ICS 13.080.20
CCS P 13

DB21

辽 宁 省 地 方 标 准

DB21/TXXXX—2024

复阻抗法现场检测土体密湿度技术规程

Technical specification for field detection of soil density humidity by complex impedance method

（征求意见稿）

XXXX-XX-XX 发布 XXXX-XX-XX 实施

辽宁省市场监督管理局 发 布

目　　次

前言 II
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和符号 1
4 基本规定 2
5 检测仪器 3
6 标准土体模型建模 5
7 现场检测 8
附录 A 复阻抗法测量技术理论与技术概念 10
附录 B 检测精度与检测误差 12

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。

本文件由辽宁省水利厅提出并归口。

本文件起草单位：辽宁省水利水电科学研究院有限责任公司，辽宁省辽河防洪工程有限责任公司。

本文件主要起草人：汪魁峰、姜涛、滕德伟、汪玉君、宋立元、马洪山、张瑞、关凯伦、唐树新。

本文件发布实施后，任何单位和个人如有意见和建议，均可以通过来电和来函等方式进行反馈，我们将及时答复并认真处理，根据实际情况依法进行评估及复审。

归口管理部门通信地址：辽宁省水利厅（沈阳市和平区十四纬路5号），联系电话：024-62181315。

文件起草单位通信地址：辽宁省水利水电科学研究院有限责任公司（沈阳市和平区十四纬路5-4号），联系电话：024-62181276；辽宁省辽河防洪工程有限责任公司（沈阳市浑南区富民南街60号），联系电话：024-67987810。

复阻抗法现场检测土体密湿度技术规程

1 范围

本标准适用于堤防、土石坝、公路铁路、地基处理等工程的土方填筑质量检测与控制。

本标准适用于复阻抗法土体密湿度仪的检测对象为黏土、粉土、砂土和粗粒混合土，不包括冻土、建筑垃圾土、掺砾改性土等。

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。

GB/T 50123	土工试验方法标准
GB/T 17949.1	接地系统的土体电阻率、接地阻抗和地面电位测量导则
GB/T 8170	数值修约规则与极限数值的表示和判定
GB/T 27025	检测和校准实验室能力的通用要求
GB/T 19022	测量管理体系测量过程和测量设备的要求
GB/T 15406	岩土工程仪器基本参数及通用技术条件
GB 50286	堤防工程设计规范
SL 176	水利水电工程施工质量检验与评定规程
SL 223	水利水电建设工程验收规程
SL 260	堤防工程施工规范
SL 631	水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准——土石方工程
SL 634	水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准——堤防工程
SL 734	水利工程质量检测技术规程

