

DB35

福 建 省 地 方 标 准

DB35/T 2093—2022

公路工程动力触探检测规程

Dynamic penetration test for highway engineering

地方标准信息服务平台

2022 - 12 - 27 发布

2023 - 03 - 27 实施

福建省市场监督管理局 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号 2

5 一般规定 2

6 试验设备 2

7 布点要求 4

8 试验方法 4

9 资料整理 6

附录 A（规范性） 试验记录表..... 9

附录 B（规范性） 地基承载力修正..... 10

地方标准信息服务平台

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由福建省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：福建省高速技术咨询有限公司（福建省高速公路企业工程技术研究中心）、福建省高速公路集团有限公司、福建省高速公路达通检测有限公司。

本文件主要起草人：何澄平、张超、张丽宏、张流文、吴存明。

地方标准信息服务平台

公路工程动力触探检测规程

1 范围

本文件规定了福建省公路工程动力触探试验检测的试验设备、布点要求、试验方法、资料整理、试验记录表等。

本文件适用于公路行业用动力触探试验方法检测地基土的地基承载力与变形模量，其他同类工程参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- JTG 3223—2021 公路工程地质原位测试规程
- TB 10018 铁路工程地质原位测试规程
- TB 10093 铁路桥涵地基和基础设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

动力触探试验 dynamic penetration test

用一定质量的穿心锤，以一定的自由落距，将一定规格的圆锥形探头贯入土层一定深度，并测记贯入土层一定深度所需锤击数的试验方法。

[来源：JTG 3223—2021，2.1.5]

3.2

轻型动力触探试验 light dynamic penetration test

采用质量为10 kg±0.1 kg的一定形状的重锤进行锤击，落距50 cm±2 cm，计每贯入30 cm锤击数的试验方法。

3.3

重型动力触探试验 heavy dynamic penetration test

采用质量为63.5 kg±0.5 kg的一定形状的重锤进行锤击，落距76 cm±2 cm，计每贯入10 cm锤击数的试验方法。

3.4

超重型动力触探试验 super heavy dynamic penetration test

采用质量为120 kg±1.0 kg的一定形状的重锤进行锤击，落距100 cm±2 cm，计每贯入10 cm锤击数的试验方法。

3.5

特位单检 a single test

特殊部位单独检测，如最不利部位、基础交界、异形狭窄边角以及特定承载部位等。

4 符号

下列符号适用于本文件。

M_0 : 轻型动力触探试验实测锤击数。

$M_{63.5}$: 重型动力触探试验实测锤击数。

$N'_{63.5}$: 重型动力触探试验修正后的锤击数。

M_{120} : 超重型动力触探试验实测锤击数。

n : 每阵击的锤击数。

Δs : 每阵击的贯入量。

L : 触探杆总长度。

H : 贯入深度。

f_{a0} : 地基承载力特征值。

R_0 : 地基极限承载力。

α : 杆长击数修正系数。

E_0 : 地基变形模量。

5 一般规定

动力触探试验可用于确定地基承载力；当动力触探试验用于划分土层并定名时，应与其他勘探测试手段相结合；确定地基承载力或变形模量时，动力触探孔数应根据场地大小、建筑物等级及土层均匀程度综合考虑。

动力触探试验分为轻型动力触探、重型动力触探和超重型动力触探。轻型动力触探试验可用于确定一般黏性土、素填土以及密实度较低粉土或细砂土的地基承载力；重型和超重型动力触探试验可用于确定中砂以上的砂类土和碎石类土地基承载力及卵石土、圆砾土的变形模量；动力触探还可用于检验地基加固与改良效果。

6 试验设备

6.1 设备类型与规格

6.1.1 动力触探设备包括落锤、锤垫、触探杆和探头，其类型及规格应符合表 1 的规定。

表1 动力触探试验设备主要技术参数

类型及代号	重锤质量 kg	重锤落距 cm	探头直径 mm	探头截面积 cm ²	探头锥角 °	探杆外径 mm	符号
轻型DPL	10±0.1	50±2	40	12.6	60	25±0.5	N_{10}
重型DPH	63.5±0.5	76±2	74	43	60	42±0.5 50±0.5	$N_{63.5}$
超重型DPSH	120±1.0	100±2	74	43	60	50~60	N_{120}

