

电子天平在浮称法测试块体密度中的应用

熊维巧

(西南交通大学药学院, 四川 峨眉 614202)

摘要: 介绍了电子天平在浮称法测试块体密度中的新应用, 即在电子天平的托盘上“嫁接”一支自制的“钓鱼竿”力臂, 通过力臂实现力的传递, 从而吊起水中的试件, 实现水中浮称的方法。

关键词: 电子天平; 浮称法; 块体密度

中图分类号: TU458

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2006)06-0793-03

作者简介: 熊维巧(1964-), 男, 理学士, 高级工程师, 原从事建材及非金属矿测试、岩土工程试验, 现主要从事分析化学教学工作。

Application of electron balance to the block density tests by suspending weigh method

XIONG Wei-qiao

(School of Pharmacy, Southwest Jiaotong University, Emei 614202, China)

Abstract: A new application of electron balance to block density test by suspending weigh method was introduced. A self-made “Fish pole” forcing arm was “grafted” on the tray of electron balance to transfer the force, thus the test objects were hung in water and the suspending weigh method in water was realized.

Key words: electron balance; suspending weigh method; block density

0 引言

在我国现行的岩土试验方法标准、操作规程^[1-6]中, 浮称法是岩石块体密度测试和比重测试中最常用的方法之一。称量工具一般采用双盘机械天平, 尚未见到电子天平进行浮称法称量的报道。笔者经过多年的测试实践发现, 采用双盘机械天平进行浮称法称量, 它有以下无法克服的缺陷:

(1) 双盘机械天平精度太低, 一般仅为 0.01 g。如果采用精度更高的机械分析天平, 其称量范围、平衡稳定性两方面都不符合实际需要。

(2) 称量时需反复多次增减砝码, 很不容易使天平达到平衡, 每次称量都十分费时, 与现在快节奏高效率的工作要求不相适应。

(3) 从有效数的运算来说, 称量精度为 0.01 g, 与水的密度取 4~5 位有效数不相匹配, 再多则对计算无实际意义。

笔者经过多次反复实践, 首次在电子天平的托盘上“嫁接”了一支自制的“钓鱼竿”力臂, 成功地应用到浮称法测试岩石的块体密度当中, 经过两年多大量的测试实践证明, 采用电子天平进行浮称法称量, 无论是称量范围、精度、稳定性等方面, 还是称量准

确省时、快节奏高效率等方面, 都完全克服了以上问题, 收到事半功倍的效果。

1 电子天平实现水中浮称在力学上的可行性

从电子天平的机械构造方面来看, 它与双盘机械天平最大的区别在于它只有单盘下的传感器, 没有伸向外边的力臂。没有伸向外边的力臂, 就无法吊起水中的试件, 当然也无法进行水中浮称了。在力学上, 吊起水中的试件, 必须给予试件一个向上方向的拉力, 而电子天平称量时, 它的托盘给予被称物体的作用力方向虽然也是向上的, 但不是向上的拉力, 而是向上的托力(或推力), 所以在理论上也无法进行浮称。

问题的关键在于电子天平没有伸向外边的力臂, 其实它的力臂已经“萎缩”到托盘下的传感器。就象计算机延伸了人类的大脑一样, 如果采用逆向思维方式, 在电子天平的托盘上“嫁接”一支力臂, 使“萎缩”的力臂得到延伸, 通过延伸的力臂实现作用力的方向改变和传递, 从而吊起水中的试件, 水中浮称法

的问题就迎刃而解了。

2 “钓鱼竿”力臂的制作

图 1 为自制的“钓鱼竿”力臂的示意图。它采用粗钢丝 ($\phi 3 \text{ mm}$) 作为“钓鱼竿”力臂, 方形木料作底座, 力臂的一端固定在木质底座上, 使主要质量集中在木质底座上, 方形木质底座用烘干的普通木材制作, 并刷上防水漆。它的外形尺寸和总质量要根据电子天平的外罩结构尺寸、圆形托盘尺寸、天平称量范围、称量试件质量、操作的方便性等综合因素来确定。

