

地基与基础丛书

基础托换技术

——既有建筑物地基基础加固

叶书麟 汪益基 编 著
涂光社 程鸿鑫

中国铁道出版社

1991年·北京

地基与基础丛书

基础托换技术

——既有建筑物地基基础加固

叶书麟 汪益基 编 著
涂光社 程鸿鑫

中国铁道出版社

1991年·北京

内 容 提 要

本书介绍软弱地基工程特征和软弱地基对建筑物的危害，并系统地阐明国内外各种托换方法的原理，设计施工和监测，同时列出工程实例及其病因分析，方案选择与托换效果。

本书是地基基础托换技术的专著，适用于建筑物的改建，扩建和加层；人防建筑建造；危房建筑地基处理；古建筑地基加固和基础托换；城市地下铁道穿越等工程。可供土木建筑勘测、设计施工技术人员，有关科研人员以及土建类大专院校师生参考。

地基与基础丛书

基础托换技术

——既有建筑物地基基础加固

叶书麟、汪益基 编 著

徐光祉、程鸿鑫 编 著

*

中国铁道出版社出版、发行

(北京市东单三条14号)

责任编辑 冯秉明 封面设计 王毓平

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092毫米 1/32 印张：12 字数：226 千

1991年3月 第1版 第1次印刷

印数：0001—4000册

ISBN 7-113-00922-0/TU·205 定价：5.80元

序

地基基础的托换技术内容复杂而难度很大。它要求对既有建筑物的地基进行处理、基础进行加固或改建的同时，既改善基础以下的地基性状，或在地下增建新的通道及地下车站时，又保持地上既有建筑物不受任何损害，并往往要求在施工过程中地上建筑物仍照常使用。这就要求从事托换技术的工程师必需兼备岩土工程、结构设计和施工技术三方面的丰富知识与经验，才能担负如此艰难复杂的任务。

现代世界有许多大城市逐步向地下和空中发展，建筑物扩建和改建以及地下铁道在大型建筑物下通过的工程日益增多，因而托换工程在世界各地需求日增，托换技术迅速发展，不断增添新的内容和经验。

我国的工程建设中，已经采用了一些托换技术，并取得了我国独特的经验。随着四个现代化建设的进一步发展，对这项技术的需求以及实际的托换工程也必将日益增多。因此，现在编写一本托换技术专著，以适应我国的需要和发展，是适时和必要的。

叶书麟、汪益基、涂光社、程鸿鑫四位教授和专家多年来分别在我国华东、华中和西北地区从事托换技术的研究与实践。他们共同编写的这本专著向读者综合介绍了国内外各种托换技术的设计、施工和发展现状，必将推动这项技术在我国进一步发展。

卢肇钧

1989年10月

《地基与基础丛书》编委会名单

主任委员：卢肇钧 研究员 铁道部铁道科学研究院

副主任委员：曾国熙 教授 浙江大学

委员：

周 镜 研究员 铁道部铁道科学研究院

黄熙龄 高级工程师 建筑科学研究院

叶政青 高级工程师 上海市建筑工程局

陈仲颐 教 授 清华大学

王吉望 高级工程师 冶金建筑研究总院

蒋国澄 高级工程师 北京水利科学研究院

饶鸿雁 高级工程师 交通部公路研究所

叶书麟 教 授 同济大学

殷万寿 高级工程师 铁道部大桥工程局

前 言

近年来，世界上大型和深埋的结构物和地下铁道的大量施工；古建筑的地基基础加固数量频繁，现有建筑物的改建、加层和加大使用荷载以及事故建（构）筑物处理都需要采取托换技术。所以目前世界各国的托换工程量日趋增多，托换技术也突飞猛进地发展。

建筑物的托换需要丰富的实践经验和理论基础，因为它可能危及生命和财产，所以必须由在设计和施工方面都具有丰富经验与高度责任心的工程师来参加这方面工作。

托换工程不但需要应用各种地基处理技术，同时需要善于巧妙和灵活地综合选用这些技术。如果不具备对于结构工程和岩土工程交织在一起的这一专门技术的知识和能力，即使是技术水平很高的结构工程师也不能做好建筑物的修复工作；同样，一个能力卓越的岩土工程师如果不熟悉结构工程，则也无法处理好濒于破坏的结构物的力学问题；一个施工工程师在托换工程中占有十分重要的地位，多数情况下他也是一个设计者。一个托换方案的选择，主要取决于安全和技术经济的综合效果。

