

基于粉体物料容重检测装置改进技术的研究 ——以水泥容重检测为例

卢春丽*, 丁筛霞, 刚丹, 姚玲, 张坛柳, 杨波

(安徽职业技术学院, 合肥 230011)

摘要: **目的** 通过有效改进粉体物料容重检测方法, 以提高水泥的检测结果的正确性与检测效率。**方法** 通过导管处辅助金属小棒旋转的技术改进, 以松动物料使其自然下落, 对水泥容重检测技术改进前后的检测数据作对比, 找出更环保、更快速、准确的试验方法。**结果** 改进后的检测数据不因设备位移而发生波动, 松散状态下的水泥容重密度保持在 1.03 g/cm^3 , 整个试验过程用时较短 (1.5 min), 且试验过程无扬尘, 试验结果没有超出误差范围, 均优于未改进前的测定数据。**结论** 改进后的检测方法更加科学地提高水泥性能检测的准确性和精度, 可使检测结果更加接近真实值, 可行性较强, 具有一定的社会经济价值, 值得推广。

关键词: 水泥检测; 容重密度; 技术改进

Research on the improvement technology of bulk density detection device based on powder materials: Taking cement bulk density detection as an example

LU Chun-Li*, DING Shai-Xia, GANG Dan, YAO Ling, ZHANG Tan-Liu, YANG Bo

(Anhui Vocational and Technical College, Hefei 230011, China)

ABSTRACT: Objective To improve the detection method of bulk density of powder materials, in order to improve the accuracy and efficiency of the detection results of cement. **Methods** Through the improvement of auxiliary metal

基金项目: 省级质量工程项目: 水泥生产质量控制与检测精品在线课程 (2022jpkc079); 省级重点自然科学基金项目: 基于大体积混凝土中水泥缓凝剂的最佳选择研究 (2023AH051448); 省级重点自然科学基金项目: 基于层次分析法和模糊理论的绝色综合评价研究 (2023AH051449); 省级重点自然科学基金项目: 基于遥感技术的土地利用动态监测研究——以来安县土地卫片执法为例研究 (2023AH051436); 省级重点自然科学基金项目: 城乡规划法视域下的徽派园林文化保护模式研究 (2023AH051418); 省级重大自然科学基金项目项目名称: 基于BIM技术的EPC项目装配式建筑成本管理研究 (2023AH040203); 省级重点自然科学基金项目: 铜陵龙桥尾矿综合应用研究 (2022AH052055 重点项目); 安徽省自然科学基金项目: 基于BIM的装配式建筑智能建造全过程管理研究 (2022AH052072)

Fund: Provincial Quality Engineering Project: Quality Control and Inspection of Cement Production online Course (2022jpkc079); Provincial Key Natural Science Project: Research on Optimal Selection of Cement Retarder in Mass Concrete (2023AH051448); Provincial Key Natural Science Project: Research on Stunning Comprehensive Evaluation Based on Analytic Hierarchy Process and Fuzzy Theory (2023AH051449); Provincial Key Natural Science Project: Research on Dynamic Monitoring of Land Use Based on Remote Sensing Technology—A Case Study of Land sanitation law Enforcement in Anxian County (2023AH051436); Provincial Key Natural Science Project: Research on the Protection Mode of Hui Style Garden Culture from the Perspective of Urban and Rural Planning Law (2023AH051418); Provincial Major Natural Science Project Project Name: Research on Prefabricated Construction Cost Management of EPC Projects Based on BIM Technology (2023AH040203); Provincial Key Natural Science Project: Tongling Longqiao Tailings Comprehensive Application Research (2022AH052055 Key Project); Natural Science Project of Anhui Province: Research on the Whole Process Management of Prefabricated Building Intelligent Construction Based on BIM (2022AH052072)

*通信作者: 卢春丽, 实验师, 主要研究方向: 建筑材料教学和应用研究。E-mail: 463088017@qq.com

*Corresponding author: LU Chun-Li, Experimentalist, Anhui Vocational and Technical College, Hefei 230011, China. E-mail: 463088017@qq.com

rod rotation technology at the pipe to loosen the material and make it fall naturally, the detection data before and after the improvement of cement volume density detection technology were compared to find a more environmentally friendly, faster and accurate test method. **Results** The improved test data did not fluctuate due to the equipment displacement, and the cement bulk density remained at 1.03 g/cm^3 in the loose state, the whole test process took a short time (1.5 min), there was no dust in the test process, and the test results did not exceed the error range, all of which were better than the measured data before the improvement. **Conclusion** The improved test method can improve the accuracy and precision of cement performance test more scientifically, and can make the test results closer to the real value, which is feasible, has certain social and economic value, and is worth popularizing.