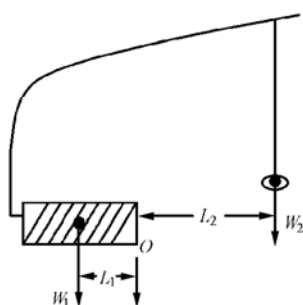


图 1 “钓鱼竿”力臂示意图

Fig. 1 “Fish pole” forcing arm

在力学上, 要保证吊起水中的试件而使整个支架不翻倒, 必须满足一定的力矩条件。为了便于说明问题, 假设支架的重心集中在底座中心, 以木质底座下边线 O 点为翻转的支点, 最大浮称质量必须满足力矩条件 $W_2 \times L_2 < W_1 \times L_1$, 即

$$W_2 < \frac{L_1}{L_2} \times W_1 \quad (1)$$

式中 W_1 为“钓鱼竿式”支架的总质量; W_2 为试件在水中的浮称质量; L_1 为支点 O 到支架重力方向的垂直距离; L_2 为支点 O 到试件重力方向的垂直距离。

本试验采用北京赛多利斯天平有限公司生产的 BS400S—WE1 型电子天平, 它的最大量程为 410 g, 精度为 0.001 g, 可以按去皮键回零。为保证浮称时的稳定性, 支架的总质量 W_1 以不超过天平最大量程的一半为宜, 例如 $W_1 = 200 \text{ g}$; 方形木质底座的长度以它的下底面对角线不超过天平托盘的直径 (11.5 cm) 为准, 本试验设计方形木质底座的外形尺寸为 $10 \text{ cm} \times 8 \text{ cm} \times 4 \text{ cm}$, 因底边长为 10 cm, $L_1 = 5 \text{ cm}$ (大约), 考虑操作的方便性, 设计 $L_2 = 12 \text{ cm}$, 那么它的最大浮称质量应为

$$W_2 < \frac{5}{12} \times 200 \approx 83(\text{g}) \quad .$$

在实际块体密度测试中, 试件的质量一般取 30~40 g, 其在水中的浮称值比它还小, 远远小于最大浮称质量的一半, 使设计的操作稳定性系数得到足够的保证。

如果想浮称更大质量的试件, 在充分考虑电子天平的最大量程基础上, 可以在木质底座上加上适当重量的重物 (如砝码、石块等) 即可做到, 而且切实可行。

3 “钓鱼竿”力臂的应用

采用“钓鱼竿”力臂进行水中浮称时 (如图 2), 首先开启电子天平电源, 当天平预热稳定后, 打开天平侧门, 把支架底座置于天平托盘上 (注意放置的支架不能接触到天平的外罩框架及玻璃门), 天平稳定时的读数就是支架的总质量, 去皮键回零, 此时天平读数为 0.000 g, 然后即可进行水中浮称了。当水中的试件悬挂在力臂上时, 电子天平的读数就是试件在水中的浮称质量。

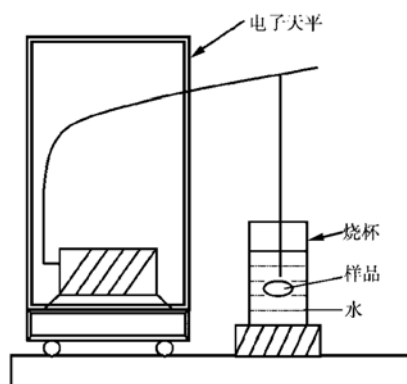


图 2 电子天平浮称法应用示意图

Fig. 2 Application of electron balance to the block density test by suspending weigh method

3.1 在岩石块体密度测试中的应用

以上图示的力臂及参数主要是为岩石的块体密度的测试设计的, 它同时可以完成试件系上细线的称量、试件蜡封后称量和蜡封后水中称量, 均采用悬挂在力臂上的方式进行称量, 操作过程十分简单, 而且读数也十分稳定, 以前采用双盘机械天平 60 min 的工作量, 现在不到 10 min 即可完成, 而且测试精度提高 10 倍以上。所以采用“钓鱼竿”力臂在电子天平上进行水中浮称, 无论是称量范围、精度、稳定性等方面, 还是称量准确省时、快节奏高效率等方面, 都完全可以克服采用机械天平所存在的缺陷, 收到事半功倍的效果。

3.2 在土样密度、比重测试中的应用

对于易破裂和形状不规则的坚硬土的密度试验, 一般采用蜡封水上浮称法进行测试。由于它的称样量不大, 土的体积约为 $30 \sim 40 \text{ cm}^3$, 与岩石块体密度的称样质量相当, 所以完全可以采用以上方式直接进行测试。

