

江苏省工程建设标准 **DGJ**

J 11364—2009

DGJ32/TJ 77—2009

基桩自平衡法静载试验技术规程

Technical specification for static loading test of
self-balanced method of foundation pile

2009-01-23 发布

2009-03-01 实施

江苏省建设厅 审定 发布

江苏省工程建设标准

基桩自平衡法静载试验技术规程

Technical specification for static loading test of self-balanced method of
foundation pile

DGJ32/TG 77—2009

主 编 南京东大自平衡桩基检测有限公司
东南大学土木工程学院

责任编辑 刘屹立 宋 平

出版发行 江苏科学技术出版社（南京市湖南路1号A楼，邮编：210009）

集团地址 凤凰出版传媒集团（南京市湖南路1号A楼，邮编：210009）

印 刷 江苏省科学技术情报研究所印刷厂

开 本 850mm × 1168mm 1/32

印 张 1.5

字 数 35000

版 次 2009年3月第1版

印 次 2009年3月第1次印刷

统一书号 155345·253

定 价 18.00元

图书如有印装质量问题，可随时寄印刷厂调换。

江苏省工程建设标准

基桩自平衡法静载试验技术规程

Technical specification for static loading test of self-balanced
method of foundation pile

DGJ32/TJ 77—2009

主编单位：南京东大自平衡桩基检测有限公司
东南大学土木工程学院
批准部门：江苏省建设厅
施行日期：2009年3月1日

凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

2009 南京

江苏省建设厅 公告

第32号

关于发布江苏省工程建设标准《基桩自平衡法 静载试验技术规程》的公告

现批准《基桩自平衡法静载试验技术规程》为江苏省工程建设标准，编号为 DGJ32/TJ 77—2009，自 2009 年 3 月 1 日起实施。

该规程由江苏省工程建设标准站组织出版发行。

江苏省建设厅
二〇〇九年一月二十二日

前 言

自平衡法是桩基静载试验的一种新方法，具有省时、省力、安全、无污染、综合费用低和不受场地条件、加载吨位限制等优点。1999年江苏省制定了《桩承载力自平衡测试技术规程》DB32/T 291—1999，2002年建设部、科技部在全国推广自平衡试桩法，现在全国建筑、桥梁、港口等工程中已广泛应用此方法。

本规程是在《桩承载力自平衡测试技术规程》DB32/T 291—1999的基础上，总结了近十年来的工程实践，参照《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106—2003中传统基桩静载试验方法的有关规定，结合自平衡法的特点编制的。

本规程的主要技术内容有：1 总则；2 术语、符号；3 一般规定；4 试验要点；5 资料整理及附录等。

本规程的编写依托于专利持有人龚维明的以下一项专利技术：

专利：桩承载力测定用荷载箱 专利号：(ZL 00219842.8)

本规程的发布机构对于专利的范围、有效性和验证资料不提出任何看法。

专利持有人已向本规程的发布机构保证，他愿意同任何申请人在合理和非歧视的条款和条件下，就使用授权许可进行商谈。在这方面，该专利持有人的声明已在本规程的发布机构备案。有关资料可从以下地址获得：

南京市四牌楼2号东南大学土木工程学院，邮政编码：210096。

本规程由江苏省工程建设标准站负责管理和解释。在执行本规程过程中如有意见和建议的资料，请寄送至江苏省工程建设标

准站（南京市虎踞北路 12 号综合楼南三楼，邮政编码：
210013）。

本标准主编单位、参编单位和主要起草人：

主 编 单 位：南京东大自平衡桩基检测有限公司
东南大学土木工程学院

参 编 单 位：南京市建筑工程质量监督站
南京赛宝液压设备有限公司

主要起草人：龚维明 毛龙泉 高乔明 薛国亚 戴国亮
童小东 穆保岗

目 次

1	总则	1
2	术语、符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	2
3	一般规定	4
3.1	试桩数量、位置和加载值	4
3.2	检测工作程序	4
4	试验要点	7
4.1	基桩自平衡法静载试验示意	7
4.2	仪器设备	7
4.3	设备安装	9
4.4	现场检测	10
5	资料整理	13
5.1	数据图表	13
5.2	承载力确定	14
附录 A	等效转换方法	16
本规程用词说明	22
条文说明	23

1 总 则

1.0.1 为规范基桩自平衡法静载试验，使其在基桩静载试验中发挥更大作用，确保桩基设计与施工技术先进、经济合理、安全实用，制定本规程。

1.0.2 基桩自平衡法适用于软土、粘性土、粉土、砂土、碎石土、岩层以及特殊性岩土中的钻孔灌注桩、人工挖孔桩、管桩以及其他深基础（沉井、地下连续墙）的承载力测试，特别适用于传统静载试验方法难以实施的水上试桩、坡地试桩、基坑底试桩、狭窄场地试桩及特大吨位试桩等。

1.0.3 基桩自平衡法不仅可用于基桩竖向抗压静载试验，也可用于基桩竖向抗拔静载试验。

1.0.4 进行基桩自平衡法试验时除应执行本规程外，尚应符合国家现行有关强制性标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1 基桩 foundation pile

桩基础中的单桩。

2.1.2 自平衡法 self-balanced method

基桩静载试验的一种方法。将荷载箱置于桩身平衡点处，在地面由高压油泵进行加载，通过试验数据绘制上、下段桩的荷载-位移曲线，从而得到试桩的极限承载力。

2.1.3 平衡点 balanced point position

基桩桩身某一位置，该位置以上桩身自重及桩侧摩阻力之和与下段桩桩侧摩阻力及桩端阻力之和基本相等。

2.1.4 荷载箱 load cell

基桩自平衡法试验中特制的加载装置，由活塞、顶盖、底盖及箱壁等部分组成。

2.2 符号

- Q_u —— 单桩竖向承载力极限值；
- R_n —— 单桩竖向承载力特征值；
- Q_{us} —— 上段桩的最终加载值；
- Q_{ux} —— 下段桩的最终加载值；
- W —— 荷载箱上部桩的自重；
- γ —— 修正系数；
- s —— 桩顶位移；
- s_s —— 荷载箱处向上位移；

- s_x —— 荷载箱处向下位移；
 Q_d —— 桩端的轴力；
 L —— 上段桩长度；
 E_p —— 桩身弹性模量；
 A_p —— 桩身截面面积；
 u —— 桩身周长。

3 一般规定

3.1 试桩数量、位置和加载值

3.1.1 试桩数量：

试桩数量在同一条件下不应少于3根，且不宜少于总桩数的1%；当工程桩总数在50根以内时，不应少于2根。

3.1.2 试桩位置：

试桩位置应符合设计要求。设计无要求时，宜选择在有代表性的地质条件处布置，并尽量靠近钻探孔或静力触探孔，其间距一般不宜大于5m。

3.1.3 最大加载值：

1 为设计提供依据的试桩，应加载至破坏。最大加载值可根据地质报告计算的单桩极限承载力的1.2倍~1.5倍选定。

2 对工程桩抽样检测时，最大加载值应根据设计单位提供的单桩承载力极限值或设计要求的单桩承载力特征值的2倍选定。

3.2 检测工作程序

3.2.1 检测工作应按以下程序进行：

接受委托 → 资料收集 → 方案制订 → 前期准备 → 现场检测 → 数据分析 → 结果评价 → 检测报告

3.2.2 检测方案应包含以下内容：

1 工程概况、地质条件（各岩土层与桩基有关的参数、各试桩位置的地质剖面图或柱状图）、试验目的、试验要求及依据。

- 2 根据设计要求确定荷载箱的个数、位置和最大加载值。
- 3 试桩的施工要求和需施工单位配合的机械、人工等。
- 4 安全措施和质保体系。
- 5 试验周期和进度。

