

土壤力学地基及基础

丘勤宝 屈智炯 编著

科学技术出版社

土壤力学地基及基础

丘勤宝 屈智炯 編著

科学出版社

內 容 提 要

本書根據多种苏联有關土壤力学和基礎工程書籍中的先進資料編寫而成。体系完整，理論与實際完全一致。書中所舉的設計实例均符合目前政府業已採用的苏联規範和標準。

全書共分十一章，詳述土壤分類、应力分佈、沉陷、承載、土坡穩定、土壤压實、土压力、淺基、深基、人工地基和橋基、大孔土地基、机器基礎和地震區基礎等。

本書適合大学土木及水利工程系科作為教學用書，亦可供实地工作的工程師學習先進經驗時作為參考用書。

土 壤 力 学 地 基 及 基 礎

編 著 者 丘 勤 宝 風 智 炯

*

科 学 技 術 出 版 社 出 版

(上海建國西路336弄1号)

上海市書刊出版業營業許可証出 079 号

中科藝文联合印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書号：15119·304

(原中科版印3,500冊)

開本 850×1168 耗 1/32·印張 14 3/8·插頁 3·字數 314,000

1956年8月新1版

1957年3月第2次印刷·印數 2,501—6,500

定價 (10)2 30 元

序

在祖國開展大規模的重工業和水利技術建設的今天，土壤力學地基及基礎已體現了特殊的重要性。許多建設工程，例如水力樞紐，隧道，道路鐵路的路基，工業建築物基礎等，大多都是建築在具有複雜的地質和水文地質條件的天然地基上，而且在許多工程中需要把天然土壤作為土工建築物的材料，所有這些就使土壤力學地基和基礎領域中的工作同志們擔負着一個新的重大而又光榮的任務。

解放五年來，在黨和毛主席的正確領導下，祖國學者和工程師們在偉大建設的實踐中，努力學習蘇聯先進知識和經驗，從事研究和解決建設中所面臨的困難問題，這就促使這門科學飛躍前進，同時由於這門科學在實踐中成功的應用也將促使祖國的社會主義建設工程更快地和更經濟地實現。

這門科學雖是年輕的科學，但蘇聯學者能在短短十多年內在這門科學中作出偉大的貢獻和取得世界上領導的地位，是與社會主義優越的制度分不開的，同時由於蘇聯學者們根據着唯物辯證法去進行這門科學的研究，因而使這門科學獲得了新的創造性的發展，例如蘇聯學者們根據地層的地理環境和其存在的自然歷史條件去研究天然黏土的性質，進而對地層內膠體化學現象及黏合水的性質作出了詳細的分析，修正了一系列的概念，確定了某些計算理論的應用範圍。我們在偉大的社會主義建設中，不僅要學習蘇聯的先進知識和經驗，而且更要學習蘇聯學者們用唯物辯證法去研究和分析問題。這樣這門科學在我們祖國必定會在實踐，認識，

再實踐的循環提高過程中不斷進步，使達到更完善地爲社會主義建設而服務。

本書編寫的目的是想扼要介紹蘇聯在土壤力學地基及基礎方面的系統基本理論，以供土木、水利系各專業的土壤力學地基及基礎課程的參考書。本書內容主要是參考下列幾本蘇聯教材：

К.С. Ордуянц: Фундаменты железнодорожных сооружений,

Н.Н. Богословский: Основания и Фундаменты,

Н.А. Цытович: Механика грунтов,

П.П. Смиренкин: Основания и Фундаменты.

