的深度，应根据拟采含水层（组）的顶板埋藏深度、过滤器的合理长度、过滤器的安装位置、沉淀管的长度来确定；

4 纠倾时应根据建筑物的纠倾量来确定抽降水量大小及水位下降深度，并应设置水位观测孔，记录所产生的水力坡降，与沉降实测值比较，调整纠倾水位降深；

5 应在邻近建筑附近设置水位观测井和回灌井，应采取措施防止对邻近建筑地基造成影响；

6 当降水对邻近建筑地基产生的附加沉降超过允许值时，应设置隔水帷幕等保护措施；

7 建筑物纠倾接近设计值时，应预留纠倾值的 $1/10 \sim 1/12$ 作为滞后回倾值，并停止降水，防止过度纠倾。

8.2.9 浸水纠倾法适用于湿陷性黄土地基较厚、湿陷性等级较大的地基及结构整体刚度较大的建筑物的纠倾，当建构（筑）物临近边坡时不适用。

1 根据建筑结构类型和场地条件，可选用注水孔、坑或槽等方式注水纠倾。注水孔、注水坑（槽）应布置在建筑物沉降量较小的一侧；

2 浸水纠倾前，应通过现场注水试验确定渗透半径、浸水量与渗透速度的关系；

3 当采用注水孔（坑）浸水时，应确定注水孔（坑）布置、孔径或坑的平面尺寸、孔（坑）深度、孔（坑）间距及注水量；当采用注水槽浸水时，应确定槽宽、槽深及分隔段的注水量；

4 应根据基础类型、地基土层参数、现场试验数据等估算注水后的后期纠倾值，防止过纠的发生，并对注水流入沉降较大一侧地基采取防护措施；

5 当浸水纠倾的速率过快时，应立即停止注水，并回填生石灰料或采取其他有效的措施；当浸水纠倾速率较慢时，可与其他纠倾方法联合使用；

8.2.10 当纠倾速率较小，或原纠倾方法无法满足纠倾要求时，可结合掏土、降水、堆载等方法综合使用进行纠倾。

8.3 顶升纠倾设计

8.3.1 顶升法适用于沉降稳定不需要加固处理地基的建（构）筑物倾斜。

8.3.2 顶升纠倾设计可根据建筑物基础类型和纠倾要求，选用整体顶升纠倾、局部顶升纠倾。顶升纠倾的最大顶升高度不宜超过800mm；采用局部顶升纠倾，应进行顶升过程结构的内力分析，当可能对结构产生裂缝等损伤时，应采取结构加固措施。

8.3.3 顶升纠倾的设计应符合下列要求：

1 通过上部钢筋混凝土顶升梁与下部基础梁组成上、下受力梁系，中间采用千斤顶顶升，受力梁系平面上应连续闭合，且应进行承载力及变形等验算（图8.3.3-1）；

2 顶升梁应通过托换加固形成，顶升托换梁宜设置在地面以上500mm位置，当基础梁埋深较大时，可在基础梁上增设钢筋混凝土千斤顶底座，并与基础连成整体。顶升梁、千斤顶、底座应形成稳固的整体（图8.3.3-2）；

3 对砌体结构建筑，可根据墙体线荷载分布布置顶升点，顶升点间距不宜大于1.5m，且应避开门窗洞及薄弱承重构件位置；对框架结构建筑，应根据柱荷载大小布置。单片墙或单柱下顶升点数量可按下式估算：

$$n \geq K \frac{Q}{N_a} \quad (8.3.3)$$

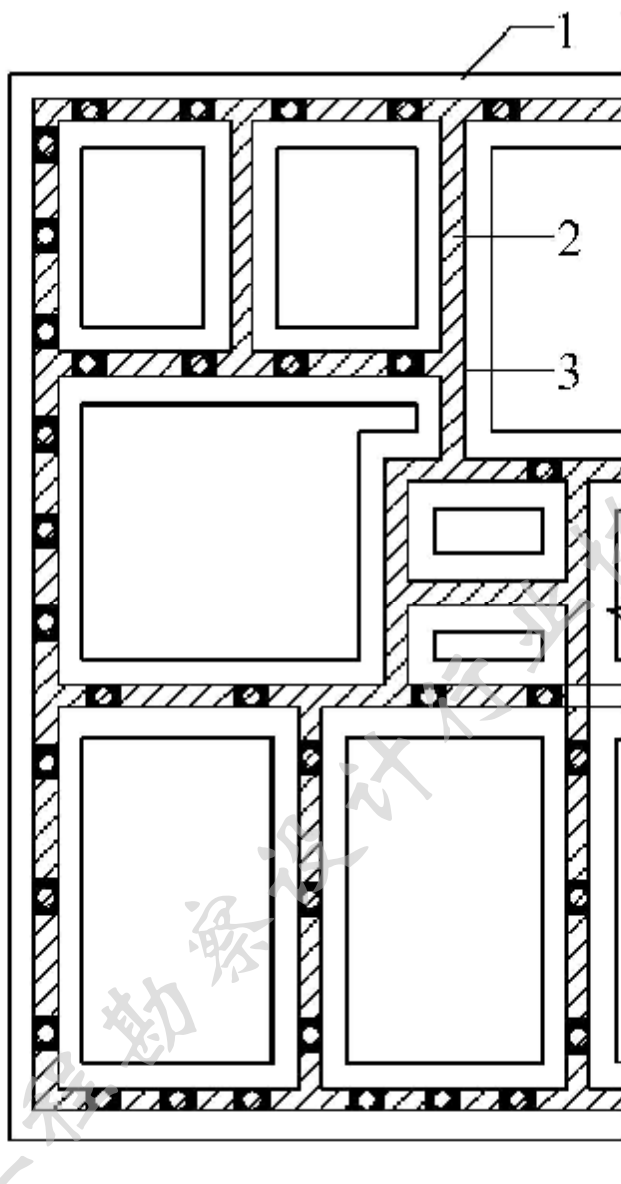
式中： n ——顶升点数（个）；

Q ——相应于作用的标准组合时，单片墙总荷载或单柱集中荷载（kN）；

N_a ——顶升支承点千斤顶的工作荷载设计值（kN），可取千斤顶额定工作荷载的0.8；

K ——安全系数，可取2.0；

4 顶升量可根据建筑物的倾斜值、使用要求以及设计过纠量确定。纠倾后，倾斜值应符合GB50007的要求。



(a) 砌体结构建筑

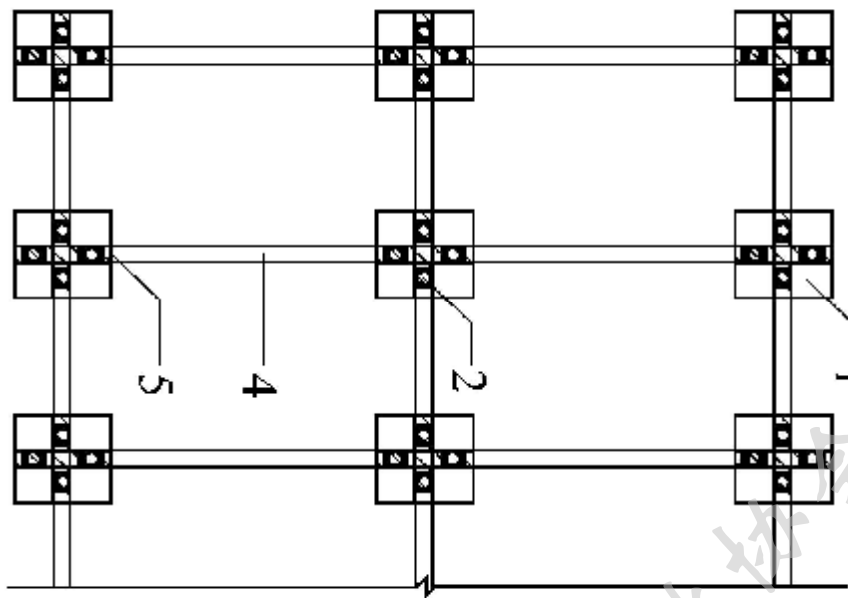


图8.3.3-1 千斤顶平面布置图

1—基础；2—千斤顶；3—托换梁；4—连系梁；5—后置牛腿

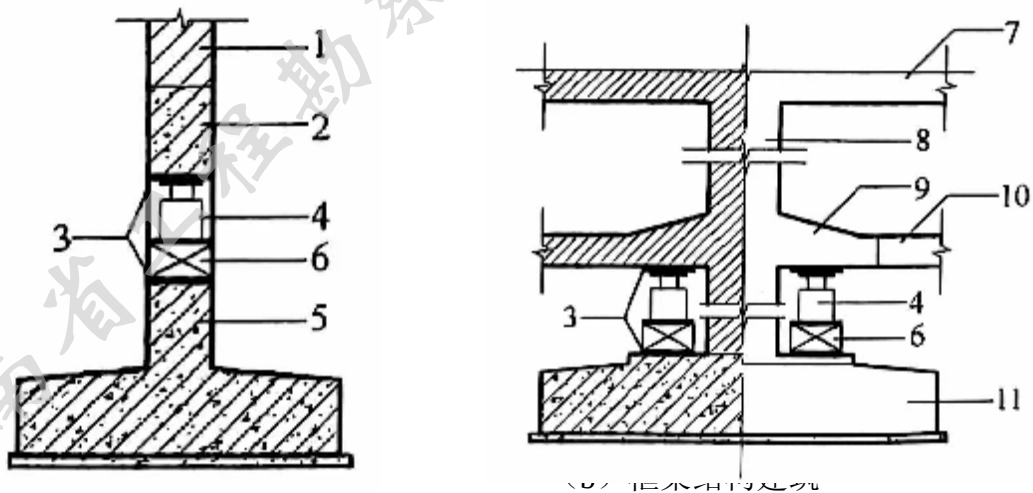


图8.3.3-2 顶升梁、千斤顶、底座布置

1—墙体；2—钢筋混凝土顶升梁；3—钢垫板；4—千斤顶；5—钢筋混凝土基础梁；6—垫块（底座）；7—框架梁；8—框架柱；9—托换牛腿；10—连系梁；11—原基础

8.3.4 根据上部结构的刚度，必要时可临时设置支撑保障上部结构安全。

8.3.5 砌体结构建筑的顶升梁系，可按倒置在弹性地基上的墙梁设计，并应符合下列要求：

1 顶升梁设计时，计算跨度应取相邻三个支承点中两边缘支承点间的距离，并进行顶升梁的截面承载力及配筋设计；

2 当既有建筑的墙体承载力验算不能满足墙梁的要求时，可调整支承点的间距或对墙体进行加固补强。

8.3.6 框架结构顶升包括框架柱截断、截断后保障整体稳定的临时支撑系统设计、顶升速率控制、框架柱的恢复。顶升梁系包含顶升牛腿及连系梁两个部分，牛腿应按后设置牛腿设计，并应符合下列规定：

1 计算分析截断前、后柱端的抗压，抗弯和抗剪承载力是否满足顶升要求；

2 后设置牛腿应符合GB/T50011的规定，并验算牛腿的正截面受弯承载力，局部受压承载力及斜截面的受剪承载力；

3 后设置牛腿设计时，钢筋的布置、焊接长度及（植筋）锚固应符合GB/T50010和GB50367的有关规定。

9 托换加固设计

9.1 一般规定

9.1.1 托换加固设计适用于以下既有建筑地基基础的加固：

- 1 地基不均匀变形引起建筑物倾斜、裂缝；
- 2 地震、地下洞穴及采空区土体移动，软土地基沉陷等引起建筑物损害；
- 3 建筑功能改变，结构承重体系改变，基础形式改变；
- 4 新建地下工程，邻近新建建筑，深基坑开挖，降水等引起建筑物损害；
- 5 地铁及地下工程穿越既有建筑，对既有建筑地基影响较大时；
- 6 古建筑保护；
- 7 其他需采用基础托换的工程；
- 8 上部荷载增加较多，扩展基础采用扩大面积仍不满足设计要求。

9.1.2 托换加固设计应根据工程的结构类型、基础形式、荷载情况以及场地地基情况进行方案比选，采用整体托换、局部托换、抬墙托换、桩式托换的设计方案。

9.1.3 托换加固设计应满足下列要求：

- 1 按上部结构、基础、地基变形协调原则进行承载力、变形验算；
- 2 当既有建筑基础沉降、倾斜、变形、开裂超过国家有关规范、规程规定的控制指标时，应在原因分析的基础上，进行托换加固设计。

9.2 设计

9.2.1 整体托换加固设计应符合下列要求：

- 1 对于砌体结构，应在承重墙与基础梁间设置托换梁，对于框架结构，应在承重柱与基础间设置托换梁；

2 砌体结构的托换梁，可按连续梁计算。框架结构的托换梁，可按倒置的牛腿计算；

3 基础梁应进行地基承载力和变形验算；原基础梁刚度不满足时，应增大截面尺寸；地基承载力和变形验算不满足要求时，可按本标准第10章的方法进行地基基础加固；

4 按托换过程中最不利工况，进行上部结构内力复核；

5 分析评价进行上部结构加固的必要性及采取的保护措施。

9.2.2 局部托换加固设计应符合下列要求：

1 进行上部结构的受力分析，确定局部托换加固的范围，明确局部托换的变形控制标准；

2 进行局部托换加固的地基承载力和变形验算；

3 进行局部托换基础或基础梁的内力验算；

4 按局部托换最不利工况，进行上部结构的内力、变形复核；

5 分析评价进行上部结构加固的必要性及采取的保护措施。

9.2.3 新建地铁或地下工程穿越建筑物时，地基基础托换加固设计应符合下列要求：

1 应进行穿越工程对既有建筑物影响的分析评价，计算既有建筑的内力和变形。影响较小时，可采用加强建筑物基础刚度和结构刚度，或采用隔断防护措施的方法；可能引起既有建筑裂缝和正常使用时，可采用地基加固和基础、上部结构加固相结合的方法；穿越施工既有建筑存在安全隐患时，应采用加强上部结构的刚度、局部改变结构承重体系和加固地基基础的方法；

2 需切断建筑物桩体或在桩端下穿越时，应采用桩梁式托换、桩筏式托换以及增加基础整体刚度、扩大基础的荷载托换体系，必要时应采用整体托换技术；

3 穿越天然地基、复合地基的建筑物托换加固，应采用桩梁式托换、桩筏式托换或地基注浆加固的方法。

9.2.4 既有建筑功能改造，改变上部结构承重体系或基础形式，地基基础托换加固设计，可采用下列方法：

1 建筑物需增加层高或因建筑物沉降量过大，需抬升时，可采用整体托换；

2 建筑物改变平面尺寸，增大开间或使用面积，改变承重体系时，可采用局部托换；

3 建筑物增加地下室，宜采用桩基进行整体托换。

9.2.5 因地震、地下洞穴及采空区土体移动、软土地基变形、地下水位变化、湿陷等造成地基基础损害时，托换加固设计可采用下列方法：

1 建筑物不能正常使用时，可采用整体托换加固，也可采用改变基础形式的方法进行处理；

2 结构（包括基础）构件损害，不能满足设计要求时，可采用局部托换及结构构件加固相结合的方法；

3 地基承载力和变形不满足要求时应进行地基基础加固。

9.2.6 采用抬墙法托换加固设计应符合下列要求：

1 抬墙梁应根据其受力特点按GB/T50010的规定进行结构设计；

2 抬墙梁的位置，应避开一层门窗洞口，当不能避开时，应对抬墙梁上方的门窗洞口采取加强措施；

3 当抬墙梁与上部墙体材料不同时，抬墙梁处的墙体，应进行局部承压验算。

9.2.7 采用桩式托换加固设计应满足下列要求：

1 当有地下洞穴、采空区影响时，应进行成桩可行性分析；

2 评估托换桩的施工对原基础的影响。对产生影响的基础采取加固处理后，方可进行托换桩施工；

3 布桩时，托换桩与新建地下工程、采空区、地下洞穴净距不应小于1.0m，托换桩端进入地下工程、采空区、地下洞穴底面以下土层的深度不应小于1.0m；

4 采取减少托换桩与原基础沉降差的措施。

10 地基基础加固设计

10.1 一般规定

10.1.1 既有建筑地基基础加固设计计算，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GB 50007的有关规定；

2 地基稳定性计算应符合GB 50007的有关规定；

10.1.2 既有建筑地基基础加固设计应遵循新、旧基础，新增桩和原有桩变形协调原则，进行地基基础计算。新、旧基础的连接应采取可靠的技术措施。

10.1.3 常见的地基基础加固方法包括基础补强设计、扩大基础设计、各类桩基础加固设计、注浆加固设计。

10.1.4 当建（构）筑物荷载较大，跨地貌单元、地质条件复杂时，应优先采用桩基础加固，桩端应选择较好的持力层。

10.1.5 当建（构）筑物荷载不大，不跨地貌单元、地质条件较简单时可采用复合地基、注浆地基等。

10.1.6 当采用坑式静压桩、锚杆静压桩、钢管桩、树根桩等桩基础时，桩端应选择在较好的持力层上，其单桩承载力初步计算时可按本标准附录C进行估算，同时应结合类似工程设计经验综合分析后确定。

