

文章编号: 1674—8247(2020)04—0075—04
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2020.04.015

膨胀岩试验设备改进与评价研究

吴会东

(中国铁路设计集团有限公司, 天津 300251)

摘 要:本文结合膨胀岩的判别和评价需求,介绍了一种改进的膨胀岩测试试验设备,并将改进后的膨胀岩测试设备与试验标准、规程推荐的膨胀岩测试设备进行对比,结果表明:与现行试验标准、规程推荐的膨胀岩试验设备相比,改进后的多功能岩石膨胀试验仪具有一台仪器可同时完成 3 项膨胀性试验项目、扩大试件直径适用范围、减少试件二次加工环节等优点,提高了岩石膨胀性试验的测试精度、稳定性和可靠性,减少了设备的成本投入和占用空间。研究成果可为岩石膨胀性试验和仪器制造提供参考和借鉴。

关键词:膨胀岩; 试件; 试验设备; 膨胀率; 膨胀压力; 金属套环

中图分类号:TU415

文献标志码:A

Study on Improvement and Evaluation of Swelling Rock Test Equipment

WU Huidong

(China Railway Design Corporation, Tianjin 300251, China)

Abstract: This paper introduces improved swelling rock test equipment according to the needs of distinguishing and evaluating swelling rock, and compares the improved swelling rock test equipment with the swelling rock test equipment recommended by test standards and regulations. The results show that compared with the swelling rock test equipment recommended by current test standards and regulations, the improved multifunctional rock expansibility tester has the following advantages: one tester can complete 3 expansibility test items at the same time; the applicable scope of specimen diameter is expanded; and the link of secondary processing of specimen is reduced, etc., which improve the test accuracy, stability and reliability of rock expansibility test, and reduce the cost input and space occupation of equipment. The study results can provide reference for rock expansibility test and instrument manufacturing.

Key words: swelling rock; test piece; test equipment; expansion rate; expansion pressure; metal ferrule

膨胀岩属软岩中的特殊类型,含有较多亲水矿物,亲水性异常强烈,含水率变化时体积发生较大变化,变形受约束时产生较大内应力。膨胀岩复杂的工程特性,易诱发各种严重地质灾害的发生,使得膨胀岩问题成为工程界最为关注的问题之一。伴随着我国经济的飞速发展,越来越多的工程建设不可避免地穿越膨胀岩土地区,其灾害防治问题日益突出。如何在勘察设计阶段及时发现并选择相应的试验设备和测试方法对膨胀岩进行试验研究,确定其主要技术指标,进而做出

准确的性质判断和评价,为工程设计预防措施提供可靠的参数,是膨胀岩分布地区各类工程建设必须解决的主要问题。

1 国内岩石膨胀性试验现状分析

目前,膨胀岩的判定和评价指标主要有饱和吸水率、膨胀力、膨胀率、自由膨胀率等。在国内现行的岩石试验标准、规程中,岩石饱和吸水率的试验设备和操作比较简单,主要采用煮沸法或真空抽气法,强制饱和

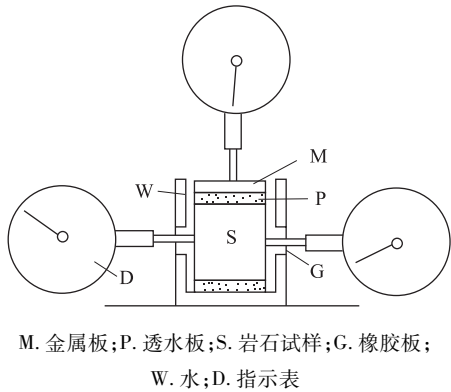
收稿日期:2020-03-24

作者简介:吴会东(1966-),男,高级工程师。

引文格式:吴会东. 膨胀岩试验设备改进与评价研究[J]. 高速铁路技术,2020,11(4): 75-78.

