



水工基础工程设计与分析

上海市水利工程设计研究院有限公司

唐金忠 编著 卢永金 主审



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn



水工基础工程设计与分析

上海市水利工程设计研究院有限公司

唐金忠 编著 卢永金 主审



中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书共设有九章,初次尝试构建水工基础工程的设计理论和方法,对水工基础形式作了较全面的综合和归纳,并进行了分类和演绎,以便于设计、应用和研究;系统地论述了水工基础结构简化、内力常用的计算方法、配筋计算和构造详图、组合型地基处理、桩筏基础、疏桩基础等;通过工程实例,初步阐明了基础概念设计的方法。

全书从基本理论出发,着眼于工程设计和运用,以工程案例为载体,对过去在水工基础设计中一些模糊的概念,设计人员难以掌握的知识点,进行了剖析和总结并融于书中;结合水工基础工程实践,阐明了如何将专业知识转化为实际应用;书中有一些新观点和新见解,可作为设计参考。

本书可供从事水利工程设计人员、科研人员、高校师生参考,也可作为水工专业研究生和高年级本科生的选修教材。

图书在版编目(CIP)数据

水工基础工程设计与分析 / 唐金忠编著. — 北京 :
中国水利水电出版社, 2014. 4
ISBN 978-7-5170-1944-2

I. ①水… II. ①唐… III. ①水利工程—设计 IV.
①TV222

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第086856号

书 名	水工基础工程设计与分析
作 者	上海市水利工程设计研究院有限公司 唐金忠 编著 卢永金 主审
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京嘉恒彩色印刷有限责任公司
规 格	184mm×260mm 16开本 32.75印张 777千字
版 次	2014年4月第1版 2014年4月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	95.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

当您读到这本书时，首先请接受作者对您诚挚的致意！水工基础工程设计理论的探索和繁荣，需要您的关注，期待您的思想接力。水利人的历史责任，呼唤着我们一起孜孜不倦地探索和追求；本书只是个开头，让我们现在出发，砥砺前行，续写水工基础工程新的篇章。

本书系统地论述了水工基础工程的设计原理和方法，对水工基础工程作了归纳和演绎、分析和综合，内容涉及水工基础形式及构造、基础下的地基计算、基础结构计算和构造设计等。全书从基本理论出发，着眼于工程设计和运用，并以工程案例为载体，对设计中遇到的一些问题进行了剖析和总结并融于书中；面向一线设计人员和广大师生，具有比较丰厚的技术含量和一定的实用价值，对推动水工基础工程设计理论建设、提高设计水平将发挥一定的作用。

目前，水工基础工程尚缺少专著，鲜见系统研究；其设计方面的内容，分散在土力学、水工建筑物、泵站、水闸等专业书籍中，在这些书中，水工基础工程的内容虽有述及，但不完整，系统性和针对性不足；且有关内容已明显不能满足设计的需要。在这样的背景条件下，本书尝试着初步构建水工基础工程的设计理论，并期待在今后的应用中逐步完善；旨在为设计人员提供一本比较系统的水工基础工程设计书籍，以方便人们对水工基础工程共性和个性的认识到研究，以期助力于我国水利科学的技术进步。

水工基础工程是水工建筑物重要的组成部分，基础是建筑物的根本，由于地质条件的复杂性和多样性，也由于基础工程是隐蔽工程，它的勘察、设计和施工的质量在很大程度上决定了工程建设的成败。因此，水工基础工程设计，有必要另立“门类”，以便于人们更深入地研究和应用；其内容也是水工结构设计人员和岩土工程设计人员必须熟悉和掌握的一门专业知识。

本书按照水工基础工程设计时的大致顺序编写，主要内容有：基础形式和尺寸的确定；地基计算；基础内力计算和配筋。这3方面内容也是基础设计的3个步骤。全书共分九章，各章内容既相互联系，也可相对独立。第一章，对水工基础形式作了较全面的综合和归纳，对水工基础形式进行了分类，以便于设计应用和研究。第二章，阐述了地基承载力、稳定、变形和渗流计算；结合水工建筑特点，对地基计算进行了拓展和延伸，而不是简单的重复；所述及的内容，对土力学的理论少作论述，重点讲土力学的应用。第三章至第六章，系统地论述了水工基础内力常用的几种计算方法，基础配筋计算和构造详图；提出了水工基础设计要求、简化方法、基础结构详图等众多新亮点。第七章，重点介绍水工中常用的地基处理设计，对组合型地基处理结合工程实践进行了论述。第八章，主要内容为桩基、沉井和地下连续墙等深基础的设计和应用，对在水工基础工程中应用较多的桩筏

