

研发自动称样装置在化探样品分析测试中的必要性及作用

邵长伟

(山东省物化探勘查院, 山东 济南 250013)

摘要:在化探样品分析测试中,称取样品是工作量和劳动强度较大的、单一的、重复性工作。目前在实验室称取样品采用人工手动方式,存在样品交叉污染、准确度难以及时验证、出错率高、劳动力成本高和劳动强度大等问题。笔者从技术方法和质量管理、劳动力成本管理、研发的预期产值和预期回报以及社会效益等方面,通过对国内实验室样品称取现状的调查分析,论述了研发并使用自动定量称样装置在化探样品分析测试中的必要性,以及实现分析测试全流程自动化,提升行业整体科技进步的重要意义。

关键词:实验室;化探样品;自动定量称样;分析测试全流程自动化;装置研发

中图分类号: O657 **文献标识码:** B

引文格式:邵长伟.研发自动称样装置在化探样品分析测试中的必要性及作用[J].山东国土资源,2018,34(2):66-69. SHAO Changwei. The Necessity and Impact of Developing an Automatic Quantative Weighing Device in the Process of Analyzing and Testing Geochemical Exploration Samples[J]. Shandong Land and Resources, 2018, 34(2): 66-69.

目前,实验室分析测试流程一般为样品制备→样品称取→样品预处理→分析测试→数据处理汇总审核→检测报告发出。样品制备自动化程度较低,使用自动称样装置进行称样分析测试尚未见报道。近几年,为实现产业结构升级,提高工业自动化程度,我国大力扶持工业机器人行业,将智能制造作为产业调整变革及未来发展方向。2014年5月,我国发布《中国制造2025》,2016年3月,发布《机器人产业发展规划(2016—2020)》^[1-2],鼓励扶持相关智能制造产业。实现样品称取的自动化,并逐步实现产业化,是行业长期健康发展的内在要求,更是未来行业的发展趋势^[3-6]。

1 实验室样品称取现状及存在问题

1.1 实验室样品称取现状

准确定量称取样品是保证分析测试数据准确的首要步骤和前提。目前称取样品的基本设备是电子天平,种类繁多、质量可靠、性能稳定,功能较多,能

满足目前实验室对化探样品重量称取的要求。实验室的分析测试流程自动化程度较高,已做到无人值守,但样品称取却完全人工手动操作,增加了实验室成本,降低了工作效率。

1.2 人工手动称取样品存在的问题

(1)样品交叉污染。一件样品要分析测试多个元素或项目,因限于当前的技术水平和工艺,不能通过一次称样,使用一种分析测试方法完成任务,只能采用配套的多种分析方法才能全部完成该件样品的分析测试,致使该件样品重复称取多次,造成称量勺、称样皿和样品间潜在的相互交叉污染。

(2)准确度难以及时验证。衡量称取样品时,样品称取的准确度难以在实际工作中逐一验证,可能存在的误差难以记录;非衡量称取样品时,数据只能手工逐一记录,存在转录错误的可能性,不能自动即时存储。

(3)出错率高。因是人工操作,不时出现样品和盛样器皿不对应,造成称重样品、跳号顺延等失误,致使返工,浪费了分析正样和时间。

收稿日期:2017-03-20;修订日期:2017-10-09;编辑:曹丽丽

项目来源:山东省地质矿产勘查开发局地质科技攻关项目(KY201608)

