

基础工程分析与设计

JICHU GONGCHENG FENXI YU SHEJI

[美] J.E. 波勒斯 编著
唐念慈 等译

中国建筑工业出版社

基础工程分析与设计

[美] J.E.波勒斯 编著

唐念慈 等译

中国建筑工程工业出版社

本书根据美国1982年第三版译出,是美国的一部大学教学用书。内容较丰富,取材较新。在阐述理论的同时列举了许多工程实例。全书共20章,介绍了土力学与基础工程的基本概念、勘察技术、浅基础承载力、基础沉降计算、地基加固及基础设计时应考虑的各种因素,并着重叙述了各种基础的设计、计算以及基坑开挖、基础振动等问题。在附录中附有计算机程序选编。本书反映了近年来岩土工程技术各方面的新发展和应用领域中的新成果。

本书适合土建类专业技术人员及大专院校师生参考。

* * *

参加本书翻译工作的有:唐念慈(序、第一章、附录),于志淳(第二章,刘学尧(第三章),钱品高(第四章),张克恭(第五、二十章),严建南(第六章),郑襄朝(第七、八章),丁国良(第九、十章),何名任(第十一、十二章),姚代禄(第十三、十四、十五章),沈慧容(第十六、十七章),邵信发(第十八、十九章);唐念慈总校。

Joseph E. Bowles
FOUNDATION ANALYSIS
AND DESIGN (Third Edition)
McGraw-Hill Book Company (1982)

* * *

基础工程分析与设计

唐念慈 等译

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 38³/₄ 字数: 942 千字

1987年10月第一版 1987年10月第一次印刷

印数: 1—12,710册 定价: 6.95元

统一书号: 15040·5171

序 言

本书的这一版是在基础的分析与设计方面依据方法与步骤的最新纲要经连续努力而编写出的一部最新作品。和前几版一样,重点主要集中在与下卧土层接触的结构单元上。这正是作者以及其他许多人认为的,是基础工程的主要焦点所在之处。大坝、回填与土堤工程以及土体中的水流可能更适合于归入岩土工程这样的总类。后来提及的各方面可能,在某些情况下也是设计与建造一个基础过程中的一些主要因素;因此,本书也包括了若干这类题材的一些基本知识。

大多数工程师现在已认识到,将基础工程作为是土力学/土性加上结构工程师设计各种基础构件是不可能的或很不切合实际的。基础工程师必须既精通岩土工程,又要熟悉通常是复杂的基础-土相互作用所产生的结构性状。后一说法反映了本教材所包含的总的设计哲学。

作者对全书作了相当广泛的修订;然而,没有更动任何一章的标题,而且在大多数情况下各节的标题都保留不变。第2、8、9及16章几乎是全部重写的;而在第3、4、10及11章中也作了实质性的改写。这是为了要使主题次序更合逻辑,并包括一些新方法,而这些方法在第二版改写过程中当时还仅是处在过渡阶段中。本书的材料约有80%为国际(SI)制,既反映了教材的发展总趋势,也符合本书有用生命期的绝大部分时间内SI制的估计应用状况。

在很多情况下是没有“单一”的设计公式/方法的,某些工程师或某些地区倾向于采用若干替代方法中的一种或更多种。作者是试图按照某些替代方法看来已广泛采用值得在教材中占有一定篇幅才予以介绍的。只要实用,例题总是用一个或更多的不同方法来分析,以使读者对方法能熟悉并具有看法。若干例题中用了不同方法,于是“感觉”出了一种可能的解答——这是工程设计事务所在输入数据不确定时的常规做法——或者采用直接的计算或者采用若干不同方法,得出结果的平均值。作者曾力求为读者列入实际的例题(及家庭)作业,例题在某种程度上编辑得还不足。家庭作业约有一半是新的,列入的答案数也比早前的版本为多。

若干内容,如斜坡上基础、片筏的网格分析以及板桩和支承侧向荷载的桩,曾用有限元法求解,并通过例题与其他或替代方法的结果相比较。这样做是说明这些新方法是适当的。顺便提及,应该注意到本书所包含的梁、板桩及支承侧向荷载的桩的有限元解答应用极其广泛。作者认为宁可取用能作出经济满意的设计的最简单解答。那种要用神秘的数学来对数学模型做并不重要的计算改进,而模型本身又来源于不确定的土质资料的解答,则最佳也只能是很不切实际的解答。许多这类解答只限于停留在技术杂志的纸面上,而另一些则在短时间后便在工程应用中很快消失。

