

中华人民共和国行业标准

建筑物倾斜纠偏技术规程

Technical specification for incline-rectifying of buildings

JGJ 270 - 2012

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 2 年 1 2 月 1 日

中国建筑工业出版社

2012 北 京

中华人民共和国行业标准
建筑物倾斜纠偏技术规程

Technical specification for incline-rectifying of buildings

JGJ 270 - 2012

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：2 $\frac{3}{4}$ 字数：70 千字

2012 年 11 月第一版 2012 年 11 月第一次印刷

定价：**14.00** 元

统一书号：15112·23529

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

本社网址：<http://www.cabp.com.cn>

网上书店：<http://www.china-building.com.cn>

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 1451 号

住房和城乡建设部关于发布行业标准 《建筑物倾斜纠偏技术规程》的公告

现批准《建筑物倾斜纠偏技术规程》为行业标准，编号为 JGJ 270-2012，自 2012 年 12 月 1 日起实施。其中，第 3.0.7 和第 5.3.3 条为强制性条文，必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2012 年 8 月 23 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2008年工程建设标准规范制订、修订计划（第一批）〉的通知》（建标〔2008〕第102号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内标准和国际标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本规程。

本规程的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 检测鉴定；5. 纠偏设计；6. 纠偏施工；7. 监测；8. 工程验收。

本规程中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本规程由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由中国建筑第六工程局有限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，请寄送中国建筑第六工程局有限公司（地址：天津市滨海新区塘沽杭州道72号，邮编：300451）。

本 规 程 主 编 单 位：中国建筑第六工程局有限公司
中国建筑第四工程局有限公司

本 规 程 参 编 单 位：山东建筑大学
广东省建筑科学研究院
天津大学
中国建筑股份有限公司
中国建筑西南勘察设计研究院有限公司
中铁西北科学研究院有限公司
天津中建建筑技术发展有限公司
北京交通大学

江苏东南特种技术工程有限公司
武汉大学设计研究总院
贵州中建建筑科研设计院有限公司
陕西省建筑科学研究院
哈尔滨工业大学
黑龙江省四维岩土工程有限公司

本规程主要起草人员：王存贵 魏明跃 唐业清 刘祖德
王 楨 王成华 王林枫 刘洪波
刘 波 李 林 李今保 李重文
肖绪文 何新东 余 流 杨建江
陆海英 张 鑫 张晶波 张云富
张新民 张立敏 徐学燕 康景文
本规程主要审查人员：周福霖 马克俭 王惠昌 叶观宝
郑 刚 穆保岗 吴永红 朱武卫
马荣全

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	检测鉴定	7
4.1	一般规定	7
4.2	检测	7
4.3	鉴定	8
5	纠偏设计	10
5.1	一般规定	10
5.2	纠偏设计计算	11
5.3	迫降法设计	14
5.4	抬升法设计	19
5.5	综合法设计	23
5.6	古建筑物纠偏设计	23
5.7	防复倾加固设计	24
6	纠偏施工	26
6.1	一般规定	26
6.2	迫降法施工	27
6.3	抬升法施工	30
6.4	综合法施工	33
6.5	古建筑物纠偏施工	33
6.6	防复倾加固施工	34
7	监测	35

7.1 一般规定	35
7.2 沉降监测	36
7.3 倾斜监测	36
7.4 裂缝监测	37
7.5 水平位移监测	37
8 工程验收	38
附录 A 建筑物常用纠偏方法选择	39
附录 B 建筑物纠偏工程监测记录	41
附录 C 建筑物纠偏工程竣工验收记录	43
本规程用词说明	44
引用标准名录	45
附：条文说明	47

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	5
4	Inspection and Appraisal	7
4.1	General Requirements	7
4.2	Inspection	7
4.3	Appraisal	8
5	Design for Incline-Rectifying of Buildings	10
5.1	General Requirements	10
5.2	Design and Calculation	11
5.3	Design for Incline-Rectifying by Forced Falling Method	14
5.4	Design for Incline-Rectifying by Uplifting Method	19
5.5	Design for Incline-Rectifying by Composite Methods	23
5.6	Design for Incline-Rectifying of Historic Buildings	23
5.7	Strengthening Design for Preventing Repeated Incline	24
6	Construction for Incline-Rectifying of Buildings	26
6.1	General Requirements	26
6.2	Construction for Incline-Rectifying by Forced Falling Method	27
6.3	Construction for Incline-Rectifying by Uplifting Method	30
6.4	Construction for Incline-Rectifying by Composite Methods	33
6.5	Construction for Incline-Rectifying of Historic Buildings	33
6.6	Strengthening Construction for Preventing	

Repeated Incline	34
7 Monitoring	35
7.1 General Requirements	35
7.2 Monitoring of Settlement Deformation	36
7.3 Monitoring of Inclination Deformation	36
7.4 Monitoring of Crack	37
7.5 Monitoring of Horizontal Displacement	37
8 Completion Acceptance	38
Appendix A Selection of General Incline-Rectifying Methods	39
Appendix B Monitoring Records for Incline-Rectifying of Buildings	41
Appendix C Completion Acceptance Records for Construction of Incline-Rectifying of Buildings	43
Explanation of Wording in This Specification	44
List of Quoted Standards	45
Addition; Explanation of Provisions	47

1 总 则

1.0.1 为了在建筑物纠偏工程中贯彻执行国家的技术经济政策，做到安全可靠、技术先进、经济合理、确保质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于建筑物（含构筑物）纠偏工程的检测鉴定、设计、施工、监测和验收。

1.0.3 建筑物纠偏工程应综合考虑工程地质与水文地质条件、基础和上部结构类型、使用状态、环境条件、气象条件等因素。

1.0.4 建筑物纠偏工程的检测鉴定、设计、施工、监测和验收除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 纠偏工程 *incline-rectifying engineering*

采用有效技术措施对已倾斜的建筑物予以纠偏扶正，并达到规定标准的活动。

2.1.2 倾斜角 *incline angle*

建筑物倾斜后的结构竖直面与原设计的结构竖直面的夹角或基础变位后的底平面与原设计的基底水平面的夹角。

2.1.3 倾斜率 *incline rate*

倾斜角的正切值。

2.1.4 回倾速率 *incline-reverting speed*

建筑物纠偏时，顶部固定观测点回倾方向的每日水平变位值。

2.1.5 防复倾加固 *strengthening preventing repeated incline*

为防止建筑物纠偏后再次倾斜，对其地基、基础或结构进行相应的加固处理。

2.1.6 迫降法 *forced falling incline-rectifying method*

在倾斜建筑物沉降较小一侧，采取技术措施促使其沉降加大，达到纠偏目的的方法。

2.1.7 抬升法 *uplifting incline-rectifying method*

在倾斜建筑物沉降较大一侧，采取技术措施抬高基础或结构，达到纠偏目的的方法。

2.1.8 综合法 *composite incline-rectifying method*

对倾斜建筑物同时采用两种或两种以上方法纠偏，达到纠偏目的的方法。

2.1.9 信息化施工 *information construction*

通过分析纠偏施工监测数据，及时调整和完善纠偏设计与施工方案，保证施工有效和回倾可控、协调。

2.2 符 号

2.2.1 几何参数

A ——基础底面面积；

a ——残余沉降差值；

b ——基础底面宽度（最小边长），或纠偏方向建筑物宽度；

d ——基础埋置深度；

e' ——倾斜建筑物重心到基础形心的水平距离；

Δh_i ——计算点抬升量；

H_g ——自室外地坪算起的建筑物高度；

L ——转动点（轴）至沉降最大点的水平距离；

l_i ——转动点（轴）至计算抬升点的水平距离；

S_H ——建筑物纠偏顶部水平变位设计控制值；

S_{Hr} ——建筑物纠偏前顶部水平变位值；

S_V ——建筑物纠偏设计迫降量或抬升量；

S'_V ——建筑物纠偏前的沉降差值；

W ——基础底面抵抗矩；

x_i 、 y_i ——第 i 根桩至基础底面形心的 y 、 x 轴线的距离。

2.2.2 物理力学指标

F_k ——相应于作用的标准组合时，上部结构传至基础顶面的竖向力值；

F_T ——纠偏中的施工竖向荷载；

f_a ——修正后的地基承载力特征值；

f_{ak} ——地基承载力特征值；

G_k ——基础自重和基础上的土重标准值；

M_h ——相应于作用的标准组合时，水平荷载作用于基础底面的力矩值；

M_p ——作用于倾斜建筑物基础底面的力矩值；

M_{xk} 、 M_{yk} —— 相应于作用的标准组合时，作用于倾斜建筑物基础底面形心的 x 、 y 轴的力矩值；

N_a —— 抬升点的抬升荷载值；

N_i —— 第 i 根桩所承受的拔力；

N_{\max} —— 单根桩承受的最大拔力；

p_k —— 相应于作用的标准组合时，基础底面的平均压力值；

$p_{k\max}$ —— 相应于作用的标准组合时，基础底面边缘的最大压力值；

$p_{k\min}$ —— 相应于作用的标准组合时，基础底面边缘的最小压力值；

Q_k —— 建筑物需抬升的竖向荷载标准值；

R_t —— 单根桩抗拔承载力特征值；

γ —— 基础底面以下土的重度；

γ_m —— 基础底面以上土的加权平均重度。

2.2.3 其他参数

n —— 抬升点数量；

η_b 、 η_d —— 基础宽度和埋深的地基承载力修正系数。

3 基本规定

3.0.1 经过检测鉴定和论证，确认有继续使用或保护价值的倾斜建筑物，可进行纠偏处理。

3.0.2 纠偏指标应符合下列规定：

1 建筑物的纠偏设计和施工验收合格标准应符合表 3.0.2 的要求；

2 对纠偏合格标准有特殊要求的工程，尚应符合特殊要求。

表 3.0.2 建筑物的纠偏设计和施工验收合格标准

建筑类型	建筑高度(m)	纠偏合格标准
建筑物	$H_g \leq 24$	$S_H \leq 0.004 H_g$
	$24 < H_g \leq 60$	$S_H \leq 0.003 H_g$
	$60 < H_g \leq 100$	$S_H \leq 0.0025 H_g$
	$100 < H_g \leq 150$	$S_H \leq 0.002 H_g$
构筑物	$H_g \leq 20$	$S_H \leq 0.008 H_g$
	$20 < H_g \leq 50$	$S_H \leq 0.005 H_g$
	$50 < H_g \leq 100$	$S_H \leq 0.004 H_g$
	$100 < H_g \leq 150$	$S_H \leq 0.003 H_g$

注：1 S_H 为建筑物纠偏顶部水平变位设计控制值；

2 H_g 为自室外地坪算起的建筑物高度。

3.0.3 纠偏工程应由具有相应资质的专业单位承担，技术方案应经专家论证。

3.0.4 建筑物纠偏前，应进行现场调查、收集相关资料；设计前应进行检测鉴定；施工前应具备纠偏设计、施工组织设计、监测及应急预案等技术文件。

3.0.5 纠偏工程应遵循安全、协调、平稳、可控、环保的原则。

3.0.6 纠偏设计应根据检测鉴定结果及纠偏方法，对上部结构、

基础的强度和刚度进行验算；对不满足要求的结构构件，应在纠偏前进行加固补强。

3.0.7 纠偏施工应设置现场监测系统，实施信息化施工。

3.0.8 纠偏工程在纠偏施工过程中和竣工后应进行沉降和倾斜监测。

3.0.9 古建筑纠偏不应破坏古建筑原始风貌，复原应做到修旧如旧。

3.0.10 纠偏工程的设计与施工不应降低原结构的抗震性能和等级。

4 检测鉴定

4.1 一般规定

4.1.1 建筑物检测鉴定应包括收集相关资料、现场调查、制定检测鉴定方案、检测鉴定和提供检测鉴定报告等步骤。

4.1.2 检测鉴定方案应明确检测鉴定工作的目的、内容、方法和范围。

4.1.3 纠偏工程的检测鉴定成果应满足纠偏设计、施工和防复倾加固等相关工作需要。

4.2 检测

4.2.1 建筑物检测不应影响结构整体稳定性和安全性，不应加速建筑物的倾斜。

4.2.2 应对建筑物沉降、倾斜进行检测；可对建筑物地基和结构进行检测，检测内容根据需要按表 4.2.2 进行选择。

表 4.2.2 建筑物检测内容

项目名称		检测内容
沉降和倾斜检测		各点沉降量、最大沉降量、沉降速率，倾斜值和倾斜率
地基和结构检测	地基	地基土的分层分类、含水量、密度、相对密度、液化、孔隙比、压缩性、可塑性、湿陷性、膨胀性、灵敏度和触变性、承载力特征值、地下水位、地基处理情况等
	基础	基础的类型、尺寸、材料强度、配筋情况及裂损情况等
	上部承重结构	结构类型、布置、传力方式、构件尺寸、材料强度、变形与位移、裂缝、配筋情况、钢材锈蚀、构造及连接等
	围护结构	裂缝、变形和位移、构造及连接等