基础、疏桩基础，单独作为一节，重点进行了论述。第九章，主要论述水工基础工程中的共同作用分析、基础工程的概念设计；通过工程实例，初步阐明基础概念设计的方法，这也是前面所述内容的综合应用和延伸。

水工基础工程涉及知识面较广，与土力学、材料力学、结构力学、水工建筑物和钢筋混凝土结构等都有着密切的联系；基础工程本身又存在着工程技术、工程经济和所处的环境等诸多方面问题。同时，这些问题共存于一个系统中，相互关联、相互制约、相互影响。随着社会不断进步、工程技术的不断发展，水工基础工程系统中的各个层面，都在不断地发生变化，它们之间的相关关系也在随之发生变化。

水工基础形式多种多样，工程地质条件也是五花八门。面对种类繁多的水工建筑物，本书选取应用较多的水工基础类型，采用解剖典型、以纲举目的方式，初步构建水工基础工程的框架体系；通过对典型水工基础的分析，了解其一般规律，进而掌握水工基础的设计方法。

据以上思路，本书着重论述水工建筑中有代表性的筏形基础一类，从中提炼出水工基础设计的精华，并由实践上升为理论；论述中对经常遇到的设计问题进行剖析；对过去在基础设计中一些模糊的概念，设计人员难以掌握的知识点进行了探讨；结合水工基础工程的实践，阐明了如何将专业知识转化为实际应用；书中有一些新观点和新见解，可作为设计参考。

本书在编写过程中，得到了上海市水利工程设计研究院的大力支持，书中所引用的工程实例大多是该院的设计作品，它闪耀着设计者的智慧，他们卓越的劳动创造，独具视角的设计见解，极大地丰富了基础工程设计的内涵。在此，我谨向我的同行们致以深切的谢意。

水工基础设计内容广泛，地方特色鲜明，且有关技术尚在持续不断地创新和发展中；由于作者水平有限，书中难免存在缺点和错误，恳请读者予以批评指正。

作者

2013年8月

于上海

目 录

前言

第一章 水工基础形式及构造设计	1
第一节 水工基础特点和设计要求	1
一、水工基础特点	1
二、水工基础设计基本要求	4
第二节 水工基础常用形式与分析	9
一、按基础结构形式分类	9
二、基础类型的选择和比较	24
三、基础结构的影响因素分析	31
第三节 基础埋置深度选择及计算	32
一、与功能、结构相关的条件	32
二、工程地质条件	33
三、水文地质条件	35
四、地基冻融条件	39
五、场地环境条件	40
第四节 基础构造要求及构造设计	42
一、永久变形缝和止水的设置	43
二、齿墙设计	50
三、后浇带的作用及设置	51
四、铰的作用及设置	54
五、基础结构的耐久性设计	57
第二章 基础下的地基计算	61
第一节 地基设计基本要求	61
一、地基设计级别和设计原则	61
二、地基计算荷载取值	64
三、地基计算单元和荷载组合	65
第二节 地基计算基本要素	67
一、土的力学参数取值	67
二、地基土的特性指标及工程应用	68