3 术语和符号

下列术语和符号适用于本文件。

3.1 术语

3.1.1

复阻抗法土体密湿度仪 Complex impedance type soil density and humidity measuring instrument

基于高频无线电射频技术获取土体复阻抗、土体电容、电阻参数，利用标准土体模型试验建立的土体电参数与土体物理特性参数关系，检测土体密度与含水率的装置。

3.1.2

复阻抗（|Z|） complex impedance

土体的复阻抗，由土体导电性决定的实部和土体介电性决定的虚部组成。

3.1.3

等效电路 equivalent circuit

基于土体导电性，在物理概念上等效为电容C和电阻R并联形成的电路。

3.1.4

土体电流（I） soil current

被测土体两探针间流过的电流。单位为*A*（安培）。

3.1.5

探针电压（V） probe voltage

被测土体两探针间的电位差。单位为V（伏特）。

3.1.6

土体率定关系曲线 linear correlation function

对实际测得的土体复阻抗与土体密度、电容/电阻比值与含水率等数据进行线性回归处理，所建立的函数对应关系。

3.1.7

检测深度 measuring depth

复阻抗法土体密湿度仪的测量深度，等于金属导电探针（钢钎）插入土体的深度。单位为m（米）。

3.2 符号

3.2.1 土体电性参数

R——电阻

C——电容

$|Z|$——复阻抗

3.2.2 土力学参数

ρ——密度

ω——含水率

θ_v——体积含水率

ρ_ω——水的密度

ρ_{dmax}——最大干密度

ω_{op}——最优含水率

4 基本规定

4.1 基本要求

4.1.1 检测单位的质量检测活动应客观、公正、规范，并接受水行政主管部门的监督管理。

4.1.2 检测单位和检测人员应按相关规定开展质量检测工作，确保检测数据真实可靠，对质量检测结果负责。

4.1.3 检测工作应明确检测目的、检测范围和检测内容。

4.1.4 检测工作应包括室内试验、现场检测、检测结果分析、报告编制等内容。

4.2 检测流程

4.2.1 检测单位应与委托人签订质量检测合同，编制检测方案，组织检测活动开展与实施，提交检测报告。

4.2.2　如委托人对检测报告中的检测结果有异议，可按合同中约定的方式进行处理。

4.3　检测方法

4.3.1　应根据检测目的、方法、环境条件等选用适宜的检测方法。

4.3.2　同一个检测项目，有多种检测方法可以选择时，应优先选择精度高的检测方法。

4.4　检测仪器

应选择在检定或校准有效期内的完好设备，精度满足检测要求。

4.5　检测单元

4.5.1　新堤填筑宜按堤轴线施工段长 100～500m 划分为一个单元工程。

4.5.2　老堤加高培厚宜按填筑工程量 500～2000m^3划分为一个单元工程。

4.6　检测比例

4.6.1　土料填筑工程，每 2000m 堤长至少抽检一个断面。

4.6.2　每个断面至少抽检 2 层，每层不少于 3 点，且不得在堤防顶层取样。

4.6.3　每个单位工程抽检样本点总数不得少于 20 个。

4.7　质量评价

4.7.1　根据工程实际情况需要进行抽检的，宜对抽检的检测单元或检测项目进行质量评价。

4.7.2　对工程全数检测后，应对工程进行全数检测项目的质量评价。

4.7.3　工程质量检测中出现不合格检测项目时，检测单位确认后应及时通知委托方，委托方应按照有关规定进行处理。

5　检测仪器

5.1　性能要求

5.1.1　检测仪器包括主机、标样模具、辅助部分。

1主机包括：

1）土体电参数测量电路单元：由土壤测量传感器、电子射频发射源、电流测量电路、电压测量电路以及相位差测量电路组成。电子射频发射源的频率为3.0MHz。

2）显示控制与数据处理单元：包括微处理器和数据采集、处理、显示、存储系统。

2标样模具由非金属制圆筒和固定基座组成。其结构框架如图5.1.1。

1）非金属制圆筒：筒内径不宜小于350mm，筒高不宜小于250mm。筒壁应有足够刚度，使之不易变形；

2）固定基座：由外部套筒、基座和固定支架组成，外部套筒应具有足够刚度，使之不易变形。

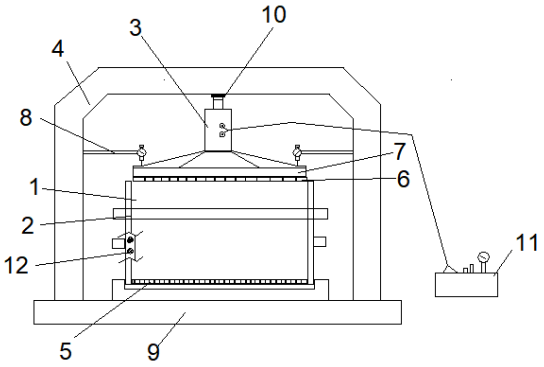

图 5.1.1　标准模具框架图

1-绝缘套筒；2-外部紧固机构；3-千斤顶；4-反力架；5-绝缘底板；6-上透水板；
7-传压盖板；8-位移传感器；9-底座 10-传压块；11-油泵；12-箍筋层

3 辅助部分：

1）土体温度传感器，量测范围 0～50℃，分度值 0.1℃。

2）金属导电探针（钢钎）：由不锈钢材料制成的圆锥形金属导电物体，前段锥形部分插入土体。导电探针长度宜为 200mm～250mm，插入段长度不小于 100mm；直径范围为 6.5mm～12.5mm；数量为 4 只，尺寸必须一致。

