

何建荣,周正协,徐巧,等. 高层住宅二次供水泵房噪声控制方法与应用实例[J]. 净水技术, 2021, 40(4):149-153.

HE J R, ZHOU Z X, XU Q, et al. Noise control and application of secondary water supply pump room for high-rise buildings[J]. Water Purification Technology, 2021, 40(4):149-153.



扫我试试?

## 高层住宅二次供水泵房噪声控制方法与应用实例

何建荣,周正协,徐巧,刘志刚,水永,柳叶潇

(宁波市自来水有限公司,浙江宁波 315041)

**摘要** 随着城市高层住宅数量的急剧增加以及人们维权意识的不断增强,二次供水加压泵房噪声问题已成为目前城市内噪声的一个突出问题,逐渐受到人们的重视。针对二次供水泵房噪声产生的原因、特点及治理方法进行探讨,并结合宁波市住宅小区泵房噪声治理工程实例及应用效果分析,为二次供水泵房噪声控制提供切实可行的治理方案,旨在解决二次供水泵房引起的噪声扰民问题。

**关键词** 住宅 二次供水泵房 噪声 噪声治理

**中图分类号:** TU991.35 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-0177(2021)04-0149-05

**DOI:** 10.15890/j.cnki.jsjs.2021.04.026

## Noise Control and Application of Secondary Water Supply Pump Room for High-Rise Buildings

HE Jianrong, ZHOU Zhengxie, XU Qiao, LIU Zhigang, SHUI Yong, LIU Yexiao

(Ningbo Water Supply Co., Ltd., Ningbo 315041, China)

**Abstract** With the increase of high-rise buildings and the enhancement of people's awareness of safeguarding rights, the noise of environment in secondary water supply pump room is an important problem within current city, which has been paid more and more attention. The causes, characteristics and control methods of the noise based on the case of pump room noise control in Ningbo were discussed. It aimed to provide a feasible scheme for noise control of pump house.

**Keywords** residence secondary water supply pump room noise noise control

随着城市化进程的加快以及房地产行业的兴起,城市土地资源日渐紧张。高层住宅建设模式有效利用了城市的垂直空间,节省了城市用地的同时改善了人们的居住条件,因此,近年来城市高层住宅数量急剧增加,但同时也引起了一系列如光污染、噪声污染等环境污染问题。其中,二次供水泵房作为高层住宅的必备配套设施,其噪声污染已成为目前诸多高层住宅面临的突出问题,与此同时,随着人们维权意识的增强,二次供水泵房噪声投诉问题屡见不鲜。因此,通过有效的技术措施降低二次供水泵房的噪声污染是保障居民身心健康与日常生活的重

要手段。

自2011年以来,宁波市自来水有限公司全面启动中心城区中高层住宅二次供水设施集中改造,并于2014年基本完成。面对诸多老旧小区水泵房噪声影响问题,如何根据实际情况编制噪声整治方案则显得尤为重要。因此,本文通过综合分析二次供水泵房噪声来源、特点以及噪声整治工程的实践心得,对二次供水泵房噪声整治方案进行探讨,为改善高层住宅居住环境质量提供相应对策与实践经验。

### 1 泵房噪声来源及特点

泵房噪声主要包含:水泵工作噪声、电机噪声及其他噪声。

(1)水泵工作噪声主要为机械噪声,由于水泵叶轮等旋转部件不平衡而使水泵在工作中产生振

[收稿日期] 2020-04-26

[作者简介] 何建荣(1973—),男,硕士,研究方向为饮用水安全保障技术,E-mail:zcigmondliu@126.com。

动,引起结构振动噪声<sup>[1]</sup>。振动噪声通常以弹性波的形式通过水泵传递到支撑结构及相连的供水管线上,引起楼板或墙体微振动而辐射噪声。水泵工作噪声还包含气蚀噪声和液压噪声等,其中,结构噪声具有频率低、声波长、衰减缓慢等特点,不易吸收和隔离,是泵房噪声问题中较为普遍的噪声。

(2)电机噪声主要包含空气动力噪声、电磁噪声和机械噪声。电磁噪声为电机中定子、转子和整个电机结构的振动所产生的一种低频噪声;而机械噪声则是电机运转部分的摩擦、撞击、不平衡以及结构共振形成的噪声。这部分噪声通常通过空气传播,随着传播距离的增大会发生明显衰减,在泵房噪声中并不突出。

(3)其他噪声主要包括泵房进水系统噪声、水锤噪声等,进水系统噪声主要包含进水口水流冲击储水界面形成的落水噪声以及浮球阀形成的喷射噪声及涡流噪声<sup>[2]</sup>。水锤噪声则是水泵启闭时管道内压力波动引起的水流撞击噪声。这几类噪声均能通过设备结构上的调整进行消除。

