

基坑降水手册

JI KENG JIANG SHUI SHOU CE

主编单位 上海岩土工程勘察设计研究院有限公司
上海长凯岩土工程有限公司

主 编 姚天强 石振华
副主编 曹惠宾

中国建筑工业出版社

基坑降水手册

主编单位 上海岩土工程勘察设计研究院有限公司
上海长凯岩土工程有限公司

主 编 姚天强 石振华
副主编 曹惠宾

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

基坑降水手册/姚天强等主编. —北京: 中国建筑工程出版社, 2006

ISBN 7-112-08004-5

I. 基... II. 姚... III. 基坑—地下排水—技术手册 IV. TU46-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 004393 号

基坑降水手册

主编单位 上海岩土工程勘察设计研究院有限公司
上海长凯岩土工程有限公司

主 编 姚天强 石振华

副主编 费惠宾

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京建筑工程印刷厂印刷

*

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 25 $\frac{3}{4}$ 字数: 642 千字

2006 年 4 月第一版 2006 年 4 月第一次印刷

印数: 1—3,000 册 定价: 68.00 元

ISBN 7-112-08004-5

(13957)

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>

本书系统介绍了基坑降水方面的新理论、新技术和新方法，总结了我国几十年来特别是上海及长江三角洲地区基坑降水和岩土工程实践经验，反映了工程基坑降水基础理论、设计、施工和管理工作的特点与要求，列举了各种不同情况下的基坑降水实例。内容丰富、系统，实用性强。

全书共 12 章，包括地下水与基坑工程、地下水运动，水文地质参数的测定，群井抽水时基坑内外水位降和基坑出水量的计算，井点降水引起的地面沉降，含水层各向异性三维渗流和地面沉降耦合数值模型，基坑降水设计，降水管井的设计与施工，群井抽水试验，降水运行，降水工程施工组织设计编写提纲和降水工程招投标等。

本书可供从事基坑降水设计、施工与管理的工程师、高级技工和管理干部使用。亦可供科研技术人员和大专院校师生参考。

* * *

责任编辑：石振华

责任设计：郑秋菊

责任校对：张景秋 王金珠

本手册编委会

主编单位： 上海岩土工程勘察设计研究院有限公司
上海长凯岩土工程有限公司

主 编： 姚天强 石振华

副 主 编： 曹惠宾

编 委 (以姓氏笔画为序)：

毛喜云	石振华	余东鳌	张楠	张国强	张锡范
李辉福	罗建军	骆祖江	姚天强	殷立锋	曹惠宾
程鸿涛	缪俊发	瞿成松			

序

建国 55 年以来，我国的城市基础设施建设取得了飞跃发展。特别是 20 世纪 80 年代以来，我国工程建设的规模之大速度之快可谓世界之最。由于城市高层建筑和地铁、隧道等工程大量兴建，很多超大超深的基坑工程应运而生。通过工程实践和创新，基坑工程技术有了长足进展，其中对基坑安全至关重要的基坑降水技术也随之有了很大提高。

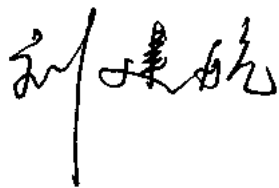
沿海城市的地基均处于深厚的海相沉积层上，分布有厚度不等的松散沉积物，充满着丰富的地下水，在基坑施工过程中必需解决基坑内土体的地下水疏干和基坑底面以下承压水层的降压问题，并要解决降水引起的附近地面变形和建（构）筑物的附加沉降等难题。20 多年来上海岩土工程勘察设计研究院有限公司和上海长凯岩土工程有限公司承担了大量的难度大、要求高的深基坑降水工程，在降低承压含水层压力的深层降水和控制降水引起的周围地面变形等方面积累了丰富的经验，取得了瞩目的成就。