作者简介:邵长伟(1969—),男,山东寿光人,高级工程师,主要从事地质实验工作;E-mail:shaocw89@163.com

(4) 劳动力成本高。一个地质实验室分析测试批量化探样品,若多种分析方法同时开展正常运转,仅在样品称取环节,就须每天安排4~16人连续称样,致使劳动力成本很高。

(5) 劳动强度大,人员易疲劳,劳动组织管理难度大,难以连续生产,生产效率低。

2 研发自动称样装置的必要性

鉴于目前实验室人工手动称取样品的现状及存在的问题,研发一种自动称样装置替代人工,改变行业内称取样品一直依赖人工手动操作的现状,彻底解决在样品称取中存在的样品交叉污染、数据准确度难以验证和即时自动保存、易出错失误、劳动力成本高、劳动强度大、生产效率低等问题,从而解决分析测试全流程自动化中重要而又薄弱的一环,提升整个行业科技水平,促进劳动技术进步,提高经济效益,逐渐改变实验室现存的劳动组织模式,提升整个行业在劳动组织管理方面的层次,就显得尤为必要。研制特制出样器自动出样,不使用称量勺和称样皿,所称样品重量能任意设定,自动控制,精度能达到相关规范要求^[7-14];进入自动称样装置储样罐的样品重量可满足4~16种分析测试方法的一次分析测试取样重量要求,做到循环称样;称取的样品重量数据能即时在线保存,便于拷贝传输;配置1~2台机器人,24小时连续工作,无人值守,工作效率不低于熟练技术人员人工称样速度;盛样器皿适用性强,能满足化探样品采用多种分析测试方法的需要。

3 自动称样装置的预期效果

3.1 在技术方法和质量管理及工艺方面

(1) 解决了样品相互潜在污染问题。研发的自动称样装置可以通过特制出样器,使样品直接被送入盛样容器(如烧杯、比色管、瓷坩埚、聚四氟乙烯坩埚等)后再称重,摒弃了传统手工操作使用的称量勺和称样皿,减少了中间环节,从根本上解决了一样多称造成的潜在样品间相互污染问题,即称量勺和称样皿中潜存的残留样品对下一个样品的污染。

(2) 解决了样品称取准确度的问题。在实际工作中因大多采用恒量称重方式,人工称样可能存在的细微误差不能被逐一记录和统计,最终使误差积累,致使检测数据有可能达不到相关规范对准确度

和精密度要求的规定^[15-16];而自动称样装置采集的样品重量数据能即时在线保存,称重误差为零,通过数据处理系统自动处理数据,检测数据更准确。

(3) 因配置了机器人,通过计算机控制,顺序自动移取分析正样和盛样器皿,彻底避免了人工称样经常出现的称重样品、跳号顺延等失误,避免了返工,提高了功效,确保了分析正样不被浪费。

(4) 自动称重及配料系统,在化工、食品、橡胶、水泥等行业早已应用,因所进物料单一、进料方式易实现、进料重量大及称重精度要求不高等原因,使得自动称重在工业层面的技术及工艺易实现且已成熟。在实验室系统,因所称样品重量为微量级,称重精度要求高,样品粒度细,进料方式难以自动实现等原因,导致自动称重研究进展较慢。瑞士的梅特勒-托利多公司已研制出一款QUANTOS定量加样系统,在实验室内实现了微量固体粉末样品的自动化定量加样,最小称样量可达1 mg。该系统目前只能实现单一样品的多次循环自动称重,不能满足地质实验室巨量不同的化探样品多次自动称重的要求。但是,从QUANTOS定量加样系统来看,单从技术及工艺层面来说,研发适用于化探样品分析测试的微量样品自动称样装置已具有可操作性。

3.2 在劳动力成本管理方面

地质实验室日分析样品数量多,每天可处理化探样品500~2 000件;分析元素及配套的分析方法也多。如按1:5万地球化学普查规范要求,分析测试常规Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Bi共8种元素,也需要配套4种分析方法(表1)^[17-18]。

表1 1:5万地球化学普查常规8种元素及配套分析方法

分析方法	分析元素	元素数
石墨炉原子吸收光谱法(GF-AAS)	Au	1
原子发射光谱法(AES)	Ag	1
电感耦合等离子体发射光谱法或质谱法(ICP-AES或ICP-MS)	Cu Pb Zn	3
氢化物发生-原子荧光光谱法(HG-AFS)	As Sb Bi	3

如1:20万区域地球化学调查样品分析测试39种元素(或项目),须配套10种分析方法;1:25万多目标地球化学填图样品分析测试54种元素(或项目),须配套14种分析方法(表2),地球化学填图样品分析测试76种元素(或项目),须配套16种分析方法^[19],意味着每件样品须分别称取4次、10次、14次、16次。

