

岩土工程论文集

甘德福 等著



地质出版社

· 北 京 ·

岩土工程论文集

甘德福 等著

地质出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

岩土工程论文集/甘德福等著.-北京:地质出版社,1998.4
ISBN 7-116-02530-8

I. 岩… II. 甘… III. 岩土工程-文集 IV. TU751-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 02406 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:赵俊磊 王永奉

责任校对:范 义

*

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:9 字数:209000

1998 年 4 月北京第一版·1998 年 4 月北京第一次印刷

印数:1—600 册 定价:22.00 元

ISBN 7-116-02530-8

T·45

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

自序

人生旅途短促，转眼六十已至。回首人生征途，杂草乱石铺路；回味人间烟火，甜酸苦辣尝过。我们这一辈科技人员，都经历了特定的历史阶段。在那黑白颠倒，史无前例的年代，大学毕业走上工作岗位才两年，刚刚获得“上海市五好职工”和“地质部五好职工”的我，工作积极成了“伪装”，填了入党志愿书成了“想钻进党内”，就这样七划八划把我划成了“现行反革命”，下放劳动八年之久。正值出成果的大好时光，被白白葬送了。这场浩劫之后，我的脾气变了，变得勇敢了。

改革开放的春风，带来了科学的春天。科技人员始能把握自己的命运。奋起的我，主编出版了《松软土工程地质勘察基本知识》、《土的基本性质与室内试验》、《工程地质勘察野外记录员必读》、《上海乡土》和《软土地基测试指标的实际应用》等技术书籍，还参与撰写了《家庭实用大全》、《新编十万个为什么——地学分册》和《上海地质之谜》等科普书籍，以及散见于全国各地报刊上的200余篇说地谈天的科普文章和200余篇新闻稿，以及20余篇科技论文等，全是改革开放以来的智慧火花。

在新旧观念火拼，新旧思想碰撞中产生的超前意识和标新灵感，鼓励我去创一翻事业。凡我认准的路和决定干的事，都会不知疲倦地全身心投入，有非办好不可的决心！天助我愿，件件事竟然都获得成功。筹建并主持上海市地质学会6年，发挥我岩土工程技术专长，在上海率先走向市场，搞技术咨询，由市场养活学会，使学会经费做到自给自足有余。有了坚实的经济基础，学会工作和活动搞得有声有色。全国首次地质夏令营和冬令营办起来了，且年年扩大。工程地质和土工试验培训班学员遍及全国25个省市。学术刊物《上海地质》创办起来了。国际、国内学术交流很是热闹，上海市地质学会年年被评为先进学会。在杨浦区钱铮区长等领导的支持下，组织22名劳改释放青年和黑龙江回沪知青，成立“上海市杨浦区工程地质勘察公司”。我手把手地教会他们钻探施工和土工试验。白手起家创业，设备和仪器添置齐全，公司班子培养好，使这些社会不安定因素成为自食其力的劳动者，而且日子过得相当不错。一年半后，他们能自立了，我即交班。转移创办“上海华夏奇石商行”，以其利润支撑上海中心记者站的活动费用。“奇石商行”转让出去后，又创办了“上海亚光岩土工程有限责任公司”。三年多来，“亚光岩土公司”的利润是十分可观的。

在主持中国地质矿产报社上海中心记者站和上海办事处的12年中，在无分文行政拨款的情况下，依靠市场收入维持日常开支外，每年还向上级单位作一定的回报。

发挥自身专业特长走市场，参与上千项岩土工程的勘察、施工、试验和研究工作，积累了丰富的实践经验和第一手资料，孕育了这本《岩土工程论文集》。

要冲破固有的体制、机制、观念和意识去干一翻事业，必须承受巨大的压力。我在这方面的体会实在是太深刻了。

俗话说：“从水里来，到火里去”，“生不带来，死不带去”人生理应有此境界。我以为仅此尚显不足，作为一名科技人员，来到世上走一趟，消耗了地球资源千万吨，就走了一

目 录

自序

岩土工程技术的现状和发展方向	(1)
岩土工程勘察技术发展方向	(6)
上海桩基发展历史及选桩和打桩	(11)
论桩侧向压力的黄金分割	(17)
试论楔口板桩围堰与墙基的共同作用	(23)
上海及其周边地区高耸建筑物抗震设计中卓越周期的评价与选择	(26)
试论上海软土地基压缩模量 (E_s) 的定值问题	(32)
上海天然气处理厂振冲碎石桩地基加固实例判析	(35)
深层搅拌桩的浆液浓度和龄期对抗压强度影响的试验研究	(39)
受煤焦油废液侵蚀的地基土引起地基强度降低的探讨	(46)
上海地区浅层流沙土层的工程特性	(49)
关于缩短基建勘察周期的探讨	(53)
粘土结构的研究概况	(57)
上海地区淤泥质粘性土结构的初步研究	(62)
流沙的微观特性	(66)
上海海滩软弱地基土强夯加固法微观结构的研究	(71)
野外孔隙水压力量测仪器简介	(76)
敞开单管式孔隙水压力仪在上海地面沉降研究中的应用	(79)
塑料测压管替代钢管测压管试验总结	(89)
上海城市地质工作的现状与展望	(96)
城市地质学——名词解释	(99)
上海城市规划与地质条件的关系	(100)
城市地面沉降原因及危害	(108)
试论上海地面沉降的研究方向	(113)
采灌地下水作用下力学效应与土体变形的探讨	(116)
试论上海地质灾害的特点与对策	(120)
试论涠洲岛地下淡水资源特征	(128)
上海地区地质概况	(136)