KEY WORDS: cement detection; volume density; technology improvement

0 引言

加强质量支撑，共建质量强国。随着科学技术的发展，我国建筑工程的水平也飞速提高，水泥、混凝土作为重要的建筑材料也被广泛应用。水泥混凝土的质量在建筑施工中所占的重要性也越发重大，水泥作为普通混凝土的一个重要胶材料，它的质量对于建筑工程质量有着十分重大的影响，直接关系着建筑工程的施工质量^[1]。水泥作为结构性建筑的主要原材料，为了有效保证施工的整体质量，需加大对每个环节的检测力度，提高每个环节的检测标准，尤其是对水泥质量的检测标准。同时，水泥检测也是当前推动建筑工程发展的必要途径^[2]。为了高效而又准确地检测并判断水泥质量水平，需要将各种新的检测技术应用到水泥生产及建筑施工过程中。快速准确的水泥性能检测工作，可以很好地指导生产并为建筑现场施工人员提供充分的数据支持，能够更好地保障建筑施工质量^[3]。因此，本文通过深入研究与改进粉体物料(以水泥为例)的容重检测技术，以优化当前水泥性能检测的准确性，保障建筑工程质量。水泥有多项性能指标，水泥容积密度是重要性能指标之一。所谓水泥容积密度是指在自然状态下(包括空隙)单位体积水泥的质量，以 g/cm^3 表示。根据使用的要求，水泥容积密度分为松散状态下容积密度和紧密状态下的容积^[4]。水泥容积密度是采用容积法配制砂浆、混凝土计算水泥用量和设计水泥库及估算水泥库存量时所需要的数据，此外检验水泥的容积密度可作为鉴别水泥品种的质量时的参考。鉴于水泥容积密度的重要性，本文对目前的检测方法过程进行一点改进。

1 仪器设备

容重测量仪(漏斗尺寸上口径 200 mm；下口径 20 mm；下料口高度 120 mm；量筒尺寸：接料筒直径 108 mm，浙江尚科仪器)；电动搅拌器(JJ-1，300W，生产厂家常州方科仪器)。

目前水泥容积密度测定使用的主要仪器是特制漏斗。漏斗一般用来分流液体，但也可用它来分流粉体物料。使用漏斗分流液体是不会出现任何异常的，但用它分流粉体会因重力及摩擦力导致在下料口出现堵塞现象，物料不能正常下落，检测工作不能正常进行，为了保证检测数据的准确性我们需要改进试验方法。

目前在工程中、生产试验、测量时使用漏斗来分流粉体，

主要用来测定粉体物料的容积密度的。实验测量时，要求漏斗内一定量的粉体，在一定高度下自由落下以充满接料容器(升筒)，测定松散状态时升筒内单位体积粉体的质量，即粉体堆积密度。实验测量时有两个技术要求：一是要求漏斗底部下料端要与接料容器(即升筒)在同一中心线上，二是要求漏斗内粉料自然下落至升筒内。这两个条件但在实验时，会发生不同程度的变化，原因一是：物料重力及摩擦力原因导致下料端形成自拱现象，堵塞导管口，技术要求导管口与升筒在同一中心线上难一保证；原因二是：在实验过程中为了保证物料的下落，要轻轻敲击漏斗下端出料口，帮助物料下落，但在敲击时漏斗因为外力作用发生一定的位移，漏斗的下料端与升筒就不能保证在同一中心线上，一旦发生位移实验数据会比真实数据偏小，同时因外力作用即使自拱的物料下落，也不再是自然松散状态下落，并且即使轻轻敲击漏斗下端出料口，但也会增大试验空气的粉尘浓度，这样实验测得的数据不仅准确，还用时较长，并污染了空气。

不准确的数据在指导生产和施工时会给工程带来很大的质量隐患，也会给生产带来损失和麻烦，针对这种情况改进实验方法，具体改进方法是物料倒入特制漏斗中后进行试验时，不用敲击导管口下端辅助下料，直接用直径 2 mm 的金属条在漏斗内沿导管口内壁处以 1/3 转/秒的速度转动，帮助物料松动，保证试样自然下落，漏斗导管口与升筒之间的位置也不会发生变化。

