

灌浆记录仪校验方法研究

姚振和^a,陶亦寿^a,高鸣安^b,王金发^a,罗 熠^a

(长江科学院 a. 仪器与自动化研究所; b. 科研计划处, 武汉 430010)

摘要:灌浆记录仪是实时测量和记录水泥灌浆施工进程参数的仪器,是实现灌浆施工过程控制、保证工程质量的重要手段,已在我国水利水电及相关工程的基础灌浆处理中获得广泛应用。该仪器目前尚未纳入法定计量监督管理,产品质量和计量特性评定缺乏统一标准,因而影响了仪器应用效果和产品市场健康发展。结合灌浆工程实际,在参照相关标准规范的基础上,初步提出灌浆记录仪的校验内容、原则和方法,为灌浆记录仪校验标准制定提供了基本思路。

关键词:灌浆记录仪;校验;内容;原则;方法

中图分类号:TH7 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-5485(2013)03-0099-04

1 研究背景

灌浆记录仪是实时监测和记录灌浆工程施工进程中的浆液压力、流量和密度等参数的工程监测仪器。灌浆工程属隐蔽施工工程,工程质量依赖于严格的施工过程控制。灌浆记录仪是灌浆工程各方有效实施施工过程控制的重要手段,也是后期正确分析施工效果所需资料的可靠来源,对工程质量控制意义重大,已广泛应用于我国水利水电建设工程。

在发达国家,灌浆记录仪的应用始于20世纪70年代。80年代中期以后我国开始研制灌浆记录仪,并逐步应用于工程实际。1994年国家水利部和电力工业部共同发布的SL62—94《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》首次对灌浆记录仪的应用作出规定,要求“灌浆工程宜使用测记灌浆压力、注入率等施工参数的自动记录仪。”2001年该标准修订版又进一步规定了“重要工程的帷幕灌浆和高压固结灌浆,应使用灌浆自动记录仪。”^[1]自此,我国灌浆记录仪应用进入了一个新的时期。

灌浆记录仪是整合应用计算机技术、数据采集与处理技术,以及液体流量、压力和密度等物理量测量技术而开发的一种工程检测仪器,具有一般电子测量仪器的共性,同时作为灌浆工程专用仪器又有其专业属性。2010年国家能源局发布的《灌浆记录仪技术导则》统一了灌浆记录仪的技术性能和安装使用的基本要求^[2]。由于该仪器目前尚未纳入国

家法定的计量监督管理范畴,产品质量检验和计量特性评定缺乏相应的可资遵循的校验方法,致使该仪器在生产、流通和使用等环节都出现一定程度的混乱局面,影响仪器的应用效果。因此,研究制定一套合理、实用和操作性强的灌浆记录仪校验标准,是当前一项重要而紧迫的工作。

2 仪器组成及功能简介

灌浆记录仪主要由主机和传感装置两大部分组成。主机为一套数据采集处理装置,一般采用以单片机为核心的微处理系统,集成必要的外设组件及信号输入接口构成专用主机,也有采用便携计算机或PC机,配以接口电路及外围设备构成主机系统。传感装置一般包括流量计、压力计、密度计等。其中流量计目前各厂家基本都采用电磁流量计形式;压力计一般以压力传感器为敏感元件,再配以隔离保护构件和信号调理电路等部分构成,也有厂家直接选配压力变送器产品;密度计目前大多采用测量定高液位下浆液压力,再换算为浆液密度的原理而制作,也有厂家选用核子密度计产品或其他密度检测形式。

灌浆记录仪的主要功能包括:对灌浆过程参数进行数据采集和处理;实时显示和打印灌浆进程参数;灌浆结束时自动计算并打印注入水泥总量、浆液总量、单耗水泥量等结果数据,并打印灌浆过程曲线;压水试验中,记录注水压力、流量,计算和打印吕容值等。

3 校验内容及原则

3.1 “校验”的涵义

目前, JJF1001—1998《通用计量术语及定义》中涉及仪器计量特性评定的术语为“检定”和“校准”, 未给出“校验”的定义, 但由于检定和校准有一定局限性, 因此在他们之外, 校验一词实际上已被广泛应用。根据校验在已有标准中的用法, 其涵义与检定和校准既有一定联系又有明显区别, 它不具有法制性, 这一点与校准相同, 它在技术操作内容上又与检定有共性, 一般可进行校准, 也可以对其它有关性能进行规定的检验, 并最终给出合格性的结论。

