

# 沉井沉箱 设计、施工及实例

张凤祥 编著

中国建筑工业出版社

# 沉井沉箱设计、施工及实例

张凤祥 编著

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

沉井沉箱设计、施工及实例/张凤祥编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2009  
ISBN 978-7-112-11553-2

I. 沉… II. 张… III. ①沉井施工②沉箱—工程施工  
③沉井—设计④沉箱—设计 IV. TU473.2 TU753.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 204527 号

本书全面系统地阐述近年推出的沉井、沉箱新工法 (重点是低成本无人自动化工法), 新技术 (信息化遥控施工监测技术) 及大量工程实例。全书理论联系实际, 突出一个“新”字。本书对大型桥梁基础、都市立交地下道、盾构和顶管隧道工作井、永久通风井、超高建筑物基础、港口基础、护堤基础、水闸基础、集装箱码头、船坞、地下坝、地下河、地下电站、地下油罐、地下气罐、地下蓄水池、防空洞、地下垃圾场、大型地下停车场、地下商业街、冶金高炉及重型设备基础等建设工程项目的设计、施工、管理均有较大的借鉴价值和指导意义。

本书可作为上述行业广大科研人员、设计人员、监理人员及高校广大师生的业务参考书。

\* \* \*

责任编辑: 武晓涛  
责任设计: 赵明霞  
责任校对: 王金珠

## 沉井沉箱设计、施工及实例

张凤祥 编著

\*

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

北京华艺制版公司制版

北京盈盛恒通印刷有限公司印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 41 字数: 1024 千字

2010 年 5 月第一版 2010 年 5 月第一次印刷

印数: 1—2500 册 定价: 85.00 元

ISBN 978-7-112-11553-2

(18781)

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

采用边排土边下沉，或直接设置于水中等手段，把井筒、箱体沉入地下和水中，分别称为陆地沉井、沉箱和水中沉井、沉箱，相应的施工方法分别称为陆地沉井、沉箱工法和水中沉井、沉箱工法。沉井、沉箱的优点是躯体刚度大、断面可大可小、承载力大、抗渗能力强、耐久性好、抗震性好、施工占地面积小、成本低、可靠性好、适用土质范围宽、施工深度深（可达 100m），特别是沉箱工法对大深度施工有着得天独厚的优势。理论、实践都证明，沉箱是目前所有基础工法对周围地层影响最小的一种工法。

由于沉井、沉箱具有上述优点，故沉井、沉箱在交通领域（如各种大中型桥梁基础、立体交叉地下道、磁悬浮交通基础等）；隧道领域（如盾构隧道、顶管隧道的临时工作井、永久性通风井等）；水利设施领域（如港口基础、护堤基础、水闸基础、集装箱码头、防浪堤、船坞、地下河、地下坝等）；电力设施领域（如电站基础、地下变电站、送电铁塔基础、火力发电地下贮油罐、地下 LNG 贮罐等）；市政工程领域（如地下沉淀池、污水处理深层曝气槽、地下蓄水池、地下防空洞、地下泵站、地下垃圾处理场等）；大型地下深层建筑（如大型超高层建筑物基础、地下停车场、地下商业街等）；其他领域（如核料、放射性物质贮存库，冶金高炉基础，矿井及各种重型设备基础等），有着极为广泛的应用。

就沉井工法而言，以往的自沉工法因只适于软地层、沉没深度不深、易倾斜、成本高等弊病，20 世纪 90 年代以来施工数量锐减。取而代之的是压沉沉井工法、水中反铲自动化沉井工法（SOCS 工法）、自由扩缩挖掘式硬地层自动化沉井工法、并联射流水中自动挖掘工法等成本低、质量高、工期短、适于软硬地层的合理化工法。

目前的沉箱工法系指压气沉箱工法。该工法的基本原理是向沉箱下部的作业室内压送与地下水压相当的压缩空气，抑制地下水以实现干挖。目前该工法已进入无人化时代，即地表遥控无人自动化挖掘工法进入推广普及阶段，完全无人化工法进入完善阶段。

水中沉井、沉箱工法是在陆地上制作沉井、沉箱的整个躯体（即井筒或箱体），然后把躯体用台船（或拖船、吊船）运至沉设地点，设置到水中的工法。该工法的最大优点是可实现基础的大断面、大深度化（目前已有深 70m、直径 80m 的水中沉井的成功施工实例），质量可靠、工期短。

