

建筑物纠偏实用技术及 案例分析

李世宏 杜吉坤 王永泉 高南竹 著

中国建筑工业出版社

建筑物纠偏 实用技术及案例分析

李世宏 杜吉坤 王永泉 高南竹 著



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑物纠偏实用技术及案例分析 / 李世宏等著. — 北京:
中国建筑工业出版社, 2018.7
ISBN 978-7-112-22298-8

I. ①建… II. ①李… III. ①建筑工程—案例 IV. ①TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 118548 号

本书是作者多年对建筑物纠偏工程研究及实际操作的经验总结。全书以实用性为目的, 主要讲述了建筑物纠偏实用技术以及实际的工程案例分析。全书共包括: 绪论, 掏土 (迫降) 纠偏的基本概念, 掏土纠偏工程设计, 施工观测, 掏土纠偏案例分析, 顶升法纠偏的基本概念, 顶升法纠偏设计、施工, 顶升法纠偏案例分析和附录等内容。本书适合广大建筑结构设计人员、岩土工程专业人员阅读使用。

责任编辑: 张伯熙 王 梅

责任设计: 李志立

责任校对: 芦欣甜

建筑物纠偏实用技术及案例分析

李世宏 杜吉坤 王永泉 高南竹 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路9号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京建筑工业印刷厂制版

北京市密东印刷有限公司印刷

*

开本: 850×1168毫米 1/32 印张: 4⁷/₈ 字数: 134千字

2018年9月第一版 2018年9月第一次印刷

定价: 20.00元

ISBN 978-7-112-22298-8

(32163)

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)

前 言

由于勘察设计失误、施工质量、环境变化、功能改变、自然灾害等原因，一些建筑物在建造或使用过程中发生了倾斜，虽然建筑倾斜是小概率事件，但因为建筑物总量很大，所以无论在国内、国外，在古代还是现代，建筑物倾斜都时有发生，比较出名的有比萨斜塔、苏州虎丘塔、加拿大特朗斯康谷仓等案例。随着经济的发展，国内建造了大量建筑物，几乎每年都有各类建筑物发生倾斜，恢复倾斜建筑的安全和正常使用功能需要应用纠偏技术。

建筑物纠偏技术在国内外都有发展，但至今未形成完整的理论体系。主要原因是：①出现倾斜的建筑物虽然不在少数，但和全部建筑物数量相比，毕竟所占比例很小，研究人员的数量少，重视程度也相对不足。②出现倾斜的建筑物的结构形式、地质条件差异较大，采用的纠偏方法不尽相同，归纳总结较难。③部分技术人员把纠偏技术视为“秘技”，不愿共享技术资料。④建筑物纠偏技术方案的确定需要考虑设计、施工、工程监测、现场条件、地质条件等因素，对制订方案人员的综合技术要求高，这类技术人员较少。⑤建筑物纠偏过程是与现场实践活动紧密结合的动态施工过程，需随时关注房屋动态，大多数工程需要根据现场实际情况随时调整方案，现场解决的问题繁琐、细碎，从这些现场解决问题的措施中提取共性特点并归纳比较困难。虽然国内外一些专家学者也对纠偏技术和理论进行研究，但总的研究状况是工程实践多，理论分析归纳少。国内现有的关于纠偏的规范给出了一些原则性的规定，规定的内容相对比较宽泛，对指导工程设计、施工的效果不尽如人意。

本书从实用角度出发，结合结构设计、土力学、施工技术等方面的基本理论，对作者完成的纠偏工程实例进行了分析，

归纳总结了建筑纠偏的基本概念、分析方法及设计、施工思路，尝试构建比较系统的设计、施工理论及方法。

建筑物纠偏方法主要分为迫降法和顶升法。本书第1章为绪论，第2章至第5章介绍迫降法（掏土）纠偏，第6章至第8章介绍顶升法纠偏。建筑纠偏涉及的检测、鉴定、倾斜原因分析等相关内容列入了附录，供读者参考。

书中以实用为目的，采用通俗易懂的写作风格阐述了纠偏工程设计、施工的基本思想、思路，掌握这些思想和思路，技术人员面对实际工程时将不再感到无从下手，能够条理清晰地进行方案构思、图纸设计并指导施工解决实际问题。

