

文章编号:1006-1355(2004)01-0037-05

540kW 柴油发电机组噪声治理

黄泽淦

(福州市环境科学学会,福州 350011)

摘要:柴油发电机组近年来广泛应用于高层综合办公楼和公用建筑作为备用供电的设备,它产生的噪声干扰应作治理。对 540kW 柴油发电机组的噪声频谱特性、综合治理的要求、治理方法、设计计算以及达到的实际效果作了介绍,可供参考。

关键词:声学;柴油发电机;消声器;吸声

中图分类号: TB53 **文献标识码:** A

The Noise Control of 540kW Diesel Electric Engines

HUANG Ze2gan

(Fuzhou Society of Environmental Science Senior Engineer Prof, Fuzhou 350001, China)

Abstract: The paper simply introduces the special noise character which 540kW Diesel Electric Engines make and the way of counting the energy which they produce. It mainly introduces how to use the muffler, sound absorption material and isolation mounting methods of the treatment and management on Noise Oscillation Control when 540kW Diesel Electric Engines run in the high building's ground room. With the methods the controlled noise is satisfied by the requirement of Environmental protection. The treatment and management method supplies references.

Key words: acoustics; Diesel Electric Engines, muffler, sound absorption material

引言

福建省地税局新建 23 层综合办公楼地处福州市铜盘路和二环路干道旁。为了向办公楼提供停电时的电源,在大楼地下室一层安装一台 540kW 劳斯莱斯风冷闭式水冷却型柴油发电机组。柴油发电机组的排风口和进风口设置在一楼通过阁棚向外进、排风。排风口和墙界距离约 12m。离墙界 2m 为省武警和省计生委的住宅楼。为使发电机组使用时其排风口和进风口的噪声对四周住户不产生干扰,对柴油发电机组噪声进行了综合治理。对柴油发电机组的噪声特性、治理要求、治理方法、设计计算,以及达到的实际效果作一介绍。

1 柴油发电机组的噪声特性

机房内柴油发电机组的噪声,是由柴油机的机械噪声、喷油燃烧噪声、进排气噪声、冷却风机噪声和发电机电磁声等组成。其噪声频谱是以低频声为主的宽频带噪声。

排气噪声是柴油内燃机最主要的噪声源,其噪声的频谱峰值在 63~250Hz。排气噪声的主频率可用下式计算

$$f = \frac{2kn}{60T} \quad (\text{Hz})$$

式中: k —— 柴油机的气缸数;

h —— 柴油机每分钟的转速 (r/min);

T —— 柴油机的冲程。

柴油机排气噪声的强度和发电机功率、转速等因素有关,并随柴油机的负荷大小有一定变化。在缺乏实测资料的情况下,柴油机排气噪声的总声级可用下式来估算

$$Lp = 121g + 30\lg n - 9 \quad (\text{dB})$$

式中: n —— 柴油机主轴每分钟的转速 (r/min);

N —— 柴油机功率 (W)。

一般说在民用建筑中采用的备用柴油发电机组功率在 250~1400kW 时,柴油机的噪声级在 105~110dB(A) 间,往往对四周的环境形成干扰。

近年来工程项目常采用风冷式柴油发电机组,这类机组在柴油机前部安装配套的轴流式冷却风机,由于这种风机直径大冷却风量旋转产生空气脉动噪声也可达 100dB(A) 左右。

工程安装的 540kW 劳斯莱斯柴油机其噪声级约在 108~110dB(A)。在通过铝格栅排气后辐射出的噪声估计要达 90dB(A),势必对界外的住宅区形成噪声干扰应作综合治理。

收稿日期:2003202220

作者简介:黄泽淦(1939),男,福州人,教授级高级工程师,主要研究噪声与振动控制工程的治理。

2 治理的要求

福建省地税局综合办公楼地处福州西二环干道和铜盘路旁,按福州市《城市区域环境噪声标准》适用区域划分图属福州市商业区(2类区)并在主干线旁(4类区)。为使柴油发电机组发电时对界外环境的干扰小于环保允许值,根据 GB3096 - 93《城市区域环境噪声标准》和 GB12348 - 90《工业企业厂界噪声标准》边界噪声执行标准,要求治理后靠界区围墙外 1m 昼间噪声级应小于 60dB (A),夜间应小于 50dB (A),以免对住户形成噪声干扰。