3）标准块：由标准电阻和电容组成的电路，用于设备的期间校核。

4）标准导板：圆形或十字形导板，导板直径或宽度范围 350mm~400mm，可按 90°、180°、270°和 360°固定金属导电探针。

5）电缆线夹：两段带金属夹头的电缆，夹头材质宜为铜质。

5.1.2　辅助设施主要包括以下几项

1铁锤，10磅或12磅。

2充电器。

3标尺，量测50cm，分度值0.1cm。

4毛刷。

5.1.3　检测仪器的连接方式见图 5.1.2。

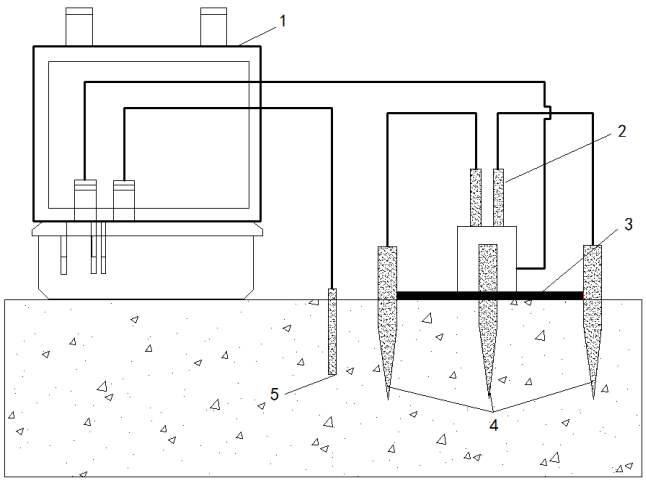

图 5.1.2　复阻抗法土体密湿度检测仪连接示意图

1-主机；2-连接主机的电缆线夹；3-标准导板；4-金属导电探针（钢钎）；5-温度传感器

5.2　仪器校准

5.2.1　校准

1 检测仪器应符合《岩土工程仪器基本参数及通用技术条件》GB/T 15406的有关规定，并按现行有关标准进行检定/校准。

2检测设备在首次使用前，或在使用中每隔12个月或大修后，应由具备计量检定资格的机构进行检定/校准，检定/校准结果经确认合格后方可使用。

5.2.2　期间核查

1 检测仪器在用于现场检测之前，或两次校准期间，采用期间核查的方法检查仪器设备的稳定性，仪器期间相关要求详见附录B。

2 检测仪器校准采用标准物质法，标准物质是由标准电阻和标准电容组成的复合电路。

3 期间核查所用标准物质应每隔12个月送由具备资格的机构进行检定/校准。

6 标准土体模型建模

6.1 一般要求

6.1.1 标准土体模型建模内容。

通过室内或现场检测确定土体密度、含水率与土体电性参数的函数关系。代表所检测土体的模型关系曲线建立成功后，其任何点位的土体密度和含水率即可通过复阻抗法土体无核密湿度仪进行现场迅速、准确的检测。

6.1.2 标准土体模型建模周期。

相同被检土体在同一检测条件下，进行现场连续检测时，宜每间隔3~6个月进行一次室内建模。当被检土体在结构组成、粘粒含量以及化学成分变化或料场变更时，应重复进行室内率定工作，不同试验区域及不同的料场均应单独进行率定。

6.2 室内建模

6.2.1 室内建模采用标样法，标样应符合下列要求：

1 制备标样所用的土样通过检测工程的料场获取，代表性土样选取数量不得少于5个，重量不小于80kg，土样的最大粒径不得超过60mm。

2 标样的数量应为6个或9个，即2种不同密度和3种不同含水率的组合情况；或者3种不同密度和3种不同含水率的组合情况；所配置土样的干密度值范围应在（0.88~0.98）ρ_{dmax}；含水率应包括高、中、低三种情况，含水率的数值范围应在（ω_{op}-6.0%~ω_{op}+2.5%）。