岩土工程技术的现状和发展方向

一、前言

现代化工程建设和城市建设正向高、大、深、重的方向发展。单一性的打孔、取样、化验，提供地质剖面图和土的物理力学性质指标的工程地质工作，已不能适应现代建筑物和构筑物施工的要求，具有多功能服务的岩土工程技术，正在工程建设中发挥越来越大的作用。为适应工程建设对岩土工程技术的要求，修订后的《工程地质勘察规范》和《地基基础设计规范》，都增加了“工程地质勘察报告”的内容，强调对地基评价、基础方案选择、桩基计算、沉降验算、地基处理方案制订、施工步骤设计等的重要条文。同时，对基础施工中可能碰到的问题，建筑物和构筑物竣工后的监测工作等，应提出意见和建议。一句话，要为工程建设全过程服务。

二、岩土工程技术的含义

岩土工程技术是近 30 多年来在一些技术先进国家里发展起来的一门属于土木工程范畴的新的专业学科。所谓“岩土工程技术”，就是从事解决和处理在建设中出现的所有与土体或岩体有关的工程技术问题的专业学科。

岩土工程技术的创立，建立在土力学和工程地质学获得很大发展的基础之上，将土木工程师和工程地质学家分别研究同一对象的不同部位有机地结合起来，达到取长补短、共同发展的目的。早在 1948 年，世界著名土力学权威和工程地质学家太沙基就提出：“这样的时刻一定会到来，到那个时候，我们就可以把土力学和工程地质学结合成为一个统一的单体，并赋名为‘岩土技术学’。”

岩土工程技术由太沙基首先提出，经过一个时期蕴酿和发展，在最近 10~20 年里，在不少工业技术先进的国家里，逐渐建立起包括生产、科研、教学以及学术组织在内的，比较完善的岩土工程技术体制。尤以美国、加拿大、日本等国的“岩土技术咨询公司”和“岩土工程学术团体”的组织体制最为完善，美、法等国也相继建立岩土工程公司和咨询、研究机构，在解决许多望而生畏的重大工程难题中，做出了独特的贡献。

根据国外实践经验，岩土工程师的主要工作范围与职责，可归纳为以下六个方面：

(1) 了解掌握拟建建筑物和构筑物的荷载、结构、功能要求等特点，结合已经了解到的场地地质情况，提出有针对性的岩土技术勘察（或研究）纲要，并在实施过程中做必要的修正。

(2) 在勘察（或研究）过程中，负责对正在钻探、取样、记录、原位测试和室内试验工作的质量监督和检查。

(3) 提出有针对性的岩土技术评价报告，在报告中要着重分析可能采取的各种基础设计方案，推荐其中最佳方案，并提出包括基础形式、埋深、容许承载力以及预期沉降等在

内的被称为设计基准的全部数据。同时，也要对基坑开挖和撑护、降（排）水、土方回填或填筑、对相邻建筑物的结构支护、地坪板的支承、道路的铺砌及混凝土的使用等提出要求和建议。当需要进行建筑物抗震设计时，还应提出地基土，甚至包括与上部结构相互作用时的地震动力反应特性数据和资料。岩土工程师所提的数据和建议应承担法律责任。

（4）当需要对地基土进行人工改良（如沙井预压、冲振加固地基土等）时，应按单独的委托书，提出地基改良方案的实施设计，并对其施工质量进行监理。

（5）在基础工程施工期间，岩土工程师的主要工作有：一是检验开挖基槽、坑，将其与所提出的岩土技术评价报告核对，以进行必要的修正或补充等工作；二是监督、检验基础部分的施工是否符合岩土技术评价报告中所提的要求和建议。基础工程施工中的全过程，岩土工程师均需进行现场检查，认可后方可开始。

（6）根据工程需要，岩土工程师提出对基础和地基土的监测工作（制订监测项目和实施方法）。为掌握施工过程中和竣工后使用过程中基础和地基土内的应力、应变的发展变化，监测应做到仪表化，保证资料连续性，必要时，应该及时提出预防补救措施。

三、岩土工程技术的范畴

岩土工程技术的工作范畴是对工程建设的全过程服务，并侧重于地基土和基础工程方面。以岩土工程技术发展得比较成熟的美国和加拿大为例，从岩土工程技术报告的章目安排，可见岩土工程技术的大致范畴。

1. 美国 1972 年版的《建筑设计和施工手册》中关于岩土勘察报告必须提供的内容有：

- （1）勘察范围；
- （2）拟建建筑物；
- （3）地质背景；
- （4）相邻的现有建筑物；
- （5）现场勘探工作；
- （6）试验室的研究（试验）；
- （7）资料的分析；
- （8）基础的研究（包括对不同的基础方案的研究比较和最佳方案的推荐）；
- （9）建议采用的施工步骤和措施；
- （10）结论和建议；
- （11）本次勘察所受的制约和对本报告使用的限制。