10.1.7 对湿陷性黄土或填土地基，应结合桩侧土工程地质特征考虑对桩侧阻力进行折减。

10.1.8 当上部建筑荷载较大及软土或软弱土地基宜采用复合桩设计。

10.1.9 当选用钢管桩等进行既有建筑地基基础加固时，应采取有效的防腐或增加钢管壁厚的技术保护措施。

10.1.10 进行既有建筑地基基础加固时应对既有建筑及其邻近建筑、地下管线和地面的沉降、倾斜、位移和裂缝进行监测。

10.2 天然地基承载力确定与计算

10.2.1 既有建筑地基承载力特征值的确定应符合下列要求并应结合实际工程经验综合分析后确定：

1 当场地不具备试验条件时，可按本标准附录A的方法，并结合场地最新勘察成果分析确定；

2 当不改变基础埋深及尺寸，直接增加荷载时，可按本标准附录B的方法确定；

3 既有建筑外接结构地基承载力特征值，应按外接结构的地基变形允许值确定；

4 对于需要加固的地基，应采用地基处理后检验确定的地基承载力特征值；

5 对既有建筑基础为扩大基础的地基承载力特征值，宜采用原天然地基承载力特征值。

10.2.2 地基基础加固或增加荷载后，基础底面压力按下列公式确定：

1 当轴心荷载作用时：

$$p_k = \frac{F_k + G_k}{A} \quad (10.2.2-1)$$

式中： p_k ——相应于作用的标准组合时，地基基础加固或增加荷载后，基础底面的平均压力值（kPa）；

F_k ——相应于作用的标准组合时，地基基础加固或增加荷载后，上部结构传至基础顶面的竖向力值（kN）；

G_k ——基础自重和基础上的土重（kN）；

A ——基础底面积（m²）。

2 当偏心荷载作用时：

$$p_{k\max} = \frac{F_k + G_k}{A} + \frac{M_k}{W} \quad (10.2.2-2)$$

$$p_{k\min} = \frac{F_k + G_k}{A} - \frac{M_k}{W} \quad (10.2.2-3)$$

式中： p_{kmax} ——相应于作用的标准组合时，地基基础加固或增加荷载后，基础底面边缘最大压力值（kPa）；

M_k ——相应于作用的标准组合时，地基基础加固或增加荷载后，作用于基础底面的力矩值（kN·m）；

p_{kmin} ——相应于作用的标准组合时，地基基础加固或增加荷载后，基础底面边缘最小压力值（kPa）；

W ——基础底面的抵抗矩（m³）。

10.2.3 既有建筑地基基础加固或增加荷载时，地基承载力计算应符合下列规定：

1 当轴心荷载作用时：

$$p_k \leq f_a \quad (10.2.3-1)$$

式中： f_a ——修正后的既有建筑地基承载力特征值（kPa）。

2 当偏心荷载作用时，除应符合式（10.2.2-1）要求外，尚应符合下式规定：

$$p_{kmax} \leq 1.2f_a \quad (10.2.3-2)$$

10.3 单桩承载力计算

10.3.1 地基基础加固或增加荷载后，既有建筑桩基础群桩中单桩桩顶竖向力和水平力，应按下列公式计算：

1 轴心竖向力作用下：

$$Q_k = \frac{F_k + G_k}{n} \quad (10.3.1-1)$$

2 偏心竖向力作用下：

$$Q_{ik} = \frac{F_k + G_k}{n} \pm \frac{M_{xk} y_i}{\sum y_i^2} \pm \frac{M_{yk} x_i}{\sum x_i^2} \quad (10.3.1-2)$$

式中： Q_k ——地基基础加固或增加荷载后，轴心竖向力作用下任一单桩的竖向力（kN）；

F_k ——相应于作用的标准组合时，地基基础加固或增加荷载后，作用于桩基承台顶面的竖向力（kN）；

G_k ——地基基础加固或增加荷载后，桩基承台自重及承台上土自重（kN）；

n ——桩基中的桩数；

Q_{ik} ——地基基础加固或增加荷载后，偏心竖向力作用下第*i*根桩的竖向力（kN）；

M_{xk} 、 M_{yk} ——相应于作用的标准组合时，作用于承台底面通过桩群形心的*x*、*y*轴的力矩（kN·m）；

x_i 、 y_i ——桩*i*至桩群形心的*y*、*x*轴线的距离（m）。

10.3.2 既有建筑基础单桩承载力计算，应符合下列规定：

1 轴心竖向力作用下：

$$Q_k \leq R_a \quad (10.3.2-1)$$

式中： R_a ——既有建筑基础单桩竖向承载力特征值（kN）。

2 偏心竖向力作用下，除满足公式（10.3.2-1）外，尚应满足下式要求：

$$Q_{ik\max} \leq 1.2R_a \quad (10.3.2-2)$$

式中： Q_x ——基础中受力最大的单桩荷载值（kN）。

10.3.3 既有建筑基础单桩承载力特征值的确定，应符合下列规定：

1 既有建筑基础下原有的桩，以及新增加的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；既有建筑原有桩的单桩静载荷试验，可按本标准附录C进行；在同一条件下的试桩数量，不宜少于增加总桩数的1%，且不应少于3根；新增加桩的单桩竖向承载力特征值，应按GB50007的方法确定；

2 当根据土的物理指标与承载力参数之间的经验关系确定新增加桩的单桩竖向极限承载力标准值时，设计时宜按下式估算：

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{pk} = u \sum q_{sik} l_i + q_{pk} A_p \quad (10.3.3)$$

式中： q_{sik} ——桩侧第*i*层土的极限侧阻力标准值；

q_{pk} ——极限端阻力标准值；

A_p ——桩底端横截面面积 (m^2) ;

u_p ——桩身周边长度 (m) ;

l_i ——第*i*层岩土厚度 (m) 。

3 如要准确确定单桩承载力特征值, 可按本标准附录D执行。

10.3.4 当根据土的物理指标与承载力参数之间的经验关系确定钢管桩单桩竖向极限承载力标准值时, 可按下列公式计算:

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{pk} = u \sum q_{sik} l_i + l_p q_{pk} A_p \quad (10.3.4-1)$$

$$\text{当 } h_b / d < 5 \text{ 时, } l_p = 0.16 h_b / d \quad (10.3.4-2)$$

$$\text{当 } h_b / d \geq 5 \text{ 时, } l_p = 0.8 \quad (10.3.4-3)$$

式中: q_{sik} 、 q_{pk} ——分别按本标准附录C取与混凝土预制桩相同值;

l_p ——桩端土塞效应系数, 对于闭口钢管桩 $l_p = 1$, 对于敞口钢管桩按式 (10.3.4-2)、(10.3.4-3) 取值;

h_b ——桩端进入持力层深度;

d ——钢管桩外径。

对于带隔板的半敞口钢管桩, 应以等效直径 d_e 代替 d 确定 l_p ;
 $d_e = d / \sqrt{n}$; 其中 n 为桩端隔板分割数 (图10.3.4)。

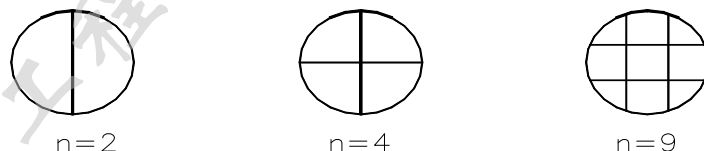


图10.3.4 隔板分割

10.3.5 在既有建筑基础内增加桩时, 宜按新增加的全部荷载, 由新增加的桩承担进行承载力计算。

10.3.6 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。

10.3.7 既有建筑桩基础扩大基础并增加桩时, 新增加的荷载由原基础桩和新增加桩共同承担, 进行承载力计算。

10.3.8 对于尚未完成自重固结的填土和以生活垃圾为主的杂填土，不计算其侧阻力。

10.3.9 符合下列条件之一的桩基，当桩周土层产生的沉降超过基桩的沉降时，在计算基桩承载力时应计入桩侧负摩阻力：

1 桩穿越较厚松散填土、自重湿陷性黄土、欠固结土、液化土层进入相对较硬土层时；

2 桩周存在软弱土层，邻近桩侧地面承受局部较大的长期荷载，或地面大面积堆载（包括填土）时；

3 由于降低地下水位，使桩周土有效应力增大，并产生显著压缩沉降时。

10.3.10 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GB50007的有关规定。

10.3.11 对邻近新建建筑、深基坑开挖、新建地下工程改变原建筑地基基础设计条件时，原建筑地基应根据改变后的条件，按GB50007的规定进行承载力验算。

10.4 地基变形计算

10.4.1 既有建筑地基基础加固或增加荷载后，建筑物相邻柱基的沉降差、局部倾斜、整体倾斜的允许值，应符合GB50007的有关规定。

10.4.2 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。

10.4.3 对地基基础加固或增加荷载的既有建筑，其地基最终变形量可按下式确定：

$$S = S_0 + S_1 + S_2 \quad (10.4.3)$$

式中： s —地基最终变形量（mm）；

s_0 —既有地基基础加固前，已完成的地基变形量，可由沉降观测资料确定，或类似工程估算（mm）；

s_1 —既有地基基础加固后产生的地基变形量（mm）；

s_2 —既有建筑物尚未完成的地基变形量（mm），可由沉降观测结果推算，或类似工程经验类比确定。

10.4.4 地基基础加固或增加荷载后产生的地基变形量，可按下列要求计算：

1 天然地基不改变基础尺寸时，可按增加荷载量，采用由本标准附录B试验得到的变形模量计算；

2 扩大基础尺寸或改变基础形式时，可按增加荷载量，以及扩大后或改变后的基础面积，采用原地基压缩模量计算；

3 地基加固时，可采用加固后经检验测得的地基压缩模量或变形模量计算。

10.4.5 采用增加桩进行地基基础加固的建筑物基础沉降，可按下列要求计算：

1 既有建筑不改变基础尺寸，在原基础内增加桩时，可按增加荷载量，采用桩基础沉降计算方法计算；

2 既有建筑独立基础、条形基础扩大基础增加桩时，可按新增加的桩承担的新增荷载，采用桩基础沉降计算方法计算；

3 既有建筑桩基础扩大基础增加桩时，可按新增加的荷载，由原基础桩和新增加桩共同承担荷载，采用桩基础沉降计算方法计算。

10.4.6 对既有建筑地基基础沉降的计算应考虑既有建筑地基基础已经发生的沉降量。

10.5 扩大基础设计

10.5.1 扩大基础设计包括扩大基础底面积设计、加深基础设计和抬墙梁设计等。

10.5.2 扩大基础底面积设计适用于当既有建筑物荷载增加、地基承载力或既有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。设计时应采取有效措施，保证新、旧基础连接牢固。

10.5.3 扩大基础底面积设计应符合下列要求：

1 当基础承受偏心受压荷载时，可采用不对称加宽基础；当承受中心受压荷载时，可采用对称加宽基础；

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 当采用混凝土套加固时，基础每边加宽后的外形尺寸应符合GB50007中有关无筋扩展基础或刚性基础台阶宽高比允许值的规定，沿基础高度隔一定距离应设置锚固钢筋；

4 当采用钢筋混凝土套加固时，基础加宽部分的主筋应与原基础内主筋焊接连接；

5 当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。

10.5.4 加深基础设计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。将原基础埋置深度加深，使基础支承在较好的持力层上。当地下水位较高时，可采取相应的降水或排水措施，同时应分析评价降排水对既有建（构）筑物的影响。设计时应考虑原基础能否满足施工要求，必要时应进行基础加固。

10.5.5 抬墙梁设计可采用预制的钢筋混凝土梁或钢梁，穿过原房屋基础梁下，置于基础两侧预先做好的钢筋混凝土桩或墩上。抬墙梁的平面位置应避开一层门窗洞口。

10.6 注浆补强基础设计

10.6.1 通过注浆补强基础设计适用于因不均匀沉降、冻胀或其他原因引起的基础裂损的加固。注浆加固适用于地坪、库房及荷载不大的低层建筑物下有砂土、粉土、黏性土和人工填土等地基的加固。

10.6.2 注浆基础补强设计应符合下列要求：

1 在原基础裂损处钻孔，注浆管直径可为25mm，钻孔与水平面的倾角不应小于30°，钻孔孔径不应小于注浆管的直径，钻孔孔距0.5m～1.0m；

2 浆液材料采用水泥浆或改性环氧树脂等，注浆压力取0.1MPa～0.3MPa；

3 对单独基础每边钻孔不少于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。

10.6.3 注浆用水泥的强度等级不宜小于32.5级，注浆时可掺用粉煤灰，掺入量可为水泥重量的20%~50%。水泥浆的水灰比宜为0.6~2.0，常用水灰比为1.0。

10.6.4 注浆加固地坪、库房等构筑物时注浆孔的孔径宜为70mm~110mm，垂直度偏差不应大于1%。注浆孔间距应根据现场试验确定，宜为1.2m~2.0m；注浆孔可布置在基础内、外侧或基础内，基础内注浆后，应采取措施对基础进行封孔。

10.6.5 当注浆与钢管桩结合时，可参考该章有关内容进行。

10.6.6 注浆量和注浆有效范围的初步设计应通过现场注浆试验确定。在黏性土地基中，浆液注入率宜为15%~20%。注浆点上的覆盖土厚度不应小于2.0m。

10.7 锚杆静压桩设计

10.7.1 锚杆静压桩适用于黏性土、粉土、填土、湿陷性黄土等地基加固。

10.7.2 设计桩数应由上部结构荷载及单桩竖向承载力计算确定，设计压桩力不得大于该加固部分的结构自重。

10.7.3 压桩孔应布置在墙体的内外两侧或柱子四周。其孔口每边不宜小于桩截面边长的50mm~100mm。

10.7.4 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或抬梁作为压桩承台。

10.7.5 桩身材料除应满足JGJ94的规定外，尚应符合下列要求：

1 桩身可采用钢筋混凝土桩、钢管桩、预制管桩、型钢等；

2 钢筋混凝土桩宜采用方形，其边长宜为200mm~350mm；钢管桩直径宜为100mm~600mm，壁厚宜为5mm~10mm；预制管桩直径宜为400mm~600mm，壁厚不宜小于10mm；

3 每段桩节长度，应根据施工净空高度及机具条件确定，每段桩节长度宜为1.0m~3.0m；

4 钢筋混凝土桩的主筋配置应按计算确定，且应满足最小配筋率要求。当方桩截面边长为200mm时，配筋不宜少于4 ϕ 10；当边长为250mm时，配筋不宜少于4 ϕ 12；当边长为300mm时，配筋不宜少于4 ϕ 14；当边长为350mm时，配筋不宜少于4 ϕ 16；抗拔桩主筋由计算确定；

5 钢筋宜选用HRB400级以上，桩身混凝土强度等级不应小于C30。

10.7.6 当单桩承载力特征值大于1500kN时，宜选用直径不小于400mm的钢管桩。

10.7.7 当桩身承受拉应力时，桩节的连接应采用焊接接头；其他情况下，桩节的连接可采用硫磺胶泥或其他方式连接。当采用硫磺胶泥接头连接时，桩节两端连接处，应设置焊接钢筋网片，一端应预埋插筋，另一端应预留插筋孔和吊装孔；当采用焊接接头时，桩节的两端均应设置预埋连接件。

10.7.8 原基础承台除应满足承载力要求外，尚应符合下列要求：

1 承台周边至边桩的净距不宜小于300mm；

2 承台厚度不宜小于400mm；

3 桩顶嵌入承台内长度应为50mm~100mm；当桩承受拉力或有特殊要求时，应在桩顶四角增设锚固筋，锚固筋伸入承台内的锚固长度，应满足钢筋锚固要求；

4 压桩孔内应采用混凝土强度等级为C30或不低于基础强度等级的微膨胀早强混凝土浇筑密实；

5 当原基础厚度小于350mm时，压桩孔应采用2 ϕ 16钢筋交叉焊接于锚杆上，并应在浇筑压桩孔混凝土时，在桩孔顶面以上浇筑桩帽，厚度不得小于150mm。

10.7.9 反力架锚杆应根据压桩力大小通过计算确定。锚杆可采用带螺纹锚杆、端头带镦粗锚杆或带爪肢锚杆，并应符合下列要求：

1 当压桩力小于400kN时采用M24锚杆；当压桩力为400kN~500kN时采用M27锚杆；

2 锚杆螺栓在锚杆孔内的胶粘剂采用植筋胶。

3 锚杆与压桩孔、周围结构及承台边缘的距离不应小于200mm。

10.7.10 根据静力触探资料预估最大压桩力选择压桩设备。最大压桩力 P 和设计最终压桩力 P 分别按式(10.7.10-1)和式(10.7.10-2)计算:

$$P_{p(z)} = K_s \cdot p_{s(z)} \quad (10.7.10-1)$$

$$P_p = K_p \cdot R_d \quad (10.7.10-2)$$

式中: $P_{p(z)}$ ——桩入土深度为 z 时的最大压桩力(kN);

K_s ——换算系数(m^2), 一般取2.0;

$p_{p(z)}$ ——桩入土深度为 z 时的最大比贯入阻力(kPa);

P_p ——设计最终压桩力(kN);

K_p ——压桩力系数一般不宜小于2.0;