## 2 泵房噪声控制原理及方法

噪声控制通常通过削减噪声源、限制传播途径控制及控制噪声接受点3方面进行。泵房噪声通常通过固体或者空气传播,因此,在泵房噪声控制中普遍采用隔振减振、吸声等措施<sup>[3]</sup>。

(1)隔振减振措施。隔振减振是通过在振源及固定结构中设置隔振减振装置,用柔性弹性连接替代刚性连接等方式,从而削减振源的振动能量传递。泵房的隔振减振通常是从水泵及连接管道上入手,主要包含水泵机组的隔振减振及连接管道减振等。①水泵的隔振减振通常采用弹簧阻尼减振装置或橡胶隔振垫等隔振元件将水泵与基础结构隔离。隔振元件具有声阻抗明显的特点,从而降低和消除由水泵传递到基础的振动力<sup>[4]</sup>。②连接管道减振通常在水泵与管道的连接部位采用柔性橡胶补偿软连接,从而减少了振动从水泵到管道的传递。为了避免管道在安装过程中通过吊架传递到墙体,通常采用弹性吊架,在泵房空间允许的条件下,尽可能采用落地管道支架并进行减振处理,从而减少管道振动向楼板的传递。在管道与墙体连接处采用橡胶垫、玻璃棉等柔性吸声材料进行减振处理。

(2)吸声措施。吸声是利用吸声材料对声波的

黏滞阻力,降低噪声声能,从而到达控制噪声传播的目的。吸声材料通常松软且多孔,如聚氨酯泡沫塑料、岩棉、玻璃棉等是常见的吸声材料。泵房吸声措施通常是在顶棚及周边墙体设置吸声装置,由于水泵运行过程中产生的空气噪声通常不高于85 dB,而现浇120 mm的混凝土层对空气噪声的隔声量基本在50 dB以上,因此,若用户与水泵距离仅隔一层楼板时,必须要对泵房进行吸声处理。通常采用吸声吊顶、吸音墙及吸声屏等方式就能达到较好的噪声消除效果<sup>[5-6]</sup>。

(3)其他措施。针对其他类型的噪声,如水锤噪声通常在出水管上设置缓闭止回阀的方式降低水锤作用引起的振动和噪声。水箱进水噪声通常在进水管上设置调节孔板,降低进水高压引起的管道振动噪声,在水箱进水口设置布水器或落水消声器等方式,降低水箱内的落水噪声,采用电磁阀代替浮球阀,消除浮球阀的喷射噪声及涡流噪声<sup>[7]</sup>。

## 3 泵房噪声控制应用实例分析

### 3.1 隔振减振案例分析

#### (1)工程简介

宁波市某A小区为35幢高层住宅,水泵房设置在地下室一层,地上一层为用户住宅。泵房内二次加压供水系统分高、中、低3个区,供水方式为水箱加变频供水,泵房内共设有4套加压泵组12台水泵。该幢二层用户反映入住后一直受地下水泵房噪声困扰,严重影响日常生活,要求对水泵房噪声进行治理。

#### (2)治理前噪声测试

为掌握水泵房噪声源特性及噪声情况,在治理前针对用户房间进行夜间倍频带声压级和等效声级测试,测试结果如表1所示。从现场测试结果可以看出,用户住宅中卧室及客厅噪声级存在不同程度超标现象。

#### (3)治理措施

水泵的隔振减振。通过对水泵房现场调查后,确定泵房噪声主要来源于水泵机组振动及相连管道的共振。水泵由于使用年限较长,联轴器磨损严重,因此,首先通过对水泵联轴器的更换降低水泵的振动。与此同时,在泵组与混凝土基础间设置高性能阻尼弹簧隔振器(图1),频率为2~5 Hz,隔振效率在90%以上,隔振器阻尼比为0.05,有效防止水泵

表 1 治理前泵房噪声测试  
Tab. 1 Noise Test of Pump House before Control

| 监测点                   | 检测时间  | Leq/dB(A) | 倍频带声压级/Hz |      |      |      |      |
|-----------------------|-------|-----------|-----------|------|------|------|------|
|                       |       |           | 31.5      | 63   | 125  | 250  | 500  |
| 卧室噪声级/dB(A)           | 23:00 | 32.6      | 39.5      | 35.8 | 35.2 | 33.7 | 26.8 |
| 客厅噪声级/dB(A)           | 24:00 | 33.8      | 38.7      | 29.8 | 34.7 | 35.6 | 28.4 |
| GB 22337—2008, 1 类功能区 | A 类房间 | ≤30       | ≤69       | ≤51  | ≤39  | ≤30  | ≤24  |
| 夜间限值 Leq/dB(A)        | B 类房间 | ≤35       | ≤72       | ≤55  | ≤43  | ≤35  | ≤29  |