① 试验的基本装置容积密度测定仪如图 1 所示。

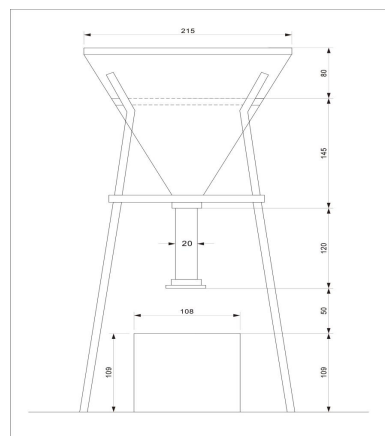


图 1 容重测量仪

Fig.1 Bulk density measuring instrument

② 改进后增加的电动搅拌器装置如图2所示, 技术要求1/3转/秒。



图2 电动搅拌器
Fig.2 Electric Blender

2 试验方法

(1) 检验所用材料的准备

将2000 cm³水泥试样置于(110±5) °C烘干箱中团组织烘干1小时后放入干燥器中冷却至室温。

(2) 松散状态下容重密度的检验

① 在导管下放好升筒, 使其与导管位置在同一中心线上,

关闭导管盖, 在漏斗内放入2000 cm³已干燥过的水泥。

② 抽开导盖, 轻轻振动筛上水泥, 使其自由下落(防止任何振动)。当升筒溢出水泥时, 立即关闭盖。

③ 用钢尺紧贴筒口, 将多余水泥一次刮平。

④ 轻击升筒数下, 使水泥密实下沉(防止水泥外溢), 称量盛有水泥的升筒质量和升筒量。

未改进前的测定数据见表1。

再次进行改进后的松散状态下容积方法进行测定:

① 在导管下放好升筒, 使其与导管位置在同一中心线上, 关闭导管盖, 在漏斗内放入2000 cm³已干燥过的水泥。

抽开导盖, 直接用直径2 mm的金属条在漏斗内沿导管口内壁处以1/3转/秒的速度转动, 帮助物料松动, 保证试样自然下落, 漏斗导管口与升筒之间的位置也不会发生变化。

② 使水泥自由下落(防止任何振动)。当升筒溢出水泥时, 立即关闭盖。

③ 用钢尺紧贴筒口, 将多余水泥一次刮平。

④ 轻击升筒数下, 使水泥密实下沉(防止水泥外溢), 称量盛有水泥的升筒质量和升筒量。

技术改进后的试验数据见表2, 然后进行综合数据对比。

3 结果与分析

未改进前试验方法进行松散状态下容重密度测定数据见表1。

表1 测定松散状态下容重密度数据表

Table 1 Measurement of bulk density data in loose state

次数	m ₁ 装有水泥的升筒质量(m/g)	m ₂ 升筒质量(m/g)	V 升筒容积(dm ³)	容重密度(g/cm ³)	试验时长(min)	是否有扬尘	误差范围(g/cm ³)	备注
1	1990	887	1	1.10	15	有		
2	1946	887	1	1.06	16	有		
3	1920	887	1	1.03	12	有	1.04~1.08	试验结果多个超出误差范围
4	1989	887	1	1.10	14	有		
5	1910	887	1	1.02	18	有		
6	1922	887	1	1.03	10	有		
平均				1.06				

从表1发现:

(1) 试验数据波动较大, 多个数据超过国家标准中规定密度的试验数据误差的±0.02 g/cm³范围, 误差产生的主要原因是在试验的过程一次投料, 自拱现象导致导管口处堵塞, 借助外力即敲击导管口帮助物料下落, 在敲击的过程中也是物料再密实的一个过程, 这时外作用力增加物料的下落, 呈非自然状态下落, 以坍塌的形式下落; 同时在敲击漏斗帮助物料下落时, 由于整个装置重量较轻, 使用外力时, 导管口与升筒之间的位置很容易发生位移, 不在同一中心线, 进而出现较大的数据波动。

(2) 整个试验过程中用时较长且时间的变化较大, 时间的差异取决于物料下落的速度, 物料下落的速度取决于物料间的表面张力、摩擦力及密实程度, 这些因素不仅与物料本身有关,

更主要与我们在敲击漏斗时用力的大小及方位有关。

(3) 试验过程需要借助外力帮助试样的下落, 外力作用时对漏斗内物料的振动致使漏斗上表面的水泥粉料上扬, 同时导管口处的水泥坍塌对升筒内水泥也造成一次冲击, 导致扬尘再次增加, 整个试验的粉尘浓度较大。试验过程中大浓度的扬尘既污然了空气也影响了试验人员的身体健康。

(4) 现行的水泥容重测定方法有一定的不足, 如果加强改进就更加完美。

改进后试验方法进行松散状态下容重密度测定数据见表2。

从表2发现:

(1) 从标准差和变异系数来看, 试验数据很平稳, 几乎没有波动。导管口的直径为20 mm, 稍加振动很容易造成端口的密实, 水泥难以下料, 本试验用直径2 mm金属1/3转/秒, 360°