3 噪声综合治理措施

机组安装在地下层,对机组产生的噪声因事制宜作综合治理的具体设计可参见图 1 机房噪声治理平面图和图 2 机房噪声治理剖面图。

(1) 降低排气噪声

为降低柴油发电机最主要的噪声源排气噪声,

在柴油机排气管上除原有工业配套消声器(估计其消声量仅 3 - 5dB (A))外再增加一台复合阻抗排气消声器。从表 1 选用 C - 6A 型柴油发电机排气消声器。这种消声器设计时要求:一是消声器的阻力应尽量地小(< 50Pa)以免造成柴油机运行时发电功率下降;二是要求对以低中频为主的全频段排气噪声有高效的消声性能。其消声量一般应大于 35dB (A)以上。应提醒的是排气管(含弯管)、消声器和烟道对气流产生的总压损应小于柴油机组允许的背压值 6.7kpa 水柱。如果排气是通过管道排至高层的楼顶对排气管系统的总压损应作校核,如果阻损过大应加大烟囱的截面以减少阻力,否则过高的背压会影响柴油机的燃烧率,增加排气温度从而导致发动机功率损失,缩短机组寿命。综合办公楼共 23 层,建筑设计时大楼已设计了通向楼顶 80 余米的专用排气烟道。为了使烟道既能隔热又起隔声作用,将烟道设计成内外二层。内层为双层轻质隔热板,内填隔热材料;外层用空心砖砌成。二层烟道间留有 100mm 空隙,对隔声、隔热都有良好的效果。为降低 100 多米高烟道阻力,柴油发电机组排气管经消声器接入尺寸为 350 的钢制弯头与 400 × 400mm 内烟道相接。

(2) 降低机组冷却风机噪声

由于 540kW 柴油发电机组是采用轴流风机冷却循环水的风冷机组(即风冷闭式水冷却机组)。因此对冷却风机的噪声应作降噪处理后经排风口放空。机组排风先经过导风扩散口和导风挡板后,再经过排风消声器。气流在一层地面上通过铝格栅放空,见图 1、图 2。

设计要求导风扩散口的面积大于机组排风口面积的 1.5 倍,而排风消声器的净通道面积最好选择机组排风面积的 1.3 ~ 1.5 倍。由于冷却轴流风机性能是低压大流量的特性,因此,设计消声器的通道阻力系数应尽量地小。

排风消声器采用片式结构,其消声片长为 2500mm,片厚为 80mm,片距为 120mm。消声片用镀锌穿孔板内填玻璃布包裹的玻璃纤维毡(= 30kg/m²)制成,其优点是阻力小,耐腐蚀。消声器通道的流速在 8m/s 以内,格栅器流速在 5m/s 以下。开机时离排气口 1m 的噪声昼间测定小于 56dB (A),片式排风消声器消声量可达 40dB,说明消声效果良好。