R_d ——单桩竖向承载力特征值(kN)。

10.7.11 桩尖应达到设计持力层及相应深度, 且压桩力不小于设计单桩承载力1.5倍时、持续时间不少于5min时可终止压桩。

10.8 树根桩设计

10.8.1 树根桩适用于黏性土、粉土、砂土、碎石土及填土等地基加固。

10.8.2 树根桩设计应符合下列要求:

1 树根桩的直径宜为150mm~400mm, 桩长不宜超过30m, 桩的布置可采用直桩或网状结构斜桩;

2 桩身混凝土强度等级不应小于C30; 混凝土细石骨料粒径宜为10mm~25mm; 钢筋笼外径宜小于设计桩径的40mm~60mm; 主筋直径宜为12mm~18mm; 箍筋直径宜为6mm~8mm, 间距宜为150mm~250mm; 主筋不得少于3根; 桩承受压力作用时, 主筋长度不得小于桩长的2/3; 桩承受拉力作用时, 桩身应通长配筋; 对直径小于200mm树根桩, 宜注水泥砂浆, 砂粒粒径不宜大于0.5mm;

3 可用钢管代替树根桩中的钢筋笼, 并采用压力注浆提高桩基承载力。

10.8.3 树根桩设计时，应对既有建筑基础进行承载力验算。当既有基础不满足承载力要求时，应对原基础进行加固或增设新的桩承台。

10.8.4 进行网状结构树根桩设计时，可将桩及周围土体视作整体结构进行整体验算，并应对网状结构中的单根树根桩进行内力分析和计算。

10.8.5 网状结构树根桩的整体稳定性计算，可采用假定滑动面不通过网状结构树根桩的加固体进行计算。

10.9 坑式静压桩设计

10.9.1 坑式静压桩适用于淤泥、淤泥质土、黏性土、粉土、湿陷性黄土和人工填土且地下水位较低的地基加固。

10.9.2 坑式静压桩设计应符合下列要求：

1 桩身可采用直径为100mm~500mm的开口钢管，或边长为150mm~350mm的预制钢筋混凝土方桩；

2 钢管桩管内应满灌混凝土，桩管外宜做防腐处理，桩段之间的连接宜用焊接连接；钢筋混凝土预制桩，上、下桩节之间宜用预埋插筋并采用硫磺胶泥接桩，或采用上、下桩节预埋铁件焊接成桩；

3 桩的平面布置应根据既有建筑的墙体和基础形式及荷载大小确定，可采用一字形、三角形、正方形或梅花形等布置方式，应避开门窗等墙体薄弱部位，且应设置在结构受力节点位置。

10.9.3 当既有建筑基础承载力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，加强基础结构的承载力和刚度。

10.10 复合桩设计

10.10.1 复合桩适用于场地地质条件较差、地基土为淤泥、淤泥质土等，且对单桩承载力要求较高的既有建筑加固。

10.10.2 水泥土复合管桩的设计应符合下列要求：

1 宜选用中、低压缩性土层作为桩端持力层，管桩长度一般不小于水泥土桩长度的2/3；

管桩可采用A型桩、AB型或B型预应力高强混凝土管桩，直径宜为300mm、400mm、500mm；

2 水泥土桩直径 D 与管桩直径 d 之差，应根据环境类别、承载力要求、桩侧土性质等综合确定，且不应不小于300mm；

3 水泥土桩直径与管桩直径之比可按表10.10.2的规定确定，水泥土强度高者取低值，反之取高值。

表10.10.2 水泥土桩直径与管桩直径之比

d (mm)	300	400
D/d	2.5~3.0	2.0~2.5

10.10.3 对于排数不少于3排且桩数不少于9根的桩基，基桩的中心距不应小于 $4.5d$ ，且不应小于 $2.5D$ ；对于其他情况的桩基，基桩的中心距不应小于 $4.0d$ ，且不应小于 $2.5D$ 。

11 加固施工

11.1 一般规定

11.1.1 加固施工前，应结合工程特点结合场地条件编制详细的专项施工方案，并经专家论证后实施。

11.1.2 编制既有地基基础加固施工方案时，应分析评价施工工艺和方法对既有建筑附加变形的影响。应分析施工对周边建筑物及环境的影响，并采取必要的工程措施。

11.1.3 对既有建筑地基基础加固采取的施工方法，应保证新、旧基础可靠连接。

11.1.4 邻近新建建筑、深基坑开挖、新建地下工程对既有建筑产生影响时，除应优化新建地下工程施工方案外，尚应对既有建筑采取深基坑开挖支挡、地下墙（桩）隔离地基应力和变形、地基基础或上部结构加固等保护措施。

11.1.5 当缺少类似工程经验时应进行试验性施工，及时修改设计、施工参数。

11.1.6 当采用桩基础施工时，应采取工程措施确保桩端置于较好的持力层上。

11.1.7 施工过程中应采用信息化施工，及时全面监测掌握既有建筑施工中的变化规律及发展趋势，指导工程实践，及时调整施工工艺，尽量减少施工对既有建（构）筑物的不利影响。

11.1.8 应对既有建筑结构变形、裂缝、基础沉降进行监测；工程需要时，尚应进行应力（或应变）监测。

11.1.9 加固项目施工完毕应按照设计要求及时回填工作坑，导坑回填应达到设计密实度要求。

11.1.10 既有建筑地基基础工程施工除应符合本标准外，尚应符合GB 51004的规定。

11.2 扩大基础法施工

11.2.1 加大基础底面积法的施工应符合下列要求：

1 在灌注混凝土前，应将原基础凿毛和刷洗干净，刷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 当采用混凝土套加固时，基础每边加宽后的外形尺寸应符合GB50007中有关无筋扩展基础或刚性基础台阶宽高比允许值的规定，沿基础高度隔一定距离应设置锚固钢筋；

4 当采用钢筋混凝土套加固时，基础加宽部分的主筋应与原基础内主筋焊接连接；

5 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。

11.2.2 进行基础加深的混凝土墩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。基础加深的施工，应按下列要求进行：

1 先在贴近既有建筑基础的一侧分批、分段、间隔开挖长约1.2m、宽约0.9m的竖坑，对坑壁不能直立的砂土或软弱地基，应进行坑壁支护，竖坑底面埋深应大于原基础底面埋深1.5m；

2 在原基础底面下，沿横向开挖与基础同宽，且深度达到设计持力层深度的基坑；

3 基础下的坑体，应采用现浇混凝土灌注，并在距原基础底面下200mm处停止灌注，待养护一天后，用掺入膨胀剂和速凝剂的干稠水泥砂浆填入基底空隙，并挤实填筑的砂浆。

11.2.3 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。

11.2.4 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总面积的20%，施工顺序应先从角端处开始。

11.3 纠倾施工

I 迫降纠倾施工

11.3.1 迫降纠倾施工前，应对建筑物及现场进行详细查勘，检查纠倾施工可能影响的周边建筑物和场地设施，并应采取措施消除迫降纠倾施工的影响，或降低影响程度及影响范围，并做好查勘记录。

11.3.2 堆载纠倾施工应符合下列要求：

1 应根据工程规模、基底附加压力的大小及土质条件，确定堆载纠倾施加的荷载量、荷载分布位置和分级加载速率。

2 应评价地基土的整体稳定，控制加载速率；施工过程中，应进行沉降观测。

11.3.3 井式纠倾施工应符合下列要求：

1 采用人工挖孔或机械挖孔时，应按照设计要求进行施工，每次人员进入井孔时应测定有毒气体、检查用电、通风、软梯等有关安全措施；

2 井孔施工时，应观察土层的变化，防止流砂、涌土、塌孔、突陷等意外情况出现。施工前应制定相应的防护措施；

3 当遇有局部或厚度不大于1.5m的流动性淤泥和可能出现涌土涌砂时，护壁施工可按下列方法处理：

1) 将每节护壁的高度减小到300~500mm，并随挖、随验、随灌注混凝土；

2) 采用钢护筒或有效的降水措施；

4 其他要求应按照JGJ94的有关规定执行；

5 进行沉井工程施工时应符合《沉井与气压沉箱施工规范》GB/T51130的规定。

11.3.4 钻孔取土纠倾施工，应符合下列要求：

1 应根据建筑物不均匀沉降情况和土层性质，确定钻孔位置和取土顺序；

2 应根据建筑物的底面尺寸和附加应力的影响范围，确定钻孔的直径及深度，取土深度不应小于3m，钻孔直径不应小于300mm；

3 钻孔顶部3m深度范围内，应设置套管或套筒，保护浅层土体不受扰动，防止地基出现局部变形过大。

11.3.5 降水纠倾施工应符合下列要求：

1 按照设计要求结合具体地质条件采取合适的施工工艺、进行钻探、换浆、下管、填粒、止水、洗井等施工工序；

2 管井施工的其他质量、安全措施要求应符合《管井技术规范》GB50296的有关规定。

11.3.6 浸水纠倾施工应符合下列要求：

1 在浸水纠倾的过程中，应严格控制注水的速度和水量，避免水流入沉降较大一侧的地基中；

2 结合监测结果及时调整浸水施工；

3 应及时用不渗水材料夯填注水孔、坑或槽，修复原地面。

II 顶升纠倾施工

11.3.7 顶升纠倾的施工应按下列步骤进行：

1 顶升梁系的托换施工；

2 设置千斤顶底座及顶升标尺，确定各点顶升值；

3 对每个千斤顶进行检验，安放千斤顶；

4 顶升前两天内，应设置监测测量系统，对尚存在连接的墙、柱等结构及水、电、暖气和燃气等截断处理；

5 实施顶升施工；

6 顶升到位后，应及时进行结构连接和回填。

11.3.8 砌体结构建筑的顶升梁应分段施工，梁分段长度不应大于1.5m，且不应大于开间墙段的1/3，并应间隔进行施工。主筋应预留搭接或焊接长度；相邻分段混凝土接头处，应按混凝土施工缝做法进行处理。当上部砌体无法满足托换施工要求，可在各段设置支承芯垫，间距应视实际情况确定。

11.3.9 框架结构建筑的顶升梁、牛腿施工，宜按柱间隔进行，并应设置支撑等辅助措施。当在原柱中钻孔植筋时，应分批（次）进行，每批（次）钻孔削弱后的柱净截面，应满足柱承载力计算要求。

11.3.10 顶升的千斤顶上、下应设置应力扩散的钢垫块，顶升过程应均匀分布，且应有不少于30%的千斤顶保持与顶升梁、垫块、基础梁连成一体。

1 顶升前，应对顶升点进行承载力试验。试验荷载应为设计荷载的1.5倍，试验数量不应少于总数的20%，试验合格后，方可正式顶升；

2 顶升时，应设置水准仪和经纬仪观测站。顶升标尺应设置在每个支承点上，每次顶升量不宜超过10mm。各点顶升量的偏差，应小于结构的允许变形；

3 顶升应设统一的监测系统，并应保证千斤顶按设计要求同步顶升和稳固；

4 千斤顶回程时，相邻千斤顶不得同时进行；回程前，应先用楔形垫块进行保护，或采用备用千斤顶支顶进行保护，并保证千斤顶底座平稳。楔形垫块及千斤顶底座垫块，应采用外包钢板的混凝土垫块或钢垫块。垫块使用前，应进行强度检验；

5 顶升达到设计高度后，应立即在墙体交叉点或主要受力部位增设垫块支承，并迅速进行结构连接。顶升高度较大时，应设置安全保护措施。千斤顶应待结构连接达到设计强度后方可分批分期拆除。

11.3.11 结构连接处应不低于原结构的强度，当纠倾施工受到削弱时，应进行结构加固补强。

11.4 托换加固施工

11.4.1 采用钢筋混凝土坑（墩）式托换时，应在既有建筑基础基底部位采用膨胀混凝土分次浇筑、排气等措施充填密实；当既有建筑基础两侧土体存在高度差时，应采取防止基础侧移的措施。

11.4.2 采用桩式托换时，应采用对地基土扰动较小的成桩方法进行施工。

11.5 注浆加固施工

10.5.1 注浆加固施工，应符合下列要求：

- 1 注浆施工时，宜采用自动流量和压力记录仪，并应及时对资料进行整理分析；
- 2 应采用多孔间隔注浆和缩短浆液凝固时间等技术措施，减少既有建筑基础、地下管线和地面因注浆而产生的附加沉降；
- 3 浆体应经过搅拌机充分搅拌均匀后，方可开始压注：注浆过程中，应不停缓慢搅拌，搅拌时间不应大于浆液初凝时间；
- 4 待封闭泥浆凝固后，移动花管自下向上或自上向下进行注浆。

11.5.2 注浆顺序应根据地基土质条件、现场环境、周边排水条件及注浆目的等确定，并应符合下列要求：

- 1 注浆应采用先外围后内部的跳孔间隔注浆施工，不得采用单向推进的压注方式；
- 2 对有地下水流动的土层注浆，应自水头高的一端开始注浆；
- 3 对注浆范围以外有边界约束条件时，可采用从边界约束远侧往近侧推进的注浆的方式，深度方向宜由下向上进行注浆。

11.5.3 塑料阀管注浆施工，可按下列步骤进行：

- 1 钻机与灌浆设备就位后钻孔；
- 2 当钻孔钻到设计深度后，从钻杆内灌入封闭泥浆，或直接采用封闭泥浆钻孔；
- 3 插入塑料单向阀管到设计深度。当注浆孔较深时，阀管中应加入水，以减小阀管插入土层时的弯曲；
- 4 待封闭泥浆凝固后，在塑料阀管中插入双向密封注浆芯管，再进行注浆，注浆时，应在设计注浆深度范围内自下而上（或自上而下）移动注浆芯管；
- 5 当使用同一塑料阀管进行反复注浆时，每次注浆完毕后，应用清水冲洗塑料阀管中的残留浆液。对于不宜采用清水冲洗的场地，宜用陶土浆灌满阀管内。

11.5.4 注浆管注浆施工可按下列步骤进行：

- 1 钻机与灌浆设备就位后钻孔或采用振动法将金属注浆管压入土层；
- 2 当采用钻孔法时，应从钻杆内灌入封闭泥浆，然后插入金属注浆管；
- 3 待封闭泥浆凝固后（采用钻孔法时），捅去金属管的活络堵头进行注浆，注浆时，应在设计注浆深度范围内，自下而上移动注浆管。

11.5.5 低坍落度砂浆压密注浆施工可按下列步骤进行：

- 1 钻机与灌浆设备就位；
- 2 钻孔或采用振动法将金属注浆管置入土层；
- 3 向底层注入低坍落度水泥砂浆，应在设计注浆深度范围内，自下而上移动注浆管；
- 4 浆体应经过搅拌机充分搅拌均匀后，方可开始压注：注浆过程中，应不停缓慢搅拌，搅拌时间不应大于浆液初凝时间。浆液在泵送前，应经过筛网过滤；
- 5 在日平均温度低于 5°C 或最低温度低于 -3°C 的条件下注浆时，应在施工现场采取保温措施，确保浆液不冻结；
- 6 浆液水温不得超过 35°C ，且不得将盛浆桶和注浆管路在注浆体静止状态暴露于阳光下，防止浆液凝固。

11.5.6 注浆管上拔时宜使用拔管机。塑料阀管注浆时，注浆芯管每次上拔高度应与阀管开孔间距一致，且宜为330mm；阀管或注浆管注浆时，每次上拔或下钻高度宜为300mm~500mm；采用砂浆压密注浆，每次上拔高度宜为400mm~600mm。

11.6 锚杆静压桩施工

11.6.1 压桩施工应符合下列要求：

- 1 压桩架应保持竖直，锚固螺栓的螺母或锚具应均衡紧固，压桩过程中，应随时拧紧松动的螺母；
- 2 就位的桩节应保持竖直，使千斤顶、桩节及压桩孔轴线重合，不得采用偏心加压；

3 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；

4 焊接接桩前，应对准上、下节桩的垂直轴线，且应清除焊面铁锈后，方可进行满焊施工；

5 采用硫磺胶泥接桩时，其操作施工应按GB50202的规定执行。

11.6.2 封桩前，应凿毛和刷洗干净桩顶桩侧表面，并涂混凝土界面剂，压桩孔内封桩应采用不低于C35微膨胀混凝土，封桩可采用不施加预应力的方法或施加预应力的方法。

11.7 树根桩施工

11.7.1 树根桩可采用钻机成孔，穿过原基础混凝土。在土层中钻孔时，应采用清水或天然地基泥浆护壁；可在孔口附近下一段套管；作为端承桩使用时，钻孔应全桩长下套管。钻孔到设计标高后，清孔至孔口泛清水为止；当土层中有地下水，且成孔困难时，可采用套管跟进成孔或利用套管替代钢筋笼一次成桩。

11.7.2 钢筋笼宜整根吊放。当分节吊放时，节间钢筋搭接焊缝采用双面焊时，搭接长度不得小于5倍钢筋直径；采用单面焊时，搭接长度不得小于10倍钢筋直径。注浆管应直插到孔底，需二次注浆的树根桩应插两根注浆管，施工时，应缩短吊放和焊接时间。

11.7.3 当采用碎石和细石填料时，填料应先清洗，投入量不应小于计算桩孔体积的90%。填灌时，应同时采用注浆管注水清孔。

11.7.4 注浆材料可采用水泥浆、水泥砂浆或细石混凝土，当采用碎石填灌时，注浆应采用水泥浆。

11.7.5 当采用一次注浆时，泵的最大工作压力不应低于1.5MPa。注浆时，起始注浆压力不应小于1.0MPa，待浆液经注浆管从孔底压出后，注浆压力可调整为0.1MPa~0.3MPa，浆液泛出孔口时，应停止注浆。

