降噪防尘移动作业室的设计和应用

俞志峰[1]，张 峥[1]，潘嘉乐[2]，刘国强[1]，姜晓敏[1]，曹之苓[2]
(1. 上海电力公司市区供电公司，上海 200008；2. 上海腾隆(集团)有限公司，上海 200001)

摘要：降噪防尘移动作业室能降低道路和管线施工所产生的噪声，防止扬尘，且使用便捷。其主体采用框架体和隔声吸声板构成，通过卡槽插接的连接方法实现快速拆卸、组装。底部滚轮使它能在施工中移动。隔声吸声板由复合材料构成，对中高频声波的吸收能力较强，能够降低 25dB(A)的噪声。它的防尘性能是通过配备喷淋装置来实现的，达到环保的标准。降噪防尘移动作业室的降噪防尘效果良好，对施工污染问题有一定的改善。该产品已成功应用于许多工地，极大地改善了工地周围居民的生活环境，取得了较好的社会、环境、经济效益。

关键词：降噪；防尘；移动作业；可拆卸
中图法分类号：TN911　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1000-3630(2008)-05-0722-04

Design and application of dustproof and mobile workroom for noise control

YU Zhi-feng[1]，ZHANG Zheng[1]，PAN Jia-le[2]，LIU Guo-qiang[1]，JIANG Xiao-min[1]，CAO Zhi-ling[2]
(1. *Urban Power Supply Company Smepc*，*Shanghai* 200080，*China*；2. *Shanghai Tenglong(Group) Co.Ltd*，*Shanghai* 200001，*China*)

Abstract：The dustproof and mobile workroom for noise control can reduce the noise from road construction or pipeline construction，which can also prevent from dust blowing and be used conveniently. The room consists of framework structure and the board which can isolate or absorb noise. Quickly dismantling or assembling of the room comes true through the way of linking by slots. Wheels in bottom drive it to move while contructional engineering running. The board for isolating or absorbing noise is composed of compound material，which is effective in middle or high frequency band so that the noise is reduced by 25dB(A). Dustproof is achieved by equipping with spray device，which reaches the environmental protection standard. The dustproof and mobile workroom for noise control has a good effect on noise reducing and dust preventing. It reduces the trouble of construction pollution to a certain extent，and has already been successfully applied in many workplace to improving the residents′ living environment and obtaining better，environmental and economic benefits.

Key words：noise control；dustproof；mobile work；knock-down

1 引 言

建筑工地文明施工，已经是社会的普遍要求，“文明工地”正进一步向“环保型”工地发展。随着开发建设步伐的加快，施工现场(特别是道路开挖)的噪声及粉尘污染对周围居民的影响这一矛盾已日益突出。以上海为例，环境噪声污染的投诉已占环保部门每年收到的投诉总量的 48%，其中由于管线夜间施工的噪声投诉占到 60%以上。解决施工噪声和粉尘污染已引起各级政府部门的重视。据介绍，2006 年全国环境污染治理投资为 2402.8 亿元，其中城市环境基础设施建设投资 1314.3 亿元；工业污染源治理投资 492.7 亿元；新建项目“三同时”环保投资 595.8 亿元。2006 年，环境污染治理投资占国内生产总值的 1.15%。

上海电力系统为确保上海电网安全运行和市民、企事业单位用电，正在加大电网建设力度，改善电网结构，进一步提高电网供电能力。这就要求

收稿日期：2008-05-15，修回日期：2008-08-30
作者简介：俞志峰(1973-)，男，上海人，工程师、经济师，研究方向为变、配电站振动与噪声治理，变电站智能化系统开发。
通讯作者：俞志峰，E-mail:Yuzf2001@126.com

电力部门对各变、配电站进行改造和扩容，同时还有大量架空线入地工程的实施。上述工程的施工现场都会进行开挖道路、敷设电缆，而施工现场往往又都与居民相隔很近，施工时所产生的噪声以及粉尘等污染已经成为急待解决的问题之一。为此，2006 年上海市电力公司科技立项，由上海市电力公司市区供电公司和上海腾隆（集团）有限公司共同研究开发了降噪防尘移动作业室（以下简称：作业室）。