(3) 降低进风轴流机噪声

省地税局通风设计中,为保证柴油机房的进风,按柴油机要求的通风量 54840m³/h 以及燃气量 2988m³/h,设计安装了二台 DZ - 10A 的低噪声轴

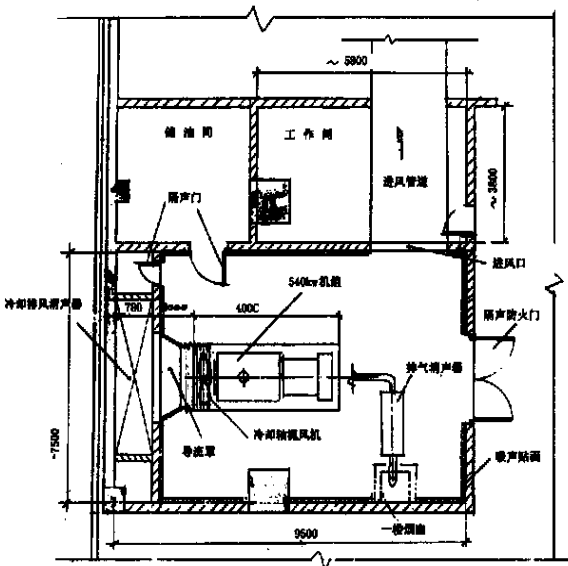


图 1 机房噪声治理平面图

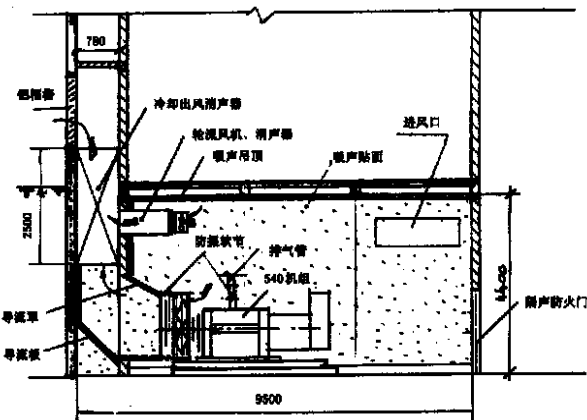
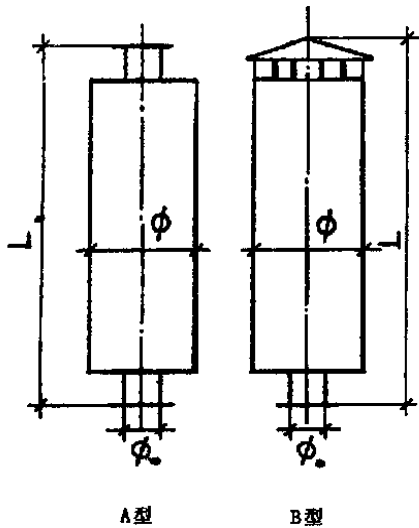


图 2 机房噪声治理剖面图

表 1 C型柴油发电机组复合阻抗消声器系列选用表

序号	型号	温度	排气量 (m ³ /min)	外形尺寸(mm)		消声器接口 尺寸 ₀ (mm)	重量 (kg)	
				外径 ₀ (mm)	安装长度 L			
					A 型			B 型
1	C-1	500	20	420	2200	2300	₀57 ×3.5	67
2	C-2	500	30	420	2200	2300	₀76 ×4	73
3	C-3	500	50	460	2200	2300	₀89 ×4	84
4	C-4	500	75	460	2200	2300	₀108 ×4	89
5	C-5	500	100	480	2200	2350	₀133 ×4	99
6	C-6	500	150	480	2200	2300	₀159 ×4	110
7	C-7	500	225	560	2200	2400	₀219 ×4	141
8	C-8	500	350	636	2200	2400	₀273 ×4	173



C型柴油发电机复合阻抗消声器系列外形尺寸图

流机作为加压送风机。这种轴流机虽属低噪声型在进风口噪声仍有 78.5—81dB(A)。因此,在进风口也应因地制宜作降噪处理。

进风口消声器的设计可参见图 3。它采用片式消声器,其消声片长 1m,片厚 80mm,片距 150mm。消声片用镀锌穿孔板内填用玻璃纤维布包裹的玻璃纤维毡(=30kg/m³)制成。在进风格栅口的背面,侧面和顶部也布置消声片以提高消声效果。进风口面积为 1.75m²,消声器净通道面积和格栅面积分别为 2.6m²和 3.8m²,流速为 5.5m/s。开机时距离进风格栅 1m 处的噪声级为 62dB(A),满足设计要求。

(4) 吸声处理

发电机房在地下室,面积长×宽为 9.5×7.5m²。在 540kw 柴油发电机组机旁的噪声级约为 108—110dB(A),由于机旁水泥地面,混凝土楼板和四周墙均对机组产生的直达声几乎不起吸收作用,而且还产生了室内混响噪声的干扰。

在机房的四周墙面和顶部布置吸声结构和吸声吊顶后,虽然不会降低机组的直达声,但可以吸收降低室内的混响声。具体做法在墙上安装 600×600 铝合金穿孔扣板,内填包裹玻璃纤维布的玻璃纤维

毡(=30kg/m³),穿孔板和墙的间距为 50mm。在机房顶部吊挂同样的结构的吸声复合层。从理论上说吸声处理可降低机房混响声 10dB。但由于地面仍是反射材料等因素,工程实际表明一般可降低 6—8dB。本项目吸声处理后机旁测定的噪声已降至 102dB(A)。

(5) 隔声处理

机房布置在地下室不开窗,机房四周墙采用砖墙。机房宽 1.8m,高 2m 的门采用隔声防火门,其隔声量 >30dB,开机时门外噪声级仅为 70.9dB。这些隔声处理满足机房外四周环境要求。

(6) 隔振处理

地下室柴油发电机组发电时,为减少机组的振动,在机组的钢架和混凝土基座间布置六个隔振器,从而消除了机组振动产生的固体声。以免通过地面梁柱传递办公楼层面造成干扰影响正常使用。

