



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106980014 B

(45)授权公告日 2017.12.12

(21)申请号 201710285871.6

(51)Int.Cl.

G01N 33/38(2006.01)

(22)申请日 2017.04.27

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106980014 A

CN 104535470 A, 2015.04.22,
CN 103293286 A, 2013.09.11,
CN 204461974 U, 2015.07.08,
CN 202092939 U, 2011.12.28,
CN 104458428 A, 2015.03.25,
CN 202562835 U, 2012.11.28,
CN 102565307 A, 2012.07.11,
US 2009314107 A1, 2009.12.24,
RU 2571307 C1, 2015.12.20,
KR 101094962 B1, 2011.12.15,

(43)申请公布日 2017.07.25

(73)专利权人 河海大学

审查员 吴菲

地址 211100 江苏省南京市江宁开发区佛
城西路8号

(72)发明人 甘磊 沈振中 张开来 唐建洲
张湛 张宏伟 李舸航 江婷
曾奕滔 李安东 龙一飞

(74)专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限
公司 32200

代理人 石艳红

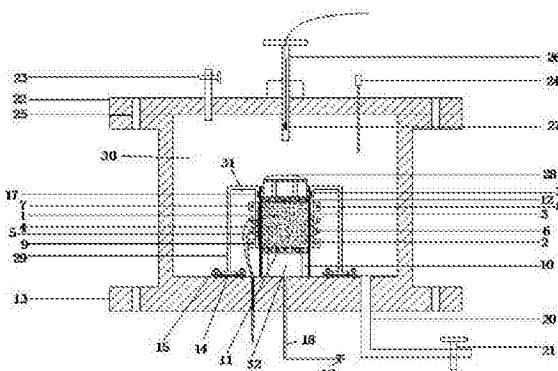
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

模拟高水力梯度下水工混凝土溶蚀劣化试验装置及方法

(57)摘要

模拟高水力梯度下水工混凝土溶蚀劣化试验装置及方法，通过密封箱向混凝土标准试件施加高水力梯度的侵蚀液；结合高强螺栓和轴向加载杆给混凝土标准试件施加三向压应力；采用布设的压力传感器、轴压力传感器和水压传感器来测量试件所受压应力和侵蚀液压力，且用密封保护室来分离侵蚀液和高强螺栓等，减小预紧力损失和压力传感器损坏；通过溶蚀室中设置的高弹性橡胶管和止水装置来限定渗透通道。本发明能同时开展三组试验，显著提高试验效率。本发明还能模拟水工混凝土长期受高水力梯度和环境水作用的工作条件，能较真实反映高水力梯度作用下水工混凝土溶蚀劣化演化特性。



1. 一种模拟高水力梯度下水工混凝土溶蚀劣化试验装置,其特征在于:包括密封箱、基座、三向加载装置、侵蚀液和水压传感器;

密封箱的内腔形成密封储液室,密封储液室能充填所述侵蚀液,水压传感器用于检测充填在密封储液室中的侵蚀液的压力;

密封储液室的底部固设有所述基座,基座具有中心通孔;

混凝土标准试件同轴放置在基座的上方,混凝土标准试件和基座的外周均套装有高弹性橡胶管,使基座的中心通孔形成溶蚀室;

三向加载装置包括X向加载装置、Y向加载装置和轴向加载装置;

X向加载装置和Y向加载装置的数量均为两个,两个X向加载装置对称设置在混凝土标准试件的左右两侧壁上,两个Y向加载装置对称设置在混凝土标准试件的前后两侧壁上,

每个X向加载装置和每个Y向加载装置均包括软钢垫板、压力钢板、高强螺栓和压力传感器;

软钢垫板设置在混凝土标准试件与压力钢板之间,高强螺栓通过压力钢板和软钢垫板向混凝土标准试件施加X向或Y向荷载,压力传感器固设在高强螺栓上;

轴向加载装置包括轴向加载杆、轴压力传感器和凹型加载壳,凹型加载壳同轴固设在混凝土标准试件的顶部,轴向加载杆设置在凹型加载壳的正上方,轴向加载杆高度能够升降,轴向加载杆的顶部从密封箱的顶板中穿出;当轴向加载杆高度下降后,轴向加载杆的底部能与凹型加载壳相配合,并向混凝土标准试件施加轴向载荷,轴压力传感器设置在轴向加载杆内。