由于作者水平有限，时间仓促，书中内容存在不妥和疏漏在所难免，敬请读者批评指正。

2018年7月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 纠偏方法概述	1
1.2 纠偏工程的特点	7
1.3 纠偏工程的总体目标与基本流程	9
第2章 掏土(迫降)纠偏的基本概念	10
2.1 掏土纠偏的分类	10
2.2 地基、基础及上部结构相互作用的概念	13
2.3 掏土阶段的结构受力特点	21
2.4 纠偏敏感度	22
2.5 刚体转动	23
2.6 建筑回倾的条件	25
2.7 附加沉降	29
2.8 掏土纠偏的分项工程	31
第3章 掏土纠偏工程设计	33
3.1 设计原则	33
3.2 设计图纸内容	34
3.3 观测资料的分析	35
3.4 地基基础加固设计	37
3.5 掏土纠偏方案设计	41
第4章 施工观测	45
4.1 观测要点	45
4.2 建筑物倾斜观测	46
4.3 建筑物水准观测	48
4.4 裂缝观测	49
4.5 沉降控制	50
第5章 掏土纠偏案例分析	52
5.1 案例1:某条形基础宿舍楼纠偏——掏土截桩法	52

建筑物纠偏实用技术及案例分析

5.2 案例 2: 某平板基础住宅楼纠偏——基础底部 冲水法	59
5.3 案例 3: 某条形基础办公楼纠偏——浅层掏土法 ..	65
5.4 案例 4: 某桩基剪力墙高层住宅楼纠偏——掏土 截桩法	73
5.5 案例 5: 某桩基础剪力墙高层住宅纠偏——深层 高压冲水法	80
5.6 案例 6: 某筏板基础住宅楼纠偏——钻孔掏土法 ..	90
第 6 章 顶升法纠偏的基本概念	95
6.1 上部结构托换	95
6.2 顶升过程的二次托换	97
6.3 上部结构整体性和稳定性	97
6.4 顶升控制	98
6.5 顶升纠偏的分项工程	99
第 7 章 顶升法纠偏设计、施工	100
7.1 设计原则	100
7.2 设计图纸内容	100
7.3 观测资料的分析	101
7.4 地基基础加固设计	101
7.5 顶升纠偏方案设计	101
第 8 章 顶升法纠偏案例分析	113
8.1 某筏板基础商住楼顶升——底框结构	113
8.2 某商住楼顶升纠偏工程 (框架结构)	124
附录 A 倾斜建筑的检测、鉴定	134
A.1 沉降引起的上部结构裂缝分析	134
A.2 检测目的及内容	138
A.3 鉴定目的、内容及方法	139
A.4 鉴定规范及相关规定	141
参考文献	148

第1章 绪 论

1.1 纠偏方法概述

建筑物发生倾斜的根本原因是地基、基础不能满足承载力或变形要求，建筑发生了不均匀沉降，故建筑物纠偏需要解决的第一个技术问题是如何对地基或基础进行加固补强，另一个需要解决的技术问题是如何采取适当的技术措施使倾斜的建筑物回倾，回倾后建筑物倾斜率小于规范规定的允许倾斜率。

建筑物纠偏可以采用让较高一侧（以下简称“高”侧）下沉的方法（图 1-1a）或让较低的一侧（以下简称“低”侧）上升的方法（图 1-1b）使建筑物回倾，第一类方法习惯称为迫降法纠偏，第二类方法习惯称为顶升法纠偏。由此，迫降法纠偏可以描述为：对发生倾斜的建筑物的地基基础进行加固，使不均匀沉降停止；对建筑“高”侧的地基基础进行处理，加大“高”侧沉降，使建筑物在自重或外力作用下逐步回倾直至建筑物达到目标倾斜率所采取的一系列工程技术手段和方法。顶升法纠偏可描述为：对发生倾斜的建筑物的地基基础进行加固，使不均匀沉降停