目前，沉井、沉箱及水中沉井、沉箱工程数量猛增，大有独占鳌头之势。

然而，上述诸多新工法、新技术，在我国尚属空白。开发上述课题填补空白，乃当务之急。

无论是赶上国际先进水平，缩短差距的需要，还是从提高业务素质的需求，都表明广大从业人员迫切希望全面阐述新工法和新技术的原理、优点、用途、系统构成、合理设计方法、低成本无人工法、信息化施工监测系统与方法、事故的应急措施、工程实例等全面系统的专著问世。鉴于上述状况，我们编著了本书。

书中给出的大量工程实例均系近年现场施工的成功经验总结。条理清楚、数据齐全、结果可信度高，对实际的工程设计、施工、测量等均有较大的借鉴价值，有的实例完全可以套用。

本书出版对我国前述诸多行业的技术开发有较大的参考价值 and 促进作用。

马国民高级工程师编写了7.1.5节，邵倩芸工程师查阅了部分文献，这里一并致谢。

由于编著者水平有限，书中难免存在错误和不足，恳请读者批评指正。

作者

2009年8月28日于上海

# 目 录

<b>第 1 章 概述</b> .....	1
1.1 沉井与沉箱的定义、特点及用途 .....	1
1.2 沉井与沉箱概述 .....	2
1.2.1 分类 .....	2
1.2.2 构造 .....	3
1.2.3 设计计算原则 .....	5
1.2.4 施工简介 .....	5
1.2.5 沉井与沉箱工法的优缺点比较 .....	12
1.3 沉井、沉箱工法进展概况 .....	13
1.3.1 沉井工法进展概况 .....	13
1.3.2 沉箱工法进展概况 .....	14
1.3.3 展望 .....	17
1.4 对我国开发沉井、沉箱工法的一点肤浅看法 .....	19
1.4.1 设计方法的合理化 .....	19
1.4.2 施工方法的开发课题 .....	19
<b>第 2 章 施工前的勘察工作</b> .....	20
2.1 土质勘察 .....	20
2.1.1 目的 .....	20
2.1.2 勘察程序 .....	21
2.2 钻探与取样 .....	24
2.2.1 钻探 .....	24
2.2.2 取样 .....	27
2.3 室内土质试验 .....	30
2.3.1 土的物理特性试验 .....	30
2.3.2 土的力学特性试验 .....	36
2.4 土质原位试验概述 .....	38
2.4.1 原位试验的分类及各国的利用状况 .....	38
2.4.2 原位试验的优缺点 .....	40
2.5 标准贯入试验 .....	41
2.5.1 概述 .....	41
2.5.2 SPT 的机理 .....	44
2.5.3 影响 $N$ 值精度的因素及 $N$ 值修正 .....	46
2.5.4 SPT 自动化装置 .....	56
	5



2.5.5	<i>N</i> 值与土质参数的关系	58
2.6	静力触探	75
2.6.1	概述	75
2.6.2	静力触探试验	75
2.6.3	记忆式三功能静力触探仪	77
2.6.4	孔内静力触探贯入试验装置	83
2.6.5	触探结果的资料整理	83
2.6.6	成果应用	86
2.7	膨胀计	92
2.7.1	装置和试验概况	92
2.7.2	原位变形特性的评述	93
2.7.3	膨胀计的应用	95
2.8	旋转触探法	99
2.8.1	概述	99
2.8.2	RPT法的基本原理	100
2.8.3	多刃钻头RPT试验	101
2.8.4	RPT实用机介绍	103
2.8.5	RPT实用机的适用性试验	108
2.8.6	现场适用的举例	111
2.9	声波成像地层评价技术	113
2.9.1	推出声波成像评价地层特性的意义	113
2.9.2	声波成像	114
2.9.3	现场实用结果的讨论	114
2.10	地下水调查	118
2.10.1	地下水位的测定	119
2.10.2	钻孔渗水试验	122
2.10.3	对流渗水试验	123
2.10.4	抽水试验	124
2.11	环境勘察	126
2.11.1	探测地下管道及埋设物体的必要性	126
2.11.2	无损探测法	126
2.11.3	电磁感应法	127
2.11.4	地下雷达法	128
2.11.5	电磁感应与地下雷达的并用法	132
<b>第3章</b>	<b>抗震设计计算</b>	<b>135</b>
3.1	地震及抗震设计的技术用语	135
3.1.1	地震基本知识介绍	135
3.1.2	技术用语	140
3.1.3	惯性力	142