作者开列了560篇左右的参考文献,几乎所有的内容都可进一步深入探讨。作者尽量避免引用一般读者要克服很大困难才能获得的偏僻文献。大部分值得一读的资料最终都

是以某种形式由美国土木工程师学会 (ASCE)、美国试验与材料学会 (ASTM)、美国运输研究院 (TRB)、加拿大岩土工程学报 (CGJ) 发表, 或在某个专门学术会议或在国际土力学基础工程学会 (ICSMFE) 会议录中发表, 这些都不难取得。作者在参考文献的开始处保留了出版物名称缩写目录 (包括上述的在内), 目的是减小篇幅。作者希望没有遗漏什么重要文献, 然而为了节约篇幅并未将有关给定题材的所有文献都一一引述。一般只包括最新的文献以及那些参考价值覆盖范围最佳的文献。同时本书在遇到文献作者有两位以上时不一一列举全部作者姓名, 而用了某某等的引述方法, 作者希望不致引起误解。

作者愿向本教材国内外的许多选用者表示感谢, 他们提供了书面或口头的意见或建设性的批评或仅是询问某一方法。作者同时也要向参加 McGraw-Hill 出版公司用书者调查, 以提供本次修订的素材的先生们致谢, 其中包括 Youngstown 州立大学的 Jack Bakos, Clemson 大学的 William Baron, 宾夕法尼亚州立大学的 William Gotolski 以及内布拉斯加大学的 Roy V. Snedden。作者对 Clemson 大学的 William Baron 审阅本书定稿亦表示感谢。

最终作者也应提及自己的妻子 Faye 的很大贡献, 她通常帮助打字以及处理无数其他事情, 以使书稿得以完成。

Joseph E. Bowles

目 录

序 言

第 1 章	引 论	(1)
1 - 1	基础的定义及用途	(1)
1 - 2	基础的类别	(2)
1 - 3	基础场地及整体经济	(2)
1 - 4	基础的一般要求	(4)
1 - 5	基础类型选择	(4)
1 - 6	SI制及FPS制	(4)
1 - 7	计算准确度与设计精度	(6)
第 2 章	基础工程中的土力学	(7)
2 - 1	前 言	(7)
2 - 2	地基的组成材料	(8)
2 - 3	土的体积与密度关系	(8)
2 - 4	影响土的工程性质的主要因素	(11)
2 - 5	常规室内试验	(13)
2 - 6	基础设计所用的土的分类	(16)
2 - 7	土的分类名称	(17)
2 - 8	原位应力与 K_0 状态	(22)
2 - 9	土中水与土中水力学	(25)
2 - 10	固结原理	(29)
2 - 11	抗剪强度	(36)
2 - 12	灵敏度与触变性	(43)
2 - 13	应力路径	(43)
2 - 14	土的弹性性质	(47)
2 - 15	各向同性和各向异性的土体	(50)
第 3 章	勘探、取样及土的原位测试	(56)
3 - 1	所需的资料	(56)
3 - 2	勘探方法	(57)
3 - 3	勘探计划的制订	(57)
3 - 4	土质钻探	(59)
3 - 5	土样采取	(62)
3 - 6	海上取样	(67)
3 - 7	标准贯入试验 (SPT)	(68)
3 - 8	其他贯入试验方法	(71)
3 - 9	岩芯取样	(73)
3 - 10	确定地下水位	(74)