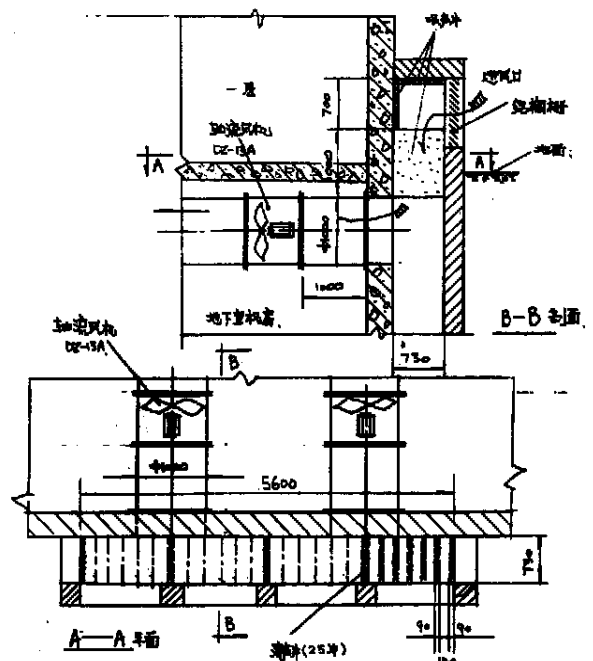


图 3 进风消声平剖面图

对于有采用隔振器的机组。一般要求混凝土基座的重量大于机组总重量的二倍。基座的宽度和长度的各边应超出发电机底座 300mm,基座内布水平网状钢筋离基座表面至少 75mm,钢筋间距为 150—300mm 较为合适。

为防止机组振动通过排气管传递,在机组排气管出口通过不锈钢软管与排气接管连接,在导风扩散口和机组间用阻燃性帆布做成四方软接连接以减少振动传递。这些措施都取得良好的隔振效果。

(7) 通风散热设计

为使机房内的噪声尽量少向外辐射干扰四周的环境,采用了封闭的隔声处理后,如果通风设计不当机组通过机壳产生辐射热会使机房温度提高。因此机组产生热量辐射于机房使室温升高的问题,在工程设计时应给予充分的考虑。一般允许开机时室温比为开机时高出 10 - 15 。当室外气温为 35 ,室温最高不应超过 45 ;当室外气温为 20 时,机房温度不应超过 35 。所以为保持室温在允许范围内机房内应有足够的通风量。

柴油发电机组产生的热量可用下式计算

$$Q = 10500 G \times N \times K (kcal/h)$$

式中: G —— 燃油耗油量 (kg/kW·h);

N —— 额定功率 (kW);

K —— 常数,一段取 0.25。

在柴油机产生的总热量中,一般 30% 的热能用于发动机作功,30% 通过循环冷却水和油介质排放,30% 热量通过排气管排放。通过机组柴油机壳体向

机房室内散发仅占总热量的 10%。对采用连机式散热器机组(即风冷闭式循环水冷却机组),机房内通风量计算可按下式计算

$$V = \frac{Q}{\rho \times C_p \times T} (m^3/h)$$

式中: Q —— 柴油机总排放的热量, (kcal/h);

ρ —— 空气密度(在 30 时,为 1.27kg/m³);

C_p —— 空气比热,一般取 0.24kcal/kg·°C;

T —— 进气和排气的温差,通常取 10 - 15 。

通常对此类机组,机组的通风量可以粗略计算,即等于机组冷却系统风机空气流量加上燃烧所需空气量之和。这些参数可从产品样本说明书中查得。一般设计中要求机房最好保持 5% 左右的负压风量。

在机房通风散热计算中,通风系统的阻力(即通道和进出风消声器阻力之和)大于柴油机系统背压时,则在通风系统中应考虑增加压风机。以确保机房有效地散热,并保持合理的温升使机组能长时间稳定运行。本项通风设计中设二台 DZ13 - 10A 轴流机作加压送风机。送风量为 40000m³/h 满足使用要求,机房通风良好。为使发电机组停机时机房散热。安置了一台 DZ13 - 5B 轴流机和配套消声器。

4 治理后的效果

经过上述噪声综合治理后,由福州市环境监测中心站进行实地测量,测量点的布置可见图 4。测定的数据可见表 2、表 3。

表 2 昼间噪声监测结果

序号	测点名称	结果 dB			备注
		L_{eq}	L_{max}	L_{min}	
1	柴油发电机组横向中心线 45 方向				
2	上距机组 2.8m 处	101.2	103.6	98.0	
3	发电机房隔声门外 1m	93.9	95.1	92.3	开门时
4	发电机房隔声门外 1m	70.9	72.4	69.6	关门时
5	1# 西界外 1m	52.3	53.7	51.2	
6	2# 西界外 1m	51.2	53.3	50.0	

表 3 夜间噪声监测结果

序号	测点名称	结果 dB			备注
		L_{eq}	L_{max}	L_{min}	
1	1# 西界外 1m	51.4	53.0	49.8	
2	1# 背景噪声	48.3			
3	1# 修正值	48.4			
4	2# 西界外 1m	49.1	51.6	47.9	包括背景噪声