4.2.3 沉降检测与倾斜检测应符合下列要求：

1 沉降观测点布置应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定；

2 倾斜观测点布置应能全面反映建筑物主体结构的倾斜特征，宜在建筑物角部、长边中部和倾斜量较大部位的顶部与底部布置；

3 建筑的整体倾斜检测结果应与基础差异沉降间接确定的倾斜检测结果进行对比。

4.2.4 地基检测应符合下列要求：

1 地基检测应采用触探测试查明地层的均匀性和对地层进行力学分层，在黏性土、粉土、砂土层内应采用静力触探，在碎石土层内采用圆锥动力触探；

2 应在分析触探资料的条件下，选择有代表性的孔位和层位取样进行物理力学试验、标准贯入试验、十字板剪切试验；

3 勘察孔距离基础边缘不宜大于 0.5m，勘察孔的间距不宜大于 8m。

4.2.5 结构检测应符合现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 的有关规定。

4.3 鉴 定

4.3.1 建筑物应根据倾斜值、沉降值和结构现状等检测结果，按国家现行标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144、《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292、《危险房屋鉴定标准》JGJ 125 进行鉴定。

4.3.2 既有结构承载力验算应符合下列规定：

1 计算模型应符合既有结构受力和构造的实际情况；

2 对正常设计和施工且结构性能完好的建筑物，结构或构件的材料强度可取原设计值，其他情况应按实际检测结果取值；

3 结构或构件的几何参数应采用实测值。

4.3.3 建筑物鉴定应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 验算地基承载力和变形性状。

4.3.4 鉴定报告应明确建筑物产生倾斜的原因。

5 纠偏设计

5.1 一般规定

5.1.1 纠偏工程设计前，应进行现场踏勘、了解建筑物使用情况、收集相关资料等前期准备工作，掌握下列相关资料和信息：

- 1 原设计和施工文件，原岩土工程勘察资料和补充勘察报告，气象资料，地震危险性评价资料；
- 2 检测鉴定报告；
- 3 使用及改扩建情况；
- 4 相邻建筑物的基础类型、结构形式、质量状况和周边地下设施的分布状况、周围环境资料；
- 5 与纠偏工程有关的技术标准。

5.1.2 纠偏工程设计应包括下列内容：

倾斜建筑物概况、检测与鉴定结论、工程地质与水文地质条件、倾斜原因分析、纠偏目标控制值、纠偏方案比选、纠偏设计、结构加固设计、防复倾加固设计、施工要求、监测点的布置及监测要求等。

5.1.3 纠偏设计应遵循下列原则：

- 1 防止结构破坏、过量附加沉降和整体失稳；
- 2 确定沉降量（抬升量）和回倾速率的预警值；
- 3 考虑纠偏施工对相邻建筑物、地下设施的影响；
- 4 根据监测数据，及时调整相关的设计参数。

5.1.4 纠偏设计应按倾斜原因分析、纠偏方案比选、纠偏方法选定、结构加固设计、纠偏施工图设计、纠偏方案动态优化等步骤进行。

5.1.5 建筑物纠偏通常采用迫降法、抬升法和综合法等，各种纠偏方法可按本规程附录 A 选用。

5.1.6 防复倾加固应综合考虑建筑物倾斜原因并结合所采用的纠偏方法进行设计。

5.2 纠偏设计计算

5.2.1 纠偏设计计算应包括下列内容：

- 1 确定纠偏设计迫降量或抬升量；
- 2 计算倾斜建筑物重心高度、基础底面形心位置和作用于基础底面的荷载值；
- 3 验算地基承载力及软弱下卧层承载力；
- 4 验算地基变形；
- 5 确定纠偏实施部位及相关参数；
- 6 进行防复倾加固设计计算。

5.2.2 建筑物纠偏需要调整的迫降量或抬升量和残余沉降差值(图 5.2.2)，可按下列公式计算：

$$S_V = \frac{(S_{H'} - S_H)b}{H_g} \quad (5.2.2-1)$$

$$a = S'_V - S_V \quad (5.2.2-2)$$

式中： S_V ——建筑物纠偏设计迫降量或抬升量 (mm)；

S'_V ——建筑物纠偏前的沉降差值 (mm)；

$S_{H'}$ ——建筑物纠偏前顶部水平变位值 (mm)；

S_H ——建筑物纠偏顶部水平变位设计控制值 (mm)；

b ——纠偏方向建筑物宽度 (mm)；

a ——残余沉降差值 (mm)；

H_g ——自室外地坪算起的建筑物高度 (mm)。

5.2.3 作用于基础底面的力矩值可按下式计算：

$$M_p = (F_k + G_k) \times e' + M_h \quad (5.2.3)$$

式中： M_p ——作用于倾斜建筑物基础底面的力矩值 (kN·m)；

F_k ——相应于作用的标准组合时，上部结构传至基础顶面的竖向力值 (kN)；

1 基础在偏心荷载作用下，基底最小压力 $p_{kmin} > 0$ 时，则基底底面压应力可按下列公式计算：

$$p_k = \frac{F_k + G_k + F_T}{A} \quad (5.2.4-1)$$

$$\frac{p_{kmax}}{p_{kmin}} = \frac{F_k + G_k + F_T}{A} \pm \frac{M_p}{W} \quad (5.2.4-2)$$

式中： p_k ——相应于作用的标准组合时，基底底面的平均压力值 (kPa)；

p_{kmax} ——相应于作用的标准组合时，基底底面边缘的最大压力值 (kPa)；

p_{kmin} ——相应于作用的标准组合时，基底底面边缘的最小压力值 (kPa)；

F_T ——纠偏中的施工竖向荷载 (kN)；

A ——基础底面面积 (m^2)；

W ——基础底面抵抗矩 (m^3)。

2 当基础宽度大于 3m 或埋置深度大于 0.5m 时，应按照载荷载板试验、静力触探和工程经验等确定地基承载力特征值，并按下式进行修正：

$$f_a = f_{ak} + \eta_b \gamma (b - 3) + \eta_d \gamma_m (d - 0.5) \quad (5.2.4-3)$$

式中： f_a ——修正后的地基承载力特征值 (kPa)；

f_{ak} ——地基承载力特征值 (kPa)，宜由补充勘察确定，也可按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 确定；

η_b 、 η_d ——基础宽度和埋深的地基承载力修正系数，按基底下土的种类确定；

γ ——基础底面以下土的重度 (kN/m^3)，地下水位以下取浮重度；

γ_m ——基础底面以上土的加权平均重度 (kN/m^3)，地下水位以下的土层取有效重度；

b ——基础底面宽度 (m), 当基宽小于 3m 时按 3m 取值, 大于 6m 时按 6m 取值;

d ——基础埋置深度 (m)。

3 基底压力应满足下列公式要求:

轴心受压情况: $p_k \leq f_a$ (5.2.4-4)

偏心受压情况: $p_{kmax} \leq 1.2f_a$ (5.2.4-5)

5.2.5 纠偏工程桩基承载力应按国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑桩基技术规范》JGJ 94、《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 进行验算。

5.3 迫降法设计

5.3.1 迫降法主要包括掏土法、地基应力解除法、辐射井射水法、浸水法、降水法、堆载加压法、桩基卸载法等。

5.3.2 迫降法纠偏设计应符合下列规定:

1 应确定迫降顺序、位置和范围, 确保建筑物整体回倾变位协调;

2 计算迫降后基础沉降量, 确定预留沉降值;

3 根据建筑物的结构类型、建筑高度、整体刚度、工程地质条件和水文地质条件等确定回倾速率, 顶部控制回倾速率宜在 5mm/d~20mm/d 范围内。

5.3.3 位于边坡地段建筑物的纠偏, 不得采用浸水法和辐射井射水法。

5.3.4 距相邻建筑物或地下设施较近建筑物的纠偏, 不应采取浸水法和降水法。

5.3.5 掏土法设计应符合下列规定:

1 掏土法适用于地基土为黏性土、粉土、素填土、淤泥质土和砂性土等的浅埋基础的建筑物的纠偏工程;

2 确定取土范围、孔槽位置、孔槽尺寸、取土量、取土顺序、批次、级次等设计参数及防止沉降突变的措施;

3 人工掏土法工作槽槽底标高应不超过基础底板下表面以

下 0.8m；当沿基础边连续掏土时，基础下水平掏土槽的高度不大于 0.4m，水平掏土深度距建筑物外墙外侧不小于 0.4m；当沿基础边分条掏土时，分条掏土宽度不宜大于 0.6m，高度不宜大于 0.3m，掏土条净间距不宜小于 1.5m，掏土水平总深度不宜超过基础形心线；基础下水平掏土每次掘进深度不宜大于 0.3m；

4 钻孔掏土法的孔间距宜取 0.5m~1.0m，孔的直径宜取 0.1m~0.2m，每级钻孔深度宜为 0.5m~1.5m，孔深不宜超过基础形心线；当同一孔位布置多孔时，两孔之间夹角不应小于 15°；当分层布孔时，孔位应呈梅花状布置；

5 确定取土孔槽的回填材料及回填要求。

5.3.6 地基应力解除法设计应符合下列规定：

1 地基应力解除法适用于厚度较大软土地基上的浅基础建筑物的纠偏工程；

2 根据建筑物场地的工程地质条件、基础形式、附加应力分布范围、回倾量的要求以及施工机具等，确定钻孔的位置、直径、间距、深度等参数及成孔的顺序、批次，确定取土的顺序、批次、级次；

3 钻孔应设置护筒，护筒埋置深度应超过基底平面以下不小于 2.0m；

4 钻孔孔径宜为 0.3m~0.4m，钻孔净间距不宜小于 1.5m，钻孔距基础边缘不宜小于 0.4m，不宜大于 2.0m，成孔深度不宜小于基底以下 3.0m。

5.3.7 辐射井射水法设计应符合下列规定：

1 辐射井射水法适用于地基土为黏性土、淤泥质土、粉土、砂性土、填土等的建筑物的纠偏工程；

2 根据建筑物的整体刚度、基础类型、工程地质和水文地质、场地条件、回倾量的要求等因素确定射水井的位置、尺寸、间距、深度以及射水孔的位置、数量和射水方向等参数，并确定射水的顺序、批次、级次；

3 辐射井应设置在建筑物沉降较小一侧，井外壁距基础边

缘不宜小于 0.5m;

4 辐射井应进行稳定验算, 井的内径不宜小于 1.2m, 混凝土井身的强度等级不应低于 C20, 砖强度等级不应低于 MU10, 水泥砂浆强度等级不应低于 M5; 辐射井应封底, 井底至射水孔的距离不宜小于 1.8m, 井底至射水作业平台的距离不宜小于 0.5m;

5 射水孔直径宜为 63mm~110mm, 射水管直径宜为 43mm~63mm, 射水孔竖向位置布置, 距基底不宜小于 0.5m; 地基有换填层时, 射水孔距换填层不宜小于 0.3m;

6 射水孔长度不宜超过基础形心线, 最长不宜大于 20m, 在平面上呈网格状交叉分布, 网格面积不宜小于 2m^2 ;

7 射水压力宜为 0.5MPa~2MPa, 流量宜为 30L/min~50L/min, 应根据现场试验性施工调整射水压力及流量。

5.3.8 浸水法设计应符合下列规定:

1 浸水法适用于地基土为含水量低于塑限含水量、湿陷系数 δ_s 大于 0.05 的湿陷性黄土或填土且基础整体刚度较好建筑物的纠偏工程;

2 浸水法应先进行现场注水试验, 通过试验确定注水流量、流速、压力和湿陷性土层的渗透半径、渗水量等有关设计参数; 注水试验孔距倾斜建筑物不宜小于 5m, 试验孔底部应低于基础底面以下 0.5m; 一栋建筑物的试验注水孔不宜少于 3 处;

3 根据试验确定的设计参数, 计算沉降量与回倾速率, 明确注水量、流速、压力和浸水深度, 确定注水孔的位置、尺寸、间距、深度;

4 浸水湿陷量可根据土层厚度及土的湿陷性按下式计算:

$$S = \sum_{i=1}^n \beta \delta_{si} h_i \quad (5.3.8)$$

式中: S ——浸水湿陷量 (mm);

δ_{si} ——第 i 层地基土的湿陷系数;

h_i ——第 i 层受水浸湿的地基土的厚度 (mm);

β ——基底地基土侧向挤出修正系数，对基底下 0m~5m 深度内取 1.5，对基底下 5m~10m 深度内取 1.0。

5 注水孔深度应达到湿陷性土层，并应低于基础底面以下 0.5m；当地基土中含有透水性较强的碎石类土层或砂性土层时，注水孔的水位应低于渗水碎石类土层或砂性土层底面标高；