2. 根据权利要求1所述的模拟高水力梯度下水工混凝土溶蚀劣化试验装置,其特征在于:还包括设置在密封储液室中的密封保护室,该密封保护室能将三向加载装置中的所有高强螺栓密封在内。

3. 根据权利要求2所述的模拟高水力梯度下水工混凝土溶蚀劣化试验装置,其特征在于:还包括两端开口的密封钢筒,密封钢筒套设在安装有X向加载装置和Y向加载装置的混凝土标准试件外周,密封钢筒底部与密封储液室的底部密封连接,密封钢筒顶部的中心开口处设置有竖向向下的密封止水固定筒,套设在混凝土标准试件外周的高弹性橡胶管向上延伸,向上延伸的高弹性橡胶管与密封止水固定筒固定连接,密封钢筒、混凝土标准试件以及密封储液室底部围合形成所述密封保护室。

4. 根据权利要求1所述的模拟高水力梯度下水工混凝土溶蚀劣化试验装置,其特征在于:所述凹型加载壳中均匀设置有若干个竖向通孔。

5. 根据权利要求1所述的模拟高水力梯度下水工混凝土溶蚀劣化试验装置,其特征在于:所述基座和三向加载装置的数量均为三个。

6. 根据权利要求1所述的模拟高水力梯度下水工混凝土溶蚀劣化试验装置,其特征在于:所述凹型加载壳与混凝土标准试件的顶部之间设置有顶部透水石,混凝土标准试件的底部与基座之间设置有底部透水石。

7. 根据权利要求1所述的模拟高水力梯度下水工混凝土溶蚀劣化试验装置,其特征在于:所述侵蚀液为硫酸钠、硝酸铵、氯化钠和氯化镁溶液中的任一种或多种混合液。

8. 一种采用权利要求1-7任一项所述的模拟高水力梯度下水工混凝土溶蚀劣化试验装置进行模拟高水力梯度下水工混凝土溶蚀劣化的试验方法,其特征在于:包括如下步骤:

步骤1,制作混凝土标准试件:按照设计要求制作混凝土标准试件若干个,然后将制作完成的所有混凝土标准试件均在室温环境中成型、养护不低于28天;

步骤2,混凝土标准试件密封:采用高弹性橡胶管包裹在每个混凝土标准试件的外周,并在混凝土标准试件的顶部和底部各预留一段长度,使混凝土标准试件的渗流通道限定为由混凝土标准试件顶部流向底部;

步骤3,X向和Y向预应力加载:包括如下两个步骤:

步骤31,X向预应力加载:对每个混凝土标准试件均进行X向预应力加载,具体加载过程为:采用高强螺栓连接左右两侧压力钢板,并在压力钢板与高弹性橡胶管间设置软钢垫板,旋紧螺帽,并通过压力传感器来监测预应力大小,直到指定荷载;

步骤32,Y向预应力加载:先采用高强螺栓连接前后两侧压力钢板,再采用与步骤31同样的加载方法,对每个混凝土标准试件均进行Y向预应力加载;

步骤4,混凝土标准试件安装:密封储液室中设置有1-3个基座,基座顶部铺设底部透水石;在每个铺设有透水石的基座上放置一个X向和Y向预应力加载完成的混凝土标准试件,并使高弹性橡胶管的底部套设在基座的外周;混凝土标准试件顶部安装顶部透水石;

步骤5,安装密封保护室:在每个混凝土标准试件的外周均安装密封保护室,使每个混凝土标准试件外周固定的高强螺栓均密封在内;

步骤6,轴向压应力加载:在步骤4中安装有顶部透水石的每个混凝土标准试件顶部各固定一个凹型加载壳,然后将密封箱侧墙和顶板拼装密封,并通过轴向加载杆与对应的凹型加载壳相配合,实现对每个混凝土标准试件施加轴向压应力,位于轴向加载杆内部的轴压力传感器将实时监测轴向压应力的大小;

步骤7,注入侵蚀液:打开密封箱上部进水口,注入试验用侵蚀液,并加压;同时,水压传感器将实时监测密封储液室内侵蚀液的压力,直至达到需要的高水力梯度;