編寫的方式主要是按照上列第一本書，但它的主要內容是地基和基礎，土壤力學部份比較簡略，我們參考了上列第三本書的材料，結合祖國建設的需要和編者在教學中的一些體會作了些擴充，把鬆散體的三個規律中的壓密定律和摩擦定律分別結合在地基的沉陷和土壤強度與極限平衡中去敘述，這是爲了使土壤力學的力學性更好地連繫在地基的實際問題上，此外還把土坡穩定，土壤壓實及土壤側壓力結合在一起，突出成爲一章。這是因爲它們間有密切的連繫，而且在實際應用中也是不能缺少的一個重要部份，教師可根據教學大綱酌予取捨。第八章至十一章爲本書的基礎工程部份。在第八章中關於基坑支撐的土壓，我們採用了捷塔略夫經驗土壓曲線代替了郎金主動土壓曲線，對於被動土壓也介紹了阿尼西莫夫所著水工建築物地基及基礎書中關於土壓最新理論係數的應用。在第十章中參考了蘇聯最新研究的成果和編者的體會，對羣樁的承載量作了些分析。在第十一章中機器基礎部份是偏重於一般概念，並根據規範編有透平發電機基礎計算的附錄 IV，以

供參考。

由於編者的政治修養和俄文水平很低，因而對蘇聯的學習和體會是不夠全面深入的，這本書的編寫祇是在教學改革過程中學習蘇聯，同時結合我們的具體情形編寫教材的一個嘗試，需要提高和改正的地方必定很多，希望讀者們提出寶貴意見。

編者對於參加原稿和各部份提供很多有益指正的我組同志們表示衷心的感謝。

丘勤寶 屈智炯

一九五四年七月成都工學院

土壤力學，基礎及地質教研組

主要符號說明

<i>A</i>	係數	<i>K</i>	係數
a_v (公分 ² /克)	豎向壓縮係數	K (公分/秒)	滲透係數
<i>B</i>	稠度係數	K_A	主動土壓係數
<i>b</i> (公分)	寬度	K_P	被動土壓係數
<i>c</i> (克/公分 ²)	黏聚力(黏力)	<i>L</i> (公分)	長度
c_v (公分 ² /秒)	固結係數	<i>M</i> (克-公分)	力矩
<i>D</i>	相對密度, 密實度	<i>N</i> (轉/分鐘)	機器迴轉數
<i>d</i> (公分)	顆粒直徑, 樁徑, 距離	<i>N</i> (克)	正交力
d_{10} (公分)	有效直徑	<i>N</i>	墜擊數
<i>E</i> (公斤/公分 ²)	彈性係數	<i>n</i>	隙度, 孔隙率
E_s (公斤/公分 ²)	形變模數或壓縮模量	<i>P</i> (克)	總壓力
<i>e</i>	孔隙比	P_A (公噸/公尺)	主動土壓力
e_m	大孔隙比	P_P (公噸/公尺)	被動土壓力
<i>F</i> (公分 ²)	面積	P_w (公噸/公尺)	靜水壓力
<i>f</i>	摩擦係數	p (公斤/公分 ²)	基礎底面下壓力強度
<i>G</i>	飽和度	p_{kp} (公斤/公分 ²)	臨界荷重
G_D (克/公分 ³)	動水壓力	p_{np} (公斤/公分 ²)	極限荷重
<i>g</i> (公分/秒 ²)	重力加速度	p_0 (公斤/公分 ²)	淨壓力
<i>H</i> (公分)	地層深度	<i>Q</i> (克)	總體積重量
H_c (公尺)	臨界高度	Q_s (克)	土粒總重量
<i>h</i> (公分)	砌置深度	Q_w (克)	水分總重量
h_c (公分)	毛管水水頭	q (公斤/公分 ²)	自重壓力
Δh (公分)	位差(水力)	q (公斤)	樁身自重
<i>i</i>	水力坡	q_u (公斤/公分 ²)	無側限壓力強度