3-11	钻孔的深度和数量	(76)
3-12	提供的资料	(76)
3-13	野外荷载试验	(77)
3-14	土的野外十字板试验	(81)
3-15	原位应力和 K_0 状态的测定	(83)
3-16	静力触探试验——荷兰圆锥贯入试验 (CPT)	(86)
3-17	钻孔剪切试验	(88)
3-18	地震勘探	(88)
第4章	基础的承载力	(93)
4-1	前言	(93)
4-2	承载力公式	(93)
4-3	承载力计算的一般评述	(99)
4-4	承载力例题	(100)
4-5	承受偏心或倾斜荷载的基础	(103)
4-6	地下水位对承载力的影响	(105)
4-7	层状地基上基础的承载力	(107)
4-8	斜坡上基础的承载力	(110)
4-9	按标准贯入试验 (SPT) 确定承载力	(113)
4-10	用圆锥贯入试验 (CPT) 数据确定承载力	(115)
4-11	承受上拔或拉力的基础的承载力	(115)
4-12	按建筑规范确定承载力 (推断承载力)	(117)
4-13	基础设计中的安全系数	(118)
4-14	岩石的承载力	(120)
第5章	基础的沉降	(123)
5-1	沉降问题	(123)
5-2	基础压力在土体内引起的应力	(123)
5-3	计算土中应力的布辛奈斯克法	(124)
5-4	计算土中应力的韦斯脱加特法	(127)
5-5	瞬时 (弹性) 沉降计算——理论	(131)
5-6	瞬时沉降——应用	(134)
5-7	计算弹性沉降的其它替代方法	(138)
5-8	层状和各向异性土中的应力与位移	(141)
5-9	固结沉降	(141)
5-10	沉降计算的可靠性	(144)
5-11	按给定沉降量或等沉降量设计基础	(144)
5-12	填土上的结构物	(146)
5-13	结构上容许的沉降及沉降差	(147)
第6章	用作地基的场地土质改良	(150)
6-1	前言	(150)
6-2	压实	(150)
6-3	预压法改良场地土层	(152)
6-4	采用薄砂垫层及砂井排水	(153)

6-5	用振动法增加土的密度	(155)
6-6	地基灌浆及化学稳定	(156)
6-7	改变地下水条件	(157)
6-8	采用土工织物改良土	(157)
第7章	设计基础要考虑的因素	(159)
7-1	基础的埋置深度和间距	(159)
7-2	挖除土的影响	(161)
7-3	基底净压力与总压力——基底设计压力	(162)
7-4	邻近流水的结构物的冲刷问题	(162)
7-5	防腐蚀措施	(163)
7-6	水位的起落	(163)
7-7	砂土层中的基础	(163)
7-8	黄土上的基础	(164)
7-9	膨胀土上的基础	(165)
7-10	粘土和粉土上的基础	(167)
7-11	生活垃圾堆场上的基础	(169)
7-12	冻结深度及永冻土上的基础	(170)
7-13	环境保护方面的考虑	(171)
第8章	扩大基础的设计	(173)
8-1	基础的分类和用途	(173)
8-2	扩大基础设计中的地基容许承载力	(174)
8-3	设计基础时采用的假定	(174)
8-4	钢筋混凝土设计——极限强度设计 (USD) 法	(175)
8-5	扩大基础的结构设计	(178)
8-6	支承板和锚栓	(187)
8-7	柱脚	(192)
8-8	矩形基础	(194)
8-9	偏心荷载下的扩大基础	(198)
8-10	不对称基础	(205)
8-11	墙基及居住建筑的基础	(208)
8-12	支承倾覆力矩的扩大基础	(210)
第9章	特殊基础及弹性地基上的梁	(215)
9-1	前言	(215)
9-2	矩形联合基础	(215)
9-3	梯形基础的设计	(222)
9-4	系梁(或悬臂梁)基础的设计	(226)
9-5	工业设备基础	(228)
9-6	地基反力模量	(234)
9-7	弹性地基上梁的经典解答	(239)
9-8	弹性地基上梁的有限元解答	(241)
9-9	桥墩	(248)
9-10	环形基础	(249)