2. 加拿大 EBA 工程咨询公司在 1979 年 8 月为埃德蒙顿市的爱伦尔中心提出的一份岩土技术评价报告中的详细章目为：

- （1）前言；
- （2）现场勘察；
- （3）场地条件、地表特征、地下岩土条件（概况）；

（4）建议，包括基础方案和建议的基础形式、尺寸、容许承载力等设计基准和对施工的要求；对建筑物沉降的考虑；对施工开挖的考虑（一般考虑；深基坑的撑护；相邻建筑物的托撑和结构支护）；对土压力的考虑（作用在基坑的撑护设施上的土压力；作用在地下室墙上的土压力）；地坪板的支撑；回填工作和对夯（压）密的要求；施工基坑的降（排）

水和建筑物使用期间的降（排）水；建筑物附近的铺砌区和道路的铺砌问题；对混凝土使用的要求；

（5）结语。

3. 纵观世界各国岩土工程技术的工作范畴，大致可分为以下六个方面：

（1）工程地质勘察方面。包括打孔、取样、化验、提供地基土的有关资料；

（2）原位测试方面。包括静力触探、标准贯入、十字板、动力测量等，提供地基土现场测试数据；

（3）基础工程施工方面。包括桩基施工（打桩、钻孔灌注桩等）；护壁工程施工（搅拌桩、地下连续墙等）；复合地基施工（碎石桩、沙桩、石灰桩、旋喷桩等）；加固工程施工（树根桩、化学灌浆、抽土孔等）；

（4）地基加固方面。遇到不良地基、特种基础、工程事故、设备改造等情况，必须对地基进行加固时，岩土工程师必须设计地基加固方案，制订施工步骤，然后指导施工队伍工作；

（5）监测工作方面。建筑物施工期间和竣工之后，对地基土的应力、应变发展过程，包括沉降、倾斜、挠曲等在内的建筑物表现性状的监测工作。岩土工程师担负着监测方法的选择、监测点的布置、监测质量的监督、监测资料的分析评价等重任；

（6）事故处理方面。因地基问题而引起的建筑物倾斜、开裂等工程事故，岩土工程师担负起事故原因分析、处理方案设计、施工方法、组织队伍施工等任务。

四、岩土工程技术现状

岩土工程技术在我国并非完全空白，无论是作为单独学科的土力学、岩石力学或工程地质学，还是作为工程实践专业或技术方法的基础工程、勘探测试技术或资料的分析评价方法等方面都达到较高水平。早在1958年，同济大学勘察系就创立了“土力学地基与基础专业”，到“文革”期间停办，先后为国家培养了150名岩土工程专业人才，笔者就是其中之一员。上海的软土地基研究成果，具世界水平。可是，从总的情况来看，我们在岩土工程技术的发展方面既分散又不平衡，至今没有形成一个统一的岩土技术学科。组织体制更不健全，基本上按照原苏联50年代的模式，由勘察、设计、施工三个方面分担岩土工程的有关工作，采取“铁路警察，各管一段”的做法。一个本应是统一的体制，人为地将它分割成三段，很多环节无人过问，制约了作用的发挥和水平的提高，出了问题互相推卸责任，既不经济又不合理。

从勘察工作现状来说，“只认识自然而不能改造自然”，“只提出问题而不去动手解决问题”。满足于提供“地质资料”，不对基础工程的效果和工程质量的好坏、成败负一定责任。有时在“勘察报告”中也提出几条幅度很宽而不具体的建议，至于设计上是否采用，采用后效果如何，从来是不去过问的。因而许多工程地质勘察人员无提高岩土工程技术水平的紧迫感；结果是勘察资料的水平、深度和质量长期停留在原有状况。

从设计方面来看，如果按岩土工程体制的做法，岩土工程师不但应该是基础设计基准的提供者，而且是基础工程方案的决策者。结构工程师通常都尊重岩土工程师在这方面的建议。而我国现有的做法是：不直接从事岩土勘察测试工作的结构工程师，却是基础方案的制定者和决策者。对复杂场区无直接认识的结构工程师，仅依靠“勘察报告”提供的资

料进行基础工程设计，实在难以设计出既经济又合理的方案的。为了保险起见，设计人员往往采取加大安全系数的保守办法。有时因措施不当，虽多花了钱，但仍然产生地基事故或给建筑物带来了隐患。在上海软土地基上造高楼，普遍采用桩基，因为岩土工程师不能参加桩基设计，造成的浪费十分惊人，少则为基础工程总投资的10%~20%，多则达60%~70%。

再从施工角度来看。因为勘察人员对开挖基坑检验的工作没有明确责任，当然也不需要主动做些补充试验工作。至于基础工程施工和建筑物竣工后的表现性状监测，更不是勘察人员的事了。如此脱节现象，也严重影响了基础工程施工技术的发展和提高。

造成我国岩土工程技术发展缓慢的主要原因有2条：一条是人才培养上的弊端，造成岩土工程技术人员奇缺。另一条是体制上的弊端，把一个完整的工程的整体，硬是切割成3段，分别由勘察、设计和施工部门分别去完成。

近年来，随着城市建设的发展，勘察、设计和施工人员都深深感到建立统一的岩土工程组织体制的必要。特别是勘察人员更为积极，各地均出现了将“工程地质勘察公司”更名为“岩土工程公司”的现象。但因缺乏结构设计和施工设计的专业人员，岩土公司的实质还是停留在勘察和施工方面。

