

DOI: 10.7672/sgjs2026040135

面向恒静需求的五恒住宅室内隔声性能 实测与优化研究*

张黎¹, 李曦²

(1. 延安大学西安创新学院, 陕西 西安 710100; 2. 西安电子科技大学, 陕西 西安 710126)

[摘要] 源于对绿色健康宜居环境的追求,特别是对住宅室内声环境质量的重视,聚焦“五恒”(恒温、恒湿、恒氧、恒静、恒洁)住宅中的“恒静”理念,对某“五恒”住宅项目进行现场调研与实测,探讨其室内隔声性能。研究发现户内空调管井穿楼形成声桥导致上下楼空气传声,户内门洞上方送回风穿墙洞口会影响分室墙隔声性能,而实测结果也印证了这些问题。基于这些实测数据,提出了在“五恒”住宅墙体、楼板、室内风管(井)等隔声系统的设计和施工中的关键技术要点。

[关键词] 住宅;声环境;隔声性能;设计;施工

[中图分类号] TU112

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2026)04-0135-05

Field Measurement and Optimization to Meet the Constant Quiet Demand for Indoor Sound Insulation in Five-constant Residential Buildings

ZHANG Li¹, LI Xi²

(1. Xi'an Innovation College of Yan'an University, Xi'an, Shaanxi 710100, China;

2. Xidian University, Xi'an, Shaanxi 710126, China)

Abstract: Driven by the pursuit of a green, healthy, and livable environment—particularly the growing emphasis on indoor acoustic quality—this study centers on the “constant quietness” aspect within “five-constant” residential buildings (which maintain constant temperature, humidity, oxygen level, quietness, and cleanliness). Through field investigation and on-site measurement of a specific five-constant residential project, the indoor sound insulation performance was evaluated. The research reveals that the penetration of indoor air-conditioning pipe shafts through floor slabs creates sound bridges, leading to airborne sound transmission between upper and lower floors. Additionally, openings for air supply and return above doorways compromise the sound insulation performance of partition walls. These issues were confirmed by measurement results. Based on the field data, key technical points for the design and construction of sound insulation systems in five-constant residences are proposed, covering walls, floor slabs, and indoor air ducts (shafts).

Keywords: residence; acoustic environment; sound insulation performance; design; construction

0 引言

“五恒系统”作为新时代科技住宅室内健康宜居环境的典范,代表着人们对美好生活品质的不懈追求。该系统通过恒温、恒湿、恒氧、恒静、恒洁五大科技方案,显著提升了住宅舒适度,增强了开发

商的产品创新能力。然而,新产品开发中常面临理想与施工间的矛盾,尤其在隔声性能方面。尽管“恒静”旨在营造宁静环境,但实际施工中材料选择、结构布局、设备安装等因素均会影响隔声效果,导致噪声问题,影响居住体验和满意度。因此,本文旨在通过分析“五恒系统”住宅在隔声性能方面的理想设计与实际施工之间的矛盾问题,探究隔声性能的影响因素、优化设计方案及施工中的关键控

* 陕西省教育厅服务地方专项科研计划(22JC061)

[作者简介] 张黎,工程师,E-mail:562498642@qq.com

[收稿日期] 2025-11-10

制点,以提升“五恒系统”住宅的整体品质。

1 “五恒”住宅隔声性能要求

关于“五恒”宅中的“恒静”要求,目前还未出台明确的规范或准则,行业内房地产头部企业也是基于现有国标中规定的声环境要求提出各自企业内部的恒静标准,成为各房企塑造核心竞争力的重要举措。本文对照 GB 50118—2010《民用建筑隔声设计规范》住宅建筑高要求标准,提出“五恒”住宅隔声性能指标要求,如表 1 所示。

表 1 高要求住宅隔声标准

Table 1 High requirements for residential sound

insulation standards		dB(A)
构件或房间名称	空气声隔声单值评价量+ 频谱修正量	标准
外墙	计权隔声量+交通噪声频谱修正量	≥45
户(套)门	计权隔声量+交通噪声频谱修正量	≥25
户内卧室墙	计权隔声量+粉红噪声频谱修正量	≥35
户内其他分室墙	计权隔声量+粉红噪声频谱修正量	≥30
分户墙、分户楼板	计权隔声量+粉红噪声频谱修正量	≥50
卧室、起居室(厅)与邻户房间之间	计权标准化声压级差+粉红噪声频谱修正量	≥50
卧室、起居室(厅)的分户楼板	计权标准化撞击声压级(现场测量)	≤65