6 预留停止注水后的滞后沉降量，对于中等湿陷性地基上的条形基础、筏板基础，滞后沉降量宜为纠偏沉降量的 1/10~1/12；

7 确定注水孔的回填材料及回填要求。

5.3.9 降水法设计应符合下列规定：

1 降水法适用于地下水位较高，可失水固结下沉的粉土、砂性土、黏性土等地基上的浅埋基础或摩擦桩基础且结构刚度较好的建筑物的纠偏工程；

2 应防止对相邻建筑物产生不利影响，当降水井深度范围内有承压水并可能引起相邻建筑物或地下设施沉降时，不得采用降水法；

3 应进行现场抽水试验，确定水力坡度线、水头降低值、抽水量和影响半径等；

4 确定抽水井和观察井的位置、数量和深度，明确抽水顺序、抽水深度；

5 降水后水力坡度线不宜超过基础形心线位置；

6 预留停止抽水后发生的滞后沉降量，滞后沉降量宜为纠偏沉降量的 1/10~1/12；

7 确定抽水井和观察井的回填材料及回填要求。

5.3.10 堆载加压法设计应符合下列规定：

1 堆载加压法适用于地基土为淤泥、淤泥质土、黏性土、湿陷性土和松散填土等建筑物的纠偏工程；

2 确定堆载加压的重量、范围、形状、级次及每级堆载的重量和卸载的时间、重量、级次等；

3 堆载加压宜按外高内低梯形状设计；堆载范围宜从基础

外边线起，不宜超过基础形心线；

4 应验算承受堆载的结构构件的承载力和变形，当承载力和变形不能满足要求时，应对结构进行加固设计。

5.3.11 桩基卸载法设计应符合下列规定：

1 验算原桩基的单桩桩顶竖向力标准值和单桩竖向承载力特征值。

2 确定卸载部位、卸载方法和卸载桩数，并确定桩基卸载顺序、批次、级次。

3 应避免桩基失稳和防止建筑物突降。

4 桩顶卸载法适用于原建筑物采用灌注桩的纠偏工程；桩顶卸载法设计应符合下列规定：

1) 应计算需要截断的承台下基桩数量和桩基顶部截断的长度，基桩顶部截断长度应大于纠偏设计迫降量；

2) 应根据断桩顺序、批次，验算截断桩后的承台承载力，当不满足要求时，应进行加固；

3) 采用托换体系截断承台下的桩基时，应对牛腿、千斤顶和拟截断部位以下的桩等形成的托换体系进行设计（图 5.3.11）；应验算托换结构体系的正截面受弯承载力、局部受压承载力和斜截面受剪承载力；千斤顶的选型应根据需支承点的竖向荷载值确定，千斤顶工作荷载取其额定工作荷载的 80%，再取安全系数 2.0；

4) 应进行截断桩的连接节点设计，填充材料宜采用微膨胀混凝土、无收缩灌浆料。

5 桩身卸载法适用于原建筑物采用摩擦桩或端承摩擦桩纠偏工程；桩身卸载法设计应符合下列规定：

1) 确定需卸载每根桩的沉降量；

2) 确定卸载桩周土的范围与深度；

3) 可采用射水、取土、浸水等办法降低桩侧摩阻力；

4) 桩身卸载后宜采用灌注水泥浆或水泥砂浆等回填方式填充桩侧土体，恢复桩身摩擦力。

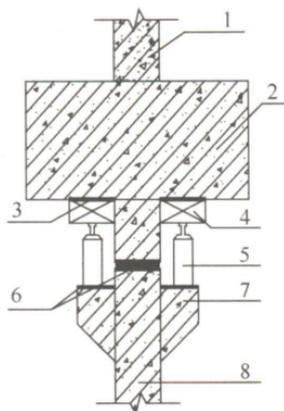


图 5.3.11 断桩托换体系示意

1—原柱；2—原承台；3—埋件；4—垫块；5—千斤顶；6—钢板；7—新加牛腿；8—原基桩

5.4 抬升法设计

5.4.1 抬升法适用于重量相对较轻的建筑物纠偏工程。

5.4.2 抬升法可分为上部结构托梁抬升法、锚杆静压桩抬升法和坑式静压桩抬升法。

5.4.3 建筑物抬升法纠偏设计应符合下列规定：

1 原基础及其上部结构不满足抬升要求时，应先进行加固设计；

2 砖混结构建筑物抬升不宜超过 6 层，框架结构建筑物抬升不宜超过 8 层；

3 抬升托换结构体系的承载力、刚度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《钢结构设计规范》GB 50017 的规定，并应在平面内连续闭合；

4 应确定千斤顶的数量、位置和抬升荷载、抬升量等参数；

5 锚杆静压桩抬升法和坑式静压桩抬升法等带基础抬升后的间隙应采用水泥砂浆或微膨胀混凝土填充，水泥砂浆强度不应低于 M5，混凝土强度不应低于 C15。

5.4.4 抬升法设计计算应符合下列规定：

1 抬升力应根据纠偏建筑物上部荷载值确定。

2 抬升点应根据建筑物的结构形式、荷载分布以及千斤顶额定工作荷载确定，对于砌体结构抬升点间距不宜大于 2.0m，抬升点数量可按下式估算：

$$n \geq k \frac{Q_k}{N_a} \quad (5.4.4-1)$$

式中： n ——抬升点数量（个）；

Q_k ——建筑物需抬升的竖向荷载标准值（kN）；

N_a ——抬升点的抬升荷载值（kN），取千斤顶额定工作荷载的 80%；

k ——安全系数，取 2.0。

3 各点抬升量应按下式计算：

$$\Delta h_i = \frac{l_i}{L} S_v \quad (5.4.4-2)$$

式中： Δh_i ——计算点抬升量（mm）；

l_i ——转动点（轴）至计算抬升点的水平距离（m）；

L ——转动点（轴）至沉降最大点的水平距离（m）；

S_v ——建筑物纠偏设计抬升量（沉降最大点的抬升量）（mm）。

5.4.5 上部结构托梁抬升法设计应符合下列规定：

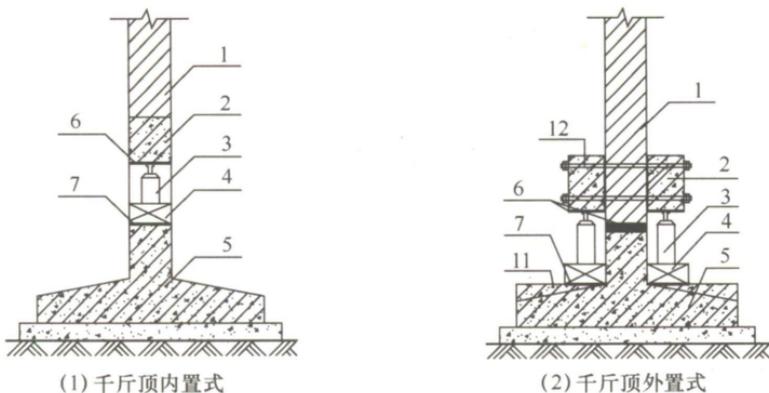
1 砌体结构托梁抬升应在砌体墙下设置托梁或在墙两侧设置夹墙梁形成墙梁体系 [图 5.4.5 (a)]；

2 砌体结构托梁可按倒置弹性地基墙梁进行设计，其计算跨度为相邻三个支承点的两边缘支点的距离；

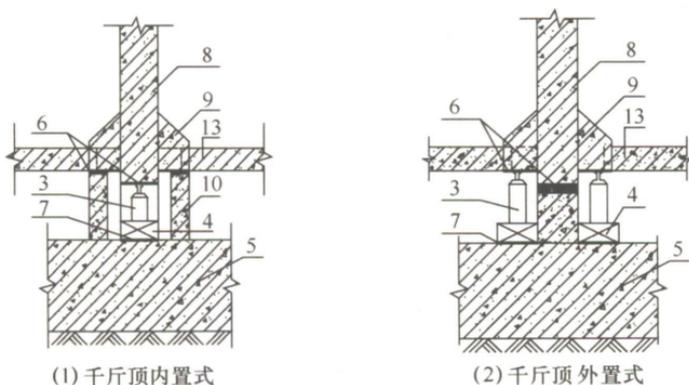
3 砌体结构托梁和框架结构连系梁应在平面内连续闭合，并与原结构可靠连接；

4 框架结构托梁抬升应在框架结构首层柱设置托换结构体系 [图 5.4.5 (b)]；

5 框架结构的托换结构体系应验算正截面受弯承载力、局



(a) 砌体结构托梁抬升



(b) 框架结构托梁抬升

图 5.4.5 上部结构托梁抬升法示意

- 1—墙体；2—钢筋混凝土托梁；3—千斤顶；4—垫块；5—基础；
6—钢垫板；7—钢埋件；8—框架柱；9—新加牛腿；10—支墩；
11—基础新增加部分；12—对拉螺栓；13—钢筋混凝土连梁

部受压承载力和斜截面受剪承载力；

- 6 应确定砌体开洞和抬升间隙的填充材料和要求；
- 7 结构截断处的恢复连接应满足承载力和稳定性要求。

5.4.6 锚杆静压桩抬升法设计应符合下列规定：

- 1 锚杆静压桩抬升法适用于粉土、粉砂、细砂、黏性土、填土等地基，采用钢筋混凝土基础且上部结构自重较轻的建筑物

纠偏工程；

2 应对建筑物基础的强度和刚度进行验算，当不满足压桩和抬升要求时，应对基础进行加固补强；

3 应确定桩端持力层的位置，计算单桩竖向承载力和压桩力，最终压桩力取单桩竖向承载力特征值的 2.0 倍；

4 应确定桩节尺寸、桩身材料和强度、桩节构造和桩节间连接方式；

5 应设计锚杆直径和锚固长度、反力架和千斤顶等，锚杆锚固长度应为 (10~12) 倍锚杆直径，并不应小于 300mm；

6 应确定压桩孔位置和尺寸，压桩孔孔口每边应比桩截面边长大 50mm~100mm，桩顶嵌入建筑物基础承台内长度应不小于 50mm；

7 封桩应采取持荷封桩的方式，设计封装持荷转换装置，明确封桩要求，锚杆桩与基础钢筋应焊接或加钢板锚固连接，封桩混凝土应采用微膨胀混凝土，强度比原混凝土提高一个等级，且不应低于 C30。

5.4.7 坑式静压桩抬升法设计应符合下列规定：

1 坑式静压桩抬升法适用于黏性土、粉质黏土、湿陷性黄土和人工填土等地基，且地下水位较低，采用钢筋混凝土基础、上部结构自重较轻的建筑物纠偏工程；

2 应对建筑物基础的强度和刚度进行验算，当不满足压桩和抬升要求时，应对基础进行加固补强；

3 应确定桩端持力层的位置，计算单桩竖向承载力和压桩力，最终压桩力取单桩竖向承载力特征值的 2.0 倍；

4 应确定桩截面尺寸和桩长、桩节构造和桩节间连接方式、千斤顶规格型号；预制方桩边长不宜大于 200mm，混凝土强度等级不宜低于 C30；钢管桩直径不宜小于 159mm，壁厚不应小于 8mm；

5 桩位宜布置在纵横墙基础交接处、承重墙基础的中间、独立基础的中心或四角等部位，不宜布置在门窗洞口等薄弱

部位；

6 根据桩的位置确定工作坑的平面尺寸、深度和坡度，明确开挖顺序并应计算工作坑边坡稳定；

7 千斤顶拆除应采取桩持荷的方式，设计持荷转换装置，明确荷载转换和千斤顶拆除要求；

8 确定基础抬升间隙的填充材料、工作坑的回填材料及回填要求。

5.5 综合法设计

5.5.1 综合法适用于建筑物体形较大、基础和工程地质条件较复杂或纠偏难度较大的纠偏工程。

5.5.2 综合法应根据建筑物倾斜状况、倾斜原因、结构类型、基础形式、工程地质和水文地质条件、纠偏方法特点及适用性等进行多种纠偏方法比选，选择一种最佳组合，并明确一种或两种主导方法。

5.5.3 选择综合法应考虑所采用的两种及两种以上纠偏方法在实施过程中的相互不利影响。

5.6 古建筑纠偏设计

5.6.1 古建筑纠偏设计应根据主要倾斜原因、倾斜及裂损状况、地质条件、环境条件等，综合选择纠偏加固方案，顶部控制回倾速率宜在 $3\text{mm}/\text{d}\sim 8\text{mm}/\text{d}$ 范围内。

5.6.2 古建筑纠偏设计文件除应包括一般纠偏工程设计内容外，尚应包含文物保护、复旧工程等设计内容。

5.6.3 古建筑纠偏增设或更换构件应具有可逆原性。

5.6.4 纠偏方法宜采用迫降法及综合法；当采用抬升法纠偏时，对基础应进行托换加固设计，对结构应进行临时加固设计。

5.6.5 非地基基础引起的古建筑倾斜，纠偏设计应避免对原地基的扰动。

5.6.6 因地基基础引起的古建筑倾斜，纠偏作业部位宜选择

在地基、基础或结构下部便于隐蔽的部位；对有地宫的古塔，纠偏部位应选择在地宫下的地基中。

5.6.7 裂损的古建筑物或倾斜量大的古塔，宜先加固后纠偏。

5.6.8 木结构古建筑物，因局部构件腐朽产生的倾斜，腐朽构件更换与纠偏宜同时进行。

5.6.9 位于不稳定斜坡上的古建筑物纠偏，纠偏设计应考虑边坡病害治理和纠偏的相互影响。

5.6.10 位于风景名胜区或居民区的古建筑物，纠偏设计应考虑施工机械噪声、粉尘、施工污水等对文物及环境的影响。

5.6.11 位于地震区的古建筑物和高耸处的古塔纠偏，纠偏设计应考虑抗震、防雷击措施。

5.6.12 安全防护系统的设计必须有两种以上措施保护结构安全，并与应急预案相配套形成多重防护体系。

5.7 防复倾加固设计

5.7.1 防复倾加固主要包括地基加固法、基础加固法、基础托换法、结构调整法和组合加固法等。

5.7.2 建筑物防复倾加固设计应在分析倾斜原因的基础上，按建筑物地基基础设计等级和场地复杂程度、上部结构现状、纠偏目标值、纠偏方法、施工难易程度、技术经济分析等，确定最佳的设计方案。