为了总结自改革开放以来在地下空间开发利用中对深基坑降水工程的经验，进一步提高深基坑勘察及降水设计施工、降水运行管理等方面的工作质量和水平，在上海岩土工程勘察设计研究院有限公司和上海长凯岩土工程有限公司的组建下，由公司和国内著名专家成立了本书的编委会，经过一年多时间的努力，编写出这本《基坑降水手册》，取得难能可贵的结果。

《基坑降水手册》重点总结了降水系统设计原理与方法，降水管井施工技术，基坑渗流理论以及降水引起地面变形等方面的计算方法以及众多的基坑降水实例，理论与实践并举，是一本内容丰富、有一定创新的手册。

随着我国大中城市的发展，地下空间开发利用和与之紧密相关的基坑降水将越来越受到重视。本手册的出版将有助于工程技术人员、高校师生在理论学习和实践工作中得到启迪和帮助，为我国的地下空间开发利用做出应有的贡献。

中国工程院院士



2005. 11 于上海

前 言

改革开放 20 多年来,我国经济迅猛发展,城市建设以前所未有的速度在前进,地下空间的开发利用也日显紧迫,大型建筑基坑,纵横交错的地下轨道交通和车站,大型地下商场,地下停车库,地下娱乐场所……,深度不断加深,深基坑的不断出现,有些深基坑已超过 40m,基坑降水不但要关注浅部潜水疏干降水的同时,还必须认真关注下部承压含水层的降压降水,防止下部承压水造成基坑底板突水。虽然各地承压含水层埋深大不相同,但在有些地区基坑已深入到了承压含水层中,基坑开挖深度内,部分承压含水层已被疏干。在浅部疏干土层中地下水和局部的、大幅度的、暂时性的降低下部承压水水头的过程中,控制由于降水引起的周围地面沉降和建(构)筑物的变形,也更需得到重视。

20 世纪 80 年代初我院就在上海地区首先开展了深基坑的降压降水,20 多年来在上海和江浙地区为各类基坑降水做了大量工作,特别是近几年在闹市区完成了许多大面积的深基坑,周围环境要求十分严格,积累了一定的经验,在中国建筑工业出版社的策划下,编写了这本手册。

本书前 4 章关于水文地质基础、参数测定计算和基坑抽水量的计算均由负责各章节的编者参考了国内外有关文献资料编写。由于疏干浅部潜水采用的轻型井点、喷射井点和真空管井等方法已有许多著作做了专门的介绍,本手册只在降水设计中略加叙述,重点介绍承压(含水层)水的降压降水,根据工作实践,我们试图提出了降压降水的阶段划分,将降压降水分为有无隔水帷幕之别,又将隔水帷幕分为 3 种情况,其中情况 II 又分为 2 种亚情况,加以分别叙述。在第 5、6、7 章和第 9、10 章中包含了我院承担的上海市地下空间开发重大科研课题项目中“地下承压水降水及土体变形环境控制”课题的部分最新研究成果。第 8 章包含了著者参与编制《供水管井技术规范》(GB50296—99)时的一些研究成果。与规范的观点相吻合,但突出了降水管井的特点。对于在书中编写人运用自己的经验总结和负责参与的有关工程的资料不再列出参考文献。

书中列举了较多的实例,这些实例是从 20 多年来尤其是近几年主要由我们承担的工程中精选出来的。在所举的例子中,凡仅表示一种设计思路、对边界的处理、计算方法、预测预报的形式或对原设计略有改动的,均作为〔案例〕列出,以资和〔实例〕区别。