市场调查表明：目前国内外施工使用的先进的低噪声风动或电动施工机具如风铲、风镐、电钻、凿洞机等在作业状态下噪声为100dB(A)~120dB(A)。若环境要求夜间≤50dB(A)的话，则必须降噪 50dB(A) 以上或施工场地离开敏感目标 300m 以上，这是比较困难的。国内风动或电动工具研究单位也对施工机具采取了不少降噪措施，但无突破性进展。国内部分施工单位在作业场所的周围设置固定式隔声屏障、隔声挡板、护栏或护罩等，有一定的降噪作用，但效果不明显。因此，通过利用现有降噪、防尘等技术，首先研制适用于电力系统的作业室，进而推广到其他行业，以适应建设工程发展和环境保护相结合的需要。

2　降噪防尘移动作业室的设计

2.1　作业室的设计要求

① 作业室应具有降噪防尘两种功能；

② 作业室可快速装拆，转移方便，以适应施工现场要求；

③ 作业室的总体尺寸控制在长×宽×高为(4000×2500×2200)mm^3，面积约 10m^2，以适应道路施工及移动需要；

④ 作业室的重量应<1.2t，分解后可以用载重 2t 卡车运输到现场，无道路限高限制；

⑤ 4 位工人 30min 内可在现场安装完毕，装卸和拼装作业室无需吊车等设备；

⑥ 为满足施工现场不同管线长度的要求，作业室可实现单元与单元之间的按长度方向连接接长。

2.2　作业室的隔声设计

无论是白色路面还是黑色路面开挖时，作业室降噪功能应满足夜间道路施工的作业要求，其隔声量应大于 20dB(A)。

降噪防尘作业室隔声构件若用单层匀质板材，其隔声量 R 可用下式计算：

$$R=20\lg\frac{\pi P_A f}{\rho C}\qquad(\text{dB})$$

式中 P_A 为隔声板单位面积质量(kg/m^2、1mm 厚钢板 P_A=7.8、1.0mm 铝板 P_A=2.6)

f 为入射声波频率(Hz)

ρ 为空气密度(kg/m^3、一般为 1.2)

C 为声波在空气中的传播速度(m/s，一般为 340)

本作业室隔声板采用多层复合结构，其平均隔声量$\overline{R}$可用下式估算：

$\overline{R}=18\lg(P_{A1}+P_{A2})+8+\triangle TL$ (dB)(当 $P_{A1}+P_{A2}>$ 100kg/m^2 时)

$\overline{R}=13.5\lg(P_{A1}+P_{A2})+13+\triangle TL$ (dB)(当 $P_{A1}+P_{A2}<$ 100kg/m^2 时)

式中 P_{A1}、P_{A2} 分别为双层结构的面质量(kg/m^2)；$\triangle TL$ 为附加隔声量(dB)

隔声构件的隔声量可以通过计算求得，也可以通过实验室实测给出。一般 1.0mm 厚钢板平均隔声量为 27.9dB，低频 250Hz 以下隔声量为 20dB 左右，中频 500Hz~1000Hz，隔声量为 25dB 左右，1000Hz 以上的高频隔声量>30dB。1.0mm 厚铝板平均隔声量为 20.5dB，低频隔声量只有 10dB 左右，中频 15dB，高频 25dB 左右。

本设计采用 1.0mm 厚采钢板+阻尼材料+50mm 厚防潮离心玻璃棉吸声材料(密度为 32kg/m^3)+0.7mm 厚穿孔采钢板护面，其综合隔声量经计算和类比调查，平均隔声量>30dB。

2.3　作业室吸声材料选用

为降低封闭空间内的混响时间，进一步降低作业室噪声对内对外的影响，隔声构件的内侧应进行吸声处理。

一般吸声处理前后的声级差$\triangle L$(dB)可按下式进行估算：

$$\triangle L=10\lg\frac{\overline{\alpha}_2}{\overline{\alpha}_1}=10\lg\frac{R_2}{R_1}=10\lg\frac{T(60)1}{T(60)2}\qquad(\text{dB})$$

式中：

$\overline{\alpha}_1$、$\overline{\alpha}_2$ 为吸声处理前后室内平均吸声系数；

R_1、R_2 为吸声处理前后室内房间常数(m^2)；

$T(60)1$、$T(60)2$ 为吸声处理前后室内混响时间(s)

$$R=\frac{S\overline{\alpha}}{1-\overline{\alpha}}\qquad(\text{m}^2)$$

$$T(60)=0.163V/A=0.163V/S\overline{\alpha}\quad(\text{s})$$

式中：S 为房间总表面面积(m^2)；V 为房间体积(m^3)；A 为房间吸声量(m^2)。

表1 50(mm)厚防潮离心玻璃棉吸声性能(密度32kg/m³贴实)
Table 1 Sound absorbing performance of the dampproof offcenter glass wool

