

UDC

中华人民共和国行业标准

YS

YS 5223—2000

J 110—2001

P

静力触探试验规程

Specification for cone penetration test

2000—12—12 发布

2001—07—01 实施

中国有色金属工业协会发布

中华人民共和国行业标准

静力触探试验规程

Specification for cone penetration test

YS 5223—2000

主编单位:中国有色金属工业
昆明勘察设计研究院
批准部门:中国有色金属工业协会
施行日期:2001年7月1日

中国计划出版社

2001 北京

前 言

本规程是根据原中国有色金属工业总公司中色投管字[1998]04号文和国家有色金属工业局国色规字[2000]121号文下达的《岩土工程勘察技术规程》(17项)修订计划,对《静力触探试验规程》(YSJ223-91、YBJ22-91)进行修订而成的。

本规程共分五章六个附录,主要内容:总则、符号、仪器设备、试验方法、资料整理。对原规程作了补充和修改,较原规程增加了部分新测试仪器及新方法,主要内容有:

1. 孔隙水压力静力触探测试。
2. 原位测试微机系统在静力触探工作的应用。

本标准由中国有色金属工业协会归口管理,在执行本规程过程中,如发现本规程条文有欠妥之处,请将意见函寄中国有色金属工业工程建设标准规范管理处(北京市复兴路12号,邮编100038)。具体解释工作由中国有色金属工业昆明勘察设计研究院(昆明市东风东路东风巷1号,邮政编码650051)负责。

本规程主编单位和主要起草人:

主 编 单 位:中国有色金属工业昆明勘察设计研究院

主要起草人:徐晓泉 黄经秋

1 总 则

1.0.1 为统一静力触探试验工作方法和技术要求,提高岩土工程勘察质量,做到技术先进合理,成果准确可靠,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于有色冶金工业建设岩土工程勘察静力触探试验,其他行业的同类工作也可参照执行。

1.0.3 静力触探试验可单独进行,也可与钻探配合交替进行。

1.0.4 进行静力触探试验工作时,除应执行本规程外,尚应符合国家和本行业现行的有关标准的规定。

2 符 号

- f_s ——侧摩阻力
 H ——贯入深度
 J ——静探指标(P_s 、 q_c 、 f_s)
 P_s ——比贯入阻力
 q_c ——锥头贯入阻力
 R_f ——摩阻比

3 仪器设备

3.1 一般规定

3.1.1 静力触探的仪器设备应由贯入系统和探测系统两部分组成,各部分应包括以下内容:

- 1 贯入系统——主机、探杆及反力设施;
- 2 探测系统——探头、量测仪器及探头标定设备。

3.1.2 试验使用的仪器设备应符合下列要求:

- 1 符合国家标准的定型合格产品;
- 2 标定探头的测力计,按规定要定期送计量部门检查标定;
- 3 新研制的仪器设备应通过鉴定,并有使用说明书。

3.1.3 仪器设备使用前应进行试运转,检验其可靠性。

3.2 贯入系统

3.2.1 主机的主要技术性能应符合下列要求:

1 贯入速率,应根据所从事的静力触探项目不同而区别对待。

- 1)单、双桥测试时贯入速率为 $1.2 \pm 0.3\text{m}/\text{min}$;
- 2)孔压静探测试时,标准贯入速率应控制为 $20\text{mm}/\text{s}$ 。

- 2 贯入能力应满足探测深度的要求。
- 3 电绝缘性能良好。

3.2.2 探杆必须符合下列要求:

1 应采用强度足够的无缝钢管材加工,做超深孔时,可使用合金钢探杆;

- 2 直径在 $25 \sim 50\text{mm}$ 之间;
- 3 每根长度相同,丝肩能紧贴,互换性良好。

3.2.3 反力设施应根据设备和现场条件及探测深度决定,宜采用触探车自重、地锚或堆压的重物。必要时可将多种方法联合使用。

3.3 探测系统

3.3.1 电阻应变式单桥、双桥探头应符合下列规定:

