

ICS 27.100
F 24
备案号: 53939-2016

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1518 — 2016

变电站噪声控制技术导则

Guideline for noise control technology of substation

2016-01-07 发布

2016-06-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	3
5 主要噪声源	3
6 噪声预测	3
7 可研阶段的噪声控制	4
8 设计阶段的噪声控制	4
9 建设阶段的噪声控制	7
10 检测与验收	7
11 运行与维护	8
附录 A (资料性附录) 变电站噪声控制流程	9
附录 B (资料性附录) 变电站噪声预测计算	11
附录 C (资料性附录) 辅助降噪设计程序及计算公式	19
附录 D (资料性附录) 常用墙板、门窗的隔声量, 常用消声器的消声量, 常用吸声材料的吸声系数	25

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由中国电力企业联合委员会提出。

本标准由电力行业环境保护标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：国网湖南省电力公司电力科学研究院、中国电力工程顾问集团中南电力设计院、国电环境保护研究院。

本标准主要起草人：周年光、周建飞、彭继文、朱林、胡胜、李铁楠、吕建红、吴晓文、杨湘衡、王佩华、阳金纯、高湛。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

变电站噪声控制技术导则

1 范围

本标准规定了变电站噪声对外环境影响控制的一般性原则、内容、流程和方法。

本标准适用于 110kV 及以上电压等级变电站的噪声控制，其他电压等级变电站可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 1094.10 电力变压器 第 10 部分：声级测定
- GB/T 2888 风机和罗茨鼓风机噪声测量方法
- GB 3096 声环境质量标准
- GB/T 3947—1996 声学名词术语
- GB 8624 建筑材料及制品燃烧性能分级
- GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
- GB/T 17247.2 声学 户外声传播的衰减 第 2 部分：一般计算方法
- GB/T 18699.2 声学 隔声罩的隔声性能测定 第 2 部分：现场测量（验收和验证用）
- GB/T 19512 声学 消声器现场测量
- GB/T 19884 声学 各种户外声屏障插入损失的现场测定
- GB/T 19885 声学 隔声间的隔声性能测定 实验室和现场测量
- GB/T 19886 声学 隔声罩和隔声间噪声控制指南
- GB/T 20247 声学 混响室吸声测量
- GB/T 20431 声学 消声器噪声控制指南
- GB 50463 隔振设计规范
- DL 462 高压并联电容器用串联电抗器订货技术条件
- HJ/T 16 通风消声器
- HJ/T 17 隔声窗
- HJ/T 90 声屏障声学设计和测量规范
- HJ/T 379 环境保护产品技术要求 隔声门
- HJ/T 384 环境保护产品技术要求 一般用途低噪声轴流通风机
- HJ 2016—2012 环境工程 名词术语
- JB/T 6891 风机用消声器 技术条件
- JB/T 8690 通风机 噪声限值
- JB/T 10088 6kV~500kV 级电力变压器声级

3 术语和定义

GB/T 3947—1996 和 HJ 2016—2012 界定的以及下列术语和定义适用于本标准。为了便于使用，以下重复列出了 GB/T 3947—1996 和 HJ 2016—2012 中的某些术语和定义。

3.1

比 A 声级 specific A-weighted sound level

风机在单位流量、单位压力时辐射的 A 声级，用 L_{AS} 表示，单位为 dB (A)。

$$L_{AS}=L_A-10\lg(H^2\times Q)+19.8$$

式中：

L_A ——风机 A 声级，单位为分贝 [dB (A)]；

H ——风机全压，单位为帕斯卡 (Pa)；

Q ——风机体积流量，单位为立方米每分钟 (m^3/min)。

3.2

声影区 sound shadow zone

由于障碍物或折射关系，声线不能达到的区域。

[GB/T 3947—1996，定义 2.82]

3.3

共振频率 resonance frequency

系统出现共振时的频率。

3.4

临界频率 critical frequency

频率上升到一定值，系统出现吻合效应时的最低吻合效应频率。

3.5

结构声 structure borne noise

建筑物中经过建筑结构传播而来的机械振动引起的噪声。

[GB/T 3947—1996，定义 12.6]

3.6

混响时间 reverberation time

声音已达到稳态后停止声源，平均声能流密度自原始值衰变到原来的百万分之一（即衰减 60dB）所需要的时间。

[GB/T 3947—1996，定义 12.47]

3.7

吸声系数 sound absorption coefficient

声波入射到材料表面所吸收的声能与入射到该表面的声能之比。

[HJ 2016—2012，定义 6.2.6]

3.8

插入损失 insertion loss

现场测定的某一特定点，在隔声结构（消声器）设置前与设置后的声压级差。

[GB/T 3947—1996，定义 5.39]

3.9

传递损失 transmission loss

入射声压级和通过隔声构件、消声器传递的声压级之差。

3.10

噪声敏感建筑物 noise-sensitive buildings

医院、学校、机关、科研单位、住宅等需要保持安静的建筑物。

3.11

预测值 prediction value

预测点的贡献值和背景值按能量叠加方法计算得到的声级。

3.12

抗性消声器 reactive muffler

利用管道声学特性的突变，使沿管道传播的某些特殊频段的声波被反射回声源，从而达到消声效果的消声设备。

[HJ 2016—2012，定义 6.2.32]

3.13

阻性消声器 resistive muffler; absorption silencer

利用铺设在气流通道内的吸声材料，将声能转变为热能，使声波能量衰减的消声设备。

[HJ 2016—2012，定义 6.2.31]

3.14

再生噪声 regenerated noise

气流在消声器内产生的噪声，包括气流与消声器内的支柱、吸声结构的面板及管壁的作用产生的噪声。

4 总则

4.1 变电站噪声控制应遵循预先控制、综合防治、技术先进、经济合理的原则。

4.2 变电站噪声控制应以符合 GB 12348、GB 3096 相关要求为目标。

4.3 新建变电站噪声控制应综合考虑变电站选址、方案选择、平面布置、设备选型、布局优化等环节中的噪声控制措施，必要时可采用隔声、消声、吸声和隔振等降噪措施。新建变电站噪声控制一般工作流程可参考附录 A 的 A.1。

4.4 在运变电站的噪声治理应结合变电站的布置形式和周围声环境状况制定相应的治理方案。在运变电站噪声治理工作流程参见附录 A 的 A.2。

4.5 变电站的噪声控制除应执行本标准的规定外，还应符合现行国家、电力和其他相关行业标准。

5 主要噪声源

5.1 变电站的主要噪声源应包括变压器、电抗器、电容器、风机和产生电晕噪声的导体、金具等。

5.2 变压器的噪声应包括本体噪声和冷却装置噪声。本体噪声主要由铁芯硅钢片磁致伸缩及绕组电磁力引起的振动而产生，并通过铁芯垫脚和绝缘介质传递给箱体和附件。冷却装置噪声主要由循环冷却泵、散热风扇产生。