R (公斤)	反力	β (度)	角度
R (公斤)	樁之極限荷重	γ (克/公分 ³)	單位容重
R_a (公斤)	樁之許可荷重	γ_w (克/公分 ³)	水之單位容重
r (公分)	半徑	γ_H (克/公分 ³)	濕土單位容重
S (公分)	沉陷量	γ_o (克/公分 ³)	乾土單位容重
S_o (公分)	樁之沉陷或穿入量	γ_e (克/公分 ³)	水中土壤單位容重
s (公斤/公分 ²)	抗剪強度	Δ	土粒比重
T (秒)	週期	Δ_o	水之比重
t (秒)	時間	δ (度)	角度
U	固結度, 固結百分數	ε	納氏對數之底
U_H	不均勻係數	η	安全係數
u (公分)	樁週週長	η (達因-秒/公分 ²)	黏滯係數
V (公分 ³)	總體積	θ (度)	角度
V_a (公分 ³)	空氣體積	λ	應變
V_s (公分 ³)	土粒體積	μ	泊松(Poisson)比
V_w (公分 ³)	水分體積	ν	集中因數
V_v (公分 ³)	孔隙體積	σ (公斤/公分 ²)	正交應力
w	含水量	σ_{don} (公斤/公分 ²)	許可耐壓力
w_L	液限	σ_h (公斤/公分 ²)	天然地面下 h 深處地 基
w_p	塑限		土壤之許可耐壓力
w_c	縮限	τ (公斤/公分 ²)	剪應力
w_n	塑性指數	ϕ (度)	內摩擦角
α (度)	角度		

目 錄

序.....	i
主要符號說明.....	vii
第一章 緒論.....	1-8
1-1 土壤力學的任務和內容.....	1
1-2 基礎及地基.....	3
1-3 土壤力學及基礎工程發展	1-4 本課程的要求, 學習方法... 8
第二章 土壤及其主要性質.....	9-43
2-1 土壤的成因及組成.....	9
2-2 土壤中的水分.....	12
2-3 土壤物理特性的基本指標 與相互關係.....	15
2-4 砂土的相對密度.....	21
2-5 黏土的稠度.....	22
2-6 土壤的顆粒分析.....	24
2-7 土壤的工程分類.....	28
2-8 土壤的滲透性.....	33
2-9 滲透係數的測定.....	34
2-10 動水壓力; 流砂和管湧.....	36
2-11 土壤的凍結與融化.....	39
	複習問題..... 41
第三章 地基勘測.....	44-61
3-1 地基勘測的目的.....	44
3-2 地基勘測的種類.....	45
3-3 地基勘測方法——鑽探 法.....	48
3-4 觸探法.....	51
3-5 探井法.....	54
3-6 原狀土樣採取法.....	55
3-7 地基勘測所得資料的整理 和土壤試驗的報告.....	57
	複習問題..... 60
第四章 地基中壓應力的分佈.....	62-86
4-1 概說.....	62
4-2 基礎底面的壓力分佈 ——接觸壓力.....	63
4-3 基底下土壤中應力.....	67
4-4 集中荷重下半無限體中應 力.....	70
4-5 面荷重下半無限體中應力.....	73
4-6 土壤中壓力分佈的近似法.....	81
4-7 土壤的自重應力計算.....	84
	複習問題..... 85

第五章 地基的沉陷.....87-127

- | | |
|--|---------------------------------|
| 5-1 總論.....87 | 5-7 施工時期沉陷曲線的決定 116 |
| 5-2 土壤的壓縮性，壓縮係數..88 | 5-8 沉陷與壓縮時間的近似方法..... 118 |
| 5-3 土壤無側伸縮時，用 $e-p$ 壓縮曲線估計地基沉陷量方法.....91 | 5-9 用換算層計算最終沉陷量的方法..... 119 |
| 5-4 有橫向變形時，用 Висс 法決定土層的最終沉陷量..94 | 5-10 計算沉陷、許可沉陷及許可沉陷不均勻..... 125 |
| 5-5 地基總沉陷量的計算.....96 | 複習問題..... 126 |
| 5-6 沉陷與時間的關係..... 101 | |