6.1.2 轻型动力触探设备主要参数。轻型动力触探设备应符合 TB 10018 及 JTG 3223—2021 的相关要求，各部件应由高强度的钢材制作，探杆应平直；探头材料采用 45 号碳素钢或抗拉强度大于 600 MPa 金属材料，表面淬火后硬度 HRC=45~50，如图 1 所示。

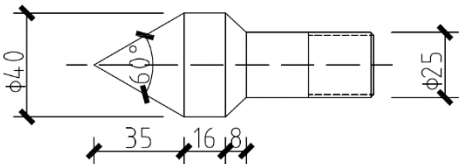


图1 轻型动力触探探头外形尺寸

6.1.3 重型、超重型动力触探设备主要参数。重型、超重型动力触探设备应符合 TB 10018 及 JTG 3223—2021 的相关要求，各部件应由高强度的钢材制作，设备应有自动脱钩装置。探杆应平直，每米质量宜不大于 7.5 kg，探杆接头外径应与探杆外径相同，探杆和接头材料应采用耐疲劳高强度钢材。

- a) 探头材料采用 45 号碳素钢或抗拉强度大于 600 MPa 金属材料，表面淬火后硬度 HRC=45~50，如图 2 所示。

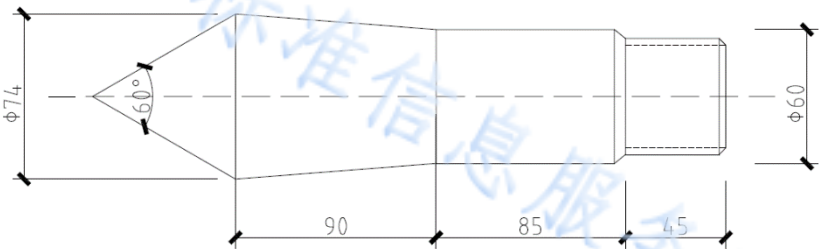


图2 重型、超重型动力触探探头外形尺寸

- b) 锤座直径应小于锤径 1/2，并大于 100 mm，导杆长度应满足重锤落距的要求，锤座和导杆总质量为 20 kg~25 kg。
- c) 重锤应采用圆柱形，高径比 1~2，重锤中心的通孔直径应比导杆外径大 3 mm~4 mm。

6.2 设备校准

- 6.2.1 动力触探设备的落锤应定期送有资质单位进行校准，不少于一年一次。
- 6.2.2 开展动力触探试验前应检查探头磨损、锥尖高度磨损、探杆直线偏差及连接处丝扣完好情况：
- a) 直径磨损不得大于 2 mm；
 - b) 锥尖高度磨损不得大于 5 mm；
 - c) 每节探杆非直线偏差不得大于 0.6%；
 - d) 所有部件连接处丝扣应完好，连接紧固；
 - e) 试验前应对落锤落距进行检查。

6.3 仪器设备清洁与保养

每次使用完毕应对动力触探设备进行清洗，做好保养工作。

7 布点要求

7.1 一般规定

布点数量和位置应按照“充分代表、均匀分布、特位单检”的原则。

7.2 检测点数

- 7.2.1 同一场地主要岩土单元的有效检测点数不应少于 6 个。
- 7.2.2 非基槽类，300 m² 以下工程应不少于检测 6 点，300 m² 以上工程，每 100 m² 至少应有 2 个点。
- 7.2.3 基槽类，每 20 延米为一个检测单位，不足 20 延米也应为一个检测单元，每个检测单元应有 1 个点。
- 7.2.4 特位单检的检测点数单列。