9-11 对有限元法的几点说明	(252)
第10章 片筏基础	(255)
10-1 前言	(255)
10-2 片筏基础的类型	(256)
10-3 片筏基础的承载力	(256)
10-4 片筏的沉降	(257)
10-5 片筏基础的设计	(258)
10-6 片筏计算的有限差分法	(263)
10-7 片筏基础的有限元法	(265)
10-8 片筏与上部结构的相互作用	(272)
10-9 圆形片筏或平板	(273)
第11章 侧向土压力	(276)
11-1 侧向土压力问题	(276)
11-2 主动土压力	(276)
11-3 被动土压力	(278)
11-4 库伦土压力理论	(279)
11-5 朗金土压力	(283)
11-6 应用塑性理论确定主动与被动土压力	(287)
11-7 墙上土压力, 土中拉应力的影响, 破坏区	(289)
11-8 侧向土压力值的可靠性	(292)
11-9 土性与侧向土压力	(292)
11-10 挡墙问题中的土压力理论	(293)
11-11 侧向土压力的图解与计算机解答	(295)
11-12 弹性理论确定超载侧向压力	(303)
11-13 引起侧压力的其他原因	(306)
11-14 筒仓、谷仓及煤仓内的压力	(307)
第12章 挡墙	(315)
12-1 前言	(315)
12-2 挡墙的一般尺寸	(315)
12-3 挡墙设计中的土参数	(318)
12-4 挡墙的稳定性的	(320)
12-5 挡墙的受力	(321)
12-6 容许承载力	(328)
12-7 沉降	(328)
12-8 倾斜	(329)
12-9 重力式与半重力式挡墙的设计	(331)
12-10 墙的接缝	(334)
12-11 排水	(335)
12-12 桥台翼墙及变高度挡墙	(335)
12-13 悬臂式挡墙的设计	(336)
12-14 扶壁式挡墙的设计	(341)
12-15 地下室墙或基础墙; 居住建筑的墙	(343)

12-16	加筋土支挡结构物	(343)
第 13 章	板桩墙——悬臂式和锚碇式	(347)
13-1	前言	(347)
13-2	板桩墙设计中的土参数	(348)
13-3	板桩的类型	(349)
13-4	板桩墙的安全系数	(351)
13-5	悬臂式板桩墙	(352)
13-6	锚碇式板桩墙自由-土支承	(358)
13-7	自由-土支承法的罗氏 (Rowe) 弯矩折减	(363)
13-8	板桩墙的有限元分析	(366)
13-9	锚碇式板桩墙的撑梁和锚碇	(372)
第 14 章	基坑支撑, 锚碇及地下连续墙	(380)
14-1	基坑	(380)
14-2	支撑板或围堰上的土压力	(382)
14-3	单墙 (支撑) 围堰的常规设计	(384)
14-4	基坑周围地面下陷的估算	(388)
14-5	基坑支撑的有限元分析	(390)
14-6	基坑坑底隆起引起的不稳定性	(395)
14-7	围堰不稳定性的其他原因	(397)
14-8	施工排水	(397)
14-9	地下连续墙 (或泥浆槽) 施工	(400)
第 15 章	格型围堰	(403)
15-1	格型围堰: 类型和应用	(403)
15-2	格室填料	(406)
15-3	格型围堰的稳定性和设计	(406)
15-4	格型围堰设计中的实际问题	(414)
15-5	隔墙式围堰格室的设计	(415)
15-6	圆形围堰的设计	(418)
15-7	苜蓿叶形围堰的设计	(422)
第 16 章	单桩——静承载力和侧向荷载; 桩杆的压曲	(424)
16-1	前言	(424)
16-2	木桩	(430)
16-3	混凝土桩	(431)
16-4	钢桩	(434)
16-5	钢桩的腐蚀	(437)
16-6	确定桩的静承载力所需的土质特性	(438)
16-7	桩的静承载力	(439)
16-8	桩底的静极限承载力	(442)
16-9	桩侧阻力	(445)
16-10	桩的静承载力——举例	(450)
16-11	永冻土中的桩	(455)
16-12	用荷载传递荷载试验数据确定桩的静承载力	(458)