第六章 土壤的強度、承載量與地基的穩定..... 128-172

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 6-1 土壤的抗剪強度..... 128 | 定地基的承載能力.... 143 |
| 6-2 莫爾應力度及其對土壤應力的應用..... 131 | 6-7 根據規範決定土壤的承載能力..... 155 |
| 6-3 剪力試驗..... 135 | 6-8 計算沉陷與許可沉陷的比較方法..... 159 |
| 6-4 承載能力與地基穩定的概念..... 139 | 6-9 工地荷重試驗..... 162 |
| 6-5 塑性平衡區的發展及臨塑荷重..... 141 | 6-10 基礎砌置深度的決定.... 164 |
| 6-6 從塑性平衡的臨界荷重決定地基的承載能力.... 143 | 6-11 基礎的設計步驟..... 169 |
| | 複習問題..... 171 |

第七章 土坡、土壤的壓實及土壤側壓力..... 173-238

- | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| 7-1 土壤的穩定..... 173 | 7-9 填基的分層壓實方法及工地土料水分和密度的控制..... 198 |
| 7-2 瑞典法或分段法..... 174 | 7-10 擋土結構上的土壓力.... 207 |
| 7-3 瑞典法的圖解..... 180 | 7-11 耶金土壓理論..... 208 |
| 7-4 ϕ 圖法——台氏圖解法.. 181 | 7-12 庫倫理論..... 219 |
| 7-5 郭磊德許建教授方法.... 188 | 7-13 庫倫理論圖解..... 224 |
| 7-6 滑坡壓力的決定..... 192 | 7-14 黏性填土的圖解法..... 231 |
| 7-7 土壤壓實對土坡和土工建築物穩定的重要性.... 194 | 複習問題..... 237 |
| 7-8 最大密度與最優含水量的壓實理論..... 195 | |

第八章 天然淺基的設計與施工..... 239-292

8-1 概論.....	239	算.....	251
8-2 剛性淺基.....	244	8-5 基坑和基坑的支撐.....	254
8-3 中心荷重下剛性淺基的計 算.....	246	8-6 基坑的圍護和排水.....	259
8-4 偏心荷重下剛性淺基的計		8-7 積水地區建造天然地基..	278
		複習問題.....	291
第九章 天然深基的設計與施工.....	293-334		
9-1 概論.....	293	9-7 氣壓沉箱的構造和設備..	318
9-2 沉井.....	296	9-8 氣壓沉箱施工要點.....	321
9-3 沉井的組成部分及其構造 問題.....	298	9-9 氣壓沉箱的計算.....	325
9-4 沉井的計算.....	301	9-10 沉箱病的防止——氣壓沉 箱的保安規則.....	330
9-5 沉井的施工要點.....	308	複習問題.....	333
9-6 氣壓沉箱.....	315		
第十章 人工地基與樁基.....	335-373		
10-1 人工地基.....	335	10-5 基樁台及樁基作用力的計 算.....	359
10-2 樁的分類和特性.....	337	10-6 樁基的設計.....	365
10-3 打樁和打樁設備.....	346	複習問題.....	372
10-4 基樁的許可載重能力..	350		
第十一章 特殊基礎.....	374-412		
(一)大孔土地基		11-6 機器基礎和地基設計的原 理.....	392
11-1 大孔土.....	374	11-7 各種機器基礎在設計上的 特殊要求.....	397
11-2 黃土.....	378	(三)地震基礎	
11-3 大孔土地基的壓縮沉陷計 算實例.....	379	11-8 地震的一般性質及分類..	404
(二)機器基礎		11-9 地震區的基礎.....	406
11-4 機器基礎的振動.....	383	11-10 地震對土坡穩定的影響..	410
11-5 振動荷重和撞擊荷重對於 土壤的影響.....	390	複習問題.....	412
附錄一 工業與民用房屋及構築物天然地基設計標準及技術 規範 (Нн ТУ-6-48)	413		
附錄二 橋隧建築物基礎下土壤的容許承壓力(Типм-47)規範	427		
附錄三 (a)黏土之許可承載量(б)浮筏砂基之許可承載量..	429		
附錄四 透平發電機基礎設計例題.....	431		

