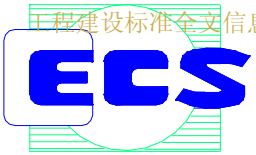
工程建设标准全文信息系统



CECS 04：88

中国工程建设标准化委员会标准

静 力 触 探 技 术 标 准

TECHNICAL SPECIFICATION FOR ELECTRICAL CONE PENETRATION TEST

CHINA COMMITTEE FOR ENGINEERING CONSTRUCTION STANDARDIZATION

前　言

静力触探作为工程勘察中一项勘探和测试手段，早已在国内得到广泛推广应用，并积累了大量资料和经验，取得了很好的效果。随着勘察事业的不断发展，静力触探的新设备、新型触探头不断涌现，静力触探技术的应用范围也在不断扩大。因此，统一技术规格、测试方法、测试参数、资料整理和分析方法，以保证静力触探资料的质量和不同地区、不同单位静力触探资料的相互对比和引用，就成为当前急待解决的问题。

本标准是由原城乡建设环境保护部于1984年以城科字153号文，委托建设部综合勘察研究院和同济大学会同有关单位共同进行编制的。在编制过程中，多次征求有关单位的意见，最后由建筑工程标准研究中心审查定稿。

根据国家计委计标〔1986〕1649号“关于请中国工程建设标准化委员会负责组织推荐性工程建设标准试点工作的通知”，并经建设部领导同意，将《静力触探技术标准》纳入中国工程建设标准化委员会标准计划，并负责审批和组织实施。

现批准《静力触探技术标准》为中国工程建设标准化委员会标准，编号为CECS04：88，并推荐给各工程建设勘察、设计、施工和教学单位使用。在使用过程中，如发现续要修改和补充之处，请将意见和有关资料寄北京东直门大街177号建设部综合勘察研究院标准与质检研究所。

中国工程建设标准化委员会

1988年12月8日

目　　录

主要符号及计量单位…… (1)
第一章　总　　则…… (1)
第二章　静力触探设备和仪器…… (2)
第三章　操　　作…… (3)
第四章　资料整理…… (6)
附录一　静力触探头的技术标准…… (9)
附录二　静力触探头的标定 …… (11)
附录三　贯入坐力的一般值和计算值的计算方法 …… (13)
附录四　静力触探记录格式和单孔触探曲线 …… (15)
附录五　本标准用词说明…… (120)
附加说明 …… (21)

主要符号及计量单位

q_c ——双桥探头的锥头阻力(MPa)；

f_s ——侧壁摩擦力(MPa)；

α ——摩阻比(%)；

P_s——单桥探头的比贯入坐力(kPa)；

ε_p ——单桥探头的应变量($\mu\varepsilon$)；

ε_q ——双桥探头的应变量($\mu\varepsilon$)；

$\triangle v$——温度变化所引起的误差(mV)；

V ——全量程的输出电压(mV)；

$\triangle U$——输出电压(mV)；

U ——供桥电压(mV)。

第一章　总　　则

第 1.0.1 条　静力触探是工程勘察中一项勘探和原位测试方法。主要适用于粘性土、粉性土、砂性土层。

第 1.0.2 条　静力触探宜与钻探配合使用。在使用静力触探有经验的地区或初步了解工程地质的场地，静力触探可单独使用。

第 1.0.3 条　本标准适用于电测静力触探，采用连续贯入或间续贯入方式的各类静力触探机。

第 1.0.4 条　在采用本标准时，尚应遵守国家现行《工业与民用建筑工程地质勘察规范》的有关规定。

第二章　静力触探设备和仪器

第 2.0.1 条　静力触探的触探头根据其结构及功能，主要分为单桥触探头和双桥触探头两种。尚有带测孔斜、测孔隙水压力装置的触探头。

第 2.0.2 条　触探头的规格和技术标准，应符合下列规定：

一、单桥触探头和双桥触探头的规格见表 2.0.2。

单桥和双桥触探头的规格　　**表 2.0.2**

锥底截面积 (cm^2)	锥底直径 (mm)	锥　角 (°)	单桥触探头	双桥触探头	
			有效侧壁长度 (mm)	摩擦筒表面积 (cm^2)	摩擦筒长度 (mm)
10	35.7	60	57	200	179
15	43.7	60	70	300	219
20	50.4	60	81	300	189