编委人员因受所在单位的地区限制,主要在我国东部沿海,上海、江、浙一带工作,对地域辽阔,地质、水文地质条件复杂的我国来说,手册中有些观点和实例不免显得有些局限。

祈望手册给处于不同的地质、水文地质条件地区的降水工程能有所借鉴。

本书共分为 12 章,各编委分工编写,成稿后请其他编委交叉审阅,并由张国强、曹惠宾、石振华和姚天强三次统校。第 1、2 章余东鳌编写,张国强审阅;第 3、4 章姚天强编写,曹惠宾审阅;第 5 章缪俊发、瞿成松编写,缪俊发审阅;第 6 章骆祖江编写,缪俊发审阅;第 7 章李辉福、张楠、瞿成松、程鸿涛、殷立锋编写,姚天强审阅;第 8 章张锡范编写,石振华、姚天强审阅;第 9 章程鸿涛、殷立锋编写,姚天强审阅;第 10 章罗建军编写,姚天强审阅;第 11 章由罗建军编写,张国强审阅;第 12 章由毛喜云编写,张国强审阅。全书索引由石振华编制。

本书各章由编委成员分头编写,编者虽尽量力求统一、避免重复和差错,但为了适应社会的迫切需要,争取早日与读者见面,有些工作可能不够细致,存在不少问题,望读者提出宝贵意见,以便及时补正。来函请寄:上海市延安东路 34 号上海岩土工程勘察设计研究院有限公司张国强收(邮编:200002)。

在手册中没有注明参考文献的许多资料是编写者与所在单位的许多同事共同辛勤劳动的产物,可以说本手册是集体劳动的产物。编委会在此向所有作出贡献的同志致以衷心的感谢。

目 录

第1章 地下水与基坑工程	1
1.1 概述	1
1.2 基坑开挖过程中常见的不良水文地质现象	2
1.3 基坑降水的作用与降水方法	3
1.4 基坑破坏的主要表现形式	4
1.5 工程案例	4
参考文献	10
第2章 地下水与地下水运动	11
2.1 地下水	11
2.1.1 含水层与隔水层	11
2.1.2 潜水与承压水	11
2.1.3 含水层划分指标	11
2.1.4 基岩含水层分类	12
2.1.5 地下水的循环	12
2.2 地下水类型及其特征	13
2.2.1 地下水主要类型	13
2.2.2 各类地下水的主要特征	14
2.2.3 孔隙水的主要水文地质类型	14
2.2.4 裂隙水的主要水文地质类型	15
2.2.5 岩溶水的主要水文地质类型	16
2.2.6 各类泉水的主要特征	16
2.3 地下水运动	17
2.3.1 渗流的基本概念	17
2.3.2 渗流的基本定律	21
2.3.3 渗透连续性微分方程	22
2.3.4 承压含水层非稳定性运动的基本微分方程	23
2.3.5 潜水含水层非稳定运动的基本微分方程	26
2.3.6 地下水稳定运动的基本微分方程	27
2.4 流向井的地下水运动	28
2.4.1 地下水流向完整井的稳定流运动	28
2.4.2 地下水流向非完整井的稳定流运动	30
2.4.3 地下水流向完整井的非稳定流运动	30
2.4.4 地下水流向非完整井的非稳定流运动	52
2.4.5 地下水流向直线边界附近完整井的运动	54
2.4.6 井群干扰的计算	58
参考文献	61
第3章 水文地质参数的测定	62
3.1 基坑降水所需的水文地质参数及各阶段对参数的要求	62
3.1.1 水文地质参数的分类	62
3.1.2 部分水文地质参数的经验值	64
3.1.3 基坑降水各阶段对水文地质参数的要求	65
3.2 抽水试验	65
3.2.1 基坑降水常用的野外水文地质试验	65
3.2.2 抽水试验的类型和目的	66
3.2.3 抽水试验的布置原则	67
3.2.4 抽水试验的要求	70
3.2.5 抽水设备的性能与安装	71
3.2.6 抽水试验异常现象的分析与处理	74
3.2.7 抽水试验资料的综合整理	75
3.3 利用抽水试验资料计算含水层参数	76
3.3.1 稳定流抽水计算含水层参数	76
[实例 3.3-1]	100
[实例 3.3-2]	100
[实例 3.3-3]	101
[实例 3.3-4]	102
3.3.2 非稳定流抽水计算含水层参数	102

