

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发 2014 年工程建设标准规范制定、修订计划的通知》（建标 [2013] 169 号）的要求，标准修订组广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，修订本标准。

本标准的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 仪器和设备；5. 仪器率定；6. 试验孔成孔；7. 现场试验；8. 资料整理及应用。

本标准修订的主要技术内容是：1. 对原总则内容进行修改；2. 增加了“术语和符号”章节；3. 增加了“基本规定”章节；4. 修改了“仪器和设备”部分内容；5. 修改了“仪器率定”部分内容；6. 将原“试验钻孔”改为“试验孔成孔”并修改了部分内容；7. 将原“试验步骤”改为“现场试验”并修改了部分内容；8. 修改了“资料整理及应用”部分内容；9. 修改了“附录”的部分内容。

本标准由住房和城乡建设部负责管理，由常州市中元建设工程勘察院有限公司负责具体技术内容的解释，执行过程中如有意见和建议，请寄送常州市中元建设工程勘察院有限公司（地址：江苏省常州市钟楼区广化街 218 号天禧星园商务楼 618 室，邮编：213001）。

本标准主编单位：常州市中元建设工程勘察院有限公司

本标准参编单位：溧阳市天目仪器厂

常州市城乡建设局

建研地基基础工程研究有限责任公司

上海岩土工程勘察设计研究院有限公司

机械工业勘察设计研究院有限公司
广州大学土木工程学院
辽宁有色勘察研究院
上海远方基础工程有限公司
中铁第四勘察设计院集团有限公司
中国建筑西南勘察设计研究院有限公司

本标准主要起草人员：王建君 邹联升 程伟峰 潘政
施国平 夏云娟 周鹏 施晓华
经焱 石金龙 陈晖 郝丽霞
陈岑 孙俊红 郑先昌 郑伟锋
唐海峰 王忠华 谢均 张慎清
本标准主要审查人员：龚晓南 侯伟生 梁金国 康景文
王长科 杨成斌 苏志刚 徐超
严金森 袁灿勤 王曙光

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	5
4	仪器和设备	6
4.1	预钻式旁压仪	6
4.2	自钻式旁压仪	7
5	仪器率定	9
6	试验孔成孔	11
6.1	预钻式旁压试验成孔	11
6.2	自钻式旁压试验成孔	11
7	现场试验	13
7.1	一般规定	13
7.2	预钻式旁压现场试验	13
7.3	自钻式旁压现场试验	16
8	资料整理及应用	18
附录 A	常用旁压器结构形式和主要参数	25
附录 B	仪器综合变形率定要点	26
附录 C	弹性膜约束力率定要点	28
附录 D	记录表格式	30
	本标准用词说明	31
	引用标准名录	32

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	5
4	Instruments and Equipments	6
4.1	Preboring Pressuremeter	6
4.2	Self-boring Pressuremeter	7
5	Instruments Calibration	9
6	Requirements of Test Holes	11
6.1	Drilling for Holes for Preboring Pressuremeter Test	11
6.2	Drilling for Holes for Self-boring Pressuremeter Test	11
7	Tests In-situ	13
7.1	General Requirements	13
7.2	Preboring Pressuremeter Test In-situ	13
7.3	Self-boring Pressuremeter Test In-situ	16
8	Data Collection and Application	18
Appendix A	Structural Forms and Main Parameters of the Pressure Equipment	25
Appendix B	The Key Points of Integrated Deformation Rate	26
Appendix C	The Key Points of Elastic Film Binding Rate	28

Appendix D Table Format of Records 30
Explanation of Wording in This Standard 31
List of Quoted Standards 32

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

1 总 则

1.0.1 为统一地基旁压试验方法和技术要求，做到安全适用、技术先进、评价正确、确保质量、经济合理、保护环境，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于地基预钻式旁压试验和自钻式旁压试验。

1.0.3 地基旁压试验宜根据地质条件和勘察要求选用试验仪器设备和试验方法，并结合钻探或其他原位测试方法应用试验成果。

1.0.4 地基旁压试验除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 旁压试验 pressuremeter test

在钻孔中，通过对测试段孔壁施加径向压力使地基土体产生相应变形，测得土体压力与变形关系的原位测试方法。

2.1.2 预钻式旁压试验 preboring pressuremeter test

利用预先成孔，将旁压器放入孔内，通过对测试段孔壁施加径向压力使地基土体产生相应变形，测得土体各级压力与变形对应关系的原位测试方法。

2.1.3 自钻式旁压试验 self-boring pressuremeter test

将旁压器安装在钻杆上，旁压器底端安装旋转刀具，钻进时随之进入土层预定深度，停钻后进行试验，通过对测试段孔壁施加径向压力使地基土体产生相应变形，测得土体各级压力与变形对应关系的原位测试方法。

2.1.4 初始压力 initial pressure

旁压测量腔安置到试验位置，待旁压测量腔膨胀接触到孔壁且扰动土体恢复到接近原始状态所对应的土压力值。

2.1.5 临塑压力 critical pressure

旁压试验曲线直线段终点所对应的压力值。

2.1.6 极限压力 extreme pressure

旁压试验曲线上临塑压力之后曲线段的垂直压力轴渐近线所对应的压力值。

2.1.7 旁压模量 modulus of pressuremeter

根据旁压试验的压力与体积或位移曲线的直线段斜率计算获取的地基土的变形参数。

2.1.8 泊松比 Poisson's ratio

岩土体在弹性范围内轴向受力时，横向应变与轴向应变的比值。

2.2 符 号

2.2.1 岩土强度参数

- C_u ——不排水抗剪强度；
- f_{ak} ——地基承载力特征值；
- p ——校正后的压力；
- p_0 ——初始压力；
- p_f ——临塑压力；
- p_L ——极限压力；
- p_w ——静水压力；
- p_m ——记录仪或压力表的读数；
- p_i ——弹性膜约束力；
- u ——试验深度处土中孔隙水压力。