二、触探头的技术标准见附录一。

第 2.0.3 条　静力触探的量测仪器可采用电阻应变仪、电子电位差计、数字测力仪，带微处理机的记录仪以及各种专用的静力触探记录仪。

当采用电子电位差计时，仪器的精度应不低于 0.5 级。画线指针通过满量程的时间应不大于 5s。

当采用两台电阻应变仪与双桥触探头配用时，其型号应相同，并应有同步启动装置。

第 2.0.4 条　静力触探的讯号传输线应采用屏蔽电缆双桥触探头，两组桥路的讯号传输线宜分别屏蔽。

第 2.0.5 条　触探杆直径宜小于触探头的锥底直径。

在触探头摩擦筒以上 4 倍锥底直径范围内不应设置扩孔器。

第三章　操　　作

第 3.0.1 条 平整场地和安装静力触探机应符合下列要求：

一、孔位应避开地下电缆、管线及其它地下设施。

二、当拟定孔位处地面不平时，应平整场地，并根据勘探深度和表层土的性质，确定地锚的个数和排列形式。

三、静力触探机安装要平稳，应与下入土中的地锚牢固连接。

第 3.0.2 条　静力触探头的选择与检验应符合下列要求：

一、应根据土层性质和预估静力触探贯入阻力，选择分辨率合适的静力触探头。

二、静力触探头在使用前，必须取得标定的数值。静力触探头一般每三个月标定一次。当在规定期限内发现异常情况时，应重新标定。

静力触探头的标定可按附录二的规定进行。

第 3.0.3 条　量测仪器的安装与检验应符合下列要求：

一、量测仪器的性能应符合其使用说明书的规定，一般每年检验一次。当在规定期限内出现故障时，应随时检验。

二、安装自整角机或其它深度转换器时，应保证导轮和卷纸机构工作正常。当深度转换器引起的孔深误差超过±1%时，应查明原因，予以更换。

第 3.0.4 条　触探杆宜平直，丝扣完好无裂纹，5m 触探杠连接后的不直度宜小于 10mm。

第 3.0.5 条　静力触探贯入的操作应符合下列规定：

一、触探前，应尽量将触探头的电缆线一次穿入需用的全部触探杆。

二、贯入时采用的量测仪器应与标定触探头时的量测仪器相同。贯入前，应对接上量测仪器的触探头进行试压，检查顶柱、锥头、摩擦筒是否能正常工作。

三、量测仪器所选用的供桥电压的工作电流，应小于电坐应变片的容许值。

四、触探的贯入速率应控制在 0.015～0.025m/s 范围内。在同一孔中宜保持匀速贯入。

五、触探头贯入土中 0.5～1.0m(在冬季应超过冻结线)，然后提升 5cm，待量测仪器上无明显温漂时，记录零读数或调整零位，方能开始正式贯入。

第 3.0.6 条 静力触探的测定和记录，可按下列规定执行：

一、贯入过程中，在深度 12m 以内，可按需要每隔 2～4m 测读或调整零读数。终孔时，必须测读和记录零读数。

二、当人工测记时，可每隔 0.1～0.25m 测记一次应变量，记录格式可采用附录四附表 4.1 和 4.2。

三、一般每隔 2～4m 核对一次记录深度和实际孔深。当有差错时，应在记录上予以注明。

四、贯入过程中，当改变供桥电压时，应注明其深度和供桥电压值。

五、贯入过程中发生的各种异常或影响正常贯入的情况，都应在记录上注明。

六、记录的原始资料上，应注明下列内容：

1. 工程名称、工程编号及孔号；
2. 供桥电压值(V)和输出满量程的电压值(mV)；
3. 触探头的编号、标定方法和标定系数；
4. 实测孔深；
5. 测试日期、测试记录人员。