3.2 设计计算的基本要求和程序 .....	143
3.2.1 基本要求 .....	143
3.2.2 设计程序 .....	143
3.2.3 设计条件的确认 .....	143
3.3 震度法设计 .....	147
3.3.1 稳定计算 .....	147
3.3.2 设计程序 .....	148
3.3.3 震度法设计水平震度的设定 .....	148
3.3.4 地层的允许承载力强度 .....	149
3.3.5 地层反力系数 .....	151
3.3.6 地层反力强度上限值 .....	155
3.3.7 变位、断面力及地层反力强度的计算 .....	157
3.3.8 构件设计 .....	157
3.3.9 下沉计算 .....	159
3.4 确保地震水平最大承载力法的抗震设计 .....	160
3.4.1 引入确保地震水平最大承载力法的必要性 .....	160
3.4.2 根据能量守恒定律推估非线性地震的响应 .....	160
3.4.3 设计方针及内容 .....	160
3.4.4 地层反力强度上限值 .....	161
3.4.5 确保地震水平最大承载力法抗震设计的荷载计算 .....	164
3.4.6 断面力、地层反力强度和变位的计算 .....	164
3.4.7 水平震度 .....	164
3.4.8 屈服判定 .....	166
3.4.9 沉箱水平最大承载力的核对 .....	167
3.4.10 沉箱塑性响应系数 .....	168
3.4.11 沉箱的水平变位及旋转角 .....	169
3.4.12 构件计算 .....	169
3.5 沉井桥基设计计算实例 .....	172
3.5.1 设计条件确认 .....	172
3.5.2 震度法设计 .....	174
3.5.3 确保地震水平最大承载力的抗震设计 .....	180
3.6 沉箱桥基设计计算实例 .....	183
3.6.1 设计条件确认 .....	183
3.6.2 震度法设计 .....	185
3.6.3 确保地震水平最大承载力法设计 .....	188
<b>第4章 沉井工法及实例 .....</b>	<b>193</b>
4.1 自沉沉井工法 .....	193
4.1.1 施工工序 .....	193
4.1.2 施工准备 .....	193



4.1.3	垫层计算制作 .....	195
4.1.4	现浇混凝土井筒构筑工法 .....	197
4.1.5	模板支设 .....	201
4.1.6	钢筋制作及安装 .....	205
4.1.7	混凝土浇筑施工 .....	206
4.1.8	抽垫 .....	212
4.1.9	水挖法 .....	213
4.1.10	双联射流水中挖掘系统 .....	214
4.1.11	干挖法 .....	219
4.1.12	井点降水 .....	222
4.1.13	挖排土设备及开挖方法 .....	227
4.1.14	孤石岩层爆破开挖 .....	231
4.1.15	中心岛法 .....	233
4.1.16	井筒下沉 .....	233
4.1.17	封底 .....	235
4.1.18	填芯 .....	235
4.1.19	施工监测管理 .....	237
4.2	自沉沉井工法施工实例 .....	240
4.2.1	直径64m天然液化气贮罐沉井施工实例 .....	240
4.2.2	高水位巨砾岩层中沉井施工实例 .....	252
4.3	SS沉井工法 .....	257
4.3.1	SS沉井工法的原理及构成 .....	258
4.3.2	施工顺序及适用范围 .....	260
4.3.3	施工实例 .....	260
4.4	压沉沉井工法 .....	263
4.4.1	压沉工法的优点及适用条件 .....	263
4.4.2	沉井上作用力的分析 .....	263
4.4.3	稳定压沉态的建立 .....	264
4.4.4	压沉与地层的关系 .....	264
4.4.5	地锚反力压入装置 .....	265
4.4.6	反力地锚杆拆除系统 .....	266
4.4.7	自动压沉施工监测系统 .....	270
4.4.8	下沉阻力的测量 .....	271
4.5	地下送电隧道竖井压沉沉井施工实例 .....	272
4.5.1	工程概况 .....	272
4.5.2	监测管理系统 .....	272
4.5.3	施工结果 .....	272
4.6	道路立交压沉沉井施工实例 .....	278
4.6.1	工程概况 .....	278