- 1 其规格应符合表 3.3.1 的规定;
- 2 传感器的非线性误差、重复性误差、滞后误差和归零的允许误差均为 $\pm 1.0\%$;
- 3 传感器的空载输出应在仪器平衡调节范围以内;
- 4 双桥探头的侧摩阻力传感器应与锥头传感器相匹配,两传感器不互相干扰;
- 5 密封性能良好,绝缘电阻必须能保证仪器正常工作;
- 6 探头系统各部件松紧适度;
- 7 锥头锥面平整无凹陷,侧摩阻筒无明显刻痕。

表 3.3.1 常用探头规格表

锥头底面积 (cm^2)	锥头直径 (mm)	锥角 ($^\circ$)	单桥探头侧摩阻筒有效长度 (mm)	双桥探头侧摩阻筒	
				工作面积 (cm^2)	有效长度 (mm)
10	35.9	60	57	200	179
15	43.7	60	70	300	219
20	50.4	60	81	300	189

注:双桥探头侧摩阻筒直径与锥头直径之比应在 1.00~1.01 的范围内。

3.3.2 孔隙水压力静力触探探头必须符合下列规定:

- 1 线性、滞后误差小于 0.8%,重复性误差小于 0.5%,归零误差小于 0.5%。
- 2 使用温度范围 $-10\sim 40^\circ\text{C}$ 。
- 3 在使用温度范围内,温度零漂值小于 $0.05\% / ^\circ\text{C} / \text{F}\cdot\text{S}$ 。

- 4 额定过载能力为 120% R、L。
 - 5 探头工作时,其内几个传感器之间相互干扰小于 0.3% (F·S)。
 - 6 充水腔体变率小于 5×10^{-4} 。
 - 7 透水滤器设锥尖、锥后等经圆柱处两个位置,按试验条件和要求任意选用一个位置。
 - 8 密封绝缘性能在 2000kPa 水压下,保压 6h,桥路绝缘电阻需大于 300M Ω 。
- 3.3.3** 探头使用一定时间后,当发现锥头的锥面刻痕明显,或出现不平整有明显凹面或双桥探头侧壁摩擦筒直径明显小于锥头直径时应予以更换。
- 3.3.4** 电缆应采用屏蔽电缆,屏蔽网应合理接地,表皮破损的电缆不得使用。
- 3.3.5** 探头与探杆之间的联接必须加装密封装置,在安装探头时,应将橡胶圈压紧。
- 3.3.6** 量测仪器必须与探头性能相适应,应采用合格的自动记录仪或与静探配套使用的原位测试微机系统。
- 3.3.7** 用于试验记录的静探自动记录仪,应满足下列要求:
- 1 电子电位差计的精度不应低于 0.5 级;
 - 2 供桥电压连续可调,并配有能够准确显示桥压值的数字电压表;
 - 3 记录深度的传感装置必须与记录仪走纸同步,深度记录比例应有 1:100 或 1:200 两种。
- 3.3.8** 用于试验记录的原位测试微机系统,应具备下列功能:
- 1 操作方便,数据可靠,具有屏幕显示试验状态曲线;
 - 2 具有读初值、测量、采集数据、贮存资料、打印资料功能;
 - 3 具有第二次触探功能,即第一次因意外原因终止试验,后又重新恢复试验的功能;
 - 4 整理采集资料,地层分层功能;

5 可打印静力触探的各种成果资料。

3.3.9 标定设备应满足下列要求：

1 测量荷载的测力计,其精度不得低于Ⅲ等,量程应与传感器的额定荷载相适应。

2 能对探头分别加卸不同的已知荷载。

3 能使压力作用线与探头的中心线重合,以免探头偏心受压。

4 试验方法

4.1 一般规定

4.1.1 静力触探在试验前必须将探头,屏蔽电缆线及量测仪器进行系统联机,并进行标定工作(见本规程附录 A),确定标定系数,标定完毕,将各部件单独放置,便于装运。

4.1.2 试验孔位必须避开地下障碍物和影响安全生产的潜在因素。

4.1.3 每次升降操作的停车位置宜保持一致。

4.2 试验准备

4.2.1 探杆的准备工作应符合下列要求:

1 探头以上的探杆在 8 倍探头直径长度范围内,直径必须小于探头直径,且不得设置扩孔器;