3.2.3 前期准备：

- 1 荷载箱的设计、生产、标定、试压。
- 2 仪器设备和计量器具的检查。

3.2.4 检测开始时间应同时符合下列规定：

- 1 混凝土强度达到设计强度的 70% 以上或按该强度算得的桩身承载力大于荷载箱单向最大加载值的 1.5 倍。
- 2 土体的休止时间达到：砂土 7 d，粉土 10 d，非饱和粘土 15 d，饱和粘土 25 d。

3.2.5 现场检测：

现场检测期间，除应执行本规程的有关规定外，还应遵守国家有关安全生产的规定。当现场操作环境不符合仪器设备使用要求时，应采取有效的防护措施。

3.2.6 数据整理：

当发现检测数据异常时，应查找原因，或重新检测。

3.2.7 检测报告应包含以下内容：

- 1 工程名称、地点，建设、勘察、设计、监理和施工单位，检测目的、依据、数量和检测日期。
- 2 地质条件描述、土的力学指标，试桩平面位置图、相应的地质剖面图或柱状图及荷载箱埋设位置图。
- 3 试桩的施工记录。
- 4 检测方法、检测仪器设备和检测过程描述。
- 5 原始数据记录表、汇总表和相应的 $Q-s$ 、 $s-lgt$ 、 $s-lgQ$ 等曲线，转换为桩顶加载的等效转换数据表和等效转换 $Q-s$ 曲线。若布置桩身应力传感器，还应绘制桩身内力图和各岩土层摩阻

力图。

6 与检测内容相应的检测结论。

3.2.8 对工程桩进行抽样检测时，试验完后应在荷载箱处进行高压注浆，确保桩基安全。

4 试验要点

4.1 基桩自平衡法静载试验示意

4.1.1 自平衡试桩法静载试验示意如图 4.1.1 所示。

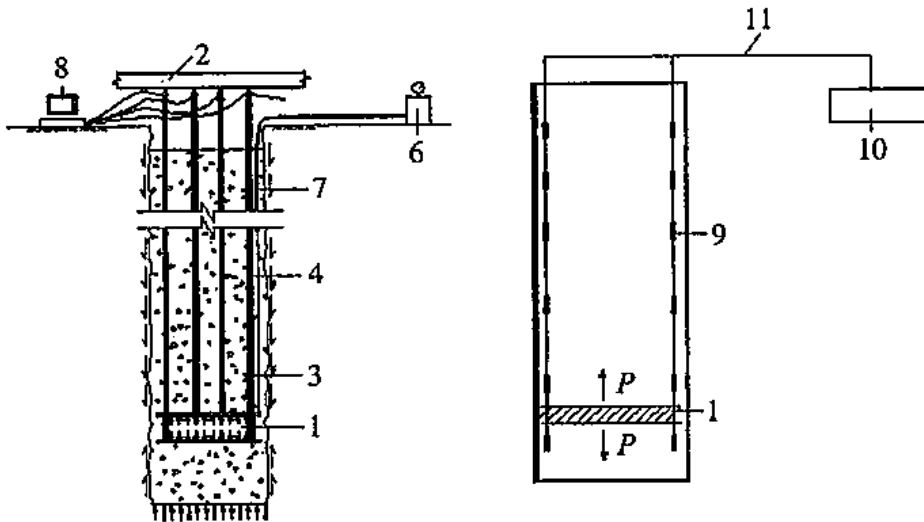


图 4.1.1 自平衡试桩法静载试验示意

1—荷载箱；2—基准梁；3—护套管；4—位移杆；5—位移传感器；6—加载系统
7—油管；8—数据采集仪；9—钢筋；10—钢筋计采集仪；11—传感线

4.2 仪器设备

4.2.1 荷载箱：

荷载箱是基桩自平衡法静载试验的关键设备。荷载箱的生产和标定必须遵守以下规定：

- 1 荷载箱必须是具有相关资质生产厂家生产的合格产品。
- 2 组成荷载箱的千斤顶必须经法定检测单位标定。荷载箱出厂前必须试压，试压值不得小于额定加载值，且必须维持 2 h

以上。

3 荷载箱在工厂试压和现场试验必须采用同一型号的压力表。

4 采用联于荷载箱的压力表测定油压，根据荷载箱率定曲线换算荷载。

5 压力表必须经法定计量部门标定，且在规定的有效期内使用。

4.2.2 位移传感器：

1 位移传感器一般采用电子百分表或电子千分表，分辨率优于或等于 0.01 mm。每根试桩布置 2 组（每组 2 个，对称布置），分别用于测定荷载箱处的向上、向下位移。

2 固定和支承位移传感器的夹具和基准梁在构造上应确保不受气温、振动及其他外界因素的影响，以防止发生竖向变位。

3 位移传感器必须经法定计量部门标定，且在规定的有效期内使用。

4.2.3 钢筋计：

1 钢筋计用于测试桩身内力，并由桩身内力推算各土层的抗压或抗拔侧摩阻力。常用的钢筋计有钢弦式和应变式两种。

2 钢筋计宜放在两种不同土层的界面处，距桩底、桩顶和荷载箱的距离不宜小于 1 倍桩径。同一断面处可对称设置 2 个 ~ 4 个。

3 应变式钢筋计（包括其连接电缆）必须有可靠的防潮、绝缘保护措施。

4.2.4 数据采集系统：

数据采集系统包含数据采集仪、计算机、稳压电源、不间断电源等。

4.3 设备安装

4.3.1 荷载箱的埋设位置：

1 当极限端阻力小于极限侧摩阻力时，将荷载箱置于平衡点处，使上、下段桩的极限承载力基本相等，以维持加载。

2 当极限端阻力大于极限侧摩阻力时，将荷载箱置于桩端，根据桩长径比、地质情况采取以下措施：

1) 桩顶提供一定量的配重；

2) 用小直径桩模拟，先测出桩端单位极限承载力，再根据实际尺寸换算桩端总的极限承载力；

3 试桩为抗拔桩时，荷载箱可置于桩端。

4 有特殊需要时，可采用双荷载箱或多荷载箱，以分别测试桩的极限端阻力和各段桩的极限摩阻力。荷载箱的埋设位置则根据特殊需要确定。

4.3.2 荷载箱的连接：

1 荷载箱应平放于钢筋笼的中心，其位移方向与桩身轴线夹角不应大于 5° 。

2 对于灌注桩，荷载箱的上、下板分别与上、下钢筋笼的钢筋焊接，并设置喇叭筋。喇叭筋的一端与主筋焊接，一端焊在环形荷载箱板内圆边缘处，其数量和直径同主筋。喇叭筋与荷载箱的夹角应大于 60° 。

3 对于管桩，荷载箱与上、下段桩焊接。

4.3.3 位移杆与护套管：

1 位移杆把荷载箱处的位移传递到地面，必须具有一定的刚度。桩长小于等于40 m的，可用直径25 mm ~ 30 mm的钢管作为位移杆；桩长大于40 m的，则宜用钢丝作为位移杆。