16-13	拉桩——支承拔力的桩	(460)
16-14	受侧向荷载的桩	(461)
16-15	全部和局部埋置桩和杆的压曲	(467)
第17章	单桩——动力分析	(471)
17-1	动力分析	(471)
17-2	打桩	(471)
17-3	打桩理论公式	(475)
17-4	其他动力公式及一般讨论	(477)
17-5	动力打桩公式的可靠性	(482)
17-6	波动方程	(483)
17-7	桩的荷载试验	(489)
17-8	打桩应力	(490)
17-9	关于打桩的一般讨论	(492)
第18章	桩基础——群桩	(495)
18-1	单桩与群桩	(495)
18-2	群桩需要考虑的问题	(495)
18-3	群桩效率	(497)
18-4	下卧层上的应力	(499)
18-5	群桩的沉降	(504)
18-6	承台	(508)
18-7	斜桩	(509)
18-8	表面负摩擦力	(510)
18-9	群桩的矩阵分析	(514)
第19章	沉箱(包括钻孔墩)	(521)
19-1	沉箱的类型	(521)
19-2	开口沉箱(沉井)	(522)
19-3	闭口或盒式沉箱	(525)
19-4	气压沉箱	(528)
19-5	钻孔墩	(530)
19-6	钻孔墩的承载力和沉降	(532)
19-7	钻孔墩的设计	(535)
19-8	承受侧向荷载的墩基	(538)
19-9	钻孔墩的检验	(539)
第20章	控制振动的基础设计	(541)
20-1	前言	(541)
20-2	振动概论	(541)
20-3	集总质量的强迫振动	(545)
20-4	振动基础的近似解答——弹性半空间理论	(549)
20-5	振动基础的集总质量解答	(553)
20-6	土的性质——弹性常数	(559)
20-7	耦合振动	(561)
20-8	桩对减低基础振动的效果	(562)

20-9 机器基础的其他问题.....	(563)
附 录.....	(565)
附录A 桩锤及桩的数据总表	(565)
A-1 H型钢桩.....	(565)
A-2 桩锤.....	(566)
A-3 钢板桩.....	(568)
A-4 钢管桩.....	(570)
A-5 预应力混凝土桩.....	(571)
附录B 计算机程序选辑	(571)
B-1 梁,侧向加载桩,板桩有限单元程序.....	(577)
B-2 筏基程序.....	(584)
B-3 三维群桩程序.....	(588)
附录C 可供选用的标准美国钢筋及米制钢筋	(588)
附录D 美国常用单位与国际单位换算表	(589)
参考文献.....	(590)

第 1 章 引 论

1-1 基础的定义及用途

所有支承在地基上的结构物，包括房屋、桥梁、土堤以及土坝、土石坝、混凝土坝都由两个部份组成。它们是上部结构和介于上部结构与支承地基之间的下部结构构件。在土堤及各种坝的情况下在上、下部结构之间常常没有一条明显的划分线。“基础”这个名词则可定义为下部结构及其邻近的岩土，这些岩石或土既受到下部结构也受到荷载的影响。

基础工程师是根据经验和所受训练能对涉及这一部份工程系统的设计课题提出解决方案的人员。在这个意义上基础工程则可定义为共同运用土力学与结构力学原理和工程判断来解决一种接口问题的科学和技艺（指工程判断而言）。基础工程师所直接关心的是影响上部结构向地基传递荷载的那些结构构件，以使地基稳定性及预估变形量都在容许范围以内。由于下部结构构件的设计几何尺寸及位置常常会对地基的响应有影响，因此基础工程师必须相当熟悉结构设计。

一项基础工程规划的组成部份中要有许多实际经验，例如：

1. 从一些野外或室内试验数据中综合看出一个工地的地质情况。
2. 组织一项充分的野外勘察及室内试验计划。
3. 尽可能经济地设计便于施工的下部结构构件。
4. 懂得实际施工方法及其一般能够达到的施工公差。

公差要求过高会对基础造价产生巨大影响。这几条要求都无法直接用数量来表达，因此需要运用大量常识。

彻底掌握土力学中关于稳定、变形和水流的各项原理是基础工程成功的必要条件。了解土体形成所涉及的各种地质过程也几乎同样重要。现在已经意识到土体的稳定和变形都与土体所受的应力历史有关。迄今将基础工程仅与土力学联系而将接口构件让给结构（或其他）工程师去处理还很常见。但最近的趋势是认识到基础工程是一种系统的课题，不象有人所倾向的那样，能将其很好地分隔化。读者在阅读本书的进程中将会证实这种看法。

过去五十年中土力学这门科学及其与地质过程的关系取得了很大的进展。然而由于土的天然变异性以及因而造成的测试问题（将在第3章详述），使基础的设计很大程度上仍靠“技艺”或运用工程判断。伴随这种判断的子集合就是要评价基础所容许的风险。