2 逐根检查试接,顺序放置,再将探头电缆穿过全部备用探杆;

3 已变形,不圆不直、丝扣太紧或太松的探杆不得使用,用于深孔的探杆,应检查每 3~5 根连接后的总体平直度;

4 备用探杆总长度应大于测试孔深度 2m。

4.2.2 探头电缆长度应满足式(4.2.2)的要求:

$$L \geq n(l + 0.1) + 7 \quad (4.2.2)$$

式中 L —— 探头电缆长度(m);

n —— 备用探杆根数;

l —— 单根探杆长度(m)。

4.2.3 反力设施应满足下列要求:

1 各部件要有足够的强度和刚度,并能与主机坚固连接;

2 提供的反力大于最大贯入总阻力；

3 采用地锚提供反力时，所下地锚必须对称、垂直，并使主机能与地锚固定连接；

4 采用重物堆压提供反力时，重物形状应规整，堆压力求均匀、稳固。

4.2.4 主机的安装应按下列程序进行：

1 清除测试孔口及表层的障碍物，整垫场地，对孔安装主机；

2 将机座与反力装置相连接，用水平尺调平后，紧固锁定；

3 正确连接各种电路，管路使主机处于工作状态，启动动力源，检查升降操纵装置是否灵活、可靠。

4.2.5 当采用自动记录仪进行记录时，贯入前记录仪的操作应遵守下列规定：

1 正确连接探头电缆，通电预热 10~15min；

2 用手试压探头，观察记录仪器显示方向，若反向显示，应调换有关接线，使其符合要求；

3 使用桥压可调的自动记录仪时，必须按探头标定的要求，调准桥压值，然后调零（平衡）；

4 三桥探头使用双笔自动记录仪记录时，上笔用于记录 q_c 值，下笔用于记录 f_s 值，另加数显电阻应变仪记录孔隙水压力。

4.2.6 当采用原位测试微机系统进行记录时，贯入前微机操作应遵守下列规定：

1 正确连接探头、电缆、微机，然后开机。

2 操作微机，设置初值，一般在 200~500 左右；

3 用手试压探头，观察初值数字在受力状态下应变大，若数值变小，应调换有关接线，使其符合要求。

4.2.7 当采用孔隙水压力静力触探探头测试前应遵守下列规定：

1 检查孔压静探头外表面无机械损坏，探头内各个传感器桥臂电阻基本相同，且绝缘强度好。

2 预估测试的土层强度及可能产生超孔隙水压力大小，确定

好透水滤器使用位置,然后更换锥体与新透水滤器。更换锥体时,应使锥体与孔压传感器底面紧密接触。

3 将孔压静探头装到真空饱和容器内,密封抽真空 60min 以上,抽真空 -0.1MPa ,然后以负压吸入无气液体(一般为脱气水),使透水滤器及其孔压传感器相连的通道充分饱和。

4 从饱和容器内取出经饱和的探头,透水滤器部分需浸没在饱和液中。工作时,保护饱和液不得流失,否则应重新饱和。

5 当地下水位较浅时,宜在触探孔位处预先挖一个深见地下水的小坑,将装满饱和液(脱气水)的小塑料袋包扎的透水滤器和已连接安装好的探头悬吊于坑内水位以下。

6 当地下水位较深时,宜用直径较孔压探头大的探头或其他锥头先开孔钻至地下水位以下,然后按上述第 5 款要求将孔压探头悬吊于孔内水位以下。

4.3 试验工作

4.3.1 开孔贯入时,应清除影响垂直贯入的块状物,并仔细观察探头与土层接触时的情况,防止锥尖侧移,孔位偏斜。当贯入 1~2m 后,探杆如有明显偏斜,应重新移位开孔。

4.3.2 贯入速率应遵守本规程第 3.2.1 条的规定,严禁高速贯入,手摇式主机的摇把转速应保持均匀。

4.3.3 每次加接探杆时,丝扣必须上满,卸探杆时,不得转动下面的探杆,要防止探头电缆压断、拉脱或扭曲。

4.3.4 贯入过程中,当只做单桥或双桥静力触探时,应按下列要求对探头进行归零(零漂)检查:

1 第一次检查应在贯入 0.5~1.0m 深度处进行,将探头提升约 10cm,使之不受力,记取读数,静待 10~15min,等记录仪器显示值基本稳定后(以后各次检查不须静待),重新调零,继续贯入。

2 贯入中的归零检查,宜按每间隔 5m 进行一次,记取归零

读数,直至终孔,终孔时必须记取归零读数。

4.3.5 当采用自动记录仪记录单孔静探量测成果时,记录操作应遵守下列规定:

1 将深度记录装置(自整角机)与自动记录仪联接好,用手转动摩擦滚轮,检查记录走纸是否正常,然后将自整角机夹在探杆上,进入贯入记录状态;

2 在记录纸上应注明工程名称、孔号、仪器号、探头号、桥压值、探头电缆规格及长度、日期、观测人等项目;

3 贯入后,每次归零检查,探杆提升约 10cm 后,必须在记录纸上标记笔尖所在位置,重新调零也应有记号标明;

4 随时注意桥压、划线、走纸情况,深度差异,如有异常,应立即停止贯入,检查处理;

5 终孔后,拆除自整角机,关闭仪器,用手转动走纸机构,使孔与孔之间的记录保持一定距离。

4.3.6 当采用原位测试微机系统记录单孔静探量测成果时,记录工作应按下列程序操作:

1 按微机操作要求,选择相应试验项目的量测状态输入与工程相关的各项参数;

2 按微机操作程序操作使微机进入试验状态;

3 将深度信号发生器夹持在探杆上,进入贯入记录状态;

4 试验中按本规程 4.3.4 条对探头进行归零(零漂)检查,终孔时必须读取初值;

5 试验结束后,按微机操作要求存储试验资料。

4.3.7 孔压静力触探试验应注意以下事项:

1 试验从地下水位开始,贯入时锥头刺破塑料袋进入土中,按规定贯入速度进行,不得随意变化贯入速度。

2 贯入中需同时记录 q_c 、 f_s 、 u 参数贯入深度的变化值。

3 在触探贯入和消散试验过程中,不能读中间初值,应选择温漂小的探头,不得随意提拔探杆。若要检查其贯入深度的零点

变化,可停止贯入。

4 第一个初值可读或不读。若读了最后初值,锥头和侧摩数据作直线内插,孔压数据不作直线内插,因此终孔时孔隙水压不能完全消去(读不到初值)。

5 孔压消散试验可在任一深度进行,应在探头达到预定深度后停止贯入,夹固探杆不使移动,不使探杆中的推力卸除,然后测读孔压消散值。

6 用原位测试微机测试超孔隙水压力消散试验,可按以下步骤进行:

1)在做孔压静探试验过程中,可以选择合适深度处做超孔隙水压力消散试验。消散试验时间最长可达到 5h30min,当触探深度达到准备做消散试验的深度时,可使系统进入孔隙水压力消散试验状态。

2)试验按微机操作说明进行。试验过程中,按不同时段进行采样:1~10s 内每隔 1s 采样一次,10~100s 内每隔 10s 采样一次,100~1000s 内每隔 100s 采样一次,1000s 以上每隔 1000s 采样一次。

3)试验结束后,使系统回到孔压静探状态。一孔内最多可做 30 次消散试验。

4)孔压消散的数据资料和孔压静探的数据资料记录在同一个数据文件上。

4.3.8 出现下列情况之一时,应终止贯入:

- 1** 孔深已达任务书要求;
- 2** 反力失效或主机已超负荷;
- 3** 探杆明显弯曲,有断杆危险。

4.3.9 贯入终止时,不得将探头长时间置于孔内,应立即起拔,起拔操作应遵守下列规定:

- 1** 拔起探杆,卸杆时应防止孔中探杆滑落孔底;
- 2** 起拔过程中应装刮泥器,刮掉探杆表面粘附的泥砂;

- 3 拔起的探杆应理顺其中的电缆,依次妥放探杆箱内;
 - 4 探头拔起后应立即拆洗、上油,装复后妥放原处。
- 4.3.10** 单孔试验完成后应及时做好以下工作:
- 1 主机离位、收拢;
 - 2 起拔地锚拆除反力设施;
 - 3 拆卸电源、收拾仪器设备和工具;
 - 4 若有器材存留现场,应有防风、防雨设施,并设专人巡守。

