

基本鉅藏
131067

工程地質与水文地質 土层探驗



李 鉅 編 著

地質出版社

工程地質与水文地質 土 层 探 驗

李 鉦 編著

地 質 出 版 社

1957·北 京

本書是為了設計建築物地基而進行地質勘测工作的主要部分——土層鑽探——而編的。適用於田野、丘陵地、城市、河道及海底等土層鑽探。

本書可供地質勘测技術人員和技術工人參攷；並可供初做土層鑽探工作者學習之用。

全書共分四章：第一章介紹了鑽探及取樣的設備、適用範圍及其強度的計算；第二章介紹了鑽探及取樣的方法；第三章介紹了鑽探的附屬工作；第四章介紹了鑽探資料的整理方法。全書中較新的內容有水上鑽探、活寒揚水法、用視線斜角投影法繪地質圖等；並對流砂的形成及有效鑽探做了闡述。

工程地質與水文地質 土 層 探 驗

編 著 者	李	鉦
出 版 者	地 質 出 版 社	
	北京宣武門外永光寺西街3號	
	北京市書刊出版業營業許可證出字第050號	
發 行 者	新 華 書 店	
印 刷 者	地 質 印 刷 廠	
	北京廣安門內教子胡同甲32號	

編輯：康宏圖 技術編輯：張華元 校對：曹次民
印數(京)1—1,860冊 1957年10月北京第1版
開本31"×43¹¹/₃₂ 1957年10月第1次印刷
字數 50,000 印張2³/₈ 插頁2
定價(10)0.37元

目 錄

緒 論	5
一、鑽探及取樣的設備	10
(一) 鑽架的布置	10
(二) 鑽船的布置	15
1. 單船的佈置	16
2. 双船的佈置	16
(三) 鑽探机械及工具	17
1. 套管及其附件	17
2. 鑽桿及其附件	20
3. 絞車及鋼絲繩	22
4. 接卸及提引工具	24
5. 各種鑽頭	26
6. 取樣器之選擇及種類	28
二、鑽探及取樣的方法	33
(一) 陸地鑽探	33
1. 開孔的方法	33
2. 粘性土層中之鑽進	34
3. 砂層中之鑽進	35
4. 几項特殊的施工措施	40
(二) 水底鑽探 (在露天水体中鑽探)	43
(三) 試樣的採取	44
1. 粘性土樣的採取	44
2. 鬆散及流動性土樣的採取	47
3. 标准貫入試驗	47
三、鑽探的附屬工作	50

(一) 鑽探过程中的水文地質观测	50
1. 地下水位及水溫的測定	50
2. 簡易揚水法	52
3. 地層湧水量的測定	53
4. 水樣的采取	54
(二) 地層的記載与野外描述	55
1. 地層的記載	55
2. 土的分类及野外鑑別	58
(三) 鑽探文件及試樣的保管	60
1. 鑽探文件	60
2. 試樣的保管与維護	61
(四) 水上鑽探的注意事项	62
四、鑽探資料的整理	63
(一) 一般地基探驗应繪制的圖表	64
1. 鑽孔柱狀剖面圖	64
2. 綜合柱狀剖面圖	64
3. 地質剖面圖(用軸綫斜角法繪立体圖)	66
4. 借立体圖估算地層的局部傾角	69
(二) 为了特殊需要而繪之圖表	71
1. 地下水位等高綫圖	71
2. 岩性露头平面圖	72
3. 标准層面等高綫圖	73
4. 一定深度下土層切面圖	73
参考文献	75