第一章

緒論

1-1 土壤力學的任務和內容 我們人類生活在地球上，凡有關我們福利的一切建築物都不能超越地面。建築物有的如房屋、橋梁和水工結構物等是建在地面，有的如隧道、涵溝等是建築在地下，有的如壩堤、壩基等則是用土築成的，所以沒有一個完整的土木和水利工程不和土壤、岩石直接發生關係，也沒有一個完整的土木和水利工程不需要可靠的土壤資料來決定設計和施工條件的。

岩石具有很大的強度，對於建築物的性能可用理論力學的法則確定。但土壤不是連續體而是由許多單獨固體顆粒組成的鬆散體，易壓縮，易被水滲透，且顆粒間易互相移動而生摩擦力。同時土壤又是一種很複雜的物質，由於生成原因、運積情形、組織成份以及含水多寡的不同，性質也隨之有很大的變化。因此，在天然地層中，決難找到兩處性質完全相同的土壤，即使在同一土層中，相距數尺，其性質亦可能有很大的差異，故對土壤的性質，必須經過科學的試驗、研究和瞭解，才能保證建築物安全而不致遭到意外的損失。

土壤力學就是運用理論力學的法則（彈性、塑性及流體規律）及實驗方法所確定的關係（壓密、滲水及摩擦等定律）去研究和解決土壤與工程有關問題的一門科學，例如土壤對建築物和基礎的一切物理與力學性質，以及土壤受荷重情形下內部所發生的各種反應和作用等。但土壤力學的主要任務是研究鬆散顆粒體規律，土

壤受外力後引起變形及平衡的規律而應用於基礎、堤壩、土工結構、擋土結構、公路、鐵路、機場、隧道等的設計與施工。故土壤力學的內容爲：

(一) 土壤的特性問題：

- (1) 土壤的物理性質，壓縮，滲透及摩擦定律；
- (2) 土壤的鑑定；
- (3) 土壤特性的試驗方法。

(二) 應力與變形問題：

- (1) 壓應力的分佈；
- (2) 建築物的沉陷；
- (3) 填土及土壩的變形；
- (4) 擋土建築物側向壓力分佈及位移；
- (5) 隧道及涵洞的壓力分佈。

(三) 平衡問題：

- (1) 土坡的穩定；
- (2) 擋土牆及擋土板樁的土壓；
- (3) 明壟支撐土壓；
- (4) 基腳、樁、公路及機場跑道的承載量。

近二三十年來由於大型土木水利工程的发展，土壤力學亦跟着發展成爲有系統的新科學，但有許多問題還未能解決，而且有許多結論和原理，在現階段還是有條件的，應用在實際計算中，祇能得到近似的解答。這是因爲我們目前還沒有完善的方法解決土壤中複雜的膠體化學作用，而還祇能把土壤視作顆粒組成的“粒骸體”的緣故。由於近代結構物施於基地的荷重在逐漸提高中，迫使我們需要深入研究和試驗土壤的物理和工程性質，從而研究如何利

用人工方法去處理土壤和改變土壤性質，以適合實際工程的特別需要。

1-2 基礎及地基 任何建築物都得砌置在地上，而基礎是建築物的一部分，用來承受上部建築物的重量和作用的荷重，並把它們安全地傳佈到下面的地層中去。承受全部建築物重量及其上面荷重的基礎下的全部地層，叫做地基。圖 1-1 示一個建築物的基礎