5.3 电抗器噪声主要由绕组振动、磁致伸缩产生。

5.4 电容器噪声是由电容器单元介质内电极间产生的电场力及电磁力引起元件振动而产生。

5.5 风机噪声主要由空气流动、机械振动产生。

5.6 电晕噪声是由于变电站内带电导体、金具表面的高强度电场使周围的空气发生游离放电而引起的可听噪声。

6 噪声预测

6.1 变电站噪声预测的范围应包括厂界及噪声敏感建筑物，当噪声敏感建筑物高于（含）三层时，还应对噪声敏感建筑物垂直方向的噪声进行预测。

6.2 变电站噪声预测可按照公式或采用成熟软件进行计算，预测计算公式参见附录 B。

6.3 噪声源参数宜采用实测数据或厂家提供的同型号设备参数；当实测数据和厂家资料难以获得时，

参见附录 B 中 B.1 的噪声源参数。

6.4 噪声源位于室内时，应将室内声源等效为室外声源进行预测。

7 可研阶段的噪声控制

7.1 站址选择

7.1.1 变电站站址选择应符合所在区域城乡总体规划的要求，并考虑变电站噪声对站址周围声环境的影响。

7.1.2 变电站站址确定后，应确认站址所处的声环境功能区类别。

7.2 方案选择

7.2.1 变电站建设方案选择应考虑站址所处声环境功能区的噪声控制要求。

7.2.2 0类、位于城区的1类声环境功能区的变电站应采用全户内布置方式。

7.2.3 乡村地区的变电站可根据周围噪声敏感建筑物的分布情况选择布置方式。

7.3 平面布置

7.3.1 户外变电站宜将主变压器布置在站址中央或远离站外噪声敏感建筑物的位置并充分利用建筑物、构筑物及地形地物对主变压器噪声的阻挡作用，电抗器布置在远离站外噪声敏感建筑物或临近声环境质量要求较低区域的一侧。

7.3.2 户内、半户内变电站宜将主变压器、电抗器等主要噪声源布置在远离站外噪声敏感建筑物或布置在声环境要求较低的区域。

7.4 设备选型

7.4.1 变电站主设备选型在技术经济许可的条件下应选用低噪声设备。

7.4.2 户内布置的主变压器散热方式的选择应综合考虑噪声对外环境的影响。

7.4.3 户外布置的主变压器（高压电抗器）宜选用空气自然对流冷却方式。

7.5 专项降噪措施选择

7.5.1 变电站专项降噪措施分为隔声、消声、吸声和隔振，应根据噪声源的具体情况选取适当的降噪措施，户外变电站降噪设计宜选用隔声、隔振措施，户内变电站降噪设计宜选用隔声、消声、吸声和隔振措施。

7.5.2 变电站专项降噪措施应在技术可行的基础上，比较分析其经济可行性，降噪成本不可接受时，可考虑重新选址。

8 设计阶段的噪声控制

8.1 布局优化

8.1.1 变电站站内主要噪声源设备应进行优化布置，宜远离噪声敏感建筑物。

8.1.2 户内变电站应按下列规定对主变压器室的通风散热系统进行优化设计：

- a) 本体与散热器分体式结构的主变压器宜将散热器布置在户外；
- b) 本体与散热器一体式结构的主变压器室应合理布置散热风道，并对进出风口进行消声处理；
- c) 主变压器室、电抗器室等的门、窗及进出风口应布置在远离敏感建筑物一侧；
- d) 应充分计算主变压器室的通风量，解决好隔声降噪和通风散热矛盾。

8.1.3 户外变电站应利用建筑物、构筑物及地形对噪声的阻隔作用，合理设计建筑布局，可按下列规则进行优化：

- a) 主控楼、配电楼等高大建筑宜布置在声源与周围噪声敏感建筑物之间；
- b) 在满足设计功能和保证建筑物面积基本不变的情况下，可适当调整主控楼、配电楼等高大建筑物的位置、形状和尺寸，使敏感建筑物落入高大建筑的声影区；
- c) 在满足设计要求的情况下，应减小具有隔声功能建筑物与声源的距离；

- d) 需要时,可在主变压器、电抗器靠近厂界侧设置防火墙并适当增加防火墙的长度和高度,利用墙体进行隔声;
- e) 变电站的立面布置应充分利用地形、地物及周围绿化带隔挡噪声,主要噪声源宜低位布置,使噪声敏感建筑物落入自然屏障的声影区;
- f) 变电站宜采用实体围墙,可适当增高靠近高压电抗器处的围墙高度。

8.1.4 风机及空调外机应布置在远离噪声敏感建筑物一侧的墙壁或楼顶,出风口不应朝向噪声敏感建筑物。

8.2 低噪声设备选择

8.2.1 各电压等级变压器(电抗器)噪声水平应满足 JB/T 10088 及 DL 462 的基本噪声限值要求。

8.2.2 变电站通风风机除应满足 JB/T 8690、HJ/T 384 的要求外,宜选择大直径、低转速的低噪声风机,通风散热风机宜采用自动温控启停的方式。

8.2.3 变电站位于 0 类、1 类或周围噪声敏感建筑物较多的 2 类声环境功能区时,应严格控制主变压器、高压电抗器等主要噪声源的噪声水平,各电压等级变电站应根据布置形式、周围声环境功能区要求计算确定主变压器、高压电抗器的噪声水平,并保留适当裕度作为主变压器、高压电抗器的噪声控制值。

8.2.4 变电站内导体的截面和分裂型式的选择应考虑对电晕可听噪声的控制;根据不同的安装及使用条件选择合理的金具设计和制造方案,控制其表面最大场强分布,降低其电晕噪声水平。一般情况下,导体、金具表面工作电场强度不宜大于其表面起晕电场强度的 85%。

8.3 隔声

8.3.1 一般规定

8.3.1.1 变电站隔声措施的设计应根据声源的声功率级高低、频谱特性、声源形状尺寸、噪声控制标准、周围环境状况、施工场地大小、设备操作要求,投资费用等综合考虑。

8.3.1.2 户外变电站应根据周边噪声敏感建筑物的分布情况采用不同形式的隔声屏障、隔声罩。

8.3.1.3 户内变电站应做好隔声间(变压器室、电抗器室等)墙体、隔声门窗的隔声设计及进出风口的消声设计。

8.3.1.4 隔声设计应防止孔洞与缝隙的漏声,对于构件的拼装节点、电缆孔、管道的通过部位等声通道,应进行密封或消声处理设计。

8.3.1.5 变电站内使用隔声措施时,应考虑对通风散热、安全环保及照明消防的影响。

8.3.1.6 变电站隔声控制的流程及计算参见附录 C 的 C.1。

8.3.2 隔声屏障

8.3.2.1 变电站隔声屏障的设置应根据变电站噪声源与噪声敏感建筑物的相对位置和周围地形的情况,按照下列规则确定:

- a) 隔声屏障宜靠近声源、敏感建筑物或可利用的土坡、堤坝等障碍物;
- b) 变电站周围噪声敏感建筑物较多且分布零散,或噪声敏感建筑物地势较高或为高层建筑时,应将隔声屏障设置在靠近变压器(电抗器)一侧,同时应与带电部件保留足够的安全距离,并考虑对设备巡视、检修的影响;
- c) 变电站周围噪声敏感建筑物集中,离变电站厂界较近,且位置较低时,可将声屏障设置在靠近噪声敏感建筑物的厂界附近。

8.3.2.2 变电站隔声屏障的声学设计可参考 HJ/T 90。

8.3.2.3 使用单层隔声屏障时,应使被控制噪声源的峰值频率处于隔声结构的共振频率和临界频率之间,可采用复合结构。

8.3.2.4 使用双层隔声屏障时,应满足下列规定:

- a) 隔声屏障的共振频率应低于被控制噪声源的峰值频率;

- b) 隔声屏障的吻合频率不宜出现在中频段;
- c) 各层的厚度不宜相同,或采用不同刚度,或加阻尼;
- d) 双层结构间的空气层厚度不宜小于 50mm,宜填充多孔吸声材料;
- e) 双层结构间的连接应尽量避免出现声桥。

8.3.3 隔声罩

8.3.3.1 户外变电站的变压器、电抗器及通风风机可设计隔声罩。

8.3.3.2 隔声罩的设计和使用除满足 GB/T 19886 外,还应满足下列规定:

- a) 使用金属薄板制作隔声罩时,金属板应涂阻尼材料,阻尼材料的厚度宜为金属板厚的 1 倍~3 倍;
- b) 隔声罩内壁应设吸声层;
- c) 隔声罩应减少开孔和缝隙,要设置进出门和观察窗时,应采用密封的隔声门和隔声窗,并处理好与罩壁连接处的缝隙;
- d) 隔声罩的散热通风、排烟以及工艺孔洞应安装与罩壁隔声量相当的消声器;
- e) 隔声罩内壁面和设备间空间不应小于 100mm,通常应留设备所占空间的 1/3 以上,且应满足安全运行要求;
- f) 隔声罩与声源设备不宜有刚性连接,两者基础宜有隔振处理;
- g) 隔声罩应便于安装和拆卸,减少对设备操作和检修的影响。

8.3.4 隔声间

8.3.4.1 户内变电站的主变压器室、电抗器室及集中式通风风机机房可设计为隔声间。

8.3.4.2 变电站隔声间的设计和使用除满足 GB/T 19886 外,还应满足下列规定:

- a) 隔声间的墙壁应具有足够的隔声量,主变压器室宜采用以实心砖等建筑材料为主的隔声结构;
- b) 隔声间墙内壁可进行吸声处理;
- c) 隔声间设置门、窗时,应采用隔声门、隔声窗,并做好密封措施;
- d) 隔声间通风散热以及工艺孔洞应安装与隔声间隔声量相当的消声器。

8.3.5 隔声门、窗

8.3.5.1 变电站隔声门应满足 HJ/T 379 的要求,隔声窗应满足 HJ/T 17 的要求。

8.3.5.2 变电站隔声门应根据所需的隔声量选择合适的等级和形式。户内变电站主变压器室外侧为 0 类、1 类声功能区或近距离噪声敏感建筑物分布较多时,主变压器室不宜设计全开全关式检修大门,可只设小型检修隔声门,检修隔声门的隔声量不应小于 30dB (IV 类等级隔声门)。

8.3.5.3 变电站隔声窗应根据所需的隔声量选择合适的等级和形式。隔声窗外为 0 类、1 类声功能区或近距离噪声敏感建筑物分布较多时,宜采用双层或多层隔声窗,隔声窗的隔声量不应小于 30dB (IV 类等级隔声窗)。

8.3.5.4 变电站隔声门、窗的缝隙应采用可靠的密封措施。

8.4 消声

8.4.1 户内(含地下)、半户内变电站的风机处和进排风口处宜采用消声措施。

8.4.2 变电站消声器的设计和选用应根据噪声频谱特性、所需插入损失、气流再生噪声、空气动力性能以及防潮、防火、防腐蚀等特殊使用要求确定,除应满足 GB/T 20431、HJ/T 16、JB/T 6891 的规定外,还应满足下列规定:

- a) 主变压器室、电抗器室的进气口宜采用消声百叶、折板式消声器、微孔板消声器等;
- b) 屋顶风机出口宜选用阻抗复合式消声器,风量较小时可采用消声弯头;
- c) 消声器引起的压力损失应控制在设备正常运行许可的范围内;
- d) 消声器内气流速度宜小于 10m/s,进气消声器可选 3m/s~5m/s,排气消声器可选 7m/s~9m/s。

8.4.3 变电站消声设计还应满足安全、环保等方面的要求。

8.4.4 变电站消声控制的程序及计算参见附录 C 的 C.2。

8.5 吸声

8.5.1 户内变电站的主变压器室等设备间，当混响严重或降噪要求高时，可对室内墙面进行吸声处理，并适当设置吸声体。

8.5.2 户外变电站可不作吸声处理，在降噪要求高时，可对与主变压器相邻的防火墙及建筑物墙面作吸声设计。

8.5.3 变电站吸声设计应根据降噪量需求，优化确定合理的吸声处理面积和布置方式，吸声材料和结构的选用应根据噪声源的频谱特性来确定。

8.5.4 变电站吸声设计应满足安全、环保等方面的要求。

8.5.5 吸声控制的程序及计算参见附录 C 的 C.3。

8.6 隔振

8.6.1 变电站主变压器和高压电抗器油箱底部应安装隔振装置，户内变电站集中式通风风机底部应安装隔振装置。

8.6.2 变电站隔振设计除满足 GB 50463 外，还应满足下列规定：

- a) 隔振器或阻尼器的采用应经隔振计算后确定；
- b) 隔振系统的刚心与其重心垂直方向宜保持一致，偏差不应超过 10%，变压器、电抗器隔振系统的整体稳定性和抗倾覆能力应满足设计要求；
- c) 通风管道系统应采用柔性连接，并使用隔振吊挂和弹性阻尼固定装置；
- d) 可由结构声传播激发辐射噪声的构件，应附加阻尼板或阻尼涂层；
- e) 隔振装置材料应具有耐腐蚀、耐油污、耐候等性能。