緒 論

为了選擇适宜于建筑的地基及取得有关設計所需要的原始資料；在設計前应進行土的地質勘測工作。

在苏联建筑部制定之工業与民用建筑物地基土的勘測暫行規範（TY-107—53/建筑部）中，指出了進行地質勘測的程序和方法。

進行地基土的勘測工作，一般有下列各項：

（1）調查以往在建筑区域以內及附近地区的地質勘測方面的資料；了解附近地区建筑物建成后的情况；

（2）地質調查：包括工程地質及水文地質的調查；

（3）土層的探測：利用簡單方法触探，利用探井、鑽孔方法采取土样等；

（4）土的試驗室分析；

（5）土的工地載荷試驗。

進行以往的資料調查时，除一般的地質情况外，还應該調查附近建筑的沉陷情况、地下水的重要变化、經過回填的河道及池塘上建筑物的現狀等。

地質調查工作应由地質工作者進行，多利用观查方法來描述地層的天然形成歷史及現況。往往調查工作不僅在建筑地区內進行，必要时尚需在附近地区進行。

以上兩項工作完成后即可進行布置探井及鑽孔的位置及深度，确定探測工作的数量。如果以上兩項工作做得很好时，可以合理地布置探測工作。

地基探測工作可分为初步的及詳細的探測。初步探測工作主要是了解拟建区域之地質構造及水文地質条件，鑽孔的

布置可沿着与主要的地貌單元相垂直及平行的方向，設置方格狀鑽孔網（正方形的或矩形的格子），鑽孔即在格子的交点上；为了减少鑽孔的数量，可采用逐行相間布置法，即在方格的四角点及对角綫交点各布置鑽孔一个（俗称梅花狀鑽孔布置法）。

初步探測鑽孔的数量及間距随当地的地質構造之复雜程度而定：

（1）簡單地区：該地区的地質構造正常，土層係均質的按走向而言呈水平狀層理；沒有特殊的滑坡、喀斯特、下沉及建筑物發生很大变形的現象。則沿每一公里方向綫布置5个鑽孔。

（2）中等复雜地区：地質構造各不相同，土層呈不整合的透鏡体、楔形体与水平層相接触；有規模不大的局部的滑坡和冲刷；建筑物的变形不大。則沿每一公里方向綫布置10个鑽孔。

（3）复雜地区：地質構造复雜，土係非均質的，多为透鏡体、波狀及楔形体的夾層；滑坡、喀斯特、下沉等現象很發育；建成的建筑物常有变形的發生，并有变形很大者。則沿每一公里方向綫布置15个鑽孔。

在已經有地質勘測資料的地区，祇鑽檢驗孔即可。

初步探測之鑽孔深度可按下列情况决定：当基岩埋藏不深时，鑽孔应穿透近代及第四紀沉積土層到达基岩的風化層，并鑽進風化層1—2公尺；当基岩埋藏很深时，鑽探深度根据实际情況决定，但不得小于10公尺及大于30公尺（但大型的建筑物如水工建筑物例外）。

初步探測工作应保証查明地層的走向与傾斜，並能夠合理地繪制地質剖面圖。

詳細的地質探測即所謂地質技術勘探工程的鑽孔布置法如下：

鑽孔數量根據建築平面圖上建築物的尺寸及地基的地質構造之複雜程度而定，每一建築物範圍內不少於3個；在最簡單的地質構造區域，且有以往的資料時則祇布置一個。

鑽孔間距在簡單地區可為100公尺；中等複雜地區為50公尺；複雜地區不得超過25公尺。

鑽孔深度取決於地層的性質、基礎的大小及建築物的重量。對工業與民用建築物地基鑽孔的深度，應穿過土的全部受壓層。受壓層的深度按 ННТУ—127-55 的公式：

$$\sigma_z \leq 0.2\gamma H$$

式中：

H —受壓層的深度；

γ —土的單位容重；

σ_z —某深度處（受壓層底部）土的應力。

如在受壓層範圍內有地下水時，則：

$$\sigma_z \leq 0.2[H(\gamma - 1) + h]$$

式中之 h 係地下水位以上的土層厚度。

按崔托維奇（Н. А. Цытович）教授之建議^①，受壓層之深度應為土的等值層厚度 h_e 的兩倍。等值層厚度 h_e 按下式計算：

$$h_e = A\omega B$$

式中之 B 係基礎寬度， A 係與土的側向膨脹係數有關的係數， ω 係與基底面積、形狀及基礎剛性有關的係數。在不同情況下的 $A\omega$ 值列於參考文獻22之表37及38中。