11.7.6 当采用二次注浆时，泵的最大工作压力不宜低于4.0MPa，且待第一次注浆的浆液初凝时，方可进行第二次注浆。

11.7.7 注浆施工时，应采用间隔施工、间歇施工或增加速凝剂掺量等技术措施。

11.7.8 树根桩施工，桩身不得出现缩颈和塌孔；拔管后，应立即在桩顶填充碎石，并在桩顶1m~2m范围内补充注浆。

11.8 坑式静压桩施工

11.8.1 坑式静压桩施工时，先在贴近被加固建筑物的一侧如基础梁、承台梁或直接在基础底面下开挖竖向工作坑；对砂土或软弱土等地基应进行坑壁支护。

11.8.2 压桩施工时，应在第一节桩桩顶安置千斤顶及测力传感器，再驱动千斤顶压桩。

11.8.3 钢管桩各节的连接处可采用套管接头；当钢管桩较长或土中有障碍物时，需采用焊接接头，整个焊口（包括套管接头）应为满焊；预制钢筋混凝土方桩，桩尖可将主筋合拢焊在桩尖辅助钢筋上，在密实砂和碎石类土中，可在桩尖处包以钢板桩靴，桩与桩间接头，可采用焊接或硫磺胶泥接头。

11.8.4 桩尖到达设计深度后，压桩力不得小于单桩竖向承载力特征值的2倍，且持续加压时间不应少于5min。

11.8.5 封桩可采用预应力法或非预应力法施工：

1 对钢筋混凝土方桩，压桩达到设计深度后，应采用C30微膨胀早强混凝土将桩与原基础浇筑成整体；

2 当施加预应力封桩时，可采用型钢支架托换，再浇筑混凝土；对钢管桩，应根据工程要求，在钢管内浇筑微膨胀早强混凝土，最后用混凝土将桩与原基础浇筑成整体。

11.9 复合桩施工

11.9.1 水泥土搅拌桩和高压旋喷桩的施工见JGJ72的有关要求。

11.9.2 劲性复合桩的施工见《劲性复合桩技术规程》JGJ/T327和《水泥土复合管桩基础技术规程》JGJ/T330的有关要求。

11.10 施工中监测

11.10.1 进行各类既有建筑地基基础加固施工或降水时应对既有建筑本身及影响范围内的各类周边建筑物、地下管线、道路等市政设施

的沉降和位移进行监测。当进行降水时应对场地地下水位的变化进行监测。

11.10.2 迫降纠倾施工时应施工过程中对建筑物的沉降、倾斜值及结构构件的变形、裂缝进行监测，直到纠倾施工结束，监测周期应根据纠倾速率确定。

11.10.3 顶升纠倾施工时应施工过程中对建筑物的倾斜值，结构构件的变形、裂缝以及千斤顶的工作状态进行监测，必要时，应对结构的内力进行监测。

11.10.4 托换加固施工时应应对建筑的沉降、倾斜、裂缝进行监测，必要时，应对建筑的水平移位或结构内力（或应变）进行监测。

11.10.5 注浆加固施工时应应对施工引起的建筑物附加沉降进行监测。

11.10.6 采用加大基础底面积、加深基础进行既有基础加固时，应对开挖施工槽段内结构的变形和裂缝情况进行监测。

11.10.7 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，必要时调整设计或施工方案。

12 检验与验收

12.1 一般规定

12.1.1 桩基、复合桩工程的检验按时间顺序可分为三个阶段：施工前检验、施工检验和施工后检验。

12.1.2 桩基工程应进行桩位、桩长、桩径、桩身质量和单桩承载力的检验。

12.1.3 对砂、石子、水泥、钢材等桩体原材料质量的检验项目和办法应符合国家现行有关标准的规定。

12.1.4 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。

12.1.5 桩基础、复合桩基础的检验除应符合本标准规定外，尚应符合JGJ 79的有关规定。

12.1.6 对于挤土预制桩和挤土灌注桩，施工过程中均应对桩顶和地面土体的竖向和水平位移进行系统观测；若发现异常，应采取复打、复压、引孔、设置排水措施及调整沉桩速率等措施。

12.1.7 分项工程、分部（子分部）工程质量的验收均应在施工单位自检合格的基础上进行。施工单位确认自检合格后提出工程验收申请，工程验收时应提供下列技术文件和记录：

- 1 原材料的质量合格证和质量鉴定文件；
- 2 半成品如预制桩、钢桩、钢筋笼等产品合格证书；
- 3 施工记录及隐蔽工程验收文件；
- 4 检测试验及见证取样文件；
- 5 其他必须提供的文件或记录。

12.1.8 分部（子分部）工程的检验、验收应由总监理工程师或建设单位项目负责人组织勘察、设计单位及施工单位的项目负责人、技术质量负责人，共同按设计要求和本标准及其他有关规定进行。

12.1.9 验收工作应按下列要求进行：

- 1 分项工程的质量验收应分别按主控项目和一般项目验收；

2 隐蔽工程应在施工单位自检合格后通知有关人员检查验收，并形成中间验收文件；

3 分部（子分部）工程的验收，应在分项工程通过验收的基础上，对必要的部位进行见证检验。

12.1.10 主控项目必须符合验收标准规定，发现问题应立即处理直至符合要求，一般项目应有80%合格。混凝土试件强度评定不合格或对试件的代表性有怀疑时，应采用钻芯取样，检测结果符合设计要求可按合格验收。

12.1.11 混凝土结构子分部工程施工质量验收时应提供下列文件和记录：

- 1** 设计变更文件；
- 2** 原材料出厂合格证和进场复验报告；
- 3** 钢筋接头的试验报告；
- 4** 混凝土工程施工记录；
- 5** 混凝土试件的性能试验报告；
- 6** 装配式结构预制构件的合格证和安装验收记录；
- 7** 预应力筋用锚具、连接器的合格证和进场复验报告；
- 8** 预应力筋安装、张拉及灌浆记录；
- 9** 隐蔽工程验收记录；
- 10** 有关分项工程施工质量验收合格；
- 11** 混凝土结构实体检验记录；
- 12** 工程重大质量问题的处理方案和验收记录。

12.1.12 对既有建筑地基基础的验收还应包括既有建筑沉降量和既有建筑沉降速率的验收。

12.1.13 既有建筑地基基础施工质量的验收除应符合本标准外，尚应符合 GB50202的验收要求。

12.2 检 验

12.2.1 基槽开挖后，应进行地基检验。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。

12.2.2 施工后应对地基处理的施工质量进行检验：

1 桩顶标高、桩位偏差等;

2 增强体的密实度或强度;

12.2.3 复合桩中水泥土搅拌桩和高压旋喷桩的施工质量检验按照JGJ79的规定执行。

12.2.4 载荷试验必须在桩身强度满足试验条件时,并宜在成桩28d后进行。检验数量为桩总数的0.5%~1%,且每项单体工程不应少于3点。

12.2.5 注浆地基施工后,应采用钻孔取样检验,室内试验测定加固土体的抗剪强度、压缩模量等,检验地基土加固土层的均匀性。

12.2.6 加固后地基土承载力的静载荷试验,有地区经验时,可采用标准贯入试验、静力触探试验,并结合地区经验进行加固后地基土承载力检验。

12.2.7 注浆检验时间应在注浆施工结束28d后进行。质量检测方法可用标准贯入试验、静力触探试验、轻便触探试验或静载荷试验对加固地层进行检测。对注浆效果的评定,应注重注浆前后数据的比较,并结合建筑物沉降观测结果综合评价注浆效果。

12.2.8 应在加固土的全部深度范围内,每间隔1.0m取样进行室内试验,测定其压缩性、强度或渗透性。

12.2.9 注浆检验点应设在注浆孔之间,检测数量应为注浆孔数的2%~5%。当检验点合格率小于或等于80%,或虽大于80%但检验点的平均值达不到强度或防渗的设计要求时,应对不合格的注浆区实施重复注浆。

12.2.10 应对注浆凝固体试块进行强度试验。

12.2.11 对补强注浆加固基础,应在基础补强后,对基础钻芯取样进行检验。

12.2.12 树根桩质量检验,应每6根桩留一组试块,并测定试块抗压强度。

12.2.13 应采用载荷试验检验树根桩的竖向承载力,有经验时可采用动测法检验桩身质量。

12.2.14 预制桩（混凝土预制桩、钢桩）施工过程中应进行下列检验：

- 1 打入（静压）深度、停锤标准、静压终止压力值及桩身（架）垂直度检查；
- 2 接桩质量、接桩间歇时间及桩顶完整状况；
- 3 每米进尺锤击数、最后1.0m锤击数、总锤击数、最后三阵贯入度及桩尖标高等。

12.2.15 采用锚杆静压桩、坑式静压桩，应进行下列检验：

- 1 桩节的连接质量；
- 2 桩顶标高、桩位偏差等，桩位允许偏差应为 $\pm 20\text{mm}$ 。桩帽梁、交叉钢筋及焊接质量，应符合设计要求；
- 3 最终压桩力及压入深度。最终压桩力与桩压入深度，应符合设计要求；
- 4 桩节垂直度允许偏差不应大于桩节长度的 $\pm 1.0\%$ ；
- 5 钢管桩平整度允许偏差应为 $\pm 2\text{mm}$ ，接桩处的坡口应为 45° ，接桩处焊缝应饱满、无气孔、无杂质，焊缝高度应为 $h=t+1$ （mm，t为壁厚）；
- 6 桩身试块强度和封桩混凝土试块强度，应符合设计要求。

12.2.16 坑式静压桩质量检验应符合下列要求：

- 1 最终压桩力与压桩深度，应符合设计要求。
- 2 试块强度，应符合设计要求。

12.2.17 灌注桩施工前应进行下列检验：

- 1 混凝土拌制应对原材料质量与计量、混凝土配合比、坍落度、混凝土强度等级等进行检查；
- 2 钢筋笼制作应对钢筋规格、焊条规格、品种、焊口规格、焊缝长度、焊缝外观和质量、主筋和箍筋的制作偏差等进行检查，钢筋笼制作允许偏差应符合有关要求。

12.2.18 灌注桩施工过程中应进行下列检验：

1 灌注混凝土前，应按照本标准第12章有关施工质量要求，对已成孔的中心位置、孔深、孔径、垂直度、孔底沉渣厚度进行检验；

2 应对钢筋笼安放的实际位置等进行检查，并填写相应质量检测、检查记录；

3 干作业条件下成孔后应对大直径桩桩端持力层进行检验。

12.2.19 有下列情况之一的桩基工程，应采用静荷载试验对工程桩单桩竖向承载力进行检测，检测数量应根据桩基设计等级、施工前取得试验数据的可靠性因素，可按现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ106确定：

1 工程施工前已进行单桩静载试验，但施工过程中变更了工艺参数或施工质量出现异常时；

2 施工前工程未按JGJ94第5.3.1条规定进行单桩静载试验的工程；

3 地质条件复杂、桩的施工质量可靠性低；

4 采用新桩型或新工艺。

12.2.20 有下列情况之一的桩基工程，可采用高应变动测法对工程桩单桩竖向承载力进行检测：

1 除JGJ94第9.4.3条规定条件外的桩基；

2 设计等级为甲、乙级的建筑桩基静载试验检测的辅助检测。

12.2.21 桩身质量除对预留混凝土试件进行强度等级检验外，尚应进行现场检测。检测方法可采用可靠的动测法，对于大直径桩还可采取钻芯法、声波透射法；检测数量可根据现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106确定。

12.2.22 采用现浇混凝土施工的树根桩、混凝土灌注桩，应进行下列检验：

1 提供经确认的原材料力学性能检验报告，混凝土试件留置数量及制作养护方法、混凝土抗压强度试验报告，钢筋笼制作质量检验报告等；

2 桩顶标高、桩位偏差等；

3 对桩的承载力应进行静载荷试验检验。

12.2.23 纠倾加固施工应对顶升梁或托换梁的施工质量进行检验。

12.2.24 托换加固施工应对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。

12.3 验收

12.3.1 既有建筑地基基础工程施工质量应按下列要求进行验收：

1 既有建筑地基基础工程质量应符合本标准和相关专业验收规范的规定；

2 既有建筑地基基础工程施工应符合工程勘察、设计文件的要求；

3 参加工程施工质量验收的各方人员应具备规定的资格；

4 工程质量的验收均应在施工单位自行检查评定的基础上进行；

5 隐蔽工程在隐蔽前应由施工单位通知有关单位进行验收，并形成验收文件；

6 涉及结构安全的试块、试件以及有关材料，应按规定进行见证取样检测；

7 检验批的质量应按主控项目和一般项目验收；

8 对涉及结构安全和使用功能的重要分部工程应进行抽样检测；

9 承担见证取样检测及有关结构安全检测的单位应具有相应资质；

10 工程的观感质量应由验收人员通过现场检查，并应共同确认。

12.3.2 当桩顶设计标高与施工场地标高相近时，基桩的验收应待基桩施工完毕后进行；当桩顶设计标高低于施工场地标高时，应待开挖到设计标高后进行验收。

12.3.3 基桩验收应包括下列资料：

1 岩土工程勘察报告、桩基施工图、图纸会审纪要、设计变更单及材料代用通知单等；

- 2 经审定的施工组织设计、施工方案及执行中的变更单；
- 3 桩位测量放线图，包括工程桩位线复核签证单；
- 4 原材料的质量合格和质量鉴定书；
- 5 半成品如预制桩、钢桩等产品的合格证；
- 6 施工记录及隐蔽工程验收文件；
- 7 成桩质量检查报告；
- 8 单桩承载力检测报告；
- 9 基坑挖至设计标高的基桩竣工平面图及桩顶标高图；
- 10 其他必须提供的记录等文件。

12.3.4 既有基础或承台工程验收时应包括下列资料：

- 1 承台钢筋、混凝土的施工与检查记录；
- 2 桩头与承台的锚筋、边桩离承台边缘距离、承台钢筋保护层记录；
- 3 桩头与承台防水构造及施工质量；
- 4 承台厚度、长度和宽度的量测记录及外观情况描述等。

12.3.5 注浆地基质量检验应检查注浆体强度、承载力等。检查孔数为总量的2%-5%，不合格率大于或等于20%时应进行二次注浆。检验应在注浆后15d（砂土、黄土）或60d（粘性土）进行。注浆地基的质量检验标准应符合表12.3.5的规定。

表12.3.5 注浆地基质量检验标准

项目	序号	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	水泥	设计要求		查产品合格证书或抽样送检
		注浆用砂：粒径 细度模数 含泥量及有机物含量	mm %	<2.5 <2.0 <3	试验室试验
		注浆用粘土：塑性指数 粘粒含量 含砂量 有机物含量	% % %	>14 >25 <5 <3	试验室试验
		粉煤灰：细度 烧失量	不粗于同时使用的水泥		试验室试验

			%	<3	
		水玻璃：模数	2.5-3.3		抽样送检
		其他化学浆液	设计要求		查产品合格证书或抽样送检
	2	注浆体强度	设计要求		取样检验
	3	地基承载力	设计要求		按规定方法
一般项目	1	各种注浆材料称量误差	%	<3	抽查
	2	注浆孔位	mm	±20	用钢尺量
	3	注浆孔深	mm	±100	量测注浆管长度
	4	注浆压力（与设计参数比）	%	±10	检查压力表读数

12.3.6 施工结束后，应检查桩体强度、桩体直径及地基承载力。

12.3.7 锚杆静压桩质量验收标准应符合表12.3.7的规定。

表12.3.7 静压桩质量验收标准

项目	序号	检查项目		允许偏差或允许值		检查方法
				单位	数值	
主控项目	1	桩体质量检验		按基桩检测技术规范		按基桩检测技术规范
	2	桩位偏差				用钢尺量
	3	承载力		按基桩检测技术规范		按基桩检测技术规范
一般项目	1	成品桩质量：外观外形尺寸；强度		表面平整，颜色均匀，掉角深度<10mm，蜂窝面积小于总面积 0.5%		直观 见本标准表，查产品合格证书或钻芯试压
	2	硫磺胶泥质量（半成品）		设计要求		查产品合格证书或抽样送检
	3	接桩	电焊接桩：焊缝质量电焊结束后停歇时间	min	>1.0	见本规范表 秒表测定
			硫磺胶泥接桩：胶泥浇注时间浇注后停歇时间	min min	<2 >7	秒表测定 秒表测定
	4	电焊条质量		设计要求		查产品合格证书
	5	压桩压力（设计有要求时）		%	±5	查压力表读数
	6	接桩时上下节平面偏差接桩		mm	<10 <1/1000 l	用钢尺量