本书的主要目的是分析与设计房屋及支挡结构的接口构件以及那些专门适用于这种构

件的土力学原理。这些接口构件包括接近地面的构件,如单独基础及筏基和深构件如桩及墩。混凝土支挡结构(习称挡墙)及金属支挡结构(如板桩墙)在后面几章中讨论。土力学原理既指稳定,包括土中水的影响,也指变形分析。地基的稳定性常可用各种加固技术予以增强,最常见的是用压实,在第6章中将对这些方法中的几种较为流行的方法作简要介绍。

1-2 基础的类别

结构物(例如从最小的居住建筑到最高的高层建筑以及桥梁)的基础都是用来传递上部结构荷载的。这种从柱型构件传下的荷载其应力大小,钢柱约在140mPa而混凝土柱约在10mPa左右。而土的承载力则很少超过500kPa,更常见的是200到250kPa这样的量级。读者很快会注意到这种接口连接的材料,它们的有用工程强度差别变化可达几百倍。将这些巨大的上部结构荷载传递给土可采用:

1. 浅基础——或称单独基础、扩大基础或筏基。基础的深度一般是埋置深度 $D \leq$ 基础宽度 B (参见第4章)。

2. 深基础——有桩或墩基,其 $D > 4$ 到 $5B$ (参见第16至19章)。

任何结构物用来支承土或类似的物质如谷物、煤或矿料并使它们维持与重力作用下所自然出现的不同几何形状便都是支挡结构物。浅基础、深基础或支挡结构物以外的任何基础均可称之为特殊基础。

典型的基础类别有

1. 房屋基础(浅基础或深基础)。

2. 烟囱、无线电及电视塔、桥墩、工业设备等的基础(既可是浅基础也可是深基础)。

3. 港工或海洋结构物基础(可为浅基础或深基础,并大量采用支挡结构物)。

4. 回转、往复和冲击式机器以及透平机和发电机等的基础(可为浅基础或深基础,并可能要求控制振动)。

5. 支撑开挖或支承土体的基础构件,例如用于桥梁墩台,或支承谷物、矿料、煤等等(挡墙或板桩结构物)。

房屋基础的数量非常之多,而其他几类上部结构的基础则某种程度上建造得要少些。

1-3 基础场地及整体经济

如果要房屋使用满意,居住安全,显然基础必须牢固。其他基础也必须牢固,以期满意地及安全地完成它们的预期功能。然而房屋一般对安全与使用要求要比对其他结构物有更严格的标准——突出的例外是核工厂设施,发电透平机以及某些无线电——天线设备。核工厂的基础出于安全考虑,有极其严格的设计/性能标准。另一些基础则是安装着对微小的土变形也极敏感的很贵重的机器。

最近在发生了几起本可避免的事故并造成死亡之后,才对以土作为主要建造材料的坝工设计更加小心。应该看到土坝用到的土力学及地质原理要比大多数的基础工程问题为

多。除了上部结构的严格要求以外，地基土中的不稳定性及水流也必须认真考虑。进一步关心的问题是地基土的不可避免的变形及上部结构（筑坝填料）内的下沉。仔细注意到后一类变形可使设计者避免坝身底部开裂，从而避免管涌破坏，或者避免坝顶裂缝及连通的溢顶破坏。

几乎任何合理的结构物只要经费不受限制，总是可以造得很安全的。不巧在实际中如果曾有过这种情况则也是极少的，基础工程师总是要处在远比理想条件为差的窘境下作出决定。此外，即使错处可能会被掩埋，但错误造成的后果不会被掩盖，且能较快显示出来——而可能是在一些规定的法令失效之前出现。已经见到过这样的事例，其中基础引起的缺陷（如墙身开裂或机械装置损坏）是在几年之后才显示的，但也有事例是缺陷是在上部结构施工中或紧接其后出现的。

由于下部结构是埋藏在地下或是在上部结构下，所以在这样的部位当上部结构就位之后，如果基础缺陷发展，那么连人进入都很困难，因此设计习惯上都较保守。在这些部位设计保守1%或2%则会在投资上取得比在上部结构中为大的潜在收益。