2 工程概况

本文测试对象为西安某“五恒”住宅项目,地上单体建筑共 15 栋,其中 9 栋为普通住宅;项目选址执行 1 类声功能区标准。本次现场测试选择 3 个典型面积户型:139 户型、165 户型和 208 户型。测试房间为客厅、客厅电视墙一侧的卧室;测试内容为分室墙、分户墙和分户楼板的空气声隔声及分户楼板的撞击声隔声。该“五恒”住宅的科技亮点在于毛细管网辐射系统,该系统不仅具备调温功能,还具备无噪声、无风感、温度均匀等优势,主要敷设在楼板构造中,出风口设置于地面。

现场测试时,现场为精装完成状态,家具未进场;门窗均关闭,空调为开启状态;同一户型测试房间、测试位置和测试内容基本相同。各户型测试房间内构件基本情况如表 2 所示。以 165 户型为例,客厅楼板面积 35m²,容积 95m³;卧室楼板面积 12m²,容积 35m³。测试楼板的构件面积与测试房间容积成正比变化,而其他 2 个户型与 165 户型的楼板构件测试面积和容积容差保持在 15%以内。

表 2 各户型测试房间内构件概况

Table 2 Overview of the internal components in the test room of each house type

测试户型	测试构件	构造做法
139 户型	客厅楼板 KLB	130mm 厚混凝土+8mm 厚阻尼隔声毡+100mm 厚发泡混凝土+50mm 厚砂浆找平铺地砖
	卧室楼板 WLB	110mm 厚混凝土+8mm 厚阻尼隔声毡+100mm 厚发泡混凝土+50mm 厚砂浆找平铺地砖
	客厅分户隔墙	200mm 厚钢筋混凝土+200mm 厚高精砌块墙(未抹灰)
	客厅分室隔墙	200mm 厚钢筋混凝土+200mm 厚高精砌块墙(未抹灰)
165 户型	客厅楼板 KLB	150mm 厚混凝土+8mm 厚阻尼隔声毡+100mm 厚发泡混凝土+50mm 厚砂浆找平铺地砖
	卧室楼板 WLB	110mm 厚混凝土+8mm 厚阻尼隔声毡+100mm 厚发泡混凝土+50mm 厚砂浆找平铺地砖
	客厅分户隔墙 客厅分室隔墙	200mm 厚钢筋混凝土 200mm 厚高精砌块墙(未抹灰)
208 户型	客厅楼板 KLB	160mm 厚混凝土+8mm 厚阻尼隔声毡+100mm 厚发泡混凝土+50mm 厚砂浆找平铺地砖
	卧室楼板 WLB	120mm 厚混凝土+100mm 厚发泡混凝土+50mm 厚砂浆找平铺地砖
	客厅分户隔墙	200mm 厚钢筋混凝土
	客厅分室隔墙	250mm 厚/300mm 厚高精砌块墙(未抹灰)

3 测试结果及分析

本次测试采用 B&K2270 噪声分析仪,声压校准器采用 B&K4231 型。声级计和声校准器经校准均符合 1 级精度要求。测试时间在 1d 中不同时间段进行,测试前确保各测试房间的背景噪声水平一致。空气声隔声性能按照 GB/T 19889.4—2005《声学建筑和建筑构件隔声测量第 4 部分:房间之间空气声隔声的现场测量》进行测试和评价。楼板撞击声隔声性能按照 GB/T 19889.7—2022《声学 建筑和建筑构件隔声测量第 7 部分:楼板撞击声隔声的现场测量》进行测试和评价。根据 GB/T 50121—2005《建筑隔声评价标准》,各户型所测房间内构件的隔声性能结果如图 1~4 所示。

1) 各户型的楼板构造做法虽一致,但在结构楼板的厚度上对楼板的空气声隔声性能有一定影响。由图 1 可知,结构楼板的厚度对空气声隔声性能的影响主要在 315~630Hz,差异较大,同户型客厅与卧室在此区间空气声压级差为 3~13dB(A),在 1600Hz 以上几乎趋于一致,基本没有影响;而同一厚度的结构楼板,却表现出不同的曲线变化,表明隔声性能受场域(户型)和时域(施工)多方因素的影响。客厅楼板标准化声压级差在 250~1250Hz,