7.3 布点位置

- 7.3.1 各点间距应控制在 10 m~20 m 之间，如检测范围较小或者地基土较差可适当加密。
- 7.3.2 地基工程宜按照 50 m² 划分为一个检测区块，规则形状地基均匀划分，不规则形状地基按实际情况合理划分。
- 7.3.3 条形路基时，根据检测频率（布点数量）在划分完成的单列检测区块上按断面方向左、中、右布置测试点。
- 7.3.4 不规则地基时，合理划分区块后，距地基处理边界 1 m~1.5 m 范围的测点数量应不少于总测点数量的 50%。
- 7.3.5 特殊部位（最不利部位、基础交界、异形狭窄边角以及特定承载部位等）位置，应单独布设检测点位。

8 试验方法

8.1 一般规定

- 8.1.1 动力触探位置应预先进行局部整平，消除残土，并应避免试验土层受到扰动，再于探头位置平放钢直尺作为贯入深度识别参照标志。试验时，应保持探杆垂直，探杆的偏斜度不超过 2%，连续击入探头，锤击频率应控制在每分钟 15~30 击。

8.1.2 动力触探试验时，视需要先用钻具钻至所需测试土层顶面，再将探头锥尖没入检测土层中，然后对该土层进行试验。

8.2 轻型动力触探

8.2.1 轻型动力触探试验可用于确定一般黏性土、素填土以及密实度较低粉土或细砂土的地基承载力，也可用于检验地基加固与改良效果，贯入深度宜不大于 4 m。

8.2.2 检测锤击开始前，应在探杆上每贯入 30 cm 的位置进行标识；锤击过程需始终保持重锤沿导杆铅直下落。

8.2.3 当贯入 30 cm 的锤击数小于 90 击时，记录贯入 30 cm 时的锤击数，用 N_{10} 表示。当贯入深度 30 cm 不对应整数锤击数时（前一击小于 30 cm，后一击大于 30 cm），以贯入深度超过 30 cm 的前一击数值作为锤击数（ N_{10} ）；其中贯入深度记录精确至 1 cm。

8.2.4 当贯入 30 cm 的锤击数超过 90 击时，可停止作业；如需对下承层或下卧层进行检测，可改用重型/超重型动力触探进行试验，或者用钻探方法穿透该层后继续进行触探。

8.3 重型动力触探

8.3.1 重型动力触探适用于中砂、粗砂、砾砂、圆（角）砾、碎石土和极软岩，贯入深度宜不大于 12 m~15 m。

8.3.2 在钻孔内进行重型动力触探检测，钻孔孔径大于 90 mm，孔深大于 3 m、实测击数大于每 10 cm 8 击时，可用小于或等于 90 mm 的孔壁管下放至孔底或用松土回填钻孔，以减小探杆径向晃动。

8.3.3 放置好触探设备，锤座距孔口高度不宜超过 1.5 m，探杆应保持竖直，在探杆上贯入 10 cm 的位置进行标识；每贯入 1 m，宜将探杆转动一圈半，当贯入深度超过 10 m，每贯入 20 cm 宜转动探杆一次。

8.3.4 当贯入 10 cm 的击数小于 50 击，时记录贯入 10 cm 时的锤击数，重型用 $N_{63.5}$ 表示。当贯入深度 10 cm 不对应整数锤击数时（前一击小于 10 cm，后一击大于 10 cm），以贯入深度超过 10 cm 的前一击数值作为锤击数（ $N_{63.5}$ ）；其中贯入深度记录精确至 1 cm。

8.3.5 当地层松软时，可采用测量每阵击（一般为 1~5 击）的贯入度，精确到 1cm，并按式（1）换算相当于贯入 10 cm 时的击数：

$$N_{63.5} = \frac{10n}{\Delta s} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$N_{63.5}$ —— 重型动力触探检测锤击数，单位为每 10 cm 锤击数（击/10 cm），向小取整数；

n —— 每阵击的击数，单位为击；

Δs —— 每阵击时相应的贯入度，单位为厘米（cm），精确到 1 cm。

8.3.6 重型动力触探每贯入 10 cm 的实测锤击数大于 50 击时，即停止试验，如需继续进行试验，可改用超重型动力触探。

8.4 超重型动力触探

8.4.1 超重型动力触探适用于密实和很密的卵（碎）石土和极软岩、软岩，贯入深度宜不大于 20 m。

8.4.2 试验步骤参照重型动力触探规定进行。

8.4.3 当地层松软时，可采用测量每阵击（一般为 1~5 击）的贯入度，精确到 1cm，并按式（2）换算相当于贯入 10 cm 时的击数：

$$N_{120} = \frac{10n}{\Delta s} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