三、地基应力计算	72
第三节 地基承载力	78
一、地基承载力的概念	78
二、按塑性变形区深度确定地基允许承载力	82
三、按极限承载力确定地基允许承载力	96
四、按规范确定地基承载力	103
五、基础尺寸及埋深对承载力的影响	109
六、地基抗震承载力	113
第四节 土的压缩性与地基变形计算	114
一、土的压缩性与固结	114
二、天然地基的沉降量计算	115
三、地基的变形特征与控制	118
第五节 地基稳定验算	122
一、水工地基破坏的主要形式	122
二、地基承载力验算	124
三、抗滑稳定验算	134
四、抗倾覆和抗浮稳定验算	136
五、抗渗稳定验算	137
第三章 基础结构简化和计算方法	142
第一节 基础设计的基本要求	142
一、基础设计级别与力的作用	142
二、基础内力计算方法概述	145
三、基础极限状态设计要求	146
四、计算结果的自我校核	148
第二节 基础结构的简化	151
一、计算荷载取值及传力分析	151
二、结构单元与计算单元	155
三、结构计算简图和简化要点	156
四、支座、节点和构件的简化	157
五、计算跨度的确定	161
第三节 基础刚度分析	163
一、基础刚度分析与计算	163
二、基础刚度与内力计算方法	165
第四节 基础内力分析及计算要点	166
一、筏形基础内力计算	167
二、箱形基础内力计算	171
三、块基型基础内力计算	174

四、拱形基础内力计算	179
第四章 倒置梁法和静定分析法计算	182
第一节 简化计算与结构拆分	182
一、结构简化与结构拆分	182
二、结构拆分方法和实例分析	186
三、简化计算中的荷载计算	193
第二节 倒置梁法	196
一、计算模型及基本假定	197
二、计算步骤	198
三、利用沉降差进行内力调整计算	205
第三节 静定分析法	210
一、基本假定及适用条件	211
二、计算步骤	211
三、工程实例及相关问题分析	214
第四节 倒置梁法与静定分析法比较	218
一、实例分析	218
二、两种计算方法综合比较	219
三、关于倒置梁法相关问题	220
第五章 弹性地基梁计算与数值分析	222
第一节 地基计算模型	222
一、地基计算模型概念	222
二、常用地基计算模型简述	226
三、地基计算模型的选用	230
四、地基参数的确定	231
第二节 弹性地基梁法	234
一、弹性地基梁的简要理论	234
二、文克尔地基梁计算	242
三、半无限深地基梁计算	244
四、有限深地基梁内力计算	248
五、弹性地基交叉梁法	248
第三节 弹性地基上的框架结构计算	249
一、计算方法综述	250
二、弹簧支座模拟计算	251
三、工程实例计算与分析	254
第四节 地基梁的数值分析	257
一、建模对象和计算范围	258
二、主要计算参数的确定	262

三、基础建模常用的分析方法	265
四、基础设计常用的有限元分析软件	266
第六章 基础配筋计算与构造详图	270
第一节 基础承载力极限状态计算	270
一、计算要求	270
二、配筋计算	272
三、各种计算方法的配筋要求	277
第二节 基础正常使用极限状态计算	278
一、正常使用极限状态验算内容	278
二、设计取值和荷载组合要求	279
三、基础裂缝宽度验算	280
第三节 基础配筋调整	284
一、协调配筋要求	285
二、采用塑性计算法进行配筋调整	285
三、应用塑性计算法的要求	286
第四节 基础构造设计	287
一、混凝土强度及保护层	287
二、钢筋的锚固和连接	289
三、基础的最小和最大配筋率	294
四、基础配筋的基本要求	300
五、钢筋的代换要求	302
第五节 基础构造钢筋详图	302
一、基础构造详图的意义	302
二、基础构造钢筋的作用	303
三、基础抗震构造钢筋的要求	304
四、水工基础构造配筋详图	304
五、与水工基础相关的专业详图	315
第七章 人工地基与地基处理设计	318
第一节 地基处理基本要求	318
一、地基处理的基本原则	318
二、地基处理方法的分类	321
三、地基处理方案的选择	322
第二节 复合地基设计概念	324
一、复合地基的定义和分类	324
二、复合地基方案的选择	326
第三节 水工常用桩体复合地基设计	327
一、桩体复合地基的基本概念	328