2 保护位移杆的护套管与荷载箱顶盖焊接，焊缝应满足强

度要求，并确保不渗漏水泥浆。

3 在保证位移传递达到足够精度的前提下，也可采用其他形式的位移传递系统。

4.3.4 基准桩和基准梁：

1 基准桩与试桩之间的中心距离应大于等于3倍的试桩直径，且不小于2.0 m；基准桩应打入地面以下足够的深度，一般不小于1 m。

2 基准桩和基准梁都必须有一定的刚度。基准梁的截面高度不宜小于其跨度的1/40，基准桩的线刚度不宜小于基准梁线刚度的3倍。

3 基准梁的一端应固定在基准桩上，另一端应简支在基准桩上（能沿其轴线方向自由移动）。在试验中，整个基准桩和基准梁都必须用帐篷等设备遮盖，以减少温度等外界因素的影响。

4.4 现场检测

4.4.1 加卸载规定：

1 加载应分级进行。分级荷载为最大加载值的1/10，第一级可按2倍分级荷载加载。

2 卸载也应分级进行。每级卸载量取加载时分级荷载的2倍。

3 加、卸载应均匀连续，每级荷载在维持过程中的变化幅度不得超过分级荷载的10%。

4.4.2 位移观测和稳定标准：

位移观测：采用慢速维持荷载法。每级荷载施加后第1 h内应在第5 min、10 min、15 min、30 min、45 min、60 min时测读位移，以后每隔30 min测读一次，达到相对稳定后方可加下一级荷载。卸载到零后应维持3 h，观测残余变形。测读时间间隔同

加载。

稳定标准：每级加载每一小时的向上、向下位移量均不大于 0.1 mm，并连续出现 2 次（从加载后 30 min 开始，按 1.5 h 连续三次每 30 min 的位移量计算）。

每级荷载下位移达到稳定标准时，再施加下一级荷载。

4.4.3 加载终止条件及最终加载值：

1 对于单桩竖向抗压静载试验，加载终止条件和相应的最终加载值应分别从向上、向下两个方向按以下规定进行判定和取值：

- 1) 累计位移量小于 40 mm，但加载值已大于或等于预估最大加载值，终止加载。取本级荷载为最终加载值；
- 2) 累计位移量大于或等于 40 mm，本级荷载下的位移量大于或等于前一级荷载下位移量的 5 倍时，终止加载。取其终止时荷载小一级的荷载为最终加载值；
- 3) 累计位移量大于或等于 40 mm，本级荷载加上后 24 h 未达稳定，终止加载。取其终止时荷载小一级的荷载为最终加载值；
- 4) $Q-s$ 曲线出现明显陡变，终止加载。取发生明显陡变的起始点对应的荷载为最终加载值；
- 5) $s-lgt$ 曲线尾部出现明显弯曲，终止加载。取前一级荷载为最终加载值；
- 6) 当 $Q-s$ 曲线呈缓变型时，可加载至位移 60 mm ~ 80 mm。

2 对于单桩竖向抗拔静载试验，加载终止条件和相应的最终加载值的取值按如下规定：

- 1) 在某级荷载作用下，向上位移量大于前一级荷载位移量的 5 倍时，终止加载。取其终止时荷载小一级的荷载为最终加载值；

- 2) 在某级荷载作用下，向上位移量大于前一级荷载位移量的2倍，且经24 h 尚未达到相对稳定时，终止加载。取其终止时荷载小一级的荷载为最终加载值；
- 3) 按向上位移量控制，当累计向上位移量超过100 mm 时，终止加载。取其终止时荷载小一级的荷载为最终加载值；
- 4) 对于验收抽样检测的工程桩，加载至设计要求的最大上拔荷载值时，终止加载。取最大上拔荷载值为最终加载值。

5 资料整理

5.1 数据图表

5.1.1 原始数据记录和汇总：

将实测的原始数据编制成表，格式见表 5.1.1-1 和表 5.1.1-2。一般由数据采集仪器根据采集的检测数据自动绘制。

5.1.2 相关曲线：

根据实测的原始数据绘制 $Q-s$ 、 $s-lgt$ 、 $s-lgQ$ 等曲线。一般由数据采集仪器根据采集的检测数据自动绘制。

5.1.3 等效转换曲线：

将自平衡试桩法测得的上、下两段 $Q-s$ 曲线，等效转换为常规方法桩顶加压的一条 $Q-s$ 曲线。转换方法见附录 A。

5.1.4 桩身轴力图和各岩土层摩阻力图：

当进行分层摩阻力测试时，还应绘制各级荷载下桩身轴力变化曲线及各岩土层相应的侧摩阻力图。

表 5.1.1-1 单桩竖向静载试验记录表

试桩编号		试桩类型		桩径 (mm)		桩长 (m)								
桩端持力层		成桩日期		测试日期		加载方法								
荷载 编号	荷载值 (kN)	记录时间 (d h min)	间隔 (min)	各表读数 (mm)						位移 (mm)			温度 (°C)	
				1	2	3	4	5	6	向上	向下	桩顶		

试验：

资料整理：

校核：

表 5.1.1-2 单桩竖向静载试验结果汇总表

试桩名称			工程地点						
建设单位			施工单位						
桩型	桩径 (mm)		桩长 (m)	桩顶标高 (m)					
成桩日期	测试日期		加载方法						
荷载 编号	加载值 (kN)	加载历时 (min)		向上位移 (mm)		向下位移 (mm)		桩顶位移 (mm)	
		本级	累计	本级	累计	本级	累计	本级	累计

试验:

资料整理:

校核:

5.2 承载力确定

5.2.1 各试桩的极限承载力:

根据各试桩的最终加载值,可按式(5.2.1)确定试桩*i*的极限承载力:

1 抗压

$$Q_{ui} = \frac{Q_{usi} - W_i}{\gamma_i} + Q_{uxi} \quad (5.2.1-1)$$

2 抗拔

$$Q_{ui} = Q_{usi} \quad (5.2.1-2)$$

式中 Q_{ui} —— 试桩*i*的单桩承载力极限值;

Q_{usi} —— 试桩*i*上段桩的最终加载值;

Q_{uxi} —— 试桩*i*下段桩的最终加载值;

W_i —— 试桩*i*荷载箱上部桩自重;

γ_i —— 试桩 i 的修正系数，根据荷载箱上部土的类型确定：粘性土、粉土 $\gamma_i = 0.8$ ；砂土 $\gamma_i = 0.7$ ；岩石 $\gamma_i = 1$ ；若上部有不同类型的土层， γ_i 取加权平均值。