N_{120} ——超重型动力触探检测锤击数，单位为每10 cm锤击数（击/10 cm），向小取整数；

n ——每阵击的击数，单位为击；

Δs ——每阵击时相应的贯入度，单位为厘米（cm），精确到1 cm。

8.4.4 当超重型动力触探每贯入10 cm的实测锤击数小于5击时，应改用重型动力触探。

8.5 现场记录

现场记录应清晰完整，除按附录A填写检测结果外，还应在备注中记录测点布置图和异常情况。

9 资料整理

9.1 锤击数计算

9.1.1 动力触探记录应在现场进行初步整理，并对记录的击数和贯入深度进行校核和换算。

9.1.2 应剔除少量击数特殊大值（轻型：个别点击数大于所有击数中位值的2倍时；重型：个别点击数大于所有击数中位值的1倍时，以及未到规定贯入量可停止作业点的击数），余留部分为该层动力触探有效试验数据。

9.1.3 轻型动力触探应以检测层的击数算术平均值作为触探击数平均值 $\bar{N}_{10}$ 。

9.1.4 重型动力触探实测击数 $N_{63.5}$ ，应按式（3）进行杆长击数修正后得到 $N'_{63.5}$ ，再以检测层的修正后击数算术平均值作为触探击数平均值 $\bar{N}_{63.5}$ ：

$$N'_{63.5} = \alpha N_{63.5} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$N'_{63.5}$ ——重型动力触探修正后击数，单位为每10 cm锤击数（击/10 cm），向小取整数；

$N_{63.5}$ ——重型动力触探检测锤击数，单位为每10 cm锤击数（击/10 cm），向小取整数；

α ——杆长击数修正系数，按表2确定。

表2 杆长击数修正系数 α 值

杆长（m）	锤击数（ $N_{63.5}$ ）								
	5	10	15	20	25	30	35	40	≥ 50
≤ 2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	—
4	0.96	0.95	0.93	0.92	0.90	0.89	0.87	0.86	0.84
6	0.93	0.90	0.88	0.85	0.83	0.81	0.79	0.78	0.75
8	0.90	0.86	0.83	0.80	0.77	0.75	0.73	0.71	0.67
10	0.88	0.83	0.79	0.75	0.72	0.69	0.67	0.64	0.61
12	0.85	0.79	0.75	0.70	0.67	0.64	0.61	0.59	0.55
14	0.82	0.76	0.71	0.66	0.62	0.58	0.56	0.53	0.50
16	0.79	0.73	0.67	0.62	0.57	0.54	0.51	0.48	0.45
18	0.77	0.70	0.63	0.57	0.53	0.49	0.46	0.43	0.40
20	0.75	0.67	0.59	0.53	0.48	0.44	0.41	0.39	0.36

表 2 杆长击数修正系数 α 值（续）

杆长（m）	锤击数（ $N_{63.5}$ ）								
	5	10	15	20	25	30	35	40	≥ 50
若锤击数或杆长非表中所列数值，可用线性内插法。									

9.1.5 超重型动力触探的实测击数，应先按式（4）换算成相当于重型动力触探的实测击数后，再按式（3）进行修正。

$$N_{63.5} = 3N_{120} - 0.5 \dots\dots\dots (4)$$

式中：
 $N_{63.5}$ ——重型动力触探检测锤击数，单位为每10 cm锤击数（击/10 cm），向小取整数；
 N_{120} ——超重型动力触探检测锤击数，单位为每10 cm锤击数（击/10cm），向小取整数。

9.2 黏性土地基承载力换算

黏性土地基，当贯入深度小于4 m时，可按表3确定黏性土的地基承载力特征值 f_{a0} 。

表3 黏性土地基承载力特征值（kPa）

$\bar{N}_{10}$ （击/30 cm）	15	20	25	30
f_{a0}	180	260	330	400
若锤击数 $\bar{N}_{10}$ 非表中所列数值，可用线性内插法。				