4.6.2	A 沉井的施工 .....	280
4.6.3	B 沉井的施工 .....	284
4.7	椭圆形桥墩压沉沉井施工实例 .....	290
4.8	自动化沉井工法 .....	291
4.8.1	概述 .....	291
4.8.2	自动化沉井工法的特点 .....	293
4.8.3	反铲抓斗分离自动化沉井工法 .....	293
4.9	连动自动化沉井工法 .....	294
4.9.1	系统构成 .....	294
4.9.2	施工 .....	299
4.10	供水盾构竖井连动自动化沉井施工实例 .....	301
4.10.1	工程概况 .....	301
4.10.2	系统概况 .....	302
4.10.3	施工结果 .....	305
4.11	地下铁盾构竖井连动自动化沉井施工实例 .....	308
4.11.1	沉井概况 .....	308
4.11.2	系统概况 .....	309
4.11.3	施工程序 .....	309
4.11.4	施工状况 .....	310
4.12	泄洪地下河工程中的连动自动化沉井施工实例 .....	310
4.12.1	工程概况 .....	310
4.12.2	施工中出现的問題及解决方法 .....	312
4.12.3	建立自动下沉管理系统在本工程中的重要性 .....	314
4.13	自由扩缩系统自动化沉井工法 .....	314
4.14	自由扩缩自动化沉井工法在供水工程中的应用实例 .....	316
4.14.1	工程概况 .....	316
4.14.2	竖井施工方法讨论 .....	318
4.14.3	挖掘和压沉计划 .....	318
4.14.4	深层混合搅拌 (CDM) 地层加固 .....	319
4.14.5	压入地锚 .....	320
4.14.6	施工 .....	321
<b>第 5 章</b>	<b>沉箱工法 .....</b>	<b>324</b>
5.1	沉箱工法概述 .....	324
5.1.1	沉箱构造及沉设原理 .....	324
5.1.2	工法优点 .....	325
5.1.3	高压危害及预防措施 .....	326
5.1.4	工法分类 .....	330
5.1.5	施工监测管理 .....	330
5.2	有人及无人挖掘沉箱工法 .....	333

5.2.1	有人挖掘工法	333
5.2.2	无人挖掘工法	334
5.2.3	自动挖掘、排土系统	334
5.2.4	单挖型遥控挖掘机	336
5.2.5	其他挖掘机	340
5.2.6	有人工法与无人工法的对比	340
5.3	排水、防渗及组合沉箱工法	341
5.3.1	集水井排水沉箱工法	341
5.3.2	外围排水沉箱工法	342
5.3.3	注浆防渗沉箱工法	342
5.3.4	冻结沉箱工法	342
5.3.5	深井和防渗墙组合沉箱工法	343
5.3.6	注浆与冻结工法组合沉箱工法	344
5.3.7	沉箱侧壁的外防水处理	344
5.4	压沉沉箱施工实例	344
5.5	狭窄地域沉箱施工要领及实例	346
5.5.1	狭窄地域沉箱施工要领	346
5.5.2	沉箱施工的主要内容	347
5.5.3	施工实例	347
5.6	桥梁正下方沉箱基础施工实例	350
5.6.1	引言	350
5.6.2	桥基工程概况	352
5.6.3	施工难点	352
5.6.4	施工	354
5.7	箱内大气吊仓遥控无人挖掘工法	355
5.8	地表遥控无人挖掘工法	356
5.9	地表遥控无人工法在污水工程中的施工实例	357
5.9.1	沉箱的形状及土质概况	357
5.9.2	自动化系统	357
5.9.3	施工	360
5.9.4	施工结果	361
5.10	地表遥控无人工法桥基施工实例	362
5.10.1	工程概况	362
5.10.2	桥基系统构造特点	363
5.10.3	沉箱施工设备	364
5.10.4	遥控无人挖掘施工	365
5.11	地表遥控无人工法海上桥梁基础施工实例	366
5.12	充 He 混合气体无人遥控挖掘沉箱工法	370
5.12.1	工法问世的必然性	370