第 3.0.7 条 当未达到预定的贯入深度，而出现下列情况之一时，应立即停止贯入：

一、触探头的贯入阻力超过额定荷载值的20%；

二、反力装置失效。

第3.0.8条 终止贯入时，应及时起拔触探杆或触探头。触探头拔出后应立即清洗，妥善保存，不应使触探头暴晒和受冻。严禁用电缆线提拉触探头。

第3.0.9条 受地层条件或设备能力的限制，不能贯入到预定深度时，可用钻探或其它方法与静力触探交替进行。

第3.0.10条 贯入过程中应随时检查地锚的紧固情况，发现松动应及时调整或停止贯入。

第3.0.11条 装卸触探头时，不应转动触探头。

第3.0.12条 操作中的机械和用电安全，应按有关安全操作规程执行。

第四章　资 料 整 理

第 4.0.1 条　对原始记录出现下列现象时，宜分别进行处理。

一、记录数据或记录上出现的零点漂移超过满量程的±1%时，可按线性内插法校正。

二、记录曲线上出现脱节现象时，应以停机前记录为准，并与开机后贯入 10cm 深度的记录连成圆滑的曲线。

三、记录深度与实际深度的误差超过±1%时，应查明原因，一般可在出现误差的深度范围内，等距离调整。

当有漏读、漏记而造成的差错时，应在遗漏处予以补全。

当使用装有测斜仪的触探头时，测得的孔斜大于 8°，应作深度校正。

第 4.0.2 条　单桥探头的比贯入阻力，双桥探头的锥头阻力、侧壁摩擦力及摩阻比，可分别按下列公式计算：

$$p_s = K_p \cdot \varepsilon_p \qquad (4.0.2\text{—}1)$$

$$q_c = K_q \cdot \varepsilon_q \qquad (4.0.2\text{—}2)$$

$$f_s = K_f \cdot \varepsilon_f \qquad (4.0.2\text{—}3)$$

$$\alpha = \frac{f_s}{q_c} \times 100 \qquad (4.0.2\text{—}4)$$

式中　p_s——单桥探头的比贯入阻力；

q_c——双桥探头的锥头阻力；

f_s——侧壁摩擦力；

α——摩阻比；

K_p、K_q、K_f—分别为单桥探头、双桥探头的标定系数（kPa/$\mu\varepsilon$ 或 kPa/mV）；

ε_p、ε_q、ε_f—分别为单桥探头、双桥探头贯入的应变量($\mu\varepsilon$)或输出电压值(mV)。

第 4.0.3 条 勘察报告中触探成果的表达形式,可根据勘察要求或需要解决的地基问题而决定。

当采用单桥探头测得的资料评价天然地基的土层性质时,触探曲线可直接绘于工程地质剖面图上。当采用单桥探头或双桥探头测得的资料,提供桩基础设计参数时,可绘制单孔触探曲线。

第 4.0.4 条 绘制单孔触探曲线时,纵座标表示深度,横座标表示比贯入阻力或锥头阻力、侧壁摩擦力。

比贯入阻力或锥头阻力随深度的变化曲线可用粗实线表示;侧壁摩坐力随深度的变化曲线可用细虚线表示。

当采用双桥探头时,应附摩阻比随深度的变化曲线。

当采用附有其它功能(如测斜、测孔隙水压力等)的触探头时,可根据实际续要,附以相应的曲线。

上述变化曲线的绘图比例可按表 4.0.4 选用。

比 例 选 用 表 表 4.0.4

项 目	比 例
深 度	1:100 或 1:200
比贯入阻力或锥头阻力	1cm 表示 500、1000、2000kPa
侧壁摩擦力	1cm 表示 5、10、20kPa
摩 坐 比	1cm 表示 1%、2%

侧壁摩擦力和锥头阻力的比例,可匹配成 1∶100。

单孔触探曲线可按附录四附图 4.1、4.2 绘制。

第 4.0.5 条 根据触探曲线划分土层,其划分的详细程度应满足工程建设的需要。对与地基强度、变形或场地稳定性有重大影响的土层,应详细划分。

当采用单桥探头测试时，应以比贯入阻力与深度的变化曲线进行力学分层。当采用双桥探头测试时，可以锥头坐力与深度变化曲线为主，结合侧壁摩擦力和摩阻比随深度的变化曲线进行力学分层。