二、水泥土搅拌桩	339
三、旋喷桩	352
四、CFG 桩	355
五、振冲桩	358
六、砂石桩	361
第四节 水工常规地基处理设计	365
一、换填法	365
二、机械压实法	369
三、抛石挤淤法	370
第五节 组合型地基处理设计	371
一、复合地基设计相关要素的应用	371
二、组合型地基处理方案	374
三、组合型桩体复合地基计算	378
第八章 水工常用深基础设计	382
第一节 桩基础设计	382
一、几个相关概念	383
二、桩的选型与桩长选择	383
三、桩的根数和平面布置	390
四、桩基计算	392
五、桩身结构计算	415
第二节 疏桩基础设计	419
一、疏桩基础基本概念	419
二、疏桩基础设计基本原则	420
三、疏桩基础设计	421
四、工程应用和要求	424
第三节 桩筏基础设计	430
一、桩筏基础的应用和设计原则	430
二、桩筏基础设计要求	430
三、桩筏基础内力计算	434
四、变刚度调平设计的筏板配筋要求	437
第四节 沉井设计	438
一、沉井特点及应用	438
二、沉井设计基本要求	439
三、沉井结构计算	441
四、工程实例及分析	447
第五节 地下连续墙设计	450
一、地下连续墙设计原则和方法	451

二、板桩设计及构造	452
三、工程应用及结构计算要点	456
第九章 共同作用分析与基础概念设计	461
第一节 地基、基础和上部结构的共同作用	461
一、基础的常规设计	461
二、共同作用的内涵	463
三、水工基础结构的共同作用分析	465
四、常规设计与共同作用分析	470
第二节 基础概念设计	473
一、基础概念设计的解读	473
二、基础概念设计的应用	474
三、基础概念设计中的知识点	476
第三节 基础结构体系	478
一、基础结构体系的内涵	478
二、基础结构体系的构成	479
三、基础结构的共同作用分析	483
第四节 基础概念设计实例分析	488
一、桩筏基础变刚度的调平设计	488
二、沉井与桩基的联合应用	493
三、基坑围护结构与主体结构的结合	503
参考文献	510

第一章 水工基础形式及构造设计

为了便于对水工基础的分析和研究，本章对水工基础形式作了归纳和分类，目的在于展示水工基础的共性、突出其个性，以便于人们更深入地了解和认识水工基础工程。

水工基础通常分为刚性基础和柔性基础两大类，这种划分是根据地基与基础的相对刚度确定的。不同的基础，基础底面接触压力的分布与大小是不同的；柔性基础，如土坝、路基、油罐薄板一类基础，其本身刚度很小，几乎没有抵抗弯曲变形的能力，基底压力的分布和大小完全与作用在基础上的荷载分布和大小相同。刚性基础是指基础本身刚度远远超过地基土的刚度，如泵房基础、闸室基础、挡土墙基础等。刚性基础基底压力分布很复杂，将随上部荷载大小与作用点位置、基础埋深和地基土的性质而异。

水工基础工程设计涉及知识面广，与土力学、水工建筑物和钢筋混凝土结构等都有着密切的联系。同时，水工建筑的基础形式多种多样，工程地质条件也是复杂多样。因此，本章拟通过对典型水工建筑的基础分析，了解其一般规律，进而掌握基础的设计方法。据此，本章重点论述的是水工建筑物中有代表性的基础，并以泵房基础、闸室基础为例作重点介绍。桩基和沉井等深基础详见第八章。

第一节 水工基础特点和设计要求

一、水工基础特点

（一）水工基础的两个显著特点

水工建筑地基基础设计与其他行业比较，有两个显著特点：

- （1）地基计算除要满足承载力和变形外，还要满足渗流稳定计算。
- （2）基础尺寸，一般是根据水工建筑物上、下部结构的长宽和构造需要确定，不是由地基承载力确定，因此，水工建筑物地基基础设计，实质上是一种已知基础尺寸下的验算。

水的作用使水工建筑的工作条件复杂化，基底的浮力和渗透压力不仅会降低建筑物的稳定性，而且还有可能由于物理和化学的作用而使基础受到破坏；水流对基础有冲刷和破坏作用；地震时，水对建筑物还将产生附加的地震动水压力，等等。这些都表明水工建筑地基基础设计不同于其他建筑。

地基和基础是建筑物的根本，又属于地下隐蔽工程，它的勘察、设计和施工质量关系着建筑物的安危。地基基础事故一旦发生，补救十分困难。因此，地基和基础在水利工程中的重要性是显而易见的。