设计人员总是面临一个什么是安全经济的设计问题，而同时又必须与不可避免的工地土质的天然不均匀性作斗争。现在这种问题又因为土地稀少，而要利用那些曾被用作垃圾填筑地，甚至更为麻烦的废料处理区而复杂化。还有另一个复杂因素是施工活动会改变土性，使它与在基础的初步分析/设计中所用者显著不同。这些因素都使基础设计变得如此主观，以致难以评价两个设计单位所会提出的完全不同的设计，但使用可能同样满意。造价往会是所选用设计的显著特点。

这个问题以及广泛不同的各种解决方案会取决于下面所列举的各点：

1. 满意及容许的沉降量是多少？将预估沉降减少15~30mm能够或应该多花费多少？
2. 业主是否愿授意进行一项充分的勘察计划？从钻孔资料看土层变化程度如何？补孔是否能切实改善基础设计方案？
3. 房屋能否用：
 - a. 造价最低的扩大基础；
 - b. 造价中等的筏基；
 - c. 造价为扩大基础几倍的桩或墩基支承在土上。
4. 基础事故会在人身安全方面造成什么后果？如果基础的性状不良会否引起诉讼？
5. 有无足够的经费用于基础？经常遇到这样的情况，即由于单是基础的造价就过大因而使工程在经济上不可行。可能会需要放弃某一场地而去另选基础造价能为业主所负担的处所。
6. 当地施工力量的能力如何？如果设计一个复杂的基础而没有人能施工，或者因设计如此与众不同，以致承包商在投标中包含了很大的“不定”因素，这都是不明智的。
7. 基础工程师处理工程的能力如何？此点虽列于最末，但并非是一项经济设计中的最不重要因素。显然工程师们与其他行业（如律师、医师、教授、木工、电工及油漆工等）一样能力是有不同的。

如果基础工程因为削减造价（实际是默认更高的风险）而引起事故，业主是会很快失去对暂时取得的经济利益的赞赏的。此时面临严重的损失和/或诉讼，在牵涉到的各方中，业主可能处于最差的精神状态中。因此应该总是记住单纯地省钱是会产生好的基础工程

的。

基础工程师应着眼于整个系统：房屋的用途，使用年限内可能出现的荷载，结构类型，土质剖面，施工方法及造价，以便使设计与业主要求相适应，并且不致影响环境过多。这就必须使所取安全系数产生的风险水平为公众与业主都能接受。

考虑到这些无把握的方面，因此对从事基础工程的人员风险与责任保险费用昂贵。为了缩减这些费用以及产生一种从若干工程商行都可以得到的设计（例如“统一”设计）正在进行积极讨论（在有些范围内已采取这种做法），让基础工程师将拟订的设计先提交一个由有资格的工程师们组成的委员会“审议”。

1-4 基础的一般要求

基础必须能满足以下各项稳定性及变形要求：

1. 埋深应足以防止基础底面下的物质向侧面挤出，对单独基础及筏基尤为重要。
2. 埋深应在冻融及植物生长引起的季节性体积变化区以下。
3. 体系在抗倾覆、转动、滑动或防止土破坏（抗剪强度破坏）方面必须是安全的。
4. 体系对土中的有害物质所引起的锈蚀或腐朽方面必须是安全的。在利用垃圾堆筑地时及对有些海洋基础这点尤为重要。
5. 体系应足以对付以后在场地或施工几何尺寸方面出现的某些变化，并在万一出现重大变化时能便于变更。
6. 从设置方法的角度看基础应是经济的。
7. 地基总位移量（一般指沉降）及差异位移量应既为基础构件也为上部结构构件所容许。
8. 基础及其施工应符合环境保护标准的要求。

1-5 基础类型选择

表1-1中所示不同基础类型在以后各章还将详细讨论。然而在此列举一些类型及其可能的用途仍将是有益的。在有地下水的地方，如水位在单独基础（或开挖）深度以下一般认为不会引起什么问题。如地下水位于施工范围内则须抽水降低水位，采用灌浆或混凝土防渗帷幕墙、钢套筒或其他合适方法。