一般来说, 校验主要用于无检定规程场合的新产品、专用计量器具, 或准确度相对要求较低的计量检测仪器。此外, 某些新产品或专用计量仪器虽然已有相应的检定规程, 但不需或不可能完全满足规程要求, 但能满足使用要求的场合^[3]。

因此, 在目前状况下, 采用“校验”这一术语来表示对灌浆记录仪技术性能检验及计量特性评定是恰当的。

3.2 校验内容

灌浆记录仪是由主机和传感装置等部分组合而成的一套测量仪器, 而构成整机的各部分其本身也是一个相对独立的电子装置, 所以仪器校验内容应分为对各组成部分的单独校验和整机校验两个层次。

此外校验工作还包括仪器技术性能检验和计量特性(精度)评定两方面内容, 前者主要是对其基本要件和功能的检查和验证, 后者是就计量特性相关项目进行定量测量和分析。

技术性能检验项目可按一般电测仪器及相关标准选定。如: 整机及各部分证书及随机文件检查、外观检查、操作件及显示功能检查、漂移及绝缘等电特性或安全性检测等。

计量特性评定的原则和方法参照 JJF1094—2002《测量仪器特性评定》相关条文规定并适度从简执行, 可选择示值误差(或相对示值误差)和重复性两项作为基本评定指标^[4]。

示值误差反映测量数据的准确性, 采用比较法评定, 即经多次重复测量取得待测装置的测量数据, 同时运用可提供标准值(约定真值)的标准器进行同步测量而取得相对应的标准值, 以两者差值作为测量示值误差。

重复性反映仪器测量结果的一致性, 用相同条

件下一组连续测量数据的实验标准差作为重复性测量结果。

3.3 校验原则

灌浆记录仪主机(包括硬、软件)一般是由厂家自主研发生产的, 具有较好安全防护的整体结构形式, 现场一般安置在专用工作台上, 其工作方式除A/D转换环节外, 其他部分主要是对数字信号的加工处理, 原理上因元器件参数偏移而形成测量误差的可能性较小。

流量计、压力计、密度计等传感装置, 其工作特点是将流量、压力等物理量俘获并转换为电流或电压等电信号输出, 其检测精度依赖于器件质量和参数精确调校, 易受外界因素影响而发生变化, 因此在使用前和使用中须按规定周期进行检查或率定, 以保证其正常工作。传感装置多为直接外购产品或在外购传感器基础上添加辅助部分构成, 外购产品一般应附有出厂合格证和检定证书。

灌浆记录仪是应用于施工现场的仪器, 相对于主机自身特点和具有较好的防护条件而言, 传感装置部分直接安装于灌浆管路系统, 工作环境更为恶劣, 因而传感装置在使用中发生损坏或失准的几率要远高于主机。

基于以上分析, 拟规定灌浆记录仪校验原则如下:

(1) 主机精度合格标准按高于各传感装置2倍以上确定。传感装置的精度指标宜按适用性、经济性等原则合理选定。

(2) 主机校验采用标准信号源提供输入信号, 将主机输出结果和输入标准信号作为评定主机计量特性的基本数据。

(3) 传感装置采用相应的标准器进行同步比测的方法校验, 采用经校验合格的主机作为传感装置的输出设备。也可根据校验机构的情况, 运用专门的校验装置来处理校验结果。

(4) 由合格主机和传感装置组合而成的整机视为合格整机, 合格整机的校验证证书以各分部校验记录为基础填制。

(5) 校验周期为每年至少应校验1次。维修后的主机或传感装置应重新进行校验。

4 校验方法

4.1 主机校验

主机为专用数据采集处理器, 其校验方法是将标准信号源产生的电流信号分别调至各校验点规定

量值后接入各参数输入接口,读取主机相应参数的输出示值并将其处理为该通道折算输出信号值。将输入信号标准值与折算输出信号值分别代入式(1)和(2),即可求得主机的相对示值误差和测量结果的重复性。