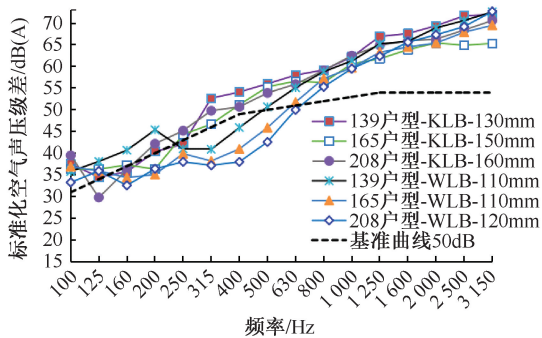


图1 各测试房间楼板空气声标准化声压级差对比

Fig.1 Comparison of standardized sound pressure level difference of floor in each test room

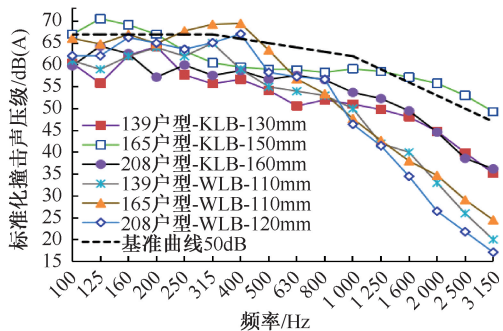


图2 各测试房间楼板撞击声标准化声压级对比

Fig.2 Comparison of standardized sound pressure level difference of floor impact in each test room

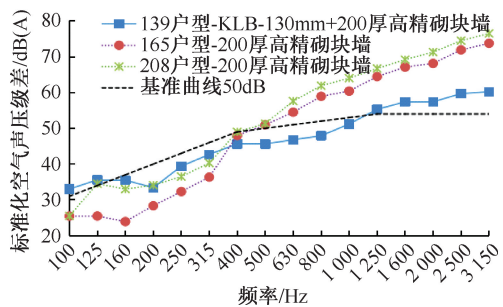


图3 各测试房间分户隔墙标准化声压级差对比

Fig.3 Comparison of standardized sound pressure level difference of household partition wall in each test room

均高于卧室楼板,而208户型客厅在125Hz出现了低位值,代表客厅可能存在振动传声,进一步检查各户型平面图发现,139和165户型客厅的走廊处、208户型的入户玄关处均设有空调通风管井。现场勘查证实,这些管井与墙体、楼板之间存在缝隙,且上下楼层间管道可能形成传声路径,这也解释了测试结果中250Hz以下数据普遍偏低的现象。

2)楼板的撞击声压级曲线受产生不利偏差的频率范围的隔声特性影响,依据评价标准选用 $L'_{nT,w} = 65\text{dB(A)}$ 作为基准曲线。由图2可知,各楼板撞击隔声单值评价量均达到高要求住宅楼板撞

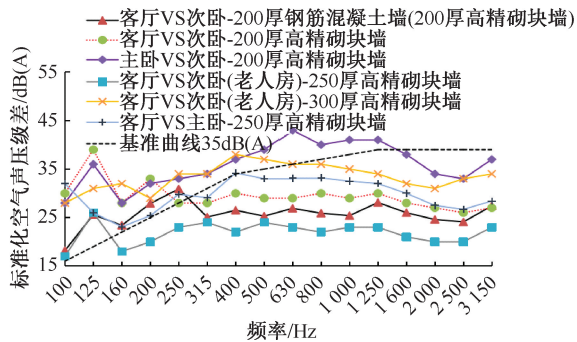


图4 各测试房间分室隔墙标准化声压级对比

Fig.4 Comparison of standardized sound pressure level difference in each test room

击声隔声标准65dB(A)以下水平。随着结构楼板厚度的增加,各测试楼板的标准化撞击声压级未体现出规律性变化,即楼板厚度的增加并不能有效改善撞击声隔声效果。由于撞击声压级主要表现为振动传声和部分侧向空气传声,即使楼板撞击隔声单值评价量 L'_{nT} 小于高要求住宅楼板撞击隔声标准65dB(A)高限值,但依然存在频谱曲线中有个别频率段超标问题。具体表现在本测试项目中165户型邻近卧室一侧设置的空调通风管井,风管穿楼板,管井用木作包裹成储物柜,管道橡塑保温棉包裹,但管道与结构墙体、楼板的四周均有较大空隙,且能手触风感。户内穿楼板的管道、管井都是隔声薄弱点(声桥),不仅影响楼板空气隔声,同样会影响撞击声隔声效果^[1]。在实测中发现,风井管道处测试的客厅走廊在125~200Hz频段内、邻近管道的卧室在250~400Hz频段内均超出基准线频段值2~4dB(A)。因此,上下楼层间管道传声会在室内产生低频噪声的侧向干扰。