步骤8,溶蚀劣化过程分析:通过分析试验过程中水压力传感器、三向加载装置中的轴压力传感器和各个压力传感器的测值变化,分析混凝土标准试件溶蚀劣化演化过程和溶蚀劣化机理。

9.根据权利要求8所述的模拟高水力梯度下水工混凝土溶蚀劣化试验方法,其特征在于:所述步骤5中,密封保护室的具体安装方法为:将密封钢筒套设在安装有X向加载装置和Y向加载装置的混凝土标准试件外周,密封钢筒底部与密封储液室的底部密封连接,密封钢筒顶部的中心开口处设置有竖向向下的密封止水固定筒,该密封止水固定筒与高弹性橡胶管的顶部密封固定连接。

10.根据权利要求8所述的模拟高水力梯度下水工混凝土溶蚀劣化试验方法,其特征在于:所述步骤7中,当密封储液室内侵蚀液的压力达到需要的高水力梯度后,溶蚀实验过程中,若水压传感器检测到侵蚀液的压力损失超过设定值,则通过密封箱上的进水阀门注入侵蚀液,补充溶液压力;若压力传感器检测到高强螺栓的预紧力损失超过设定值时,则打开密封储液室排水管阀门,放出侵蚀液,使用扭矩扳手旋紧高强螺栓以补充预紧力到指定值,然后重新注入侵蚀液继续溶蚀试验。

模拟高水力梯度下水工混凝土溶蚀劣化试验装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及水工混凝土研究的技术领域,特别是一种模拟高水力梯度下水工混凝土溶蚀劣化试验装置及方法。

背景技术

[0002] 目前,关于水工混凝土结构的耐久性研究,大都针对其在单一荷载作用(单向拉压、弯矩)下的接触溶蚀试验,没有同时考虑水工混凝土所受的高水力梯度作用。且相关渗透试验研究,多以清水为介质,进行单向拉、压应力状态下的渗透溶蚀试验。实际工程中几乎所有的混凝土结构都是承受三向应力状态,一方面应力水平较低时,压应力会使混凝土内部孔隙闭合,减缓溶蚀劣化速率,另一方面应力水平较高时,又会使混凝土内部孔隙张开,加速混凝土的劣化进程。高水力梯度作用下侵蚀性溶液会全面侵入混凝土结构,加速其与水泥水化产物的反应。因此,研究水工混凝土结构在三向压应力和高水力梯度作用下的溶蚀劣化性能对于结构安全运行和耐久性评价具有重要意义。

[0003] 但是,国内外开展相对较多的是单向拉、压、弯曲荷载-化学耦合作用下的混凝土溶蚀劣化试验,有关三向压应力作用下的混凝土性能研究相对较少,因为模拟三向压应力需要进行常规三轴或真三轴试验。三轴仪设备昂贵,且不可能油泵长期运行进行溶蚀试验。而水工混凝土长期受高水力梯度和环境水作用,溶蚀劣化不可避免。因此,有必要研制一种可模拟高水力梯度作用下水工混凝土溶蚀劣化试验装置及试验方法。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是针对上述现有技术的不足,而提供一种模拟高水力梯度下水工混凝土溶蚀劣化试验装置,该模拟高水力梯度下水工混凝土溶蚀劣化试验装置能够解决现有技术中不能同时兼顾模拟三向应力和高水力梯度作用条件下水工混凝土溶蚀劣化过程的缺陷,能够真实反映高水力梯度作用下水工混凝土溶蚀劣化演化特性。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:

[0006] 一种模拟高水力梯度下水工混凝土溶蚀劣化试验装置,包括密封箱、基座、三向加载装置、侵蚀液和水压传感器。

[0007] 密封箱的内腔形成密封储液室,密封储液室能充填所述侵蚀液,水压传感器用于检测充填在密封储液室中的侵蚀液的压力。

[0008] 密封储液室的底部固设有所述基座,基座具有中心通孔。

[0009] 混凝土标准试件同轴放置在基座的上方,混凝土标准试件和基座的外周均套装有高弹性橡胶管,使基座的中心通孔形成溶蚀室。

[0010] 三向加载装置包括X向加载装置、Y向加载装置和轴向加载装置。

[0011] X向加载装置和Y向加载装置的数量均为两个,两个X向加载装置对称设置在混凝土标准试件的左右两侧壁上,两个Y向加载装置对称设置在混凝土标准试件的前后两侧壁上。