8.6.3 变电站隔振控制的程序及计算参见附录 C 的 C.4。

9 建设阶段的噪声控制

9.1 设备及材料的质量控制

9.1.1 变压器、电抗器、通风风机等主要噪声源设备的招标文件应有噪声控制要求，应与设计文件一致，设备监造工作应包括噪声控制的内容。

9.1.2 变压器、电抗器厂家应按照 GB/T 1094.10 进行出厂噪声检测，提供检测报告。

9.1.3 通风风机厂家应按照 GB/T 2888 进行出厂噪声检测，提供检测报告。

9.1.4 降噪措施所用的隔声结构、消声器及吸声材料，应提供第三方认证的声学性能检验报告；隔振装置应提供第三方认证的力学性能检测报告。

9.1.5 声屏障、隔声罩、消声器、隔振器等噪声与振动控制设备及材料应按所在地区的气候条件、紫外线强度、风雨雪荷载、抗震等级等，进行相应的安全强度校核和耐候性设计。

9.1.6 隔振降噪设备应选用标准化部件。非标设备或专用设备除应按供货商提供的设备技术规范、合同规定及商检文件执行外，还应符合我国现行法规或行业施工及验收标准要求。

9.1.7 降噪隔振措施所使用材料的燃烧性能等级应达到 GB 8624 中 A 级要求。

9.2 设备安装及施工过程的质量控制

9.2.1 施工安装单位应按照施工工艺进行降噪设施的施工与安装，防止出现孔洞缝隙等漏声部位。

9.2.2 配套土建和钢结构工程应在设备安装之前按设计要求进行验收；隐蔽工程应在施工过程中进行阶段验收，并经有关单位确认；验收记录和结果应妥善保存。

10 检测与验收

10.1 设备噪声水平现场检测

10.1.1 变压器（电抗器）噪声现场检测可参照 GB/T 1094.10 的规定。

10.1.2 通风风机噪声现场检测应按 GB/T 2888 相关规定进行测量。

10.2 降噪隔振效果现场检测

10.2.1 隔声屏障应按照 GB/T 19884、HJ/T 90 检测 A 计权等效声级或最大 A 声级的插入损失，声屏障材料的吸声性能检测降噪系数，声屏障材料的隔声性能检测计权隔声量。

10.2.2 隔声罩应按照 GB/T 18699.2 检测 A 计权声压级隔声量。

10.2.3 隔声间应按照 GB/T 19885 检测现场 A 计权声压级隔声量。

10.2.4 隔声门、隔声窗等应检测 A 计权声压级或倍频带声压级的传递损失。

10.2.5 吸声材料和结构的吸声效果应按照 GB/T 20247 的规定，检测混响时间的降低量或吸声系数。

10.2.6 消声器的消声效果应按照 GB/T 19512 的规定，检测 A 计权传递损失或插入损失。

10.2.7 隔振效果应采用隔振与非隔振状态下相同基础参考点或类比参考点之间的振动差值来检测，特殊情况可采用隔振措施后的振源设备基点至基础参考点之间（即隔振装置两端）的振动差值来检测。