（二）水工基础尺寸的确定

水工建筑的基础形式一般由下部结构或上部结构决定，很少完全由地基条件决定，这

一点与其他行业的基础设计有所不同。水工基础形式大多为平板基础或块基型基础，平板基础通常也称为筏形基础。

水工基础尺寸和轮廓布置，都要和上部结构、下部结构一起研究同时决定，而不能孤立地进行；不是根据地基承载力计算基础尺寸，这一点与工业和民用建筑完全不同。一般情况下，水工建筑上、下部结构的长度和宽度要协调确定，下部结构确定后，基本上就确定了基础尺寸、形状和埋深，这是根据结构布置和构造需要确定的基础最小尺寸，满足了稳定计算后，再进行结构计算来验算基础尺寸，并根据需要作适当调整。

水工建筑的基础是承受上部结构的重量及荷载，并向地基传递荷载的连接体；其大多数同时兼有防渗、防冲作用，防止地基由于受渗透水流作用可能产生的渗透变形，并保护地基免受水流的冲刷。因此，水工基础结构必须具有足够的整体性、坚固性、抗渗性和耐久性。为满足这些条件，所以水工基础通常都是采用钢筋混凝土结构。

例如，大型泵站的泵房设计中，基础尺寸主要由机组布置和流道尺寸确定，即流道长度确定基础宽度、机组间距确定基础长度。

基础垂直水流方向的长度，主要由机组布置确定。例如，主机组为一列式布置，当机组的中心距确定后，加上中墩和边墩厚度即可得出基础长度。基础顺水流方向的宽度，主要由流道的长度决定。为了保证进水和出水的水流顺畅，减小水头损失，根据已建工程和大量的装置试验，可以初步拟定流道的长度，并根据断流方式等合理布置进、出水流道的闸门；根据以上布置，可得出顺水流方向的宽度。

必须指出，主要由流道的长度确定的基础宽度，同时还应满足泵房稳定及防渗要求，若不满足则需要加长底板，或采用其他的工程措施。这样通过泵房平面布置，下部结构的平面尺寸也大致确定了，如图 1.1-1 (a) 所示，从而也就确定了基础轮廓尺寸，如图 1.1-1 (b) 所示。

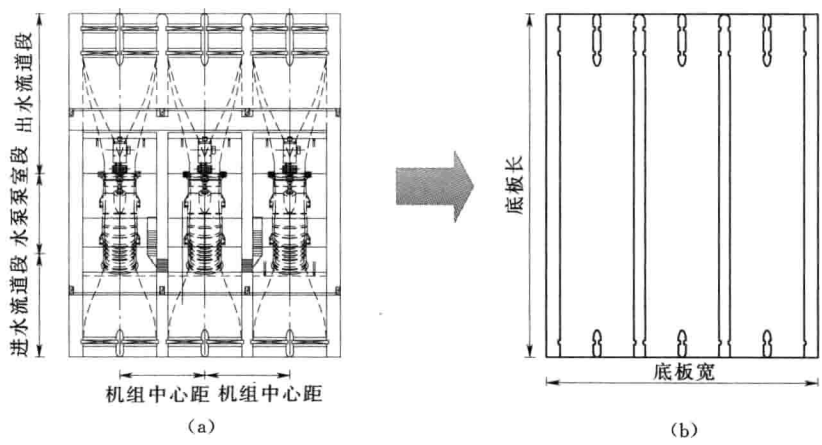


图 1.1-1 泵房平面与基础平面尺寸
(a) 泵房布置；(b) 基础轮廓尺寸

(三) 水工底板与其他板类构件的比较

在现行水利行业有关设计规范和文献中，水工建筑基础都统称为底板，如泵房底板、

闸室底板、挡土墙底板等，其表明基础是建筑物底下的一块钢筋混凝土大板，这种大底板通常称为筏基或筏板基础。

水工建筑底板主要特征有两点：①底板是卧置于地基上的一块钢筋混凝土大板；②水工底板不同于一般的板，它有抗渗、抗冲刷、抗侵蚀、抗冻、耐磨等要求，其强度要求则往往不是很高，厚度一般由构造要求决定。