表 2 1:25 万多目标地球化学填图
54 种元素及配套分析方法

分析方法	分析元素	元素数
电感耦合等离子体质谱法 (ICP - MS)	Bi Cd Ce La Mo Pb Sc Th Tl U W	11
X 射线荧光光谱法 (XRF)	Al Ba Br Ca Cl Co Cr Ga Fe K Mn Nb P Rb S Si Sr Ti V Y Zr	21
电感耦合等离子体发射光谱法 (ICP - AES)	Be Cu Li Mg Na Ni Zn	7
石墨炉原子吸收光谱法 (GF - AAS)	Au	1
氢化物发生-原子荧光光谱法 (HG - AFS)	As Sb	2
氢化物发生-原子荧光光谱法 (HG - AFS)	Se	1
氢化物发生-原子荧光光谱法 (HG - AFS)	Ge	1
冷蒸气-原子荧光光谱法 (CV - AFS)	Hg	1
离子选择性电极法 (ISE)	F	1
分光光度法 (COL)	I	1
氧化燃烧-气相色谱法 (GC)	C N	2
氧化电解-电位法 (POT)	Corg	1
电位法 (POT)	pH	1
原子发射光谱法 (AES)	Ag B Sn	3

假如某地质实验室每天完成 500 件 1:25 万多目标地球化学填图样品分析测试,每天就需天平称量 7 000 次。目前熟练技术人员每小时称 100 件样品,按每人每天实际工作 7 h 计算,完成上述称样工作量就需 10 人连续不停地称取一个工作日,即需要耗费 10 个工时。可见,因样品一样多称,仅在样品称取环节,在实验室就形成了巨额的工作量。一台自动称样装置可以连续 24 h 工作,最少可替代 3 名技术人员,该实验室只需配置 3 台自动称样装置,就可完成 10 人的工作量,节省的劳动力成本可粗略估算如下:国土系统的地质实验室劳动力成本各省各地区不尽相同,山东省每人每年 10 万元(仅按职工工资总额、职工福利基金、职工保险金和公积金四项基本内容为计算依据)计算,自动称样装置按 40 万元/台购置,该实验室一年仅在人工称样方面的劳动力开支就为 100 万元,购置 3 台自动称样装置耗费 120 万元,两笔开支相比较,可以看出,该实验室仅需一年多的时间就可回收成本。自动称样装置的使用寿命按工业机器人平均使用寿命 10 年计算,10 年之内可以节省人工成本 800 多万元,该实验室平均每年可节省劳动力成本 80 余万元。全国潜在购置使用自动称样装置的实验室按 400 家计,一年就可节省约 3 亿元劳动力成本开支,研发并配置使用自动称样装置效益明显,是通过“机器换人”凸显

“机器人红利”的重要体现^[20]。

3.3 在预期产值和预期回报方面

截至 2017 年 1 月底,据中国合格评定国家认可委员会官方网站认可信息统计,我国获得实验室认可的实验室数量达 7 989 多家,占世界实验室认可实验室的约 1/8,认可实验室数量已居世界首位。从检验检测机构资质认定看,截至 2016 年 8 月,仅山东省获得实验室有效资质认定证书的实验室数量就达 2 260 家。全国按 31 个省(市、区)推算,全国获得有效资质认定证书的实验室约为 5~7 万家。当前国内每个分析测试实验室配备的天平一般为几台至数十台,以此估算,须更新替换成自动称样装置的天平基数巨大。该自动称样装置尤其适合样品为固体干燥粉末状,日称样次数多,一样多称的实验室,在地矿、冶金、核工业、煤田、海洋、农业、环保、建材等行业和系统应用广泛。以山东省为例,以上行业涉及的中心实验室或主要有影响力的实验室就不少于 15 家(不考虑大学、科研院所、商检、食品、生物、医药、水务、厂矿企业、第三方检测等行业和系统的实验室)。全国按 31 个省(市、区)推算,全国潜在购置使用自动称样装置的实验室就有 400 多家,市场定价若按 40 万元/台计算,潜在销售产值近 2 亿元,研发自动称样装置将会获得良好的预期产值和预期回报。

3.4 在社会效益方面

(1) 劳动强度大的问题得以彻底解决。传统的人工手动称样,因人员长时间保持固定姿势操作,劳动强度大,易疲劳。自动称样装置无人值守,可 24 h 工作,大大提高效率,经初步估算,可提高工效 3~5 倍。