5.7.3 防复倾加固设计应符合下列规定：

1 应根据工程地质与水文地质条件、上部结构刚度和基础形式，选择合理的抗复倾结构体系，抗复倾力矩与倾覆力矩的比值宜为 1.1~1.3；

2 基底合力的作用点宜与基础底面形心重合；

3 应验算地基基础的承载力与沉降变形，当不满足要求时，应对地基基础进行加固。

5.7.4 高层建筑或高耸构筑物需设置抗拔桩时，应符合下列规定：

1 单根抗拔桩所承受的拔力应按下列式验算：

$$N_i = \frac{F_k + G_k}{n} - \frac{M_{xk} \cdot y_i}{\sum y_i^2} - \frac{M_{yk} \cdot x_i}{\sum x_i^2} \quad (5.7.4-1)$$

式中： F_k ——相应于作用的标准组合时，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标准值（kN）；

M_{xk} 、 M_{yk} ——相应于荷载效应标准组合时，作用于倾斜建筑物基础底面形心的 x 、 y 轴的力矩值；

x_i 、 y_i ——第 i 根桩至基础底面形心的 y 、 x 轴线的距离；

N_i ——第 i 根桩所承受的拔力。

2 抗拔锚桩的布置和桩基抗拔承载力特征值应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的相关规定确定，并按下列式验算：

$$N_{\max} \leq kR_t \quad (5.7.4-2)$$

式中： N_{\max} ——单根桩承受的最大拔力；

R_t ——单根桩抗拔承载力特征值；

k ——系数，对于荷载标准组合， $k = 1.1$ ；对于地震作用和荷载标准组合， $k = 1.3$ 。

3 当基础不满足抗拔桩抗拉要求时，应对基础进行加固；抗拔桩与原基础应可靠连接。

6 纠偏施工

6.1 一般规定

6.1.1 建筑物纠偏施工前应进行下列准备工作：

1 收集和掌握原设计图纸及工程竣工验收文件、岩土工程勘察报告、气象资料、改扩建情况、建筑物检测与鉴定报告、纠偏设计文件及相关标准等；

2 进行现场踏勘，查明相邻建筑物的基础类型、结构形式、质量状况和周边地下设施的分布状况等；

3 编制纠偏施工组织设计或施工方案和应急预案，编制和审批应符合现行国家标准《建筑施工组织设计规范》GB/T 50502 的相关规定。

6.1.2 纠偏工程施工前，应对原建筑物裂损情况进行标识确认，并应在纠偏施工过程中进行裂缝变化监测。

6.1.3 纠偏工程施工前，应对可能产生影响的相邻建筑物、地下设施等采取保护措施。

6.1.4 纠偏施工过程中，应分析比较建筑物的纠偏沉降量（抬升量）与回倾量的协调性。

6.1.5 纠偏施工过程中，应同步实施防止建筑物产生突沉的措施。

6.1.6 纠偏工程应实行信息化施工，根据监测数据、修改后的相关设计参数及要求，调整施工顺序和施工方法。

6.1.7 纠偏施工应根据设计的回倾速率设置预警值，达到预警值时，应立即停止施工，并采取控制措施。

6.1.8 建筑物纠偏达到设计要求后，应对工作槽、孔和施工破损面等进行回填、封堵和修复。

6.2 迫降法施工

6.2.1 迫降纠偏应在监测点布设完成并进行初次监测后，方可实施。

6.2.2 迫降法纠偏每批每级施工完成后应有一定时间间隔，时间间隔长短根据回倾速率确定；纠偏施工后期，应减缓回倾速率，控制回倾量。

6.2.3 掏土法纠偏施工应符合下列规定：

1 根据设计文件和施工操作要求，确定辅助工作槽的深度、宽度和坡度及槽边堆土的位置和高度；深度超过 3m 的工作槽应进行边坡稳定计算；槽底应设排水沟和集水井，槽边应设置截水沟；

2 掏土孔（槽）的位置、尺寸和角度应满足设计要求，并进行编号；分条掏土槽位偏差不应大于 10cm，尺寸偏差不应大于 5cm；钻孔孔位偏差不应大于 5cm，角度偏差不应大于 3° ；

3 应先从建筑物沉降量最小的区域开始掏土，隔孔（槽）、分批、分级有序进行，逐步过渡；

4 应测量每级掏土深度，人工掏土每级掏土深度偏差不应大于 5cm，钻孔掏土每级掏土深度偏差不应大于 10cm；

5 应计量当天每孔（槽）的掏土量，并根据掏土量和纠偏监测数据确定下一步的掏土位置、数量和深度。

6.2.4 地基应力解除法纠偏施工应符合下列规定：

1 施工设备宜采用功率较大的钻孔排泥设备；

2 钻孔的位置、深度和孔径应满足设计要求，钻孔孔位偏差不应大于 10cm；

3 钻孔前应埋置护筒，避开地下管线、设施等，护筒高出地面应不小于 20cm，并设置防护罩和防下沉措施；

4 钻孔应先从建筑物沉降量最小的区域开始，隔孔分批成孔，首次钻进深度不应超过护筒以下 3m；

5 应确定每批取土排泥的孔位，每级取土排泥深度宜为

0.3m~0.8m;

6 纠偏施工结束,应封孔后再拔出护筒。

6.2.5 辐射井法纠偏施工应符合下列规定:

1 辐射井井位、射水孔位置和射水孔角度应符合设计要求,辐射井井位偏差不应大于20cm,射水孔应进行编号,射水孔孔位偏差不应大于3cm,角度偏差不应大于 3° ;射水孔距射水平台不宜小于1.2m;

2 辐射井成井施工应采用支护措施;井口应高出地面不小于0.2m,并设置防护设施;

3 射水孔应设置保护套管,保护套管在基础下的长度不宜小于20cm;

4 射水顺序宜采用隔井射水、隔孔射水;

5 射水水压和流量应满足设计要求,可根据现场试验性施工调整射水压力和流量;

6 射水过程中射水管管嘴应伸到孔底;每级射水深度宜为0.5m~1.0m;

7 应计量排出的泥浆量,估算排土量,并确定下一批次的射水孔号和射水深度;

8 泥浆应集中收集,环保排放。

6.2.6 浸水法纠偏施工应符合下列规定:

1 注水孔位置和深度应符合设计要求,位置偏差不应大于20cm,深度偏差不应大于10cm,注水孔应进行编号;

2 注水孔底和注水管四周应设置保护碎石或粗砂,厚度不宜小于20cm;

3 注水量、流速、压力应符合设计要求,可根据现场施工监测结果调整注水量;

4 应确定各注水孔的注水顺序,注水应隔孔分级注水,每天注水量不应超过该孔注水总量的10%;

5 应避免外来水流入注水孔内。

6.2.7 降水法纠偏施工应符合下列规定:

1 降水井井位、深度应准确，井位偏差不宜大于 20cm，并应对井进行编号；

2 打井施工应保证井壁稳定，泥浆应集中收集，环保排放；井口高出地面应不小于 0.2m，并应设置防护设施；

3 抽水顺序应采用隔井抽水，降水水位应符合设计要求，根据现场监测结果进行调整；

4 水位观测应准确并做好记录，观测井内不得抽水。

6.2.8 堆载加压法施工应符合下列规定：

1 堆载材料选择应遵循就地取材的原则，选择重量较大、易于搬运码放的材料；

2 堆载前应按设计要求进行结构加固或增设临时支撑，加固材料强度达到设计要求后方可堆载；

3 堆载应分级进行，每级堆载应从建筑物沉降量最小的区域开始，堆载重量不应超过设计规定的重量，当回倾速率满足设计要求后方可进行下一级堆载；

4 卸载时间和卸载量应根据监测的回倾情况、沉降量和地基土回弹等因素确定。

6.2.9 桩基卸载法施工应符合下列规定：

1 桩顶卸载法施工应符合下列要求：

1) 根据卸载部位和操作要求，设计工作坑的位置、尺寸和坡度；

2) 应保证托换结构插筋与原结构连接牢固，避免破坏原桩内的钢筋；

3) 在托换体系的材料强度达到设计要求并检查确认托换体系可靠连接后方可进行截桩；截桩时不应产生过大的振动或扰动，并保证截断面平整；

4) 每批截桩应从建筑物沉降量最小的区域开始，每批截桩数严禁超过设计规定；

5) 应在截断的桩头上加垫钢板；

6) 桩顶卸载应分级进行，单级最大沉降量不应大于

10mm，顶部控制回倾速率不应大于 20mm/d，每级卸载后应间隔一定时间，当顶部回倾量与本级迫降量协调后方可进行下一级卸载；

7) 连接节点的钢筋焊接质量应满足国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 和《钢筋焊接接头试验方法标准》JGJ/T 27 的规定；连接节点的空隙填充应密实。

2 桩身卸载法施工应符合下列要求：

- 1) 桩周土卸载应两侧对称进行，保留一定范围桩周土；
- 2) 射水初始阶段对部分桩周土射水，应采用较低的射水压力、较小的射水量和持续较短的射水时间；
- 3) 桩身卸载纠偏应分级同步协调进行，每级纠偏时建筑物顶部控制回倾速率不应大于 10mm/d，每级卸载后应有一定时间间隔；
- 4) 根据上次纠偏监测数据确定后续的射水位置、范围、深度和时间；
- 5) 纠偏结束后应及时恢复桩身摩擦力，材料回填密实。

6.3 抬升法施工

6.3.1 抬升纠偏前，应进行沉降观测，地基沉降稳定后方可实施纠偏；应复核每个抬升点的总抬升量和各级抬升量，并作出标记。

6.3.2 千斤顶额定工作荷载应根据设计确定，且使用前应进行标定。

6.3.3 托换结构体系应达到设计承载力要求且验收合格后方可进行抬升施工。

6.3.4 抬升过程中，各千斤顶每级的抬升量应严格控制。

6.3.5 抬升纠偏施工期间应避免恶劣天气和周围振动环境的影响。

6.3.6 上部结构托梁抬升法施工应符合下列规定：

1 托换结构内纵筋应采用机械连接或焊接，接头位置避开抬升点；

2 砌体结构托梁施工应分段进行，墙体开洞长度由计算确定；在混凝土强度达到设计强度的 75% 以后进行相邻段托梁施工；夹墙梁应连续施工，在混凝土强度达到设计强度的 100% 以后方可进行对拉螺栓安装；

3 框架结构断柱时相邻柱不应同时断开，必要时应采取临时加固措施；

4 对于千斤顶外置抬升，竖向荷载转换到千斤顶后方可进行竖向承重结构的截断施工；对于框架结构千斤顶内置抬升，竖向荷载转换到托换结构后方可进行竖向承重结构的截断施工；

5 应避免结构局部拆除或截断时对保留结构产生较大的扰动和损伤；

6 抬升监测点的布设每柱或每抬升处不应少于一点，并在结构截断前完成；截断施工时，应监测墙、柱的竖向变形和托换结构的异常变形；

7 正式抬升前必须进行一次试抬升；

8 抬升过程中钢垫板应做到随抬随垫，各层垫块位置应准确，相邻垫块应进行焊接；

9 抬升应分级进行，单级最大抬升量不应大于 10mm，每级抬升后应有一定间隔时间，当顶部回倾量与本级抬升量协调后方可进行下一级抬升；

10 恢复结构连接完成并达到设计强度后方可拆除千斤顶；当框架结构采用千斤顶内置式抬升时，应先对支墩和新加牛腿可靠连接后再拆除千斤顶。

6.3.7 锚杆静压桩抬升法施工应符合下列规定：

1 反力架应与原结构可靠连接，锚杆应做抗拔力试验；

2 基础中压桩孔开孔宜采用振动较小的方法，并保证开孔位置、尺寸准确；

3 桩位平面偏差不应大于 20mm，单节桩垂直度偏差不应

大于1%；桩节与节之间应可靠连接；

4 处于边坡上的建筑物，应避免因压桩挤土效应引起建筑物产生水平位移；

5 压桩应分批进行，相邻桩不应同时施工；当桩压至设计持力层和设计压桩力并持荷不少于5min后方可停止压桩；

6 在抬升范围的各桩均达到控制压桩力且试抬升合格后方可进行抬升施工；

7 抬升应分级同步协调进行，单级最大抬升量不应大于10mm，每级抬升后应有一定间隔时间，当顶部回倾量与本级抬升量协调后方可进行下一级抬升；

8 抬升量的监测应每柱或每抬升处不少于一点；

9 基础与地基土的间隙应填充密实，强度应达到设计要求；

10 持荷封桩应采用荷载转换装置，荷载完全转换后方可拆除抬升装置；封桩混凝土达到设计强度后方可拆除转换装置；

11 锚杆静压桩施工除符合本规程的规定外，尚应按现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 执行。