我国的托换技术虽然历史不长，但有些托换方法如钻孔桩、锚杆静压桩、加压纠偏法、基础减压和加强刚度法、碱液加固法等也具有我国托换技术的特色，随着我国大规模建设事业的发展，托换工程正处于方兴未艾

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 托换技术分类	1
一、补救性托换	1
二、预防性托换	2
三、维持性托换	3
1.2 托换技术特性	3
1.3 托换技术的发展和现状	6
第二章 建(构)筑物作用下地基强度和变形特征	9
2.1 建(构)筑物荷载的性质、分布、大小	
对地基强度和变形的影响	9
2.2 上部结构刚度对地基变形的影响	13
2.3 地基变形对上部结构的影响	15
2.4 减轻不均匀沉降危害的措施	16
2.5 地基容许变形值的确定	17
第三章 特殊土地基工程性质和对建筑物的危害	24
3.1 软土地基	24
一、软土的工程性质	25
二、软土地基变形特征	29
三、软土地基事故及一般处理方法	31
3.2 湿陷性黄土地基	35
一、湿陷性黄土的工程性质	36
二、湿陷性黄土地基变形特征	41
三、湿陷事故及一般处理方法	44

3.3	膨胀土地基	46
一、	膨胀土的工程性质	47
二、	膨胀土地基变形特征	50
三、	膨胀土地基事故处理	54
3.4	填土地基	56
一、	填土的工程性质	57
二、	填土地基变形特征	58
三、	填土地基事故及其处理方法	59
3.5	山区地基	61
一、	山区地基工程性质	62
二、	山区地基上建筑物破坏特征	63
三、	山区地基事故处理	64
第四章	托换前的准备工作	68
4.1	被托换建筑物现状调查	68
一、	查阅原有地质勘察报告	68
二、	复核原有建筑设计图纸	68
三、	检查施工隐蔽记录及竣工技术资料	69
四、	搜集沉降与裂缝实测资料	69
五、	查明生产、使用以及周围环境的实际情况	69
4.2	补勘、补查、补测	69
4.3	建筑物病因分析	70
一、	地质勘察资料不准确和不完整	70
二、	原设计方案不尽合理	71
三、	施工质量未能保证	71
四、	环境与使用情况变化	72
4.4	建筑物事故判断及严重程度分级	72
4.5	托换技术方案的选择	73
第五章	基础加宽和加深托换	75

5.1	基础加宽托换	75
5.2	坑式托换	78
一、	施工步骤	79
二、	条形基础下间断的或连续的混凝土墩	79
三、	托换坑间的过梁	81
四、	柱基坑式托换	81
五、	墩式基础的受力情况	83
六、	适用范围及其优缺点	84
第六章	桩式托换	85
6.1	预试桩托换	85
一、	预试桩施工步骤	85
二、	柱基预试桩托换	86
三、	预试桩托换的适用范围	87
6.2	压入桩托换	88
一、	顶承式静压桩	88
二、	自承式静压桩	90
三、	锚杆式静压桩	91
6.3	打入桩托换	94
6.4	灌注桩托换	97
一、	螺旋钻孔灌注桩	98
二、	潜水钻孔灌注桩	99
三、	人工挖孔灌注桩	104
四、	扩底钻孔灌注桩	106
五、	旋转沉管灌注桩	108
六、	压胀式灌注桩	110
第七章	基础减压和加强刚度托换	114
7.1	在软弱地基上建造大型构筑物可能产生的 问题	114

7.2	基础减压和加强刚度托换措施	115
7.3	工程实例	116
一、实例[7—1]	上海电化厂二号盐仓基础托换	116
二、实例[7—2]	浙江省杭州丝绸印染联合厂生化池托换加固	123
第八章	树根桩托换	129
8.1	概 述	129
8.2	树根桩施工	132
8.3	树根桩设计和计算	135
一、单根树根桩的使用荷载确定	135	
二、网状结构树根桩设计和计算	137	
8.4	网状结构树根桩工程实例	145
一、地下结构工程修建工程实例	146	
二、古塔整修工程实例	156	
三、建筑物加层工程实例	158	
四、桥墩托换工程实例	162	
第九章	灌浆托换	164
9.1	硅化加固法	165
一、加固原理	166	
二、注浆材料与机具	168	
三、设计与施工要点	170	
四、工程实例[9—1]	陕西省焦化厂塔罐群地基硅化加固	172
9.2	水泥硅化法	176
一、主要设备与材料	177	
二、水泥硅化法优点	177	
三、工程实例[9—2]	广西某库房地基注浆	