五、岩土工程技术的发展方向

我国的岩土工程技术应该从两个方面发展：其一要建立和发展岩土技术这门专业学科；其二要积极推行具有中国特色的岩土工程体制。

现代科学技术的特点是相互渗透，从单一性学科向综合性学科发展。岩土技术充分体现了这样一个特点。它将土力学、岩石力学、工程地质、基础工程等单一性学科组合成一个有机的统一体，共同以土体和岩体作为科研和工程实践的对象。显然，这比各学科独立发展和应用要优越得多。

从改变不科学的管理状况出发，推行岩土工程体制的改革，使地基土的勘察评价、基础方案的制订、基础工程施工的技术管理统一在一起，共同来关心研究和推广岩土工程技术。

国际上已确立岩土技术的专业地位，各国普遍推行岩土工程体制，岩土工程业务承包为国际惯例。我国在岩土工程技术方面要走向世界，必须建立起自己的岩土工程体制。

建设的发展和现代化的要求，向我们提出大量新的、复杂的岩土技术课题，如高层、超高层建筑物的地基土评价和基础工程方案的确定；地基沉降的可靠性预测和控制；软土、边坡等不稳定岩土技术条件的改良和整治；地基抗震特性的评价和防止液化失稳的对策；以及新的快速、高效的地基土改良技术的应用和推广等，急需岩土工程技术专业人员，在统一的体制下研究解决众多的工程难题。

岩土工程技术在国内和国际有着广宽的市场，追求经济效益也是岩土技术在市场经济中的瞄准点。在美国，一般服务于建设全过程的岩土技术咨询工作，其收费约占投资额的1%~2%。如果一个岩土咨询公司只能搞勘探、测试等具体工作，而不能担负起地基土处理和基础方案的论证设计等工作，那么这家岩土公司的收费只能是投资额的5%左右，经济效益相差十分惊人。随着改革开放，深入发展，走向世界承包工程业务已势在必行。我国的岩土技术欲在国际上立足，并获得较好的经济效益，必须尽快实行将工程地质勘察体制

改变为岩土工程体制。同时,要积极培养岩土工程技术专业人才。当前,对长期从事工程地质勘察工作的工程技术人员,增加一些土力学、土质学、地基与基础、基础工程等方面的理论和实践专业知识,实为岩土工程体制建设的应急措施。

岩土技术面对复杂而多变的岩土体和结构类型繁多的建筑物,涉及的许多理论问题和测试技术至今还难以解决。例如地基承载力问题:①浅基础的地基承载力,目前,我们规范仍沿用40年代的太沙基公式: $p = C \cdot N_c + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma + \gamma h N_q$,式中 N_c 、 N_γ 、 N_q 是内摩擦角的函数, $N_c \cdot N_\gamma \cdot N_q = f(\varphi)$ 。这个公式从50年代就被我国采用,但实际上和理论上的系数差别很大,而且这3个系数并非常数,它们同基础宽度、埋深都有一定关系,即使在同一土体内,埋深、基础宽度不同,承载力也不同。因此,3个系数和基础宽度、埋深紧密关联,可写成: $N_c \cdot N_\gamma \cdot N_q = f(\varphi, B, h)$ 。建筑物的基础宽度 B 和埋置深度 h 是个常数,但土的 $C \cdot \varphi$ 值都不是一个常数,它们与测定方法有关,即使是同一层土,用同一种方法测定,所得的 φ 值也不一样。这是由于试验条件和基础实际受力情况有差异,计算公式本身也有很多假设,其结果与实际情况产生很大差异。②深基础(以桩基为例)的地基承载力公式 $p = \gamma h \cdot N_{\gamma q}$,一般讲,桩的承载力随着深度增加而增大。但当桩增加到一定深度时,其承载力不再增加,这点已被反复试验所证实了的,但理论依据至今尚未解决。

又例如常用的5种原位测试方法:①标准贯入(美国、日本普遍采用);②静力触探(西欧国家采用较多);③十字板(北欧及美国采用较多);④旁压仪(法国采用较多);⑤钻孔剪切(美国正在研究)。这5种原位测试方法虽各有特点,但都是间接测得土的性质,因而实际应用尚需进行修正。所有原位测试方法,都涉及一个孔隙水压力问题,其中力荷载率是一个重要影响因素。其中的奥妙,尚待岩土工程师们去研究解决。

岩土工程技术人员肩负着理论研究和解决实际问题的双重责任,为发展我国的岩土工程技术,须共同携手迎接新的挑战!