5.12.2	施工程序	370
5.12.3	沉箱病零发病率的预防措施	372
5.12.4	零发病率的施工实例1	372
5.12.5	零发病率的施工实例2	374
5.13	充He混合气体无人挖掘工法大深度沉箱近接施工实例	376
5.13.1	引言	376
5.13.2	近接施工中应预考虑的问题及其相应的措施	377
5.13.3	深井排水对1线原有沉箱的影响	378
5.13.4	充He混合气体无人挖掘工法的确认	379
5.13.5	挖土工序	380
5.13.6	设备	381
5.13.7	施工实际	381
5.13.8	信息化施工监测管理	385
5.14	混合气体0.42MPa桥基沉箱施工实例	389
5.14.1	三种混合气体的使用和无人系统的引入	389
5.14.2	工程临时用桥	390
5.14.3	沉箱钢壳	390
5.14.4	挖掘下沉	390
5.14.5	充He混合气体系统	393
5.14.6	沉箱构筑	394
5.14.7	承载力试验和填充混凝土工作	394
5.15	多功能无人遥控沉箱挖掘机	395
5.15.1	构造	395
5.15.2	控制系统	397
5.15.3	钻孔管理系统	399
5.15.4	负荷试验	399
5.15.5	多功能挖掘机的特点	400
5.16	多功能无人遥控挖掘机高压岩层沉箱施工实例	400
5.16.1	工程概况	400
5.16.2	高压下的岩层挖掘	400
5.16.3	气闸室设置方式的改进	403
5.17	完全无人化沉箱工法	404
5.18	自动回收挖掘机型无人沉箱工法及实例	404
5.18.1	自动回收型挖掘机	404
5.18.2	自动回收挖掘机型沉箱施工实例	408
5.19	机器人无人沉箱工法	410
5.19.1	机器人沉箱系统概述	410
5.19.2	机器人的功能	412
5.19.3	解体机器人	413

5.19.4	承运机器人及提吊装置	415
5.19.5	无人载荷试验系统	416
5.19.6	箱内水位控制系统	416
5.19.7	噪声抑制技术	416
5.20	机械化、无人化小断面大深度沉箱工法及近接施工实例	417
5.20.1	机械化、无人化小断面大深度沉箱工法	417
5.20.2	近接铁道线的细长沉箱施工及动态观测实例	419
5.21	沉箱工法在立体交通地下隧道中的应用实例	424
5.21.1	工程概况	424
5.21.2	工程地质概况	424
5.21.3	施工条件和沉箱隧道工法的选定	425
5.21.4	总体计划及施工程序	427
5.21.5	施工措施	432
5.22	沉箱近接(1.4m)施工措施实例	442
5.22.1	工程概况	442
5.22.2	施工中的重点课题	443
5.22.3	措施	445
5.22.4	措施实施结果	450
5.23	岩层沉箱自动挖掘工法及实例	451
5.23.1	开发岩层挖掘机的必然性	451
5.23.2	岩层自动挖掘系统	451
5.23.3	岩层沉箱自动挖掘工法实例	453
5.24	沉箱基础极佳的抗震性	456
5.24.1	概述	456
5.24.2	空气箱底漏出	457
5.24.3	微小气泡的表面张力	458
5.24.4	土颗粒孔隙与气泡的上升运动	459
5.24.5	地下水饱和度的下降	459
5.24.6	地层液化的防止	459
<b>第6章</b>	<b>水中沉井工法</b>	<b>461</b>
6.1	水中沉井沉箱工法概述	461
6.2	钢沉井工法及施工实例	462
6.2.1	钢沉井主塔基础概况	462
6.2.2	钢沉井的设计	464
6.2.3	钢沉井的制作	467
6.2.4	操作培训	469
6.2.5	钢沉井设置前的海底挖掘	471
6.2.6	钢沉井的拖航	477
6.2.7	钢沉井的系泊	478