[0012] 每个X向加载装置和每个Y向加载装置均包括软钢垫板、压力钢板、高强螺栓和压力传感器。

[0013] 软钢垫板设置在混凝土标准试件与压力钢板之间，高强螺栓通过压力钢板和软钢垫板向混凝土标准试件施加X向或Y向荷载，压力传感器固设在高强螺栓上。

[0014] 轴向加载装置包括轴向加载杆、轴压力传感器和凹型加载壳，凹型加载壳同轴固设在混凝土标准试件的顶部，轴向加载杆设置在凹型加载壳的正上方，轴向加载杆高度能够升降，轴向加载杆的顶部从密封箱的顶板中穿出；当轴向加载杆高度下降后，轴向加载杆的底部能与凹型加载壳相配合，并向混凝土标准试件施加轴向载荷，轴压力传感器设置在轴向加载杆内。

[0015] 还包括设置在密封储液室中的密封保护室，该密封保护室能将三向加载装置中的所有高强螺栓密封在内。

[0016] 还包括两端开口的密封钢管，密封钢管套设在安装有X向加载装置和Y向加载装置的混凝土标准试件外周，密封钢管底部与密封储液室的底部密封连接，密封钢管顶部的中心开口处设置有竖向向下的密封止水固定筒，套设在混凝土标准试件外周的高弹性橡胶管向上延伸，向上延伸的高弹性橡胶管与密封止水固定筒固定连接，密封钢管、混凝土标准试件以及密封储液室底部围合形成所述密封保护室。

[0017] 所述凹型加载壳中均匀设置有若干个竖向通孔。

[0018] 所述基座和三向加载装置的数量均为三个。

[0019] 所述凹型加载壳与混凝土标准试件的顶部之间设置有顶部透水石，混凝土标准试件的底部与基座之间设置有底部透水石。

[0020] 所述侵蚀液为硫酸钠、硝酸铵、氯化钠和氯化镁溶液中的任一种或多种混合液。

[0021] 本发明提供一种模拟高水力梯度下水工混凝土溶蚀劣化试验方法，该模拟高水力梯度下水工混凝土溶蚀劣化试验方法能够解决现有技术中不能同时兼顾模拟三向应力和高水力梯度作用条件下水工混凝土溶蚀劣化过程的缺陷，能够真实反映高水力梯度作用下水工混凝土溶蚀劣化演化特性。

[0022] 一种模拟高水力梯度下水工混凝土溶蚀劣化试验方法，包括如下步骤。

[0023] 步骤1，制作混凝土标准试件：按照设计要求制作混凝土标准试件若干个，然后将制作完成的所有混凝土标准试件均在室温环境中成型、养护不低于28天。

[0024] 步骤2，混凝土标准试件密封：采用高弹性橡胶管包裹在每个混凝土标准试件的外周，并在混凝土标准试件的顶部和底部各预留一段长度，使混凝土标准试件的渗流通道限定为由混凝土标准试件顶部流向底部。

[0025] 步骤3，X向和Y向预应力加载：包括如下两个步骤。

[0026] 步骤31，X向预应力加载：对每个混凝土标准试件均进行X向预应力加载，具体加载过程为：采用高强螺栓连接左右两侧压力钢板，并在压力钢板与高弹性橡胶管间设置软钢垫板，旋紧螺帽，并通过压力传感器来监测预应力大小，直到指定荷载。

[0027] 步骤32，Y向预应力加载：先采用高强螺栓连接前后两侧压力钢板，再采用与步骤31同样的加载方法，对每个混凝土标准试件均进行Y向预应力加载。

[0028] 步骤4，混凝土标准试件安装：密封储液室中设置有1-3个基座，基座顶部铺设底部透水石；在每个铺设有透水石的基座上放置一个X向和Y向预应力加载完成的混凝土标准试

件，并使高弹性橡胶管的底部套设在基座的外周；混凝土标准试件顶部安装顶部透水石。

[0029] 步骤5，安装密封保护室：在每个混凝土标准试件的外周均安装密封保护室，使每个混凝土标准试件外周固定的高强螺栓均密封在内。

[0030] 步骤6，轴向压应力加载：在步骤4中安装有顶部透水石的每个混凝土标准试件顶部各固定一个凹型加载壳，然后将密封箱侧墙和顶板拼装密封，并通过轴向加载杆与对应的凹型加载壳相配合，实现对每个混凝土标准试件施加轴向压应力，位于轴向加载杆内部的轴压力传感器将实时监测轴向压应力的大小。