6.3.8 坑式静压桩抬升法施工应符合下列规定：

1 工作坑应跳坑开挖，严禁超挖，开挖后应及时压桩支顶；

2 压桩桩位偏差不应大于20mm，各桩段间应焊接连接；

3 压桩施工应保证桩的垂直度，单节桩垂直度偏差不应大于1%；当桩压至设计持力层和设计压桩力并持荷不少于5min后方可停止压桩；

4 在抬升范围内的各桩均达到最终压桩力后进行一次试抬升，试抬升合格后方可进行抬升施工；

5 抬升应分级同步协调进行，单级最大抬升量不应大于10mm，每级抬升后应有一定间隔时间，当顶部回倾量与本级抬升量协调后方可进行下一级抬升；

6 撤除抬升千斤顶应控制基础下沉量和桩顶回弹，千斤顶承受的荷载通过转换装置完全转换后方可拆除千斤顶；

7 基础与地基之间的抬升缝隙应填充密实。

6.4 综合法施工

6.4.1 两种及两种以上纠偏方法组合纠偏施工应确定各种方法的施工顺序和实施时间。

6.4.2 迫降法与抬升法组合不宜同时施工，抬升法实施应在基础沉降稳定后进行。

6.5 古建筑纠偏施工

6.5.1 纠偏施工前应先落实和完善文物保护措施；应在文物专家的指导下，对文物、梁、柱及壁画等进行围挡、包裹、遮盖和妥善保护，并应设专人监护。

6.5.2 对需要临时拆除的结构构件，应先从多角度拍照、录像，拆除时应进行编号、登记、按顺序妥善保存。

6.5.3 纠偏施工前应对工人进行文物保护法制教育，施工中若新发现文物古迹，应立即上报文物主管部门，并应停止施工保护好施工现场。

6.5.4 纠偏施工前，应完成结构安全保护和施工安全防护，并保证安全防护系统可靠。

6.5.5 纠偏施工前，应对主要的施工工序、施工工艺和文物保护措施进行试验性实施演练。

6.5.6 当古建筑倾斜与滑坡、崩塌等地质灾害有关时，应先实施灾害源的治理施工，后进行纠偏施工。

6.5.7 监测点的布置和拆除应减少对古建筑的损伤，拆除后应按原样做好外观复原工作。

6.5.8 对有地宫的古塔实施纠偏时，应采取防止地下水或施工用水进入地宫的措施。

6.5.9 采用抬升法纠偏时，应先对基础进行加固托换，对结构进行临时加固；抬升前应进行试抬升。

6.5.10 纠偏施工应严格控制回倾速率，做到回倾缓慢、平稳、协调。

5.5.11 纠偏完成后修复防震、防雷系统，并应按原样做好外观复旧工作。

6.6 防复倾加固施工

5.6.1 当建筑物沉降未稳定时，对沉降较大一侧，应先进行防复倾加固施工；对沉降较小一侧，应在纠偏完成后进行防复倾加固施工。

5.6.2 防复倾加固施工应减小对建筑物不均匀沉降的不利影响，严格控制地基附加沉降。

5.6.3 当采用注浆法加固地基时，各种注浆参数应由试验确定，注浆施工应重点控制注浆压力和流量，宜按跳孔间隔、由疏到密，先外围后内部的方式进行。

5.6.4 当采用锚杆静压桩进行防复倾加固施工时，压入锚杆桩应隔桩施工，由疏到密进行；建筑物沉降大的一侧采用持荷封桩法，沉降小的一侧直接封桩。

5.6.5 对于饱和粉砂、粉土、淤泥土或地下水位较高的地基，防复倾加固成孔时不应采用产生较大振动的机械。

5.6.6 防复倾地基加固施工除符合本规程的规定外，尚应按现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 执行。

7 监 测

7.1 一 般 规 定

7.1.1 纠偏工程施工前，应制定现场监测方案并布设完成监测点。

7.1.2 纠偏工程应对建筑物的倾斜、沉降、裂缝进行监测；水平位移、主要受力构件的应力应变、地下水位、设施与管线变形、地面沉降和相邻建筑物的沉降等监测可选择进行。

7.1.3 沉降监测点、倾斜监测点、水平位移监测点布置应能全面反映建筑物及地基在纠偏过程中的变形特征，并应对监测点采取保护措施。

7.1.4 同一监测项目宜采用两种监测方法，对照检查监测数据；监测宜采用自动化监测技术。

7.1.5 纠偏工程监测频率和监测周期应符合下列规定：

1 施工过程中的监测应根据施工进度进行，施工前应确定监测初始值；

2 施工过程中每天监测不应少于两次，每级次纠偏施工监测不应少于一次；

3 当监测数据达到预警值或监测数据异常时，应立即报告；并应加大监测频率或采用自动化监测技术进行实时监测；

4 纠偏竣工后，建筑物沉降观测时间不应少于6个月，重要建筑、软弱地基上的建筑物观测时间不应少于1年；第一个月的监测频率，每10天不应少于一次；第二、三个月，每15天不应少于一次，以后每月不应少于一次。

7.1.6 监测应由专人负责，并固定仪器设备；监测仪器设备应能满足观测精度和量程的要求，且应检定合格。

7.1.7 每次监测工作结束后，应提供监测记录，监测记录应符

本规程附录 B 的规定；竣工后应提供施工期间的监测报告；监测结束后应提供最终监测报告。

1.8 纠偏监测除应符合本规程外，尚应符合国家现行标准《工程测量规范》GB 50026 和《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

7.2 沉降监测

2.1 纠偏工程施工沉降监测应测定建筑物的沉降值，并计算沉降差、沉降速率、倾斜率、回倾速率。

2.2 纠偏沉降监测等级不应低于二级沉降观测。

2.3 沉降监测应设置高程基准点，基准点设置不应少于 3 个；基准点的布设应设置在建筑物和纠偏施工所产生的沉降影响范围外、位置稳定、易于长期保存的地方，并应进行复测。

2.4 沉降监测点布设应能全面反映建筑物及地基变形特征，满足现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定，尚应沿外墙不大于 3m 间距布设。

2.5 沉降监测报告内容应包括基准点布置图、沉降监测点布置图、沉降监测成果表、沉降曲线图、沉降监测成果分析与评价。

7.3 倾斜监测

3.1 建筑物的倾斜监测应测定建筑物顶部监测点相对于底部监测点或上部相对于下部监测点的水平变位值和倾斜方向，并计算建筑物的倾斜率。

3.2 倾斜监测方法应根据建筑物特点、倾斜情况和监测环境条件等选择确定。

3.3 倾斜监测点宜布置在建筑物的角点和倾斜量较大的部位，并应埋设明显的标志。

3.4 倾斜监测报告内容应包括倾斜监测点位布置图、倾斜监测成果表、主体倾斜曲线图，倾斜监测成果分析与评价。

7.4 裂缝监测

7.4.1 裂缝监测内容包括裂缝位置、分布、走向、长度、宽度及变化情况。

7.4.2 裂缝监测应采用裂缝宽度对比卡、塞尺、裂纹观测仪等监测裂缝宽度，用钢尺度量裂缝长度，用贴石膏的方法监测裂缝的发展变化。

7.4.3 纠偏工程施工前，应对建筑物原有裂缝进行观测，统一编号并做好记录。

7.4.4 纠偏工程施工过程中，当监测发现原有裂缝发生变化或出现新裂缝时，应停止纠偏施工，分析裂缝产生的原因，评估对结构安全性的影响程度。

7.4.5 裂缝监测报告内容应包括裂缝位置分布图、裂缝观测成果表、裂缝变化曲线图。

7.5 水平位移监测

7.5.1 靠近边坡地段的倾斜建筑物，应对水平位移和场地滑坡进行监测。

7.5.2 水平位移观测点布置应选择在墙角、柱基及裂缝两边。

7.5.3 水平位移监测方法可选用视准线法、激光准直法、测边角法等方法。

7.5.4 纠偏工程施工过程中，当发现发生水平位移时，必须停止纠偏施工。

7.5.5 水平位移监测报告内容应包括水平位移观测点位布置图、水平位移观测成果表、建筑物水平位移曲线图。

8 工程验收

- 8.0.1 建筑物的倾斜率达到纠偏设计要求后，方可进行工程竣工验收。
- 8.0.2 纠偏工程验收的程序和组织应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的规定。
- 8.0.3 纠偏工程合格验收应符合下列规定：
 - 1 纠偏工程的质量应验收合格；
 - 2 质量控制资料应完整；
 - 3 安全及功能检验和抽样检测结果应符合有关规定；
 - 4 观感质量验收应符合要求。
- 8.0.4 纠偏工程验收应提交下列文件和记录：
 - 1 检测鉴定报告；
 - 2 补充勘察报告；
 - 3 纠偏工程设计文件、图纸会审记录和设计变更文件、竣工图；
 - 4 纠偏施工组织设计或施工方案；
 - 5 竣工验收申请和竣工验收报告；
 - 6 监测报告；
 - 7 质量控制资料记录；
 - 8 其他文件和记录。
- 8.0.5 建筑物纠偏工程竣工验收记录表应符合本规程附录 C 的规定。

附录 A 建筑物常用纠偏方法选择

A.0.1 浅基础建筑物常用纠偏方法宜按表 A.0.1 选择。

表 A.0.1 浅基础建筑物常用纠偏方法选择

纠偏方法	无筋扩展基础				扩展基础、柱下条形基础、筏形基础			
	黏性土粉土	砂土	淤泥	湿陷性土	黏性土粉土	砂土	淤泥	湿陷性土
掏土法	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
辐射井射水法	✓	✓	△	△	✓	✓	△	△
地基应力解除法	×	×	✓	×	×	×	✓	×
浸水法	×	×	×	✓	×	×	×	✓
降水法	△	✓	△	×	△	✓	△	×
堆载加压法	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
锚杆静压桩抬升法	△	△	×	△	✓	✓	△	✓
坑式静压桩抬升法	△	×	×	△	✓	×	×	✓
上部结构托梁抬升法	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

注：表中符号✓表示比较适合；△表示有可能采用；×表示不适于采用。

A.0.2 桩基础建筑物常用纠偏方法宜按表 A.0.2 选择。

表 A.0.2 桩基础建筑物常用纠偏方法选择

纠偏方法	桩基础			
	黏性土、粉土	砂土	淤泥	湿陷性土
辐射井射水法	✓	✓	✓	✓
浸水法	×	×	×	✓
降水法	△	✓	△	×

续表 A.0.2

纠偏方法	桩基础			
	黏性土、粉土	砂土	淤泥	湿陷性土
堆载加压法	△	△	△	△
桩顶卸载法	✓	✓	✓	✓
桩身卸载法	✓	✓	✓	✓
上部结构托梁抬升法	✓	✓	✓	✓

注：表中符号✓表示比较适合；△表示有可能采用；×表示不适于采用。

表 B.0.2 建筑物纠偏工程倾斜监测记录

测点 编号	初 次				第 次				第 次				第 次							
	年月日时		顶点 倾斜 值 (mm)	倾斜率 (%)	年月日时		顶点 倾斜 值 (mm)	回倾 速率 (mm/d)	倾斜 率 (%)	年月日时		顶点 倾斜 值 (mm)	回倾 速率 (mm/d)	倾斜 率 (%)	年月日时		顶点 倾斜 值 (mm)	回倾 速率 (mm/d)	倾斜 率 (%)	
平均值																				
监测间隔时间																				
监测人																				
记录人																				
备注																				
简要分析及判断性结论																				

工程名称: _____ 建设单位: _____ 施工单位: _____ 测量单位: _____
 结构形式: _____ 建筑层数: _____ 建筑高度: _____ 仪器型号: _____

附录 C 建筑物纠偏工程竣工验收记录

C.0.1 建筑物纠偏工程竣工验收记录应按表 C.0.1 记录。

表 C.0.1 建筑物纠偏工程竣工验收记录

工程名称		结构类型		层数/建筑面积	
施工单位		技术负责人		开工日期	
项目经理		项目技术负责人		竣工日期	
序号	项 目	验收记录		验收结论	
1	残留倾斜值				
2	安全和主要使用功能核查及抽查结果	共核查 项, 符合要求 项, 共抽查 项, 符合要求 项			
3	工程资料核查	共 项, 经审查符合要求 项, 经核定符合规范要求 项			
4	观感质量验收	共抽查 项, 符合要求 项, 不符合要求 项			
5	综合验收结论				
参加 验收 单位	建设单位	监理单位	设计单位	施工单位	
	(公章) 单位(项目)负责人 年 月 日	(公章) 总监理工程师 年 月 日	(公章) 单位(项目)负责人 年 月 日	(公章) 单位(项目)负责人 年 月 日	

