ICS

ACS

|  |
| --- |
|  |

DB1310

廊坊市地方标准

DB1310/T XXXX—XXXX

|  |
| --- |
|       |

工程用环刀测试压实度操作规程

|  |
| --- |
| （小组讨论稿） |
|  |

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

廊坊市市场监督管理局   发布

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。

本文件由廊坊市住房和城乡建设局提出。

本文件起草单位：廊坊市阳光建设工程质量检测有限公司。

本文件主要起草人：宫树雪、张永强、刘书平、杜茜茜、董晓璐、刘沛、张营营、田旭、赵川、 李星云、关国兴、朱峰、张磊、张伟宁、王志营、金会霞、赵桐、朱宇坤。

引  言

根据中华人民共和国标准《公路路基路面现场测试规程》JTG 3450-2019、《公路土工试验规程》 JTG 3430-2020及《土工试验规程》GB/T 50123-2019的要求作为依据，文件编制组参考国内外相关标准、规范及技术资料，并在广泛征求意见的基础上制定本文件。

本文件结合本地区试验测试流程，为规范现场采用环刀法测试建筑工程、道路工程、给水排水工程的填土、土基及路面材料的密度及压实度方法而制定。

本文件针对不同的使用场合，从保证现场测试数据准确性的角度出发，旨在规范开展相应现场工作的技术过程，提出科学可靠的技术方法，而不是设定工程质量评价标准。

工程用环刀测试压实度操作规程

1. 范围

本文件规定了工程用环刀测试压实度操作的取样仪器与材料技术要求、取样方法与步骤、含水率测试方法（烘干法）、数据处理。

本文件适用于现场测试细粒土及龄期不超过2天的无机结合料稳定细粒土结构的密度，并用于计算施工压实度，以评价结构层的压实质量。

1. 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。

GB/T 50123 土工试验规程

JTG 3430 公路土工试验规程

JTG 3450 公路路基路面现场测试规程

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

最大干密度 maximum dry density

击实或压实试验所得的干密度与[含水率](https://baike.sogou.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=419275&ss_c=ssc.citiao.link" \t "https://baike.sogou.com/_blank)关系曲线上峰值点对应的干密度。

压实度 degree of compaction

土或其它筑路材料压实后的[干密度](https://baike.baidu.com/item/%E5%B9%B2%E5%AF%86%E5%BA%A6/9003111%22%20%5Ct%20%22https%3A//baike.baidu.com/item/%E5%8E%8B%E5%AE%9E%E5%BA%A6/_blank)与[标准最大干密度](https://baike.baidu.com/item/%E6%A0%87%E5%87%86%E6%9C%80%E5%A4%A7%E5%B9%B2%E5%AF%86%E5%BA%A6/8269198%22%20%5Ct%20%22https%3A//baike.baidu.com/item/%E5%8E%8B%E5%AE%9E%E5%BA%A6/_blank)之比，以[百分率](https://baike.baidu.com/item/%E7%99%BE%E5%88%86%E7%8E%87/2484467%22%20%5Ct%20%22https%3A//baike.baidu.com/item/%E5%8E%8B%E5%AE%9E%E5%BA%A6/_blank)表示。

1. 取样仪器与材料技术要求
	1. 人工取土器：包括环刀、环盖、定向筒和击实锤系统（导杆、落锤、手柄），如图1所示。环刀内径6～8cm，高2～5.4cm，壁厚1.5～2mm。
	2. 电动取土器：由底座、立柱、升降机构、取芯机构、机动和传动机构组成，如图2所示。