		时节点弯曲矢高			用钢尺量
	7	桩顶标高	mm	±50	水准仪

12.3.8 施工过程中应检查桩的贯入情况、桩顶完整状况、电焊接桩质量、桩体垂直度、电焊后的停歇时间。重要工程应对电焊接头做10%的焊缝探头检查。

12.3.9 预应力管桩的质量验收应符合表12.3.9的规定。

表12.3.9 预应力管桩质量验收标准

项目	序号	检查项目		允许偏差或允许值		检查方法
				单位	数值	
主控项目	1	桩体质量检验		按基桩检测技术规范		按基桩检测技术规范
	2	桩位偏差				用钢尺量
	3	承载力		按基桩检测技术规范		按基桩检测技术规范
一般项目	1	成品桩质量	外观	无蜂窝、露筋、裂缝、色感均匀、桩顶处无孔隙		直观
			桩径 管壁厚度 桩尖中心线 顶面平整度 桩体弯曲	mm mm mm mm	±5 ±5 <2 10 <1/1000/	用钢尺量 用钢尺量 用钢尺量 用水平尺量 用钢尺量, l 为桩长
	2	砂料的有机质含量		min mm	>1.0 <10 <1/1000/	见本标准表, 秒表测定 用钢尺量 用钢尺量, l 为桩长
	3	桩位		设计要求		现场实测或查沉桩记录
	4	桩顶标高		mm	±50	水准仪

12.3.10 施工中应对桩体垂直度、沉桩情况、桩顶完整状况、接桩质量等进行检查, 对电焊接桩应做10%的焊缝探伤检查。

12.3.11 施工结束后, 应对承载力及桩体质量进行检验。

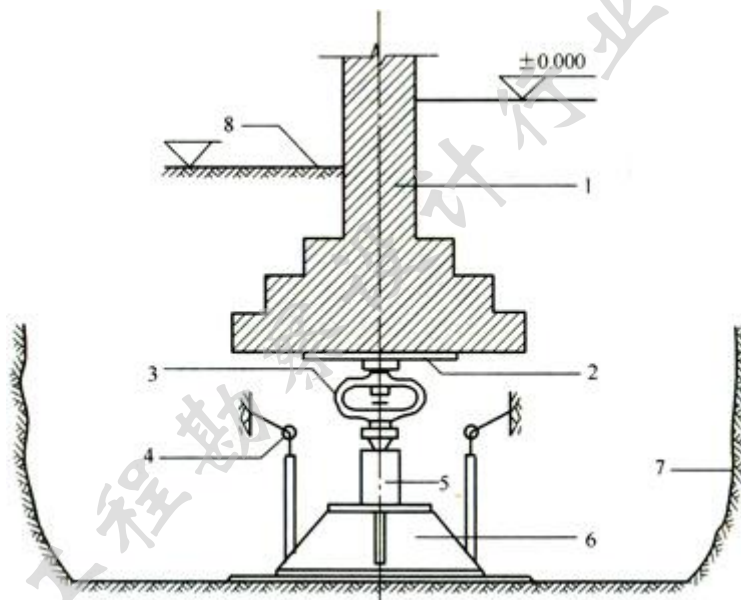
12.3.12 承台工程验收除符合本节规定外, 尚应符合GB50204的规定。

附录A 既有建筑墙下条形基础地基土载荷试验要点

A.1.1 本试验要点适用于测定地下水位以上既有建筑墙下条基的承载力和变形模量。

A.1.2 试验压板面积宜取 $0.25\text{m}^2 \sim 0.50\text{m}^2$ ，基坑宽度不应小于压板宽度或压板直径的3倍。试验时，应保持试验土层的原状结构和天然湿度。在试压土层的表面，宜铺不大于20mm厚的中、粗砂层找平。

A.1.3 试验位置应在承重墙的基础下，加载反力可利用建筑物的自重，使千斤顶上的测力计直接与基础下钢板接触（图A.0.3）。钢板大小和厚度，可根据基础材料强度和加载大小确定。



图A.0.3 载荷试验示意

1—既有建筑条形基础；2—钢板；3—测力计；4—百分表；5—千斤顶；6—试验压板；7—试坑壁；8—室外地坪

A.1.4 在含水量较大或松散的地基土中挖试验坑时，应采取坑壁支护措施。

A.1.5 加载分级、稳定标准、终止加载条件和承载力取值，应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007的规定执行。

A.1.6 在试验挖坑时，可同时取土样检验其物理力学性质，并对地基承载力取值和地基变形进行综合分析。

A.1.7 当既有建筑基础下有垫层时，试验压板应埋置在垫层下的原土层上。

A.1.8 试验结束后，应及时采用低强度等级混凝土将基坑回填密实。

河南省工程勘察设计行业协会发布

附录B 既有建筑地基承载力持载再加荷载试验要点

B.1.1 本试验要点适用于测定既有建筑基础再增加荷载时的地基承载力和变形模量。

B.1.2 试验压板可取方形或圆形。压板宽度或压板直径，对独立基础、条形基础应取基础宽度。对基础宽度大，试验条件不满足时，应考虑尺寸效应对检测结果的影响，并结合结构和基础形式以及地基条件综合分析，确定地基承载力和地基变形模量；当场地地基无软弱下卧层时，可用小尺寸压板的试验确定，但试验压板的面积不宜小于 2.0m^2 。

B.1.3 试验位置应在与原建筑物地基条件相同的场地进行，并应尽量靠近既有建筑物。试验压板的底标高应与原建筑物基础底标高相同。试验时，应保持试验土层的原状结构和天然湿度。

B.1.4 在试压土层的表面，宜铺不大于20mm厚的中、粗砂层找平。基坑宽度不应小于压板宽度或压板直径的3倍。

B.1.5 试验使用的荷载稳压设备稳压偏差允许值不应大于施加荷载的 $\pm 1\%$ ；沉降观测仪表24h的漂移值不应大于0.2mm。

B.1.6 加载分级、稳定标准、终止加载条件应按GB50007的规定执行。试验加荷至原基底使用荷载压力时应进行持载。持载时，应继续进行沉降观测。持载时间不得少于7d。然后再继续分级加载，直至试验完成。

B.1.7 在含水量较大或松散的地基土中挖试验坑时，应采取坑壁支护措施。

B.1.8 既有建筑再加荷地基承载力特征值的确定，应符合下列规定：

1 当再加荷压力-沉降曲线上有比例界限时，取该比例界限所对应的荷载值。

2 当极限荷载小于对应比例界限的荷载值的2倍时，取极限荷载值的一半。

3 当不能按上述两款要求确定时，可取再加荷压力-沉降曲线上 $s/b=0.006$ 或 $s/d=0.006$ 所对应的荷载，但其值不应大于最大加载量的一半。

4 取建筑物地基的允许变形值对应的荷载值。

注：s为载荷板沉降值；b，d分别为载荷板的宽度或直径。

B.1.9 同一土层参加统计的试验点不应少于3点，各试验实测值的极差不得超过其平均值的30%，取平均值作为该土层的既有建筑再加荷的地基承载力特征值。既有建筑再加荷的地基变形模量，可按比例界限所对应的荷载值和变形进行计算，或按规定的变形对应的荷载值进行计算。

附录C 既有建筑桩基础单桩承载力设计参数

C.1 桩的极限侧阻力标准值见表C.1。

表C.1 桩的极限侧阻力标准值 q_{sik} (kPa)

土的名称	土的状态		混凝土预制桩	泥浆护壁钻(冲)孔桩	干作业钻孔桩
淤泥质土			22~30	20~28	20~28
黏性土	流塑	$I_L > 1$	24~40	21~38	21~38
	软塑	$0.75 < I_L \leq 1$	40~55	38~53	38~53
	可塑	$0.50 < I_L \leq 0.75$	55~70	53~68	53~66
	硬可塑	$0.25 < I_L \leq 0.50$	70~86	68~84	66~82
	硬塑	$0 < I_L \leq 0.25$	86~98	84~96	82~94
	坚硬	$I_L \leq 0$	98~105	96~102	94~104
红黏土	$0.7 < \alpha_w \leq 1$		13~32	12~30	12~30
	$0.5 < \alpha_w \leq 0.7$		32~74	30~70	30~70
粉土	稍密	$e > 0.9$	26~46	24~42	24~42
	中密	$0.75 \leq e \leq 0.9$	46~66	42~62	42~62
	密实	$e < 0.75$	66~88	62~82	62~82
粉细砂	稍密	$10 < N \leq 15$	24~48	22~46	22~46
	中密	$15 < N \leq 30$	48~66	46~64	46~64
	密实	$N > 30$	66~88	64~86	64~86
中砂	中密	$15 < N \leq 30$	54~74	53~72	53~72
	密实	$N > 30$	74~95	72~94	72~94
粗砂	中密	$15 < N \leq 30$	74~95	74~95	76~98
	密实	$N > 30$	95~116	95~116	98~120
砾砂	稍密	$5 < N_{63.5} \leq 15$	70~110	50~90	60~100
	中密(密)	$N_{63.5} > 15$	116~138	116~130	112~130
圆砾、角砾	中密、密实	$N_{63.5} > 10$	160~200	135~150	135~150
碎石、卵石	中密、密实	$N_{63.5} > 10$	200~300	140~170	150~170
全风化软质岩		$30 < N \leq 50$	100~120	80~100	80~100
全风化硬质岩		$30 < N \leq 50$	140~160	120~140	120~150
强风化软质岩		$N_{63.5} > 10$	160~240	140~200	140~220
强风化硬质岩		$N_{63.5} > 10$	220~300	160~240	160~260

注：1 α_w 为含水比， $\alpha_w = w/w_l$ ， w 为土的天然含水量， w_l 为土的液限；

2 N 为标准贯入击数； $N_{63.5}$ 为重型圆锥动力触探击数；

3 全风化、强风化软质岩和全风化、强风化硬质岩系指其母岩分别为 $f_{rk} \leq 15\text{MPa}$ 、 $f_{rk} > 30\text{MPa}$ 的岩石。

C.2 桩的极限侧阻力标准值见表C.2。

表C.2 桩的极限端阻力标准值 q_{pk} (kPa)

土名称	桩型 土的状态		混凝土预制桩桩长 l (m)				泥浆护壁钻（冲）孔桩桩长 l (m)				干作业钻孔桩桩长 l (m)		
			$l \leq 9$	$9 < l \leq 16$	$16 < l \leq 30$	$l > 30$	$5 \leq l < 10$	$10 \leq l < 15$	$15 \leq l < 30$	$30 \leq l$	$5 \leq l < 10$	$10 \leq l < 15$	$15 \leq l$
黏性土	软塑	$0.75 < I_L \leq 1$	210~850	650~1400	1200~1800	1300~1900	150~250	250~300	300~450	300~450	200~400	400~700	700~950
	可塑	$0.50 < I_L \leq 0.75$	850~1700	1400~2200	1900~2800	2300~3600	350~450	450~600	600~750	750~800	500~700	800~1100	1000~1600
	硬可塑	$0.25 < I_L \leq 0.50$	1500~2300	2300~3300	2700~3600	3600~4400	800~900	900~1000	1000~1200	1200~1400	850~1100	1500~1700	1700~1900
	硬塑	$0 < I_L \leq 0.25$	2500~3800	3800~5500	5500~6000	6000~6800	1100~1200	1200~1400	1400~1600	1600~1800	1600~1800	2200~2400	2600~2800
粉土	中密	$0.75 \leq e < 0.9$	950~1700	1400~2100	1900~2700	2500~3400	300~500	500~650	650~750	750~850	800~1200	1200~1400	1400~1600
	密实	$e < 0.75$	1500~2600	2100~3000	2700~3600	3600~4400	650~900	750~950	900~1100	1100~1200	1200~1700	1400~1900	1600~2100
粉砂	稍密	$10 < N \leq 15$	1000~1600	1500~2300	1900~2700	2100~3000	350~500	450~600	600~700	650~750	500~950	1300~1600	1500~1700
	中密、密	$N > 15$	1400~2200	2100~3000	3000~4500	3800~5500	600~750	750~900	900~1100	1100~1200	900~1000	1700~1900	1700~1900
细砂	中密、密 实	$N > 15$	2500~4000	3600~5000	4400~6000	5300~7000	650~850	900~1200	1200~1500	1500~1800	1200~1600	2000~2400	2400~2700
中砂			4000~6000	5500~7000	6500~8000	7500~9000	850~1050	1100~1500	1500~1900	1900~2100	1800~2400	2800~3800	3600~4400
粗砂			5700~7500	7500~8500	8500~10000	9500~11000	1500~1800	2100~2400	2400~2600	2600~2800	2900~3600	4000~4600	4600~5200
砾砂	中密、密 实	$N > 15$	6000~9500		9000~10500		1400~2000		2000~3200		3500~5000		
角砾、圆砾		$N_{63.5} > 10$	7000~10000		9500~11500		1800~2200		2200~3600		4000~5500		
碎石、卵石		$N_{63.5} > 10$	8000~11000		10500~13000		2000~3000		3000~4000		4500~6500		
全风化软质岩		$30 < N \leq 50$	4000~6000				1000~1600				1200~2000		
全风化硬质岩		$30 < N \leq 50$	5000~8000				1200~2000				1400~2400		
强风化软质岩		$N_{63.5} > 10$	6000~9000				1400~2200				1600~2600		
强风化硬质岩		$N_{63.5} > 10$	7000~11000				1800~2800				2000~3000		

注：1 砂土和碎石类土中桩的极限端阻力取值，宜综合考虑土的密实度，桩端进入持力层的深径比 h_b/d ，土愈密实， h_b/d 愈大，取值愈高；

2 预制桩的岩石极限端阻力指桩端支承于中、微风化基岩表面或进入强风化岩、软质岩一定深度条件下极限端阻力。

3 全风化、强风化软质岩和全风化、强风化硬质岩指其母岩分别为 $f_{rk} \leq 15\text{MPa}$ 、 $f_{rk} > 30\text{MPa}$ 的岩石。

附录D 既有建筑桩基础单桩承载力持载再加荷载荷试验要点

D.0.1 本试验要点适用于测定既有建筑桩基础再增加荷载时的单桩承载力。

D.0.2 试验桩应在与原建筑物地基条件相同的场地，并应尽量靠近既有建筑物，按原设计的尺寸、长度、施工工艺制作。开始试验的时间：桩在砂土中入土7d后；黏性土不得少于15d；对于饱和软黏土不得少于25d；灌注桩应在桩身混凝土达到设计强度后，方能进行。

D.0.3 加载反力装置，试桩、锚桩和基准桩之间的中心距离，加载分级，稳定标准，终止加载条件，卸载观测应按GB50007的规定执行，加载应加至1.2倍。试验加荷至原基桩使用荷载时，应进行持载。持载时，应继续进行沉降观测。持载时间不得少于7d。然后再继续分级加载，直至试验完成。

D.0.4 试验使用的荷载稳压设备稳压偏差允许值不应大于施加荷载的 $\pm 1\%$ ；沉降观测仪表24h的漂移值不应大于0.2mm。

D.0.5 既有建筑再加荷的单桩竖向极限承载力确定，应符合下列规定：

1 作再加荷的荷载-沉降（ Q_s ）曲线和其他辅助分析所需的曲线。

2 当曲线陡降段明显时，取相应于陡降段起点的荷载值。

3 当出现 $\frac{\Delta s_{n+1}}{\Delta s_n} \geq 2$ 且经24h尚未达到稳定而终止试验时，取终止试验的前一级荷载值。

4 Q_s 曲线呈缓变型时，取桩顶总沉降量 s 为40mm所对应的荷载值。

5 按上述方法判断有困难时，可结合其他辅助分析方法综合判定。对桩基沉降有特殊要求时，应根据具体情况选取。

6 参加统计的试桩，当满足其极差不超过平均值的30%时，可取其平均值作为单桩竖向极限承载力。极差超过平均值的30%时，宜增

加试桩数量，并分析离差过大的原因，结合工程具体情况，确定极限承载力。对桩数为3根及3根以下的柱下桩台，取最小值。

D.0.6 再加荷的单桩竖向承载力特征值的确定，应符合下列规定：

1 当再加荷压力-沉降曲线上有比例界限时，取该比例界限所对应的荷载值。

2 当极限荷载小于对应比例界限荷载值的2倍时，取极限荷载值的一半。

3 当按既有建筑单桩允许变形进行设计时，应按 Q_s 曲线上允许变形对应的荷载确定。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行时的写法为：“应按……执行”或“应符合……的规定”。

引用标准名录

- 1 《砌体结构设计规范》 GB 50003
- 2 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 3 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 4 《混凝土结构设计标准》 GB/T 50010
- 5 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 6 《建筑抗震鉴定标准》 GB 50023
- 7 《湿陷性黄土地区建筑规范》 GB 50025
- 8 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》 GB 50202
- 9 《混凝土结构现场检测技术标准》 GB/T 50784
- 10 《建筑结构检测技术标准》 GB/T 50344
- 11 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 12 《混凝土结构加固设计规范》 GB 50367
- 13 《建筑地基基础工程施工规范》 GB 51004
- 14 《膨胀土地区建筑技术规范》 GB 50112
- 15 《建筑与市政工程抗震通用规范》 GB 55002
- 16 《建筑与市政地基基础通用规范》 GB 55003
- 17 《工程勘察通用规范》 GB 55017
- 18 《工程测量通用规范》 GB 55018
- 19 《既有建筑鉴定与加固通用规范》 GB 55021
- 20 《混凝土中钢筋检测技术规程》 JGJ/T152
- 21 《建筑变形测量规范》 JGJ 8
- 22 《建筑地基处理技术规范》 JGJ 79
- 23 《建筑桩基技术规范》 JGJ 94
- 24 《劲性复合桩技术规程》 JGJ/T 327
- 25 《水泥土复合管桩基础技术规程》 JGJ/T 330
- 26 《既有建筑地基基础加固技术规范》 JGJ 123
- 27 《建筑物倾斜纠偏技术规程》 JGJ 270
- 28 《既有建筑地基基础检测技术标准》 JGJ/T 422
- 29 《湿陷性黄土地区勘察与地基处理技术标准》 DBJ41/T 243
- 30 《填方工程地基处理技术标准》 T/HNKCSJ001