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，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文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 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 3 《钢结构设计规范》 GB 50017
- 4 《工程测量规范》 GB 50026
- 5 《工业建筑可靠性鉴定标准》 GB 50144
- 6 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 7 《民用建筑可靠性鉴定标准》 GB 50292
- 8 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 9 《建筑结构检测技术标准》 GB/T 50344
- 10 《建筑施工组织设计规范》 GB/T 50502
- 11 《建筑变形测量规范》 JGJ 8
- 12 《钢筋焊接及验收规程》 JGJ 18
- 13 《钢筋焊接接头试验方法标准》 JGJ/T 27
- 14 《建筑桩基技术规范》 JGJ 94
- 15 《既有建筑地基基础加固技术规范》 JGJ 123
- 16 《危险房屋鉴定标准》 JGJ 125

中华人民共和国行业标准

建筑物倾斜纠偏技术规程

JGJ 270 - 2012

条文说明

制 订 说 明

《建筑物倾斜纠偏技术规程》JGJ 270 - 2012，经住房和城乡建设部 2012 年 8 月 23 日以第 1451 号公告批准、发布。

本规程制订过程中，编制组进行了大量的调查研究，总结了我国建筑物纠偏工程领域的实践经验，同时参考了国外先进技术标准，通过试验，取得了建筑物纠偏工程设计、施工、监测和验收的重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位的有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《建筑物倾斜纠偏技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，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，还着重对强制性条文的强制性理由作了解释。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	51
3	基本规定	52
4	检测鉴定	53
4.1	一般规定	53
4.2	检测	53
4.3	鉴定	54
5	纠偏设计	55
5.1	一般规定	55
5.2	纠偏设计计算	57
5.3	迫降法设计	57
5.4	抬升法设计	60
5.5	综合法设计	62
5.6	古建筑物纠偏设计	62
5.7	防复倾加固设计	64
6	纠偏施工	65
6.1	一般规定	65
6.2	迫降法施工	65
6.3	抬升法施工	67
6.4	综合法施工	69
6.5	古建筑物纠偏施工	69
6.6	防复倾加固施工	70
7	监测	71
7.1	一般规定	71
7.2	沉降监测	72
7.3	倾斜监测	72

1 总 则

1.0.1 本条阐述了编制此规程的目的。随着国家经济的发展，工程建设总量和规模越来越大，因勘察、设计、施工、使用不当或因改扩建荷载变化、受邻近新建工程和自然灾害影响等导致建筑物倾斜时有发生，纠偏相对于拆除后重建具有良好的经济性，符合节约型社会的要求；同时，纠偏工程的设计与施工具有特殊性，应规范建筑物纠偏行为，有效控制纠偏风险，做到安全可靠、技术先进、经济合理、确保质量。

1.0.2 本条规定了本规程的适用范围，适用于倾斜建筑物纠偏工程的检测鉴定、设计、施工、监测和验收全过程。

1.0.4 本条规定了建筑物纠偏工程除符合本规程外，还应遵循国家现行有关标准的规定。如《建筑结构荷载规范》GB 50009、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《砌体结构设计规范》GB 50003、《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 和《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 等。

3 基本规定

3.0.1 建筑物发生倾斜后，通常由工程建设单位或相关管理单位（古建筑物或文物建筑）委托具有资质的单位进行检测鉴定，并组织有关专家，依据检测鉴定结论，对建筑物现状进行评估或论证，综合考虑纠偏的技术可行性和经济合理性等因素，确定是否需进行纠偏。

3.0.2 高耸构筑物基础面积小，重心高，倾斜后引起的附加弯矩大，为了减小附加应力对构筑物结构的不利影响，因此本规程规定的构筑物纠偏设计和施工验收标准相对较严。

3.0.3 纠偏工程技术难度高、风险大，技术方案应经过专家论证后执行，专家组成员应当由 5 名及以上符合相关专业要求的专家组成。

3.0.5 纠偏施工过程中保证结构安全至关重要，因此必须做到变形协调，避免结构产生过大附加应力；必须做到回倾和迫降（抬升）平稳可控，防止建筑物发生突沉突变，避免结构损伤、破坏，甚至倒塌。

纠偏建筑物多数处在城区或景区内，对环境保护要求高，因此应对涉及的泥浆排放、施工噪声、扬尘等污染环境的因素采取有效措施，加以控制，实现绿色施工。

3.0.7 由于纠偏工程复杂、涉及的因素多，施工过程中的效果与设计的预期难以一致，必须适时监测，及时分析监测数据，调整设计与施工参数，做到信息化施工，以控制纠偏风险，保证纠偏效果。

3.0.9 古建筑物是国家乃至世界文化遗产的重要组成部分和展示载体，文物破坏了不能再生，因此，纠偏不应破坏古建筑物原始风貌；古建筑物纠偏复原应符合文物修缮保护相关规定，达到修旧如旧的要求。

4 检测鉴定

4.1 一般规定

4.1.1、4.1.2 既有建筑物的检测鉴定是实施纠偏工程的依据。现场调查是检测鉴定工作的重要环节，大量检测鉴定工程实践表明，程序化地进行现场调查和收集相关资料工作，综合分析并统筹确定检测鉴定工作的范围、内容、方法和深度，可以最大限度地避免出现下列情况：需检测的重要指标遗漏、对某种指标的检测方法不当造成检测结果不可信、鉴定时未进行必要的结构分析或结构分析深度不够、检测鉴定工作的方向和结论出现严重偏差等情况。

4.1.3 本条规定了检测鉴定工作的深度。要求检测鉴定的结果，应能满足倾斜原因分析、纠偏设计与施工和防复倾加固等相关参数或数据要求。

4.2 检测

4.2.2 地基和结构检测可选用下列方法：

1 基础检测可采取下列方法：

- 1) 进行局部开挖，检查复核基础的类型、尺寸及埋置深度，检查基础开裂、腐蚀或损坏程度；
- 2) 采用钢筋探测仪或剔凿保护层检测钢筋直径、数量、位置和锈蚀情况；
- 3) 采用非破损法或钻孔取芯法测定基础材料的强度；
- 4) 采用局部开挖检查复核桩型和桩径；采用可行方法确定桩身完整性和桩的承载力。

2 上部结构检测可采取下列方法：

- 1) 采用量测法复核结构布置和构件截面尺寸或绘制结构

现状图；

- 2) 采用观察和测量仪器，检查主要结构构件的变形、腐蚀、施工缺陷等；采用裂缝观测仪和声波透射法，检测裂缝宽度和深度；
- 3) 采用钢筋测定仪或剔凿保护层，检测钢筋直径、数量、位置、保护层厚度等；采用取样法、腐蚀测量仪法，检测钢筋材质和钢材腐蚀状况；采用酚酞溶液法测定混凝土的碳化深度；
- 4) 采用钻芯法、回弹法、超声回弹综合法等测定混凝土的强度；采用贯入法、回弹法、实物取样法或其他方法检测砖、砂浆的强度；
- 5) 采用现场取样法、超声波探伤法、超声波厚度检测仪法、X光探仪及其他可行方法检测钢结构的材质和焊缝。

4.3 鉴 定

4.3.3 既有建筑经过多年使用后，其地基承载力会有所变化，一般情况可根据建筑物使用年限、岩土类别、基础底面实际压应力等，考虑地基承载力长期压密提高系数，验算地基承载力和变形特性。如进行地基现状勘察，应按现状勘察资料给出的参数，验算地基承载力和变形特性。

5 纠偏设计

5.1 一般规定

5.1.1 纠偏工程设计前，应收集、掌握大量的相关资料和信息，满足建筑物纠偏设计工作的要求。当原始设计、施工文件缺失时，应在检测与鉴定时补充有关内容；当原岩土工程勘察资料缺失时，应补充岩土勘察；现场踏勘是纠偏工程设计前的重要环节，大量纠偏工程实践表明，程序化地进行现场调查和收集相关资料和信息，结合建筑物的现状实况，综合分析并统筹确定纠偏设计方案至关重要。

5.1.3 纠偏设计应在充分分析计算的基础上，依据工程的具体特点和采取的纠偏方法，提出避免建筑物结构破坏和整体失稳的有针对性控制要点和切实可行的控制措施，为施工提供依据。

对于迫降法，纠偏设计应明确有效措施，控制沉降速率，避免因过大的附加沉降引起结构破坏和整体失稳；对于抬升法，应控制抬升速率和抬升同步性，避免因抬升速率过快、抬升不同步和抬升装置失稳导致结构构件破坏和结构整体失稳。

5.1.5 建筑物纠偏方法通常包括迫降法、抬升法和综合法等。本规程对成熟的、先进的、可靠的纠偏方法进行了规定，具体方法见本规程附录 A。除了本规程附录 A 所列方法外，还有表 1 和表 2 所列方法可供选用。表中所列的纠偏方法，应在充分分析倾斜原因的基础上，结合建筑物的结构特点、工程地质、水文地质、周边环境等因素及当地纠偏实践经验合理选择；同时，纠偏工程的检测鉴定、设计、施工、监测及验收尚应符合本规程的有关规定，确保纠偏过程中的结构安全。

表 1 浅基础建筑物纠偏方法选择参考

纠偏方法	无筋扩展基础				扩展基础、柱下条形基础、筏形基础			
	黏性土粉土	砂土	淤泥	湿陷性土	黏性土粉土	砂土	淤泥	湿陷性土
卸载反向加压法	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
增层加压法	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
振捣液化法	△	✓	✓	×	△	✓	✓	×
振捣密实法	×	✓	×	×	×	✓	×	×
振捣触变法	×	×	✓	×	×	×	✓	×
抬墙梁法	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
静力压桩法	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
锚杆静压桩法	✓	✓	△	✓	✓	✓	△	✓
地圈梁抬升法	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
注入膨胀剂抬升法	✓	✓	△	✓	✓	✓	△	✓
预留法	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
横向加载法	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

注：表中符号✓表示比较适合；△表示有可能采用；×表示不适于采用。

表 2 桩基础建筑物纠偏方法选择参考

纠偏方法	桩基础			
	黏性土、粉土	砂土	淤泥	湿陷性土
卸载反向加压法	△	△	△	△
增层加压法	✓	✓	✓	✓
振捣法	×	✓	✓	×
承台卸载法	△	△	△	△
负摩擦力法	✓	✓	△	✓

注：表中符号✓表示比较适合；△表示有可能采用；×表示不适于采用。

5.1.6 防复倾加固设计应针对建筑物倾斜原因和采取的纠偏方法,考虑下列三个阶段的内容及要求:纠偏前,对于沉降未稳定的建筑物,在沉降较大一侧的限沉加固;纠偏过程中,防止建筑物发生沉降突变的加固;纠偏后,防止建筑物可能再次发生倾斜的加固。

5.2 纠偏设计计算

5.2.3 公式(5.2.3)计算作用于基础底面的力矩值时,荷载参数应取原设计值;当使用功能发生变化,导致使用荷载与原设计发生较大变化时,该部位按实际使用功能的荷载取值计算。

5.2.4 公式(5.2.4-2)适用于 $e' \leq b/6$ 时的情况;当 $e' > b/6$ 时,应按下式计算:

$$p_{k\max} = \frac{2(F_K + G_K + F_T)}{3la} \quad (1)$$

式中: l ——垂直于力矩作用方向的基础底面边长;

a ——合力作用点至基础底面最大压力边缘的距离。

验算纠偏前基础底面压应力和地基承载力时,纠偏中的施工竖向荷载 F_T 取值为零;纠偏施工过程中增加荷载,验算在未扰动地基前的基础底面压应力和地基承载力时,应考虑纠偏中的增加施工竖向荷载 F_T 。

5.3 迫降法设计

5.3.2 迫降法纠偏时,控制回倾速率一般控制在 $5\text{mm/d} \sim 20\text{mm/d}$ 范围内,基础和结构刚度较大、结构整体性较好时,可取大值;回倾速率在纠偏开始与结束阶段宜取小值。

5.3.3 位于边坡地段的建筑物,采用浸水法和辐射井射水法纠偏,因水的浸泡,会导致地基承载力降低、抗滑力下降、有害变形加大,引起地基失稳,建筑物产生水平位移,发生结构破坏甚至倒塌。

5.3.4 距相邻建筑物或地下设施较近的纠偏工程,采用浸水法

或降水法，可能会导致其产生较大的不均沉降，引起相邻建筑物或地下设施发生倾斜或破坏。此外，距被纠工程较近的天然气管、煤气管、暖气管等允许沉降较小的主干管线，慎用浸水法或降水法。