a）底座：由底座平台、定位销、行走轮组成。底座平台是整个仪器的支撑基础；定位销用于操作时定位；行走轮用于换点时仪器近距离移动，当定位时四只轮子可扳起；

b）立柱：由立柱与立柱套组成，装在底座平台上，作为升降机构、取芯机构、动力和传动机构的支架；

c）升降机构：由升降手轮、锁紧手柄组成，用于调整取芯机构高度。松开锁紧手柄，转降手轮，取芯机构即可升降到所需位置，然后拧紧手柄定位；

d）取芯机构：由取芯头、升降轴组成。取芯头为金属圆筒，下口对称焊接两个合金钢刀头，上口端面焊有平盖，其上焊螺母，靠螺旋接于升降轴上。取芯头有三种规格，即 50mm×50mm、70mm×70mm、100mm×100mm，取芯头可更换。配件应包括取芯套筒、扳手、铝盒等；

e）动力和传动机构：主要由直流电动机、调速器、齿轮箱组成。配件应包括蓄电池和充电器。



图1人工取土器

标引序号说明：

1—手柄；

2—导杆；

3—落锤；

4—环盖；

5—环刀；

6—定向筒；

7—定向筒齿钉；

8—试验地面。



 图2电动取土器

标引序号说明：

1—立柱；

2—升降轴；

3—电源输入；

4—直流电机；

5—升降手柄；

6—电源指示；

7—电源指示；

8—锁紧手柄；

9—升降手轮；

10—取芯头；

11—立柱套；

12—调速器；

13—电瓶；

14—行走轮；

15—定位销；

16—底座平台。

* 1. 天平：感量0.01g。
	2. 其它：镐、小铁锹、修土刀、毛刷、直尺、钢丝锯、凡士林、木板及测试含水率设备等。
1. 取样方法与步骤
	1. 对土或结构层填料进行击实或压实试验，得到最大干密度及最佳含水率。
	2. 在现场选取位置相邻的两处作为平行试验的测点。
	3. 用人工取土器测试黏性土及无机结合料稳定细粒土密度的步骤：
2. 擦净环刀，称取环刀质量$M\_{2}$，准确至0.01g；
3. 在试验地点将面积约30cm×30cm的地面清扫干净，并铲去压实层表面浮动及不平整的部分；
4. 将定向筒齿钉固定于铲平的地面上，顺次将环刀、环盖放入定向筒内与地面垂直；
5. 将导杆保持垂直状态，用取土器落锤将环刀打入压实层中。在施工过程控制或质量评定时，环刀中部处于压实层厚的1/2深度；用于其他需要的测试时，可按其要求深度取样；
6. 去掉击实锤和定向筒，用镐将环刀及试样挖出；
7. 轻轻取下环盖，用修土刀自边至中削去环刀两端余土，用直尺测试直至修平为止；
8. 擦净环刀外壁，用天平称取环刀及试样合计质量$M\_{1}$，准确至0.01g；
9. 自环刀中取出试样，取具有代表性的试样（不少于100g），测试其含水率$ω$。
	1. 用人工取土器测试砂性土或砂层密度的步骤：
10. 如为湿润的砂土，试验时不宜使用击实锤和定向筒，应在铲平的地面上挖出一个直径较环刀外径略大的砂土柱，将环刀刃口向下，平置于砂土柱上，用两手平稳地将环刀垂直压下，环刀中部处于压实层厚的1/2深度；
11. 削掉环刀口上的多余砂土，并用直尺刮平；
12. 在环刀上口盖一块平滑的木板，一手按住木板，另一手用小铁锹将试样从环刀底部切断，然后将装满试样的环刀反转过来，削去环刀刃口上部的多余砂土，并用直尺刮平；
13. 擦净环刀外壁，称环刀与试样合计质量$M\_{1}$，准确至0.01g；
14. 自环刀中取出试样，取具有代表性的试样（不少于100g），测试其含水率$ω$；
15. 干燥的砂土不能挖成砂土柱时，可直接将环刀压入或打入土中至第5.3条步骤d）要求的深度。
	1. 用电动取土器测试无机结合料细粒土和硬塑土密度的步骤：
16. 装上所需规格的取芯头。在施工现场取芯前，选择一块平整的施工段，将四只行走轮扳起，四根定位销钉采用人工加压的方法，压入路基土层中。松开锁紧手柄，旋动升降手轮，使取芯头刚好与土层接触，锁紧手柄；
17. 将蓄电池与调速器接通，调速器的输出端接入取芯机电源插口。指示灯亮，显示电路已通；启动开关，电动机带动取芯机构转动。根据土层含水率调节转速，操作升降手柄至第5.3条规定的深度，上提取芯机构，停机，移开电动取土器。将取芯套筒套在切削好的土芯立柱上，摇动即可取出样品；
18. 样品取出后立即按取芯套筒长度用修土刀或钢丝锯修平两端，制成所需规格土芯，如拟进行其它试验项目，装入密封盒中，送试验室备用；
19. 称量土芯带套筒质量$M\_{1}$，从土芯中心部分取试样，测试其含水率$ω$。
	1. 对于在施工现场用环刀取样后，委托送检至第三方试验室测试黏性土、砂性土、砂层、硬塑土及无机结合料细粒土密度的步骤：
20. 用修土刀将环刀两端凸出部分修平，保证试样与环刀两端面齐平；
21. 取洁净干燥的称量盒，称取质量$m\_{2}$，精确至0.01g；
22. 擦净环刀外壁，将环刀内试样全部取出，放入称量盒内，在操作过程中应尽量避免试样损失，称取称量盒和湿土质量$m\_{1}$，精确至0.01g，并记录取样位置及对应称量盒的盒号,将试样和称量盒放入烘箱中烘干,测试其含水率$ω$。
23. 含水率测试方法（烘干法）