3 应准备3个标样模具，尺寸应符合3.1.1条的要求。

6.2.2 标样制作步骤。

1将土料进行风干处理后，在橡皮板上用碎土器碾散，碾压时勿压碎颗粒，碾散后的土样按《土工试验方法标准》GB/T 50123的要求过筛备用。

2通过试验室标准击实试验，获取被测土料的最大干密度ρ_{dmax}与最优含水率ω_{op}。击实试验依据《土工试验方法标准》GB/T 50123的相关规定进行。

3以最大干密度和最优含水率、设计或规范要求的压实度为基础，按照6.1.3条要求设计2种密度、3种含水率组合的6组标准土体标样或者3种密度、3种含水率组合的9组标准土体标样。

4根据所设定的含水率配置各组土料，按本标准式（6.1.2-1）计算所需的加水量，用喷雾器喷洒预计的加水量，静置一段时间，装入塑料膜内密封润湿。润湿一昼夜备用，砂性土润湿时间可酌情减短土料润湿时间与含水率，测量各组土料的含水率，取样点不应少于2个，最大允许误差为±1%。

$$m_w=\frac{m_0}{1+0.01\omega_0}\times 0.01(\omega'-\omega_0) \qquad (6.1.2\text{-}1)$$

式中 m_w——土样所需加水质量（g）；

m_0——风干土质量（g）；

ω_0——风干含水率（%）；

ω'——土样所要求的含水率（%）。

5 按照所设定的密度制备不同含水率的标样。按本标准式（6.1.2-2）标样计算制备标样所需土料质量。

$$m=V_{模具}\rho_{dmax}K(1+\omega) \qquad (6.1.2\text{-}2)$$

式中 m ——单个标准土体模型试件所需土体质量（g）；

K ——要求达到的压实度（%）；

ρ_{dmax}——最大干密度（g/cm^3）；

ω ——含水率（%）；

$V_{模具}$——标准土体模型模具的容积（cm^3）。

6 将标准土体模型模具置于模具底座上，在底座上放好滤网，将称好的土样倒入模具，边放边用压板轻轻压实，全部土样填入后摊铺刮平，在表面铺上一张滤网，盖好上盖板。

7 将制好的标准模型土体，以 1mm/min 的速率加压，直到盖板底面与标准土体模型模具齐平，维持压力 120s 左右，解除压力。观察盖板底面与试模是否齐平，如高出应继续施压，直到盖板底面与试模齐平为止。试验过程中应注意防止过压导致试样密度变大影响试验结果。

8 压实结束后将盖板移除，取下模型土体上层滤网，用刮刀轻刮表面确保表面与模具齐平。

6.2.3 标样建模检测步骤及要求：

1 仪器开机，预热。

2 打开操作平台创建率定项目，输入试验室击实试验（或设计要求）的最大干密度和最优含水率。

3 提前将土体温度传感器探头插入按本标准 6.1.5 条制备的 6 组或 9 组土体标样中。

4 展开十字形标准导板并置于按本标准 6.1.5 条制备的 6 组或 9 组标准土体模型试模的中心，分别按照 0°、90°、180°和 270°（顺时针方向）的导板定位位置，将 4 支金属导电探针（钢钎）利用铁锤将其垂直击入规定的插入深度，探针的肩部应持平，倾斜度不得大于 25°。

5 通过电缆线夹使 0°、180°位置上的金属导电探针（钢钎）与主机连接，待温度传感器数值稳定时，采集一次电性参数；移动电缆线夹与 90°及 270°位置上的金属导电探针（钢钎）连接，二次采集电性参数，测量过程应符合《接地系统的土体电阻率、接地阻抗和地面点位测量导则》GB/T 17949.1 相关条款的要求。

6 保存检测数据。

7 采用环刀法或灌砂法检测土体标样的密度、干密度及含水率等物性参数。同一标样至少进行两次平行试验，取其平均值作为检测结果，并将检测结果录入仪器设备检测系统。干密度与含水率检测方法及误差要求应符合《土工试验方法标准》GB/T 50123 相关条款的要求。