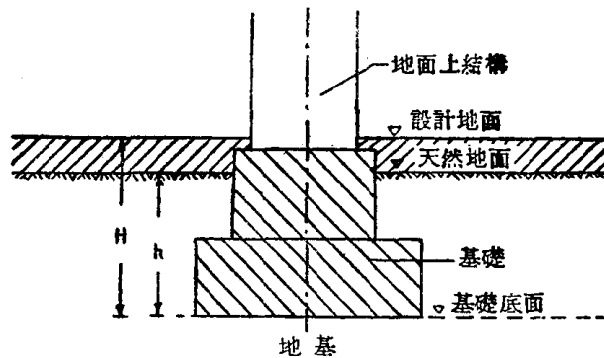


圖 1-1 基礎及地基

和地基佈置圖。天然地面往往與設計地面不在同一水平面上。若 H 為設計地面至基底的深度， h 為天然地面至基底的深度，則實際上可能有下列三種情形：

- (1) $H > h$ ，施工時必須填土；
- (2) $H < h$ ，施工時必須挖土；
- (3) $H = h$ ，設計地面與天然地面相合。

基礎和地基的設計和施工，在一般情形下，大概是按照下列程序進行：

1. 在施工地點作地質及水文地質的研究，以明其下地層和地下水的情形。

2. 施工地點土壤的試驗研究,例如土樣的分析、荷重試驗等。
3. 根據施工地區地質、水文地質和地基土質的物理、工程性質等資料,選定基礎的砌置深度、地基的體系、許可壓力和施工方法。
4. 基礎及地基的設計。
5. 基礎和地基的施工。

圖 1-2 示土壤力學地基及基礎與其關於工地應用的概要,由此可更清楚地說明土壤力學及基礎的關係與其相互作用。

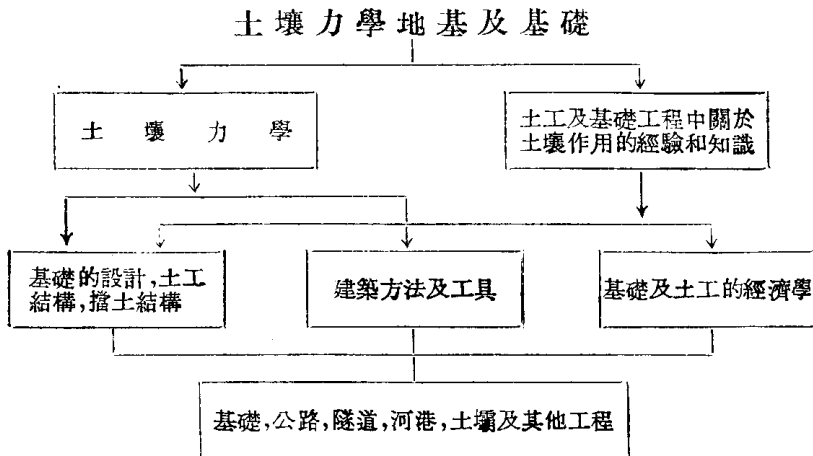


圖 1-2

1-3 土壤力學及基礎工程發展簡史 和我國在此新科學方面的經驗和發展 遠在 1773 年,庫倫⁽¹⁾便發表了土壓力和土壤的抗剪強度的理論,其後郎金⁽²⁾於 1875 年相繼發表了著名的土壓理論,這兩個理論稱為古典土壓力理論。在 1869 年俄國便有了很好的卡洛維幾⁽³⁾所寫的地基和基礎專書,庫舊莫夫⁽⁴⁾教授在 1889 年使用模型研究基礎下陷時地基內土粒移動情況。1917 年格爾塞萬諾