当排出地下水或在水位以下施工因此地下水可能被污染，一般涉及到要向有关政府机构申请批准以减轻对环境影响。

1-6 SI制及FPS制

本教材将同时采用英尺-磅-秒（FPS制）及国际（SI）制单位。SI制是既指一般采用的，也指“推荐采用”的。习题或用SI制或用FPS制互不混杂。文中任一种单位都可能用到，但相应的另一种单位的数值不象一些出版物那样将其放在括号内列入。采用这种方法要求同时以两套单位思考将会帮助读者从FPS制向SI制过渡。

各种基础类型及典型用途

表 1-1

基础类型	用途	适用的土质条件
扩大基础,基础墙	单独柱、墙、桥墩	所加荷载下承载力足够时的任何情况。可用于单一土层;有硬层覆盖的软层;或软层覆盖于硬层上。要校核瞬时、固结沉降和差异沉降
筏基	同扩大基础及基础墙。极重的柱荷载。一般用以减小差异沉降及总沉降量	一般土的承载力值低于扩大基础所需;如用单独基础覆盖面积已超过房屋面积的一半。要验算沉降量
桩基础、摩擦桩	以桩群(不少于两根)支承重的柱及墙荷载;须用承台	表层及附近土质不好,承载力高的土层在地下室或地面下20~50m但将荷载沿桩侧分布则土的强度足够,侵蚀性土可能要求采用木桩或混凝土桩
端承桩	以桩群(不少于两根)支承重的柱及墙荷载;须用承台	表层及附近土质不好(端部支承在其上的)承载力高的土层在地面下, 8~50m
墩式基础(墩身直径为75cm以上)一般为端承或端承加侧表面摩阻力	比桩所能支承的柱荷载更大,但可省去承台,墩身可视为柱子的延伸	表层及附近土质不好,(端部支承在其上的)承载力高的土层在地面下, 8~50m
挡墙、桥台	永久性支挡结构	任何土类,但在墙后一定范围内(第十一、十二章)一般应按要求控制回填土质量
板桩结构物	临时性支挡结构,例如基坑开挖、临水结构、围堰	任何土类,临水结构可能需要特殊合金或防腐保护,围堰须控制填料

推荐采用将限于一些质量及压力单位。理由是大多数土工试验室的设备(如台秤、压力表、分厘卡等等)都是耐用设备,很少的试验室(甚至在采用SI制的国家内)才有这种真正的SI制设备。

本书中密度将作为质量单位 $[\text{kg}/\text{m}^3$ 、 kg/cm^3 或 g/cm^3 及 $\text{lb}/\text{ft}^3(\text{pcf})$]。单位重则作为力的单位以磅或千磅/英尺³或千牛顿/米³(kN/m^3)计。在SI制中如果不是全部也至少绝大多数的土的指标是采用千牛顿单位。这是因为牛顿单位太小而兆牛顿(除非是钢及混凝土应力)又太大。

采用 kN 则土中粒间压力及承载量将为 kN/m^2 (千帕, kPa)。在FPS制中相应的压力单位为千磅/英尺²(kSF)。

一组值得记住并很有用的将以 g/cm^3 计的质量密度换算为 kN/m^3 或 pcf 的系数是:

$$1 \text{ g}/\text{cm}^3 = 9.807 \text{ kN}/\text{m}^3 \text{ (实为 } 9.80655, \text{ 已舍入)}$$

$$1 \text{ g}/\text{cm}^3 = 62.4 \text{ pcf}$$

$1 \text{ kSF} = 47.88 \text{ kPa}$ (一般应用可简化为 50 kPa)。水的单位重是 62.4 pcf 或 $9.807 \text{ kN}/\text{m}^3$ 而其密度为 $1 \text{ g}/\text{cm}^3$ 或 $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。土的单位重正常变化范围约在

$$\text{FPS制: } 90 \sim 130 \text{ pcf}$$

$$\text{SI制: } 14 \sim 21 \text{ kN}/\text{m}^3$$

注:若单位重 γ 值精确到 0.1 pcf ,则相应地亦应精确到 $0.01 \text{ kN}/\text{m}^3$ 。

以往在现场及某些试验室试验中均广泛采用FPS制的荷载为吨,压力为吨/英尺²。这是因为如果采用1吨为2000磅,则广泛采用的欧洲单位 $1 \text{ kg}/\text{cm}^2$ 非常接近1吨/英尺²(见