[0031] 步骤7，注入侵蚀液：打开密封箱上部进水口，注入试验用侵蚀液，并加压；同时，水压传感器将实时监测密封储液室内侵蚀液的压力，直至达到需要的高水力梯度。

[0032] 步骤8，溶蚀劣化过程分析：通过分析试验过程中水压力传感器、三向加载装置中的轴压力传感器和各个压力传感器的测值变化，分析混凝土标准试件溶蚀劣化演化过程和溶蚀劣化机理。

[0033] 所述步骤5中，密封保护室的具体安装方法为：将密封钢筒套设在安装有X向加载装置和Y向加载装置的混凝土标准试件外周，密封钢筒底部与密封储液室的底部密封连接，密封钢筒顶部的中心开口处设置有竖向向下的密封止水固定筒，该密封止水固定筒与高弹性橡胶管的顶部密封固定连接。

[0034] 所述步骤7中，当密封储液室内侵蚀液的压力达到需要的高水力梯度后，溶蚀实验过程中，若水压传感器检测到侵蚀液的压力损失超过设定值，则通过密封箱上的进水阀门注入侵蚀液，补充溶液压力；若压力传感器检测到高强螺栓的预紧力损失超过设定值时，则打开密封储液室排水管阀门，放出侵蚀液，使用扭矩扳手旋紧高强螺栓以补充预紧力到指定值，然后重新注入侵蚀液继续溶蚀试验。

[0035] 本发明采用上述结构和方法后，具有如下有益效果：

[0036] 1.能对水工混凝土持续施加三向压应力，同时可模拟高水力梯度侵蚀环境，能够真实模拟水工混凝土结构所处的复杂受力状况。

[0037] 2.X向和Y向通过预紧力加载对混凝土施加两向恒定压应力，竖向通过轴向加载杆施加竖向压应力，模拟三向受压环境，装置加载占用空间小，经济实用，且可重复加载。

[0038] 3.压力钢板与高弹性橡胶管间设置软钢垫板，软钢垫板刚度小于压力钢板又大于高弹性橡胶管，可将压力钢板的挤压力均匀传递给软钢垫层和混凝土标准试件。每个压力钢板接受四根高强螺栓传递过来的紧固力，中间存在较大弯矩和挠曲变形，导致荷载承受的不是均匀压应力。通过添加软钢垫板，可有效避免应力集中现象。

[0039] 4.设置密封保护室，将高强螺栓及压力传感器和侵蚀液分离开，保证X向和Y向加载装置和压力传感器安全，提高持荷稳定性。

[0040] 5.密封箱底板上共设置三处基座，可同时进行三组不同压应力状态下的水工混凝土试件溶蚀试验，提高试验效率，减小试验周期，显著降低试验成本。

[0041] 6.密封保护室底部设置止水橡皮，密封箱底板和密封保护室底板间各有凹槽，用以填充止水橡皮并采用螺栓固定，可延长渗径，增强防渗效果。

[0042] 7.密封保护室顶部设有止水橡皮和密封止水固定筒，用以连接高弹性橡胶管顶部和密封保护室顶板，可以防止高压的侵蚀液通过密封保护室顶板与密封止水固定筒间缝隙深入密封保护室，也可限定高弹性橡胶管位置，保证高压侵蚀溶液由试件顶部向底部渗出

溶蚀室。

[0043] 8.通过在密封箱内提供不同溶液,可以实现三向应力/高水力梯度作用/多种化学作用耦合条件下水工混凝土溶蚀劣化试验。

附图说明

[0044] 图1是本发明一种模拟高水力梯度下水工混凝土溶蚀劣化试验装置的结构示意图。

[0045] 其中有:1-混凝土标准试件,2-高弹性橡胶管,3-软钢垫板,4-左右侧压力钢板,5-左右侧高强螺栓,6-左右侧压力传感器,7-前后侧压力钢板,8-前后侧高强螺栓,9-前后侧压力传感器,10-基座,11-底部透水石,12-顶部透水石,13-底板,14-止水橡皮,15-安装板,16-密封止水固定筒,17-中心开口,18-溶蚀室排水管,19-溶蚀室排水管阀门,20-密封储液室排水管,21-密封储液室排水管阀门,22-顶板,23-进水阀门,24-水压传感器,25-密封橡胶,26-轴向加载杆,27-轴压力传感器,28-凹型加载壳,29-密封钢筒;30.密封储液室;31.密封保护室;32.溶蚀室。