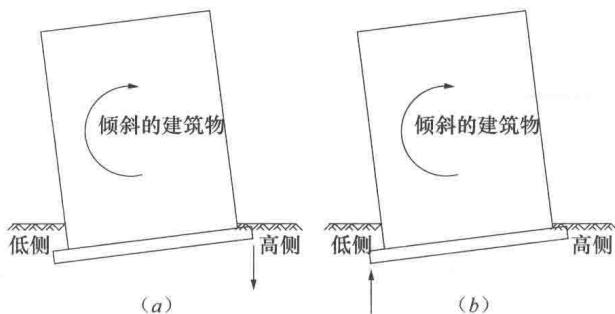


图 1-1 纠偏方法示意

(a) 迫降法; (b) 顶升法

止；在建筑“低”侧对结构进行顶升，使建筑物逐步回倾直至建筑物达到目标倾斜率所采取的一系列工程技术手段和方法。

1.1.1 迫降法纠偏

迫降法纠偏，如图 1-2 所示，建筑物回倾至目标倾斜值后，基础 B 点位置到达 C 点位置，图中阴影所示的部位将被建筑物占据，原处于该部位的地基土（含桩基础）必须离开原有位置，这是迫降法纠偏成功必须满足的变形条件。如何使这部分地基土（含桩基础）离开原有位置是迫降法纠偏所面对的关键技术问题之一，可以有三种基本方法：方法一是直接移除阴影部位地基土或基础；方法二是移除阴影部位地基土或基础下部的地基土，使此部位下沉；方法三是使阴影部位地基土或基础或其下部的地基土体积缩小，总体积缩小量满足变形条件。在工程实践中，依照上面三种基本方法，根据采用的施工措施或技术手段发展出不同的方法，同一种方法因地域不同、命名习惯不同，可能会有不同的名称。常见的迫降纠偏方法见表 1-1。总体来说，掏土纠偏法是基本方法一及基本方法二在工程中的实际应用，其他是基本方法三在工程中的实际应用，实际工程也会有几种基本方法综合应用的案例。



图 1-2 迫降法纠偏

常见迫降纠偏方法

表 1-1

迫降法	掏土法	浅层掏土法	基底挖孔掏土法	基本方法一
			基底冲水掏土法	
			截桩掏土法	
		深层掏土法	深层高压冲水掏土法	基本方法二
			振动冲水法	
			斜孔掏土法	
			辐射井冲水法	
	浸水法	基础外浸水法		基本方法三
		基础下浸水法		
	降水法	轻型井点降水		
		管井降水		
	加压法	堆载加压法		
		增层加压法		
		锚索加压法		

表 1-1 列举了常见的一些迫降纠偏方法, 其中, 掏土纠偏法具有基本不受地质条件限制、施工简便、经济适用、纠偏效率及成功率高、便于控制等优点, 应用范围很广。其他迫降纠偏方法, 如: 浸水法、降水法、堆载加压法因受各种条件限制应用相对较少。例如: 浸水法适合湿陷性土, 有地域性限制, 不能广泛适用; 降水法实施效果和土的渗透性有很大关系, 对渗透性不好的地基土效果不好; 加压法需大量重物堆载且效果不甚理想。浸水法、降水法、堆载加压法都是在不取土的情况下, 原位压缩基础下土体的体积达到使建筑物迫降的效果, 是前述基本方法三的应用, 显然, 其效率没有直接掏土的效率高。总体来说, 这些方法的技术细节与纠偏建筑所在地的地质情况紧密相连, 各地地层情况变化较大, 理论上不易归纳总结; 施工

中可控性不好,纠偏效率不高,工期控制困难。考虑到以上因素,本书后续阐述迫降法时仅讨论掏土纠偏,无特别注明,“迫降法纠偏”均指掏土纠偏。另,本书所指掏土含义较广,无论采取什么措施,使基础下土体离开原来位置,达到在纠偏期间临时“削弱”地基承载力,使建筑物“高”侧迫降的,都称为掏土法纠偏,如高压射水冲土、浅层掏土、深层掏土等。

掏土纠偏法应用最广泛,就目前常见的方法进行归纳,掏土纠偏方法命名通常有两层含义,第一层含义一般是指掏土土层的位置,第二层含义一般是指具体使用的操作方法,如深层高压水冲法指在基础底部较深的土层使用高压水冲方法掏土。