加固	179
四、工程实例〔9—3〕 西安火车站雨棚柱地基	
加固	181
9.3 碱液加固法	184
一、加固原理	184
二、碱液加固试验及其结果	186
三、碱液加固的设计与施工	192
四、工程实例〔9—4〕 陕西省焦化厂鼓风机室	
地基碱液加固	194
9.4 碱灰混合加固法	198
一、试验研究	198
二、碱灰混合法优点	200
三、工程实例〔9—5〕 天津铁厂33号宿舍楼地基	
加固	201
9.5 高压喷射注浆法	204
一、加固原理	204
二、高压喷射注浆法性能与主要优点	205
三、主要机具和材料	208
四、工程实例〔9—6〕 汉江机床厂大件车间	
基础托换	212
第十章 纠偏托换	214
10.1 锚桩加压纠偏法	214
10.2 加载纠偏法	222
10.3 排(掏)土纠偏法	223
一、抽砂纠偏法	223
二、钻孔取土纠偏法	224
三、穿孔取土纠偏法	226
第十一章 湿陷性黄土地基上托换	230

11.1	灰桩托换	230
一、	石灰桩托换	231
二、	灰土桩托换	232
三、	灰砂桩托换	233
四、	灰砂土桩托换	233
11.2	灰土井墩托换	234
一、	灰土井墩设计	234
二、	灰土井墩施工	236
11.3	浸水、加压、掏土纠偏托换	236
一、	浸水纠偏法	238
二、	加压纠偏法	241
三、	浸水加压纠偏法	244
四、	掏土纠偏法	244
11.4	热加固托换	248
11.5	其它托换	250
一、	墩式托换	250
二、	桩式托换	251
三、	树根桩托换	255
四、	灌浆托换	256
第十二章	地下铁道穿越托换	257
12.1	概 述	257
12.2	应用传统的坑式托换	261
一、	施工方法	261
二、	适用范围	261
三、	关于采用间隔式墩柱组成的托换墙	263
四、	工程实例〔12—1〕	269
12.3	应用灌浆法托换	273
一、	施工方法	273

二、灌浆材料的分类及其应用	276
三、适用范围	278
四、工程实例〔12—2〕	279
12.4 应用树根桩托换	285
一、施工方法	285
二、树根桩的承载能力	287
三、树根桩的沉降	289
四、适用范围	290
五、工程实例〔12—3〕	292
六、工程实例〔12—4〕	301
12.5 应用地下连续墙托换	306
一、施工方法	306
二、适用范围	311
三、工程实例〔12—5〕	311
12.6 应用斜向钻孔桩托换	318
一、施工方法	318
二、适用范围	321
三、工程实例〔12—6〕	323
12.7 应用敞开式施工法实现全穿越	328
一、托换支承结构与地铁隧道结构完全分离	328
二、托换支承结构作为地铁隧道结构的一部分	335
三、先修筑临时性支承结构, 再将结构物荷载 转移到已筑成的隧道结构上	339
12.8 应用封闭式施工法(暗挖法)实现全穿越	342
一、应用盾构推进的暗挖法穿越	344
二、应用新奥法实施暗挖法穿越	350
第十三章 托换技术监测	357
13.1 监测内容	357

13.2 监测要求	359
13.3 监测成果分析	360
参考文献	367

第一章 绪 论

1.1 托换技术分类

托换技术或称基础托换 (*Underpinning*) 是指解决对原有建筑物的地基需要处理和基础需要加固; 或解决对既有建筑物基础下需要修建地下工程, 其中包括隧道要穿越 (*Undercrossing*) 既有建筑物, 以及邻近需要建造新工程而影响到既有建筑物的安全等问题的技术总称。凡进行托换技术的工程总称为托换工程。

从实际工程对托换的要求不同, 托换技术可分为三种不同类型^{〔1〕}:

一、补救性托换

凡对既有建筑物的基础下地基土不满足地基承载力和变形要求, 而需要将原基础加深至比较好的持力层上; 或因软土层很厚而加深原基础又会遇到地下水使施工困难, 亦可扩大原有基底面积等的托换, 称为补救性托换 (*remedial underpinning*)。

在50和60年代间, 全国各地建造的住宅建筑基本上是三到四层, 目前这些建筑物的上部结构和地基基础绝大多数仍然完好无损。如为了节约城市用地, 拆除低层重建多层, 既要考虑拆迁费, 又要筹划更多建房资金, 对经济效益并不都是理想的, 因而目前各城市很多采用旧房加层改造的方法以扩大城市居住面积。对旧房加层后, 就要求对上部结构和地

基基础进行验算，如加层后地基承载力或变形不满足地基规范要求时，或现有建筑出现病害和使用阻碍时，就需要采取补救性托换。当然，补救性托换决不限于加深基础和扩大原有基底面积的托换措施。值得注意的是，补救性托换是量大面广，在托换工程中占很大比重。

二、预防性托换

如既有建筑物的地基土是满足地基承载力和变形要求的，但由于既有建筑物邻近要修建较深的新建筑物基础，包括深基坑的开挖和隧道穿越，因而需将既有建筑物的基础加深、桩基托换或地基土灌浆加固等进行托换措施者，称为预防性托换 (*precautionary underpinning*)。其中也可采用在平行于既有建筑物基础而修筑比较深的墙体者，亦可称为侧向托换 (*lateral underpinning*)。侧向托换可采用地下连续墙、板桩墙或网状结构树根桩 (图 1—1) 等托换

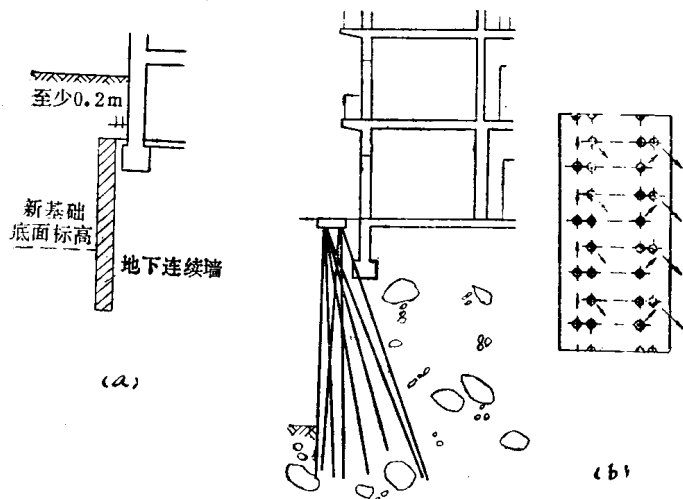


图 1—1 侧向托换

(a) 采用地下连续墙进行侧向托换

(b) 采用网状结构树根桩进行侧向托换

措施。

三、维持性托换

有时在新建的建筑物基础上预先设计好可设置顶升的措施，以适应事后预估不容许出现的地基差异沉降值时，设置千斤顶以调整差异沉降者，称为维持性托换(*maintenance underpinning*)。

图 1—2 为一沿海软土地基上建造的油罐基础环梁的预留沉降调整孔。孔距约 6m，沿环梁均匀布置。施工安装油罐时，可先用砖砌体填充砌筑，如今后油罐产生差异沉降值妨碍正常使用时，可将砖砌体凿去后，在预留沉降调整孔内设置千斤顶，进行差异沉降调整。

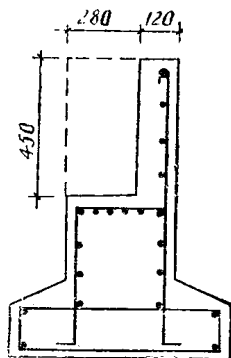


图 1—2 维持性托换
(预留沉降调整孔)

1.2 托换技术特性

一般托换工程需按照以下框图程序进行工作⁽²⁾。

托换工程在具体实施时的步骤是：

- (一) 对既有建筑物各个方面进行加固 (如有必要时)；
- (二) 将既有建筑物基础全部或部分支托住；
- (三) 根据工程需要，对既有建筑物地基或基础进行加固；
- (四) 当需要在建筑物下建造地下构筑物时 (如地铁通道、车站等)，在基础已支托的状态下，在原基础下开挖土方，进行该部分工程施工；