10.3 噪声控制目标现场检测

10.3.1 变电站厂界噪声应按照 GB 12348 进行检测。

10.3.2 变电站周围环境噪声应按照 GB 3096 进行检测。

10.4 验收

10.4.1 设备噪声水平、降噪减振效果的现场检测值应达到设计或供货合同要求。

10.4.2 噪声控制目标现场检测结果应达到变电站噪声控制目标的要求。

10.4.3 变电站噪声控制工程应符合其他相关规定要求。

11 运行与维护

11.1 变电站噪声控制设备应制定相应的运行和维护规程。

11.2 变电站噪声控制设备应按照规程要求定期维护、保养，确保其性能和使用寿命。

11.3 变电站噪声控制设备中的易损配件和材料，应按设备管理规程和运行要求储备，保证设备的正常运行。

11.4 变电站噪声控制设备的常规检修宜与主设备检修同步，应急检修视现场条件进行，检修和检查结果应记录并存档。

附录 A
(资料性附录)
变电站噪声控制流程

A.1 新建变电站噪声控制工作流程见图 A.1。

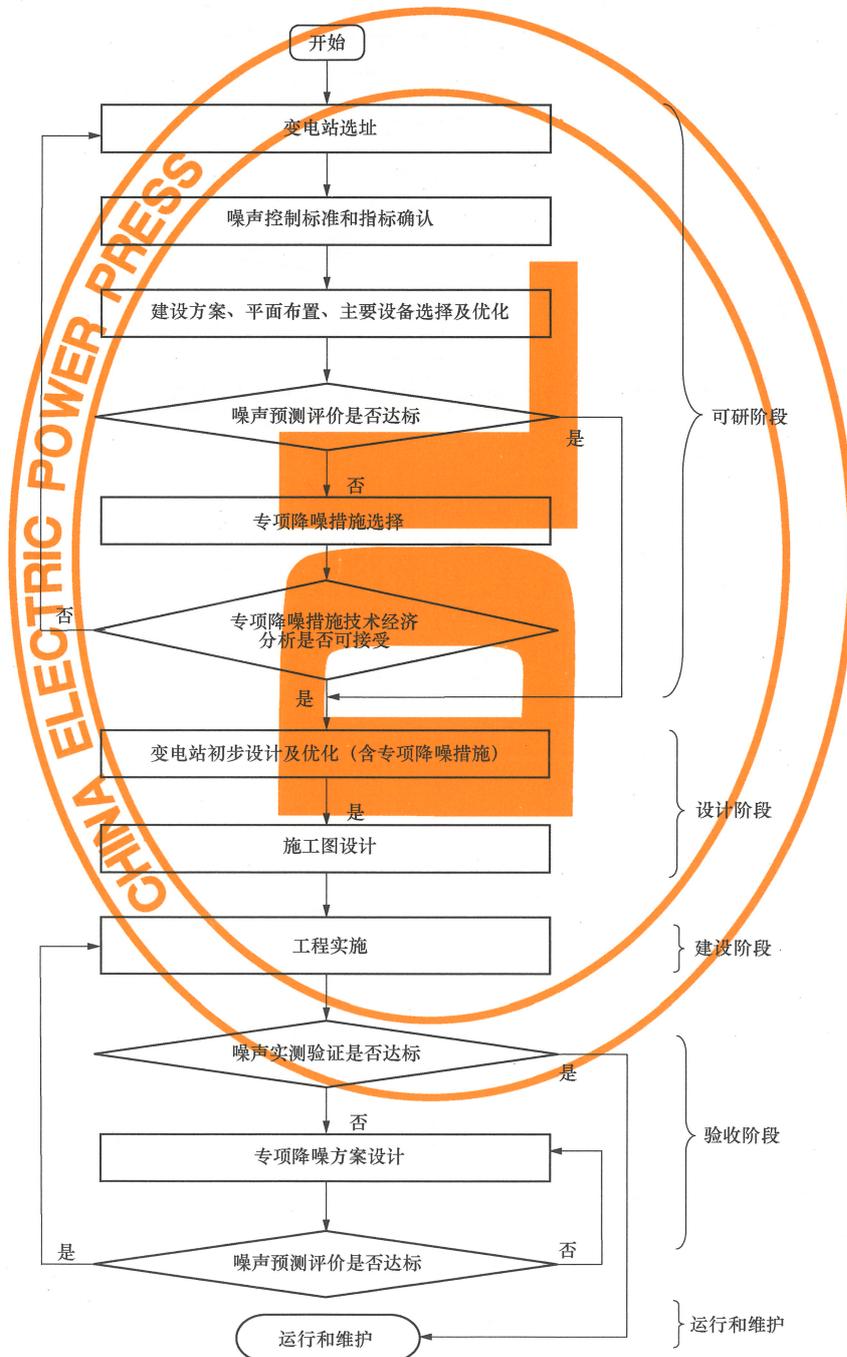


图 A.1 新建变电站噪声控制工作流程图

A.2 在运变电站噪声治理工作流程见图 A.2。

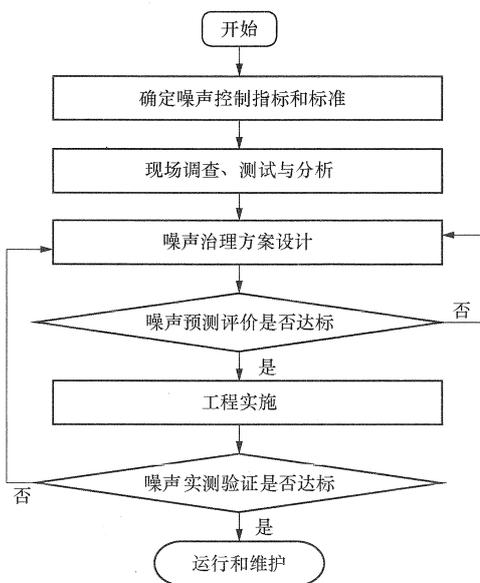


图 A.2 在运变电站噪声治理工作流程图

附录 B
(资料性附录)
变电站噪声预测计算

B.1 声源

声环境影响预测，一般采用声源的倍频带声功率级、A 声功率级或靠近声源某一位置的倍频带声压级、A 声级来预测计算距声源不同距离的声级。变电站噪声预测时，对于已招标设备，可由厂家提供相同型号设备声压级、声功率级或频谱作为噪声输入源。对于未招标设备，可参考表 B.1 的数值进行参数设置。

表 B.1 110kV~1000kV 主变压器（高压电抗器）声压级、声功率级及频谱

设备	电压等级 kV	冷却方式	声压级 dB (A)	声功率级 dB (A)	频谱 dB							
					63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
主变 压器	110	油浸自冷	63.7	82.9	45.7	58.3	57.9	65.6	55.6	48.2	46.1	40.3
	220	油浸自冷	65.2	88.5	48.9	59.3	60.4	67.1	56.1	51.5	46.9	43.2
		油浸自冷/风冷	67.9	91.2	49.1	62.4	65.6	69.7	57.8	55.2	47.4	42.2
	330	强迫油循环风冷	69.7	93.3	50.4	65.1	68.5	71.5	58.4	57.3	48.5	40.3
	500	油浸自冷/风冷	72.4	95.5	52.3	72.7	71.3	74.3	60.3	58.1	49.7	41.5
		强迫油循环风冷	74.4	97.5	55.1	74.2	72.6	76.3	63.5	60.2	51.6	45.3
	750	强迫油循环风冷	75.2	98.6	68.2	76.2	75.4	76.3	65.9	62.6	53.7	45
1000	强迫油循环风冷	80.4	108.3	79.1	83.4	79.7	80.7	74.4	67	61.4	55.3	
高压 电抗 器	330	单相油浸自冷	64.0	82.0	63.4	65.9	70.9	50.6	56.6	49.2	45.7	44.3
	500	单相油浸自冷	68.7	88.3	66.2	68.3	75.4	60.8	61.5	53.9	49.5	45.2
	750	单相油浸自冷	72.0	93.4	70.9	73.5	78.7	64.3	64.7	55.7	51.3	45.3
	1000	强迫油循环风冷	74.0	99.3	74.9	76.2	80.6	67.7	66.2	58.2	55.2	46.7

注：主变压器（高压电抗器）声压级、声功率级及频谱为设备正常运行时距设备 1.0m 处 1/2 高度测量值。

在变电站噪声影响预测计算中，可根据预测点和声源之间的距离，将声源划分为点声源、面声源后进行预测。变电站内主变压器和高压电抗器一般简化为组合面声源，面源尺寸可按表 B.2 计算。风机、站用变压器和低压电抗器可简化为点声源。计算户外变电站的远场噪声预测值时，变压器、电抗器、风机等均可简化为点声源。

表 B.2 110kV~1000kV 主变压器（高压电抗器）面源大小和高度 单位为米

源	1000kV 主变压器	1000kV 高 压电抗器	750kV 主变压器	750kV 高 压电抗器	500kV 主变压器		500kV 高 压电抗器	330kV 主变压器	330kV 高 压电抗器	220kV 主变压器	110kV 主变压器
					单相	三相					
长	15.0	12.0	10.0	7.5	8.0	16.0	5.0	10.4	6.0	10.0	5.0
宽	12.0	8.0	7.0	5.3	7.0	5.0	4.0	8.0	4.0	8.5	4.0
高	8.0	6.0	4.5	3.9	5.0	5.0	4.0	4.0	2.0	3.5	3.5

变电站声源有室外和室内两种声源，应分别计算。

B.2 单个室外点声源在预测点产生的声压级计算基本公式

如已知声源的倍频带声功率级（63Hz~8kHz 标称频带中心频率的 8 个倍频带），预测点位置的倍频带声压级 $L_p(r)$ 可按式 (B.1) 和式 (B.2) 计算：

$$L_p(r) = L_w + D_c - A \quad (\text{B.1})$$

$$A = A_{\text{div}} + A_{\text{atm}} + A_{\text{gr}} + A_{\text{bar}} + A_{\text{misc}} \quad (\text{B.2})$$