1.1.2 顶升法纠偏

顶升法纠偏使用顶升设备,设备顶升力大于顶升的上部结构总的重力荷载才能顺利纠偏。设备顶升上部结构时需要支承,一般做法是利用原基础为顶升设备提供支承,顶升时需将上部结构和基础割开,为了施工方便,切割部位通常设在地面以上,断开连接的建筑分为下部结构(含基础)和上部结构,在下部结构适合部位放置顶升设备后就可以顶升上部结构。如图 1-3(a)所示,顶升至目标倾斜值后,上部结构与下部结构断开处的 A 点位置到达 C 点位置,上、下部结构之间存在空隙(图 1-3a 中的阴影部位),该处空隙要重新连接或填实。顶升时,建筑底部受力及支承情况改变,由原竖向结构构件连续受力或集中受力情况转变为顶升点处的集中受力情况,部分固定支座转化为铰支座,结构计算简图发生变化,需要对上部结构承载力及变形进行必要的验算,根据验算结果确定是否对相关构件采取加固补强措施。

也有利用新增桩基础对建筑物(含基础)整体顶升的案例(图 1-3b),此时,新增桩基础应能够承担建筑物(含基础)荷载、基础与周边土体的附着力等,才可实现对建筑物(含基础)的顶升。建筑物顶升到位后,基础 A 点位置到达 C 点位置,顶

升后留下的空隙同样需要重新连接或填实（图 1-3b 中的阴影部位），原基础的承载力与新增桩基础承载力之和将远大于建筑物荷载，会造成较大的浪费。采用这种方法，建筑物荷载越大，浪费越大，因此一般应用在别墅、农村住宅等体量很小的建筑物中。此外，应根据顶升期间相关结构构件的受力变化情况，验算是否需要采取相应的加固补强措施。

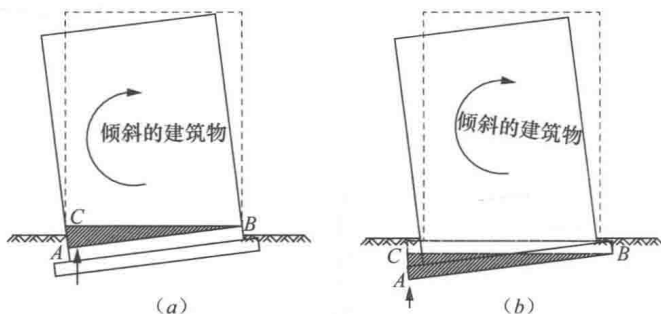


图 1-3 顶升法纠偏

(a) 截断顶升；(b) 新增桩顶升

1.1.3 两种纠偏方法的比较

顶升法通过顶升上部结构达到纠偏目的，顶升设备通常采用千斤顶，千斤顶的数量及总额定吨位要大于上部结构荷载并留有余量，体量越大的建筑，需要的千斤顶越多。每个千斤顶在顶升过程中都是上部结构的一个临时支点，与下部结构断开连接的上部结构以这些千斤顶为支座，结构受力情况与未断开连接前的受力情况有较大变化。顶升纠偏方案设计时应根据实际受力情况建立计算模型进行受力分析，确定千斤顶的数量和位置，保证上部结构安全。原则上，千斤顶越多，上部结构支承点越多，与千斤顶接触的结构构件跨度就越小，受力就越偏于安全。结构切割后，上部结构受力模型发生变化，结构整体性往往遭到破坏，要根据新的受力模型计算分析并进行加固补强，支承点越多，对上部结构的加固补强措施越少，相关措施费用越少，但是，千斤顶越多也意味着设备费用高。因此，设

计需要在结构安全与经济合理两个目标间寻找最佳平衡点，合理确定千斤顶的数量及位置。

顶升过程中，每个顶升点实际受力情况要和计算分析情况保持相同，需控制每个顶升点的位移符合方案要求，否则上部结构受力会与计算分析结果相差很大甚至出现完全相反的结果，因此，千斤顶越多，控制难度越大，对设备或施工措施要求越高。