(1) Coulomb

(2) Rankine

(3) Карлович

(4) Курдюмов

夫⁽¹⁾教授的著名打樁公式發表，有着特殊的貢獻。到了 1925 年泰沙基⁽²⁾的德文土壤力學出版，土壤力學便漸發展為重要的科學了。當時歐美學者卡沙卡蘭德⁽³⁾、柯格臘⁽⁴⁾等對土壤力學及基礎工程曾有過卓越的貢獻。可是十月革命以後，隨着社會主義建設的蓬勃開展，土壤力學及基礎工程方面的成就是很偉大的，蘇聯學者對於土壤科學的發展是有着決定性的貢獻，格爾塞萬諾夫教授在 1931 年發表的名著“含水土體動力學原理”，奠定了土壤力學新的部門的基礎，茨多維赤⁽⁵⁾教授的永久凍土力學原理和阿別列夫⁽⁶⁾的大孔性土壤力學理論，在其他各國的著作中是找不到的。俄國是鋼筋混凝土和木質沉箱的發源地，蘇聯在沉箱施工的保安技術上的成就是資本主義國家所做不到的。關於特殊基礎和人工地基方面，蘇聯更是居於領導地位的。由以上發展簡史說明，蘇聯學者在土壤力學及基礎方面的巨大成就，如同在其他科學部門一樣，是與他們使用唯一科學的唯物辯證方法從事科學研究的特點分不開的，是與蘇聯優越的社會主義制度分不開的。

在文化悠久的偉大祖國，智慧勞動的祖先，在建築方面和土工方面早就有着偉大的創造。遠在二千五百年以前，我國歷史就有隧道建築的記載，“自平地下斜，以入塋壙者，天子之葬用之。”這雖是農奴統治階級——皇帝陵墓防盜竊的地下建築，但這是我國古代人民對地下建築的創作。我國古代人民對於地面建築工程的偉大創造更是世界聞名，著名的萬里長城、首都的古宮、天壇，和分佈全國各地的古代建築和橋梁，都證明我國勞動祖先在這方面的鉅大成就。

(1) Н.М. Герсеванов (2) Karl Terzaghi (3) A. Cassagrande

(4) F. Kögler (5) Н.А. Цытович (6) Ю.М. Абелев

在水利工程方面利用土壤的成就更足以說明我國古代人民對於土工有豐富的知識和經驗。早在二千多年前,就已經在旱潦和航運阻礙的鬥爭中,表現了開鑿渠道、建築堤壩等優良技術。有名的大運河工程是公元前五世紀就開始的。另外一條古老(公元前三世紀)而富有意義的運河,位於廣西興安附近,聯絡湘桂二江,也是連接長江和珠江流域水運交通的樞紐。運河長 30 里,設 36 個陡門,蓄水行舟,包括許多複雜的土方工程。又如公元前三世紀,歷史著名的灌溉渠道鄭國渠,長三百多里,引導涇水用來灌田。

此外在防洪築堤方面,我國很早就有過偉大而輝煌的成就,其中分層夯實的築堤技術,更是古代勞動人民的智慧與經驗的寶貴總結。

近百年以來,我國在封建制度和帝國主義雙重壓迫之下,科學技術進展甚緩,尤以土壤力學為甚,更因反動政府的不加重視,技術上完全依賴各帝國主義國家,而一般學者祇知盲目的學習歐美資產階級的一套,理論與實際脫離。解放後在偉大的中國共產黨和毛主席領導下,全國各方面的建設都在突飛猛進,在經濟建設和國防建設方面更是獲得了輝煌的成就。在政府重視下,土壤科學有了巨大的發展,而且隨着大規模建設的需要,在技術上完全接受了蘇聯關於土壤技術的先進經驗和知識,土壤力學和基礎科學有了很大的進步。如大家所熟知的偉大治淮工程中的潤河集分水閘工程,由於蘇聯專家的建議,利用浮筏基礎和上游黏土鋪底代替了基樁和板樁,不但節省了很多的費用(節省 10 公尺長木樁萬餘根及以千噸計的鋼板樁),而且還大大地縮短了施工時間。其他如築壩、建閘、修路、築港、建廠的許多工程中,我們都可以看到採用蘇聯先進技術和在蘇聯專家的幫助下得到了輝煌的成就,為國家節