2.2.2 岩土变形参数

- E_m ——旁压模量；
- G_M ——旁压剪切模量。

2.2.3 几何参数

- H ——测管水面距孔口的高度；
- h_w ——孔口距孔内地下水位的深度；
- S ——校正后测管水位位移值；
- S_c ——用测管水位位移值表示旁压器测量腔固有体积；
- S_f ——临塑压力所对应的测管位移值；
- S_m ——各级总压力($p_m + p_w$)所对应的测管水位位移值；
- S_0 ——旁压试验曲线直线段延长线与纵轴（位移轴）的交点，其值为旁压器接触孔壁时所消耗的水体积，用测管水位位移值表示；
- V ——校正后的旁压器测量腔受压膨胀体积；
- V_c ——旁压器测量腔固有体积；

V_f ——临塑压力所对应的体积；

V_m ——各级总压力下($p_m + p_w$)所对应的体积值；

V_0 ——旁压试验曲线直线段延长线与纵轴(体积轴)的交点，其值为旁压器接触孔壁时所消耗的水体积；

Z ——孔口至试验段中点的深度。

2.2.4 其他符号

K ——安全系数；

K_m ——侧向基床系数；

K_0 ——试验深度处静止土压力系数；

α ——仪器综合变形率定系数；

β ——修正系数；

γ ——土体重度；

γ_w ——水体重度；

μ ——泊松比；

φ' ——有效内摩擦角。

3 基本规定

- 3.0.1** 旁压试验包括预钻式旁压试验和自钻式旁压试验。预钻式旁压试验适用于黏性土、粉土、砂土、残积土和碎石土，有经验时可用于极软岩和软岩；自钻式旁压试验适用于软土、软塑～可塑状的黏性土以及粉土和砂土。
- 3.0.2** 旁压试验应根据试验仪器特性，在收集分析已有地质资料、场地地层分布的基础上，依据勘察要求编制测试方案。
- 3.0.3** 试验孔及试验段或试验点的数量应根据工程需要确定。每个建设场地或同一地质单元试验孔不宜少于3个，每一主要土层试验段或试验点不应少于6个。
- 3.0.4** 预钻式旁压试验应保证成孔质量，成孔直径应与旁压器直径相匹配，并减少对孔周土体扰动且防止孔壁坍塌。
- 3.0.5** 自钻式旁压试验的钻头样式、钻头回转速率、刃口距离、泥浆压力和流量等应通过试验确定。
- 3.0.6** 旁压试验设备的传感器、仪表在试验前应进行校准、标定，并应在有效期内使用。
- 3.0.7** 资料整理时应考虑仪器设备、试验条件及方法对试验结果的影响；宜结合钻探、其他试验成果及地区工程经验综合分析和应用试验成果。

4 仪器和设备

4.1 预钻式旁压仪

4.1.1 预钻式旁压仪主要由旁压器、加压稳压装置、变形测量装置、数据测记装置、导压管及高压气源装置等组成(图 4.1.1)。

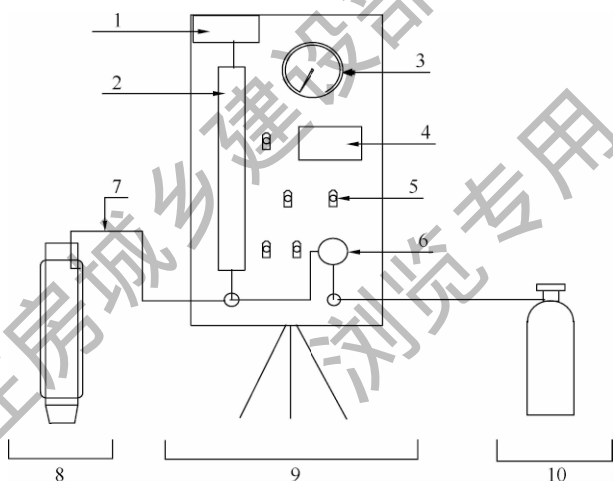


图 4.1.1 旁压仪设备结构示意图

- 1—水箱；2—测管；3—精密压力表；4—数据测记装置；5—控制阀门；
6—调压阀；7—同轴导压管；8—旁压器；9—加压稳压、
变形测量装置；10—高压气源装置

4.1.2 预钻式旁压器为圆柱状结构，在中空的刚性圆筒体上套有弹性膜，形成密闭的可扩张的圆柱状空间，可分为单腔式和三腔式两种结构形式，三腔式上下为辅助腔，中间为测量腔。常用旁压器结构形式和主要参数应符合本标准附录 A 的规定。

4.1.3 加压稳压装置主要由压力源连接管、减压阀、控制阀门

和调压阀等组成。压力源应根据不同型号旁压仪设备的结构要求选用相应的压力源装置，宜采用高压氮气或其他相关压力源；高压氮气经减压阀一级减压后通过精密调压阀对系统加压和稳压。