本文件测试含水率可采用方法A进行，也可按方法B进行，仲裁检验时以现行国家标准或行业标准进行。

* 1. 方法A
		1. 仪器设备
1. 烘箱；
2. 天平：感量0.01g；
3. 其它：干燥器、称量盒等。
	* 1. 试验步骤
			1. 取具有代表性试样，细粒土不小于50g，砂类土、有机质土不小于100g，放入称量盒内，立即盖好盒盖，称取质量。
			2. 揭开盒盖，将试样和盒放入烘箱内，在温度105～110℃恒温下烘干。烘干时间①，对细粒土不得少于8h；对砂类土不得少于6h；对含有机质超过5%的土或含石膏的土，应将温度控制在60～70℃的范围内，烘干时间不宜少于24h。
			3. 将烘干后的试样和盒取出，放入干燥器内冷却（一般为0.5～1h）②。冷却后盖好盒盖，称取质量，细粒土、砂类土和有机质土准确至0.01g。

注①：一般土样烘干16～24h就足够。但是，有些土或试样数量过多或试样很潮湿，可能需要烘更长的时间。烘干的时间也与烘箱内试样的总质量、烘箱的尺寸及其通风系统的效率有关。

注②：如铝盒的盖密闭，而且试样在称量前放置时间较短，可以不放在干燥器内冷却。

* + 1. 结果整理

按式6-1计算含水率，记录格式示例见表1。

  （6-1）

式中：

$ω$  含水率（%），计算至0.1%；

$m$  湿土质量（g）；

$m\_{s}$  干土质量（g）。

1. 含水率试验记录

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 试验编号 |  | 试验人 |  |
| 试验日期 |  | 校核人 |  |
| 烘箱编号 |  | 天平编号 |  |
| 样品状态 |  |
| 盒号 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 盒质量（g） | （1） | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 |
| 盒+湿土质量（g） | （2） | 71.65 | 70.54 | 70.65 | 70.45 |
| 盒+干土质量（g） | （3） | 62.30 | 61.23 | 59.63 | 59.32 |
| 水分质量（g） | （4）=（2）-（3） | 9.35 | 9.31 | 11.02 | 11.13 |
| 干土质量（g） | （5）=（3）-（1） | 42.30 | 41.23 | 39.63 | 39.32 |
| 含水率（%） | （6）=（4）/（5） | 22.1 | 22.6 | 27.8 | 28.3 |
| 平均含水率（%） | （7） | 22.4 | 28.1 |