对于粒径 $\geq 5 \text{ mm}$ 的各类土 (且其中粒径 20 mm

的土质量应 $<$ 总土质量的10%的比重试验,一般采用直接水中浮称法进行测试。试验要求称样量为500~1000 g,精度仅要求0.5 g。采用本方法进行测试仍然适用,只要制作一支底座质量和力臂粗细与称量要求相当的“钓鱼竿”力臂就可以了,当然采用的电子天平的量程要稍大一些。笔者认为这时采用的电子秤进行称量,无论它的量程和精度,还是操作时的稳定性,以及购置设备的低成本性方面,更符合实际需要,这是切实可行的好办法。

3.3 在固体材料密度、比重测试中的应用

对于遇水不发生任何物理化学变化的固体材料(如金属材料,金属合金材料、复合材料),也可以采用“钓鱼竿”的力臂进行直接水中浮称法测试其密度或比重。如果采用精度为0.1 mg的电子天平,只要认真仔细,测试水的适时温度准确,查阅水的密度取4~5位有效数,那么测试的密度或比重的精度可以达到万分之一,这是常规方法无法达到的。如果已知材料的密度,采用本方法还可以测试一些既不规则又无法测量的小部件体积,测试精度同样非常高。对于某些要求十分严格的领域(如精密仪器制造、军工制造等),本方法将具有十分高的应用价值。

4 结 语

在电子天平的托盘上“嫁接”一支“钓鱼竿”力臂进行浮称法试验,操作简单易行,它充分利用了电子天平的各种优点,测试精度远高于我国现行试验方法标准的要求,而“钓鱼竿”力臂的制作也十分简单。本方法于2000年起,已在中国建材地质勘查中心四川测试研究所的块体密度、小体重测试实践中得到了应

用,经过大量的实践,得到事半功倍的效果。

参考文献:

- [1] GB/T50266—99 工程岩体试验方法标准[S]. 北京: 中国计划出版社,1999:5 - 8. (GB/T50266—99 Standard for tests method of engineering rock mass [S]. Beijing: China Plans Press, 1999:5 - 8.)
- [2] GB/T50123—1999 土工试验方法标准[S]. 北京: 中国计划出版社,1999: 24 - 26. (GB/T50123—1999 Standard for soil tests method [S]. Beijing: China Plans Press, 1999: 24 - 26.)
- [3] SL264—2001 水利水电工程岩石试验规范[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001:12 - 16. (SL264 — 2001 Specifications for rock tests in water conservancy and hydroelectric engineering [S]. Beijing: China Water Conservancy and Hrdropwer Press, 2001:12 - 16.)
- [4] SL237—1999 土工试验规程[S]. 北京: 中国水利水电出版社,1999:35 - 38. (SL237—1999 Specification of soil test [S]. Beijing: China Water Conservancy and Hrdropwer Press, 1999:35 - 38.)
- [5] JT/054—94 公路工程石料试验规程[S]. 北京: 人民交通出版社, 1994:15 - 16.(JT/054—94 Test methods of rock for highway engineering [S]. Beijing: China Communications Press, 1994:15 - 16.)
- [6] JT/051—93 公路工程土工试验规程[S]. 北京: 人民交通出版社, 1993:59 - 61. (JTJ/051—93 Specification of soil test for highway engineering[S]. Beijing: China Communications Press, 1993:59 - 61.)

第一届全国土力学教学研讨会通知

第一届全国土力学教学研讨会将于2006年8月12~13日(11日注册)在北京召开!

本次研讨会由中国土木工程学会土力学及岩土工程分会主办,清华大学岩土工程研究所承办,北京工业大学、北京航空航天大学、北京交通大学协办。研讨会将针对专科与本科“土力学”、“基础工程”和研究生“高等土力学”及辐射的相关岩土工程课程教学,就教学改革、教学法、内容体系、课程建设、教学研究、教学实验室、研究生教学、继续教育、教学中问题等主题,集聚新老教师,通过大会主题报告、特邀报告、小组会议、名师示范、教学评议、课件演示和交流等形式,回

顾历史,继承传统,交流经验,互相学习,共同提高,展望未来。

热忱欢迎各高等院校的教师参加此次会议。更多信息,请与会议秘书处联系,电话:010-62785593, Email: cismge@tsinghua.edu.cn。

(中国土木工程学会土力学及岩土工程分会
第一届全国土力学教学研讨会秘书处)