注:卧室噪声级标准参考《社会生活环境噪声排放标准》(GB 22337—2008)表 3 中 1 类功能区 A 类房间限值,客厅噪声级标准参考 B 类房间限值

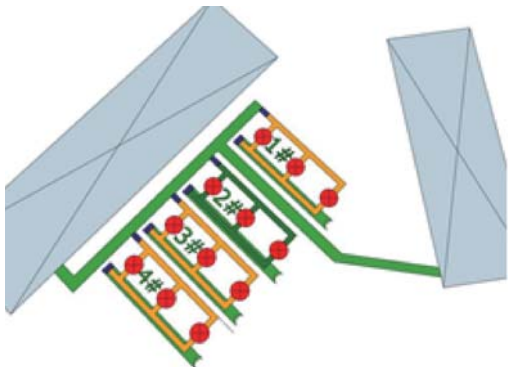


图 1 水泵基础隔振改造

Fig. 1 Vibration Isolation of Pump Foundation

运行过程中固体噪声向地面的传递。

连接管道的隔振减振。治理前泵房内管道与梁板均采用刚性支架固定,管道与墙壁为刚性连接,未加装任何隔振措施。因此,将给水管吊架更换为落地管道支架,并在支架底端加装隔振器。同时,将管道穿墙位置进行周边凿空处理,在管道与墙体间加装填充玻璃棉,有效降低了管道振动向墙体的传递(图 2)。

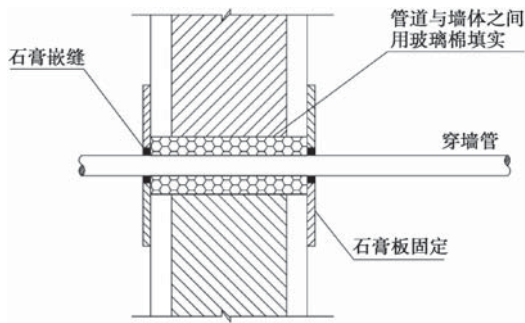


图 2 管道隔振改造

Fig. 2 Vibration Isolation of Pipeline

(4) 治理后噪声测试

对泵房进行整体减噪处理后测试结果如表 2 所示。治理后用户住宅中卧室等效 A 声级下降 7.3 dB,客厅下降 6.6 dB,泵房噪声削减明显,倍频带声压级和等效声级均达到环境噪声相应标准。因此,通过对水泵房进行整体减振降噪处理后,用户住宅内噪声明显改善。回访后户主也反映目前已基本消除泵房噪声影响,对治理效果表示满意。

表 2 治理后泵房噪声测试  
Tab. 2 Noise Test of Pump House after Control

| 监测点                   | 检测时间  | Leq  | 倍频带声压级/Hz |      |      |      |      |
|-----------------------|-------|------|-----------|------|------|------|------|
|                       |       |      | 31.5      | 63   | 125  | 250  | 500  |
| 卧室噪声级/dB(A)           | 23:00 | 25.3 | 42.5      | 32.7 | 28.6 | 24.5 | 21.7 |
| 客厅噪声级/dB(A)           | 24:00 | 27.2 | 44.2      | 30.6 | 30.7 | 25.3 | 22.6 |
| GB 22337—2008, 1 类功能区 | A 类房间 | ≤30  | ≤69       | ≤51  | ≤39  | ≤30  | ≤24  |
| 夜间限值 Leq/dB(A)        | B 类房间 | ≤35  | ≤72       | ≤55  | ≤43  | ≤35  | ≤29  |

注:卧室噪声级标准参考《社会生活环境噪声排放标准》(GB 22337—2008)表 3 中 1 类功能区 A 类房间限值,客厅噪声级标准参考 B 类房间限值

3.2 吸声处理案例分析

(1) 工程简介

宁波市某 B 小区为 11 幢高层住宅,水泵房设

置在地上一层,与住宅楼相连但不共墙。住宅部分地上一层为架空层,地上二层为用户住宅。泵房内二次加压供水系统分低区和高区,供水方式采用无



负压供水,泵房内共设有 2 套加压泵组 6 台水泵。相邻住宅二层用户反映水泵房噪声影响正常休息,尤其在夜间水泵运行时有明显蜂鸣声,要求对水泵房噪声进行治理。

#### (2) 治理前噪声测试

在治理前针对用户房间进行噪声测试,测试结果如表 3 所示。由表 3 可知,用户住宅中噪声均符合环境噪声相应标准。但用户反映仍受噪声困扰,因此,通过对水泵房噪声特点分析后,确定对泵房进行吸声降噪处理。