① 見參攷文獻22。

对于水工建筑物如閘坝等的地基探测，不只决定于受压層的深度；有时还应查明隔水板樁或心牆等底端以上的土層性質，故鑽探应达到該深度。当尚未确定板樁深度时，鑽探时則按下式計算深度 Z ①：

$$L = C_w h$$

式中之 h 係上下游的水位差。 C_w 称坡降係数②，取决于土的种类：細砂与極細砂时 C_w 为 8.5—7；中粒与粗粒砂之 C_w 为 6—5；礫石之 C_w 为 4—3；大塊漂石雜礫石及卵石之 C_w 为 2.5；軟及中等稠度的粘土的 C_w 为 3—2；硬粘土之 C_w 为 1.8—1.6。 L 为校正后水流滲徑長度，取决于下式：

$$L = 2Z + \frac{b+l}{3}$$

式中之 b 为坝的底寬； l 为防滲鋪面的長度； Z 为板樁或心牆的長度。則按土的种类查得 C_w ，按設計資料得到 h 、 b 及 L 值后，即可算得 Z 值。

为了能取得优良的粘土及砂土样品，并且使勘测者能直接观察地層，利用探井探测是一种有效的方法。在参考文献 9 及 17 中介绍了探井的开挖法。

探井的缺点为：（1）一般只能挖到地下水面为止，如繼續深挖时井壁須加支撑，这就需要高昂的费用与較長的时间；（2）工作效率不及鑽探快；（3）不能設置較密的探井，因为在地基上挖很多探井，对地基的穩定性有不良的影响。

利用标准貫入器或簡單的鉄钎等工具，藉压力法或打入法來測定地層的靜阻力或动阻力，可以大致地了解地基的定性特性；有时藉經驗还能估計粘土的稠度及砂土的密度。这

① 見参考文献 5 及 26。

② 坡降係数直譯为潛比 (Creep ratio)。

種方法在文獻23, 24及25中介紹了很多。但這些經驗數字是非常粗糙的，只適用於初步勘探。

工地載荷試驗可直接在現場利用天然土體進行，可在探井內試驗；為了求得受壓層以內全部土層的特性，須在鑽孔中（大直徑）分層進行試驗。根據土中應力分布的原理，僅有厚度約為荷載板寬度兩倍的土層承載試驗的壓力，故須分層做很多試驗。工地載荷試驗之目的，在於測定土的變形模量、沉陷速率及土在荷重下浸水後的沉陷等。非天然沉積之土層（如填筑土），因不能取土樣進行實驗室分析，故必須用工地載荷試驗解決。其缺點為費時較久，費用較昂貴，且不能得出土的其他特性。

在參考文獻9及2中介紹了很多載荷的方法，實際工作時根據具體情況選用之。

利用鑽探方法，採取不同深度的未破壞結構土樣，並由實驗室進行分析，得出土的各種物理力學及化學性質的指標，藉以進行地基的設計，是一種迅速、經濟而有效的方法。其缺點為所取得的土樣不可能保持其天然結構；在地質構造非常複雜及土系非均質時，不能得出準確的結果。

以上所述各種方法，各有其優缺點；因此不能獨立地確定一種完美的方法，必須按具體情況來選用或配合進行，才能解決實際問題。

本書內所介紹者僅限於土層的鑽探方法，適用於田野、城市、河道及海底等鑽探，鑽探深度可達百公尺，費用較低，工作效率及質量均佳。

鑽探工作的機械化，可減低工人的勞動強度，提高工作效率。在本書內所介紹之起重工具——絞車——可改為電動或其他機械帶動者。目前我國的城市鑽探已有採用工程汽車

的，效率很高，适合于房屋地基的淺層鑽探，其效率較人力約快兩倍。

一、鑽探及取樣的設備

（一）鑽架的布置

在進行鑽探及取樣時，需要升降鑽具及衝擊，因此便需要一套引導鑽具升降的設備；鑽架是此項設備中的重要部分。本文所介紹者為簡單的機械鑽架，可用以升降鑽具并設施加壓力設備。這種鑽架可自由拆卸，搬運起來也很方便。（如將自帶絞車的蘇聯式鑽架略予改裝亦可）。