4.1.4 变形测量装置主要由测管、位移传感器和压力传感器及数据测记仪等部件组成，测量和记录被测土体受压稳定后的相应变形值。测量精度应符合下列规定：

1 压力精度的控制和测记的允许误差应为 $\pm 1\%$ ；

2 旁压器测量腔径向膨胀变量的测记的允许误差应为测量腔径向膨胀总变量的 $\pm 1\%$ 。

4.1.5 导压管用于变形测量系统与旁压器间的连接，可分为同轴高压软管或多根单管。导压管应连接可靠、拆卸方便、受环境温度影响小，并应适应野外现场作业条件。

4.1.6 预钻式旁压仪成孔辅助设备可采用勺钻、管状提土器或钻机等机具。

4.2 自钻式旁压仪

4.2.1 自钻式旁压仪系统主要由可自钻的旁压探头、电子箱、压力控制面板、应变控制器和数据处理系统、导压管、多芯电缆、电瓶、气源等组成（图 4.2.1）。

4.2.2 旁压探头包括钻进器和旁压器。钻进器位于探头的下端，外部是圆筒状端靴，内部为切削钻头；旁压器为中空的刚性圆筒体上套有弹性膜，膜外可罩有不锈钢窄条保护铠，膜内装有位移传感器、压力传感器。

4.2.3 量测旁压器弹性膜膨胀时径向位移量的位移传感器由贴有电阻应变片的悬臂弹簧和随轴转动的杠杆式应变臂组成，沿轴向均匀布置，悬臂弹簧与弹性膜保持接触，可测试多方向的径向位移量。

4.2.4 压力传感器包括两个孔隙水压力传感器和总应力传感器。两个孔隙水压力传感器贴于弹性膜上，分布间隔应为 180° ，并应与弹性膜一起扩张，保持与土体直接接触以测量孔隙水压力；

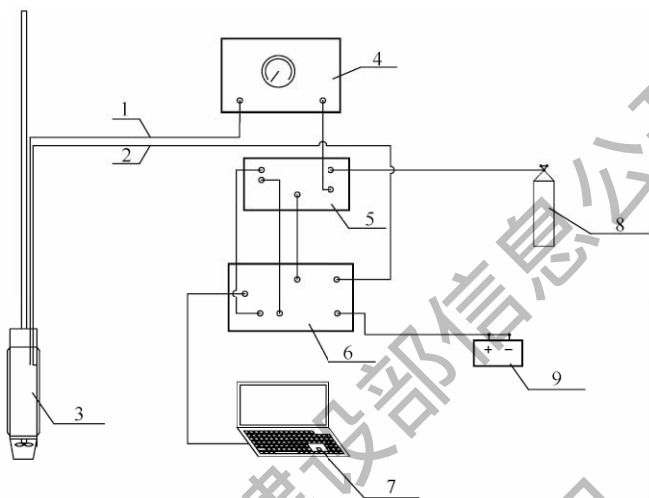


图 4.2.1 自钻式旁压仪设备结构示意图

1—导压管；2—多芯电缆；3—旁压探头；4—压力控制面板；
5—应变控制器；6—电子箱；7—计算机；8—气源；9—电瓶

总应力传感器应安装在弹性膜内。

4.2.5 电子箱通过连接探头的多芯电缆接收旁压器输出的电信号，由电压为 12V 的电瓶提供电源。经电子箱将输入的电信号放大，将获得的电压读数转换成数字信号，并输送至计算机中。

4.2.6 应变控制器用以控制施加在旁压器上的气压速率，使旁压器以恒定的应变率或压力率膨胀，自动进行旁压试验。应变控制器可采用应变控制式或压力控制式，应变率可为每小时或每分钟 0.1%、0.2%、0.5%、1%、2%，并通过应变控制器上的上升、保持或下降开关控制应变方向；压力变化率可在每分钟 14kPa~240kPa 之间分 5 档进行控制。

4.2.7 压力控制面板上应有高压表、低压表、调压阀、开关和快速接头等。

4.2.8 数据处理系统应由计算机、旁压试验数据处理软件两个部分组成。

5 仪器率定

5.0.1 仪器率定分为综合变形率定和弹性膜约束力率定。率定应符合下列规定：

1 初次使用或较长时间放置后再次启用时，应对仪器进行综合变形率定和弹性膜约束力率定；

2 更换或改变导压管长度，或更换测管等设备部件后，应进行仪器的综合变形率定；

3 更换弹性膜后，应对仪器进行弹性膜约束力率定；

4 20次试验后宜进行弹性膜约束力率定，在地基承载力特征值小于120kPa的土层中每10次试验后宜进行弹性膜约束力率定。

5.0.2 仪器综合变形率定应符合下列规定：

1 将旁压器放置于率定管内，使弹性膜径向受到刚性限制；

2 率定时每一级压力增量可取仪器额定压力的1/10，最大加压至仪器额定压力的80%，具体操作方法可按本标准第7章现场试验相关规定执行，各级压力下的观测时间应与现场试验时一致；

3 量测每一级压力(p)对应的位移(S)或体积(V)值，并绘制关系曲线(仪器的综合率定曲线)，其直线对应压力轴的斜率即为仪器综合变形率定系数(α)；

4 仪器综合变形率定要点应符合本标准附录B的规定。

5.0.3 弹性膜约束力率定应符合下列规定：

1 将旁压器竖立于地面，使弹性膜处在自由膨胀的状态；

2 率定前应先对弹性膜预膨胀收缩，使其自由胀缩4次~5次；

3 率定时每一级压力增量宜为10kPa，具体操作方法、观

测时间和终止率定条件，宜按本标准第 7 章现场试验相关规定执行；

4 量测每一级压力 (p) 对应的位移 (S) 或体积 (V) 值，绘制 p - S 或 p - V 关系曲线（弹性膜约束力率定曲线）；

5 弹性膜约束力率定要点见本标准附录 C。

5.0.4 配有传感器的自钻式旁压仪除应符合本标准第 5.0.1 条～第 5.0.3 条规定外，尚应定期对位移传感器和压力传感器进行率定，其灵敏度、精度应符合相关标准的规定。