河南省工程勘察设计行业协会团体标准

既有建筑地基基础加固技术标准

T/HNKCSJ028-2026

条文说明

制 订 说 明

《既有建筑地基基础加固技术规范》（JGJ123-2012）发布以来，对我省既有建筑加固的设计、施工等起到了巨大的促进作用，但多年来在使用中发现，存在以下问题：1 对因地质原因造成的既有建筑地基基础加固分析不够，因而在基本规定中不够突出；3 将设计与施工编制在一起，对施工要求不够突出；4 增加了近年来出现的新的桩型和工艺如复合桩等；5 缺少对隐蔽工程的验收内容。

因此，结合我省具体实际出台一部既有建筑加固技术标准十分必要。该标准与JGJ123-2012比较具有以下特点：1 首次明确进行既有建筑勘察、鉴定、设计和施工时，应以既有建筑地基基础的沉降变形结果是否满足国家有关规范、规程要求为基本原则；2 单独列出第5章对勘察的要求，强调对既有建筑出现问题后的原因的调查、原位测试、试验及综合分析。并增加了对特殊土、不良地质的调查评价；3 增加第三章调查和检测内容；4 突出桩基础设计在既有建筑加固中的特殊作用，本标准单列出一个章节，并增加了复合桩一节；5 弱化了复合地基在加固工程的作用将其列入其他加固方法中；6 单列出施工一章；7 单列出检验与验收内容；8 为方便使用，增加了附录C。

编制组进行了广泛的调查研究，总结了我省在既有建筑地基基础加固领域的实践经验，同时参考了国内其他省份的先进经验，通过调研、征求意见，对增加和修订内容进行讨论、分析和论证。

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范时能正确理解和执行条文规定，《既有建筑地基基础加固技术标准》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规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握本标准规定的参考。

目 次

1 总 则	84
3 基本规定	85
4 调查与检测	87
5 对既有建筑地基勘察的要求	88
6 既有建筑地基基础鉴定	90
6.1 一般规定	90
6.2 既有地基鉴定	92
6.3 既有基础鉴定	93
7 基础沉降和变形监测	94
7.1 一般规定	94
7.2 沉降监测	95
7.3 水平位移监测	95
7.4 自动化监测	95
8 纠倾加固设计	96
8.1 一般规定	96
8.2 迫降纠倾设计	97
8.3 顶升纠倾设计	99
9 托换加固设计	101
9.1 一般规定	101
9.2 设 计	101
10 地基基础加固设计	102
10.1 一般规定	102
10.2 天然地基承载力确定与计算	102
10.3 单桩承载力计算	103
10.4 地基变形计算	103
10.5 扩大基础法设计	104
10.6 注浆加固补强设计	105
10.7 锚杆静压桩设计	106
10.8 树根桩设计	106
10.9 坑式静压桩设计	107
10.10 复合桩设计	107
11 加固施工	108
11.1 一般规定	108

11.5 注浆加固施工 108

11.6 锚杆静压桩施工 109

11.7 树根桩施工 111

11.9 复合桩施工 111

11.10 施工中监测 111

12 检验与验收 113

12.1 一般规定 113

12.2 检 验 113

12.3 验收 113

1 总 则

1.0.1 根据我省情况，既有建筑因各种原因需要进行地基基础加固，从建造年代来看，除少数古建筑和新中国成立前建造的建筑外，绝大多数是新中国成立以来建造的建筑，其中又以新中国成立初期至20世纪70年代末建造的建筑占主体；而改革开放以来建造的大量建筑，有较大一部分已有四十年的建造历史，存在加固的必要。就建筑类型而言，有工业建筑和构筑物，也有公用建筑和大量住宅建筑。因此需要进行地基基础加固的既有建筑范围很广、数量很多、工程量很大。因此，既有建筑地基基础加固必须认真贯彻国家的各项技术经济政策，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量、保护环境。

1.0.2 本条规定了标准的适用范围。其中自然灾害包括水灾、地震，在山区、丘陵地带存在崩塌、滑坡、泥石流、采空区、地面塌陷等地质灾害。

1.0.3 进行既有建筑勘察、鉴定、设计和施工时，应以既有建筑地基基础的沉降变形结果是否满足国家有关规范、规程要求为基本原则。该条明确了将既有建筑地基基础的沉降变形结果作为既有建筑是否进行勘察、鉴定、设计的依据。或者说，当既有建筑地基基础的沉降变形满足国家规范、规程的沉降要求时，很多建筑可能不需要进行勘察和鉴定。

3 基本规定

3.0.1 本条明确进行既有建筑地基基础鉴定应首先取得有关地质资料或者勘察报告。以往在审查既有建筑鉴定报告时，发现很多单位的鉴定报告对地质资料重视不够，仅引用事故发生前的地质报告，缺少事故发生后针对既有建筑的勘察报告。因此专门列出该条。强调鉴定报告不能代替勘察报告。

3.0.3 该条列出了需要对既有建筑地基基础进行鉴定的六种情况。

本条是对既有建筑地基基础加固设计的要求。既有建筑地基基础加固设计，应满足地基承载力、变形和稳定性要求。既有建筑在荷载作用下地基土已固结压密，再加荷时的荷载分担、基底反力分布与直接加荷的天然地基不同，应按新老地基基础的共同作用分析结果进行地基基础加固设计。

3.0.6、3.0.7 在选择地基基础加固方案时，本条强调应根据所列各种因素对初步选定的各种加固方案进行对比分析，选定最佳的加固方法。

大量工程实践证明，在进行地基基础设计时，采用加强上部结构刚度和承载力的方法，能减少地基的不均匀变形，取得较好的技术经济效果。因此，在选择既有建筑地基基础加固方案时，同样也应考虑上部结构、基础和地基的共同作用，采取切实可行的措施，既可降低费用，又可收到满意的效果。

3.0.10 根据现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153的要求，既有建筑加固后的地基基础设计使用年限应满足加固后的建筑物设计使用年限。

3.0.11 3.0.16 1 要准确确定既有建筑的已有沉降量，难度较大，因为很多时候在多年运营中没有进行连续观测；**2** 既有建筑发生问题后及时进行有一定时间的观测十分必要，看其是否稳定，有否加固的必要性。

3.0.12 既有建筑地基基础加固的施工，一般来说，具有技术要求高、施工难度大、场地条件差、不安全因素多、风险大等特点，本条特

别强调施工人员应具备较高的素质。施工过程中除了应有专人负责质量控制外，还应有专人负责严密的监测，当出现异常情况时，应采取果断措施，以免发生安全事故。

3.0.13 地基基础加固使用的材料，包括水泥、碱液、硅酸钠以及其他胶结材料等，应符合环境保护要求，根据场地类别不同加固方法形成的增强体或基础结构应符合耐久性设计要求。

3.0.15 1 既有建筑进行地基基础加固时，沉降观测是一项必须做的工作，它不仅是施工过程中进行监测的重要手段，而且是对地基基础加固效果进行评价和工程验收的重要依据。由于地基基础加固过程中容易引起对周围土体的扰动，因此，施工过程中对邻近建筑和地下管线也应进行监测。沉降观测终止时间应按设计要求确定，或按GB50026和JGJ8的有关规定确定。

2 纠倾加固、托换加固施工过程中可能对结构产生损伤或产生安全隐患，必须设置现场监测系统，监测纠倾变位、移位变位和结构的变形，根据监测结果及时调整设计和施工方案，必要时启动应急预案，保证工程按设计完成。目前按工程建设需要，纠倾加固、移位加固、托换加固工程的设计图纸和施工组织设计，均应进行专项审查，通过审查后方可实施。

4 调查与检测

该章结合新颁布的既有建筑鉴定与加固通用规范（GB55021--）的规定单列一章进行编制。

河南省工程勘察设计行业协会发布

5 对既有建筑地基勘察的要求

与JGJ23-2012 比较，本标准单列出对既有建筑岩土工程勘察的章节。

大量工程实践表明，既有建筑变形过大或发生事故与场地复杂的地质问题没有发现或处理不当有较大关系。这些问题一般包括：

1 场地不良地质发育情况；

2 同一建筑是否存在跨不同地貌单元问题；

2 场地特殊岩土发育情况；

3 场地岩土组合情况、软土、填土、膨胀土、湿陷性土等特殊土的发育、分布情况：

1) 人工填土地基中最常见的地基事故是发生在以黏性土为填料的素填土地基中。这种地基如堆填时间较短，又未经充分压实，一般比较疏松，承载力较低，压缩性高且不均匀，一旦遇水具有较强湿陷性，造成建筑物因大量沉降和不均匀沉降而开裂损坏，所以在采用各种补救措施时，加固深度均应穿透素填土层。

2) 湿陷性黄土地基的变形特征是在受水浸湿部位出现湿陷变形，一般变形量较大且发展迅速。在考虑选用补救措施时，首先应估计有无再次浸水的可能性，以及场地湿陷类型和等级，选择相应的措施。在确定加固深度时，对非自重湿陷性黄土场地，宜达到基础压缩层下限；对自重湿陷性黄土场地，宜穿透全部湿陷性土层。

3) 膨胀土是指土中黏粒成分主要由亲水性矿物组成，同时具有显著的吸水膨胀和失水收缩两种变形特性的黏性土。由于膨胀土的胀缩变形是可逆的，随着季节气候的变化，反复失水吸水，使地基不断产生反复升降变形，而导致建筑物开裂损坏。

4) 土岩组合地基上损坏的建筑主要是由于土层与基岩压缩性相差悬殊，而造成建筑物在土岩交界部位出现不均匀沉降而引起裂缝或损坏。由于土岩组合地基情况较为复杂，所以首先应详细探明地质情况，选用切合实际的补救措施。

4 场地地下水分布及补给、径流、排泄情况，及建成后地下水位上升与进而导致的地基弱化问题。

1) 地下水位降低会增大建筑物沉降,造成道路、设备管线的开裂,因此在既有建筑周围大面积降水时,对既有建筑应采取保护措施。当地下水位的上升可能超过抗浮设防水位时,应重新进行抗浮设计验算,必要时应进行抗浮加固。

2) 地下水位下降造成桩周土的沉降,对桩产生负摩阻力,相当于增大了桩身轴力,会增大沉降。

综合以上因素,既有地基基础加固约70%因地质原因造成,因此增加该章十分必要。但考虑到我省地方标准《既有建筑加固地基勘察技术标准》即将颁布,为避免大量重复,该章仅列出一般要求和
对勘察成果的要求。

6 既有建筑地基基础鉴定

6.1 一般规定

6.1.3 既有建筑地基基础进行鉴定可采用以下步骤：

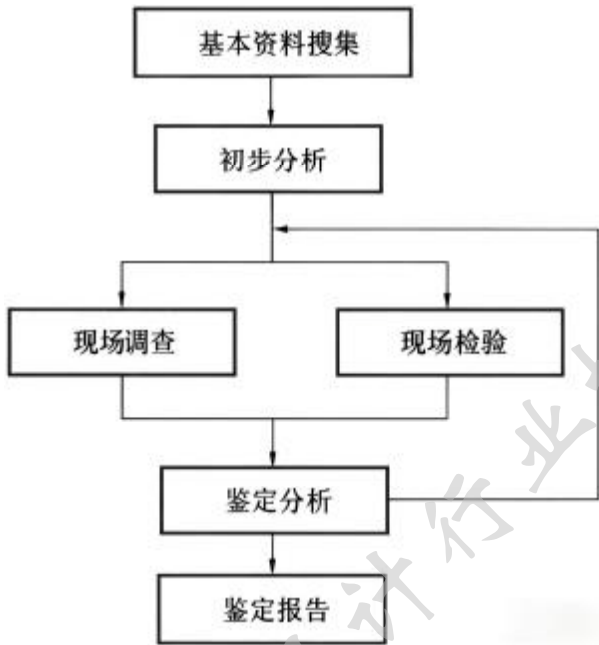


图1 鉴定工作程序框图

鉴定程序可根据收集资料与现场实际情况调整。如鉴定的既有建筑基本资料严重缺失，则首先应进行现场调查，根据调查的情况分析确定现场检验方法和内容。再根据分析结果再到现场进行进一步的调查和必要的现场检验，才可能给出鉴定结论。但现场调查与搜集的资料不符或在现场检验后发现新的问题而需要进一步的检验。

由于地基基础的隐蔽性，现场检验困难、复杂，不可能进行大面积的现场检验，在进行现场检验前，应首先在所掌握的基本资料基础上进行初步分析，根据初步分析的结果，确定下一步现场检验的工作重点和工作内容，并根据现场实际情况确定可以采用的现场检验方法。无论是资料搜集还是现场调查都应围绕加固的目的结合初步分析结果进行。资料搜集和现场调查过程中可能发生对初步分析结果更进一步深入的分析结果，两者应结合进行。

6.1.4 大量工程经验表明，既有建筑出现开裂、歪斜与场地地貌单元较复杂而勘察、设计重视不够进而造成基础选型出现大的差异或

错误、地质条件不均一、软硬层在同一场地变化较大、水的因素等叠加造成。因此通过调查、原位测试、试验等综合手段较准确的确定事故原因十分重要。

分析评价是鉴定工作的重要内容之一，需要根据所得到的资料围绕加固的目的、结合当地经验进行综合分析。除了给出既有建筑地基基础的承载力、变形、稳定性和耐久性的分析评价外，尚应根据加固目的的不同进行下列相应的分析评价：

1 因勘察、设计、施工或因使用不当而进行的既有建筑地基基础加固，应在充分了解引起建筑物开裂、沉降、倾斜的原因后，才能针对原因提出合理有效的加固方法，因此，对于此类加固，应分析引起既有建筑的开裂、沉降、倾斜的原因，以便确定合理有效的加固方法。

2 纠倾、改建、古建筑保护而进行的既有建筑地基基础加固，只有在对既有建筑地基基础的实际承载力和改造、保护的要求比较后，才能确定出既有建筑的地基基础是否需要加固及如何加固，故此类加固应针对改造、保护的要求，结合既有建筑的地基基础的现状，来比较分析既有建筑改造、保护时地基加固的必要性。

3 遭受邻近新建建筑、深基坑开挖、新建地下工程或自然灾害的影响而进行的既有建筑地基基础加固，应首先分析清楚对既有建筑地基基础已造成的影响和仍然存在的影响情况后，才能采取有效措施消除已经造成的影响和避免进一步的影响，所以对于该类地基基础加固应对既有建筑的影响情况作出分析评价。

另外，对既有建筑地基基础进行鉴定的主要目的就是进行了既有建筑地基基础加固，因此，对既有建筑地基基础的分析评价尚应结合现场条件来分析不同地基基础加固方法的适用性和可行性，以便给出建议的地基基础加固方法；当涉及上部结构的问题时，应对上部结构鉴定和加固的必要性进行分析，必要时提出进行上部结构鉴定和加固的建议。

6.1.6 本条规定为鉴定报告应该包含的基本内容。为了使得鉴定报告内容完整，有针对性，报告的内容有时应包括必要的情况说明甚至证明材料等。

鉴定结论是鉴定报告的核心内容，必须叙述用词规范、表达内容明确。同时为了使得鉴定报告确实能够对既有建筑地基基础加固的设计和施工起到一定的指导作用，鉴定结论的内容除了给出对既有建筑地基基础的评价外，尚应给出对加固设计和施工方法的建议。

6.2 既有地基鉴定

6.2.7 地基检验的方法应根据加固的目的和现场条件选用，作以下几点说明：

1 当有原岩土工程勘察报告且勘察报告的内容较齐全时，可补充少量代表性的勘探点和原位测试点，一方面用来验证原岩土工程勘察报告的数据，另一方面比较前后水位、岩土的物理力学参数等变化情况。

2 对于一般的工程，测点在变形较大部位（如既有建筑的四个“大角”及对应建筑物的重心点位置）或其附近布置即可，而对于重要的既有建筑，应根据既有建筑的情况在中间部位增加1个~3个测点。

当仅仅需要查明局部岩土情况时，也可仅仅在需要查明的部位布置3个~5个测点。但当土层变化较大如探测原始冲沟的分布情况时，则需要根据情况增加测点。

3 当条件允许时宜在基础下取不扰动土样进行室内土的物理力学性质试验。当无地下水时勘探点应尽量采用人工挖槽的方法，该方法还可以利用开挖的坑槽对基础进行现场调查和检测。坑槽的布置应分段，严禁集中布置而对基础产生影响。

4 目前越来越多的物理勘探方法应用在工程测试中，但由于各种物探方法都有着这样或那样的局限，因此，实际工程中应采用物探方法与常规勘探方法相结合的方式来进行地基的检验测试，利用物探方法快速方便的优点进行大面积检测，对物探检测发现的异常