* + 1. 精度和允许差

本试验应进行两次平行测定，取其算数平均值，准确至0.1%，允许平行差值应符合表2的规定，否则应重做试验。

1. 含水率测定的允许平行差值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 含水率（%） | 允许平行差值（%） |  | 含水率（%） | 允许平行差值 |
| ω≤5.0 | ≤0.3 | ω＞40.0 | ≤2.0 |
| 5.0＜ω≤40.0 | ≤1.0 |  |  |

* 1. 方法B
		1. 仪器设备
1. 烘箱；
2. 天平：感量0.01g；
3. 其它：称量盒等。
	* 1. 试验步骤
			1. 结合5.6的步骤b）进行。
			2. 将试样和盒放入烘箱内，在温度105～110℃恒温下烘干至恒重。烘干时间，对细粒土不得少于8h；对砂类土不得少于6h；对含有机质超过5%的土或含石膏的土，应将温度控制在60～70℃的范围内，烘干时间不宜少于24h。
			3. 待试样烘干后，关闭烘箱电源，将合适剂量的干燥剂放入盛放盒中并分层置于烘箱内，关闭出气孔和烘箱门，使烘箱保持于密闭环境状态，待样品冷却后,将烘干后的试样和盒取出即用天平称量盒和干土质量$m\_{3}$，精确至0.01g。
		2. 结果整理

按式6-2计算含水率，记录格式示例见表3。

 （6-2）

式中：

$ω$  含水率（%），计算至0.1%；

$m\_{1}$  湿试样与称量盒质量之和（g）；

$m\_{2}$  称量盒重（g）；

$m\_{3}$  干试样与称量盒质量之和（g）。

1. 含水率试验记录

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 试验编号 |  | 试验人 |  |
| 试验日期 |  | 校核人 |  |
| 烘箱编号 |  | 天平编号 |  |
| 样品状态 |  |
| 取样位置 | 1 | 2 |
| 盒号 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 盒质量（g） | （1） | 95.29 | 93.20 | 96.45 | 95.19 |
| 盒+湿土质量（g） | （2） | 460.05 | 457.56 | 458.78 | 459.24 |
| 盒+干土质量（g） | （3） | 421.91 | 418.63 | 421.42 | 421.99 |

表3 含水率试验记录（续）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 水分质量（g） | （4）=（2）-（3） | 38.14 | 38.93 | 37.36 | 37.25 |
| 干土质量（g） | （5）=（3）-（1） | 326.62 | 325.43 | 324.97 | 326.80 |
| 含水率（%） | （6）=（4）/（5） | 11.68 | 11.96 | 11.50 | 11.40 |
| 平均含水率（%） | （7） | 11.8 | 11.4 |