6 试验孔成孔

6.1 预钻式旁压试验成孔

6.1.1 试验前应根据试验场地岩土类型及特性选择钻机、钻具，并采用相应的钻进方法及成孔工艺。对于孔壁稳定性差的土层，宜采用泥浆护壁钻进或其他防坍塌措施。

6.1.2 试验孔与已有钻孔或其他原位试验测试孔的水平距离不应小于1.0m，且不应小于已有钻孔或其他原位试验测试孔直径的3倍。

6.1.3 当采用大直径钻具钻进时，应根据旁压试验段成孔直径要求，在试验段或试验点的深度位置以上不小于1.0m处，根据旁压器外径选用的钻具变径钻进。

6.1.4 每次试验前，试验成孔深度应大于或等于旁压器底端深度0.2m。

6.1.5 试验成孔操作应符合下列规定：

- 1 试验段成孔直径宜大于旁压器外径2mm~6mm；
- 2 试验段成孔应垂直、光滑平顺、完整，且应降低对孔壁岩土的扰动或保持原状；

- 3 每个试验段成孔后应立即试验。

6.2 自钻式旁压试验成孔

6.2.1 成孔前应做好自钻准备工作，清理回水管，防止水管堵塞。

6.2.2 试验成孔应通过钻杆自重先将钻进器切入土中，然后开动钻机带动切削钻头旋转钻进。

6.2.3 钻进宜根据土体的软硬程度向切削钻头施加一定的垂直压力。

6.2.4 钻进应缓慢、平稳，土在切削腔被钻头粉碎形成的钻屑应利用循环冲洗液带到地面。

6.2.5 钻进过程中贯入速率与回转速率应协调。

6.2.6 钻至试验深度后应停止钻机旋转，并截断循环冲洗液，做好试验准备。

6.2.7 试验孔间距应符合本标准第 6.1.2 条的规定。

6.2.8 试验成孔除应符合本标准第 6.1.5 条第 2 款的规定外，成孔垂直度或倾斜度尚应符合现行行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 的相关规定。

7 现场试验

7.1 一般规定

7.1.1 测试点低于孔口的深度不宜小于 1.0m；同一试验孔中相邻试验段或试验点的垂直间距不应小于 1.0m，且不应小于旁压器测量腔长度的 1.5 倍。

7.1.2 旁压试验时，旁压器测量腔应置于同一土层中。

7.1.3 旁压试验每钻进一段应进行一次试验；严禁一次成孔，多段试验。

7.1.4 现场试验宜按本标准附录 D 记录。

7.2 预钻式旁压现场试验

7.2.1 旁压仪主机应放置在试验孔侧适当位置，并调节至水平，用导压管连接主机与旁压器。

7.2.2 附带有电子自动数据测记装置的旁压仪，试验前应检查装置的连接状况、待机状态及设置感应参数等。

7.2.3 调整高压气源瓶上的减压阀，输出压力宜大于预估所需最大试验压力 0.2MPa；在试验过程中应保持压力源输出压力高于当前的试验压力。

7.2.4 注水与调零操作宜按下列步骤进行（设备结构见本标准图 4.1.1）：

- 1 向水箱注满清洁冷开水或纯净水，旋上水箱盖；
- 2 将旁压器竖立于地面，打开注水等相关阀门向系统注水；
- 3 在注水过程中应不断抖动导压管且振动旁压器排清管路中滞留的空气，确保导压管及旁压器充满水；
- 4 当目测管水位上升至或稍高于“0”位时，停止注水操作，并打开水箱盖；

5 注水完成待旁压器恢复原状后，将旁压器垂直提升，排除多余的注水，使测量腔的中点与目测管的“0”刻度齐平；当测管水位稳至“0”刻度时，关闭相关阀门将旁压器放好待用。

7.2.5 旁压器放置时应将旁压器用钻杆或连接杆连接，导压管宜隔段缚扎在钻杆上，将旁压器放至试验深度，并量测记录试验深度及地下水位。

7.2.6 试验加压应逐级进行。分级等级可采用预估临塑压力的1/5~1/7，当无经验时亦可按表7.2.6确定。

表 7.2.6 试验压力增量

土类及状态	压力增量 (kPa)	
	临塑压力前	临塑压力后
淤泥、淤泥质土、流塑的黏性土、松散的粉细砂	≤15	≤30
软塑黏性土、疏松黄土、稍密粉土、稍密粉细砂、稍密中粗砂	15~25	30~50
可塑~硬塑黏性土、一般性质黄土、中密~密实粉土、中密~密实粉细砂、中密中粗砂	25~50	50~100
硬塑~坚硬黏性土、老黄土、密实粉土、密实中粗砂	50~100	100~200
中密~密实碎石土、极软岩	≥100	≥200
软质岩、强风化岩	200~500	≥500

7.2.7 加压稳压时间应根据土的特征或试验要求确定。各级压力下的稳压维持时间和量测变形时间可按表7.2.7执行。

表 7.2.7 加压稳压及变形量测时间

加压时间	稳压时间	测记变形量时间
1min、2min、3min	1min	15s、30s、60s
	2min	15s、30s、60s、120s
	3min	15s、30s、60s、120s、180s