5.2.2 单桩竖向承载力极限值：

单桩竖向承载力极限值应根据试桩位置、实际地质条件、施工情况等综合确定。当各试桩条件基本相同时，单桩竖向极限承载力统计值的确定应符合下列规定：

1 参加统计的试桩结果，当满足其极差不超过平均值的 30% 时，取其平均值为单桩竖向抗压极限承载力。

2 当极差超过平均值的 30% 时，应分析极差过大的原因，结合工程具体情况综合确定，必要时可增加试桩数量。

3 对桩数为 3 根或 3 根以下的柱下承台，或工程桩抽检数量少于 3 根时，应取低值。

5.2.3 单桩竖向承载力特征值：

单位工程同一条件下的单桩竖向承载力特征值应按单桩竖向承载力极限值的一半取值，即

$$R_a = Q_u / 2 \quad (5.2.3)$$

附录 A 等效转换方法

A. 0.1 等效转换方法:

将自平衡法获得的向上、向下两条 $Q-s$ 曲线等效转换为相应传统静载试验的一条 $Q-s$ 曲线 (图 A. 0.1), 以确定桩顶沉降。

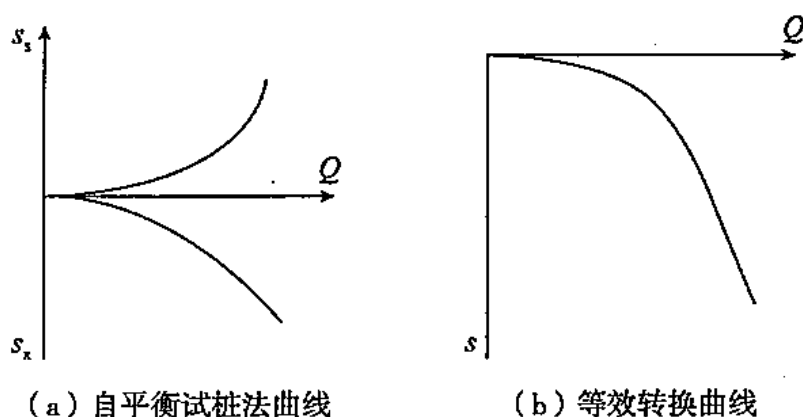


图 A. 0.1 自平衡法结果转换示意图

A. 0.2 转换假定:

- 1 桩为弹性体。
- 2 等效的试验桩分为上、下段桩, 分界面即为桩的平衡点 a 截面。
- 3 自平衡法的下段桩与等效受压桩下段的位移相等, 即 $s_a = s_x$ 。
- 4 自平衡法中, 桩端的承载力-沉降量关系及不同深度的桩侧摩阻力-变位量关系与传统静载试验法是相同的。
- 5 桩上段的桩身压缩量 Δs 为上段桩底部及桩侧荷载两部分引起的弹性压缩变形之和, 即

$$\Delta s = \Delta s_1 + \Delta s_2 \quad (\text{A. 0.2})$$

式中 Δs_1 —— 受压桩上段在荷载箱下段力作用下产生的弹性压缩变形量；

Δs_2 —— 受压桩上段在荷载箱上段力作用下产生的弹性压缩变形量。

6 计算上段桩弹性压缩变形量 Δs_2 时，侧摩阻力使用平均值 q_{sm} 。

7 可由单元上、下两面的轴向力和平均断面刚度来求各单元应变。

A. 0.3 桩身无钢筋计：

1 根据附录 A. 0.2 条中第 5 ~ 6 款的假定：

$$\Delta s_1 = \frac{Q_x L}{E_p A_p} \quad (\text{A. 0. 3-1})$$

$$\Delta s_2 = \frac{(Q_s - W) L}{2E_p A_p \gamma} \quad (\text{A. 0. 3-2})$$

式中 Q_x —— 某一位移对应的荷载箱向下加载值；

Q_s —— 某一位移对应的荷载箱向上加载值；

L —— 上段桩长度；

γ —— 修正系数；

E_p —— 桩身弹性模量；

A_p —— 桩身截面面积；

W —— 试桩 i 荷载箱上部桩自重。

将式 (A. 0. 3-1)、式 (A. 0. 3-2) 代入式 (A. 0. 2)，可得桩身的弹性压缩量为

$$\Delta s = \Delta s_1 + \Delta s_2 = \frac{[(Q_s - W) / \gamma + 2Q_x] L}{2E_p A_p} \quad (\text{A. 0. 3-3})$$

桩顶等效荷载为

$$Q = (Q_s - W) / \gamma + Q_x \quad (\text{A. 0. 3-4})$$

2 根据附录 A. 0.2 条中第 3 款的假定与等效桩顶荷载 Q 对

应的桩顶位移 s , 有

$$s = s_x + \Delta s \quad (\text{A. 0. 3-5})$$

式中, s_x 可直接测定; Δs 可通过计算求得; γ 符号含义同前。

A. 0. 4 桩身有钢筋计:

1 根据附录 A. 0. 2 条中第 7 款的假定, 将荷载箱以上部分分割成 n 个点 (见图 A. 0. 4-1), 任意一点 i 的桩轴向力 $Q(i)$ 和变位量 $s(i)$ 可用式 (A. 0. 4-1) 和式 (A. 0. 4-2) 表示:

$$Q(i) = Q_j + \sum_{m=i}^n f(m) [U(m) + U(m+1)] h(m) / 2 \quad (\text{A. 0. 4-1})$$

$$\begin{aligned} s(i) &= s_j + \sum_{m=i}^n \frac{Q(m) + Q(m+1)}{A_p(m) E_p(m) + A_p(m+1) E_p(m+1)} h(m) \\ &= s(i+1) + \frac{Q(i) + Q(i+1)}{A_p(i) E_p(i) + A_p(i+1) E_p(i+1)} h(i) \end{aligned} \quad (\text{A. 0. 4-2})$$

式中 Q_j —— $i = n + 1$ 点 (荷载箱深度) 的桩的轴向力 (荷载箱荷载) (kN);

s_j —— $i = n + 1$ 点桩向下的变位量 (m);

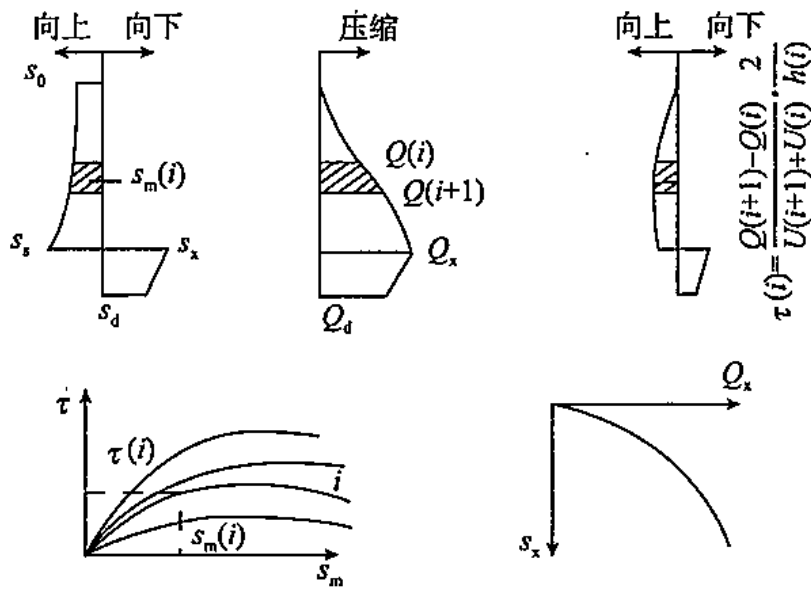
$f(m)$ —— m 点 ($i \sim n$ 之间的点) 的桩侧摩阻力 (假定向上为正值) (kPa);

$U(m)$ —— m 点处桩周长 (m);

$A(m)$ —— m 点处桩截面面积 (m^2);

$E(m)$ —— m 点处桩弹性模量 (kPa);