3)本项目住宅分户隔墙有2种构造做法,厚度均为200mm,但与基准评价曲线对比,200mm厚组合墙体在160~1000Hz频段内均处于基准曲线下部,在不利偏差之和 $\leq 32\text{dB(A)}$ 的条件下,得出200mm厚组合墙体计权标准化声压级差+粉红噪声频谱修正量49dB(A),低于高要求住宅分户墙空气声隔声量 $\geq 50\text{dB(A)}$ 的低限要求。从频谱曲线上也能看出,该组合墙体存在漏声点,中高频隔声性能偏离了基准曲线。在该项目施工资料中发现,组合墙体未抹灰处理,且墙体上方缝隙用发泡胶封堵,为声传递提供了条件。200mm厚钢筋混凝土墙计权标准化声压级差+粉红噪声频谱修正量在48~50dB(A),同样未达要求。

4)分室墙构造做法以200mm厚高精砌块墙为主,部分墙体厚度达到250mm和300mm。然而,由

图 4 可知,仅有 1 条曲线完全高于 $D_{nT,w} = 35\text{dB(A)}$ 的基准线,且隔声性能并未呈现规律性提升。其原因主要为高精砌块墙(高精度蒸压加气混凝土砌块)本身的面密度较低($300 \sim 800\text{kg/m}^3$),远低于钢筋混凝土(2500kg/m^3),且内部有大量气泡,大大削弱了隔声性能^[2]。其次,现场勘察发现,卧室作为声源室或受声室时,门洞上方均有回风管道穿墙而过。虽然管道四周缝隙已采用岩棉填充,但填充不密实,且门板为非专业隔声构造,隔声性能不足,侧向传声路径未得到有效阻断,因此实测数据大部分偏离低限 35dB(A) 要求。

4 隔声系统关键技术

4.1 墙体隔声技术

4.1.1 设计阶段

分户墙的隔声设计需从源头抓起,即在设计阶段就需精心选择材料与构造方案。依据质量定律,为实现更高的隔声标准,应选用面密度大、隔声性能优越的重质墙体作为分户墙,具体措施如下。

1) 墙体材质选择。优先采用重质墙体或重质墙体组合,对于有特殊静音需求的功能空间,建议选用加厚墙体或构建中空双墙结构。例如,钢筋混凝土墙体厚度 $120 \sim 300\text{mm}$,其计权隔声量由 48dB(A) 显著提升至 65dB(A) ^[3],考虑到施工工艺及材料因素的影响,隔声设计值应适度高于标准限值,建议钢筋混凝土墙体厚度至少达到 200mm 。当中空层厚 $100 \sim 300\text{mm}$ 时,双层砖墙(粉刷)和双层砌块墙(抹灰)的计权隔声量均可超过 50dB(A) 。

2) 砌块墙处理。选用砌块墙时,应进行双面抹灰处理,砌块强度等级不低于 B06,抹灰厚度 $\geq 15\text{mm}$,以确保计权隔声量在 $46 \sim 48\text{dB(A)}$,满足住宅分户墙隔声的低限值 45dB(A) 。若墙面需开槽(洞),应迅速采取密实封堵和抹灰等措施,以最大限度地减少声能传递。对于高要求的住宅隔声标准,采用加气混凝土砌块墙作为分户隔墙时,考虑到经济成本,可选择双 100mm 厚 B06 及以上等级的砌块,双侧抹灰厚度 $\geq 15\text{mm}$,中空 100mm ,即可达到计权隔声量 55dB(A) ^[4]。