7.2.8 试验加压应符合下列规定：

1 打开旁压仪量管阀门，试验的第一级压力荷载在旁压器内产生的静水压力应按下列公式计算：

1) 地下水位以上

$$p_w = (H + Z)\gamma_w \quad (7.2.8-1)$$

2) 地下水位以下

$$p_w = (H + h_w)\gamma_w \quad (7.2.8-2)$$

式中： p_w ——静水压力 (kPa)；

H ——测管水面距孔口的高度 (m)；

h_w ——孔口距孔内地下水位的深度 (m)；

γ_w ——水的重度 (kN/m^3)，可取 10kN/m^3 ；

Z ——孔口至试验段中点的深度 (m)。

2 当到达设定的稳压维持时间后，按预定的试验加压等级加压，各级压力应在 10s 内加载完毕。

3 每级加压完成后，应及时记录所加压力及稳压维持时间内不同时刻的测管水位值；附带有自动数据测记装置的应同时操作记录仪，并记录试验压力和位移或体积数据。

7.2.9 符合下列条件之一时，可终止试验：

1 当测管实测体积达到旁压器测腔固有体积；

2 当水体积或水位变化明显加快，且测记变形时间 15s、30s、60s 后一个测记的变形量差值是前一个变形量差值的 5 倍；

3 试验压力达到仪器的额定压力。

7.2.10 试验结束后应立即对旁压器进行消压、回水和排水工作，并应符合下列规定：

1 当试验深度小于 2m 且仍需继续试验时，可将调压阀减压使压力降到零，利用弹性膜的约束力迫使旁压器中的水回至测管；

2 当试验深度大于 2m 且仍需继续试验时，宜根据相关的操作方法，利用系统内的压力，使旁压器中的水回至水箱备用，并保持水箱盖打开；

3 阀门置于排水位置，利用试验时系统内的压力将旁压器中水排净，并旋松调压阀；

4 待旁压器和系统完全消压 2min~3min 后，取出旁压器。

7.3 自钻式旁压现场试验

7.3.1 自钻式旁压试验钻至试验深度，应静待超孔隙水压力消散后再进行试验。

7.3.2 应根据土类性质选择加压方式，饱和软土宜采用应变控制方式，其余地基土宜采用应力控制方式。

7.3.3 试验前应检查装置的连接状况、待机状态及设置感应参数等。

7.3.4 在控制板调压阀处于关闭状态时，打开气瓶调压阀，输出压力宜高于预估所需最大试验压力 0.2MPa。

7.3.5 评定土的弹性模量、不排水抗剪强度时，可进行卸压再加压的循环加压试验，卸压再加压回环应避免临塑压力；卸压量可与土的抗剪强度相当，且不得大于 2 倍的抗剪强度；卸压后的压力不得低于初始压力。