本文刊于《上海地质科技信息》,1994年,第4期,作者:甘德福。

岩土工程勘察技术发展方向

一、前言

岩土工程勘察是把土力学、土动力学、土质学、岩体力学、工程地质学、地基与基础工程等集于一体的综合性学科。利用它的理论和方法，从事研究和处理土木工程中所涉及的与场地岩体和土体有关的问题。

现代工程建设向高、大、深、重的方向发展。习用过去单学科处理简单小型工程的方法，已无法解决现代工程建设中所遇到的岩土工程难题。各类工程建筑物和构筑物的水平位移、沉降、变形、应力状态及场地稳定性等的精度要求，迫使地质学家和土木工程师们联合起来，共同建立和发展岩土工程勘察这门学科。国际上已有许多国家建立起了岩土工程勘察学科和相应的体制。近年来，我国部分地区和单位正在建立相应的学科和体制。

二、岩土工程勘察体制改革趋向

随着我国城乡建设事业的迅速发展，工程地质勘察的业务范围正在不断扩大。随着桥梁、隧道、高层建筑、大坝、核工程等外资、合资项目的开展，对现代岩土工程勘察技术提出了新要求；围绕着地基、基础、地质、土质等方面出现了新的难题。陈旧的局限于勘探、取样及提交几项常规参数的工程地质勘察报告书的做法，是远远不能满足现代工程建设需要的。

现代岩土工程勘察要求提供：基础工程方案分析、场地勘察评价、人工地基加固处理、施工方案的可行性、地基动力特性参数、地基应力应变的原位测试技术研究分析、建筑物避震和防震范围研究分析、砂土液化研究、岩土本构和组构的微观与宏观的分析研究对工程的影响，以及对工程地质勘察技术测试和评价等。这就要求岩土工程师具有广博的知识面，要适应新技术发展的形势，其中包括卫星遥感、航摄、微波、激光、放射性同位素等成果资料，将其应用于实际的岩土工程勘察中来。

经济体制改革，促进了技术业务的发展。岩土工程勘察的任务，除提供详细的地质资料外，还必须为各类工程的桩基、地下连续墙、地基加固、灌浆防渗等的钻探成孔等提供技术施工方案。为此，必须对现行的工程地质勘察体制进行改革，建立起与现代工程建设相适应的岩土工程勘察体制。

三、地基应力应变测试技术应用新进展

估算高、大建筑物的地基反力、边桩位移、桩侧向受荷状态、地基的应力应变等，都求助于现代的原位测试新仪器。惯用的土压力计、孔隙水压力计、沉降计、地中变位测斜仪等仪器的结构，都趋向更新换代，向精度增加、操作简便、数据可靠的方向发展，液晶电子数字显示也已移植使用。现略作介绍如下。

(一) 土压力计 (earth pressure cell)

土压力计分为两种：一种是用于板桩、挡土墙、土坝等侧向压力的平面型土压力计；另一种是埋设在地基下的土中型土压力计，量测幅值在 $(1 \sim 25) \times 10^5 \text{Pa}$ ，精度在 $\pm 0.5\%$ ，用以设计侧向土压力，同孔隙水压力计配套，可为计算静止侧压力系数 K_0 ，提供现场测试数据。

例：某软土地基上的高层建筑，在岩土工程勘察中，欲求地基水平承载力、桩承载力、开挖边坡的稳定性、先期固结压力等的实测数据，为设计提供参数 K_0 值（该地区土层属微超固结土）。

超固结土的侧向土压力，是随超固结比的增大而增大的。但取原状土试验所得 K_0 值，总比天然土层的 K_0 为小，不能反映出超固结土的本来特性。为再现原始应力状态的 K_0 值，可借助土压计和孔隙水压力计，简便地求出 K_0 值。

(二) 孔隙水压力计 (piezometer)

目前，先进的埋入式的孔隙水压力计，可埋入不同深度，量测幅值在 $(1 \sim 10) \times 10^5 \text{Pa}$ ，精度为 $\pm 0.5\%$ ，一般均与土压计配套使用。这类先进的仪器，能推动目前土工计算中有效应力法的广泛应用。

(三) 地中变位测斜仪 (inclinometer)

测定地下轴向变位时，能随着土层侧向位移发生变位变化，从而求得水平变位，用以估算板桩、钢管桩的轴向受力状态下水平向的位移量。这种仪器可量测最大倾斜角 13° ，量测间距在 500mm 范围内，读数精度可达 0.01mm。该仪器是由倾斜计接在差动变压器等不同种类的传感器上，配置测斜管（跟踪管道）使用，其工作原理如下图所示。其中 $D_i = L_i \sin \alpha$ 。

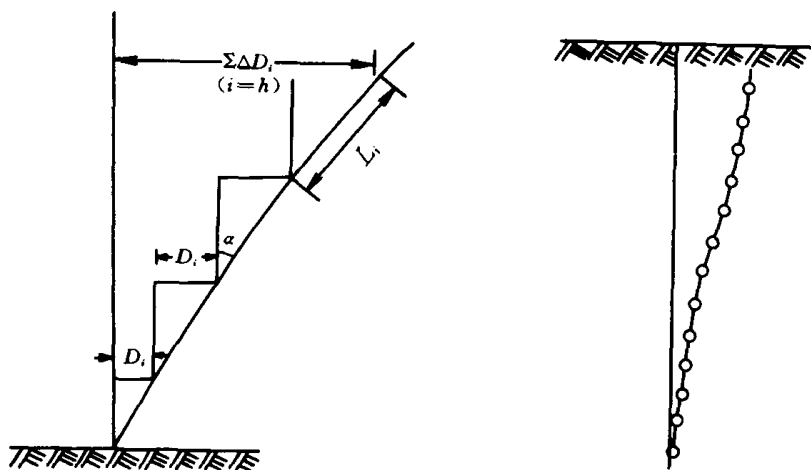


图 1

借助于上述仪器，可验证目前路桥车辆通过时的瞬时荷载，高层建筑桩基施工设计的动土压力、水压力变化，板桩侧向位移，地基反力设计中的基床系数，大坝设计和安全监测等的设计参数。