9.3 砂砾土/碎石土地基承载力换算

冲积、洪积成因的中砂~砾砂土地基和碎石类土地基，当贯入深度小于20 m时，按表4根据修正后 $\bar{N}_{63.5}$ 换算地基的承载力特征值 f_{a0} 。

表4 中砂~砾砂土地基和碎石类地基承载力（kPa）

$\bar{N}_{63.5}$ （击/10 cm）		3	4	5	6	7	8	9	10	12	14
中砂~砾砂土	f_{a0}	120	150	180	220	260	300	340	380	—	—
碎石类土	f_{a0}	140	170	200	240	280	320	360	400	480	540
$\bar{N}_{63.5}$ （击/10 cm）		16	18	20	22	24	26	28	30	35	40
碎石类土	f_{a0}	600	660	720	780	830	870	900	930	970	1 000

9.4 卵石土/圆砾土地基变形模量换算

冲积、洪积成因的卵石土和圆砾土地基，当贯入深度小于12 m时，的变形模量 E_0 ，按表5根据修正后 $\bar{N}_{63.5}$ 换算地基的变形模量 E_0 。

表5 卵石土和圆砾土变形模量 E_0 (MPa)

$\bar{N}_{63.5}$ (击/10 cm)	3	4	5	6	8	10	12	14	16
E_0	9.9	11.8	13.7	16.2	21.3	26.4	31.4	35.2	39.0
$\bar{N}_{63.5}$ (击/10 cm)	18	20	22	24	26	28	30	35	40
E_0	42.8	46.6	50.4	53.6	56.1	58.0	59.9	62.4	64.3

9.5 地基承载力修正

地基承载力用于设计时，应进行基础宽度及埋置深度的修正，修正系数按附录 B 选取。

地方标准信息服务平台

附 录 A
(规范性)
试验记录表

现场采用动力触探检测地基承载力试验检测时可按表A. 1的格式进行填写试验检测原始记录。

表 A. 1 地基承载力（动力触探法）试验检测记录

检测单位名称：记录编号：

工程名称						
工程部位/用途						
基底标高，m				设计值，kPa		
落锤质量，kg				落距，m		
探杆外径，mm				贯入速度， 击/min		
试验检测日期				试验条件		
试验检测依据				基底描述		
主要仪器设备及编号						
测点编号	测点位置/ 坐标	探杆长度(m)	贯入深度 (cm)	实测锤击数 (N)	修正后锤 击数 (N)	地基承载力 (kPa)
测点布置图						
备注：						

检测：记录：复核：日期： 年 月 日

附录 B
(规范性)
地基承载力修正

地基承载力用于设计时，应进行基础宽度及埋置深度的修正，修正公式应符合TB 10093的规定，修正系数如表B.1所示，对于粒径大于等于中砂的土，其密实程度可用重型动力触探结果进行判定，故针对中砂以上的土， k_2 值可参考表B.2。

表B.1 基础宽度、深度修正系数

修正 系数	黏性土				粉土	砂类土								碎石类土			
	Q4的冲、洪 积土		Q3及 以前 的冲、 洪积 土	残积 土		粉砂		细砂		中砂		砾砂、 粗砂		碎石、圆砾、 角砾		卵石	
	IL< 0.5	IL≥ 0.5				稍、中 密实	密实	稍、中 密实	密实	稍、 中密 实	密实	稍、中 密实	密实	稍、中 密实	密实	稍、中 密实	密实
k ₁	0	0	0	0	0	1	1.2	1.5	2	2	3	3	4	3	4	3	4
k ₂	2.5	1.5	2.5	1.5	1.5	2	2.5	3	4	4	5.5	5	6	5	6	6	10

表B.2 中砂～碎石类土深度修正系数

$\bar{N}_{63.5}$	≤4	4~6	6~10	10~15	15~20	20~25	25~32	32~40	>40
k_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
注：表中锤击数端点对应的修正系数向下取值，如(6, 10]。									