1. 鑽架的組成及結構：鑽架系由下列各部分組成（見圖1）：架腿①、吊環②、滑車③、拉手④、梯子⑤、脚手板⑥

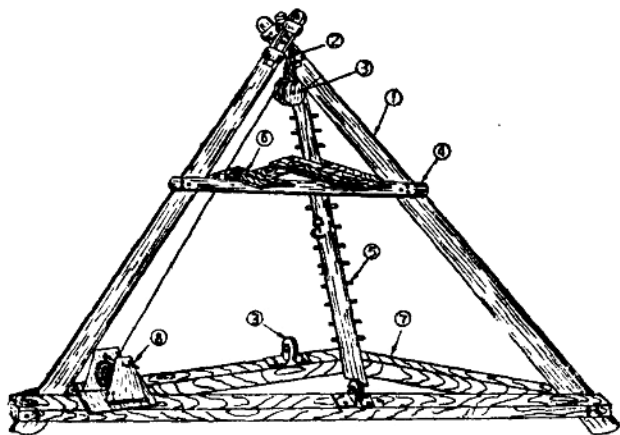


圖 1. 鑽架的組成（陸地用）

底樑⑦、手搖絞車⑧等。

为了加固木質架腿，在其梢端用鉄箍包固（見圖2）。架腿用大螺栓联接成三脚架，在螺栓上套掛吊环（如圖3）。天滑車系双輪者，即掛于吊环上；地滑車系單輪者，藉螺栓固定于底樑上。

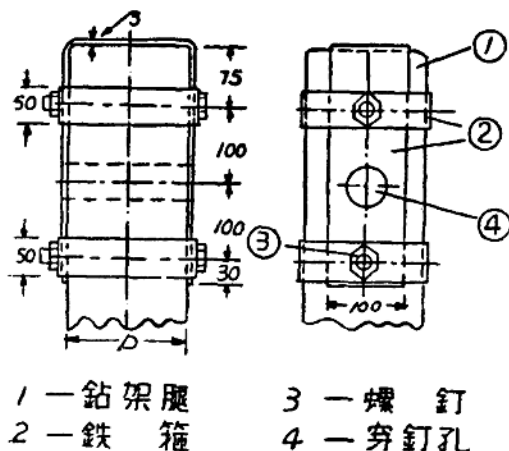


圖 2. 架腿加固用包箍

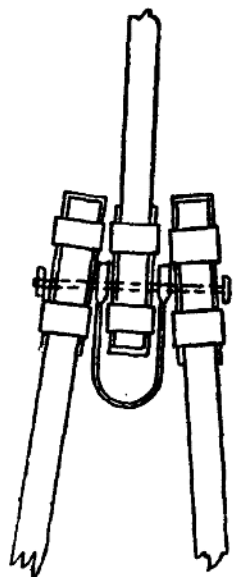


圖 3. 架腿之联接

絞車系普通的手搖絞車，藉螺栓固定于底樑上，用以昇降鑽具及施以拉力（亦可用机械帶動的絞車）。

梯子即直接用木条釘于架腿上，梯条的尺寸可采用 $8 \times 4 \times 70$ 公分；架腿上的凹槽約深 2.5 公分，間距約 40 公分，橫拉手与底樑均系方木，藉螺栓固定于架腿上。橫拉手上的脚手板可用扒鋸固定。

2. 鑽架的应力及穩定性計算（見圖 4）。

設：

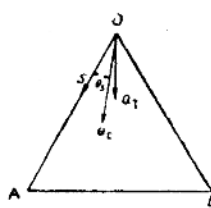
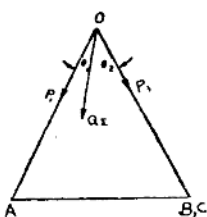
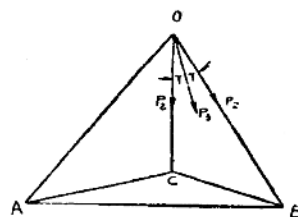
圖 4 (甲) 鑽探
上的总作用力