结构切割后，上部结构由千斤顶支承，支承点为简支状态，结构不能承受较大的水平荷载，实际处于不安全的状态，设计、施工人员出于减少安全风险的目的都希望结构切割后到重新连接的时间越短越好。顶升纠偏方案应有措施保证上部结构在承受一定的水平荷载时结构稳定、安全。

顶升法纠偏，在准备工作就绪后，顶升速度较快，建筑物往往在数小时至数十小时内就能顶升到位。因此，顶升法是效率很高的纠偏方法。

上部结构顶升至目标位置后，需重新连接上下部结构。砌体结构重新连接相对简单，用合适砌块砌筑填实即可。对于钢筋混凝土结构则需重新连接钢筋，浇筑混凝土，此时，钢筋连接一般采用焊接方式，因连接位置集中于上下部结构断开处，较难满足《混凝土结构设计规范》GB 50010 中纵向受力钢筋的焊接接头应相互错开、纵向受拉钢筋的接头面积率不宜大于 50% 的相关规定。

应该注意到，顶升结束后，上部结构倾斜率满足要求，但下部结构仍是倾斜的，重新连接后的结构竖向轴线是折线，和最初的结构有所区别，由此造成的对结构的影响几乎没有人研究过，有兴趣的读者可开展相关研究分析。

和顶升法对比，迫降法通过移除或压缩基础底部土体达到纠偏目的，建筑物在自重作用下回倾，需要的设备相对简单，例如浅层掏土法仅需要简单的掏土工具即可完成，纠偏过程中及纠偏完成后，上部结构保持原结构状态，结构性能及整体性几乎无变化。但保证上部结构不受损的措施较复杂，纠偏耗时

较长。

顶升法和迫降法各有优缺点，实际应用应结合具体工程特点确定采用何种方法。两种方法对比见表 1-2。

顶升纠偏与迫降纠偏方法对比

表 1-2

对比指标	顶升法	迫降法
设备要求	高	低
施工费用	高	低
施工风险	高	低
施工速度	快	慢
对上部结构性能的影响	大	小
对相邻建筑的影响	小	大

除了顶升法和迫降法外，还有其他的一些方法如预留法、顶推法、牵引法、综合法等，这些方法在本质上仍是顶升法和迫降法或二者结合，本书不再赘述。

1.2 纠偏工程的特点

纠偏工程现场实际情况可能千差万别，但都具有以下几个共同特点。

1. 上部结构损伤最小化

毋庸置疑，上部结构损伤最小化是对纠偏技术最基本的要求，纠偏若造成上部结构较大的新损伤，则纠偏工程是不成功的。

2. 信息化施工

建筑纠偏技术综合应用了结构加固补强、地基处理、建筑施工、建筑测量等技术，技术人员需要掌握结构设计及施工等多方面的知识。实际工程中，纠偏方案设计与现场施工结合十分紧密，设计、施工往往由同一单位实施或设计人员常驻现场指导进行。原因主要有：现场实际情况往往和设计图纸反映的情况有较大差异，特别是在处理地基、基础等隐蔽工程时，这

种差异表现得就更为突出；纠偏时，建筑处于不稳定的动态状态中，要求技术人员能够实时掌握建筑各部位的沉降情况及结构的受力状况，并作出正确决策以指导下一步施工；施工过程中的任何意外情况都要及时反馈给设计人员并迅速解决，技术人员应随时处理设计时未预料到的技术问题。因此，纠偏施工过程是信息化施工过程，任何沟通不畅，都可能带来工程隐患。施工现场的管理、施工人员与纠偏方案设计人员紧密配合是关系到纠偏工程能否顺利、成功的关键因素之一。

3. 施工工期要求紧

建筑物发生倾斜大多是在投入使用后逐渐发生，已交付业主使用的既有建筑一旦倾斜势必造成一定的社会影响。为消除影响以及减少经济损失，建筑纠偏工程工期要求都很紧，无论是委托方还是使用方都要求在确保建筑安全的前提下，工期越短越好。