7.3.6 初始加压阶段加压等级宜加密。

7.3.7 应力控制方式试验应按下列步骤进行：

1 试验前应检查旁压器与压力控制板、电子箱连接以及电瓶电压；

2 根据土层性质确定加压等级；

3 调节压力变化率调节开关，使旁压器中电路读数为零，记录初读数；

4 按预定加压等级施加各级压力，维持时间宜为 1min，并记录 15s、30s、60s 时的应变值、有效应力值和总应力值；

5 依据测试应变值，加压过程进行一个以上的加卸压循环测试，卸载阶段进行一个加卸压循环测试；

6 加压至应变臂测量的膨胀位移值达到 6mm 时应终止试验。

7.3.8 应变控制方式试验应按下列步骤进行：

1 试验前应检查旁压器与应变控制装置、电子箱连接以及电瓶电压；

2 按土层性质和试验类型（排水或不排水），并根据经验选择适宜的常量应变率，常量应变率宜为每分钟或每小时 0.1%、0.2%、0.5%、1.0%、2.0%档；

3 压力率可调 5 个压力变化率，根据经验，按土层从软到硬依次选择；

4 试验开始前，应将应变和压力调至零位；

5 当达到 10%应变值时应停止加压，并进行卸压；

6 卸压后，膜内压力降为零时终止试验，取出旁压探头。

8 资料整理及应用

8.0.1 资料整理前应先对试验记录数据进行校正，并应符合下列规定：

1 压力校正应按下式计算：

$$p = p_m + p_w - p_i \quad (8.0.1-1)$$

式中： p ——校正后的压力（kPa）；

p_m ——记录仪或压力表读数（kPa）；

p_w ——静水压力（kPa）；

p_i ——弹性膜约束力（kPa），由各级总压力（ $p_m + p_w$ ）所对应的测量位移（或体积）值查弹性膜的约束力率定曲线取得。

2 位移或体积校正和体积与位移的换算应按下列公式计算：

$$S = S_m - \alpha(p_m + p_w) \quad (8.0.1-2)$$

$$V = V_m - \alpha(p_m + p_w) \quad (8.0.1-3)$$

$$V = SF \quad (8.0.1-4)$$

式中： S ——校正后的测管水位位移值（cm）；

S_m ——各级总压力（ $p_m + p_w$ ）所对应的测管水位位移值（cm）；

α ——仪器综合变形率定系数（cm/kPa）；

V ——校正后的旁压器测量腔受压膨胀体积（ cm^3 ）；

V_m ——各级总压力（ $p_m + p_w$ ）所对应的体积值（ cm^3 ）；

F ——测管内截面面积（ cm^2 ）。

8.0.2 旁压试验 p - S 曲线或 p - V 曲线应使用校正后的压力和校正后的位移或体积绘制(图 8.0.2)，并应符合下列规定：

1 纵坐标为位移 S 或体积 V ，位移 S 宜按 1 单位代表 5cm 水位下降值，体积 V 宜为 1 单位代表 100cm^3 ；

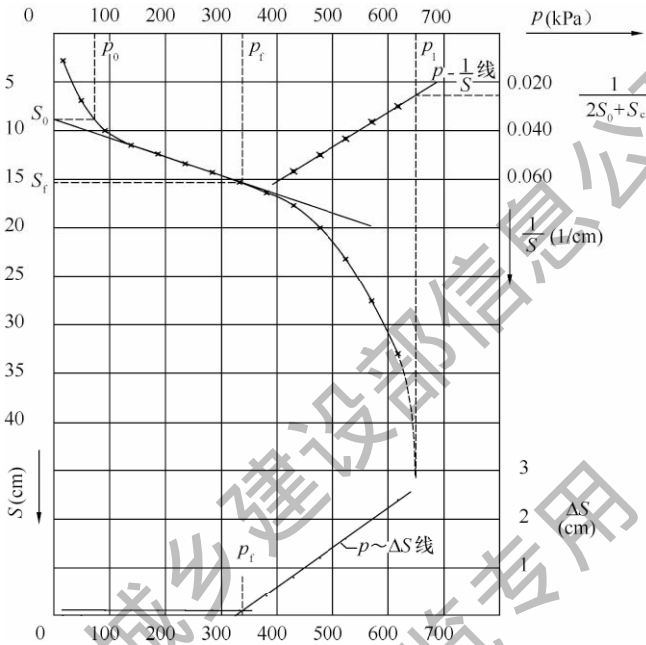


图 8.0.2 旁压试验曲线

- 2 横坐标为压力 p ，压力宜为 1 单位代表 100kPa；
- 3 绘制曲线时，宜先连直线段，并两端延长与纵轴相交，用拟合法绘制曲线部分，定出曲线与直线段的交点（直线段的终点）。

8.0.3 旁压试验基本参数的确定应符合下列规定：

1 初始压力 p_0 宜根据试验情况确定。当试验成孔与旁压器匹配、土层扰动较小、测试数据完整且旁压曲线有较明显的初始段时，可通过作图法确定初始压力 p_0 ；当采用作图法困难时，可采用静止土压力根据计算法确定初始压力 p_0 。作图法和计算法应符合下列规定：

- 1) 采用作图法时，应将旁压试验曲线直线段延长相交于位移（体积）轴，由交点作平行于压力轴的直线相交

于曲线的一点，此点所对应的压力为初始压力 p_0 (图 8.0.2)。

2) 采用计算法时，应按下列公式计算初始压力：

$$p_0 = K_0 \gamma Z + u \quad (8.0.3-1)$$

$$u = \gamma_w (Z - h_w) \quad (8.0.3-2)$$

式中： K_0 ——试验深度处静止土压力系数，可按地区经验确定，对于正常固结和轻度超固结的砂土和粉土取 0.5，可塑到坚硬状态的黏性土取 0.6，软塑黏性土、淤泥和淤泥质土取 0.7；

γ ——试验深度以上土的重度 (kN/m^3)，有多层土层时，可采用厚度加权平均值，地下水位以下取有效重度；

Z ——孔口至试验段中点的深度 (m)；

u ——试验深度处土的孔隙水压力 (kPa)，在地下水位以上 $u = 0$ ；在地下水位以下，由式 (8.0.3-2) 确定；

h_w ——孔口距孔内地下水位的深度 (m)。

2) 临塑压力 p_f 可按下列方法确定：

1) 旁压试验 p - S 或 p - V 曲线直线段的终点所对应的压力为临塑压力 p_f ，对应的位移为 S_f 或体积 V_f (图 8.0.2)；

2) 稳压 3min 时 p - $\Delta S_{(180-30)}$ 或 p - $\Delta V_{(180-30)}$ 、稳压 2min 时 p - $\Delta S_{(120-30)}$ 或 p - $\Delta V_{(120-30)}$ 、稳压 1min 时 p - $\Delta S_{(60-30)}$ 或 p - $\Delta V_{(60-30)}$ 曲线直线变形段终点，即曲线与直线段拐点所对应的压力。

3) 极限压力 p_L 可按下列方法确定：

1) 当试验加压的最大压力未达到极限压力时，需外推旁压试验曲线确定 p_L ，将旁压试验曲线末端光滑自然地作延长线，并呈趋于位移 S 或体积 V 轴平行的渐近线

时，其渐近线与旁压试验曲线延长线的切点对应的压力即为极限压力 p_L ；

- 2) 在旁压试验曲线的右面位移或体积轴上确定合适的位移或体积坐标比例，把临塑压力 p_f 以后曲线部分各点的位移 S 或体积 V 值取倒数 $1/S$ 或 $1/V$ ，与对应的压力 p 作 $p-1/S$ 或 $p-1/V$ 的关系曲线(该曲线应为一条近似直线)，在该直线上取 $1/(2S_0 + S_c)$ 或 $1/(2V_0 + V_c)$ 所对应的压力即为极限压力 p_L (图 8.0.2)。