圖 4 (乙) 架腿上之应力分佈



Q_{Σ} —有效鉛直負荷，系 Q_s 及 Q_a 之合力。

S —絞車滾筒上鋼絲繩所施加的拉力。

Q_s —鉛直靜負荷：套管、鑽具及其他被提昇物之重量（如在水中時應減去水之浮力）；壓取土樣時土層的阻力；卡鑽時土壤的阻力及其他。

Q_a —鉛直動負荷，由於提昇的加速度而產生的。

α — S 與 Q_{Σ} 之夾角。

則鑽架上的合力為

$$Q_{\Sigma} = \sqrt{Q_s^2 + S^2 + 2Q_s S \cos \alpha} \quad (1)$$

合力 Q_{Σ} 與鋼絲繩拉力 S 之夾角為

$$\theta_s = \operatorname{tg}^{-1} \frac{Q_s \sin \alpha}{S + Q_s \cos \alpha} \quad (2)$$

鑽架上的合力在架腿上的分佈可用下列公式：

$$P_1 = \frac{Q_{\Sigma} \sin \theta_2}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \quad (3)$$

$$P_2 = \frac{Q_{\Sigma} \sin \theta_1 \sin \gamma}{\sin 2\gamma \sin(\theta_1 + \theta_2)} \quad (4)$$

或
$$P_2 = \frac{Q_{\Sigma} \sin \theta_1}{2 \cos \gamma \sin(\theta_1 + \theta_2)} \quad (4')$$

式中:

P_1 ——鑽架后腿上之应力, 該腿底下固定着絞車;

P_2 ——鑽架的兩条前腿上之应力, 它們是相等的;

θ_1 ——合力 Q_{Σ} 与 P_1 之夾角;

θ_2 ——合力 Q_{Σ} 与鑽架兩前腿所决定之平面的夾角;

γ ——鑽架兩前腿所成的夾角之半。

当進行压入法取样及鑽進时, 系利用鑽架之重量來抵抗土層对鑽具的阻力; 当此二力达平衡时, 其关系如下式所示 (見圖5及圖24):

$$0.5 BF = W L_w \quad (5)$$

式中:

F ——土的阻力;

W ——鑽架及其所附設器材的合力 (鑽直的);

B ——鑽架投影方向的底寬 (自后腿与地面接触点至兩前腿与地面接触点所决定的直綫的垂直距离), 此处設鑽孔

中心至后腿之距离为 $\frac{B}{2}$;

L_w ——合力 W 至鑽架后腿与地面接触点的垂直距离。因鋼絲繩系自固定于后腿之絞車引出, 經天車而帶动滑車組, 故其拉力 S 等于土的阻力 F 。当土的阻力很大而致鑽架之重量不能克服时, 如強行施以拉力, 則鑽架之兩腿即被撑起。故当土層很硬时, 不能強行施以拉力, 亦即鋼絲繩之拉力 S 不能超过一定限度:

$$S < \frac{2WL_W}{B} \quad (6)$$

如需施較大之力，而不失去鑽架的穩定時，可將鑽架之腿固定：在船上鑽探時必須固定于船上；在陸地鑽探時可將架脚埋入土中一段，或用土錨及繃繩加固。其計算方法可用下式（為簡化計算而假設脚底之固定力為鉛直方向）：

$$K_1 F = 2P + \frac{2}{B} (WL_W + TL_T \sin \alpha) \quad (7)$$

當無繃繩時：

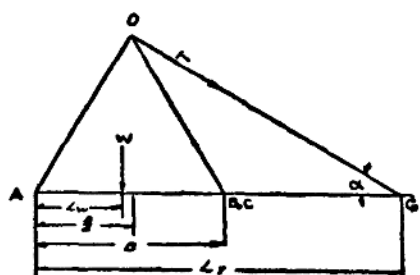
$$K_2 F = 2P + \frac{2}{B} WL_W \quad (8)$$