* + 1. 精度和允许差

本试验含水率结果准确至0.1%。

1. 数据处理
	1. 按5.3、5.4、5.5步骤试验后，按式7-1、式7-2计算试样的湿密度及干密度，记录格式示例见表4。

 （7-1）

 （7-2）

式中：

$ρ\_{}$  试样的湿密度（g/cm3）；

$M\_{1}$  环刀或取芯套筒与试样合计质量（g）；

$M\_{2}$  环刀或取芯套筒质量（g）；

$d\_{}$  环刀或取芯套筒直径（cm）；

$ℎ\_{}$  环刀或取芯套筒高度（cm）；

$ρ\_{d}$  试样的干密度（g/cm3）；

$ω$  试样的含水率（%）。

1. 密度试验记录

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 试验编号 |  | 试验人 |  |
| 试验日期 |  | 校核人 |  |
| 烘箱编号 |  | 天平编号 |  |
| 样品状态 |  |
| 土样编号 | 1 | 2 | 3 |
| 环刀号 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 |
| 环刀容积（cm3） | （1） |  | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 环刀质量（g） | （2） |  |  |  |  |  |  |  |
| 土+环刀质量（g） | （3） |  |  |  |  |  |  |  |
| 土样质量（g） | （4） | （3）-（2） | 178.60 | 181.40 | 193.60 | 194.80 | 205.80 | 207.20 |
| 湿密度（g/cm3） | （5） |  | 1.79 | 1.81 | 1.94 | 1.95 | 2.06 | 2.07 |
| 含水率（%） | （6） |  | 13.5 | 14.2 | 18.2 | 19.4 | 20.5 | 21.2 |
| 干密度（g/cm3） | （7） |  | 1.58 | 1.58 | 1.64 | 1.63 | 1.71 | 1.71 |
| 平均干密度（g/cm3） | （8） |  | 1.58 | 1.64 | 1.71 |

* 1. 按5.6步骤试验后，按式7-3、7-4计算试样的湿密度及干密度。

  （7-3）

  （7-4）

式中：

$ρ\_{}$  试样的湿密度（g/cm3）；

$m\_{1}$  湿试样与称量盒质量之和（g）；

$m\_{2}$  称量盒质量（g）；

$V\_{}$  环刀的体积（cm3）；

$ρ\_{d}$  试样的干密度（g/cm3）；

$ω$  试样的含水率（%）。

* 1. 按式7-5计算施工压实度，记录格式示例见表5。

 （7-5）

式中：

$K\_{}$ 压实度（%），计算至0.1%；

$ρ\_{d}$  试样的干密度（g/cm3）；

$ρ\_{c}$  由击实或压实试验得到的材料的最大干密度（g/cm3）。

1. 环刀测试压实度试验记录

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 试验编号 |  | 试验人 |  |
| 试验日期 |  | 校核人 |  |
| 烘箱编号 |  | 天平编号 |  |
| 样品状态 |  |
| 取样位置 | 1 | 2 |
| 取样部位说明 | 左侧 | 右侧 |
| 环刀体积(cm3) | 200 | 200 |
| 盒+试样重(g ) | 463.31 | 453.78 | 465.34 | 463.58 |
| 湿密度(g/cm3) | 1.842 | 1.842 | 1.845 | 1.839 |
| 盒号 | 01 | 02 | 03 | 04 |
| 盒质量(g ) | 94.99 | 85.36 | 96.38 | 95.77 |
| 盒+湿土重(g ) | 463.31 | 453.78 | 465.34 | 463.58 |
| 盒+干土重(g ) | 426.58 | 416.81 | 427.19 | 425.49 |
| 含水率(%) | 11.08 | 11.15 | 11.53 | 11.55 |
| 干密度(g/cm3) | 1.658 | 1.657 | 1.654 | 1.649 |
| 平均含水率(%) | 11.1 | 11.5 |
| 平均干密度(g/cm3) | 1.66 | 1.65 |
| 最大干密度(g/cm3) | 1.67 | 1.67 |
| 压实度(%) | 99.4 | 98.8 |

* 1. 精度和允许差

计算两次平行试验结果的差值，若不大于0.03g/cm3，取其算术平均值作为测试结果，精确至0.01g/cm3；若大于0.03g/cm3，则重新测试。

* 1. 报告

本方法报告应包含下列技术内容：

1. 测点位置信息（桩号、层位等）；
2. 试样干密度、最大干密度、压实度。

条文说明

1 现场采用环刀法测试建筑工程、道路工程、给水排水工程的填土、土基及路面材料的密度及压实度除应符合本文件外，尚应符合现行国家和行业有关标准的规定。

4 本文件规定的仪器设备应经计量技术机构检验合格后方可使用，保证准确可靠。仪器设备的操作尚应遵从其产品使用要求。

4.1 在室内做密度试验，考虑到与剪切、固结等试验所用的环刀相配合，规定室内环刀容积为60～150cm³。施工现场检查填土压实度时，由于每层土压实度上下不均匀，为提高试验结果的精度，可增大环刀容积，一般采用的环刀容积为200～500cm³。