频率/Hz	125	250	500	1000	2000	4000	平均吸声系数
吸声系数 α	0.24	0.63	0.91	0.97	0.98	0.99	0.78

本设计选用50mm厚防潮离心玻璃棉板贴实，密度为32kg/m³，其平均吸声系数$\overline{\alpha}$=0.78，详见表1。由表可见，中高频吸声性能优良。

防潮离心玻璃棉吸声性能稳定，不怕潮湿，回弹性好，不刺手。

针对作业室内风镐产生的噪声频谱特性以中高频为主，而本设计确定的隔声构件材料、结构，所选用的吸声材料等也是以隔离或吸收中高频声音为主，很有针对性，故降噪效果优良。

2.4 作业室的防尘设计

用隔声吸声板拼装而成的作业室，本身就形成了一个半封闭的空间，对外界就起了防尘的作用，减小了施工粉尘对外界的影响。在作业室内还配备了喷淋装置，有效地降低了作业室内粉尘浓度，保护了作业人员的职业健康与安全。

2.5 作业室的结构设计

作业室的透视图及照片如图1、图2所示。

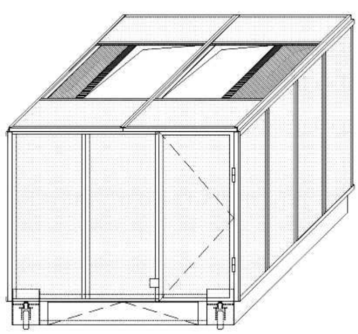

图1 降噪防尘移动作业室透视图
Fig.1 The perspective of the dustproof and mobile workroom for noise control

图2 降噪防尘移动作业室照片
Fig.2 The photograph of the dustproof and mobile workroom for noise control

作业室采用框架结构和插入式快速连接方式，由框架体、隔声围护件、移动滚轮和专用配件、附件组成。

框架体由底架、立柱和顶架组成。详见图3，框架体采用插接、铰链和销钉螺栓连为一体，快捷简便又牢靠。

底架外形尺寸长×宽×高为(4000×2500×335)mm³，立柱高为1850mm，顶架外形尺寸长×宽×高为(4000×2500×60)mm³。顶棚半封闭，由两块斜面隔声吸声板拼装而成。

整个作业室由20件隔声围护板块组成，其中墙面13块，顶面4块，隔声门1块，斜面2块。

作业室底部移动滚轮4个，其中2个是万向轮，可固定在45°、90°、135°三个位置，移动定向十分方便，并可起到刹车作用。

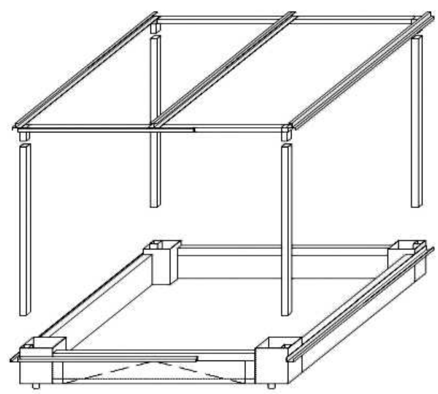

图3 作业室框架体结构示意图
Fig.3 The sketch of workroom's frame structure

3 降噪防尘作业的实测效果

道路开挖常见的有白色路面和黑色路面两种，在这两种路面上使用降噪防尘作业室的实际效果，由上海市环境监测部门进行了现场实测。

3.1 隔声效果

作业室内风镐在开凿白色路面时室内噪声为105.5dB(A)，室外1.0m处为84.1dB(A)；作业室内风镐在开凿黑色路面时，室内噪声为105.3dB(A)，室外1.0m处为83.2dB(A)。作业室内外声级差，即现场隔声效果都在21dB(A)以上，详见表2。

由于风镐是由空压机带动的，现场实测时空压机又是由柴油发电机组带动的，因此对空压机和柴油发电机组的噪声也同时进行了测定，实测效果也列于表2。空压机和柴油发电机组尽量远离作业室，以减小对作业室实测效果的影响。为了解其频率特性，测试了A、C声级。