5.3.5 地基土掏土面积可根据掏土后基底压力推算，掏土后基底压力应满足下式要求：

$$1.2f_a > p'_k > f_a \quad (2)$$

式中： f_a ——修正后的地基承载力特征值（kPa）；

p'_k ——掏土后基底压力（kPa）。

掏土孔水平深度应根据建筑物倾斜情况和基础形式进行确定，水平深度不宜超过基础型心线，以防止掏土过程中建筑物沉降较大一侧产生新的附加沉降。

5.3.6 地基应力解除法是在倾斜建筑物沉降小的一侧，利用机具在基础边缘外侧取土成孔，解除地基土侧向应力，使基底土体侧向挤出变形，达到纠偏目的。

地基应力解除法最早起源于我国沿海、沿江、滨湖软土地区，主要适用于建造在厚度较大的淤泥或软塑黏性土地基上建筑物的纠偏工程。

5.3.7 辐射井法是常用的一种迫降纠偏方法，是在倾斜建筑物沉降小的一侧设置辐射井，在面向建筑物一侧辐射井井壁上留若干个射水孔，由孔内向地基土中压力射水并把土带出孔外，使地基土部分液化或强度降低，加大持力层局部土体附加应力，促使基底土压缩变形，达到纠偏的目的。

辐射井一般设置在建筑物的外侧。对于基础很宽的筏形基础，箱形基础或外侧没有辐射井作业空间的，可以考虑设置在建筑物里面。

常用的射水管直径为43mm~63mm，射水孔不宜过大，防止流沙影响基础。

实践证明，合理的射水孔长度为8m~12m，当射水孔超过20m后，难以控制射水孔的方向和深度。在进行射水孔交叉射水时，其交叉面积不宜小于2 m²，否则射水孔塌孔较快，回倾速

率过快，容易造成结构损伤和破坏。

射水井内径大小，要考虑射水作业人员的工作空间，合理的井径为 1.5m~1.8m，井的直径小于 1.2m 时，作业困难。井底距射水作业平台要有 0.5m 的空间，便于水泵抽泥浆。

5.3.8 浸水法是根据土的湿陷特性，采用人工注水方式使地基产生沉降变形，从而达到纠偏目的。

浸水法的设计参数来自于现场试验，因此，现场试验尤为重要，试验参数要准确计量。

5.3.9 降水法是通过降低建筑物沉降较小一侧的地下水位，引起地基土孔隙水压力降低，使地基产生附加沉降，达到建筑物纠偏的目的。

根据建筑物的倾斜状况、工程地质和水文地质条件，降水法可选用轻型井点降水、大口井降水和沉井降水等方法。

纠偏时，应根据建筑物需要调整的迫降量来确定抽水量大小及水位下降深度，设置若干水位观测井，及时记录水力坡度线下降情况，与实测沉降值比较，以便调整水位。

建筑物附近存在补给水源或降雨丰富时，应采取必要措施，防止地表水、补给水渗入，影响降水效果。

为了防止邻近建筑物发生不均匀沉降，可在邻近建筑物附近设置水位观测井，必要时应设置地下隔水墙等。

5.3.10 堆载加压法是通过在倾斜建筑物沉降较小的一侧增加荷载对地基加压，形成一个与建筑物倾斜相反的力矩，加快该侧的沉降速率，从而达到纠偏的目的。

根据纠偏量的大小计算所需沉降量，结合地基土的性质，计算完成纠偏沉降量所需要施加的附加应力增量，确定应施加的堆载量，堆载重量可根据堆载后基底压力推算，基底压力应不大于 1.2 倍地基承载力特征值。

为了有效控制建筑物的回倾速率，防止突降引起结构损伤，荷载应分级施加。

堆载设计时应验算建筑物基础和堆载区域相关结构构件的承

载力和刚度，当承载力和刚度不足时，进行加固后方可堆载。

采用加压法时，应根据地基土的性质和上部荷载重量，合理考虑卸载后地基反弹的影响。

5.3.11 桩基卸载法是通过消除或减少部分桩的承载力，使建筑物荷载重新分配到其他桩上，迫使桩基产生沉降，达到纠偏目的。

对于采用预制桩的建筑物，托换体系能够可靠传力后方可采用桩顶卸载法。

设计时应考虑工作坑开挖后，原桩摩擦力损失、承台下地基承载力损失及地下水位改变等因素对基础承载力的影响。

5.4 抬升法设计

5.4.1 由于抬升法一般采用千斤顶进行抬升，尽管从理论上讲可以对任何建筑物进行抬升纠偏，但由于抬升的施工过程改变了原有建筑物某些构件的受力状态，因此基于安全经济合理的考虑，抬升法纠偏的建筑物上部荷载不宜过大。

5.4.2 抬升法纠偏时应结合地质条件、上部结构特点、基础形式以及环境条件等选择合适的抬升方法，选择采用上部结构托梁抬升法、锚杆静压桩抬升法和坑式静压桩抬升法。

5.4.3 对抬升点部位的结构构件，应进行抗压、抗弯及抗冲切强度的验算，不足时应进行补强加固。由于抬升纠偏过程中不可避免的产生一些次应力或改变某些结构构件的受力状态，超出了这些构件原设计中对于构件承载力或变形的要求，加固设计应根据抬升纠偏过程中的最不利状态进行。

抬升法纠偏难度较大，应控制纠偏建筑物的高度；当高度超过限制时，应增加必要的支撑增大结构的整体刚度，同时适当增加托换结构的安全储备，并增设防止建筑物结构整体失稳的保护措施。

抬升点宜选择在上部结构刚度较大位置，如框架柱位置、纵横墙交叉位置或构造柱位置等，同时在荷载分布较大的位置应多

布置千斤顶。对于门窗洞口等受力薄弱部位，可采取增大该部位反力梁的刚度等措施。

5.4.4 抬升力根据上部结构荷载的标准组合确定，其中活荷载考虑纠偏过程中上部结构中实际的活荷载。对用托换梁进行抬升时的抬升力为托换梁以上的作用荷载与托换梁自重荷载之和。建筑物由于局部沉降发生的倾斜，或者沉降较小一侧不需抬升时，此时抬升力可以仅考虑局部荷载。

纠偏需要调整的最大抬升量应包括三个内容：建筑物不均匀沉降的调整值、使用功能需要的整体抬升值、地基剩余不均匀变形预估调整值，三者相加确定抬升量。

5.4.5 倒置弹性地基墙梁计算方法依据现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 中墙梁的计算方法，将托梁视作墙梁，托梁和上部砌体作为一个组合结构进行计算。

断柱前框架结构上部结构本身属于整体超静定结构，其柱脚为固端，而抬升时框架柱脚为自由端，因此，计算结果与原结构内力结果有一定的改变，为了消除内力改变对结构的影响，托换前增设连系梁相互拉接，可消除柱脚的变位问题。

托换结构体系应计算新加牛腿、托梁、连系梁、支墩、对拉螺栓、预埋钢垫板等构件。

5.4.6 锚杆静压桩抬升法是通过在基础上埋设锚杆固定压桩架，由建筑物的自重作为压桩反力，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，逐根压入后一起抬升建筑物，再将桩与基础连结在一起，从而达到纠偏的目的。

当既有建筑基础的强度和刚度不满足压桩和抬升要求时，除了对基础进行加固补强方法外，也可采用新增钢筋混凝土构件作为压桩和抬升的反力承台。

桩位布置应靠近墙体或柱，对砖混结构桩位应在墙体两侧对称布设，并避开门窗洞口；对框架结构，应在柱的四周对称布设。桩数应由上部荷载及单桩竖向承载力计算确定。

5.4.7 坑式静压桩抬升法是在建筑物沉降大的部位基础下开挖

工作坑，以建筑物自重为压载，用千斤顶将预制桩（混凝土桩或钢管桩）分节压入地基土中，再以静压桩为反力支点，通过多个千斤顶同时协调向上抬升建筑物从而达到纠偏的目的。

应明确开挖工作坑的顺序和要求，工作坑坑底距基础底面不宜小于 2.0m。

桩位不宜布置在门窗洞口等薄弱部位，当无法避开时，应对基础进行补强加固或用门窗洞口用原墙体相同材料填充密实。

基础抬升间隙的填充材料宜选用水泥砂浆或混凝土；工作坑可用 3：7 灰土分层夯填密实，回填至静压桩顶面以下 200mm 处，其余空隙可用 C25 以上混凝土浇筑密实。

5.5 综合法设计

5.5.2、5.5.3 通过大量的纠偏实践验证，在对各纠偏方法进行组合使用时应注意以下几点：

1 在采用迫降法对沉降未稳定，且沉降量、沉降速率较大倾斜建筑物进行纠偏时，应先对建筑物沉降较大的一侧进行限沉，沉降较小一侧的限沉应结合纠偏和防复倾加固同时进行；

2 对于地基承载能力不足造成建筑物发生倾斜的情况，纠偏宜选用能同时提高地基承载能力的纠偏方法，还应考虑多种加固方法对基础的变形协调的影响。

5.6 古建筑纠偏设计

5.6.1 古建筑物的倾斜原因，一般可归纳为以下几种类型：斜坡不稳定型、地基不均匀沉降型、基础不均匀压缩型、建筑物自身不均匀破坏型和组合型等。在这些原因之中，还应该深入分析导致倾斜的关键。如斜坡不稳定是由于滑坡还是侧向侵蚀造成应力松弛；地基不均匀沉降是岩性不同还是由于含水情况不同以及其他原因；建筑物自身不均匀破坏是差异风化造成或是其他外力作用的结果，如地震、水灾、风力、战争或人为破坏等。

由于古建筑年代久远，结构强度比原来减少较多，加之古建

筑的重要性，因此应更加严格控制纠偏的回倾速率。

5.6.3 增设构件是为了保证纠偏施工过程中结构安全所增加的临时构件；对更换原有构件，应持慎重态度，能修补加固的，应设法最大限度地保留原件；必须更换的构件，应在隐蔽处注明更换的时间，更换换下的原物、原件不得擅自处理，应统一由文物主管部门处置。

5.6.4 古建筑物（包括古塔）属于国家宝贵文物，文物不能再生，纠偏必须做到万无一失。为了确保安全稳妥、可控、变位协调，纠偏方法宜采用迫降法及综合法。由于古建筑物年代久远，结构大多为砖、木、石、土等材料构成，砌体胶结强度低，整体性差，结构松散、裂损严重。为避免纠偏过程中倒塌，应先对结构进行加固补强，并采取临时加固措施，再实施纠偏。当采用抬升法纠偏时，应预先对基础进行托换加固，形成整体基础，抬升时直接对托换结构施力，避免对古建筑物造成损坏。

5.6.5 地基经过上部荷载长期作用，压缩变形已经完成，地基已稳定，而且倾斜是由于上部结构荷载偏心或局部构件破坏引起的古建筑物纠偏，设计应避免对原地基的扰动。

5.6.8 由于局部构件腐朽引起的木结构古建筑物倾斜，纠偏设计应分析设计更换构件合理尺寸，通过更换腐朽构件实现纠偏目标。

5.6.9 不稳定斜坡的常用加固措施有：抗滑桩、锚索抗滑桩、挡土墙、扶壁式挡墙、锚索地梁、锚索框架、疏排水设施等。

5.6.11 纠偏工程对古建筑物原来的防震、防雷系统有一定的影响，在纠偏设计中应考虑加强这方面的设防体系，不能因纠偏受到削弱。

5.6.12 因古建筑的特殊性，安全保护必须采用两种以上措施多重设防，如古塔纠偏可采用千斤顶防护、定位墩防护及缆拉防护等，一旦某种措施失效，还有其他措施能确保结构安全，做到有备无患。

5.7 防复倾加固设计

5.7.3 防复倾设计的基本原则是形成反向弯矩，使建筑物的合力矩 $\Sigma M = 0$ ，从根本上消除引起倾斜的力学原因。抗复倾力矩数值与倾覆力矩数值的比值取为 1.1~1.3，当安全等级高时取大值，反之取小值。

5.7.4 高层建筑和高耸构筑物由于重心高，水平荷载大，偏心距较大，因此防复倾设计时宜设置锚桩体系防止倾斜再次发生。鉴于被纠建筑物已发生过倾斜，再次发生倾斜的概率相对较大，故系数 k 取 1.1 或 1.3。

6 纠偏施工

6.1 一般规定

6.1.1 纠偏工程施工组织设计或施工方案，应根据纠偏设计文件对纠偏施工的特点、难点及纠偏施工风险进行分析，并制定有针对性的控制要点、结构安全防护措施和质量保证措施。

6.1.4 纠偏沉降量（抬升量）与回倾量的协调性对于纠偏工程非常重要，应根据现场实测数据及时验算，如果变形不协调，结构内将产生附加应力，可能导致结构损伤和破坏。

6.1.6 信息化施工是保证结构安全和纠偏效果的重要前提，应及时分析对比监测数据与设计参数的差异，当两者差异较大时，应修改设计参数和设计要求，并调整施工顺序和施工方法，否则有可能达不到纠偏效果，更可能因变形不协调或回倾速率过快，导致结构损伤甚至破坏。

6.1.7 回倾速率预警值一般取设计控制值的 60%~80%，当达到预警值时，应立即停止施工，分析监测数据、施工情况和回倾速率的发展趋势，确定是否采取控制措施，以防止回倾速率过大导致结构损伤或破坏。