[实例 3.3-5]	105	5.5.3 Corapecioglu-Brutsaert 模型	178
[实例 3.3-6]	107	5.5.4 Miao-Wu 模型	179
[实例 3.3-7]	108	[实例 5.5-1] 上海市合流污水二期工程 过黄浦江倒虹管 WSM/1.1 标深层井降水工程	182
[实例 3.3-8]	108	[实例 5.5-2] 上海市黄浦江上游引水工程 4.1 标四号竖井减压降水	186
[实例 3.3-9]	110	参考文献	190
[实例 3.3-10]	114	第 6 章 含水层各向异性三维渗流和 地面沉降耦合数值模型	192
[实例 3.3-11]	119	6.1 方法与步骤	192
[实例 3.3-12]	123	6.2 数学模型	192
[实例 3.3-13]	126	6.2.1 地下水运动数学模型	192
[实例 3.3-14]	131	6.2.2 地面沉降数学模型	193
3.3.3 冲击试验(slug test)测定含水层 参数	140	6.3 地质条件概化的基本要求	194
[实例 3.3-15]	144	6.3.1 目的层的确定及其结构的概化	194
3.3.4 根据大口井抽水试验资料确定含水层 参数	149	6.3.2 计算范围的确定及其边界条件概化	195
参考文献	154	6.3.3 地下水流态的确定	195
第 4 章 群井抽水时基坑内外水位降和 基坑出水量的计算	155	6.3.4 源汇项的确定	196
4.1 群井抽水时基坑内外任意点水位 降的计算	155	6.4 数学模型的求解	196
4.1.1 基坑围护不设置隔水帷幕或隔水帷 幕未深入到降水目的含水层	155	6.4.1 原理与方法	196
4.1.2 带有隔水帷幕的基坑围护结构部分 深入到降水目的含水层中	166	6.4.2 单元剖分	196
4.1.3 带有隔水帷幕的基坑围护结构深入 到降水目的含水层底板以下	167	6.4.3 模型校正、识别	196
[实例 4.1-1]	168	6.5 模型预测	197
4.2 基坑内水位降到安全深度时群井 出水量的计算	170	6.6 应用示例	197
参考文献	170	6.6.1 工程概况	197
第 5 章 降水引起的地面沉降	172	6.6.2 地质概念模型	198
5.1 概述	172	6.6.3 模型的校正、识别	198
5.2 降水引起地面沉降的机理分析	172	6.6.4 模型预测及最佳降水方案的确定	201
5.3 地面沉降理论的发展	173	参考文献	202
5.4 降水引起地面沉降的研究方法	175	第 7 章 基坑降水设计	203
5.5 降水导致地面沉降的计算	175	7.1 降水设计前应掌握的资料	203
5.5.1 用地基土储水系数估算基坑降水 引起的地面沉降	176	7.1.1 地质、水文地质资料	203
5.5.2 Gambolati-Freeze 模型	177	7.1.2 基坑围护设计的资料	204
		7.1.3 基坑周边的环境资料	204
		7.1.4 不同的阶段对资料精度的要求	204
		7.2 轻型井点、喷射井点降水的设计 及施工	205