进行力学分层时，每层中最大贯入阻力与最小贯入坐力之比，不应大于表 4.0.5 的规定。

力学分层按贯入阻力变化幅度的并层标准　　表 4.0.5

p_s 或 q_c (MPa)	最大贯入阻力与最小贯入阻力之比
≤1.0	1.0～1.5
1.0～3.0	1.5～2.0
>3.0	2.0～2.5

划分分层界线时，应考虑贯入坐力曲线中的超前和滞后现象，一般以超前和滞后的中点作为分界点。

触探结合钻探时，触探分层应与钻探记录综合考虑。

第 4.0.6 条　双桥探头在计算摩阻比时，可不考虑锥头阻力和侧壁摩擦阻力在同一测点深度上的差异。

第 4.0.7 条　单孔各土层贯入坐力的计算方法，应根据所使用的量测仪器确定。当使用电阻应变仪或数字测力仪量测时，可采用算术平均法；当使用电子电位差计量测时，可采用面积法，计算格式可按附录四附表 4.3。

在计算单孔分层贯入阻力时，应剔除记录中的异常点，以及超前和滞后值。在判别砂土液化时，对于贯入阻力变化较大且为较薄的夹层或互层，应分别计算其各土层贯入阻力。

第 4.0.8 条　勘察场地各土层的贯入阻力，可分为一般值和计算值两类。选址或初勘阶段可提供一般值，详勘或施工勘察阶段可提供计算值。一般值和计算值可按附录三规定的方法计算。

附录一　静力触探头的技术标准

一、触探头的外形和尺寸除应符合本标准表 2.0.2 的规定外，尚应符合下列要求：

1. 双桥探头的摩擦筒应紧挨锥头，当联结部位有倒角时，其倒角应为 45°，且摩擦筒与锥头的间距不应大于 10mm。

2. 双桥探头锥头等直径部分的高度，不应超过 3mm。

3. 触探头的使用公差，应符合附表 1.1 的规定。

触探头的使用公差　　附表 1.1

项目 / 锥底面积(cm^2)	锥底直径 (mm)	锥　角 (°)	摩擦筒长度(mm)	
			单桥探头	双桥探头
10	±0.18	±1	±0.28	±0.90
15	±0.22	±1	±0.35	±1.10
20	±0.25	±1	±0.42	±0.95

4. 锥头与摩擦筒应同心，摩擦筒直径应比锥底直径大 0.05mm。

二、量测误差应分别符合下列要求：

1. 对于线性误差与归零误差，用电子电位差计测试时，应不大于满量程的±1%，以应变量显示时，应不大于触探头在额定荷载下应变量的±1%。

2. 对于重复性误差与滞后误差，应反复加卸荷不少于三次，其误差用电子电位差计测试时，应不大于满量程的±1%；以应变量显示时，应不大于触探头在额定荷载下应变量的±1%。

三、触探头的适用温度为－10°～±45℃，由于温度飘移而产生的量测误差，应不大于满量程的±1%。算式如（附1.1）：

$$\frac{\Delta V}{V}=\Delta t \cdot \eta \qquad \text{（附1.1）}$$

式中 ΔV——温度变化所引起的误差（mV）；

V——全量程的输出电压（mV）；

Δt——触探过程中气温与地温引起触探头的最大温差（℃）；

η——温飘系数，一般采用0.0005/℃。

四、触探头一般在3个工程大气压（即294kPa）下，保持2h，其绝缘度不得小于500MΩ。

五、对于触探头的分辨率，当采用电子电位差计测试时，每伏桥路电压下，仪器指针画线长度应不小于0.05mm；当以应变量显示时，仪表的显示值应不小于10个微应变。

六、双桥探头的两组桥路应互不干扰。触探过程中，上提触探头时，两个传感器均应处于不受力状态。摩擦筒应滑动灵活，不因侧向受力而被卡住。

附录二　静力触探头的标定

一、标定前的准备工作

1. 标定用测力计或传感器，精度不应低于 3 级。

2. 连接触探头和记录仪并统调平衡，当确认正常后，方可正式进行标定工作。

3. 当采用电阻应变仪时，应将仪器的灵敏系数调至与触探头中传感器所贴的电阻应变片的灵敏系数相同。

4. 触探头应垂直稳固放置在标定架上，并应不使电缆线受压。

5. 对于新的触探头应反复（一般为 3～5 次）预压到额定荷载，以减少传感元件由于加工引起的残余应力。

二、标定方法

触探头的标定可分为固定桥压法和固定系数法两种，其标定方法和标定资料整理应符合下列要求：

1. 固定桥压法

（1）选定量测仪器的供桥电压（电阻应变仪的桥压是固定的）。

（2）逐级施加荷载，一般每级为最大贯入力的 1/10。

（3）每级加荷均应标明输出电压值或测记相应的应变量。

（4）每次标定，加卸荷不得少于 3 遍，同时对顶柱式传感器还应转动顶柱至不同角度，观察荷载作用下读数的变化，其测定误差应小于满量程的±1%或额定荷载下应变量的±1%。