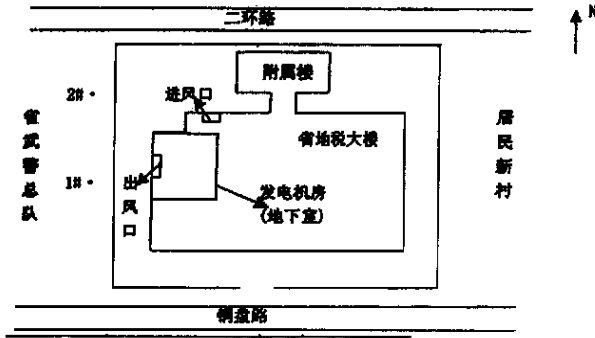


图 4 测量点布置图

从表 2 昼间噪声监测结果可以看出,靠近机房出风口和进风 1 # ,2 # 边界测点的昼间噪声分别为 52.3dB 和 51.2dB,低于该区域执行的 60dB(A) 昼间噪声标准。

从表 3 夜间噪声监测结果可知,1 # 夜间噪声经过背景噪声 48.8dB(主要来自交通噪声影响)修正后等效噪声级 Leg 值为 48.4dB,2 # 测点的发电机

噪声与外界的背景噪声迭加后夜间噪声 Leg 值为 49.1dB。它们都低于该区执行的 50dB 夜间噪声标准。

综合以上的测量结果表明,省地税局柴油发电机房中 540kW 发电机组运行时,它对边界所产生的噪声干扰可以达到环保的要求。治理取得完满的效果。

参考文献:

- [1] 马大猷编. 噪声与振动控制手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [2] 福州市环境监测站. 测定报告. 榕环测(2003)Nw003号, 2003, 1.
- [3] CATERPILLAR. 发电机组使用和安装手册[M]. 1998.
- [4] 中国环境保护产业协会噪声与振动控制委员会. 2002 年第九届全国噪声与振动控制工程学术会议论文集[C]. 2002.
- [5] 噪声振动控制设备选用手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.

(上接第 26 页)

限变形量时挠性接管仍无拔脱迹象(设备最大行程略大于极限变形量,在最大行程时结果与上相同),而且此实验已足能反映挠性接管变形达到设计要求时接头的抗拔脱能力,故不再进行过度拉伸。这种工况已超越实际使用工况极限的二倍,足够反映挠性接管的可靠性。实验示意图如图 2。

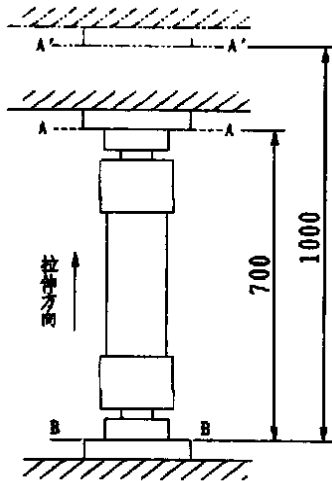


图 2 挠性接管拉伸实验示意图

实验测得三种规格挠性接管所受拔脱力与变形之间的关系曲线见图 3。

从实验结果可以看出,当挠性接管变形达到 100mm 时,抗拔脱强度 σ_2 小于受压抗拔脱强度 σ_1 ,

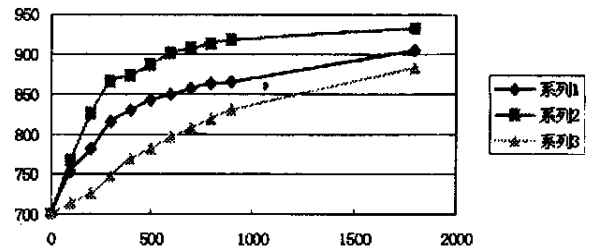


图 3 挠性接管拔脱力—变形曲线

即知挠性接管实际抗拔脱强度 σ_0 满足

$$\sigma_0 \leq E \max\{\sigma_1, \sigma_2\}$$

3 结论

通过爆破实验及拉伸实验可以看出, J YXR 型挠性接管无论是受压爆破还是受压极限位伸时接头都不会拔脱,从实际使用角度上讲可认为其为不可拔脱,从而证明它具有极高的可靠性,完全满足特种舰船的使用要求。

由于国内目前没有针对实际使用的抗拔脱强力相关标准,且受实验设备等条件限制,只对部分小口径挠性接管进行了测试,而对于大口径等具有特殊用途(例如抗冲击)的挠性接管来讲,其抗拔脱性能研究势在必行。因此,待实验条件成熟后必须作进一步的实验探讨,以求获得高可靠性挠性接管理想的抗拔脱强度标准。