表 3 治理前泵房噪声测试  
Tab. 3 Noise Test of Pump House before Control

| 测量值<br>监测点            | 检测时间  | Leq  | 倍频带声压级/Hz |      |      |      |      |
|-----------------------|-------|------|-----------|------|------|------|------|
|                       |       |      | 31.5      | 63   | 125  | 250  | 500  |
| 卧室噪声级/dB(A)           | 22:15 | 28.6 | 32.3      | 36.5 | 28.9 | 28.0 | 20.8 |
| 客厅噪声级/dB(A)           | 23:15 | 27.2 | 33.2      | 31.6 | 30.7 | 26.8 | 23.4 |
| GB 22337—2008, 1 类功能区 | A 类房间 | ≤30  | ≤69       | ≤51  | ≤39  | ≤30  | ≤24  |
| 夜间限值 Leq/dB(A)        | B 类房间 | ≤35  | ≤72       | ≤55  | ≤43  | ≤35  | ≤29  |

注:卧室噪声级标准参考《社会生活环境噪声排放标准》(GB 22337—2008)表 3 中 1 类功能区 A 类房间限值,客厅噪声级标准参考 B 类房间限值

#### (3) 治理措施及效果

通过现场调查,确定泵房噪声主要为水泵运行过程中的空气噪声。为了提高泵房的隔音效果,对泵房内墙及吊顶进行吸声处理。泵房内墙及吊顶采用厚度为 50 mm、密度为 35 kg 的吸音棉板处理,表面以穿孔率≤5%穿孔板护面,尽可能降低水泵空气噪声的传播。与此同时,现场发现泵房大门靠近用户阳台侧,为有效防止泵房噪声通过门体向外辐射,将泵房大门改为内部填充有 100 mm 厚超细玻璃棉的隔声门。治理后对用户进行回访,用户表示基本听不到原先的泵房噪声,对治理效果表示满意。

### 3.3 进水噪声治理案例分析

#### (1) 工程简介

宁波市某 C 小区为 15 幢高层住宅,水泵房设置在地下室一层,地上一层为架空层,地上二层为用户住宅。泵房内二次加压供水系统分高、中、低 3 个区,供水方式为水箱加变频供水,泵房内共设有 3 套加压泵组 9 台水泵。二层用户反映夜间卧室有明显噪声,影响休息。

#### (2) 治理前噪声测试

在治理前针对用户房间进行噪声测试,测试结果发现在用水高峰时段用户家中噪声明显,实测等效噪声级在 35 dB(A) 以上。通过对泵房勘查后发现,水箱进水管位置正好处于住户卧室投影面以下,判断噪声主要是由于进水管高压高流速引起的管道振动噪声通过墙体传递至用户端。

#### (3) 治理措施及效果

治理过程中,首先对水箱进水管进行改造,将进水管延伸至水箱液面下以降低水箱进水时的落水噪声。同时,在进水管处安装减压阀,降低进水压力与流速从而降低进水管的振动。改造后用户反映噪声减轻,但仍影响正常休息,于是对进水总管进行整体移位,并在进水管穿墙处凿空加装泡沫填缝剂,降低了管道振动噪声传递。整治后,通过现场噪声测试,用户室内噪声级已低于 30 dB(A),同时也得到了住户的认可。

## 4 结论

二次供水泵房噪声治理是一项综合性工作,与工程的设计、施工及后期的使用和维护等环节息息相关。因此,对于二次供水泵房噪声治理,需要多方面综合考虑,针对性地采取经济高效的治理措施,才能取得较好的效果。

(1) 在设计初期,二次供水泵房选址应尽可能远离居民住宅,如与住宅毗邻,则必须做好吸声降噪措施;同时,应充分考虑水泵的机械振动、管道共振、水锤作用、气蚀等可能引起噪声的问题,将噪声隐患在设计初期削减到最低限度。

(2) 在噪声治理过程中,首先应当对泵房噪声源进行科学分析,根据噪声源特点针对性地选择一种或多种噪声防控手段进行噪声治理。泵房内的管道连接建议采用柔性连接,减少噪声传递,在无法避免结构传播的前提下,采用减振垫、弹性支架等减震

元件是降低泵房振动噪声传播的有效手段。

(3)在后期运行过程中,应对水泵、电机和相关设施进行定期巡检及维护保养,从源头上削减震动及噪声。

### 参考文献

- [1] 胡嘉莹. 水泵房噪声与振动综合治理[J]. 环境与发展, 2018, 30(10): 236-237.
- [2] 王圣光, 江世强, 卓建文, 等. 水泵系统噪声与振动控制[J]. 环境工程, 2012(s1): 128-130.