7.2.1 轻型井点降水的原理及方法·····	205	8.1.3 降水管井设计的基本标准·····	288
7.2.2 轻型井点计算及施工·····	209	8.1.4 降水管井的布置·····	297
[实例 7.2-1]·····	211	8.1.5 降水管井结构设计·····	298
[实例 7.2-2] 上海武宁路桥北墩井点降水 ·····	217	8.1.6 过滤器设计·····	301
7.2.3 喷射井点降水·····	219	8.2 降水管井施工·····	326
[实例 7.2-3] 一、某钢铁厂氧化铁皮坑 工程喷射井点降水·····	223	8.2.1 管井施工组织设计·····	326
[实例 7.2-4]·····	226	8.2.2 降水管井钻进工艺·····	327
[实例 7.2-5]·····	227	8.2.3 管井成井工艺·····	331
7.3 管井降水设计·····	228	8.3 降水管井竣工验收的质量标准 ·····	336
7.3.1 疏干井与降压井·····	229	8.3.1 管井出水量·····	337
7.3.2 疏干降水设计·····	229	8.3.2 井水含砂量·····	337
[案例 7.3-1] ×××广场3号楼基坑降水 ·····	230	8.3.3 井斜·····	337
7.3.3 降压降水设计·····	235	8.3.4 井管内沉淀物·····	337
[实例 7.3-2] 上海环球金融中心塔楼 基坑外降水工程·····	239	参考文献·····	337
[实例 7.3-3] 四号竖井减压降水工程 ·····	243	第9章 群井抽水试验·····	339
[实例 7.3-4] 上海廖创兴金融中心大厦 基坑降水工程·····	248	9.1 群井抽水试验的目的·····	339
[实例 7.3-5] 上海地区某深基坑降水 工程·····	254	9.2 群井抽水试验方法·····	339
[实例 7.3-6] 合流污水倒虹井深基坑 降水工程·····	258	9.2.1 抽水试验前的准备工作·····	339
[实例 7.3-7] 位于含水层的相对不透水 边界附近,长峰商城基坑 降压降水·····	263	9.2.2 量测工具·····	339
[实例 7.3-8] 南浦大桥站基坑降水工程 ·····	266	9.2.3 群井抽水试验·····	340
[实例 7.3-9] 上海轨道交通 M8 线 X 标中 间风井基坑降水工程·····	272	9.3 群井抽水试验成果资料整理 和应用·····	340
[案例 7.3-10] 上海虹口商城的降压 降水方案·····	277	9.3.1 成果资料整理·····	340
[案例 7.3-11] 上海某隧道修复工程 深基坑降水·····	282	9.3.2 制订降压降水的运行方案·····	341
参考文献·····	286	9.3.3 通过群井抽水的恢复资料确定 电源切换的时间极限·····	341
第8章 降水管井的设计与施工·····	287	[实例 9.3-1]·····	341
8.1 降水管井设计·····	287	[实例 9.3-2]·····	348
8.1.1 降水管井的概念·····	287	第10章 降水运行·····	352
8.1.2 降水管井的设计要求·····	288	10.1 降水运行中水位和水量的控制 ·····	352
		10.2 降水运行的信息化管理·····	353
		10.2.1 周边环境监测·····	353
		10.2.2 降水目的含水层地下水水位测量 ·····	354
		10.2.3 抽水量的监测·····	354
		10.2.4 监测资料现场整理、分析·····	354
		[实例 10.2-1]·····	355
		[实例 10.2-2]·····	355
		10.3 降水运行的安全保障·····	360

10.3.1 安全节点	360	11.7 施工现场平面布置	374
10.3.2 人员组织管理	360	11.8 降水监测和现场监测 资料的收集	374
10.3.3 井管保护	361	11.9 施工工艺及质量控制	374
10.3.4 承压水水位实时监控	361	11.10 封井方案	374
10.3.5 电路系统	363	11.11 质量保证措施	375
10.3.6 排水系统	366	11.12 安全生产运行的保障措施	375
10.3.7 降水试运行	367	11.13 项目部人员组织及施工 进度安排	375
10.3.8 抽水泵的选择	367	第 12 章 降水工程招投标	376
第 11 章 降水工程施工组织设计		12.1 概 述	376
编写提纲	372	12.2 降水工程设计施工招标	378
11.1 工程概况	372	12.3 降水工程设计施工投标	383
11.2 场地工程地质与水文地质条件	372	参考文献	391
11.3 降水的目的	372	索引	392
11.4 基坑底板稳定性分析	372		
11.5 降水工作量	373		
11.6 降水的运行	373		