5 资料整理

5.1 一般规定

5.1.1 测试成果应整理成单孔静力触探成果曲线图。

5.1.2 单孔静力触探曲线图应符合下列技术要求：

1 应分层给出静探指标 P_s 、 q_c 、 f_s 、 u 、 R_f [摩阻比(%)] 值, 对工程有影响的下卧软夹层和桩基桩端上下的薄夹层在分层时均应分出。

2 q_c-H 、 f_s-H 、 $u-H$ 两条(当测孔压时为三条)曲线同绘于一个坐标图中, q_c-H 曲线图宜用实线表示, f_s-H 曲线宜用虚线表示, 并有各自的静探指标标尺。

3 R_f-H 曲线应单独放在 q_c-H 、 f_s-H 曲线的右边, 深度标尺应与 q_c-H 、 f_s-H 曲线的相同。

4 图中数据表应按分层的层次划分, 其深度标尺应与静探曲线深度标尺相一致。

5.1.3 R_f-H 曲线的 R_f 值, 应从 q_c-H 、 f_s-H 曲线上取同一深度的 q_c 、 f_s 值, 按式(5.1.3)计算:

$$R_f = \frac{f_s}{q_c} \times 100\% \quad (5.1.3)$$

取点密度可根据线形确定, 每米不宜少于 2 个点, R_f 的横标尺宜以每 5mm 或 10mm 代表 1%。

5.1.4 静力触探曲线图的纵横坐标比例宜符合下列要求:

1 纵坐标(深度)比例采用 1:100, 深孔采用 1:200;

2 横坐标(静探指标)比例, 宜用 1mm 表示 100kPa 或 200kPa;

3 当静力触探孔与钻探孔配合时, 静探深度比例尺应与钻孔深度比例尺一致。

5.2 分层资料整理

5.2.1 在 P_s-H 曲线上分层,应按曲线的 P_s 值大小和线形特征进行。划为同一层的, P_s 值应基本接近,线形相同,个别突出的尖峰值可不考虑。

5.2.2 在 q_c-H , f_s-H , R_f-H 曲线上进行分层,划为同一层的三条曲线段,应符合下列情况:

1 q_c-H 曲线, q_c 指标接近,线形相同,(个别突出尖峰值可不考虑);

2 f_s-H 曲线大部分在 q_c-H 曲线一侧;

3 R_f-H 曲线, R_f 指标接近,线形相同。

5.2.3 分层确定土的名称时,应参照钻孔资料,必要时应钻孔验证。

5.2.4 静力触探曲线幅值(横坐标)的修正,应以两相邻归零检查点连成的直线与零位线的差为依据。将该段曲线各特征点的原幅值减去该点所对应的偏差值(零漂)作为修正后幅值,然后再连成修正后曲线。

5.2.5 自记曲线各层静探指标的计算,可根据层内曲线的变化情况,划分为若干小层,按以盈补缺的原则(个别尖峰值不考虑),确定竖直线段,从横标尺上取值,按式(5.2.5)计算静探指标 J :

$$J = \frac{\sum_{i=1}^n (J_i h_i)}{\sum_{i=1}^n h_i} \quad (5.2.5)$$

式中 J_i —— 各小层静探指标 P_{si} 、 q_{ci} 、 f_{si} (kPa);

h_i —— 各小层厚度(m);

n —— 层数。

5.2.6 原位测试微机系统可按微机程序自动进行资料整理。

附录 A 探头标定操作步骤

A.1 一般规定

A.1.1 未标定的探头严禁使用。探头的标定参数有效期定为 3 个月,逾期必须重新标定;有效期内如发现异常应重新标定。

A.1.2 待用的探头电缆和仪器应同探头一起标定,标定后的参数仅适用于该测试系统。

A.2 自动记录仪标定桥压法

A.2.1 安装准备工作应满足以下要求:

1 将探头和测力计安装于标定架上,调整对中,使压力作用线与测力计、探头中心线重合。

2 将探头电缆正确连接在仪器上,仪器通电预热,对于桥压可调的自动记录仪,先给定一个适当桥压,然后调零。

3 对探头一次施加额定荷载,然后一次卸荷至零,观察归零情况。如此加荷、卸荷 3 次以上,直至归零准确。

A.2.2 系数的确定,当使用每毫伏代表 12mm 宽的自动记录仪时,单桥探头的系数应确定为 $S_p = 12(100\text{kPa}/\text{mm})$;双桥探头两传感器的系数要满足 $S_f/S_q = 0.01$,应确定为 $S_q = 12(100\text{kPa}/\text{mm})$, $S_f = 12(\text{kPa}/\text{mm})$ 。

A.2.3 锥尖荷载的计算按式(A.2.3)计算中点荷载 $P_B/2$:

$$\frac{P_B}{2} = \frac{1}{2}BSA \quad (\text{A.2.3})$$

式中 $\frac{P_B}{2}$ ——使仪器笔尖从零移动到记录纸中点所需施加的荷载(kN);

B ——记录纸宽度(mm);

S ——探头系数(100kPa/mm);

A ——探头锥底面积或侧摩阻筒工作面积(m^2)。

A.2.4 将式(A.2.3)计算的荷载按测力计标定证书的荷载与变形关系表,把 $P_B/2$ 荷载换算为测力计读数。

A.2.5 侧壁荷载计算可重复本附录 A.2.3、A.2.4 条的步骤,此时 $S = 1\text{kPa/mm}$ 。

A.2.6 在 2~10V 范围内任意给定一个桥压值,然后调零,施加中点荷载 $P_B/2$,调整桥压使笔尖停留在记录纸中点,卸荷,重新调零。再加 $P_B/2$,调整桥压使笔尖停留在记录纸中点卸荷,重新调零,如此反复进行,直至加荷($P_B/2$)后笔尖到达中点,卸荷归零准确。此时的桥压值,即是该确定系数的桥压值。

A.3 原位测试微机系统标定

A.3.1 安装准备工作应满足以下要求:

1 将探头和测力计安装于标定架上,调整对中,使压力作用线与测力计、探头中心线重合。

2 将探头、电缆正确连接在微机上。

A.3.2 本系统采用固定电压法标定传感器,标定时每次加荷级差必须相等,根据探头性能设置级差,按 10 级计算荷载,将预施加的荷载与测力计标定证书荷载相对应,计算好每级荷载施加后的测力计变形量。

A.3.3 连接好主机电源,打开电源开关,设置初值为 200~500 之间。

A.3.4 在标定视窗选静探锥头,在锥头视窗内,输入探头、电缆参数及荷载级差。

A.3.5 操作微机读取初值,按标定键进入标定工作状态,逐级施加荷载,共分 10 级,加一次荷载按一次标定键直至本次标定结束,操作微机使屏显标定曲线图。用打印机与主机联机打印标定结

果。

A.3.6 若重复标定,应重复本附录 A.3.5 条操作过程。

A.3.7 侧壁传感器的标定,其过程与锥头标定一致,不同之处是施加荷载不同,应重新设计计算。

A.3.8 孔压静探探头的标定是采用专用的孔压传感器率定计,先根据探头生产厂商提供的资料,对孔隙水压传感器进行饱和处理,再把探头安装在标定的容器内。

A.3.9 孔压探头标定方法类似静探锥头的标定,不同的是标定菜单要选择“孔压探头”视窗,加荷单位是 kPa。

附录 C 双桥静力触探曲线图

表 C 双桥静力触探曲线图

工程编号_____孔 号_____孔深_____探头编号_____											
孔口高程_____地下水位_____图例_____测试日期_____											
深度 (m)	f_s	20	40	60	80	100kPa	深度 (m)	R_f (%)			
	q_c	2	4	6	8	10MPa		2	4	6	8

制图

复核

共

页

第

页

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对于要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的用词:

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做的用词:

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做的用词:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

表示有选择,在一定条件下可以这样做的采用“可”。

2 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时,写法为:“应符合……的要求或规定”或“应按……执行”。

统一书号:1580058·471

定价:108.00 元