(2) 逐渐改变地质实验室劳动组织模式,终结地质实验室在应对大批量化探样品分析测试时依靠“人海战术”称样的历史。

(3) 彻底解决样品粉尘,特别是某些特殊样品如毒害、异味对人体的伤害,符合当今世界“绿色、健康、环保”发展的理念。

(4) 提升整个行业科技发展水平,为彻底实现分析测试全流程自动化、集约化和智慧化而解决完成了其中重要的一环。

4 结语

研发自动称样装置替代人工应用于化探样品分

析测试,可避免样品间相互污染,确保称样准确度,降低用工成本,具有明显的经济效益和社会效益,对改进劳动组织模式,促进行业科技进步具有重要作用。实现自动称样装置与样品制备、样品预处理和仪器在线分析测试的智能自动化衔接,实现分析测试全流程自动化,是业内共同的努力目标和今后的发展方向。

参考文献:

- [1] 国务院.国务院关于印发《中国制造2025》的通知国发[2015]28号[EB/OL].2015-05-19. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/19/content_9784.html
- [2] 中华人民共和国工业和信息化部,国家发展和改革委员会,财政部.机器人产业发展规划(2016—2020)[EB/OL].[2016-03-21]. http://www.ndrc.gov.cn/fzgggz/fzgh/ghwb/gjjgh/201706/t20170621_851921.html.
- [3] 马光,申桂英.工业机器人的现状与发展趋势[J].组合机床与自动化加工技术,2002(3):48-51.
- [4] 李瑞峰.中国工业机器人产业化发展战略[J].航空制造技术,2010(9):32-37.
- [5] 孙志杰,王善军,张雪鑫.工业机器人发展现状与趋势[J].吉林工程技术师范学院学报,2011(7):61-62.
- [6] 王田苗.走向产业化的先进机器人技术[J].中国制造业信息化,2005(10):24-25.
- [7] 宋孝炳.粉粒体计量系统的自动称量装置研究[D].合肥:合肥

- 工业大学,2013.
- [8] 胡瑞云,周良德,林碧.粉末颗粒物料高速高精度自动称料系统的研究[J].包装与食品机械,2012(40):29-32.
- [9] 汪杰,王建国,张乃洪,等.动态定量自动称重机[J].自动化仪表,1992(2):19-24.
- [10] 贾丽娜,张辉,陈文庆.颗粒状物料自动称量机研究[J].机电工程,2012(1):46-48.
- [11] 安世奇.面粉自动称量控制[J].控制工程,2007(4):350-352,394.
- [12] 肖绚,邵世煌,胡鸿豪.一种新的定量动态称重方法[J].自动化仪表,2004(11):28-30,42.
- [13] 马益民.一种自动定量称重控制仪的研制[D].厦门:厦门大学,2006.
- [14] 周航宇,熊勇.便携式水域测量系统的研制和应用[J].山东国土资源,2013,29(8):21-24.
- [15] 巩宝珍.1:25万多目标区域地球化学调查样品的分析测试质量监控方法[J].山东国土资源,2006,22(6):109-112.
- [16] DZ/T0130-2006.地质矿产实验室测试质量管理规范[S].
- [17] DZ/T 0011-2015.地球化学普查规范(1:50000)[S].
- [18] 洪飞,刘耀华,张英明,等.氯化钠-硝酸溶矿——化学光谱法测定化探样品中的痕量金[J].山东地质,2002,18(1):41-44.
- [19] 叶家瑜,江宝林.区域地球化学勘查样品分析方法[M].北京:地质出版社,2001.
- [20] 黄晓云.从人口红利向“机器人红利”转变[N].中国劳动保障报,2015-11-02.

The Necessity and Impact of Developing an Automatic Quantative Weighing Device in the Process of Analyzing and Testing Geochemical Exploration Samples

SHAO Changwei

(Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: In the process of analyzing and testing geochemical exploration samples, weighing sample is a single repetitive task with large workload and labor intensity. There are some problems in weighing samples in the laboratory, for example, cross contamination and accuracy of weighing samples is difficult to verify in time, easy to make mistakes, high labor costs and labor intensity and so on. From the view of technical methods and quality management, labor cost management, research and development of expected output and expected returns, social benefits and so on, the necessity of developing and using an automatic quantitative weighing device during analyzing and testing geochemical exploration samples has been analyzed, the importance of realizing automation in the whole process and promoting the overall progress of science and technology in the whole industry have been introduced as well.

Key words: Laboratory ; geochemical exploration samples; automatic quantitative weighing samples; analysis and test automation in the whole process; development device