水工底板与其他板类构件比较，特点明显，以下予以分析和比较，有利于加深理解，掌握其个性。

1. 与普通钢筋混凝土板的不同点

水工建筑基础多为厚板结构，是厚度较大的钢筋混凝土大板，与水泵层或电机层楼板、屋面板等普通钢筋混凝土板相比，有以下诸多不同：

(1) 普通钢筋混凝土板厚度较薄，一般不大于 200mm；水工底板厚度较大，一般不小于 700mm。

(2) 普通钢筋混凝土板，当采用塑性设计时，一般可以不进行挠度、裂缝宽度验算；水工底板，当采用塑性计算时，应同时验算裂缝开展宽度。

混凝土结构规范指出，按考虑塑性内力重分布的分析方法设计的结构和构件，尚应满足正常使用极限状态的要求或采取有效的构造措施。对于直接承受动力荷载的构件，以及要求不出现裂缝或处于侵蚀环境等情况下的结构，不应采用考虑塑性内力重分布的分析方法。

(3) 普通钢筋混凝土板可按延性设计，水工底板不宜按延性设计。

(4) 抗震设防时，普通钢筋混凝土板应按抗震构造配筋；水工底板可按非抗震构造配筋。

2. 与房屋建筑筏基的不同点

水工底板与房屋建筑中的筏形基础相比较，旨在加深读者对筏基的理解和知识面的拓展。同时，通过不同行业的对比分析，进一步理解和掌握水工结构中筏形基础的特点。

(1) 房屋建筑的筏基需要抗弯、抗剪、抗冲切计算；水工底板不需要进行抗剪、抗冲切计算。

(2) 在非地震区，房屋建筑筏基底面应不出现零应力区，而在地震区基底面可以有零应力区，但不应超过基础底面面积的 25%。土基上，各种荷载组合情况下，水工基础底板底面都不允许出现零应力区；岩基上，水工基础底板底面可以出现零应力区，但最小应力不应小于 -100kPa 。

(3) 房屋建筑筏基是采用偏心距 e 来控制倾斜，要求 $e \leq 0.1W/A$ ， W 为与偏心距方向一致的基础底面边缘抵抗矩， A 为基础底面积。

水工底板基底是采用应力比（不均匀系数）来控制不均匀沉降，要求 $\eta = p_{\max}/p_{\min} \leq [\eta]$ ， $p_{\max}$ 和 $p_{\min}$ 分别表示基础边缘处基底反力的最大值和最小值；不均匀系数的控制，实质上也是保证基础不致过分倾斜。

3. 水工板类构件分类和综合比较

a. 水工板类构件分类

在水工建筑中，板类构件应用较多，板的厚度变化范围也很大，薄的仅为 10cm 左右，厚的则可达几米。为便于分析比较和应用，经综合归纳后可作以下分类。

(1) 薄板。薄板常用于水工建筑上、下部结构中，如电机层、水泵层的楼板，但因需要承受撞击荷载，为了保证刚度和耐久性要求，板的厚常为 12~20cm，一般取板厚 $h=(1/12\sim 1/18)l$ ， l 为板跨。而一般房屋建筑中的板，如泵站工程中管理楼的楼板、泵房的屋面板等，厚度通常为 6~12cm，板厚一般为 $h=(1/12\sim 1/50)l$ 。通常所说的钢筋混凝土板是指薄板。

(2) 深板。 $l_0/h\leq 5$ 的板为深板，深板与深梁类似，都是深受弯构件。 l_0 为构件计算跨度，可取 $l_0=l_c$ ， $l_0=1.15l_n$ 两者中的较小值。深板在水工建筑的水下部分有所应用，如水电站的尾水平台、泵房流道顶板等。

深板与深梁受力状态类似，因其高度与跨度接近，受力性能与一般梁有较大差异，在荷载作用下，梁的正截面应变不符合平截面假定。简支深梁的内力计算与一般梁相同。但连续深梁的弯矩及剪力与一般连续梁不同，其跨中正弯矩比一般连续梁偏大，支座负弯矩则偏小，且随跨高比及跨数的不同而变化。深梁是较复杂的构件，应遵守钢筋混凝土设计规范的有关要求。