6.2 迫降法施工

6.2.2 每级纠偏施工完成后，地基基础和上部结构应力重分布需要一定时间，间隔一段时间是为了避免建筑物发生沉降突变和结构破坏；施工后期减缓回倾速率控制回倾量是为了防止纠偏结束后继续发生过大的沉降，引起过倾。

6.2.3 掏土工作槽的位置、宽度和深度应根据建筑物的基础形式和埋深、地质情况、迫降量以及施工机具设备可操作性等进行确定。

采用钻孔掏土法钻孔深度达到设计深度后，未达到纠偏目标值，继续纠偏宜优先进行复钻。

6.2.4 当因地下管线、设施影响孔位偏差大于 20cm 时，应修改钻孔的位置、深度和孔径等设计参数。

首次钻进深度不宜过大，以防止因成孔引起建筑物突沉。

每批取土排泥的孔位和深度应根据上一级取土排泥量和监测数据分析确定。

6.2.5 由于地质条件复杂性，在正式射水施工前进行试验射水是必要的。要根据试验的射水孔深度、射水时间、压力、出土量等来验证设计参数。当参数调整好后再进行射水作业。

辐射井井位、射水孔孔位的定位十分重要，若偏差过大，射水不能达到指定部位，影响纠偏预期效果。当因障碍井位和孔位超过允许偏差时，应及时对井位和射水孔位置进行调整。

射水孔与基础底板之间设置保护管，防止土体塌方影响射水。射水的顺序应隔井隔孔进行，目的是控制建筑物沉降协调，控制回倾速率，并结合监测进行调整。每 1 至 2 轮射水后，测量取土量，并与估算取土量进行对比。每级射水深度宜为 0.5m~1.0m，在软土地区每级射水深度宜取小值。

6.2.6 为了控制渗水范围，浸水法纠偏施工开始时，宜先少量注水，根据回倾速率逐步增大注水量。如实际纠偏效果与设计预期不一致，应及时通知设计者，对浸水法参数进行调整，施工中可通过增减个别注水孔水量来调节，使基础沉降协调。

注水孔底和注水管四周设置保护碎石或粗砂，目的是保护注水孔不被堵塞。

避免外来水流入注水孔内，对浸水法纠偏施工至关重要，可采用黏性土对孔周进行封堵，当遇下雨天时，应及时采用防雨布遮盖。

6.2.7 保证降水井成井、回填滤料和洗井的质量，是降水法纠偏成功的关键环节，应严格控制。

降水纠偏过程中，应及时根据降水井和观测井的监测数据对

降水效果进行分析。

隔井抽水时，不抽水的井可以作为临时观察井。

6.2.8 堆载对结构安全影响较大，堆载施工前，应按照设计要求完成结构安全保护措施，并保证其使用安全；堆载施工中，必须严格控制每级的堆载重量和形状，防止因堆载过大建筑物产生沉降突变。

为了防止卸载过程中结构应力集中和可能的地基土回弹，卸载应分批分级进行，每级卸载后应有一定间隔时间。

堆载材料可选择袋装的砂、石、土，砖，混凝土砌块等。

6.2.9 截桩时不应产生过大的振动或扰动，主要是为了防止保留桩体局部开裂和保护托换体系安全；截断面平整有利于加垫的钢板均匀受力；断桩垫钢板是防止千斤顶失稳或出现故障时建筑物突沉的措施，故垫钢板要及时。

卸载过程中分级控制迫降量，以避免结构因应力集中而破坏。

施工初期采用较低的射水压力、较小的射水量和较短的射水时间，以防止建筑物因桩基失稳产生突沉。

6.3 抬升法施工

6.3.1 抬升法应在建筑物沉降稳定的前提下实施，当沉降速率较大时，应首先进行限沉。限沉不仅在沉降较大侧实施，必要时沉降较小侧也要限沉。

对每个抬升点的总抬升量和各级抬升量进行复核计算是抬升纠偏施工前应做的一项重要工作，既可对设计进行验证，又可避免因设计不慎导致的错误。

6.3.4 严格控制各千斤顶每级的抬升量，目的是使结构内力有相对充分时间重新分布调整，避免因应力突变导致结构构件损伤。

6.3.6 为使竖向荷载有效转换到千斤顶上，结构截断施工前应顶紧千斤顶。截断施工应采取静力拆除法，以避免截断施工对保

留结构产生较大的扰动和损伤。

如果相邻柱同时断开，结构内力重新分布，易导致周边构件应力集中，引起结构构件损伤和破坏。采取临时加固措施是为了保证截断后结构的刚度和整体稳定性，避免结构失稳。

正式抬升前要进行一次试抬升，最大抬升量不宜超过 5mm，全面检验各项准备工作是否完备和设备、托换体系、结构本身等是否安全可靠。

每级抬升后的时间间隔确定原则：建筑物顶部实测回倾量与计算的本级抬升顶部回倾量基本一致。

达到纠偏目标后，对砌体结构，应采用混凝土或灌浆料将空隙填实，连成整体，达到设计强度后方可拆除千斤顶。对框架结构，当采用千斤顶内置式抬升时，应使托换体系的支墩与新加牛腿可靠连接后再拆除千斤顶，然后进行结构柱连接施工；当采用千斤顶外置式抬升时，先恢复结构柱连接施工，达到设计强度后再拆除千斤顶。

6.3.7 反力装置应保持竖直，锚杆螺栓的螺帽应紧固，压桩过程中应随时拧紧松动的螺帽。

为了保证桩的垂直度，就位的桩节应保持竖直，使千斤顶、桩节及压桩孔轴线尽可能一致，压桩时应垫钢板或套上钢桩帽后再进行压桩；预制桩节可采用焊接或硫黄胶泥连接；

锚杆静压桩具有对土的挤密效应，一般情况下对地基是有利的，但对处于边坡上的建筑物，其挤土效应有时可能会造成建筑物的水平位移，应引起高度重视。

为了保证压桩力不大于承受的上部荷载，压桩应分批进行，相邻桩不应同时施工。

在抬升过程中，千斤顶同步协调很重要；如果不同步，一方面达不到纠偏效果，另一方面可能会因个别抬升点受力过大，造成抬升装置损坏和锚杆静压桩破坏。

基础与地基土的间隙填充应考虑注料孔布设，孔间距不宜大于 2m。

荷载转换装置可采用型钢制作，安装应牢固可靠，保证荷载能够完全转换。

6.3.8 控制开挖工作坑的顺序和及时进行压桩施工并给基础适当的顶力，是为了避免工作坑施工期间因地基接触面积减少导致剩余地基产生过大的附加压应力，防止地基产生新的变形和上部结构产生局部损伤或破坏。

荷载转换装置可参考以下做法：抬升完毕后，将抬升主千斤顶两侧的转换千斤顶同步加压，主千斤顶压力表回零时撤出，再用直径不小于 159mm 钢管嵌入预制桩顶和基础底面之间，钢管两端应有端板，用钢楔楔紧，将桩顶与钢管下端板焊接牢固，拆除转换千斤顶。

6.4 综合法施工

6.4.1 综合法中各种纠偏方法的施工顺序和实施时间很重要，目的在于充分利用主导方法的优点，避免两种及两种以上方法纠偏在实施过程中的相互不利影响。

6.5 古建筑纠偏施工

6.5.1 施工单位进场后，应在文物主管部门专家的指导下，先对文物进行保护：将小件文物及易损文物移位保护，对不便移动的文物用草袋、软木、竹夹板等进行防护，安排专人进行看护。

6.5.2 临时拆除结构构件前，除了拍照、录像外，必要时应测量构件尺寸、空间位置尺寸，绘制构件和连接节点图。

6.5.3 纠偏施工触及古建筑地基和基础时，有时可能会有新的考古发现，如地宫、石碑、老建筑物基础等；若有新的考古发现，应及时上报文物主管部门，并停止施工保护好现场。

6.5.5 实施试验性演练，是为了检验施工方案所确定施工工序、施工工艺和文物保护措施是否正确可行，提前发现问题，让操作人员有一个熟悉的过程，掌握操作要点和方法，避免直接大面积施工对古建筑造成不可挽回的损失。

6.5.6 本条规定了古建筑物先防灾治灾，后纠偏加固的施工原则；对因滑坡、崩塌等地质灾害引起古建筑倾斜严重的情况，在治理地质灾害的同时还应采取措施对古建筑实施保护，控制倾斜的进一步发展。

6.5.8 古塔一般都有地宫，如水进入地宫，会浸泡地基降低承载力，造成附加沉降，甚至会危及上部结构安全；同时，会对地宫里的文物造成侵蚀和损坏。因此，采取有效措施防止地下水和施工用水进入地宫对古塔纠偏至关重要。

6.6 防复倾加固施工

6.6.3 注浆压力和流量是注浆施工中最重要参数，施工应做好记录，以分析地层空隙、确定注浆的结束条件、预测注浆的效果。

6.6.4 持荷封桩是锚杆静压桩施工的关键工序之一。封桩时应在千斤顶不卸载条件下，采用型钢托换支架，将锚桩与基础底板连接牢固后，拆除反力架。在封装混凝土达到设计强度后，再拆除型钢托换支架。

7 监 测

7.1 一 般 规 定

7.1.1 监测方案是指导施工监测的重要技术文件。由于纠偏工程具有较大的风险性，在纠偏的全过程作好监测，以监测结果指导施工极其重要。监测方案主要内容包括监测目的、监测内容、监测点布置、测量仪器及方法、监测周期、监测项目报警值、监测结果处理要求和反馈制度等。

7.1.3 纠偏工程监测点布置不同于新建建筑物监测点的布置，应根据建筑物的倾斜状况、结构和基础特点、采用的纠偏方法等因素适当加密。

7.1.4 同一监测项目采用两种监测方法，不同监测方法能相互佐证，目的是保证监测数据的准确有效，不会因个别数据失效造成全部监测数据失效。

重大工程的纠偏监测宜采用自动化监测系统与技术，以实现
对纠偏过程全天候、实时、自动监测。

7.1.5 纠偏结束后建筑物沉降观测时间不少于6个月，重要建筑物、软弱地基建筑物的沉降观测时间不少于1年。如果在此期间建筑物的沉降稳定，则再观测1次；如果建筑物的沉降速率仍然较大，则应适当延长观测时间。

7.1.7 每次监测数据的及时整理与分析对纠偏工程非常重要，因为监测成果不仅是对上一阶段纠偏效果的验证，更重要的是为调整设计参数及时提供依据，为后续施工提供支持。监测报告应包括沉降监测、倾斜监测、裂缝监测、水平位移监测等内容。

7.2 沉降监测

7.2.2 变形测量精度级别的确定应结合建筑物地基变形允许值确定。根据现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8，对于沉降观测点测站高差中误差的测定，其沉降差、基础倾斜、局部倾斜等相对沉降的测定中误差，不应超过变形允许值的 $1/20$ ；根据本规程确定的每天 $5\text{mm}\sim 20\text{mm}$ 的回倾速率，对常见的多层建筑纠偏，沉降观测点测站高差中误差一般在 $0.18\text{mm}\sim 0.72\text{mm}$ 之间，二级的沉降观测点测站高差中误差为 $\pm 0.5\text{mm}$ ，因此本规程纠偏沉降监测等级选择不低于二级。

7.2.3 纠偏工程的沉降监测高程系统通常采用独立系统，必要时采用国家高程系统或所在地的高程系统。纠偏施工期间，高程基准点应至少复测一次；当沉降监测结果出现异常或当测区受到暴雨、振动等外界因素影响时，也需及时进行复测。

7.2.4 纠偏过程中建筑物基础变形协调、上部结构和基础之间变形协调至关重要，它关系到纠偏工程的成败。沉降监测点的加密布置是为了准确反映纠偏过程中建筑物的变形特征，指导和控制纠偏施工行为，以实现建筑物的协调变形。

7.2.5 沉降监测报告，应对建筑物沉降全过程的发展变化进行分析，对纠偏工程竣工后建筑物沉降和倾斜现状进行评价，并对其发展趋势进行评估。

7.3 倾斜监测

7.3.1 计算建筑物的倾斜率，上下测点的高度差应采用实测值。

7.3.2 建筑物倾斜监测，可选用投点法、测水平角法、前方交会法、激光铅直仪法、吊垂球法等监测方法。

7.4 裂缝监测

7.4.3 纠偏施工前，对建筑物裂缝进行观测是一项非常必要的工作，裂缝观测记录各方应签字。

7.5 水平位移监测

7.5.1 靠近边坡地段或滑坡地段倾斜建筑物的水平位移监测至关重要。如果建筑物纠偏过程中发生了水平位移，将会威胁到建筑物的结构安全和人民生命财产安全，因此必须及时进行水平位移监测，以便尽早发现问题，立即采取措施，控制变形发展，避免造成损失。

8 工程验收

8.0.1 当设计要求高于本规程第 3.0.2 条规定的纠偏合格标准时，纠偏施工应达到设计规定的标准后方可验收。

8.0.3 纠偏工程质量验收的主要内容包括倾斜率、新增部分和恢复部分的建筑、结构、管线等质量验收。