式中：

$L_p(r)$ ——预测点位置的倍频带声压级，单位为分贝 (dB)；

L_w ——倍频带声功率级，单位为分贝 (dB)；

D_c ——指向性校正，单位为分贝 (dB)；

A ——倍频带衰减，单位为分贝 (dB)；

A_{div} ——几何发散引起的倍频带衰减，单位为分贝 (dB)；

A_{atm} ——大气吸收引起的倍频带衰减，单位为分贝 (dB)；

A_{gr} ——地面效应引起的倍频带衰减，单位为分贝 (dB)；

A_{bar} ——声屏障引起的倍频带衰减，单位为分贝 (dB)；

A_{misc} ——其他多方面效应引起的倍频带衰减，单位为分贝 (dB)。

指向性校正 D_c 描述点声源的等效连续声压级与产生声功率级 L_w 的全向点声源在规定方向的级的偏差程度；指向性校正等于点声源的指向性指数 D_1 加上计到小于 4π 球面度 (sr) 立体角内的声传播指数 D_Ω ；对辐射到自由空间的全向点声源， $D_c = 0\text{dB}$ 。

B.2.1 几何发散引起的倍频带衰减 (A_{div})

B.2.1.1 点声源的几何发散衰减

无指向性点声源几何发散衰减的基本计算见式 (B.3)：

$$A_{\text{div}} = 20\lg(r/r_0) + 11 \quad (\text{B.3})$$

式中：

r ——预测点到声源的距离，单位为米 (m)；

r_0 ——参考距离，取值 1m。

具有指向性点声源几何发散衰减的计算见式 (B.4) ~ 式 (B.6)：

$$A_{\text{div}} = 20\lg(r/r_0) - D_{1\theta} + 11 \quad (\text{B.4})$$

$$D_{1\theta} = 10\lg R_\theta \quad (\text{B.5})$$

$$R_\theta = I_\theta / I \quad (\text{B.6})$$

式中：

$D_{1\theta}$ —— θ 方向上的指向性指数；

R_θ ——指向性因数；

I ——所有方向上的平均声强，单位为瓦每平方米 (W/m^2)；

I_θ ——某一 θ 方向上的声强，单位为瓦每平方米 (W/m^2)。

注：式 (B.3)、式 (B.4) 中的常数将声功率级与全向点声源在 1m 参考距离 r_0 处的声压级联系起来。

B.2.1.2 面声源的几何发散衰减

户外变电站主变压器、高压电抗器的表面，户内变电站室内透声的门、窗及进气百叶，均可以认为是面声源。如果已知面声源单位面积的声功率，各面积元噪声的位相是随机的，则面声源可看作由无数点声源连续分布组合而成，其合成声级可按能量叠加法求出。

图 B.1 给出了长方形面声源中心轴线上的声衰减曲线。当预测点和面声源中心距离 r 处于以下条件时，可按下述方法近似计算：当 $r < a/\pi$ 时，几乎不衰减 ($A_{\text{div}} \approx 0$)；当 $a/\pi < r < b/\pi$ 时，距离加倍衰减

3dB 左右, 类似线声源衰减特性 [$A_{\text{div}} \approx 10\lg(r/r_0)$]; 当 $r > b/\pi$ 时, 距离加倍衰减趋近于 6dB, 类似点声源衰减特性 [$A_{\text{div}} \approx 20\lg(r/r_0)$]. 其中面声源的 $b > a$. 图中虚线为实际衰减量。

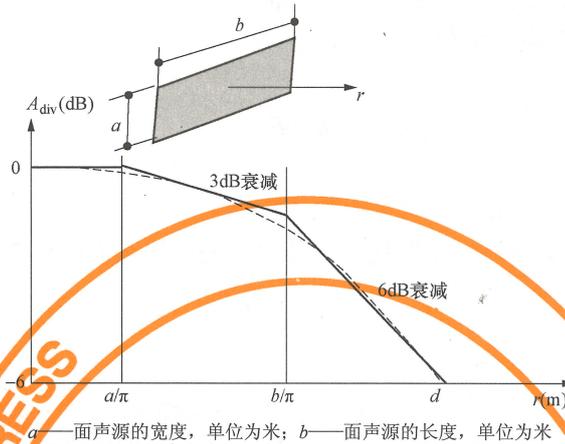


图 B.1 长方形面声源中心轴线上衰减特性

B.2.2 大气吸收引起的倍频带衰减 (A_{atm})

大气吸收引起的倍频带衰减按式 (B.7) 计算:

$$A_{\text{atm}} = \alpha(r - r_0) / 1000 \quad (\text{B.7})$$

式中:

α ——大气吸收衰减系数, 单位为分贝每千米 (dB/km)。

不同大气环境下的 α 取值见表 B.3, 对于未包含在表 B.3 中的大气环境下的 α 值, 见 ISO 9613-1。

表 B.3 倍频带噪声的大气吸收衰减系数 α

温度 °C	相对湿度	大气吸收衰减系数 α dB/km							
		倍频带中心频率 Hz							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
10	70%	0.1	0.4	1.0	1.9	3.7	9.7	32.8	117.0
20	70%	0.1	0.3	1.1	2.8	5.0	9.0	22.9	76.6
30	70%	0.1	0.3	1.0	3.1	7.4	12.7	23.1	59.3
15	20%	0.3	0.6	1.2	2.7	8.2	28.2	28.8	202.0
15	50%	0.1	0.5	1.2	2.2	4.2	10.8	36.2	129.0
15	80%	0.1	0.3	1.1	2.4	4.1	8.3	23.7	82.8

B.2.3 地面效应引起的倍频带衰减 (A_{gr})

地面可分为下列类型:

- 坚实地面, 包括铺筑过的路面、水面、冰面以及夯实地面。
- 疏松地面, 包括被草或其他植物覆盖的地面, 以及农田等适合于植物生长的地面。
- 混合地面, 由坚实地面和疏松地面组成。

声波越过疏松地面传播或大部分为疏松地面的混合地面时, 在预测点仅计算 A 声级前提下, 地面效应引起的倍频带衰减可用式 (B.8) 计算。

$$A_{gr}=4.8-(2h_m/r)[17+(300/r)] \quad (\text{B.8})$$

式中:

h_m ——传播路径的平均离地高度, 单位为米 (m);

r ——预测点到声源的距离, 单位为米 (m)。

h_m 可按图 B.2 进行计算:

$$h_m=F/r$$

式中:

F ——面积, 单位为平方米 (m^2)。

若 A_{gr} 计算结果为负, 则 A_{gr} 可用“0”代替。其他情况可按照 GB/T 17247.2 进行计算。

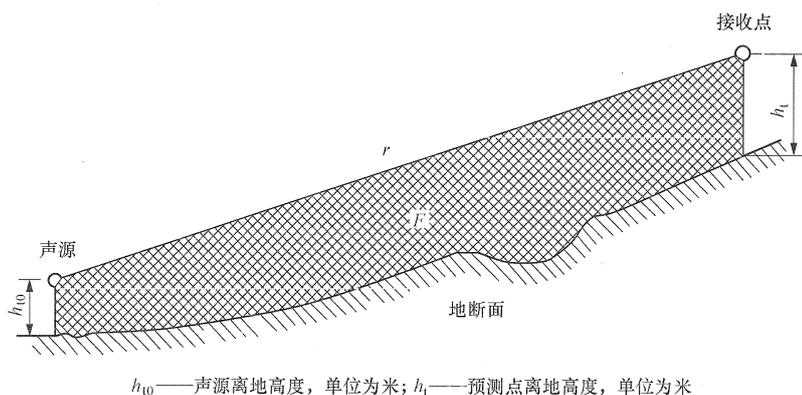


图 B.2 估计平均离地高度 h_m 的方法

B.2.4 声屏障引起的倍频带衰减 (A_{bar})