表 2　作业室降噪效果实测值
Table 2　The practical measurement data of the workroom's noise control effects

序号	设备名称（工作情况）	测点位置	实测结果		备注
			A声级	C声级	
1	风镐（白色路面）	作业室内	105.5	107.7	
2	风镐（白色路面）	作业室外	84.1	89.5	作业室外 1.0m
3	风镐（黑色路面）	作业室内	105.3	106.9	
4	风镐（黑色路面）	作业室外	83.2	89.3	作业室外 1.0m
5	空压机	室外	73.1	86.8	距空压机 1.0m
6	柴油发电机	室外	79.7	89.4	距柴油发电机 1.0m

表 3　作业室降尘效果实测值
Table 3　The practical measurement data of the workroom's dustproof effects

序号	测试工况	测点位置	粉尘浓度（mg/m^3）
1	本底（无施工）室外一般空气	作业室外 1.0m	0.4
2	室外施工，无淋水，作业室外空气	作业室外	69.7
3	室内施工，无淋水，作业室内空气	作业室内	147.7
4	室内施工，无淋水，作业室外空气	作业室外	0.4
5	室内施工，淋水，作业室内空气	作业室内	8.8
6	室内施工，淋水，作业室外空气	作业室外	0.4
7	国家标准规定允许浓度≤10mg/m^3		

3.2　降尘效果

按国家标准 GB5748–85《作业场所空气粉尘测定方法》规定，对作业室不同工况下空气粉尘浓度进行了测定，其降尘效果列于表 3。采样点在作业室外 1.0m，离地高 1.0m，施工点在作业室内，分淋水和不淋水两种工况。本底情况取施工现场作业室外一般环境。

实测结果表明，施工作业时产生的扬尘已被有效地限制在作业室内，对外部环境基本无影响。作业室内已配备了喷水装置，在淋水时粉尘大幅度降低，基本达到国家标准规定。同时在作业室内工作的人员要求佩戴耳塞和口罩等劳动保护用品，有效地降低粉尘和噪声影响。

4　结语和展望

从 2007 年 5 月起，降噪防尘移动作业室已在上海中心城区多条管线施工现场进行了试点应用，受到了使用单位和附近居民的欢迎，达到了预期目标。

2007 年 7 月，由上海市电力公司、上海市建设管理办公室、上海市道路监察办、上海市环保局、上海市疾病控制中心、上海市环保协会等部门的专家组成的新产品鉴定委员会对“降噪防尘移动作业室”进行了鉴定，鉴定结论是：降噪防尘移动作业室具有良好的降噪、防尘性能，产品结构采用模块化设计，运输方便、现场装配快速、移动性好，适用于电力等管线局部施工场所。该产品属国内首创，同意通过产品鉴定，同时建议进一步完善产品结构和性能，扩大产品系列规格和使用范围，满足市场需求。

产品鉴定会之后，根据使用情况，又继续开发了适用于常规路面开挖、人行道路面开挖和电缆排管开挖等系列产品；同时，在使用材料上创新发展，开发出新型轻质材料，在满足原有降噪效果和牢固程度的基础上，作业室重量可减少到原来的 60%，进一步提高了产品的使用灵活性和美观程度。

上海市建委、市环保局等部门正考虑出台相关政策规定，积极推动在道路管线施工中使用降噪防尘措施。因此该项成果具有广阔的市场前景，社会效益、环境效益和经济效益显著。

参考文献

[1] GB5748-85《作业场所空气中粉尘测定方法》.
Methods for airborne dust measurement in workplace.

[2] GBJ87-85《工业企业噪声控制设计规范》.
Code for noise control design of industrial enterprises.

[3] 中国环境状况公报[R]. 国家环境保护总局，2006.
China environmental status bulletin[R]. China environmental protection administration，2006.

[4] 李太山. 城市环境空气中颗粒物污染特征分析[A]. 上海环境科学[C]. 2000.
LI Taishan. Analysis of particulate pollution in urban environment's air[A]. Shanghai environment science[C]. 2002.

[5] 吕玉恒. 噪声与振动控制设备及材料选用手册[M]. 北京机械工业出版社，1999.
LÜ Yuheng. Device of noise or vibration controlling and handbook of material selection[M]. Beijing Industry Publishing，1999.