点采用常规勘探方法（如开挖、钻探等）来验证物探检测结果和确定具体数据。

6.3 既有基础鉴定

6.3.1~6.3.3 基础为隐蔽工程，由于现场条件的限制，其检测不可能大面积展开，因此应根据初步分析结果结合现场调查情况，确定代表性的部位进行检测，现场检测可按下述方法步骤进行：

1 确定代表性的检查点位置。一般选取上部变形较大处、荷载较大处及上部结构对沉降敏感处对应的位置或附近作为代表性点，另选取2处~3处一般性代表点，一般性代表点应随机均匀布置。

2 开挖目测检查基础的情况。

3 根据开挖检查的结果，根据现场实际条件选用合适的检测方法对基础进行结构检测，如基础为桩基时尚需进行基桩完整性和承载力检测。

7 基础沉降和变形监测

7.1 一般规定

7.1.2 沉降监测资料分析要求，本条提出了两个关键分析要点：

1 结合历史沉降进行综合分析：对于既有建筑，不能仅看新增的沉降数据，必须结合建筑物历史上已有的沉降观测记录（如有）进行整体分析。这样才能更准确地评估当前的总沉降量、差异沉降（沉降差）以及由此产生的倾斜等变形指标。一旦这些指标超过了《GB50007 建筑地基基础设计规范》规定的允许限值，则表明地基基础可能存在安全隐患或问题。此时，必须深入分析导致超限的原因（如地基土性质变化、地下水影响、荷载增加、邻近施工扰动等），必须进行专业的安全性鉴定，并必须根据鉴定结果采取相应的加固处理措施，确保结构安全。

2 沉降稳定性的综合评估与加固决策：当监测数据显示沉降在连续三个月内趋于稳定（即沉降速率显著减小并保持在较低水平），且建筑物的整体倾斜度也已满足相关规范（如GB50007、GB55020等）的要求时，并不意味着可以高枕无忧。此时仍需要综合分析多方面因素：

（1）既有结构鉴定情况：结构主体是否存在损伤？承载能力如何？

（2）剩余工作年限：建筑物预期还要使用多久？

（3）地下水位动态：地下水位波动是否剧烈？是否会对地基产生如湿陷、溶蚀等不利影响；

（4）可靠性判定：当前稳定是暂时的还是长期的？未来环境变化（荷载、地下水）是否可能再次引发沉降？

只有在全面考虑这些因素后，才能审慎判断该建筑物是否确实不需要进行加固处理。若存在疑虑或潜在风险，即使沉降暂时稳定，也可能需要采取预防性措施。

7.2 沉降监测

本节明确了沉降监测的方法和相关规定，以及沉降监测应提交的成果资料要求。

当根据所搜集和调查的资料仍无法对既有建筑的地基基础作出正确评价时，应进行现场检验和沉降观测，严禁凭空推断而得出鉴定结论。

基础的沉降是反映地基基础情况的一个最直接的综合指标，而目前往往无法获得连续的、真实的沉降观测资料。当既有建筑的变形仍在发展，根据当前状况得出的鉴定结果并不能代表既有建筑以后的情况，也需要进一步进行沉降观测。

当需要了解历史沉降情况而缺乏有效的沉降资料时，也可根据设计标高结合现场调查情况依照当地经验进行估算。

7.3 水平位移监测

本节明确了水平位移监测的方法和相关规定，以及水平位移监测应提交的成果资料要求。

7.4 自动化监测

本节倡导在技术和经济条件允许的情况下，或应业主特别要求，对具有代表性的既有建筑物（如重要公共建筑、超高层建筑、存在历史沉降问题的建筑、或处于复杂环境中的建筑）采用自动化监测技术。

自动化监测的优势：自动化监测（利用传感器、数据采集仪、无线传输等技术）可实现连续、实时、远程监控，大大提高了数据获取的频率和时效性，能更早发现异常变形趋势，减少人工观测的误差和成本，尤其在恶劣天气或危险环境下优势明显。

8 纠倾加固设计

8.1 一般规定

8.1.1 纠倾的建筑层数多数在8层以内，构筑物高度多数在25m以内。近年来，国内已有高层建筑纠倾成功的例子，这些建筑物其整体倾斜多数超过0.7%，即超过现行行业标准《危险房屋鉴定标准》JGJ125的危险临界值，影响安全使用；也有部分虽未超过危险临界值，但已超过设计规定的允许值，影响正常使用。

8.1.2 既有建筑纠倾加固方法可分为迫降纠倾和顶升纠倾两类。迫降纠倾是从地基入手，通过改变地基的原始应力状态，强迫建筑物下沉；顶升纠倾是从建筑结构入手，通过调整结构自身来满足纠倾的目的。因此从总体来讲，迫降纠倾要比顶升纠倾经济、施工简便，但遇到不适合采用迫降纠倾时即可采用顶升纠倾。特殊情况可综合采用多种纠倾方法。

8.1.7 建筑物的倾斜多数是由于地基原因，或是浅基础的变形控制欠佳，或是由于桩基和地基处理设计、施工质量问题等，建筑物纠倾施工将影响地基基础和上部结构的受力状态，因此纠倾加固设计应根据现状条件分析产生倾斜的原因，论证纠倾可行性，对上部结构进行安全评估，确保建筑物安全。如果建筑物的倾斜原因包括建筑物荷载中心偏移等，应论证地基加固的必要性，提出地基加固方法，防止再度倾斜。

8.1.12 由于既有建筑物各角点倾斜值与其自身原有垂直度有关，因此对于纠倾加固后的验收，规定了以设计要求控制，对于尚未通过竣工验收的建筑物规定按新建工程验收要求控制。

8.1.13 施工过程中开挖的槽、孔等在工程完工后如不及时进行回填等处理将会对建筑物安全使用和人们日常生活带来安全隐患，水、电、暖等设施与日常生活有关，应予以重视。

要加强对避雷设施修复后的检查与检测。当上部结构产生裂损时，应由设计单位明确加固修复处理方法。

8.2 迫降纠倾设计

8.2.1 迫降纠倾是通过人工或机械的办法来调整地基土体固有的应力状态，使建筑物原来沉降较小侧的地基土土体应力增加，迫使土体产生新的竖向变形或侧向变形，使建筑物在短时间内沉降加剧，达到纠倾的目的。

8.2.2 迫降纠倾与建筑物特征、地质情况、采用的迫降方法等有关，因此迫降的设计应围绕几个主要环节进行：选择合理的纠倾方法；编制详细的施工工艺；确定各个部位迫降量；设置监控系统；制定实施计划。根据选择的方法和编制的操作规程，做到有章可循，否则盲目施工往往失败或达不到预期的效果。由于纠倾施工会影响建筑物，因此强调了对主体结构不应产生损伤和破坏，对非主体结构的裂损应为可修复范围，否则应在纠倾加固前先进行加固处理。纠倾后应防止出现再次倾斜的可能性，必要时应对地基基础进行加固处理。对于纠倾过程可能存在的结构裂损、局部破坏应有加固处理预案。

纠倾加固施工过程中可能出现危及安全的情况，设计时应有应急预案。过量纠倾可能会产生结构的再次损伤，应该防止其出现，设计时必须制定防止过量纠倾的技术措施。

8.2.3 迫降纠倾是一种动态设计信息化施工过程，因此沉降观测是极其重要的，同时观测结果应反馈给设计，以调整设计，指导施工，这就要求设计施工紧密配合。迫降纠倾施工前应做好详细的施工组织设计，并详细勘察周围场地现状，确定影响范围，做好查勘记录，采取措施防止出现对相邻建筑物和设施可能产生的影响。

8.2.4 基底掏土纠倾法是在基础底面以下进行掏挖土体，削弱基础下土体的承载面积迫使沉降，其特点是可在浅部进行处理，机具简单，操作方便。人工掏土法早在20世纪60年代初期就开始使用，已经处理了相当多的多层倾斜建筑。水冲掏土法则是20世纪80年代才开始应用研究，它主要利用压力水泵代替人工。该法直接在基础底面下操作，通过掏冲带出部分土体，因此对匀质土比较适用，

施工时控制掏土槽的宽度及位置是非常重要的，也是掏土迫降效果好坏或成败的关键。

8.2.5 井式纠倾法是利用工作井（孔）在基础下一定深度范围内进行排土、冲土，一般包括人工挖孔、沉井两种。井壁有钢筋混凝土壁、混凝土孔壁，为确保施工安全，对于软土或砂土地基应先试挖成井，方可大面积开挖井（孔）施工。

井式纠倾法可分为两种：一种是通过挖井（孔）排土、抽水直接迫降，这种在沿海软土地区比较适用；另一种是通过井（孔）辐射孔进行射水掏冲土迫降。可视土质情况选择。

工作井（孔）一般设置在建筑物周边，在沉降较小侧多设置，沉降较大侧少设置或不设置。建筑的宽度比较大时，井（孔）也可设置在室内，每开间设一个井（孔），可根据不同的迫降量布置辐射孔。

为方便施工井底深度宜比射水孔位置低。

工作井可用砂土或砂石混合料分层夯实回填，也可用灰土比为2:8的灰土分层夯实回填，接近地面1m范围内的井壁应拆除。

但多年的工程实践证明，上述两条看起来操作简单，但在实践中较难达到理想结果。

8.2.6 钻孔取土纠倾法是通过机械钻孔取土成孔，依靠钻孔所形成的临空面，使土体产生侧向变形形成淤孔，反复钻孔取土使建筑物下沉。

8.2.7 堆载纠倾法适用于小型工程且地基承载力比较低的土层条件，对大型工程项目一般不适用，此法常与其他方法联合使用。

沉降观测应及时绘制荷载-沉降-时间关系曲线，及时调整堆载量，防止过纠，保证施工安全。

8.2.8 降水纠倾法适用的地基土主要取决于降水的方法，当采用真空法或电渗法时，也适用于淤泥土，但在既有建筑邻近使用应慎重，若有当地成功经验时也可采用。采用人工降水时应注意对水资源保护以及对环境影响。

8.2.9 浸水纠倾法是利用湿陷性黄土遇水湿陷的特性对建筑物进行纠倾的，为了确保纠倾安全，必须通过系统的现场试验确定各项设计、施工参数，施工过程中应设置水量控制计量系统以及监测系统，确保浸水量准确，应有必要的防护措施，如预设限沉的桩基等，当水量过量时可采用生石灰吸收。

8.3 顶升纠倾设计

8.3.1 顶升纠倾是通过钢筋混凝土或砌体的结构托换加固技术，将建筑物的基础和上部结构沿某一特定的位置进行分离，采用钢筋混凝土进行加固、分段托换、形成全封闭的顶升托换梁（柱）体系。设置能支承整个建筑物的若干个支承点，通过这些支承点的顶升设备的启动，使建筑物沿某一直线（点）作平面转动，即可使倾斜建筑物得到纠正。若大幅度调整各支承点的顶高量，即可提高建筑物的标高。

顶升纠倾过程是一种基础沉降差异快速逆补偿过程，当地基土的固结度达80%以上，基础沉降接近稳定时，可通过顶升纠倾来调整剩余不均匀沉降。

顶升纠倾法仅对沉降较大处顶升，而沉降小处则仅做分离及同步转动，其目的是将已倾斜的建筑物纠正，该法适用于各类倾斜建筑物。

8.3.3 顶升纠倾设计必须遵循下列原则：

1 顶升应通过钢筋混凝土组成的一对上、下受力梁系实施，虽然在实际工程中已出现类似利用锚杆静压桩、原有基础或地基作为反力基座来进行顶升纠倾，其应用主要为较小型建筑物，且实际工程不多，尚缺乏普遍性，并存在一定的不确定因素和危险性，因此规范仍强调应由上、下梁系受力。

2 采用荷载设计值，荷载分项系数约为1.35，本次修订改为采用荷载标准组合值，安全系数调整为2.0，以保持安全储备与原规范一致。

3 托换梁（柱）体系应是一套封闭式的钢筋混凝土结构体系。

4 顶升是在钢筋混凝土梁柱之间进行，因此顶升梁及底座都应该是钢筋混凝土的整体结构。

5 顶升的支托垫块必须是钢板混凝土块或钢垫块，具有足够的承载力及平整度，且是组合装配的工具式垫块，可抵抗水平力。顶升过程中保证上下顶升梁及千斤顶、垫块有不少于30%支点可连成一整体。

顶升量的确定应包括三个方面：

1) 纠正建筑物倾斜所需各点的顶升量，可根据不同倾斜率及距离计算。

2) 使用要求需要的整体顶升量。

3) 过纠量。考虑纠正以后建筑物沉降尚未稳定还有少量的倾斜，则可通过超量的纠正来调整最终的垂直度。这个量应通过沉降计算确定，要求超过的纠倾量或最终稳定的倾斜值应满足GB50007的要求，当计算不能满足时，则应进行地基基础加固。

9 托换加固设计

9.1 一般规定

9.1.1 “托换技术”是指对结构荷载传递路径改变的结构加固或地基加固的通称，在地基基础加固工程中广泛应用。本节所指“托换加固”是对采用托换技术所需进行的地基基础加固措施的总称。在纠倾工程、托换工程中采用的“托换技术”尚应符合第8章、第9章的有关规定。

9.1.2 托换加固工程的设计应根据工程的结构类型、基础形式、荷载情况以及场地地基情况进行方案比选，选择设计可靠、施工技术可行且安全的方案。

9.1.3 托换加固是在原有受力体系下进行，其实施应按上部结构、地基、基础的共同作用，按托换地基与原地基变形协调原则进行承载力、变形验算。为保证工程安全，当既有建筑沉降、倾斜、变形、开裂已出现超过国家现行有关规范、规程规定的控制指标时，应采取相应处理措施，或制定适用于该托换工程的质量控制标准。

9.2 设计

9.2.1 本条为既有建筑整体托换加固设计的要求。整体托换加固，应在上部结构满足整体托换要求条件下进行，并进行必要的计算分析。

9.2.2 局部托换加固的受力分析难度较大，确定局部托换加固的范围以及局部托换的位移控制标准应考虑既有建筑的变形适应能力。

10 地基基础加固设计

10.1 一般规定

10.1.1 进行地基基础加固的工程均应进行地基计算。既有建筑因勘察、设计、施工或使用不当，增加荷载，遭受邻近新建建筑、深基坑开挖、新建地下工程或自然灾害的影响等可能产生对建筑物稳定性的不利影响，应进行稳定性计算。既有建筑地基基础加固或增加荷载时，尚应对基础的抗冲、剪、弯能力进行验算。

10.1.4~10.1.6 明确了当建筑荷载较大、地质条件复杂时应选择合适的地基基础加固方案。

10.1.7 10.1.8 明确了遇到特殊地层时，计算单桩承载力时应对桩侧摩阻力进行折减。

10.2 天然地基承载力确定与计算

10.2.1 既有建筑地基承载力特征值的确定，应根据既有建筑地基基础的工作性状确定。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”，使其增加荷载的一部分由原地基土承担。

1 加固后的地基应采用在地基处理后通过检验确定的地基承载力特征值。

2 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，可采用本标准附录B的方法确定其增加值，其余增加荷载由扩大基础承担而采用原地基承载力特征值设计，相对简单。

10.3 单桩承载力计算

考虑到二十多年来桩基础在既有建筑加固中的大量应用及独特作用，将桩基础单桩承载力计算单列一节。

10.3.3 本条为既有建筑单桩承载力特征值的确定原则。

既有建筑下原有的桩以及新增加的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。既有建筑原有的桩单桩的静载荷试验，有条件时应在既有建筑下进行，无条件时可按本规范附录C的方法进行；既有建筑下原有的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。

10.3.6 既有建筑原地基增加的承载力可按本标准10.2.1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。

10.4 地基变形计算

10.4.1 加固后既有建筑地基变形控制的重要指标是差异沉降和倾斜，

《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011表5.3.4中给出的砌体承重结构基础的局部倾斜、工业与民用建筑相邻柱基的沉降差、桥式吊车轨面的倾斜（按不调整轨道考虑）、多层和高层建筑的整体倾斜以及高耸结构基础的倾斜值，是保证建筑物正常使用和结构安全的数值，工程设计应严格控制。既有建筑加固后的建筑物整体沉降控制，对于有相邻基础连接或地下管线连接时应视工程情况控制，可采取临时工程措施，包括断开、改变连接方式等，条件不允许时应对建筑物整体沉降控制，采用减少建筑物整体沉降的处理措施或顶升托换抬高建筑等方法。

10.4.2 有特殊要求的建筑物，包括古建筑、历史建筑等保护，要求保持现状；或者对建筑物变形有更严格的要求时，应按建筑物的地基变形允许值，进行地基变形控制。

10.4.3 既有建筑地基变形计算，可根据既有建筑沉降稳定情况分为沉降已经稳定者和沉降尚未稳定者两种。对于沉降已经稳定的既有建筑，其地基最终变形量，包括已完成的地基变形量 s_0 和地基基础加固后或增加荷载后产生的地基变形量 s_1 ，其中 s_1 是通过计算确定的。计

算时采用的压缩模量，对于地基基础加固的情况和增加荷载的情况是有区别的：前者是采用地基基础加固后经检测得到的压缩模量，而后者是采用增加荷载前经检验得到的压缩模量。对于原建筑沉降尚未稳定且增加荷载的既有建筑，其地基最终变形量 s 除了包括上述 s_0 和 s_1 外，尚应包括原建筑荷载下尚未完成的地基变形量 s_2 。