8 重复 1~7 步骤，依次对每个土体标样进行检测。

9 在仪器设备检测系统中分析各试模的检测结果，剔除异常值或偏差较大的测点，剔除方法详见附录 C。

10 将土体标样的土体电性参数与土体密度、含水率等数据在复阻抗型土壤无核密湿度仪的主机系统中进行线性回归处理，建立模拟填筑土体物性指标和电性参数的率定关系曲线，绘制的模型关系曲线见图 6.2-3~图 6.2-4。

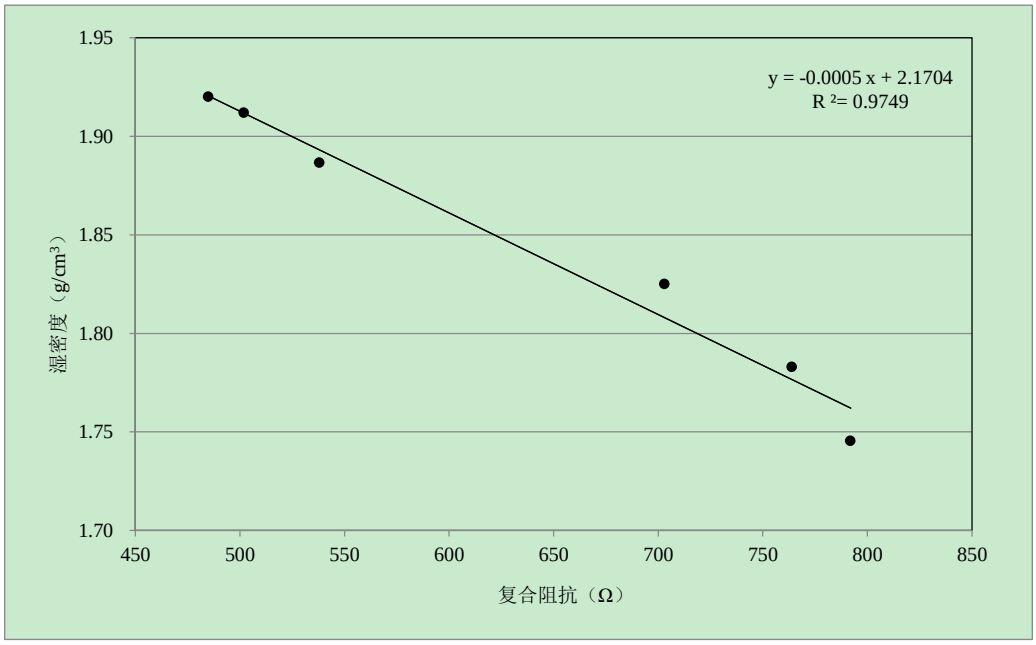

图 6.2-1 复合阻抗与土体湿密度关系曲线图

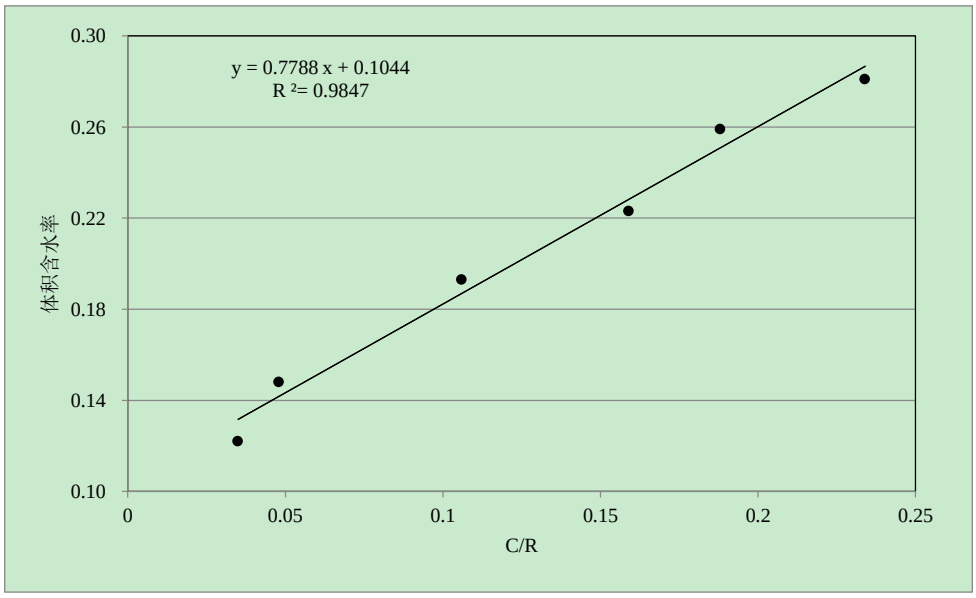

图 6.2-2 C/R 与土体体积含水率关系曲线图

6.3 现场建模

6.3.1 现场建模采用原位检测法，测点选取应符合下列要求：

1 原位检测应在土方填筑工程现场进行（含试验段），应选择有代表性的测点，仪器检测与原位取样应在相同位置进行，并在仪器测量后立即进行原位取样。

2 对所取测点的干密度测量，应采取环刀法或灌砂法；对于测点含水率的测量，应采取烘干法。检测方法及误差要求应符合《土工试验方法标准》GB/T 50123 的相关条款。

3 原位检测的测点数量应在 7 个以上，测点应位于同一土方填筑工程现场（或试验段）的不同位置，测点处含水率应保证一定的差异性，并满足下述本条第 4 款的要求。

4 所选取测点的干密度范围应在（0.88~1.00）ρ_{dmax}；含水率的数值范围应在（ω_{op}-6.0%~ω_{op}+2.5%）。

6.3.2 现场建模步骤及要求：