8.0.4 地基承载力特征值 f_{ak} 可按下列方法确定：

1 利用极限压力 p_L 确定：

地基旁压试验试验到极限状态时，可按下列两种情况确定地基承载力特征值 f_{ak} ：

- 1) 当极限压力 p_L 小于等于临塑压力 p_f 的 2 倍时，取极限压力的二分之一，由下式确定：

$$f_{ak} = \frac{p_L}{2} - p_0 \quad (8.0.4-1)$$

- 2) 当极限压力 p_L 大于临塑压力 p_f 的 2 倍时，由下式确定：

$$f_{ak} = \frac{p_L - p_0}{K} \quad (8.0.4-2)$$

式中： K ——安全系数，根据地区经验确定；无经验时可按表 8.0.4 确定。

表 8.0.4 安全系数 K 值

土类	黏性土	粉土	砂土
安全系数	2~2.4	2.3~3.3	2.7~3.6

2 利用临塑压力 p_f 由下式确定：

$$f_{ak} = \lambda(p_f - p_0) \quad (8.0.4-3)$$

式中： f_{ak} ——地基承载力特征值 (kPa)；

λ ——修正系数，根据地区经验确定；无经验时，取 0.7~1.0。

8.0.5 按本标准第 8.0.4 条确定的地基承载力特征值可进行深度修正。

8.0.6 旁压模量 E_m 应根据旁压曲线直线段的斜率按下列公式计算：

1 当用位移 S 计量时：

$$E_m = 2(1 + \mu) \left(S_c + \frac{S_0 + S_f}{2} \right) \frac{\Delta p}{\Delta S} \quad (8.0.6-1)$$

2 用体积 V 计量时：

$$E_m = 2(1 + \mu) \left(V_c + \frac{V_0 + V_f}{2} \right) \frac{\Delta p}{\Delta V} \quad (8.0.6-2)$$

式中： E_m ——旁压模量 (kPa)；

$\Delta p/\Delta S$ 、 $\Delta p/\Delta V$ ——旁压试验曲线直线段的斜率 (kPa/cm, kPa/cm³)；

μ ——泊松比，可根据地区经验确定，当无经验时可按表 8.0.6 确定；

S_c ——旁压器测试腔固有体积 V_c 用测管水位位移值表示 (cm)；

S_0 ——旁压曲线直线段延长线与纵轴 (位移轴) 的交点，其值为旁压器弹性膜接触孔壁所消耗的水体积用测管水位位移值表示 (cm)；

S_f ——临塑压力 p_f 所对应的测管水位位移值 (cm)；

V_c ——旁压器测试腔固有体积 (cm³)；

V_0 ——旁压曲线直线段延长线与纵轴 (体积轴) 交点表示的值，即为旁压器弹性膜接触孔壁所消耗的水体积 (cm³)；

V_f ——临塑压力所对应的体积 (cm³)。

表 8.0.6 土的泊松比 μ 值

岩土类型和状态		μ
碎石土		0.27
砂土		0.30
粉土		0.35
粉质黏土	坚硬状态	0.25
	可塑状态	0.30
	软塑状态	0.35
黏土	坚硬状态	0.25
	可塑状态	0.35
	软塑状态	0.38
淤泥和淤泥质土		0.42

8.0.7 旁压剪切模量 (G_M) 应按下列公式确定:

1 当用位移 (S) 计量时:

$$G_M = \left(S_c + \frac{S_0 + S_f}{2} \right) \frac{\Delta p}{\Delta S} \quad (8.0.7-1)$$

2 用体积 (V) 计量时:

$$G_M = \left(V_c + \frac{V_0 + V_f}{2} \right) \frac{\Delta p}{\Delta V} \quad (8.0.7-2)$$

式中: G_M ——旁压剪切模量 (kPa)。

8.0.8 软黏土的不排水抗剪强度 (C_u) 可按下式估算:

$$C_u = (p_L - p_0) / N_P \quad (8.0.8)$$

式中: C_u ——不排水抗剪强度 (kPa);

N_P ——系数, 可取 6.18。

8.0.9 砂土的有效摩擦角 (φ') 可按下式估算:

$$\varphi' = 5.77 \ln \frac{p_L - p_0}{250} + 24 \quad (8.0.9)$$

8.0.10 侧向基床系数 (K_m) 可按下式估算:

$$K_m = \beta \Delta p / \Delta r \quad (8.0.10)$$

式中: K_m ——侧向基床系数 (MPa/m);

Δp ——旁压试验压力增量 (kPa);

Δr —— Δp 对应的径向位移增量 (mm);

β ——修正系数, 可以根据地区经验确定, 当无经验时可按表 8.0.10 确定。

表 8.0.10 修正系数 β 值

土层名称	淤泥质土	黏性土	饱和粉土、砂土	全、强风化岩土
修正系数 β	0.20~0.25	0.25~0.35	0.20~0.30	0.25~0.35

附录 A 常用旁压器结构形式和主要参数

表 A 常用旁压器结构形式和主要参数

型号		旁压器参数					试验荷载 (MPa)
		结构形式	总长度 (mm)	测量腔 外径 (mm)	测量腔 长度 (mm)	测量腔 体积 (cm ³)	
预 钻 式 旁 压 仪	PM-1A	单腔式	560	50	350	687.2	0~3.0
	PM-1B	单腔式	720	88	360	2189.5	0~3.0
	PM-2B	单腔式	720	88	360	2189.5	0~5.5
	PY 型	三腔式	500	50	250	490.9	0~2.5
	Menard G-AM	三腔式	650	58	200	528.4	0~10
	TEXAM	单腔式	720	74	390	1676.5	0~10
	Etastmeter	单腔式	1270	62	520	1569.9	0~20
自 钻 式 旁 压 仪	PYHL-1	三腔式	980	90	200	1271.7	0~2.5
	MIM-1	单腔式	1100	90	650	4133	0.4~2.5
	Cambridge Insitu Camkometer	单腔式	1175	83	515	3510	0~10
	Mazieer PAF-76	三腔式	1500~ 2000	132	500	6838.9	0~2.5