环刀高度与直径之比，对试验结果有影响。根据钻探机具、取土器的筒高和直径的大小，确定室内试验使用的环刀直径为6～8cm，高2～5.4cm；野外采用的环刀规格尚不统一，径高比一般以1～1.5为宜。

环刀壁越厚，压入的土样扰动程度也越大，所以环刀壁越薄越好。但环刀压入土中时，需承受相当的压力，壁过薄，环刀容易破损和变形。因此，建议一般壁厚用1.5～2mm。

5 有研究表明采用环刀法在现场测试路基干密度过程中，会造成环刀内部的部分细粒土扰动，导致测试结果不准确,因此建议有条件的地区或项目开展环刀法扰动系数的测试研究,即在用击实法确定室内细粒土最大干密度时,将环刀压入筒内试验土体，确定环刀内扰动土体密度与试验土体密度比值,得到扰动系数以修正现场压实结果。

5.6 结合本地区试验测试流程，在见证取样过程中，环刀法测试压实度样品一般在工程现场由监理见证、施工方取样，委托送至第三方试验室进行试验。在此过程中，试验室无法取得环刀的原始质量，因此，只称取环刀内试样的质量进行试验。测试含水率过程，采用全样本测试，样本容量增大，试验结果更加准确。此操作流程也有效提高了试验工作效率。

6.1 本文件方法A主要参照《公路土工试验规程》JTG 3430-2020/T 0103-2019烘干法的相关规定内容。

目前国内外主要土工试验烘干温度多数以105～110℃为标准。试样烘至恒量所需的时间与土类及取土数量有关，一般而言,细粒土较粗粒土时间长,土的数量越多,所需烘干时间越长。

有机质土在105～110℃温度下经长时间烘干后,有机质特别是腐殖酸会在烘干过程中逐渐分解而不断损失，使测得的含水率比实际的含水率大，土中有机质含量越高，误差越大。故本试验对有机质含量超过5%的土, 在60～70℃的恒温下进行烘干。

某些含有石膏的土在烘干时会损失其结晶水，因此用本试验测定其含水率有影响。每1%石膏对含水率的影响约为0.2%。如果土中有石膏，则试样在不超过 80℃的温度下烘干,并可能要烘更长的时间。

6.2 本文件提出了测试含水率的试验方法B，目的是提高试验效率，优化试验流程。

称量盒体积宜大于土样体积4～5倍。以便于试样可以均匀平摊于盒内，确保试样可以充分烘干。

本文件方法B中要求的干燥器采用密闭烘箱的方式，将干燥剂均匀摊铺在盛放盒中并分层置于烘箱内，关闭烘箱的出气孔和烘箱门，整个过程应使烘箱保持于密闭环境状态。此种方式结合实验室常用的

玻璃干燥器的特点，可简化试验操作流程，避免在搬放高温样品时出现烫伤等失误操作。

干燥剂一般选用变色硅胶干燥剂，此干燥剂具有耐高温、能够重复性使用的特点。

1）干燥剂的用量（一般最少用量）可参考表6使用。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 干燥器容积 | 干燥剂使用量 | 干燥器容积 | 干燥剂使用量 |
| 0.1-0.5L | 2g | 10-100L | 50-150g |
| 0.5-1L | 5-10g | 100-1000L | 150-500g |
| 1-10L | 10-50g | 1000L以上 | 500g-1000g以上 |

以上使用量是密封环境下的用量，在潮湿、开放式空间应加量使用。在使用过程中应将干燥剂平铺于干燥盒中，然后将干燥盒放置于干燥器内。

2）变色硅胶的烘干温度和时间。

变色硅胶可多次循环使用，使用后的变色硅胶烘烤温度不要超过120℃，烘烤时间视烘烤的量和烘烤温度来定，如110℃烘烤，两个小时左右。硅胶吸附水分后，可通过热脱附方式将水分除去，加热的方式有多种，如电热炉、烟道余热加热及热风干燥等。