计算公式如下:

(1) 相对示值误差

$$\delta = \frac{x - x_s}{x_s} \times 100\% \quad (1)$$

式中: δ 为相对示值误差; x 为被校验仪器的示值; x_s 为标准器复现的量值。

(2) 测量结果的重复性

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

式中: s 为测量结果的重复性; n 为测量次数; x_i 为第 i 次观测值, $i = 1, 2, 3, \dots, n$; \bar{x} 为 n 次观测值的算术平均值。

主机校验原理图见图 1。

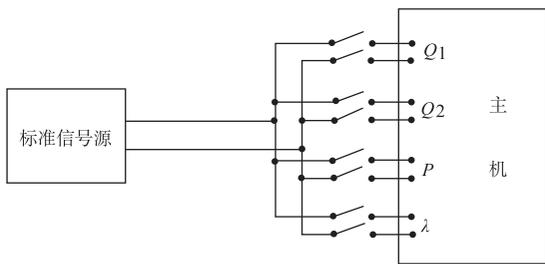


图 1 主机校验示意图

Fig. 1 Schematic of the calibration of logger host

4.2 流量计校验

流量计一般为通用电磁流量计(模拟量输出)。采用“静态质量法”校验。校验介质采用清水。校验装置一般包括:水循环系统(水箱、泵、管路、阀门等)、换向器、容器、标准电子秤和计时器(主机内置)等部分,其中换向器是一个可快速切换水出流方向的装置。校验方法是:将待检流量计串接入管路中,启动水循环系统并调整至稳定的校验点流量,控制换向阀向容器注水一定时段并计时,停止注水后,从主机显示屏读取该时段流量计测量累计流量。同时从标准电子秤读取注入容器水的重量/质量,经换算得出该时段标准累计流量。累计流量除以计时器记录的时长,得出平均流量。将测量输出平均流量和标准平均流量代入式(1)和式(2),即可求出流量计的相对示值误差和测量结果的重复性。

流量计校验原理见图 2。

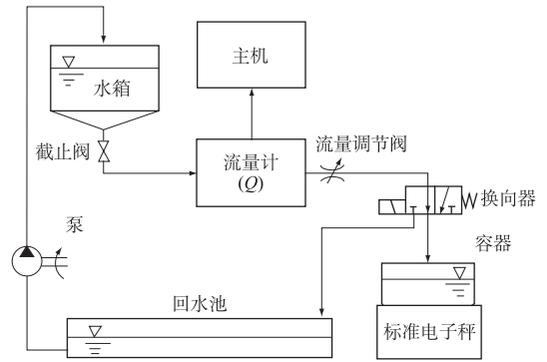


图 2 流量计校验示意图

Fig. 2 Schematic of the calibration of flowmeter

4.3 压力计校验

压力计主要由压力传感器和隔离装置构成。校验方法是:将待检压力计经传压管路与压力发生器和标准压力计连通,同时将压力计输出信号端接入主机,操作压力发生器,改变管路压力,使之逐一达到各压力校验点,从主机读取压力计测量输出值。将压力计测量输出值和标准压力计指示值代入式(1)和式(2),即可求得压力计的相对示值误差和测量结果的重复性。

压力计校验原理见图 3。

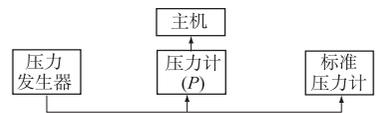


图 3 压力计校验示意图

Fig. 3 Schematic of the calibration of pressure sensor

4.4 密度计校验

密度计的一般校验方法为取样比测法,首先按待校密度范围配制出符合校验点密度的介质(水泥浆液或其他替代液态介质),将密度计接入校验介质循环管路过流,将密度计信号输出端接入主机,主机显示密度值即为密度计测量输出值。用标准泥浆比重/密度秤从校验介质循环系统取样测量获得校验介质的标准密度值。将测量值和标准值代入式(1)和式(2),即可求得密度计的相对示值误差和测量结果的重复性。