3) 隔声关键部位处理。若住宅内邻近设备机房、电梯井道、风井管道等区域,分户隔墙应采用重墙加轻墙或中空双墙构造。设计双层墙结构时,应选用不同面密度的双墙,以削弱吻合效应对隔声性能的影响。此外,户内卧室分室墙隔声设计要求计权隔声量+粉红噪声频谱修正量($R+C$) $\geq 35\text{dB(A)}$,轻钢龙骨隔墙、轻质砌块隔墙等通常能满足此要求。当电梯井邻近住宅卧室、起居室(厅)时,应

采用中空双墙进行隔声,并在隔墙设计时增设 1 层减振垫及填岩棉等,形成双重隔墙体系,有效消除电梯井的低频传声。

4.1.2 施工阶段

设计与施工之间的矛盾在工程领域长期存在,因此应高度重视墙体施工的细节。

1) 隐蔽工程。严格按照图纸要求施工,蒸压加气混凝土砌块墙体双面抹灰处理厚度 $\geq 15\text{mm}$ 。理论计算表明,抹灰前后隔声性能差异可达 $2 \sim 3\text{dB(A)}$ 。

2) 缝隙封堵。墙体缝隙应采用混凝土加发泡封堵,其隔声性能优于单纯发泡封堵。

3) 管线开槽补偿。合理布线和插座位置,避免在同一隔墙同一位置的两侧同时安装线盒。墙体管线安装时的开槽与槽(洞)口处应及时修补,采用岩棉、腻子、防火泥、隔声胶等材料进行密实封堵,必要时采取多种复合措施。实践得知,开槽深度超过抹灰层时,采用 C20 混凝土回填后附加玻纤网格布,隔声量恢复率达 95% ^[5]。

4.2 楼板隔声技术

4.2.1 设计阶段

楼板的声能传递主要通过楼板与围护结构之间的缝隙以及楼板振动向上下层房间辐射^[5]。常用的钢筋混凝土现浇实心楼板或预制空心楼板在空气声隔声方面理论上能满足分户楼板空气声隔声标准 $D_{nT,w}+C \geq 50\text{dB(A)}$ 的要求,但撞击声隔声性能较差。因此,采取以下关键措施。

1) 面层处理。在楼板面层上铺弹性材料,如地毯、橡胶地板、软木地板等,能有效减小撞击能量,提高楼板撞击声的隔声性能。

2) 浮筑楼板。在楼板的基层和面层之间铺设弹性垫层材料,如隔振垫、保温棉等,避免形成“声桥”,表面仍采用混凝土浇筑,把弹性垫层夹在楼板中间,使地板面层受撞击产生的振动只有一小部分传至基层后向楼下辐射噪声^[6]。实践表明,本测试项目的楼板均铺设 8mm 厚隔振垫,实际施工采用的是橡塑保温棉,但其隔声效果还是优于普通住宅楼板。

3) 隔声吊顶。在楼板下设置吊顶,使吊顶与楼板间形成空腔,以隔绝空气传声。

4) 缝隙封堵。所有穿楼板的管道(井)洞口及与围护结构衔接的缝隙,均应采用防火泥、密封胶等材料进行密实封堵。

4.2.2 施工阶段

在楼板结构施工中,为防止“声桥”现象,楼板

面层与围护结构交接处采用隔离措施。地面与墙之间踢脚部位应设置垂直减振垫。楼板基层铺设的减振垫接缝处应保持平整性和整体性,采用自粘性搭接,搭接宽度 $\geq 50\text{mm}$,搭接处可用宽 $40\sim 50\text{mm}$ 纸质或塑料胶纸闭合,以防上层水泥砂浆渗入垫板下。

4.3 室内风管(井)隔声技术

室内风管(井)敷设无法避免穿楼板、墙板,因此,对已形成的“声桥”区域进行隔声处理至关重要,具体措施如下。

1) 断开“声桥”。将管道外壁做好保温棉包扎处理,法兰接口处四周放置弹性减振垫片。

2) 缝隙封堵。对施工过程中产生的结构洞口、缝隙进行密实封堵。可采用双层防火泥(内层柔性+外层刚性)封堵,可使空气声隔声量 $D_{nT,w}+C$ 提升 $6\text{dB}(A)$ 。

3) 消声处理。对风管主通道增加阻抗复合消声器,如在主通道设置 1.2m 的消声器,插入损失量可达 $15\text{dB}(A)$ 。其次,管道连接采用柔性材质,如采用硅橡胶减振接头等。