位于声源和预测点之间的实体障碍物, 如围墙、建筑物、土坡或地堑等起声屏障作用, 从而引起声能量的较大衰减。计算时, 可将各种形式的屏障简化为具有一定高度的薄屏障。

如图 B.3 所示, S 、 O 、 P 三点在同一平面内且垂直于地面。

定义 $\delta=|SO|+|OP|-|SP|$ 为声程差, $N=2\delta/\lambda$ 为菲涅尔数, 其中 λ 为声波波长。

在噪声预测中, 声屏障插入损失应按下列方法计算, 并应根据实际情况作简化处理。

a) 有限长薄屏障在点声源声场中引起的衰减计算。首先计算图 B.4 所示三个传播途径的声程差 δ_1 、 δ_2 、 δ_3 和相应的菲涅尔数 N_1 、 N_2 、 N_3 。再按式 (B.9) 计算声屏障引起的衰减:

$$A_{bar} = -10 \lg \left(\frac{1}{3+20N_1} + \frac{1}{3+20N_2} + \frac{1}{3+20N_3} \right) \quad (\text{B.9})$$

当屏障很长 (作无限长处理) 时, 应按式 (B.10) 计算:

$$A_{bar} = -10 \lg \left(\frac{1}{3+20N_1} \right) \quad (\text{B.10})$$

b) 双绕射计算。对于图 B.5 所示的双绕射情景, 可由式 (B.11) 计算绕射声与直达声 d 之间的声程差 δ :

$$\delta = [(d_{ss} + d_{sr} + e)^2 + a^2]^{\frac{1}{2}} - d \quad (\text{B.11})$$

式中:

d_{ss} ——声源到第一绕射边的距离, 单位为米 (m);

d_{sr} ——第二绕射边到接收点的距离, 单位为米 (m);

e ——在双绕射情况下两个绕射边界之间的距离, 单位为米 (m);

a ——声源和接收点之间的距离在平行于屏障上边界的投影长度, 单位为米 (m)。

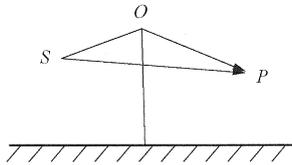


图 B.3 无限长声屏障示意图

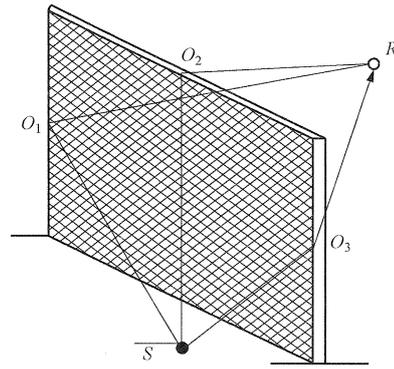


图 B.4 在有限长声屏障上不同的传播路径

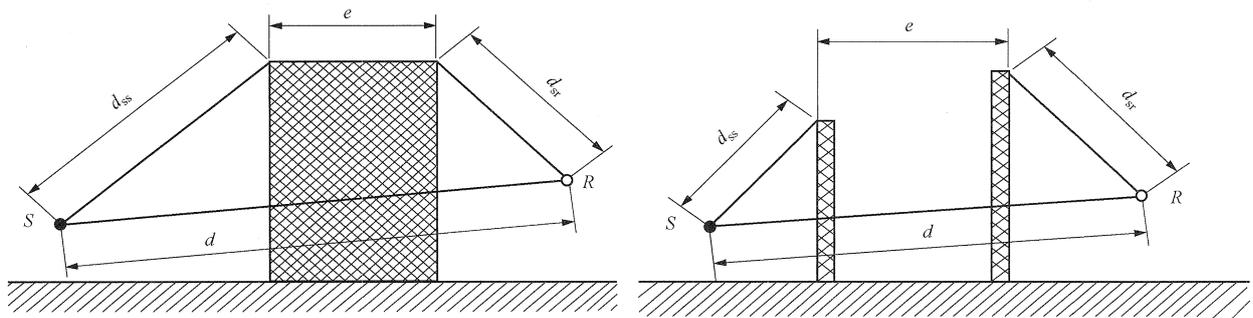


图 B.5 利用建筑物、土堤作为厚屏障

在任何频带上，在单绕射（即薄屏障）情况下， A_{bar} 最大取 20dB；在双绕射（即厚屏障）情况下， A_{bar} 最大取 25dB。

计算了屏障衰减后，不再考虑地面效应衰减。

B.2.5 其他多方面效应引起的倍频带衰减 (A_{misc})

B.2.5.1 绿化林带噪声衰减计算

绿化林带的附加衰减与树种、林带结构和密度等因素有关。在声源、预测点附近的绿化林带或两者均有的情况都可以使声波衰减，见图 B.6。

通过树叶传播造成的噪声衰减随通过树叶传播距离 d_f 的增长而增加，其中 $d_f = d_1 + d_2$ ，为了计算 d_1 和 d_2 ，可假设弯曲路径的半径为 5km。

表 B.4 中的第一行给出了通过总长度为 10m~20m 密叶时，由密叶引起的衰减；第二行为通过总长度为 20m~200m 密叶时的衰减系数；当通过密叶的路径长度大于 200m 时，可使用 200m 的衰减值。

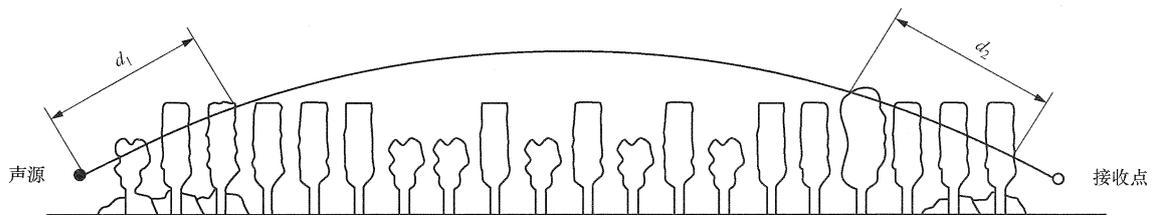


图 B.6 通过树和灌木时噪声衰减示意图

B.2.5.2 工业场所噪声衰减计算

在工业场所，由于设备（或其他物体）对声波的散射可能产生传播衰减，如果在 A_{bar} 或声源辐射特性中没有考虑，则应当在此处加以考虑。工业场所噪声衰减与场所类型有很大关系，所以一般以测量值确定其值，但表 B.5 中的值可作为此衰减的估计。衰减随通过设备的弯曲路径的长度 d_s （图 B.7）