的旋转松动物料，物料能够自然下落，达到实验自然下落目的。整个装置重量较轻，没有外力的作用下导管口与升筒之间的位置也不会发生位移，会始终保持在同一中心线，避免了下料位置的变化而引起的试验数据波动。

表2 改进后的试验数据(用直径2 mm 金属 1/3 转 / 秒松动物料)

Table 2 Improved experimental data (using 2 mm diameter metal to loosen material at 1/3 revolutions per second)

次数	m ₁ 装有水泥的升筒质量(m/g)	m ₂ 升筒质量(m/g)	V 升筒容积(dm ³)	容积密度(g/cm ³)	试验时长(min)	是否有扬尘	误差范围(g/cm)	备注
1	1920	887	1	1.03	1.5	无	1.05~1.09	试验结果没有超出误差范围
2	1922	887	1	1.03	1.6	无		
3	1918	887	1	1.03	1.5	无		
4	1920	887	1	1.03	1.4	无		
5	1920	887	1	1.03	1.5	无		
6	1921	887	1	1.03	1.5	无		
平均	—	—	—	1.03	1.5	无	—	—

(2) 整个试验过程中用时较短,而且整个过程物料匀速下落,试验时间短,平均值相差不大,每次试验数据均衡。

(3) 试验过程没有扬尘现象。由于不用敲击漏斗不会引起漏斗内的物料及升筒内的物料飞扬,空气及地面环境保持良好。

(4) 整个实验减少了人为的外力,所以本实验减轻了劳动强度。结合表1和表2数据发现:

(1) 水泥容积密度的检验方法比较简单,但是标准要求的平行试验的差值很小,因此必须严谨操作,否则很难满足要求。

(2) 同一条件下改进后的试验技术,不需要对原装置结构做任何改造,不再需要较强的人力辅助工作,节约了劳动力。实验数据更加稳定具有一定的均匀性、一致性,从而减小容积密度检测结果的离散性,更接近真实值,并且用时短,扬尘少。

(3) 通过采用相同的试验进行数据对比,结果显示,改进后的装置效果理想、数据可靠。

3 讨论与结论

水泥质量关系到混凝土的质量,混凝土的质量一定程度上是整个工程的施工质量保证^[5]。水泥的容积密度决定了混凝土的配合比,因此水泥容积密度是混凝土性能重要的指标,它检测结果的准确性影响到混凝土的配合比合理性。因此需要不断提高对水泥的检测技术水平和测水泥质量的测试是建筑工程施工中至关重要的一个环节^[6-7]。

通过改进后的试验方法——物料倒入特制漏斗中后,用电动搅拌器将直径2 mm的金属条在漏斗内导管处以1/3转/秒的速度转动,帮助物料松动下落,具有较强的可行性,可使检测结果更加接近真实值,有利于保证混凝土的配合比,不仅能够提升水泥材料的性能和质量,而且能够保障建筑工程的施工质量,减少了试验结果离散性,推广价值较高^[8-9]。该装置的优化方法符合设备的要求,并有效防止特制漏斗和接料装置升筒发

生位移,避免不同试验人员操作时产生的人为干扰。在检测水泥容积密度时,显著降低了工作人员的劳动强度,同时也显著减少了作业的粉尘,对环境保护也起到一定的积极作用,适用于各类水泥生产企业、建设工程项目试验室和建筑行业检验检测机构。

参考文献

[1] 张亚欢. 建筑工程检测中水泥检测的要素探讨[J]. 居舍, 2021, (25): 29-30.

[2] 陈丽梅. 建筑工程中水泥质量检测的要点分析[J]. 四川水泥, 2021, (12): 3-4.

[3] 周海蓉. 水泥质量检测中的控制要点[J]. 散装水泥, 2022, (02): 185-187.

[4] 冯正良. 建材物理检验[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.

[5] 祁小冬. 水泥检测过程中的影响因素及质量控制分析[J]. 散装水泥, 2022, (03): 62-63.

[6] 高正荟. 水泥的技术性质及其试验检测影响因素[J]. 绿色建筑, 2022, 14(04): 111-112, 115.

[7] 郭广明. 水利工程中水泥搅拌桩的质量检测技术研究[J]. 地下水, 2022, 44(06): 279-280, 312.

[8] 梁明志. 建筑工程检测中水泥检测要点探讨[J]. 房地产世界, 2023, (16): 160-162.

[9] 赖小强. 水泥检测的影响因素与质量检测优化[J]. 江西建材, 2021, (09): 58, 60.

作者简介

卢春丽, 实验师, 主要研究方向: 建筑材料教学和应用研究。
丁筛霞, 副教授, 主要研究方向: 无机功能材料。