上述仪器，近年来在我国有较大发展。南京水利科学研究院、华东电子仪器厂等均有产品。香港岩土仪器公司、日本板田电机株式会社等已有定型产品供应。

四、砂性土液化势评价与研究

砂性土液化势评价与研究，是岩土工程勘察中的一项重要内容，对多地震的我国来说尤为重要。这项研究，已从过去的历次地震时的喷水、冒砂现象与标贯击数(N)建立关系、从而作出评价，发展到考虑多因素的相关判别式来评价，其特点是：

1. 考虑和重视上覆压力和地下水的作用。
2. 对区域震级和烈度寻求分别划分的可能性。
3. 引用原位测试建立相关关系式。除沿用传统的标贯判别外，研究应用静力触探的锥尖阻力建立相关判别式。
4. 考虑砂性土中的粘粒含量。
5. 考虑场地的剪切波和相应的剪切模量之划分。如核电站场地剪切波 V_s 的划分是： $V_s=1.5\text{km/s}$ 称为硬基；而 $V_s=0.5\text{km/s}$ 时为软基。

目前，较新的判别式是： $N' = \bar{N}' [1 + 0.1(d_s - 3) - 0.1(d_w - 2)] \sqrt{\frac{3}{p_c}}$

式中： N' ——饱水的砂土、轻亚粘土液化势临界标贯击数；

$\bar{N}'$ ——实测标贯击数。但当 $d_s = 3, d_w = 2; p_c \leq 3\%$ 时，需考虑地震烈度的取值问题。

d_s ——标贯点深度 (m)；

d_w ——地下水位深度 (m)；

p_c ——粘质粉土的粘粒含量 (%)。

上述判别式与原工业与民用建筑抗震设计规范所建议的判别式： $N' = N' [1 + 0.125(d_s - 3) - 0.05(d_w - 2)]$ 相比，所得临界标贯击数偏小，因此有待各震区进行验证后使用。

至于西特 (B. Seed) 所提出的利用静力触探建立相关关系式，并利用波速法来划分判别，我国还正在研究之中。

五、土工试验及取样器发展趋势

土工试验与取样器，是取得岩土工程勘察资料的第一性手段。虽有先进的计算机数据处理系统，但因取土器不过关，所得岩土样的原状结构受到破坏，所得试验资料不准确，得出的结果将是不合适的。沿用至今的厚壁、球阀式取样器，如今仍无什么改观。最近几年从日本、美国、英国等国引进部分取土器，才引起我国的研制兴趣。取样器正向多功能、薄壁、活塞式的方向进展，使取土器结构合理，对土体扰动减少到最低限度。

同取样器相应发展的土工试验，除部分转向原位测试外，室内的动、静三轴仪，高压固结仪、扭剪和环剪仪、真三轴仪 ($\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$) 等，在精度、压力和量程上，向高、大、广度方面发展，如高压固结仪可达 $36 \times 10^5 \text{Pa}$ 以上。

六、微机在工程地质勘察业务中的普及应用

微机数据处理系统，已引入到工程地质勘察的资料整理中，利用输入微机系统可绘制岩土工程剖面图、柱状图、施工预算表、地层划分及岩性数理统计、土工试验、静力触探

ρ_s 曲线的分层计算图表等数十种。有的勘察单位还建立起了数据库、软件检索系统等信息储存计算调用系统。这为进行城乡工程地质编图、城市规划分区提供了可靠数据。同时也解决了地质绘图、数据处理等繁重工作量之难题。

七、岩土动力特性测试技术新动态

兴建大型动力基础和桩基施工所产生的振动波，对周围建筑物及精密机械仪器将引起波动，从而提出防震、避震的允许振幅值，是岩土工程勘察中标志着动力特性的波速研究之课题。该课题正向深度和广度发展。如在动力参数方面的理论研究，正从“质量-弹簧-阻尼”的经典理论系统中跳出来，朝向“弹性半无限体”的理论和实用方向发展。

在对振动波的衰减研究上，也有一些突破。如过去一直沿用高利秦公式：

$$A_r = A_0 \sqrt{\frac{r_0}{r}} e^{-k(r-r_0)}$$

式中： A_0 ——地面上与振源相距 r_0 的某点竖向分量振幅；

r ——振源距某点的距离；

A_r ——振幅（距离 A_0 为 r 处）；

k ——土壤的吸收系数，该公式没有反映振动频率。

我国有关单位，在实际应用中，根据地区经验的实测值，并参照被动理论的近似解，提出了新的理论半经验公式。

此外，在利用土动力特性参数计算波动方程，在桩基承载力应用和波动对地震液化势研究方面，也取得了很大进展。

八、原位测试的巩固与发展

原位测试技术在岩土工程勘察中所显示的优越性，已在设计和施工中体现出来，故而越来越被人们所重视。钻探取样、室内土工试验所得的参数失真问题，逐渐为人们所认识。如钻孔或试坑所得的渗透系数，同室内试验结果相比，两者相差高达一百余倍。

在进行填土地基评价上，惯用的载荷试验既费时，又费力。在尚未找到可靠的测试方法之前，有人力图用轻便触探、旁压仪等测试手段，建立相关关系式。

袖珍式十字板抗剪强度测定仪、多功能的静探液压配套计算机数据处理系统（包括孔隙水压力探测）、自钻旁压仪等，都在巩固已有成果的基础上，向微型、轻便、车装、稳定的研究方向前进。