具体实施方式

[0046] 下面结合附图和具体较佳实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0047] 如图1所示,一种模拟高水力梯度下水工混凝土溶蚀劣化试验装置,包括密封箱、基座10、三向加载装置、侵蚀液和水压传感器24。

[0048] 密封箱包括顶板22、底板13和侧墙。

[0049] 底板优选通过螺栓与地面或台面固定连接,侧墙与底板一体设置,侧墙的顶部优选设置有外凸缘,该外凸缘与顶板之间优选设置有密封橡胶25,并优选通过螺栓固定连接。

[0050] 密封箱的内腔形成密封储液室30,密封储液室能充填侵蚀液。

[0051] 侵蚀液优选为硫酸钠、硝酸铵、氯化钠和氯化镁溶液等中的任一种或多种混合液。

[0052] 密封箱的顶板上设置有与密封储液室相连通的进水口和进水阀门23,密封箱的底板上设置有密封储液室排水管20,该储液室排水管上设置有密封储液室排水管阀门21。

[0053] 水压传感器24优选固设在密封箱的顶板上,水压传感器的探头伸入密封储液室内,用于检测充填在密封储液室中的侵蚀液的压力。

[0054] 密封储液室的底部固设有至少一个基座10,优选设置有三个。另外,根据需要,也可设置一个、两个或多个,均在本发明的保护范围之内。

[0055] 每个基座均具有中心通孔。

[0056] 混凝土标准试件1同轴放置在基座的上方,混凝土标准试件和基座的外周均套装有高弹性橡胶管2,使基座的中心通孔形成溶蚀室32。

[0057] 位于溶蚀室下方的密封箱的底板上设置有溶蚀室排水管18,该溶蚀室排水管上设置有溶蚀室排水管阀门19。

[0058] 三向加载装置的数量与基座的数量相等,也优选为三个。

[0059] 每个三向加载装置均包括X向加载装置、Y向加载装置和轴向加载装置。

[0060] 每个三向加载装置中的X向加载装置和Y向加载装置的数量均为两个,两个X向加载装置对称设置在混凝土标准试件的左右两侧壁上,两个Y向加载装置对称设置在混凝土