$h(m)$ —— 分割单元 m 的长度 (m)。



A. 0. 4-1 自平衡试桩法的轴向力、桩侧摩阻力与变位量的关系

s_0 —桩头变位量； s_s 、 s_x —荷载箱变位量； s_d —桩端变位量；

Q_s 、 Q_x —荷载箱荷载； Q_d —桩端力

2 单元 i (见图 A. 0. 4-2) 的中点变位量 $s_m(i)$ 可用式 (A. 0. 4-3) 表示:

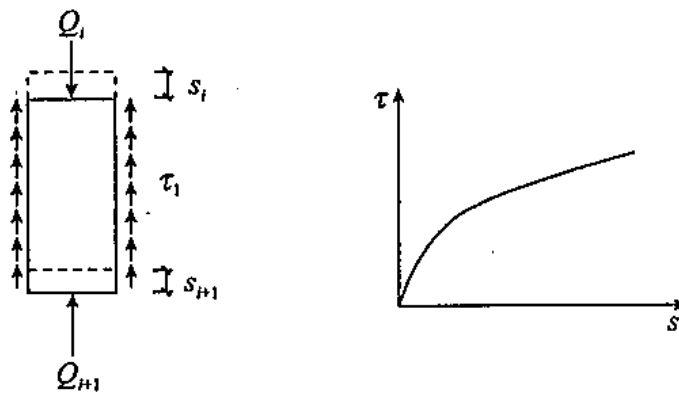


图 A. 0. 4-2 转换单元示意

$$s_m(i) = s(i+1) + \frac{Q(i) + 3Q(i+1)}{A_p(i) E_p(i) + 3A_p(i+1) E_p(i+1)} \cdot \frac{h(i)}{2} \quad (\text{A. 0. 4-3})$$

将式 (A. 0. 4-1) 代入式 (A. 0. 4-2) 和式 (A. 0. 4-3) 中, 可得

$$s(i) = s(i+1) + \frac{h(i)}{A_p(i) E_p(i) + A_p(i+1) E_p(i+1)} \left\{ 2Q_j + \sum_{m=i+1}^n f(m) [U(m) + U(m+1)] h(m) + f(i) [U(i) + U(i+1)] \frac{h(i)}{2} \right\} \quad (\text{A. 0. 4-4})$$

$$s_m(i) = s(i+1) + \frac{h(i)}{A_p(i) E_p(i) + 3A_p(i+1) E_p(i+1)} \left\{ 2Q_j + \sum_{m=i+1}^n f(m) [U(m) + U(m+1)] h(m) + f(i) [U(i) + U(i+1)] \frac{h(i)}{4} \right\} \quad (\text{A. 0. 4-5})$$

当 $i=n$ 时, 则

$$s(n) = s_j + \frac{h(n)}{A_p(n) E_p(n) + A_p(n+1) E_p(n+1)} \left\{ 2Q_j + f(n) [U(n) + U(n+1)] \frac{h(n)}{2} \right\} \quad (\text{A. 0. 4-6})$$

$$s_m(n) = s_j + \frac{h(n)}{A_p(n) E_p(n) + 3A_p(n+1) E_p(n+1)} \left\{ 2Q_j + f(n) [U(n) + U(n+1)] \frac{h(n)}{4} \right\} \quad (\text{A. 0. 4-7})$$

用以上公式, 由自平衡试桩法测出的桩侧摩阻力 $\tau(i)$ 与

变位量 $y_m(i)$ 的关系曲线, 将 $f(i)$ 作为 $y_m(i) = s_m(i)$ 的形式, 求出 $\tau(i)$, 进一步求出 $f(i) = \tau(i)$, 还可由荷载箱荷载 Q_j 与沉降量 s_j 的关系曲线求出 Q_j 。所以, 对于 $s(i)$ 和 $s_m(i)$ 的 $2n$ 个未知数, 可建立 $2n$ 个联立方程式。对于荷载还没有传到荷载箱处的, 直接采用荷载箱上段曲线 Q_s - s 曲线转换。

本规程用词说明

为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1 表示很严格，非这样做不可的：
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做的：
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做的：
正面词采用“宜”；
反面词采用“不宜”。

江苏省工程建设标准

基桩自平衡法静载试验技术规程

DGJ32/TJ 77—2009

条文说明

目 次

1	总则	25
3	一般规定	26
3.1	试桩数量、位置和加载值	26
3.2	检测工作程序	26
4	试验要点	30
4.2	仪器设备	30
4.3	设备安装	30
4.4	现场检测	35
5	资料整理	37
5.1	数据图表	37
5.2	承载力确定	37

1 总 则

1.0.1 基桩自平衡法是基桩静载试验的一种新方法。其主要装置是一种特制的荷载箱，它与钢筋笼连接而安置于桩身下部。试验时，从桩顶通过输压管对荷载箱内腔施加压力，箱盖与箱底被推开，从而调动桩周土的摩阻力与端阻力，直至破坏。将桩侧土摩阻力与桩底土阻力叠加而得到单桩抗压承载力。基桩自平衡法具有许多优点：

1 装置简单，不受场地条件和加载吨位的限制，不需运入数百吨或数千吨物料，不需构筑笨重的反力架；试验省时、省力、安全、无污染。

2 可分别直接测得桩侧阻力与端阻力。

3 试验后，利用位移杆护套管对荷载箱处进行压力灌浆，试桩仍可作为工程桩使用。

4 与传统方法相比，试验综合费用低。吨位越大，场地条件越复杂，效果越明显。

1.0.2 基桩自平衡法目前已用于除预制实心桩外的所有桩型，包括钻孔灌注桩、人工挖孔桩、管桩和深基础（沉井、地下连续墙）。桩受力的形式有摩擦桩、端承摩擦桩、摩擦端承桩、端承桩、抗拔桩。

1.0.3 当荷载箱摆在桩端时，测出的上段桩承载力即为桩抗拔承载力。

1.0.4 我国地域辽阔，岩土工程地质环境变化极大。为保证基础建设质量，进行基桩检测，强调首先应按照本规程的规定严格实施，除此以外尚应符合国家现行强制性标准中的规定。

3 一般规定

3.1 试桩数量、位置和加载值

3.1.1 由于基桩检测是抽样检测而且要对桩基情况进行评价，所以严格规定如何确定检测数量是必要的。只是在满足抽样原则、抽样比例和检测数量的前提下，才能够对桩基做出正确的评价。

3.1.2 本条的制定是基于：在检测数量、比例确定后按照一定原则事先确定桩位进行检测，其检测结果及分析具有代表性和真实性，可信度高。如果设计或监理方有另外的抽样原则，应按设计或监理方的书面要求进行，并在检测报告中予以说明。

3.1.3 大量测试结果表明：按计算极限承载力加载桩达不到破坏。为达到优化设计目的，试验桩最大加载值可取按地质报告计算的单桩极限承载力的 1.2 倍 ~ 1.5 倍；仅对工程桩承载力校核时最大加载值取单桩承载力特征值的 2 倍，或按设计要求取值。

3.2 检测工作程序

3.2.1 本条是检测机构应遵循的检测工作程序。实际执行检测程序中，由于不可预知的原因，如委托要求的变化、现场调查情况与委托方介绍的不符，或现场检测尚未全部完成，就已发现质量问题而需要进一步排查，都可能使原检测方案中的抽检数量、受检桩桩位、检测方法发生变化。检测方案并非一成不变，可根据实际情况动态调整。