按 6.2.3 条的规定，依次对各测点进行检测，建立模拟填筑土体物性指标和电性参数的模型关系曲线。

7 现场检测

7.1 检测准备

7.1.1 现场检测前必须按本标准第 4 章节的要求建立拟使用土体的模型关系曲线。通常要求模型关系曲线建立与现场碾压试验同步或提前，每一不同试验区域建立一组模型关系曲线，不同的工程需要建立不同的模型关系曲线。

7.1.2 根据被测土体所需的检测深度，选取对应的金属导电探针（钢钎）。率定过程和现场检测所用的金属导电探针（钢钎）应相同。

7.1.3 现场土体不应含有大块岩石、建筑碎片、金属废料或沥青等，检测前应进行场地平整，金属导电探针（钢钎）应与土体接触密实。

7.1.4 如果金属导电探针（钢钎）的边缘和电极已磨损或针体弯曲变形，则应修复或更换探针（钢钎），以免影响被测土体电性参数的准确获取。

7.1.5 仪器处于打开状态，检查电池充电充足，主机上电缆线连接正确，电缆线夹完好，系统自检正常。

7.2 检测要求

7.2.1 开启主机，预热，检测系统主菜单。

7.2.2 打开检测系统主菜单，选择拟检测土体类型的标准土体模型，创建或选择要检测的工程名称或作业站点。

7.2.3 提前将温度传感器探头完全插入检测区域内的土体中。

7.2.4 在检测区域放置标准导板定位，按照 0°、90°、180° 和 270°（顺时针方向）的导板定位位置，用铁锤将 4 个金属导电探针（钢钎）垂直击入所需的检测深度，探针肩部持平，倾斜度不得大于 25°，若探针在插入过程中遇到石块或其他坚硬的物体，导致探针无法插入或者倾斜角度大于 25°，则应放弃该点位，并在附近选择相应的检测位置。