(3) 厚板。介于薄板和深板之间的板为厚板。水工厚板应用较多，如泵房和闸室的筏基、船闸闸室底板等，一般厚度 $h\geq l_0/6$ (l_0 为计算跨度)，且大于最小构造厚度 700mm 的底板为厚板。这样划分与刚性基础的要求一致，也有要求 $h>l_0/5$ 的为厚板。在房屋建筑中，筏形基础也为厚板，最小厚度要求为 400mm。

b. 板类构件综合比较

综上所述，水工筏基与房屋建筑筏基和其他板类构件相比较，有诸多不同点。此外，在确定板的厚度、强度计算等方面也有所不同；为了更清楚地表达，经综合归纳后列于表 1.1-1 中。

表 1.1-1 水工底板与其他板类构件比较

项目	所处环境	使用要求	确定板的厚度	结构计算要求	裂缝宽度验算
水工建筑筏基	长期处于水中	一般有防渗、防冲要求	(1) 按构造要求确定 (2) 按刚度条件确定	正截面抗弯计算，不需要抗剪、抗冲切计算	需要进行裂缝宽度验算
普通钢筋混凝土板	一般处于正常环境	一般无防渗要求	按刚度和变形条件确定	正截面抗弯计算，一般不需要抗剪计算	一般不需要进行裂缝宽度验算
房屋建筑筏基	优于水工基础	地下室有防渗要求	按抗剪、抗冲切计算确定	正截面抗弯计算，需要抗剪、抗冲切计算	需要进行裂缝宽度验算

二、水工基础设计基本要求

(一) 水工建筑对地基基础的设计要求

1. 基本设计要求

水工地基基础设计与计算应满足承载能力极限状态和正常使用极限状态，其基本设计要求如下：

(1) 基础应有足够的强度和刚度，能够承受上部结构所传递的应力。

(2) 地基应具有足够的强度和稳定性。各级建筑物地基均应进行承载力计算，都应进行稳定性验算，以保证地基的安全。

(3) 地基应满足变形方面的要求。水工建筑物应按地基变形设计，应做变形验算，以保证水工建筑不因地基沉降而影响正常使用。

(4) 地基应具有足够的抗渗性，以免发生严重的渗漏和渗透破坏。

(5) 基础应具有足够的耐久性，以防在环境水的长期作用下发生侵蚀破坏。

2. 选择合适的地基是前提

地基和基础的设计往往不能截然划分，正确的基础设计必须建立在合理的地基评价基础上。“地基”、“基础”在英语中用同一名词——“Foundation”，这也反映了两者的不可分割性。

我国地域辽阔，由于自然地理环境的不同，分布着各种各样的土类。某些土类作为地基，如湿陷性黄土、软土、膨胀土、红黏土、冻土以及山区地基等，具有各自的特殊性质，而必须针对其特性采取相应的工程措施。因此，地基基础问题具有明显的区域性特征。

a. 地基基础相互关联性

进行地基基础设计时，必须根据建筑物的用途和设计等级、建筑布置和上部结构类型，充分考虑建筑场地和地基岩土条件，结合施工条件以及工期、造价等各方面的要求，合理选择地基基础方案。

建筑物的全部荷载都由基础下面的土层来承担，受建筑物影响的那一部分土层称为地基，如图 1.1-2 所示。未经人工处理就能满足设计要求的地基称为天然地基，需要对地基进行加固处理才能满足设计要求的地基称为人工地基。

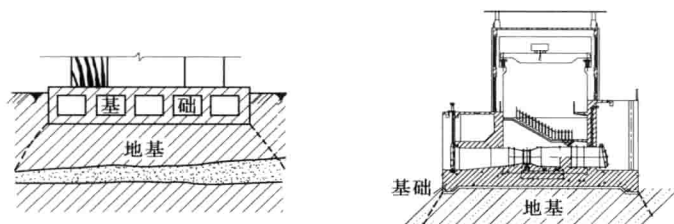


图 1.1-2 地基与基础

地基与基础是联系在一起、互为影响的。在确定基础形式前，应首先选择合适的地基形式。一般而言，天然地基如能满足地基的强度和变形要求，应优先选用。当天然地基的承载力及变形，其中有一项或两项同时不能满足设计要求时，可考虑采用地基处理或局部进行地基处理，以满足设计要求。当地基处理仍然不能满足承载力或者变形要求时，可考虑采用深基础，如桩基。

b. 初选天然地基的条件

地基应优先选用天然地基。在土质地基上，水工地基可以按标准贯入试验初选，但以下两类地基不得作为天然地基：①标准贯入击数不大于 4 击的黏性土地基；②标准贯入击数不大于 8 击的砂性土地基。