（5）计算每一级荷载下输出电压（或应变量）的平均值，绘制以荷载为纵座标，输出电压值（或应变量）为横座标的标定直线，其线性误差应符合附录一的规定。

(C) 按（附 2.1）公式计算触探头的标定系数 K：

$$K=\frac{10P}{A\cdot\varepsilon}\ (\text{kPa/mV 或 kPa/}\mu\varepsilon) \qquad (附\ 2.1)$$

式中 P——标定线上任一点的荷载（kN）；

A——锥底面积或摩擦筒面积（cm^2）；

ε——荷载 P 对应的输出电压值（mV）、应变量（$\mu\varepsilon$）。

2. 固定系数法

(1) 指令一个标定系数 K（如输出电压每 mV 或画线长每 cm 表示贯入阻力 1000kPa、2000kPa、4000kPa。），计算出输出电压为满量程时，所需加的总荷载 P：

$$P=KAl \qquad (\text{kN}) \qquad (附\ 2.2)$$

式中 A——锥底面积或摩擦筒面积（cm^2）

l——满量程的输出电压值（mV）或记录纸带的宽度（cm）。

(2) 输入一个假设的供桥电压 U，并施加荷载为 $P/2$，若记录笔指针未达满量程的一半处，则调整供桥电压，使其指针指于满量程的一半处。然后卸荷，指针应回到零位。如不归零则调指针归零。如此反复加卸荷，使记录笔指针从零位往返至满量程的一半处。

(3) 在调整后的供桥电压下，按 $P/10$ 逐级加荷至满量程，分级卸荷使记录笔返回零点。

(4) 按上述步骤，其测试误差符合本标准附录一的规定，调整后的供桥电压即为标定的供桥电压值。

附录三　贯入阻力的一般值和计算值的计算方法

一、一般值：可采用场地单孔各土层贯入阻力的范围值或算术平均值。

二、计算值：应按土质均匀性和建筑物的类别确定。

1. 当土质均匀、测试数据离散度较小，或为Ⅱ类建筑物时，应以各触探孔穿越该层的厚度为权，采用厚度的加权平均法按（附3.1）式计算场地各土层贯入阻力：

$$\bar{p}_s=\frac{\sum_{i=1}^{n}h_i p_{si}}{\sum_{i=1}^{n}x_i} \qquad \text{（附 3.1）}$$

式中　$\bar{p}_s$（或$\bar{q}_c$、$\bar{f}_s$）——场地各土层贯入阻力（kPa）；

h_i——第i孔穿越该层的厚度（m）；

p_{si}（或q_{ci}、f_{si}）——第i孔中该层的单孔贯入阻力（kPa）。

2. 当土质不均、测试数据离散度较大，或为Ⅰ类建筑物时，根据指标所需解决的问题，可分别按（附3.2）、（附3.3）公式计算其最大平均值或最小平均值：

$$\bar{p}_s\ (\text{或}\bar{q}_c、\bar{f}_s)_{max}=\frac{\bar{p}_s+p_{smax}}{2} \qquad \text{（附 3.2）}$$

$$\bar{p}_s\ (\text{或}\bar{q}_c、\bar{f}_s)_{min}=\frac{\bar{p}_s+p_{smin}}{2} \qquad \text{（附 3.3）}$$

式中　$\bar{p}_s\ (\text{或}\bar{q}_c、\bar{f}_s)_{max}$和$\bar{p}_s\ (\text{或}\bar{q}_c、\bar{f}_s)_{min}$——分别为场地各