第 1 章 地下水与基坑工程

1.1 概 述

一、基坑工程

基坑工程：是指人们根据工程建设的需要，开挖地面以下一定范围和深度内的岩(土)体、建造地下建(构)筑物，开发地下空间的人类活动工程。

随着城市建设规模的不断扩大，地面空间日趋紧张，地下空间的开发已日益得到人们的重视。地铁隧道、高层建筑、市政工程、桥梁等重大工程的建设，产生了众多形态的深、大基坑，这些基坑的开挖施工，使原有的基坑周围的水、土应力平衡受到破坏，土体发生变形，变形达到一定程度就会危及到地下管线、道路、地面建筑物的安全，严重时给工程建设带来无法估量的损失和影响。因此，在地下空间开发过程中，如何准确计算、预测地下水对基坑开挖工程的影响，设计科学、合理、有效的降水方案，已成为基坑工程施工的一项重要课题。

在我国长江三角洲（以下简称长三角）和珠江三角洲（以下简称珠三角）地区，广泛沉积了巨厚的第四纪松散地层，其中普遍发育有多层厚度稳定的承压含水层和含水量较高的软土层，深、大基坑的开挖已涉及这些层位。据有关资料记载，目前在长三角地区最深的基坑开挖已超过 40m，基坑底板已进入到了承压含水层，承压水对基坑开挖的威胁越来越大，施工降水的难度也日益加大，尤其在软土发育的长三角地区，基坑开挖与降水引起的土体变形对环境的影响已成为人们关注的焦点。

二、地下水

地下水根据其埋藏条件和赋存形式可分为包气带水、潜水、承压水、孔隙水、裂隙水、岩溶水。潜水和承压水是基坑开挖施工中降水的主要对象和危害源，饱和软土中的孔隙水也是基坑开挖降水的对象之一。

潜水：是指位于包气带下第一个具有自由水面的含水层中的水。它没有隔水顶板或只有局部的隔水顶板，潜水面为自由水面，与大气和地表水密切相关。

承压水：是指充满于两个隔水层之间的含水层中的水，其上、下均为连续的隔水层的封闭。承压含水层的水头高于隔水层顶板而承压。承压水头的大小与该含水层补给区与排泄区的地势有关，可以通过其在钻孔或井揭穿隔水顶板后水头的上升高度测试得到。由于连续隔水顶板的存在，承压水受大气降水的影响较小。

在第四纪松散层中，浅部往往发育有含水量较高的软土层，该层位在沿海地区有广泛分布，其特征是含水量很高达 50% 左右，呈流塑状、灵敏度高、强度低、高压缩性。由于土体孔隙水处于饱和状态，在放坡开挖的情况下，易造成边坡失稳，在潜水疏干或下部承压水降压后被固结而使地面发生变形，同时在开挖后土体外运时易造成对城市道路的污染。

1.2 基坑开挖过程中常见的不良水文地质现象

基坑开挖过程中常见的不良水文地质现象及危害主要表现为流砂、管涌和突涌。

一、流砂

流砂是指土的松散颗粒被地下水饱和后,由于水头差的存在,动水压力使松散颗粒产生悬浮流动。流砂主要发生在颗粒级配均匀而细的粉、细砂等砂性土中。其表现形式是所有的颗粒同时从一近似管状通道中被动水流冲出,发展的结果是使周围建筑物的基础发生滑移、不均匀下沉、基坑边坡坍塌、基础悬浮等,如图 1-2-1。

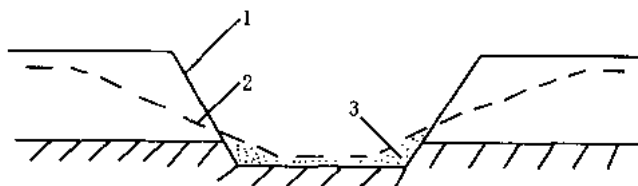


图 1-2-1 流砂示意图

1—原基坑坡面; 2—地下水位; 3—流砂堆积物

流砂形成的基本条件:

(一) 土中粒径在 0.01mm 以下的颗粒含量在 $30\%\sim 35\%$ 以上,并含有较多的片状、针状矿物和附有亲水胶体矿物颗粒。

(二) 水力梯度较大,流速增大,动水压力超过了土颗粒的重量时,就能使土颗粒悬浮流动形成流砂。

(三) 土的渗透系数较小时,排水条件不通畅,易形成流砂。

(四) 砂土中孔隙比愈大,愈容易形成流砂。

二、管涌

地基土在具有一定渗流速度(或梯度)的水流作用下,其细小颗粒被冲走,土中的空隙逐渐增大,慢慢形成一种能穿越地基的细管状渗流通道,从而掏空地基或坝体,使之变形、失稳,如图 1-2-2。

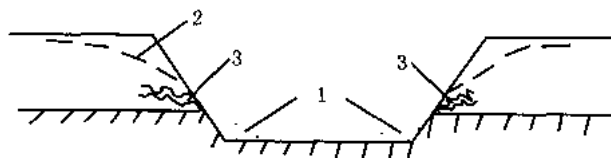


图 1-2-2 管涌示意图

1—管涌堆积物; 2—地下水位; 3—管涌通道

管涌多发生在非黏性土中,其特征是:颗粒大小差别较大,往往缺少某种粒径,孔隙直径大而且互相连通。颗粒多由相对密度较小的矿物组成,易随水流动,有较大和良好的渗流出路。其表现为:

(一) 土中粗细颗粒粒径比 $D/d > 10$;

(二) 土中不均匀系数 $d_{60}/d_{10} > 10$;

(三) 两种互相接触的土层渗透系数之比 $k_1/k_2 > 2 \sim 3$;

(四) 渗透梯度大于土的临界梯度。

三、突涌

当基坑下有承压含水层存在时, 开挖基坑减少了含水层上覆不透水层的厚度, 当它减少到一定程度时, 与承压水的水头压力不能平衡时能顶裂或冲毁基坑底板, 造成突涌, 如图 1-2-3。

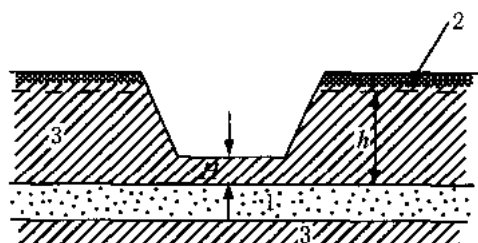


图 1-2-3 基坑突涌示意图

1—承压含水层; 2—承压水位; 3—弱透水层

突涌的表现形式为:

- (一) 基底顶裂, 出现网状或树状裂缝, 地下水从裂缝中涌出, 并带出下部的土体颗粒。
- (二) 基坑坑底发生涌水涌砂现象, 从而造成边坡失稳。
- (三) 基底发生类似于“沸腾”的喷水现象, 使基坑积水积砂, 地基土扰动。

基坑突涌后大量水和砂涌入基坑, 使边坡失稳, 围护结构变形破坏, 周围地面塌陷, 道路管线损坏, 房屋歪斜、倒塌。

基坑突涌产生的条件是:

$$H < \gamma_w h / \gamma$$

式中 H ——不透水层的厚度(m);

γ_w ——水的重度(kN/m^3);

γ ——土的浮重度(kN/m^3);

h ——承压水水头高于含水层顶板的高度(m)。

1.3 基坑降水的作用与降水方法

基坑施工过程中, 为避免产生流砂、管涌、坑底突涌, 防止坑壁土体的坍塌, 保证施工安全和减少基坑开挖对周围环境的影响, 当基坑开挖深度内存在饱和软土和含水层及下部承压水对基坑底板产生影响时, 就需选择合适的降低地下水水位或水头的方法对基坑进行降水。降水的作用:

- 一、防止其基坑坡面和基底的渗水, 保证坑底干燥, 便于施工开挖。
- 二、增加边坡和坑底的稳定性, 防止边坡或坑底的土层颗粒流失, 防止流砂产生。
- 三、减少土体含水量, 有效提高土体物理力学性能指标。对于放坡开挖而言, 可提高边坡稳定性。对于支护开挖, 可增加被动区土抗力, 减少主动区土体侧压力, 从而提高支护体系的稳定性和强度保证, 减少支护体系的变形。

四、提高土体固结程度, 增加地基土抗剪强度。降低地下水位, 减少土体含水量, 从而提

高土体固结程度,减少土中孔隙水压力,增加土中有效应力,相应的土体抗剪强度得到增强。

五、降低下部承压水水头,减少承压水头对基坑底板的顶托力,防止基坑突涌。

常用的降水方法和适用条件,见表 1.3.1。

常用的降水方法和适用条件

表 1-3-1

适用范围 降水方法	适用地层	渗透系数 (cm/s)	降水深度 (m)
集水明排	含薄层粉砂的粉质黏土,黏质粉土,砂质粉土,粉细砂	$1 \times 10^{-7} \sim 2 \times 10^{-4}$	<5
轻型井点及多级 轻型井点	同上	$1 \times 10^{-7} \sim 2 \times 10^{-4}$	<6 6~10
喷射井点	同上	$1 \times 10^{-7} \sim 2 \times 10^{-4}$	8~20
电渗井点	黏土,淤泥质黏土,粉质黏土	$<1 \times 10^{-7}$	根据选定的井点确定
管井(深井)	含薄层粉砂的粉质黏土,砂质粉土,各类砂土,砾砂,卵石	$>1 \times 10^{-6}$	>10
砂(砾)渗井	含薄层粉砂的粉质黏土,黏质粉土,砂质粉土,粉土,粉细砂	$>5 \times 10^{-7}$	根据下卧导水层的性质确定

1.4 基坑破坏的主要表现形式

基坑施工开挖过程中,由于受到基坑四周的侧向水、土压力、地面荷载和坑底下部承压水顶托力的作用,往往产生一定的位移和变形,而当位移和变形超过基坑支护的承受能力时,基坑就会产生破坏,基坑破坏的常见形式见表 1-4-1。

基坑破坏常见的表现形式和主要特征

表 1-4-1

表现形式	主要特征
边坡失稳	1. 基坑地面荷载超过设计允许值 2. 产生流砂、管涌 3. 滑坡
坑底隆起	1. 基坑地面荷载超过设计允许值 2. 围护结构深度不足
坑底突涌	1. 坑内承压水水头压力大于上覆坑底土体的自重荷载 2. 坑底以下围护结构漏水 3. 大量地下水和砂涌入基坑,造成坑外地面塌陷
围护结构破坏	1. 设计支护结构或安全系数选取不当 2. 围护结构的施工质量存在严重缺陷 3. 补救措施不当

1.5 工程案例

一、湖北省某电厂长江岸边大型取水泵房基坑沉井工程

(一) 工程和现场概况

泵房采用面积为 $39\text{m} \times 30\text{m}$ 的预制钢筋混凝土沉井,沉井深 28.5m,沉井壁上薄下厚为

1~2m, 沉井底格梁为 30 格, 采用排水法下沉至 17m 深, 井底出现大量涌砂, 使沉井不均匀下沉, 见照片 1-5-1。



照片 1-5-1 突水涌砂, 沉井倾斜, 无法下沉

沉井周围 20m 范围内, 地面出现大量裂缝和阶梯形下沉, 最大裂缝宽 0.45m, 最大地面沉降达 2cm, 见照片 1-5-2。



照片 1-5-2 取水泵房基坑沉井周围 20m 范围内地面裂缝

沉井周围 21~50m 范围内, 地裂和沉降仍十分明显, 甚至距沉井 80 多 m 的长江堤岸也发生巨大裂缝, 由此基坑沉井被迫停工, 见照片 1-5-3。