6.2.8	钢沉井的沉设	482
6.2.9	水中混凝土的浇筑及管理	486
6.2.10	基础地层的变位测量	490
6.2.11	主塔基础的防冲措施	493
6.2.12	2P 防冲施工	496
6.2.13	防冲跟踪调查	502
6.3	液压自动滑模沉箱工法及施工实例	502
6.3.1	工法概况	502
6.3.2	工法特点	505
6.3.3	工程实例	509
6.4	预制块拼接箱筒沉箱工法设计施工及实例	511
6.4.1	预制块沉箱工法概况	511
6.4.2	模型载荷实验	512
6.4.3	PC 块沉箱的设计、施工实例	517
6.5	混合沉箱工法及施工实例	521
6.5.1	HB 沉箱工法	521
6.5.2	大水深集装箱码头 HB 沉箱岸墙工程实例	523
6.5.3	混合沉箱港湾防波堤的构筑实例	527
6.5.4	钢构混合沉箱工法	532
6.5.5	钢构混合沉箱工法斜面防波堤的构筑	538
6.6	斜底抗震沉箱工法及应用实例	542
6.6.1	设计	542
6.6.2	施工	545
6.6.3	施工实例	547
6.7	水中沉箱无人设置系统	549
6.7.1	开发无人设置系统的必要性	549
6.7.2	系统概况及特点	550
6.7.3	系统构成	551
6.7.4	安全技术	554
6.7.5	应用实例	555
6.8	美国旧金山奥克兰连接桥半球沉井施工实例	555
6.8.1	旧金山奥克兰连接桥概况	555
6.8.2	半球沉井工法	557
6.8.3	施工中的问题及应急措施	558
<b>第7章</b>	<b>测量传感器及特殊测量设备</b>	<b>562</b>
7.1	地层沉降观测方法	562
7.1.1	地层沉降测量原理及分类	562
7.1.2	变位桩法	562
7.1.3	沉降板	562

7.1.4	螺旋锥尖式沉降计 (深层沉降计)	563
7.1.5	滑动沉降计	563
7.1.6	沉降元件沉降计 (分层沉降计)	564
7.1.7	十字臂沉降计	565
7.1.8	连通管法沉降计	565
7.1.9	直结变位计型沉降计	565
7.1.10	连通管竖直相对变位计	566
7.2	地层水平变位的观测方法及设备	566
7.2.1	地表变位桩测量法	566
7.2.2	地表伸缩计	566
7.2.3	地表倾斜计	567
7.2.4	地中倾斜计	567
7.2.5	地中变位计	569
7.3	土压计	569
7.3.1	土压计的原理	569
7.3.2	土压计应具备的条件	570
7.3.3	土压计的种类	571
7.3.4	土压计的标定	573
7.3.5	半导体压阻型土压计	573
7.3.6	土压计设置上的注意事项	574
7.4	孔隙水压力计	574
7.4.1	振弦型孔隙水压力计	574
7.4.2	电感调频型孔隙水压力计	575
7.4.3	电阻应变片型孔隙水压力计	575
7.4.4	差动变压器型孔隙水压力计	576
7.5	应力计	576
7.6	井筒自身变位的测量方法	577
7.6.1	静电容低差压计 (相对沉降计)	577
7.6.2	绝对沉降计	578
7.6.3	相对、绝对沉降计在井筒下沉姿态监测中的应用实例	579
<b>第8章</b>	<b>施工事故及应急措施</b>	<b>582</b>
8.1	事故分类及应急措施总汇	582
8.2	沉井事故应急事例	584
8.2.1	推托式倾斜修正法	584
8.2.2	沉井工法改为沉箱工法的应急事例	584
8.2.3	沉井外围钻孔减小摩阻力的应急事例	588
8.2.4	沉井工法变为开挖工法的应急事例	589
8.3	沉箱事故应急事例	590
8.3.1	供气软管管理失误造成的沉箱下沉异常	590



8.3.2	射水过量造成的过沉 .....	590
8.3.3	沉箱超沉 .....	590
8.3.4	防止刃脚损伤的事例 .....	591
8.4	隆起及其压气应急措施 .....	591
8.4.1	挖掘黏性土时的压气效应 .....	591
8.4.2	隆起现象的试验观察 .....	592
8.4.3	膨胀量的评估及基底隆起的判定 .....	592
8.4.4	压气法防止隆起的优点 .....	593
8.4.5	作业气压的适用范围 .....	593
8.4.6	防止挖掘面隆起的压气应急事例 .....	593
8.4.7	竖井开挖隆起喷水压气工法的应急事例 .....	595
<b>第9章</b>	<b>沉井、沉箱施工对周围环境的影响 .....</b>	<b>596</b>
9.1	地层变形的防止及预测 .....	596
9.1.1	概述 .....	596
9.1.2	地层变形因素及防止措施 .....	596
9.1.3	周围地层变形的观测事例 .....	598
9.1.4	隔墙效果 .....	599
9.1.5	有限元法地层变形的预测 .....	600
9.1.6	数值解析地表沉降估算公式的导出 .....	607
9.2	防振的措施 .....	611
9.2.1	振动的基本定义、预测及控制目标 .....	611
9.2.2	防振措施 .....	613
9.2.3	气垫防振工法施工实例 .....	614
9.3	噪声抑制措施 .....	618
9.4	泥水分离处理及再利用 .....	620
9.4.1	自然脱水法 .....	621
9.4.2	土砂分离法 .....	621
9.4.3	高压薄层脱水处理系统 .....	623
9.4.4	真空加压脱水污泥处理及有效利用 .....	626
9.4.5	纸浆渣烧结灰泥土改良再利用工法及适用实例 .....	628
<b>参考文献</b>	.....	<b>638</b>