上层贯入阻力的最大平均值和最小平均值（kPa）；

$\overline{p}_s$——按厚度加权平均法计算的场地分层贯入阻力（kPa）。

p_s（或 q_c、f_s）max 和 p_s（或 q_c、f_s）min——分别为场地内各孔中该层的单孔贯入坐力的最大值和最小值（kPa）。

对于有特殊要求的工程，场地各土层的贯入阻力，必要时可按保证界限法提供计算值。

注：建筑物的类别按国家现行《工业与民用建筑工程地质勘察规范》（TJ21—77）的规定进行划分。

附录四　静力触探记录格式和单孔触探曲线

一、单桥探头静力触探记录表　　**附表 4.1**

工程编号_____工程名称_____孔号_____

探头号_____水位_____孔口标高_____

探头标定系数 K_p _____锥头面积_____

仪 器 型 号_____测 试 日 期_____

第____页共____页

贯入深度 (m)	零荷载读数 (με)	受荷读数 (με)	应变量 (με)	比贯入阻力 P_s (kPa)	备注	贯入深度 (m)	零荷载读数 (με)	受荷读数 (με)	应变量 (με)	比贯入阻力 P_s (kPa)	备注

仪器操作_____记录_____计算_____核对_____

二、双桥探头静力触探记录表　　附表 4.2

工程编号＿＿＿＿＿＿工程名称＿＿＿＿＿＿孔号＿＿＿＿＿＿

探头号＿＿＿＿＿＿水位＿＿＿＿＿＿孔口标高＿＿＿＿＿＿

探头标定系数 K_q ＿＿＿＿＿＿＿＿ K_f ＿＿＿＿＿＿＿＿

锥头和侧壁面积＿＿＿＿＿＿＿＿仪器型号＿＿＿＿＿＿＿＿

测试日期＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

第＿＿页共＿＿页

贯入深度 (m)	锥头				侧壁				摩阻比 α (%)	备注
	零荷载读数 (με)	受荷载读数 (με)	应变量 (με)	阻力 qe (kPa)	零荷载读数 (με)	受荷载读数 (με)	应变量 (με)	阻力 fs (kPa)		

仪器操作＿＿＿＿记录＿＿＿＿计算＿＿＿＿核对＿＿＿＿

三、静力触探电子电位差计记录成果整理表　　附表 4.3

工程编号＿＿＿＿＿＿工程名称＿＿＿＿＿＿孔号＿＿＿＿＿＿

探头号＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿孔口标高＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

探头标定系数 K_q 或 K_p ＿＿＿＿＿＿＿＿ K_f ＿＿＿＿＿＿＿＿

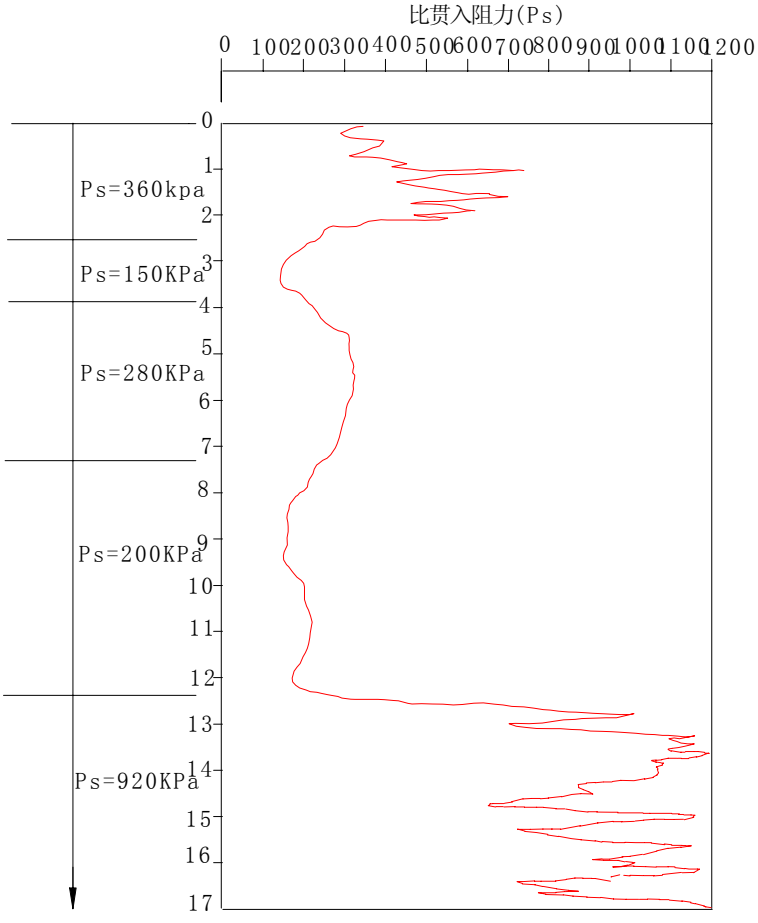
第＿＿页共＿＿页

深度 (m)	画线长度 (mm)	分块平均画线长度 (mm)	分块厚度 (m)	分块面积 (m×mm)	分层累计面积 (m×mm)	分层累计面积 (m×mm)	分层平均画线长度 (mm)	分层平均贯入阻力 (kPa)	备注