- [3] 王庭佛, 郜树义. 高层住宅楼地下水泵房进水系统噪声的治理[J]. 噪声与振动控制, 2002, 22(4): 37-38.
- [4] 田文宝, 许岩, 李安起. 高层住宅地下室水泵噪声的治理[J]. 四川建筑科学研究, 2011, 37(6): 294-297.
- [5] 周健功. 建筑设备的噪声与振动控制[J]. 施工技术, 2010, 39(s2): 110-112.
- [6] 王琦, 刘日晖. 泵房噪声与振动控制工程实例与分析[J]. 噪声与振动控制, 2013, 33(s1): 322-325.
- [7] 朱文学, 廖嘉文. 水泵房噪声产生原因及控制措施浅析[J]. 通用机械, 2014(11): 84-86.

【编辑推荐】随着国内供水企业对二次供水的全面接管,二次供水设施,特别是二次供水泵房的高规格建设已经成为了供水企业工作的重点内容之一。二次供水泵房的建设不仅需要考虑到水质、安全和管理上的需求,也要考虑机电设备产生的噪声对社区居民生活的影响,但此类实践经验报道较少。文中针对二次供水泵房噪声控制问题,结合实践,以案例形式分享相关工作经验,对高规格二次供水泵房的建设可提供有用参考。

(上接第 51 页)

表 6 不同水样的加标回收率和精密度 ( $n=6$ )

Tab. 6 Recovery and Precision of Different Water Samples ( $n=6$ )

| 水样类型 | 低浓度加标 |      | 中浓度加标 |      | 高浓度加标 |      |
|------|-------|------|-------|------|-------|------|
|      | 回收率   | RSD  | 回收率   | RSD  | 回收率   | RSD  |
| 地下水  | 97.5% | 5.0% | 105%  | 2.1% | 98.4% | 2.5% |
| 地表水  | 98.5% | 5.9% | 102%  | 2.6% | 101%  | 1.8% |
| 出厂水  | 93.8% | 4.7% | 98.4% | 1.7% | 97.7% | 1.6% |
| 管网水  | 96.8% | 3.0% | 103%  | 2.3% | 102%  | 1.9% |

方法。水样经过滤后可直接进样,操作简便,5 min 内可完成测定,分析速度快,方法检出限为 0.02  $\mu\text{g/L}$ ,加标回收率在 93.8%~105%,灵敏度和准确度均可满足水中痕量乙草胺的分析测定,适用于水源水和生活饮用水中乙草胺的常规检测。

### 参考文献

- [1] 刘静, 陈鲲鹏, 王杰, 等. 乙草胺除草剂的环境行为及去除技术研究进展[J]. 山东建筑大学学报, 2019, 34(5): 60-65, 87.
- [2] 郭华, 杨红. 乙草胺及其它酰胺类除草剂在环境中的降解与迁移[J]. 农药, 2006, 45(2): 87-91.
- [3] 于志勇, 金芬, 李红岩, 等. 我国重点城市水源及水厂出水中乙草胺的残留水平[J]. 环境科学, 2014, 35(5): 1694-1697.

- [4] 国家卫生健康委员会. 20201948-Q-361 生活饮用水卫生标准[EB/OL]. (2020-04-27) [2020-6-16]. <http://std.samr.gov.cn/gb/search/gbDetailed?id=9EE8B082DBB621D6E05397BE0A0A43C4>.
- [5] 王鹤, 陈忠林, 沈吉敏, 等. 液液微萃取/气相色谱法速检水中四种酰胺类除草剂[J]. 中国给水排水, 2011, 27(12): 90-93.
- [6] 张艳丽. 气相色谱-质谱联用法测定水中的乙草胺[J]. 科技视界, 2019(20): 118-119.
- [7] 卞战强, 于建, 查玉娥, 等. 固相膜萃取-气相色谱/质谱法测定水中 3 种除草剂[J]. 中国给水排水, 2017, 33(4): 93-95, 108.
- [8] 陆梅, 丁长春. 高效液相色谱法测定水中 4 种酰胺类除草剂[J]. 环境监测管理与技术, 2007, 19(3): 35-36.
- [9] 环境保护部. 环境监测 分析方法标准制修订技术导则: HJ 168—2010[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2010.