上述两类地基为松软地基，其抗剪强度均较低，地基允许承载力和变形均难以满足要求。特别是标准贯入击数不大于 4 击的黏性土地基，如软弱黏性土地基、淤泥质土地基、淤泥地基等，这类地基土的工程特性为含水量较高、孔隙比较大、抗剪强度很低、压缩性较高、透水性很弱。通常会产生相当大的地基沉降和不均匀沉降。

同样，标准贯入击数不大于 8 击的砂性土地基，如疏松的粉砂、细砂地基或疏松的砂壤土地基等，地基允许承载力和变形也难以满足要求，均不得作为天然地基。对于上述这两类地基，应采取工程措施进行地基处理。

当地基岩土的各项物理力学性能指标较差，且工程结构又难以协调适应时，可采用人工地基。当黏性土地基贯入击数大于 5、砂性土地基贯入击数大于 8 时，则地基可以不做处理。

c. 选择地基的大致顺序

地基基础的各种方案中有多种类型和做法，工程设计时，应根据实际情况加以选择。一般情况下，采用不同的地基形式，其地基基础总费用，由小到大的大致顺序为天然地基→人工地基→桩基（深基础）；在这些地基方案中，又各有多种基础类型，如桩基有桩筏基础、桩箱基础，筏基有平筏基础、梁筏基础等。为了比较清楚地表达上述内容，特以框图加以概括归纳，如图 1.1-3 所示。

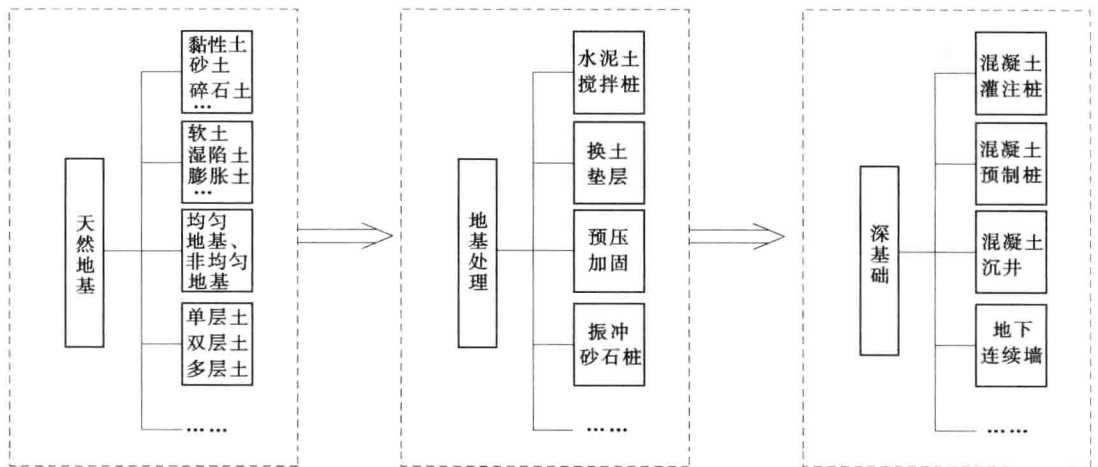


图 1.1-3 地基选择顺序框图

(二) 基础设计步骤

前面已经阐述，水工建筑的基础形式和尺寸，一般由下部结构或上部结构决定，根据上、下部结构的布置，初步拟定基础尺寸，进行稳定性计算，再通过结构计算最后确定基础尺寸。

基础构件的尺寸，既要保证基底应力满足地基承载力的要求，又要将沉降控制在允许的范围之内；同时，构件还应满足强度的设计要求。

一般情况下，水工建筑上、下部结构的长度和宽度应首先协调确定，下部结构确定后，基本上就确定了基础尺寸、形状和埋深，但这是根据结构布置和构造需要确定的基础最小尺寸，最后还需要进行结构计算来验算初步拟定的基础尺寸。