7.2.5 金属导电探针（钢钎）固定后，待温度传感器数值稳定后，将 0°、180° 位置上的探针通过电缆线夹与主机连接，采集一次电参数。

7.2.6 第一次数据采集完成后，移动电缆线夹与 90° 及 270° 位置上的金属导电探针（钢钎）连接，进行二次电参数采集。

7.2.7 检测系统自动保存所有土体的检测记录。

7.2.8 主机检测系统依据标准土体模型建立的土体物性指标和电性参数相关线性函数关系，自动计算干密度、含水率和压实度。

7.2.9 在检测系统主菜界面上查阅并记录干密度、含水率和压实度。

7.3 检测报告

7.3.1 检测报告首页格式应包括（但不限于）下列内容：

1检测项目或工程名称；

2委托单位；

3施工单位；

4检测类型；
5检测依据；
6仪器设备；
7检测时间；
8检测人员；
9审核人员；
10授权签字人；
11发送日期。

7.3.2　检测报告应包含（但不限于）下列内容：
1工程名称、检测地点、土体类型；
2标准土体模型的参数范围、检测参数；
3检测日期、天气情况及环境温度；
4仪器设备名称、型号、编号；
5检测位置，如桩号或其他可以识别的位置信息；
6检测高程或者深度；
7检测期间所用的金属导电探针（钢钎）的长度；
8检测结果；
9检测及校核人员。

附录 A 复阻抗法测量技术理论与技术概念

A.1 复阻抗法测量技术理论

A.1.1 土的物质成分包括作为土骨架的固态矿物颗粒、孔隙中的水及其溶解物质以及气体。各种土的颗粒大小和矿物成分差别很大，土的三相间的数量比例也不尽相同，同时土粒与其周围水又发生复杂的物理化学作用，矿物质和水的存在使土体具有一定的导电性。

土体的导电物理性质主要由导电性和介电性决定，主要表现为土体复阻抗，其中导电性决定复阻抗的实部，介电性决定复阻抗的虚部。物理上理想的土体模型可以等效为电容（*C*）和电阻（*R*）组成的并联电路，理论上则通过测量并联电阻和电容组成的电路来解析土体的真实电阻（*R*）和电容（*C*）。

1 将 4 根指定长度的金属导电探针（钢钎）插入土体，由复阻抗法土体密湿度仪通过金属导电探针（钢钎）向检测土体施加 3.0MHz 的射频电压，检测探针（钢钎）间的电压及通过土体的电流以及电流和电压的相位差。

2 复阻抗（|*Z*|）是金属导电探针（钢钎）间的电压与通过金属导电探针（钢钎）间土体电流的比值（*V*/*I*）。

3 利用检测获取的相位差、电压和通过土体的电流等 3 个参数，计算土体的等效电阻（*R*）和等效电容（*C*）。

A.1.2 复阻抗测量方法是基于土体的物理力学性质与土体电性的关系，当土体的密度和含水率变化时，土体电阻（*R*）和电容（*C*）以及复阻抗（|*Z*|）会随之变化，通过建立土体密度、含水率与复阻抗（|*Z*|）与电容电阻比（*C*/*R*）的相关关系，计算土体密度和含水率。

1 土体的密度和复阻抗（|*Z*|）大小是成反比；体积含水率与土体等效电容和等效电阻的比值（*C*/*R*）成正比。在土体标准土体模型建立过程中，通过对标准土体模型的相关数据的线性回归处理，确定密度和复阻抗（|*Z*|）及含水率与土体等效电容和等效电阻比值（*C*/*R*）的相应线性函数关系。

2 现场土体检测过程中，主机数据处理模块通过采集计算土体等效电容和等效电阻的比值（*C*/*R*）及复阻抗（|*Z*|）值，计算含水率及土体密度。

A.2 复阻抗测量技术概念

A.2.1 模型关系曲线立的目的是获取被测工程对应土体类型的电性参数和物理力学参数之间的关系。

1 在率定关系曲线建立过程中，土的物理力学性质、孔隙水盐度、矿物质及化学成分都会影响电性参数的检测，这些电性参数测值的变化区间可确定率定关系曲线的建立条件及范围。