4) 隔声处理。户内可利用木作装饰遮蔽风管(井)设备,不仅美化隐蔽设备管道,还能起到隔声效果。

现场测试数据显示,对风管管道在户内进行快速封堵处理后,管井走廊处楼板空气隔声量提升了 $4\text{dB}(A)$,邻管井次卧提升了 $2\text{dB}(A)$,表明施工阶段处理好楼板、隔墙洞口的缝隙对提升住宅隔声性能具有显著作用。

5 结语

本文基于某“五恒”住宅实践案例的现场测试

与研究发现,“恒静”目标易受管道声桥、墙体抹灰缺失、风管穿墙洞口等细节处理不当的影响。因此,严控缝隙密实封堵、优先采用重质墙体并完成抹灰、对穿楼板/墙管道进行有效的隔振消声处理,是提升此类住宅隔声性能的关键。

参考文献:

- [1] 王军强. 住宅浮筑楼板撞击声改善量试验[J]. 声学技术, 2020, 39(3): 329-333.
WANG J Q. Experimental study on impact sound improvement of residential floating floor[J]. Technical acoustics, 2020, 39(3): 329-333.
- [2] 薛小艳. 楼板重击撞击声噪声降低方法研究[J]. 中国环保产业, 2019(10): 156-161.
XUE X Y. Study on noise reduction method of floor-slab thump and impact sounds[J]. China environmental protection industry, 2019(10): 156-161.
- [3] 张毅. 加气混凝土砌块墙体空气声隔声现场实测研究[J]. 建筑科技, 2020(2): 61-64.
ZHANG Y. Field test on sound insulation performance of aerated concrete block wall[J]. Building technology, 2020(2): 61-64.
- [4] 孙光明. 暖通空调系统的降噪措施分析[J]. 城市建筑空间, 2022, 29(S1): 345-346.
SUN G M. Analysis of noise reduction measures for HVAC system[J]. City & house, 2022, 29(S1): 345-346.
- [5] 王军强. 绿色建筑楼板声学性能优化研究[J]. 声学技术, 2019, 38(6): 665-669.
WANG J Q. Research on the acoustic performance optimization of green building floor slabs[J]. Technical acoustics, 2019, 38(6): 665-669.
- [6] 吴晓春, 倪惠冰. 居住建筑浮筑楼板保温隔声技术的应用研究[J]. 新型建筑材料, 2019, 46(11): 91-93, 98.
WU X C, NI H B. Application research on thermal and sound insulation technology of floating floor in residential buildings[J]. New building materials, 2019, 46(11): 91-93, 98.
- [14] 张经双, 段雪雷, 马冬冬. 氯盐和冻融耦合下水泥土的强度和破坏特征[J]. 冰川冻土, 2020, 42(2): 515-522.
ZHANG J S, DUAN X L, MA D D. Strength and failure characteristics of soil-cement under coupling of chloride salt and freeze-thaw cycles[J]. Journal of glaciology and geocryology, 2020, 42(2): 515-522.
- [15] 张城芋, 江双双, 陈四利, 等. 赤泥-水泥复合土的工程特性试验研究[J]. 排灌机械工程学报, 2023, 41(5): 475-480.
ZHANG C Y, JIANG S S, CHEN S L, et al. Experimental study on engineering properties of red mud-cement composite soil[J]. Journal of drainage and irrigation machinery engineering, 2023, 41(5): 475-480.
- [16] TAMUT Y, KALITA A, SINGH S K. A study on strength behaviour of seasonal frozen soils stabilized with cement and wood ash[C]//Sustainable construction materials. Singapore: Springer, 2022: 93-105.
- [17] 陈四利, 史建军, 于涛, 等. 冻融循环对水泥土力学特性的影响[J]. 应用基础与工程科学学报, 2014, 22(2): 343-349.
CHEN S L, SHI J J, YU T, et al. Effect of freezing-thawing cycle on the mechanical behaviors of cemented soil[J]. Journal of basic science and engineering, 2014, 22(2): 343-349.
- [18] 张经双, 段雪雷. 冻融循环下不同龄期水泥土损伤特性和能量耗散[J]. 硅酸盐通报, 2019, 38(7): 2144-2151.
ZHANG J S, DUAN X L. Effects of freeze-thaw cycles on damage characteristics and energy dissipation of soil-cement at different ages[J]. Bulletin of the Chinese ceramic society, 2019, 38(7): 2144-2151.

(上接第98页)