10.4.4 本条为地基基础加固或增加荷载后产生的地基变形量的计算原则：

1 按本标准附录B进行试验，可按增加荷载量以及由试验得到的变形模量计算确定。

2 增大基础尺寸或改变基础形式时，可按增加荷载量以及增大后的基础或改变后的基础由原地基压缩模量计算确定。

3 地基加固时，应采用加固后经检验测得的地基压缩模量，按现行《建筑地基处理技术规范》JGJ79的有关原则计算确定。

10.4.5 本条为既有建筑基础为桩基础时的基础沉降计算原则：

1 按桩基础的变形计算方法，其变形为桩端下卧层的变形。

2 增加的桩承担的新增荷载，为新增荷载减去原地基承载力提高承担的荷载。

3 既有建筑桩基础扩大基础增加桩时，可按新增加的荷载由原基础桩和新增加桩共同承担荷载按桩基础计算确定，此时可不考虑桩间土分担荷载。

10.5 扩大基础法设计

10.5.2、10.5.3 扩大基础底面积加固的特点是：1 经济；2 加强基础刚度与整体性；3 减少基底压力；4 减少基础不均匀沉降。

当既有建筑的基础开裂或地基基础不满足设计要求时，可采用混凝土套或钢筋混凝土套加大基础底面积，以满足地基承载力和变形的设计要求。

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。原则上应保持新旧基础的结合，形成整体。

对加套混凝土或钢筋混凝土的加宽部分，应采用与原基础垫层的材料及厚度相同的夯实垫层，可使加套后的基础与原基础的基底标高和应力扩散条件相同和变形协调。

采用混凝土或钢筋混凝土套加大基础底面积尚不能满足地基承载力和变形等的设计要求时，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。这样更能扩大基底面积，用以满足地基承载力和变形的设计要求；另外，由于加强了基础的刚度，也可减少地基的不均匀变形。

10.5.4 加深基础法加固的特点是：**1** 经济；**2** 有效减少基础沉降；**3** 不得连续或集中施工；**4** 可以是间断墩式也可以是连续墩式。

加深基础法是直接在基础下挖槽坑，再在坑内浇筑混凝土，以增大原基础的埋置深度，使基础直接支承在较好的持力层上，用以满足设计对地基承载力和变形的要求。其适用范围必须在浅层有较好的持力层，不然会因采用人工挖坑而费工费时又不经济；另外，场地的地下水位必须较低才合适，不然人工挖土时会造成邻近土的流失，即使采取相应的降水或排水措施，在施工上也会带来困难，而降水亦会导致对既有建筑产生附加不均匀沉降的隐患。

10.6 注浆加固补强设计

10.6.1、10.6.2 注浆加固亦称灌浆法，是指利用液压、气压或电化学原理，通过注浆管把浆液注入地层中，浆液以填充、渗透和挤密等方式，将土颗粒或岩石裂隙中的水分和空气排除后占据其位置，经一定时间后，浆液将原来松散的土粒或裂隙胶结成一个整体，形成一个结构新、强度大、防水性能高和化学稳定性良好的“结石体”。

注浆加固的应用范围有：

- 1** 提高地基土的承载力、减少地基变形和不均匀变形。
- 2** 进行托换技术，对古建筑的地基加固常用。
- 3** 用以纠倾和抬升建筑。

4 用以减少地铁施工时的地面沉降，限制地下水的流动和控制施工现场土体的位移等。

注浆补强注浆加固法的特点是：施工方便，可以加强基础的刚度与整体性。但是，注浆的压力一定要控制，压力不足，会造成基础裂缝不能充满，压力过高，会造成基础裂缝加大。实际施工时应进行试验性补强注浆，结合原基础材料强度和粘结强度，确定注浆施工参数。

注浆施工时的钻孔倾角是指钻孔中心线与地平面的夹角，倾角不应小于30°，以免钻孔困难。注浆孔布置应在基础损伤检测结果基础上进行，间距不宜超过2.0m。

封闭注浆孔，对混凝土基础，采用的水泥砂浆强度不应低于基础混凝土强度；对砌体基础，水泥砂浆强度不应低于原基础砂浆强度。

10.7 锚杆静压桩设计

10.7.1 锚杆静压桩是锚杆和静压桩结合形成的桩基施工工艺。它是通过在基础上埋设锚杆固定压桩架，以既有建筑的自重荷载作为压桩反力，用千斤顶将桩段从基础中预留或开凿的压桩孔内逐段压入土中，再将桩与基础连接在一起，从而达到提高基础承载力和控制沉降的目的。

10.7.4 当既有建筑基础承载力不满足压桩所需的反力时，则应对基础进行加固补强；也可采用新浇筑的钢筋混凝土挑梁或抬梁作为压桩的承台。

10.8 树根桩设计

10.8.1 树根桩也称为微型桩或小桩，树根桩适用于各种不同的土质条件，对既有建筑的修复、增层、地下铁道的穿越以及增加边坡稳定性等托换加固都可应用，其适用性非常广泛。

10.8.2~10.8.5 树根桩设计时，应对既有建筑的基础进行有关承载力的验算。当不满足要求时，应先对原基础进行加固或增设新的桩承台。树根桩的单桩竖向承载力可按载荷试验得到，也可按国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB50007有关规定结合地区经验估算，但应考虑既有建筑的地基变形条件的限制和考虑桩身材料强度的要求。

设计人员要根据被加固建筑物的具体条件，预估既有建筑所能承受的最大沉降量。在载荷试验中，可由荷载-沉降曲线上求出相应允许沉降量的单桩竖向承载力。

10.9 坑式静压桩设计

10.9.1 坑式静压桩是采用既有建筑自重做反力，用千斤顶将桩段逐段压入土中的施工方法。千斤顶上的反力梁可利用原有基础下的基础梁或基础板，对无基础梁或基础板的既有建筑，则可将底层墙体加固后再进行坑式静压桩施工。

当地基土中含有较多的大块石、坚硬黏性土或密实的砂土夹层时，由于桩压入时难度较大，需要根据现场试验确定其适用与否。

10.9.2 国内坑式静压桩的桩身多数采用边长为150mm~250mm的预制钢筋混凝土方桩，亦有采用桩身直径为100mm~600mm开口钢管，国外一般不采用闭口的或实体的桩，因为后者顶进时属挤土桩，会扰动桩周的土，从而使桩周土的强度降低；另外，当桩端下遇到障碍时，则桩身就无法顶进。开口钢管桩的顶进对桩周土的扰动影响相对较小，国外使用钢管的直径一般为300mm~450mm，如遇漂石，亦可用锤击破碎或用冲击钻头钻除，但一般不采用爆破方法。

桩的平面布置都是按基础或墙体中心轴线布置的，同一个施工坑内可布置1~3根桩，绝大部分工程都是采用单桩和双桩。只有在纵横墙相交部位的施工坑内，横墙布置1根和纵墙2根形成三角的3根静压桩。

10.10 复合桩设计

近年来，复合桩在既有建筑加固中得到一定应用，它将两种设计方法结合到一起，优势互补，可改善场地地质条件，大幅度提高单桩承载力。因此单列一节。

11 加固施工

11.1 一般规定

11.1.3 既有地基基础加固对象是已投入使用的建筑物，在不影响正常使用的前提下达到加固改造目的。新建基础与既有基础连接的变形协调，各种地基基础加固方法的地基变形协调，应在设计要求的条件下通过严格的施工质量控制实现。导坑回填施工应达到设计要求的密实度，保证地基基础工作条件。

11.1.7 确保既有地基基础进行信息化施工的前提是在施工期间进行有效监测，根据监测结果采取调整加固设计或施工方案。

11.5 注浆加固施工

基础补强注浆加固法的特点是施工方便，可以加强基础的刚度与整体性。要控制注浆压力，压力不足，会造成基础裂缝不能充满，压力过高，会造成基础裂缝加大。实际施工时应进行试验性补强注浆，结合原基础材料强度和粘结强度，确定注浆施工参数。

11.5.3~11.5.5 注浆施工方法较多，常用的是花管注浆和阀管注浆两种施工方法。对一般工程的注浆加固，以花管注浆作为注浆工艺的

主体。
花管注浆的注浆管在头部1m~2m范围内侧壁开孔，孔眼为梅花形布置，孔眼直径一般为3mm~4mm。注浆管的直径一般比锥尖的直径小1mm~2mm。有时为防止孔眼堵塞，可在开口的孔眼外再包一圈橡皮环。

为防止浆液沿管壁上冒，可加一些速凝剂或压浆后间歇数小时，使在加固层表面形成一层封闭层。如在地表有混凝土之类的硬壳覆盖的情况，也可将注浆管一次压到设计深度，再由下而上分段施工。

花管注浆工艺虽简单，成本低廉，但其存在的缺点是：**1** 遇卵石或块石层时沉管困难；**2** 不能进行二次注浆；**3** 注浆时易于冒浆；**4** 注浆深度不及塑料单向阀管。

11.6 锚杆静压桩施工

11.6.1 锚杆静压桩是锚杆和静压桩结合形成的桩基施工工艺。它是通过在基础上埋设锚杆固定压桩架，以既有建筑的自重荷载作为压桩反力，用千斤顶将桩段从基础中预留或开凿的压桩孔内逐段压入土中，再将桩与基础连接在一起，从而达到提高基础承载力和控制沉降的目的。

锚杆静压桩加固，当采用钢筋混凝土方桩时，顶进至设计深度后即可取出千斤顶，再用C30微膨胀早强混凝土将桩与原基础浇筑成整体。当控制变形严格，需施加预应力封桩时，可采用型钢支架托换，而后浇筑混凝土。对钢管桩，应根据工程要求，在钢管内浇筑C20微膨胀早强混凝土，最后用C30混凝土将桩与原基础浇筑成整体。

11.6.2 当既有建筑基础承载力不满足压桩所需的反力时，则应对基础进行加固补强；也可采用新浇筑的钢筋混凝土挑梁或抬梁作为压桩的承台。

封桩是锚杆静压桩技术的关键工序，封桩可分别采用不施加预应力的方法及施加预应力的方法。

不施加预应力的方法封桩工序（图7）为：

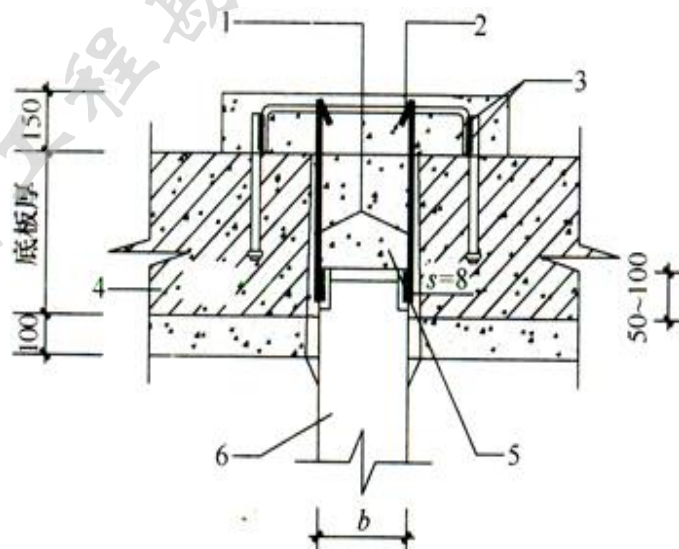


图7 锚杆静压桩封桩节点示意

1—锚固筋（下端与桩焊接，上端弯折后与交叉钢筋焊接）；2—交叉钢筋；3—锚杆（与交叉钢筋焊接）；4—基础；5—C30微膨胀混凝土；6—钢筋混凝土桩

清除压桩孔周围桩帽梁区域内的泥土-将桩帽梁区域内基础混凝土表面清洗干净-清洗压桩孔壁-清除压桩孔内的泥水-焊接交叉钢筋-检查-浇捣C30或C35微膨胀混凝土-检查封桩孔有无渗水。锚固筋不宜少于 $4\Phi 14$ 。

对沉降敏感的建筑物或要求加固后制止沉降起到立竿见影效果的建筑物（如古建筑、沉降缝两侧等部位），其封桩可采用预加预应力的方法（图8）。通过预加反力封桩，附加沉降可以减少，收到良好的效果。

具体做法：在桩顶上预加反力（预加反力值一般为1.2倍单桩承载力），此时底板上保留了一个相反的上拔力，由此减少了基底反力，在桩顶预加反力作用下，桩身即形成了一个预加反力区，然后将桩与基础底板浇捣微膨胀混凝土，形成整体，待封桩混凝土硬结后拆除桩顶上千斤顶，桩身有很大的回弹力，从而减少基础的拖带沉降，起到减少沉降的作用。

常用的预加反力装置为一种用特制短反力架，通过特制的预加反力短柱，使千斤顶和桩顶起到传递荷载的作用，然后当千斤顶施加要求的反力后，立即浇捣C30或C35微膨胀早强混凝土，当封桩混凝土强度达到设计要求后，拆除千斤顶和反力架。

1) 锚杆静压桩对工程地质勘察除常规要求外，应补充进行静力触探试验。

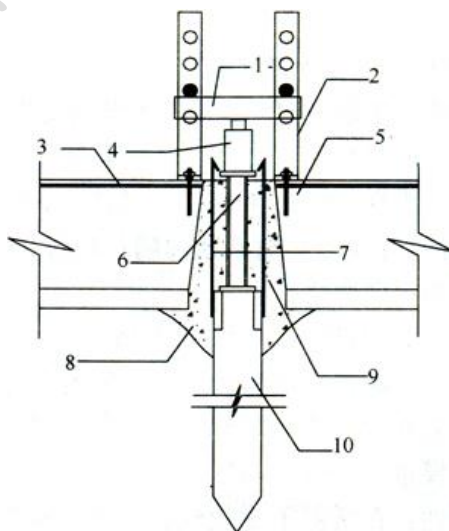


图8 预加反力封桩示意

1—反力架；2—压桩架；3—板面钢筋；4—千斤顶；5—锚杆；6—预加反力钢杆（槽钢或钢管）；7—锚固筋；8—C30 微膨胀混凝土；9—压桩孔；10—钢筋混凝土桩

2) 压桩施工时不宜数台压桩机同时在一个独立柱基上施工，压桩施工应一次到位。

3) 条形基础桩位靠近基础两侧，减少基础的弯矩。独立柱基围绕柱子对称布置，板基、筏基靠近荷载大的部位及基础边缘，尤其角的部位，适应马鞍形基底接触应力分布。

大型锚杆静压桩法可用于新建高层建筑桩基工程中经常遇到的类似断桩、缩径、偏斜、接头脱开等质量事故工程，以及既有高层建筑的使用功能改变或裙房区的加层等基础托换加固工程。

11.7 树根桩施工

11.7.3 树根桩在既有基础上钻孔施工，树根桩完成后，在套管与孔之间采用非收缩的水泥浆注满。为了增强套管与水泥浆体之间的荷载传递能力，在套管置入之前，在钢套管上焊上一定间距的钢筋剪力环。树根桩在既有基础上钻孔施工，树根桩完成后，在套管与孔之间采用非收缩的水泥浆注满。

11.9 复合桩施工

复合桩加固施工包括两种工法的施工，考虑到旋喷桩、水泥土搅拌桩等复合地基加固施工应用历史较长，而插入的劲桩如钢管桩、钢筋笼、工字钢、管桩、方桩等均为常见工艺，施工经验丰富，这里不再赘述。

11.10 施工中监测

11.10.2、11.10.3 纠倾加固施工，当各点的顶升量和迫降量不一致时，可能造成结构产生新的裂损，应对结构的变形和裂缝进行监测，根据监测结果进行施工控制。

11.10.5 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。

11.10.6 采用加大基础底面积加固法、加深基础加固法对基础进行加固时，当开挖施工槽段内结构在加固前已产生裂缝或加固施工时产生裂缝或变形时，应对开挖施工槽段内结构的变形和裂缝情况进行监测，确保安全。

能造成影响的施工，主要有桩基施工、基槽开挖、降水等。主要事故有沉降、不均匀沉降、局部裂损，局部倾斜或整体倾斜等。施工前应分析可能产生的影响采取必要的预防措施，当出现事故后应采取补救措施。

12 检验与验收

12.1 一般规定

地基基础加固施工后，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规范》GB50202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。

12.2 检 验

12.2.11 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。

12.2.17、12.2.18 混凝土灌注桩的质量检验应较其他桩型严格，这是工艺本身要求，再则工程事故也较多，因此，对监测手段要事先落实。

沉渣厚度应在钢筋笼放入后，混凝土浇筑前测定，成孔结束后，放钢筋笼、混凝土导管都会造成土体跌落，增加沉渣厚度，因此，沉渣厚度应是二次清孔后的结果。沉渣厚度的检查目前均用重锤，有些地方用沉渣仪，这种仪器应预先做标定。

灌注桩的钢筋笼有时在现场加工，不是在工厂加工完后运到现场，为此，列出了钢筋笼的质量检验标准。

12.3 验收

对隐蔽工程而言，施工完毕后进行验收十分重要，因此单列一节。