在各种原位测试仪器上，传感器是关键。国内常用受压膜片为测力元件，如电阻应变片等。国外已有差动变压器传感器。这是一种很有前途的传感器，其原理如下：差动变压器传感器，由一个铁心和三个线圈构成。一个线圈（也称一次线圈）通过交流电起磁化铁心的作用，其它两个线圈（又称二次线圈）相对于一次线圈而处于对称地位。根据铁心内的磁力线诱导而发电，另外两个线圈接线时极性相反。当铁心在两个线圈中央时，线圈的诱导发电量绝对值相等，而相位相反，使这两个线圈的电压之和为零。当铁心在线圈中沿轴向移动时，二次线圈的输出电压，在一定范围内相对铁心的移动量，连续地成比例变化。

九、结束语

我国对岩土工程勘察的重要性认识较早，真正的起步却较晚。在原位测试技术的应用方面，起步也较早，但在成果使用方面，因受规范、条例和经验等习惯势力所阻拦，许多成果迟迟不能推广应用。近年来的改革开放政策，也促进了岩土工程勘察的发展。不久前，在武汉成立了我国的岩土测试中心。有些地区已经或将要筹建岩土工程勘察公司。许多勘测机械仪器厂，致力于原位测试仪器的研制生产。我国的岩土工程勘察规范也正在制订之中。我们作为岩土工程勘察方面的技术人员，热忱希望我国的岩土工程勘察得到更大发展。在此，仅就笔者实践中的一点粗知，略作论述，以期抛砖引玉，大家来为发展我国岩土工程勘察事业起推波助澜之作用。文中不妥之处，渴望同行们赐教。

本文刊于《上海地质》，1987年，第3期，作者：陈孝培、甘德福。

上海桩基发展历史及选桩和打桩

改革开放以来，上海的城市建设得到大规模的发展。高楼大厦似雨后春笋般地出现在上海滩上。欲在厚达 300m 松软泥沙堆积起来的上海滩上建造高楼大厦，首先必须解决大厦的立足问题。正如一棵大树一样，根深才能叶茂。在上海滩上建造高楼大厦，实际经验告诉我们，采用桩基础是最理想、安全和实用的选择。

一、上海桩基的发展历史

上海自 1843 年辟为商埠后，外国商人大举进驻上海滩占地划界。在“公共租界”内大兴土木，请来洋工程师帮助建房造桥。初闯上海滩的洋专家们，低估了上海软土地基的厉害，高估了上海表层褐黄色粘土的地基强度，以 $20 \times 10^4 \text{Pa}$ 的压力进行设计〔实际为 $(8 \sim 11) \times 10^4 \text{Pa}$ 〕。结果竣工的房屋和桥梁出现大量的沉降和不均匀沉降。吃足苦头的洋专家，又从一个极端走向另一个极端，建造三四层的楼房都采用短木桩基础，仍至一二层小楼应力集中的四角也用短木桩加固之。

从目前所掌握的资料，在上海滩建房造桥的打桩历史，数重建于公元 977 年的龙华古塔为最早。该塔的基础采用矩形短木桩，支撑了龙华塔已有一千多年。

从 19 世纪 20 年代后期起，在上海软土地基上建房造桥普遍采用 10~15m 的木桩，以后又发展到 30m 的长木桩，把木桩立足于地下 25~30m 处的一层暗绿色硬土层之上，使大楼的层数和高度提高了许多。上海早期的大楼，如有利大楼、国际饭店、和平饭店、锦江饭店等，都采用了长方型松木桩为基础。

采用木桩基础的代价十分昂贵。在逐步摸熟上海软土地基脾性的土洋工程师们，创造和引进了凡百卢桩（图 1）、组合桩（图 2）、雷蒙德桩（图 3）和武智桩（图 4）等，都在上海软土地基中使用过。如建造于 1937 年的闸北水厂沉淀池和西藏路桥东块的液化气罐基础，均采用下部为圆木桩，立足于暗绿色硬土层上，上部则在木桩端部套上 6m 左右的灌注砼桩，以防地下水位变动而导致上部木桩腐烂，形成了组合桩。关于凡百卢桩（即现在广泛采用的钻孔灌注桩），由于当时的施工机械和施工工艺不过关，形成的桩体经常出现“瓶颈”、“断桩”等问题，因质量不过关而逐渐被冷落。雷蒙德桩和武智桩，又因施工十分麻烦，成桩深度不足，桩的受力理论研究和测试技术跟不上而逐渐被淘汰。

进入 60 年代后，钢筋砼桩和钢管桩的使用，桩长上升到 40m。到了 70 年代，桩长达 60~70m。改革开放和浦东开发开放，上海城市建设进入崭新的大规模发展时期。国内外先进的桩基施工机械、施工技术和测试方法等相继进入上海，桩的长度随着大楼高度也出现了同步增长。号称中国第一高“塔”的 88 层金茂大厦，采用的钢管桩入地深度达 84m，也为上海钢管桩之最。