3.2.2 本条提出的检测方案内容为一般情况下包含的内容，某

些情况下还需要包括场地开挖、道路、供电、照明等要求。有时检测方案还需要与委托方或设计方共同研究制定。

3.2.3 检测所用计量器具必须送至法定计量检定单位进行定期检定，且使用时必须在计量检定的有效期之内，这是我国《计量法》的要求，以保证基桩检测数据的准确可靠性和可追溯性。虽然计量器具在有效计量检定周期之内，但由于基桩检测工作的环境较差，使用期间仍可能由于使用不当或环境恶劣等造成计量器具的受损或计量参数发生变化。因此，检测前还应加强对计量器具、配套设备的检查或模拟测试；有条件时可建立校准装置进行自校，发现问题后应重新检定。

3.2.4 混凝土是一种与龄期相关的材料，其强度随时间的增加而增加。在最初几天内强度快速增加，随后逐渐变缓，其物理力学、声学参数变化趋势也大体如此。桩基工程受季节气候、周边环境或工期紧的影响，往往不允许等到全部工程桩施工完并都达到28 d龄期强度后再开始检测。自平衡试验为双向加载，桩身产生的应力是传统试验的一半，若桩身混凝土强度低，有可能引起桩身损伤或破坏。为分清责任，规定桩身混凝土强度应大于设计强度的70%，并不得低于15MPa。

桩在施工过程中不可避免地扰动桩周土，降低土体强度，引起桩的承载力下降，以高灵敏度饱和粘性土中的摩擦桩最明显。随着休止时间的增加，土体重新固结，土体强度逐渐恢复，桩的承载力也逐渐增加。成桩后，桩的承载力随时间而变化的现象称为桩的承载力时间（或歇后）效应，我国软土地区这种效应尤为突出。研究资料表明，时间效应可使桩的承载力比初始值增长40%~400%，其变化规律一般是初期增长速度较快，随后渐慢，待达到一定时间后趋于相对稳定，其增长的快慢和幅度与土性和类别有关。除非在特定的土质条件和成桩工艺下积累大量的对比数据，否则很难得到承载力的时间效应关系。另外，桩的承载力

包括两层涵义，即桩身结构承载力和支撑桩结构的地基岩土承载力，桩的破坏可能是桩身结构破坏或支撑桩结构的地基岩土承载力达到了极限状态，多数情况下桩的承载力受后者制约。如果混凝土强度过低，桩可能产生桩身结构破坏而地基土承载力尚未完全发挥，桩身产生的压缩量较大，检测结果不能真正反映设计条件下桩的承载力与桩的变形情况。因此，对于承载力检测，应同时满足地基土休止时间和桩身混凝土龄期（或设计强度）双重规定，若验收检测工期紧，无法满足休止时间的规定，应在检测报告中注明。

3.2.5 操作环境要求是按测量仪器设备对使用温度、湿度、电压波动、电磁干扰、振动冲击等现场环境条件的适应性规定的。

3.2.6 测试数据异常通常是因测试人员误操作、仪器设备故障及现场准备不足造成的。用不正确的测试数据进行分析得出的结果必然是不正确的。对此，应及时分析原因，组织重新检测。

3.2.7 本条规定了检测报告中应包含的一些内容，避免检测报告过于简单，也有利于委托方、设计及检测部门对报告的审查和分析。

3.2.8 试验时，组成荷载箱的千斤顶缸套和活塞之间产生相对滑移，荷载箱处的混凝土被拉开（缝隙宽度等于卸载后向上、向下残余位移之和），但桩身其他部分并未破坏，上下两段桩仍被荷载箱连在一起。试验后，通过位移杆护套管，用注浆泵将加入膨胀剂、不低于桩身强度的水泥浆注入，试桩就仍可作为工程桩使用。这是因为：

1 注浆不仅填满荷载箱处混凝土的缝隙，使该处桩身强度不低于试验前，而且还相当于桩侧注浆，使荷载箱以上 20 m 左右范围内的桩身侧摩阻力提高 40% ~ 80%。也就是说，试验后的桩经注浆处理，承载力比原来要高。

2 试验时已将桩底沉渣和土压实，试验后的桩沉降量要比

试验前小很多。

3 由于荷载箱置于桩的平衡点处（大多靠近桩底），该处桩身主要承受竖向压力较小，且不承受水平力。

4 试验要点

4.2 仪器设备

4.2.1 加载用的荷载箱是一特制的油压千斤顶，它需要按照桩的类型、截面尺寸和荷载等级专门设计生产，使用前必须进行标定，同时防止漏油。荷载箱必须平放在桩中心，以防产生偏心轴向力。当荷载箱位移方向与桩身轴线方向夹角小于 5° 时，荷载箱在桩身轴线上产生的力为99.6%所发出的力，其偏心影响很小，可忽略不计。同时，荷载箱设计加载能力一般远超出要求加载力，以便按要求加载尚未达到桩极限承载力时可继续加载。

4.2.2 基准桩应打入地面以下足够的深度，一般不小于1 m。基准梁应一端固定，另一端简支，这是为减少温度变化引起的基准梁挠曲变形。在满足本规程第4.3.4条规定的条件下，基准梁不宜过长，并应采取有效遮挡措施，以减少温度变化和刮风下雨的影响，尤其在昼夜温差较大且白天有阳光照射时更应注意。

4.3 设备安装

4.3.1 荷载箱的埋设位置：极限桩端阻力小于极限桩侧摩阻力时，荷载箱置于平衡点处，使上、下段桩的极限承载力基本相等，以维持加载；极限桩端阻力大于极限桩侧摩阻力时，荷载箱置于桩端，根据桩的长径比、地质情况采取桩顶配重或小直径桩模拟试验进行模拟；试桩为抗拔桩时，荷载箱直接置于桩端；有特殊需要时，可采用双荷载箱或多荷载箱，以分别测试桩的极限端阻力和各段桩的极限侧摩阻力。荷载箱的埋设位置则根据特殊需要确定。