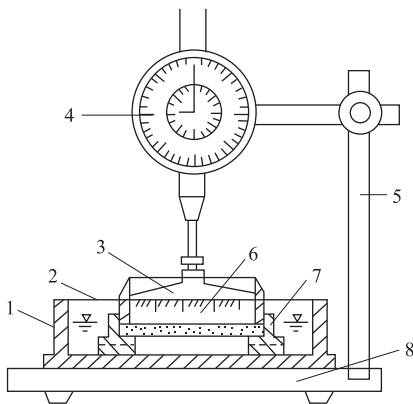
WU Huidong. Study on Improvement and Evaluation of Swelling Rock Test Equipment[J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(4): 75-78.

后测定即可。岩石自由膨胀率试验通常采用自由膨胀率试验仪(如图1所示),岩石侧向约束膨胀率试验通常采用侧向约束膨胀率试验仪(如图2所示),岩石体积不变条件下膨胀压力试验通常采用岩石膨胀压力试验仪(如图3所示)。3个试验项目在不同的试验设备上完成,每台设备都有各自要求的部件组成和试件尺寸,都配有各自的测量和试验装置,试验设备投入成本高,占用空间大。同时,由于不同设备和测量装置对试件的形状和尺寸要求不同,使得同一岩层膨胀性试验所需试件较多,即便是同一工程的一组试件也要分别



M. 金属板;P. 透水板;S. 岩石试样;G. 橡胶板;
W. 水;D. 指示表

图1 自由膨胀率试验仪

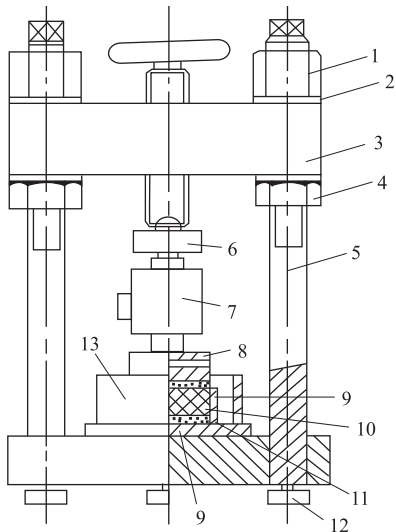


1. 盛水器;2. 环力;3. 传递活塞;4. 测微表;5. 表架;
6 - 试样;7 - 底座;8 - 底盘

图2 侧向约束膨胀率试验仪

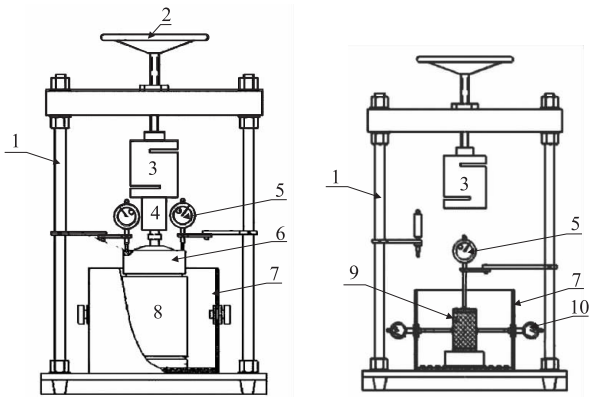
制样,才能满足不同膨胀性试验的要求,且还会因试件的差异降低试验结果的相关性,给岩石膨胀性试验的精度和准确性造成一定的影响。

本文结合铁路项目膨胀性岩石的判别和评价需求,介绍了一种新研制开发的集岩石自由膨胀率试验、岩石侧向约束膨胀率试验、岩石体积不变条件下膨胀压力试验3项试验功能为一体、具有自动采集处理功能,且简单方便的多功能岩石膨胀试验仪(如图4所示)。采用同一台仪器和同一套测量装置,经不同组



1. 螺母;2. 平垫圈;3. 横梁;4. 螺母和;5. 摆柱;6. 接头;
7. 压力传感器;8. 上压板;9. 金属透水板;10. 试件;
11. 套环;12. 调整件;13. 容器