式中（見圖5）：

P ——鑽架脚底之固定合力；

T ——繃繩之拉力；

α ——繃繩與地面所成之角；



L_T ——繃繩底端至鑽架后脚底端之距離；

K_1, K_2 ——穩定性安全係數。

圖5. 壓入法鑽進時鑽架的穩定性分析

如設滑車位於樑的中間，則最大彎矩作用于樑的中點則等于：

$$M_{\max} = \left(\frac{P}{2} \right) l = \frac{Pl}{8} \quad (9)$$

式中之 P 系鋼絲繩所施之拉力（如不考慮摩擦力時應等於絞車之施力），因其分布于二個滑車上故按 $\frac{P}{2}$ 計算； l 系樑之長度（兩支架腳間的距离）。彎距作用于樑上所產生的应力為：

$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{Pl}{8Z} \quad (10)$$

式中之 Z 系断面系数。當樑為矩形時，設其寬度為 b ，高度為 h ，則：

$$\sigma = \frac{3Pl}{4bh^2} \quad (10a)$$

當樑為圓形時，設其直徑為 d ，則：

$$\sigma = \frac{4Pl}{\pi d^3} \quad (10b)$$

彎曲应力 σ 值應小於材料的允許張应力值。

〔例〕設底樑之長度為 4 公尺，断面為正方形等於 20 公分 $\times$ 20 公分，其材料之允許張应力為 100 公斤/公分²（松木），求鋼絲繩所施拉力之最大限度。根據式(10a)：

$$P = \frac{4 \times 20 \times 400 \times 100}{3 \times 400} = 2666.7 \text{ 公斤}$$

故根據上式設計絞車時，其起重力不宜超過 2.7 噸。

（二）鑽船的布置

鑽船的型式可分為單船及雙船：進行淺孔或輕型鑽探時可使用單船，用單船比較輕便；重型之鑽探應使用雙船，因其載重能力大而且穩定。

做為土層鑽探之船可採用下述尺寸：船長約 13—15 公

尺，寬約 5—7 公尺；支承平台的橫樑用方木或削成紡錘形的圓木，其直徑大于 150 公厘；鑽場平台用厚度大于 50 公厘的木板。其布置方法如下（見圖 6）：

1. 單船的布置：在船身的中部固定若干橫樑，其方向与船的邊緣垂直，自船身向外伸出數公尺。在橫樑上釘以木板做为鑽場平台。于靠近船邊緣中部的伸出船外的平台上留一空洞，做为鑽孔之位置以下鑽具。

自空洞向外伸出的一條木板（其寬度等于空洞直徑），应为活動者，可自由拆卸，以做为鑽船平移時套管的出入口。为了調整船身的平衡，可以船底下的一側加塊石，以使鑽船在水中保持水平位置。

2. 雙船的布置：將兩隻相同的船，用橫樑并聯于一起；但兩船相鄰處要留以縫隙，其寬度大于鑽孔直徑。自船頭至船長的五分之三處完全用橫樑將兩隻船連牢；自該處至船尾的一段則不連接，只分別固定于船上以支承平台木板。兩船相鄰間隙之上方的木板，在橫樑不連接處為活動者，以做为鑽船平移時套管的出入口。在雙船長度自船頭起的五分之三處做为鑽孔的位置，于其上方布置鑽架。

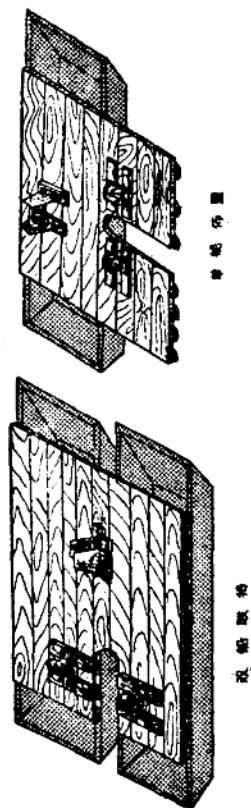


圖 6. 鑽船平台布置示意图
（註）為了將重要部份影印地表示出來，故未按比例繪制

樑不連接處為活動者，以做为鑽船平移時套管的出入口。在雙船長度自船頭起的五分之三處做为鑽孔的位置，于其上方布置鑽架。