注：1 三腔式旁压器中腔为测量腔，上、下两腔为辅助腔。上、下腔与金属导压管相连，与中腔严密封闭。

2 旁压器腔室外壁附有弹性膜，部分旁压器弹性膜外罩有保护铠，保护铠由一系列不锈钢窄条附在弹性膜上组成。

附录 B 仪器综合变形率定要点

B.0.1 仪器综合变形率定试验时，按试验要求连接安装好设备，将旁压器放置于率定筒内，在旁压器受到刚性限制的状态下，根据试验加压步骤对旁压器加压，率定时每一级压力增量可取仪器额定压力的 1/10，最大加压至仪器额定压力的 80% 后终止，各级压力下观测时间与正式试验一致，并按表 B.0.1 记录。

表 B.0.1 仪器综合变形率定试验记录样表

仪器型号 PM-1A 导管长度 15m
 率定管内径 55mm 率定日期 ××××年××月××日

压力 p (kPa)	测管水位位移值 S (cm)			
压力表读数 p_m	15s	30s	60s	120s
100	4.86	4.86	4.86	4.86
200	4.96	4.96	4.96	4.96
300	5.06	5.06	5.06	5.06
400	5.16	5.16	5.16	5.16
500	5.26	5.26	5.26	5.26
600	5.36	5.36	5.36	5.36
700	5.46	5.46	5.46	5.46
800	5.56	5.56	5.56	5.56

率定：×××

记录：×××

校核：×××

B.0.2 确定变形率定系数时，绘制压力 (p) 与其对应的测管水位位移值 (S) 关系曲线，其直线的斜率 ($\Delta S/\Delta p$)，即为仪器综合变形率定系数，图 B.0.2 中 $\alpha=0.001\text{cm/kPa}$ 。

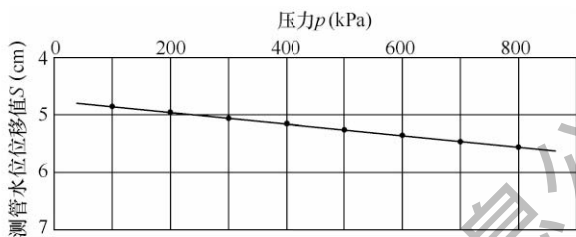


图 B.0.2 仪器综合变形率定曲线

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

附录 C 弹性膜约束力率定要点

C.0.1 弹性膜约束力率定试验时，按试验要求连接安装好设备，将旁压器竖立于地面，进行适量预加压，压力控制在 50kPa 之内使其自由膨胀，当测管水位降至 30cm 时卸压至零，反复加压、卸压四次以上再开始正式率定，率定压力增量为 10kPa，当测管水位降至近 40cm 时终止，各级压力下观测时间与正式试验一致，记录按表 C.0.1 执行。

表 C.0.1 弹性膜约束力率定试验样表

膜编号 膜 1# 仪器型号 PM-1A
 工程名称 ×××××××× 率定日期 ××××年××月××日

旁压器中腔中点至测管水面垂直距离 (m)		0.9	测腔受静水压力 p_w (kPa)			9
压力 p (kPa)		测管水位位移值 s (cm)				
压力表读数 p_m	总压力 $p_w + p_m$	15s	30s	60s	120s	
	9	0.55	0.55	0.55	0.55	
10	19	1.70	1.70	1.70	1.70	
20	29	2.80	2.90	3.00	3.10	
30	39	4.55	4.75	4.95	5.15	
40	49	7.40	7.60	8.00	8.45	
50	59	12.40	12.60	13.00	13.60	
60	69	20.35	20.85	21.55	22.55	
70	79	32.70	33.20	34.20	36.20	

率定：×××

记录：×××

校核：×××

C.0.2 绘制率定曲线时，绘制压力 (p) 与其对应的测管水位位移值 (S) 关系曲线，即弹性膜约束力率定曲线 (图 C.0.2)。

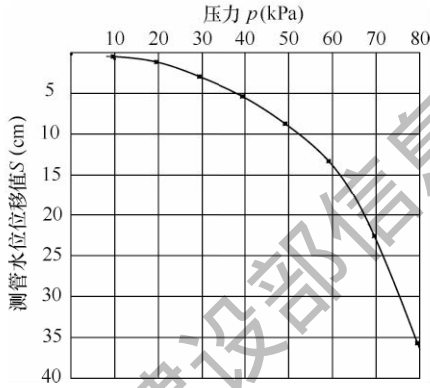


图 C.0.2 弹性膜约束力率定曲线

附录 D 记录表格式

表 D 旁压试验记录表

工程名称 _____ 孔口高程 _____
 试验编号 _____ 膜编号 _____
 仪器型号 _____ 试验日期 _____

试验深度 Z (m)				测管水面距孔口 高度 H (m)		测腔受静水压力 p_w (kPa)							
钻孔中水位距孔口高度 h_w (m)						是否带金属保 护套					成孔工具		
土层描述													
顺 序 号	压力 p (kPa)				测管水位移值 S (cm) (累计数)							1/S	
	记录 仪或 表读 数 p_m	总压 力 $p_m + p_w$	弹性 膜约 束力 p_i	校正 后压 力 p	S_m					ΔS	仪器综 合变形 校正 值 $\alpha(p_m + p_w)$		校正 后 S
					15s	30s	60s	120s	180s				
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													

项目负责人:

试验:

计算:

校核:

本标准用词说明

1 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”；
- 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用