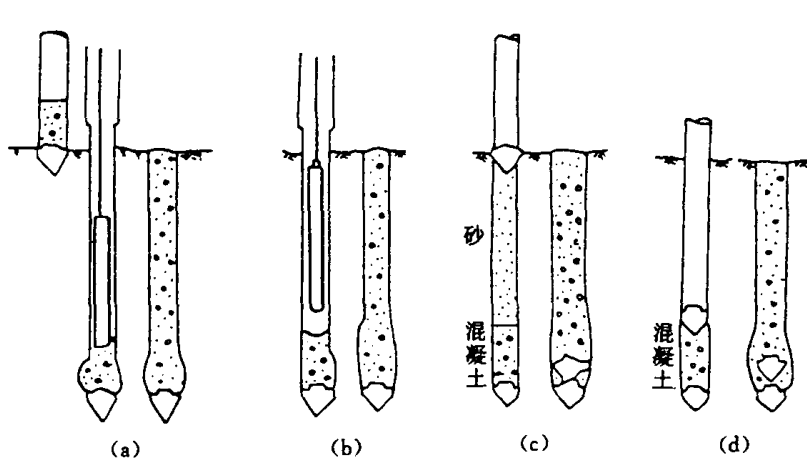


图 1 凡百卢桩

(a)内夯式灌注桩;(b)端夯扩灌注桩;(c)扩大挤密桩;(d)冲扩桩

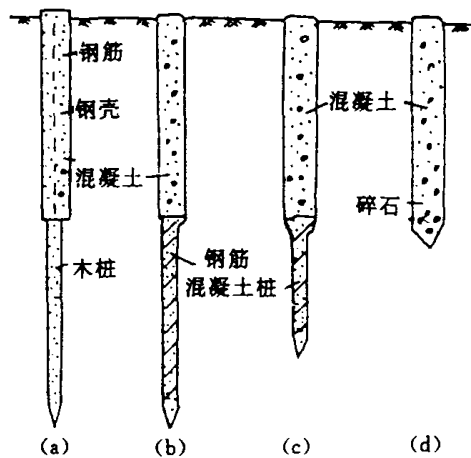


图 2 组合桩

(a)雷蒙德组合桩;(b)沉管灌注组合桩;
(c)钻孔灌注组合桩;(d)钻孔桩铺垫卵石

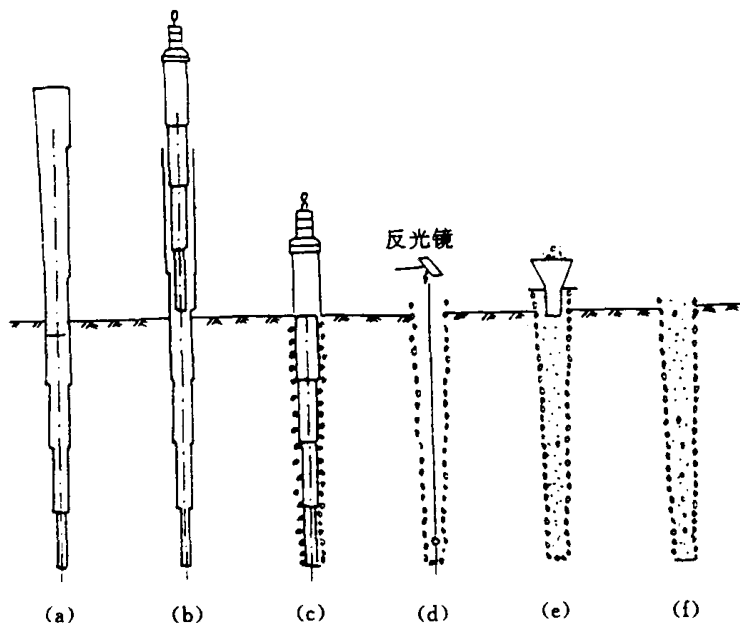


图 3 雷蒙德阶梯锥形桩工艺过程

(a) 钢壳吊入已锤击成型的桩穴内;(b) 将心轴吊至桩穴上方,并将钢壳提韦套在心轴上;(c) 锤击心轴,钢壳沉放预定位置;(d) 取出心轴,检查内部;(e) 灌混凝土;(f) 成桩

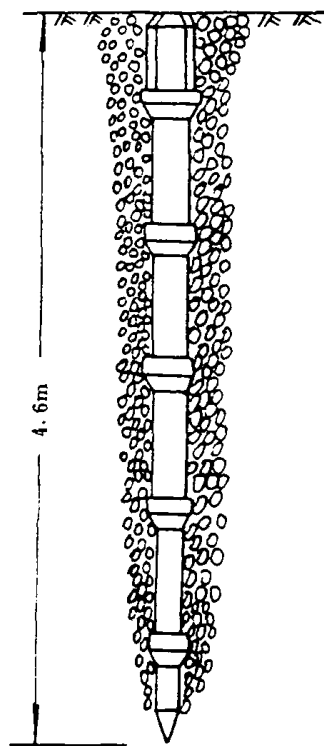


图 4 武智桩

二、桩长、楼高与地质

正在浦东陆家嘴建造的环球广场大厦,为上海高层建筑之最,层数达 94 层(高度 460m),采用钢管桩基桩,桩入土深度 79m。与 88 层金茂大厦(高度 420.5m)相比,虽层数多 6 层,但桩长度反而少了 5m,这是为什么呢?我们先来看看陆家嘴地层(图 5)。