2 当对一组具有不同密度和含水率的土体进行现场电性参数检测和复阻抗计算时，采用回归分析方法建立复阻抗（|*Z*|）与密度、电容/电阻比（*C*/*R*）与含水率之间率定关系曲线，利用 A.2.1-1、A.2.1-2 两个方程确定被测土体的密度和体积含水率；利用式 A.2.1-3 将体积含水量换算为质量含水率。

$$\rho = a|\mathrm{Z}| + b \tag{A.2.1-1}$$

$$\theta_{\mathrm{v}} = c\frac{C}{R} + d \tag{A.2.1-2}$$

$$\omega=\frac{\theta_{\mathrm{v}}\rho_{\mathrm{w}}}{\rho\text{-}\rho_{\mathrm{w}}\theta_{\mathrm{v}}} \tag{A.2.1-3}$$

式中 ρ——土体密度，g/cm^3，计算至 0.01g/cm^3；

θ_{v}——体积含水率，计算至 0.1%；

ω——含水率，计算至 0.1%；

ρ_w——水的密度，计算至 0.01g/cm^3。

a、b、c、d—函数关系系数（含温度补偿阻抗）。

3 现场检测过程中，主机软件系统自动对电性参数的检测数据、标准土体模型的电性参数进行对比，如果被测土体的电性参数大于或者小于率定关系曲线的范围，复阻抗法土体密湿度仪会在检测值超出率定关系曲线的电参数适用范围±10%的时候提示出现错误。

A.2.2 土体的复阻抗参数受温度影响，土体温度由热敏电阻式温度探头测定，由主机软件系统计算温度补偿阻抗。

A.2.3 当进行现场检测时，主机通过金属导电探针（钢钎）施加射频电压，主机软件系统自动采集土体的射频电流和射频电压并保存，计算出等效电路的复阻抗（$|Z|$）与电容/电阻比（C/R），然后计算被测土体的密度与含水率。

A.2.4检测深度取决于检测时所采用的金属导电探针（钢钎）的长度。检测过程中分二次对4支金属导电探针（钢钎）进行对称数据采集，以此保证检测数据的可靠性。

附录 B 检测精度与检测误差

B.1 检测精密度

B.1.1 复阻抗法土体密湿度仪检测精密度取决于率定关系曲线所建立的函数关系，函数关系式如下。

$$\rho = a|Z| + b \tag{C-1}$$

$$\theta_v = c\frac{C}{R} + d \tag{C-2}$$

式中 P——土体密度，g/cm^3；

θ_v——体积含水率；

ω——含水率；

ρ_w——水的密度；

a、b、c、d——函数关系系数（含温度补偿阻抗）。

C.1.2 通过模型建立的关系曲线基于 6 个（含 6 个）以上标样的检测数据建立，将环刀法或灌砂法获取的土体标样的密度和含水率，代入 C-1 和 C-2 函数关系式，确定函数关系系数的具体数值，并绘制关系曲线。

B.1.3 模型关系曲线采用回归分析，回归方程的拟合程度由相关系数 R^2 确定，R^2 的最大值为 1，所拟合公式的相关系数越接近 1，说明拟合曲线对实测值的拟合程度越好，所建立的率定关系曲线越准确。

B.1.4 采用复阻抗法土体密湿度仪检测土体密度和含水率时，要求 $R^2 \geqslant 0.6$。

B.1.5 建立标准土体模型时，当 R^2 小于 0.6 时，应进行以下步骤。

1 根据主机软件系统所显示的拟合直线，剔除相关性最差的一个点，重新拟合后，观察 R^2 是否满足要求。

2 当步骤 1 无法满足要求时，新建 3 个土壤标样建模结果（1 个密度及 3 个含水率的组合；或 1 个含水率及 3 个密度的组合），在增加检测样本数量的基础上，观察拟合后的 R^2 是否满足要求，如不满足要求，重复步骤 1。

3 当步骤 2 无法满足要求时，重新开展标准土体模型的建立工作。

B.2 测量相对误差

B.2.1 现场检测中，检测相对误差包括仪器设备测量误差、人为操作误差、被测土体的不均匀性误差及环境影响误差等。

B.2.2 按照本标准进行检测时，密度和含水率平行检测的相对误差应在±5%范围以内。