4. 非技术影响因素多

纠偏的建筑可能仅底层业主迁出，底层以上房屋的业主仍在使用，即使业主全部迁出，他们也会对建筑十分关心，往往会进入现场观察。纠偏过程需削弱地基基础或截断部分构件，建筑物处于不断沉降或抬升的动态过程中，施工过程会对业主产生较大的视觉和心理冲击。业主对纠偏过程中及纠偏后的建筑是否可以安全使用有很大的疑问。由于专业知识的缺乏和心理因素影响，大多数业主对施工过程以及肉眼可见的上部结构裂缝十分担心和敏感，有时甚至会因为新裂缝的出现阻止施工。纠偏过程中，一方面应采取细致、可靠的技术措施确保上部结构原有裂缝尽可能不扩展，不出现新裂缝，一方面也需要对业主做好耐心的技术解释工作。技术人员在制订技术方案时应充分考虑到这些非技术的其他因素，否则纠偏工程难以顺利实施。

5. 对相邻建筑影响大

纠偏时须对倾斜建筑的地基基础采取相应的加固处理措施，

迫降法纠偏还会扰动地基，由于倾斜建筑附近往往还存在其他建筑，这些措施有可能会对邻近建筑产生影响，技术人员在制订方案时不能忽略这个重要的影响因素。

技术人员在设计方案时应充分考虑上述几个纠偏工程的特点，针对所面对工程的具体特点，使施工能够顺利完成建筑纠偏的目标。

1.3 纠偏工程的总体目标与基本流程

1.3.1 总体目标

根据纠偏工程的特点，建筑纠偏的总体目标可以描述为：充分考虑到技术、经济及其他各种影响因素，制订安全可靠、经济合理的纠偏技术方案，在确保安全的前提下快速完成工程，尽可能保证上部结构不在纠偏过程中出现新的损伤，且不影响邻近建筑。

1.3.2 基本流程

不管采用何种纠偏方法，从发现建筑物倾斜到全部纠偏工程结束一般经过以下阶段（图 1-4）。

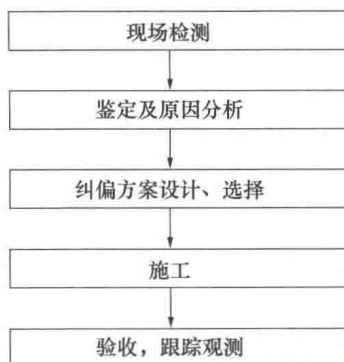


图 1-4 纠偏工程基本流程图

第2章 掏土（迫降）纠偏的基本概念

2.1 掏土纠偏的分类

建筑物采用迫降法纠偏过程中，为使得图 1-2 中 $\triangle ABC$ 阴影区域内的土体离开原有位置，直接在基础下部进行掏土移除该区域内的土体或使该区域土体下沉以达到纠偏目的是工程上常采用的方法，称为掏土纠偏法，如前章所述，本书仅对迫降法中的掏土纠偏方法进行阐述。工程上根据掏土深度的不同，将掏土纠偏分为浅层掏土和深层掏土两大类。

2.1.1 浅层掏土

浅层掏土，顾名思义，指在较浅的地基中进行掏土，适用于基础（含桩基承台、基础底板）埋深浅的建筑。

基础底部掏土法需开挖基础覆土至基础底面，留出掏土操作空间，开挖基础覆土时根据实际情况必要时应采取一定的防坍塌措施，适用于独立基础、条形基础、筏板基础等各类浅基础，如图 2-1 所示。

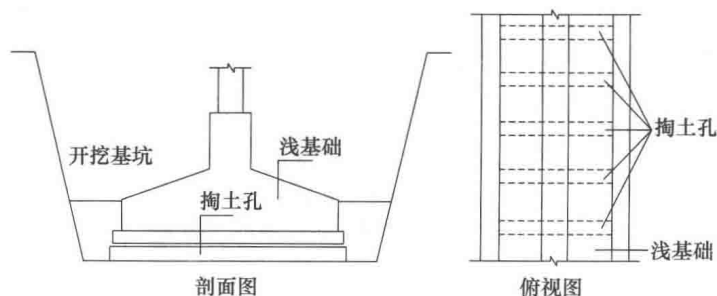


图 2-1 基础底部掏土法

实际操作时可使用简易工具人工直接掏土，也可以用高压
此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com