自平衡法在国内至今已做了几百例工程近 2000 根桩。荷载箱的埋设位置是一个重要的关键技术，根据工程实例及试桩经验，图 1 归纳了荷载箱在桩中合理的埋设位置。

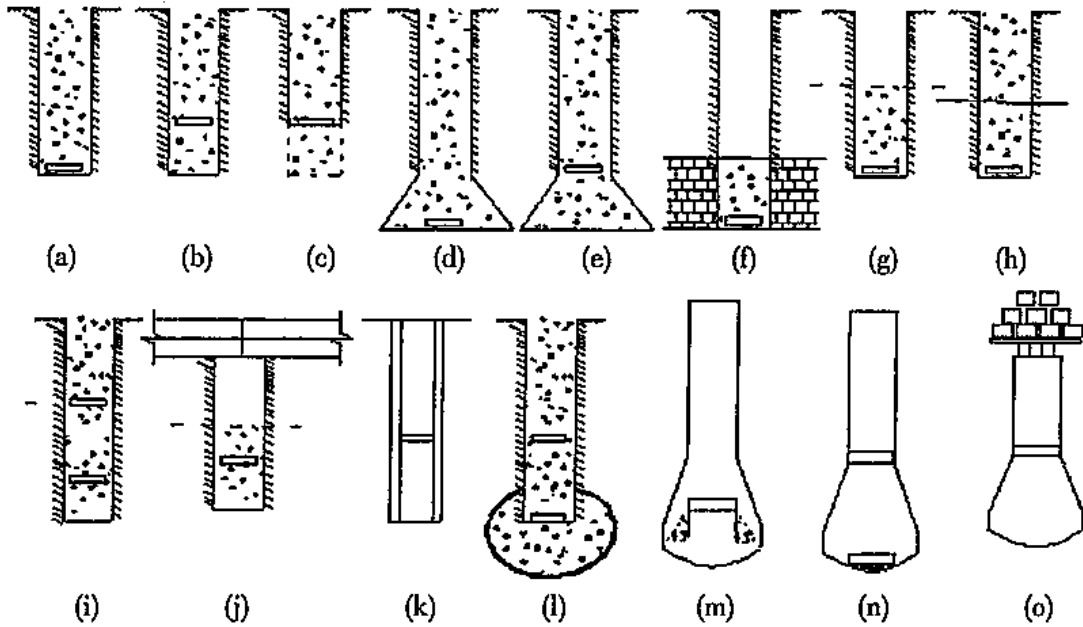


图 1 荷载箱放置位置示意

图 1 (a) 是一般常用位置，即当桩身成孔后先在孔底稍作找平，然后放置荷载箱。此法适用于桩极限侧摩阻力与极限端阻力大致相等的情况，或极限端阻大于极限侧摩阻力而试桩目的在于测定极限侧摩阻力的情况。如镇江电厂高炉基础采用钻孔灌注桩，桩预估极限端阻力略大于极限侧摩阻力，荷载箱摆放在桩端进行测试。

图 1 (b) 是将荷载箱放置于桩身中某一位置，此时如位置适当，则当荷载箱以下的桩侧摩阻力与端阻力之和达到极限值时，荷载箱以上的桩侧阻力同时达到极限值。如云南阿墨江大桥，荷载箱摆放在桩端上部 25 m 处，这样上、下段桩的极限承载力大致相等，确保测试中顺利加载。值得指出的是，目前美国

测试均是将荷载箱放置于桩端，而我国则拓宽了其摆放位置。

图 1 (c) 为钻孔桩抗拔试验的情况。由于抗拔桩需测出整个桩身的极限侧摩阻力，故荷载箱应摆在桩端，而桩端处无法提供需要的反力，故将该桩钻深，加大极限侧摩阻力。如上海吴淞口输电塔大跨越工程，桩长 44 m，荷载箱下部再钻深 7 m 提供反力。

图 1 (d) 为挖孔扩底桩抗拔试验的情况。如江苏省电网调度中心基础工程，抗拔桩为挖孔扩底桩，荷载箱摆在扩大头底部进行抗拔试验。

图 1 (e) 适用于大头桩或当预估桩极限端阻力小于桩极限侧摩阻力而要求测定桩极限侧摩阻力的情况，此时是将桩底扩大，将荷载箱置于扩大头上。如南京北京西路军区安居房工程。该场地地表 5 m 下面软、硬岩相交替，挖孔桩侧阻力相当大，故荷载箱置于扩大头上进行测试。南京江浦农行综合楼采用夯扩桩，荷载箱摆在夯扩头上进行测试。

图 1 (f) 适用于测定嵌岩段的极限侧摩阻力与极限端阻力之和。此法所测结果不致于与覆盖土层侧阻力相混。如仍需测定覆盖土层的极限侧摩阻力，则可在嵌岩段侧阻力与端阻力测试完毕后浇灌桩身上段混凝土，然后再进行试桩。如南京世纪塔挖孔桩工程，设计要求测出嵌岩段极限侧摩阻力与极限端阻力，荷载箱埋在桩端，混凝土浇灌至岩层顶部，设计部门根据测试结果进行扩大头设计。

图 1 (g) 适用于当有效桩顶标高位于地面以下有一定距离时（如高层建筑有多层地下室情况），此时可将输压管及位移杆引至地面方便地进行测试。如南京电信局多媒体大厦，采用冲击钻孔灌注桩，三层地下室底板距地面 14 m，预估该段桩的极限承载力达 8MN，而整桩预估极限承载力高达 40MN。南京地铁新街口站，底板距地面 23 m，有效桩长 27 m。浇捣桩身混凝土至

底板下部，两工程试桩分别形成 14 m、23 m 空头桩，测试结果消除了多余上部桩身侧摩阻力的影响。

图 1 (h) 适用于需测定两个或以上土层的极限侧摩阻力的情况。可先将混凝土浇灌至下层土的顶面进行测试而获得下层土的数据，然后再浇灌至上一层土，进行测试，依次类推，从而获得整个桩身全长的极限侧摩阻力。如江苏省电网调度中心挖孔桩工程，荷载箱摆在桩端，上部先浇 2.5 m 混凝土，测出岩石极限侧阻力后，上部再浇混凝土，测桩端承载力及后浇桩段的承载力。

图 1 (i) 采用两只荷载箱，一只放在桩下部，一只放在桩身上部，便可分别测出三段桩极限承载力。如润扬大桥世业洲高架桥钻孔桩，桩径 1.5 m，桩长 75 m，一只荷载箱距桩顶 63 m，另一只荷载箱摆在 20 m 处。由于地震液化的影响，上部 20 m 的砂土层侧阻力应扣除。故首先用下面一只荷载箱测出整个桩承载力，间隔 15 d 后再用上面一只荷载箱测出上部 20 m 桩极限侧摩阻力，扣除该部分阻力值即为该桩实际应用承载力。

图 1 (j) 适用于在地下室中进行试桩工程。如 8 层南京下关商厦，该建筑已使用多年，根据需要该楼准备扩建成 28 层，因此在二层地下室内补了多桩钻孔灌注桩，并在地下室内进行了承载力测试，该桩极限承载力达 18000kN，满足了建筑加层需要。

图 1 (k) 为管桩测试示意图。如南京长阳公寓，静压管桩长 36 m，直径 0.4 m，由三节 12 m 桩段组成，首先施工一节管段，待桩压至地面后与荷载箱焊接再施工上两节管段，荷载箱做为桩段的连接件埋入到预定位置处，位移杆护套管则从孔洞中引出地面。

图 1 (l) 为双荷载箱或单荷载箱压浆桩测试示意图，下荷载箱摆在桩端首先进行压浆前两个荷载箱测试，求得桩端阻力和

桩身承载力，然后进行桩端高压注浆再进行两个荷载箱测试，这样就求得压浆对端阻力和桩承载力提高作用。

图 1 (m) 将荷载箱埋设在扩大头里面，使得荷载箱底板两边成 45° 扩散覆盖整个扩大头桩端平面，直接测量扩大头桩端全截面极限端阻力。如北京西直门某工程，桩径 1.2 m，桩端扩大头 1.8 m，荷载箱底面距扩大头底面 300 mm，荷载箱直接测得桩端极限承载力 14000kN。

图 1 (n) 在人工挖孔扩大头桩中埋设两个荷载箱，上荷载箱用于测量直身桩侧摩阻力，下荷载箱用于测量单位极限端阻力，再换算成整桩端阻力，最后得到整桩极限承载力。

图 1 (o) 在人工挖孔扩大头桩中由于桩极限侧摩阻力较小，无法测出上段扩大头端部承载力，这时可在桩顶施加配载提供反力。如云南某工程，桩径 1 m，扩大头 1.6 m，预估极限承载力 7900kN，而上段桩仅能提供 2200kN，这时在桩顶上部堆载施加 2000kN 反力进行检测。