标准试件的前后两侧壁上。

[0061] 每个X向加载装置和每个Y向加载装置均包括软钢垫板3、压力钢板、高强螺栓和压力传感器。

[0062] 软钢垫板设置在混凝土标准试件与压力钢板之间,高强螺栓通过压力钢板和软钢垫板向混凝土标准试件施加X向或Y向荷载,压力传感器固设在高强螺栓上。

[0063] 其中,每个X向加载装置均包括左右侧压力钢板4、左右侧高强螺栓5和左右侧压力传感器6,左右侧压力传感器6固设在左右侧高强螺栓5上。

[0064] 每个Y向加载装置均包括前后侧压力钢板7、前后侧高强螺栓8和前后侧压力传感器9,前后侧压力传感器9固设在前后侧高强螺栓8上。

[0065] 每个轴向加载装置包括轴向加载杆26、轴压力传感器27和凹型加载壳28。

[0066] 凹型加载壳同轴固设在对应混凝土标准试件的顶部,优选通过螺栓连接,凹型加载壳中均匀设置有若干个竖向通孔。

[0067] 凹型加载壳与混凝土标准试件的顶部之间优选设置有顶部透水石12,混凝土标准试件的底部与基座之间优选设置有底部透水石11。

[0068] 轴向加载杆设置在凹型加载壳的正上方,轴向加载杆高度能够升降,轴向加载杆的顶部从密封箱的顶板中穿出。

[0069] 轴向加载杆的高度升降为现有技术,优选为摇杆或手柄或电机等驱动的升降杆。

[0070] 当轴向加载杆高度下降后,轴向加载杆的底部能与凹型加载壳相配合,并向混凝土标准试件施加轴向载荷,轴压力传感器设置在轴向加载杆内。

[0071] 另外,本发明还包括设置在密封储液室中的密封保护室31,该密封保护室能将对应三向加载装置中的所有高强螺栓密封在内。

[0072] 密封保护室31主要优选由密封钢筒29、混凝土标准试件1以及密封储液室底部(即底板)围合形成。

[0073] 密封钢筒两端开口,密封钢筒套设在安装有X向加载装置和Y向加载装置的混凝土标准试件外周。

[0074] 密封钢筒底部与密封储液室的底部密封连接,密封连接方式优选为:密封钢筒底部优选设置有安装板15,该安装板与底板间优选设置有止水橡皮14,并优选通过螺栓实现密封固定连接。

[0075] 密封钢筒顶部的中心开口17处设置有竖向向下的密封止水固定筒16。

[0076] 套设在混凝土标准试件外周的高弹性橡胶管向上延伸,向上延伸的高弹性橡胶管与密封止水固定筒优选通过螺栓和止水橡皮实现密封固定连接。

[0077] 一种模拟高水力梯度下水工混凝土溶蚀劣化试验方法,包括如下步骤。

[0078] 步骤1,制作混凝土标准试件:按照设计要求制作混凝土标准试件若干个,优选为三个。然后将制作完成的所有混凝土标准试件均在室温环境中成型、养护不低于28天。

[0079] 步骤2,混凝土标准试件密封:采用高弹性橡胶管包裹在每个混凝土标准试件的外周,并在混凝土标准试件的顶部和底部各预留一段足够长的长度,以封闭混凝土标准试件的前后和左右侧,使混凝土标准试件的渗流通道限定为由混凝土标准试件顶部流向底部。

[0080] 步骤3,X向和Y向预应力加载:包括如下两个步骤。

[0081] 步骤31,X向预应力加载:对每个混凝土标准试件均进行X向预应力加载,具体加载

过程为：采用高强螺栓连接左右两侧压力钢板，并在压力钢板与高弹性橡胶管间设置软钢垫板，优选采用扭矩扳手旋紧螺帽，并通过压力传感器来监测预应力大小，直到指定荷载。

[0082] 步骤32，Y向预应力加载：先采用高强螺栓连接前后两侧压力钢板，再采用与步骤31同样的加载方法，对每个混凝土标准试件均进行Y向预应力加载。

[0083] 步骤4，混凝土标准试件安装：密封储液室中设置有1-3个基座，优选为三个基座，能同时进行三组试验。每个基座顶部均铺设底部透水石；在每个铺设有透水石的基座上放置一个X向和Y向预应力加载完成的混凝土标准试件，并使高弹性橡胶管的底部套设在基座的外周；混凝土标准试件顶部安装顶部透水石。

[0084] 步骤5，安装密封保护室：在每个混凝土标准试件的外周均安装密封保护室，使每个混凝土标准试件外周固定的高强螺栓均密封在内。

[0085] 密封保护室的具体优选安装方法为：将密封钢筒套设在安装有X向加载装置和Y向加载装置的混凝土标准试件外周，密封钢筒底部与密封储液室的底部优选通过螺栓和止水橡皮实现密封固定连接，密封钢筒顶部的中心开口处设置有竖向向下的密封止水固定筒，该密封止水固定筒与高弹性橡胶管的顶部优选通过螺栓和止水橡皮实现密封固定连接，密封保护室内部与外部侵蚀液相隔离。

[0086] 步骤6，轴向压应力加载：在步骤4中安装有顶部透水石的每个混凝土标准试件顶部各固定一个凹型加载壳，然后将密封箱侧墙和顶板拼装密封，并通过轴向加载杆与对应的凹型加载壳相配合，实现对每个混凝土标准试件施加轴向压应力，位于轴向加载杆内部的轴压力传感器将实时监测轴向压应力的大小。

[0087] 上述三个混凝土标准试件，在三向荷载加载过程中，每个混凝土标准试件均可加载不同三向荷载，具体根据需要进行设置。

[0088] 步骤7，注入侵蚀液：打开密封箱上部进水口，注入试验用侵蚀液，并逐步增大侵蚀液压力；同时，水压传感器将实时监测密封储液室内侵蚀液的压力，直至达到需要的高水力梯度。