密度计校验原理见图 4。

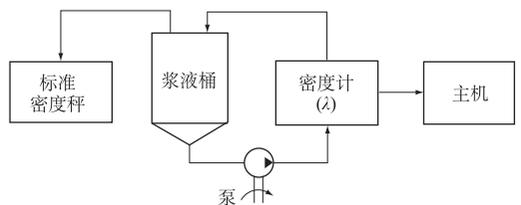


图 4 密度计校验示意图

Fig. 4 Schematic of the calibration of density meter

目前灌浆工程上采用得较多的密度计形式为差压式密度计,该密度计利用在固定液位差下浆液密度与流体压力间的关系,通过测压方式换算得出浆液密度。这类密度计可参照压力计校验方法进行间接校验。

4.5 测量数据处理

为使灌浆记录仪计量特性的评定方式简明、实用,在参照相关标准规范基础上,对评定项目和操作流程进行合理取舍:①评定项目选择相对误差和重复性,两个项目从同一组测量数据计算得出,无需进行额外的测量操作,不增加校验工作量;②将校验点数和校验点样本控制在较小规模,校验点一般按全量程选取 3~5 个,每个校验点重复测量次数一般取 3~5 次即可。数据处理计算公式见式(1)、式(2)。

5 结 语

灌浆记录仪在我国已有近 20 年应用历史,在水利水电工程基础灌浆处理中已全面普及应用,对提高我国灌浆工程施工管理水平、控制施工质量和完善工程计量方面起到了良好作用。近年来,随着我国国民经济快速发展和新一轮水利水电建设高潮的到来,灌浆记录仪产品生产和技术创新也呈现出快速发展的势头。目前,国内灌浆记录仪生产厂家已从最初的两三家发展为数十家,由于缺乏统一的产品计量检验标准,加上各厂家在基础条件及技术能力上存在差距,导致产品功能和质量良莠不齐,因而难以杜绝劣质产品流入工程使用,给工程施工质量

带来隐患,同时也在一定程度上制约了行业的健康发展。

灌浆记录仪市场快速发展与产品质量监管相对滞后的矛盾日益突出,这一状况已引起有关主管部门的关注和重视。本文在开展相关调查研究的基础上就灌浆记录仪校验内容、原则和方法提出初步思路,可作为进一步研究和制定相关标准的基础,供有关部门参考。

参考文献:

- [1] DL/T 5148—2001, 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范[S]. 北京:中国电力出版社, 2001. (DL/T5148—2001, Technical Specification for Cement Grouting Construction of Hydraulic Structures[S]. Beijing: China Electric Power Press, 2001. (in Chinese))
- [2] DL/T 5237—2010, 灌浆记录仪技术导则[S]. 北京:中国电力出版社, 2010. (DL/T 5237—2010, Technical Guide for Grouting Recorder[S]. Beijing: China Electric Power Press, 2010. (in Chinese))
- [3] 张志忠. 浅谈检定、校准与校验[J]. 中国计量, 1999, (1): 47—48. (ZHANG Zhi-zhong. Testing, Calibration and Verification[J]. China Metrology, 1999, (1): 47—48. (in Chinese))
- [4] JJF1094—2002, 测量仪器特性评定[S]. 北京:中国计量出版社, 2002. (JJF1094—2002, Evaluation of the Characteristics of Measuring Instruments[S]. Beijing: China Metrology Press, 2002. (in Chinese))

(编辑:陈 敏)

Methods of Grouting Recorder Calibration

YAO Zhen-he, TAO Yi-shou, GAO Ming-an, WANG Jin-fa, LUO Yi
(Yangtze River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China)

Abstract: Grouting recorder is an instrument to measure and record the real-time parameters of cement grouting process. It's an important means to control grouting process and to ensure project quality. It has been widely used in the foundation grouting in China's water conservancy and hydropower engineering. However, the instrument is not yet included in the supervision and management of China's legal metrology, hence the product quality and the metrological characteristics are in lack of single standard, which affects the application effect and the sound development of the product market. On the basis of related standards and regulations, we proposed the contents, principles, and methods of grouting recorder calibration in line with engineering practices. The research provided basic idea for formulating calibration standard for grouting recorder.

Key words: grouting recorder; calibration; content; principle; method