4.3.2 具体操作步骤如下：

- 1 护套管与钢筋笼焊接。
- 2 位移杆置于护套管中。
- 3 位移杆与荷载箱焊接。
- 4 护套管与荷载箱焊接。
- 5 钢筋笼与荷载箱焊接。
- 6 下放钢筋笼。

4.3.4 在试桩加卸载过程中，荷载传至试桩、基准桩周围地基土并使之变形。随着试桩、基准桩间相互距离缩小，地基土变形对试桩、基准桩的附加应力和变位影响加剧。

1985 年，国际土力学与基础工程协会 (ISSMFE) 根据世界各国对有关静载试验的规定，提出了静载试验的建议方法，并指出：试桩中心到基准桩间的距离应“不小于 2.5 m 或 $3D$ ”，这和

我国现行规范规定的“大于等于 $4D$ 且不小于 2.0 m ”相比更容易满足（小直径桩按 $3D$ 控制，大直径桩按 2.5 m 控制）。大直径桩试验荷载大，基准梁又难避免气候环境影响，考虑到现场试验中的困难，故本规范中对部分间距的规定放宽为“不小于 $3D$ ”。

4.4 现场检测

4.4.1 本条是按我国的传统做法，对维持荷载法进行的原则性规定。

4.4.2 慢速维持荷载法是我国公认，且已沿用多年的标准试验方法，也是其他工程桩竖向抗压承载力验收检测方法的唯一比较标准。

慢速维持荷载法每级荷载持载时间最少为 2 h 。对绝大多数桩基而言，为保证上部结构正常使用，控制桩基绝对沉降是第一位重要的，这是地基基础按变形控制设计的基本原则。在工程桩验收检测中，国内某些行业或地方标准允许采用快速维持荷载法。国外许多国家的维持荷载法相当于我国的快速维持荷载法，最少持载时间为 1 h ，但规定了较为宽松的沉降相对稳定标准，与我国快速法的差别就在于此。1985年ISSMFE根据世界各国的静载试验有关规定，在推荐的试验方法中，建议“维持荷载法加载为每小时一级，稳定标准为 $0.1\text{ mm}/20\text{ min}$ ”。当桩端嵌入基岩时，个别国家还允许缩短时间；也有些国家为测定桩的蠕变沉降速率，建议采用终级荷载长时间维持法。

4.4.3 当桩身存在水平整合型缝隙、桩端有沉渣或吊脚时，在较低竖向荷载时常出现本级荷载沉降超过上一级荷载对应沉降5倍的陡降，当缝隙闭合或桩端与硬持力层接触后，随着持载时间或荷载增加，变形梯度逐渐变缓；当桩身强度不足、桩被压断

时，也会出现陡降，但与前相反，随着沉降增加，荷载不能维持甚至大幅降低。所以，出现陡降后不宜立即卸荷，而应使桩下沉量超过 40 mm，以大致判断造成陡降的原因。

非嵌岩的长（超长）桩和大直径（扩底）桩的 $Q-s$ 曲线一般呈缓变型，在桩顶沉降达到 40 mm 时，桩端阻力一般不能充分发挥。前者由于长细比大、桩身较柔、弹性压缩量大，桩顶沉降较大时，桩端位移还很小；后者虽桩端位移较大，但尚不足以使端阻力充分发挥。因此，放宽桩顶总沉降量控制标准是合理的。

5 资料整理

5.1 数据图表

5.1 除 $Q-s$ 、 $s-\lg Q$ 曲线外，还有 $s-\lg t$ 曲线。同一工程的一批试桩曲线应按相同的沉降比例绘制，满刻度沉降值不宜小于 40 mm，使结果直观、便于比较。

5.2 承载力确定

5.2.1 本法测试时，荷载箱上部桩身自重方向与桩侧阻力方向一致，故在判定桩侧阻力时应当扣除。本法测出的上段桩的摩阻力方向是向下的，与传统方法得到的摩阻力方向相反。传统加载时，侧阻力将使土层压密，而该法加载时，上段桩侧阻力将使土层减压松散，故该法测出的摩阻力小于传统方法的摩阻力，国内外大量的对比试验已证明了该点。

目前，国外对该法测试值如何得出抗压桩承载力的方法也不相同，有些国家将上、下两段实测值相叠加作为桩抗压极限承载力，这样偏于安全、保守。有些国家将上段摩阻力乘以 1.5 再与下段桩叠加而得抗压极限承载力。

我国则将向上、向下摩阻力根据土性划分，对于粘性土，向下摩阻力为向上摩阻力/ (0.6 ~ 0.8)；对于砂土，向下摩阻力为向上摩阻力/ (0.5 ~ 0.7)。根据我们在粘土地区做的对比试验，其系数在 0.73 ~ 0.8。本规程的取值不仅可完全满足工程要求，而且是偏于安全的。

对于缓变型 $Q-s$ 曲线，参照国外做法，将上、下段桩按两根完全独立的试桩取极限值，对于工程而言，已具有足够精度。

对于抗拔桩，荷载箱摆在设计桩端处。

5.2.2 大量实践经验表明：当沉降量达到桩径的 10% 时，才可能出现极限荷载（太沙基和 ISSMFE）；粘性土中端阻力充分发挥所需的桩端位移为桩径的 4%~5%，而砂土中至少达到 15%。对缓变型 $Q-s$ 曲线，按 $s=0.05D$ 确定直径大于等于 800 mm 桩的极限承载力大体是保守的；应该注意，世界各国按沉降确定极限承载力的规定差别较大，这和各国安全系数的取值大小，特别是上部结构对桩基沉降的要求有关。因此，当按本规范建议的桩顶沉降量确定极限承载力时，尚应考虑上部结构对桩基沉降的具体要求。

本规范单桩竖向抗压承载力的统计按《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2002 的规定执行；也有根据统计承载力标准差大于 15% 时，采用极限承载力标准值折减系数的修正方法。实际操作中对桩数大于等于 4 根时，折减系数的计算比较繁琐，且静载检测本身是通过小样本来推断总体，样本容量愈小，可靠度愈低，而影响单桩承载力的因素复杂多变。当一批受检桩中有一根桩承载力过低，若恰好不是偶然原因造成，则该验收批一旦被接受，就会增加使用方的风险。因此，规定极差超过平均值的 30% 时，首先应分析、查明原因，结合工程实际综合确定。例如一组 5 根试桩的承载力值依次为 800kN、950kN、1000kN、1100kN、1150kN，平均值为 1000kN，单桩承载力最低值和最高值的极差为 350kN，超过平均值的 30%，则不得将最低值 800kN 去掉将后面 4 个值取平均，或将最低和最高值都去掉取中间 3 个值的平均值，而应查明是否出现桩的质量问题或场地条件变异。若低值承载力出现的原因并非偶然的施工质量造成，则按本例依次去掉高值后取平均，直至满足极差不超过 30% 的条件。此外，对桩数小于或等于 3 根的柱下承台，或试桩数量仅为 2 根时，应采用低值，以确保安全。对于仅通过少量试桩无法判明极差大的

原因时，可增加试桩数量。

5.2.3 《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2002 规定的单桩竖向抗压承载力特征值是按单桩竖向抗压极限承载力统计值除以安全系数 2 得到的，综合反映了桩侧、桩端极限阻力控制承载力特征值的低限要求。



统一书号：155345·253

定 价： 18.00 元