# 第 1 章 概 述

## 1.1 沉井与沉箱的定义、特点及用途

### 1. 定义

把不同断面形状（圆形、椭圆形、矩形、多边形等）的井筒或箱体（带底板的井筒），按边排土边下沉的方式沉入地下，即沉井（见图 1.1.1 (a)）或沉箱（见图 1.1.1 (b)）。两者的根本差别是沉箱装有底隔板，该底隔板是为确保压气排水干挖而采取的封闭措施。故也有人把沉箱看成是沉井的一个特例，称为压气沉井。此外，还有称沉井为开口沉箱，称沉箱为闭口沉箱的提法。

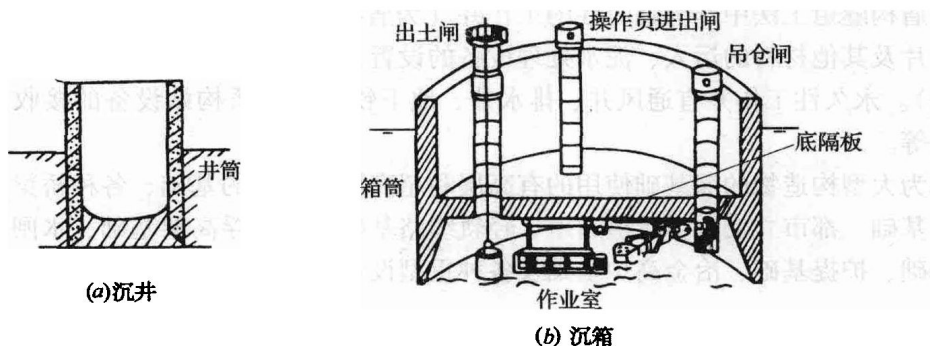


图 1.1.1 沉井与沉箱

### 2. 特点

(1) 沉井与沉箱的躯体刚度大、承载力高、抗渗能力强、耐久性好、内部空间可资利用。

就深基础支承层而言，各种基础相对刚度 ( $\beta l$ ) 的关系如图 1.1.2 所示。这里的  $\beta = (kB/4EI) l/4$ ； $k$  为地层反力系数 ( $N/cm^3$ )； $B$  为基础的宽度 (cm)； $E$  为基础的弹性系数 ( $N/cm^2$ )； $I$  为基础的断面 2 次矩 ( $cm^4$ )； $l$  为基础的深度 (长度) (cm)。

由图 1.1.2 不难发现，沉井沉箱的刚性最好。这也是重要深基础工程均选用沉井沉箱工法的理论依据，是其他基础工法无法取代的理由。

(2) 施工场地占地面积小、成本低、质量大、稳定性好、可靠性高。

(3) 适用土质范围广（淤泥土、砂土、黏土、砂砾、岩层均可施工）。

(4) 施工深度大，已有 70m 的施工实例；断面大，已有 4800m<sup>2</sup> 的施工实例。

(5) 施工给周围地层中土体造成的变位小，故对邻近建筑物的影响小，较适于近接施工。特

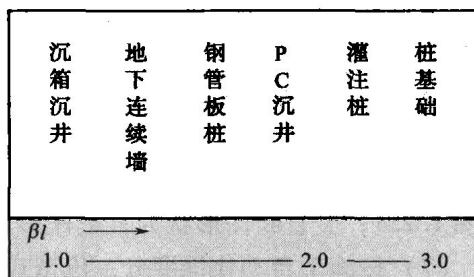


图 1.1.2 相对刚度与基础形式的关系