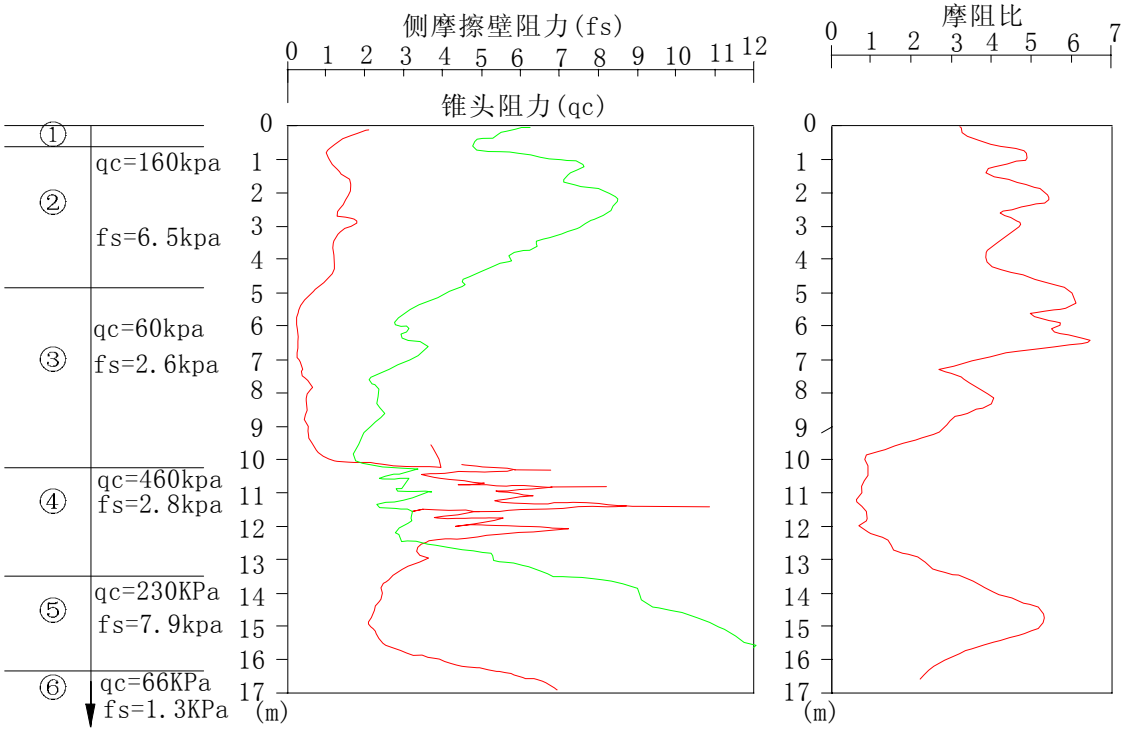
计算＿＿＿＿校对＿＿＿＿日期＿＿＿＿

注：若为固定桥压法时，画线长度的单位以输出电压为量纲，将表中为 mV。

四、静力触探单孔触探曲线



附图 **4.1**　单桥探头静力触探曲线



附图 **4.2**　双桥探头静力触探曲线

附录五　本标准用词说明

一、为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1. 表示很严格，非这样作不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2. 表示严格，在正常情况下均应这样作的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3. 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样作的：

正面词采用“宜”或“可”，反面词采用“不宜”。

二、条文中指定应按其它有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”。非必须按所指定的标准、规范或其它规定执行时，写法为“可参照……”。

附加说明

本标准参编单位和主要起草人名单

主编单位：

建设部综合勘察研究院

同济大学

参加单位：

上海勘察院

中南勘察设计院

吉林省建筑设计院

宁夏自治区建筑勘测设计院

南京建筑工程学院

主要起草人：

王家钧　卢万燮　莫群欢　郭连菊　马玉林　俞载华

张跃芬