图3 岩石膨胀压力试验仪



1. 龙门架;2. 加荷手轮;3. 测力传感器;4. 加压杆;
5. 垂直千分表;6. 加压头;7. 饱和水箱;8. 金属套环;
9. 岩石试样;10. 水平千分表

图4 多功能岩石膨胀试验仪

合,可分别进行岩石自由膨胀率、岩石侧向约束膨胀率和岩石体积不变条件下膨胀压力3项试验。由于试验采用的岩石试件系列相同,且在同一台仪器上进行试验,不仅大大简化了试验仪器的配置、操作和管理,减少了设备的投入成本和占地空间,还因采用的测量装置具有相同的精度、稳定性和可靠性,从而最大限度地提高了试验成果的同性和可比性,对提高岩石膨胀性试验的试验可操作性、试验质量以及试验精度起到了积极作用。

2 岩石膨胀性试验设备的对比分析

2.1 标准、规程推荐的膨胀性试验设备

目前,现行的国家标准 GB/T 50266 - 2013《工程

岩体试验方法标准》^[1]和行业标准 TB 10115 – 2014《铁路工程岩石试验规程》^[2]、JTGE 41 – 2005《公路工程岩石试验规程》^[3]、DL/T 5368 – 2007《水电水利工程岩石试验规程》^[4]等对岩石膨胀性试验的试验项目和试验设备都有明确规定。各标准、规程推荐的膨胀性试验设备的组成都大同小异,试验方法、条件和技术要求也基本相同,但对试件尺寸的要求略有不同。现行标准、规程岩石膨胀性试验试件尺寸如表 1 所示。

表 1 现行标准、规程岩石膨胀性试验试件尺寸表

标准名称	试验项目	
	自由膨胀率	侧向约束膨胀率和体积不变条件下膨胀压力
GB/T 50266 – 2013 《工程岩体试验方法标准》	圆柱体直径 48 ~ 65 mm,高度宜等于直径;正方体边长 48 ~ 65 mm	圆柱体直径 50 ~ 65 mm,试件直径应小于金属套环直径 0 ~ 0.1 mm,金属套环固定尺寸,试件高度不应小于 20 mm
TB 10115 – 2014 《铁路工程岩石试验规程》	圆柱体直径 50 ~ 60 mm,高度宜等于直径;正方体边长 50 ~ 60 mm	圆柱体直径 50mm,尺寸偏差 ±0.1 mm,金属套环固定尺寸,试件高度应不小于 20 mm
SL 264 – 2001 《水利水电工程岩石试验规程》	圆柱体直径 50 ~ 60 mm,高度宜等于直径;正方体边长 50 ~ 60 mm	圆柱体直径 50 mm,尺寸偏差 0 ~ -0.1 mm,金属套环固定尺寸,试件高度不宜小于 20 mm
JTGE 41 – 2005 《公路工程岩石试验规程》	圆柱体直径 50 ~ 60 mm,高度宜等于直径;正方体边长 50 ~ 60 mm	圆柱体试件直径宜为 50 mm,尺寸偏差 0 ~ 0.1 mm,金属套环固定尺寸,试件高度应大于 20 mm
DL/T 5368 – 2007 《水电水利工程岩石试验规程》	圆柱体直径宜为 50 ~ 65 mm,高度宜等于直径;正方体边长 50 ~ 65 mm	圆柱体直径 50 ~ 65 mm,试件直径应与仪器金属套环直径一致,其误差应为 0 ~ -0.1 mm,金属套环固定尺寸,试件高度不应小于 20 mm

2.2 多功能岩石膨胀试验仪

根据国家和行业现行岩石试验标准和规程的技术要求,对目前市场在售的岩石自由膨胀率试验仪、岩石侧向约束膨胀率试验仪和岩石膨胀压力试验仪进行集成和改进,开发研制了一种多功能岩石膨胀试验仪。该多功能岩石膨胀试验仪可在同一仪器设备完成不同膨胀性试验项目,且实现了试验数据的自动采集处理,提高了试验效率。