[0089] 本步骤中，还包括补充溶液压力和预紧力步骤，具体为：当密封储液室内侵蚀液的压力达到需要的高水力梯度后，溶蚀实验过程中，若水压传感器检测到侵蚀液的压力损失超过设定值，则通过密封箱上的进水阀门注入侵蚀液，补充溶液压力；若压力传感器检测到高强螺栓的预紧力损失超过设定值时，则打开密封储液室排水管阀门，放出侵蚀液，使用扭矩扳手旋紧高强螺栓以补充预紧力到指定值，然后重新注入侵蚀液继续溶蚀试验。

[0090] 步骤8，溶蚀劣化过程分析：通过分析试验过程中水压力传感器、三向加载装置中的轴压力传感器和各个压力传感器的测值变化，分析混凝土标准试件溶蚀劣化演化过程和溶蚀劣化机理。溶蚀劣化机理分析方法为：对比分析多组试验成果，定量分析不同因素对混凝土试件溶蚀劣化的影响程度等。

[0091] 以上详细描述了本发明的优选实施方式，但是，本发明并不限于上述实施方式中的具体细节，在本发明的技术构思范围内，可以对本发明的技术方案进行多种等同变换，这些等同变换均属于本发明的保护范围。

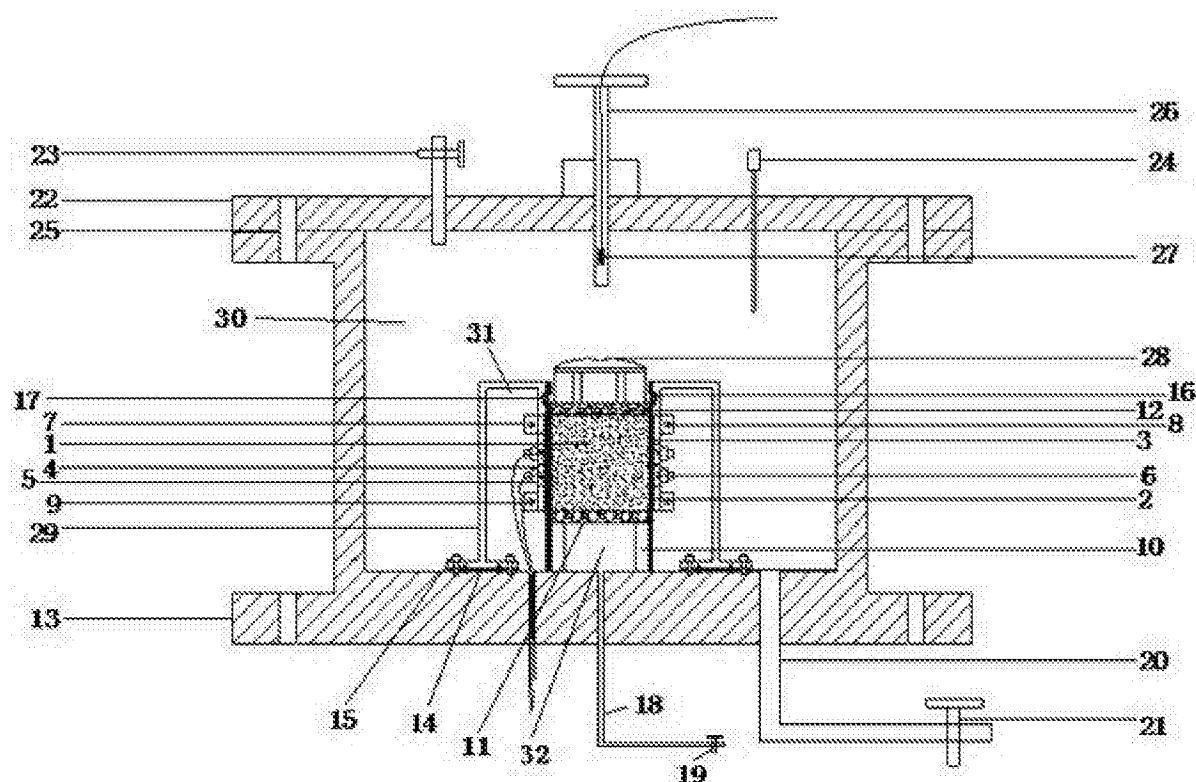


图1