该套仪器主要由垂直测力与加荷装置、垂直反力龙门架、垂直变形测量装置、多用途储水箱与水平变形测量装置、竖向预置压力加荷组件和由对开模与开口环刀组成的金属套环共 6 部分组成。其中,水平变形测量装置、竖向预置压力加荷组件和组合式金属套环

经简单的组合搭配,即可适用于常见的 $\phi 50$ mm、 $\phi 74$ mm和 $\phi 93$ mm 3 个钻探岩芯直径系列,每个直径系列由级差为 1.0 mm 的多个不同直径试件进行自由膨胀率试验、侧向约束膨胀率试验和体积不变条件下膨胀压力试验,扩展了单台试验仪器的使用功能,扩大了岩石膨胀性试验的试件直径范围。多功能岩石膨胀试验仪试件尺寸如表 2 所示。

表 2 多功能岩石膨胀试验仪试件尺寸表

标准名称	试验项目	
	自由膨胀率	侧向约束膨胀率和体积不变条件下膨胀压力
多功能岩石膨胀试验仪	圆柱体直径 50 ~ 93 mm,高度宜等于直径;正方体边长 50 ~ 93 mm	圆柱体直径 50 ~ 93 mm,无尺寸偏差要求,在要求直径范围内适用级差 1.0 mm的多直径试件,试件高度不宜小于 20 mm

2.3 岩石膨胀性试验仪优缺点分析^[5]

2.3.1 市场在售岩石膨胀性试验仪

目前,市场在售的岩石膨胀性试验仪器有固定型号和成型的部件,可随时购买使用,节约仪器购置时间。但也存在以下不足:

(1)岩石自由膨胀率试验、岩石侧向约束膨胀率试验和岩石体积不变条件下膨胀压力试验需由 3 种不同的仪器来完成,所需试验仪器数量多,仪器购置投入成本大,占用空间大。

(2)野外采取的岩石样品一般为钻探岩芯,个别为块状,不满足试验所需试件的要求,需在室内使用钻石机、锯石机、磨石机进行二次加工,增加了试验工作量和试验难度。

(3)市场在售的岩石侧向约束膨胀率试验仪和岩石体积不变条件下膨胀压力试验仪提供的金属套环尺寸固定,内径一般为 50 mm,而野外和室内加工的试件一般采用 $\phi 50$ mm 钻头钻取,岩芯直径范围为 49.3 ~ 50 mm,且受岩石软硬程度、钻石机转速、压力大小等因素的影响,试件与金属套环内壁有较大空隙。试验过程中很难达到无侧向膨胀和体积不变的要求,从而影响到试验结果的准确性和精度。若为减小试件与金属套环之间的空隙添加普通金属片,当岩石膨胀后,空隙中的水被挤出,则影响试件与水的直接接触,从而影响到试件充分吸水膨胀的效果。

(4)目前,岩石侧向约束膨胀率试验和岩石体积不变条件下膨胀压力试验所使用的金属套环为封闭型的,试验结束后,岩石膨胀会造成试件与套环抱裹紧固,无法及时拆卸,影响下一次试验的使用。

(5)膨胀压力试验采用螺杆式加压模式,丝扣与螺杆之间存在间隙,因岩石膨胀量较小,在试验过程

中,这种间隙常常会在加压环节造成试验失败或使同一组试件的试验结果离散性较大,直接影响对岩石膨胀性的评价。

2.3.2 多功能岩石膨胀试验仪

本文介绍的新研制开发的多功能岩石膨胀试验仪具有以下优点:

(1)一台试验仪可分别完成岩石自由膨胀率试验、岩石侧向约束膨胀率试验和岩石体积不变条件下膨胀压力试验,仪器购置投入成本和占用空间都较小。

(2)研制的由对开模和开口环刀组成的金属套环,满足现行岩石试验标准、规程对试件侧向约束和体积不变的技术要求。对开模和开口环刀均采用专利技术,既能满足岩石侧向约束膨胀率试验和岩石体积不变条件下膨胀压力试验对试件施加无穷大侧向约束力的要求,又能使试验过程中试件与水直接接触,达到试件充分吸水膨胀的效果,提高试验结果的准确性和可靠性。

(3)通过对开模和开口环刀进行不同组合,多功能岩石膨胀试验仪可适用于直径为 $\phi 50\text{ mm}$ 、 $\phi 74\text{ mm}$ 和 $\phi 93\text{ mm}$ 3个钻探岩芯直径系列,每个系列又可分为多个不同直径的试件。因此,野外钻探中取得的岩芯,直接进行横向切磨后,即可作为多功能岩石膨胀试验仪的试验试件,减少了二次加工的工作量和加工难度,提高了试验效率。

(4)膨胀性试验完成后,由对开模和开口环刀组成的金属套环可轻松打开,拆卸试件,随时进行下一次试验。

多功能岩石膨胀试验仪目前尚未形成批量生产,虽可根据客户要求定制,但仪器制造需要一段时间,无法满足急需客户的需求。且多功能岩石膨胀试验仪仍采用螺杆式加压模式,需进一步研究改进其加压模式,以提高试验的成功率,减少试验结果的离散性。

3 结论

本文通过对改进后的多功能岩石膨胀试验仪和试验标准、规程推荐的膨胀岩测试设备进行对比分析,得

出以下主要研究结论:

(1)多功能岩石膨胀试验仪改变了现行试验标准、规程中分别使用三种仪器进行岩石自由膨胀率试验、岩石侧向约束膨胀率试验和岩石体积不变条件下膨胀压力试验的现状,实现了1台仪器可完成3项膨胀性试验项目的功能,做到了多功能集成化,方便了操作,减少了设备的投入成本和占用空间,提高了试验的精度、稳定性和设备的使用效率。

(2)多功能岩石膨胀试验仪扩大了试件直径的适用范围,且可直接利用地质钻探采取的岩芯,仅对钻探岩芯进行横向切磨,即可满足膨胀性试验的技术要求,减少了试件的二次加工环节和工作量,提高了试验效率。

(3)多功能岩石膨胀试验仪使用组合式金属套环,满足各直径岩石试件进行侧向约束膨胀率试验和体积不变条件下膨胀压力试验时,施加无穷大侧向约束力的技术要求,解决了完成膨胀性试验后,因岩石试件膨胀造成的与整体试模抱紧而难于拆卸的难题。

(4)需进一步研究改进多功能岩石膨胀试验仪的加压模式,提高试验的成功率,减小试验结果的离散性,为准确评价岩石膨胀性提供更可靠的依据。

参考文献:

- [1] GB/T 50266-2013 工程岩体试验方法标准[S].
GB/T 50266-2013 Standard for Test Methods of Engineering Rock Mass[S].
- [2] TB 10115-2014 铁路工程岩石试验规程[S].
TB 10115-2014 Code for Rock Test of Railway Engineering[S].
- [3] JTG E41-2005 公路工程岩石试验规程[S].
JTG E41-2005 Test Methods of Rock for Highway Engineering[S].
- [4] DL/T 5368-2007 水电水利工程岩石试验规程[S].
DL/T 5368-2007 Code for Rock Tests of Hydroelectric and Water Conservancy Engineering[S].
- [5] 肖海军. 岩石侧限约束膨胀力试验的分析与探讨[J]. 铁道勘察, 2016, 42(2): 70-72.
XIAO Haijun. The Analysis and Discussion of Confined Swelling Forces Tests for Rocks[J]. Railway Investigation and Surveying, 2016, 42(2): 70-72.