而线性增加，以 10dB 为其最大值。

表 B.4 倍频带噪声通过密叶传播时产生的衰减

项 目	传播距离 d_f m	倍频带中心频率 Hz							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
衰减 dB	$10 \leq d_f < 20$	0	0	1	1	1	1	2	3
衰减系数 dB/m	$20 \leq d_f < 200$	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.09	0.12

表 B.5 倍频带噪声通过工厂设备传播时产生的衰减

倍频带中心频率 Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
衰减系数 dB/m	0	0.015	0.025	0.025	0.02	0.02	0.015	0.015

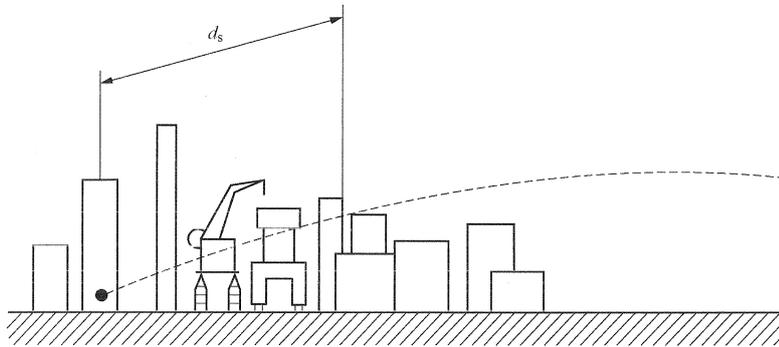


图 B.7 工业场所噪声衰减随通过工厂设备的传播距离 d_s 而线性增加

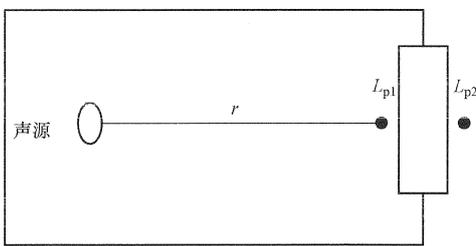


图 B.8 室内声源等效为室外声源图例

此外还有房屋群等引起的衰减等，可参考 GB/T 17247.2 进行计算。

B.3 室内声源等效室外声源声功率级计算方法

如图 B.8 所示，户内变电站的变压器等声源位于室内，室内声源可采用等效室外声源声功率级法进行计算。设靠近开口处（或窗户）室内、室外某倍频带的声压级分别为 L_{p1} 和 L_{p2} 。若声源所在室内声场为近似扩散声场，则室外的倍频带声压级可按式 (B.12) 近似求出：

$$L_{p2} = L_{p1} - (R + 6) \tag{B.12}$$

式中：

R ——隔墙（或窗户）倍频带的隔声量，单位为分贝（dB）。

某一室内声源靠近围护结构处产生的倍频带声压级可按式 (B.13) 计算：

$$L_{p1} = L_w + 10 \lg \left(\frac{R_0}{4\pi r^2} + \frac{4}{R_y} \right) \tag{B.13}$$

$$R_y = \frac{S\bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}}$$

式中:

R_0 ——指向性因数,通常对无指向性声源,当声源放在房间中心时, $R_0=1$,当声源放在一面墙的中心时, $R_0=2$,当声源放在两面墙夹角处时, $R_0=4$,当放在三面墙夹角处时, $R_0=8$;

r ——预测点(靠近围护结构某点处)到声源的距离,单位为米(m);

R_y ——房间常数;

S ——房间内表面面积,单位为平方米(m^2);

$\bar{\alpha}$ ——房间内表面上的平均吸声系数。

然后按式(B.14)计算出所有室内声源在围护结构处产生的*i*倍频带叠加声压级:

$$L_{p1i}(T) = 10 \lg \left(\sum_{j=1}^N 10^{0.1L_{p1ij}} \right) \quad (\text{B.14})$$

式中:

$L_{p1i}(T)$ ——靠近围护结构处室内*N*个声源*i*倍频带的叠加声压级,单位为分贝(dB);

L_{p1ij} ——室内*j*声源*i*倍频带的声压级,单位为分贝(dB);

N ——室内声源总数。

在室内近似为扩散声场时,按式(B.15)计算出靠近室外围护结构处的声压级:

$$L_{p2i}(T) = L_{p1i}(T) - (R_i + 6) \quad (\text{B.15})$$

式中:

$L_{p2i}(T)$ ——靠近围护结构处室外*N*个声源*i*倍频带的叠加声压级,单位为分贝(dB);

R_i ——围护结构*i*倍频带的隔声量,单位为分贝(dB)。

然后按式(B.16)将室外声源的声压级和透过面积换算成等效的室外声源,计算出中心位置位于透声面积(S)处的等效声源的倍频带声功率级。

$$L_w = L_{p2}(T) + 10 \lg S \quad (\text{B.16})$$

最后按室外声源预测方法计算预测点处的A声级。

B.4 靠近声源处的预测点噪声预测模式

如已知靠近声源处某点的倍频带声压级 $L_p(r_0)$ 时,相同方向预测点位置的倍频带声压级 $L_p(r)$ 可按式(B.17)计算:

$$L_p(r) = L_p(r_0) - A \quad (\text{B.17})$$

如预测点在靠近声源处,但不能满足点声源条件时,需按线声源或面声源模式计算。

B.5 预测点处A声级计算

预测点的A声级 $L_A(r)$,可利用8个倍频带的声压级按式(B.18)计算:

$$L_A(r) = 10 \lg \left\{ \sum_{i=1}^8 10^{0.1[L_{pi}(r) - \Delta L_i]} \right\} \quad (\text{B.18})$$

式中:

$L_A(r)$ ——预测点的A声级,单位为分贝[dB(A)];

$L_{pi}(r)$ ——预测点(r)处,第*i*倍频带声压级,单位为分贝(dB);

ΔL_i ——*i*倍频带A计权网络修正值(见表B.6),单位为分贝(dB)。

表 B.6 A 计权网络修正值

频率 Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ΔL_i dB	-26.2	-16.1	-8.6	-3.2	0	1.2	1.0	-1.1

在不能取得声源倍频带声功率级或倍频带声压级，只能获得 A 声功率级或某点的 A 声级时，可按式 (B.19) 和式 (B.20) 作近似计算：

$$L_A(r) = L_{Aw} - D_c - A \quad (\text{B.19})$$

或
$$L_A(r) = L_A(r_0) - A \quad (\text{B.20})$$

式中：

$L_A(r)$ —— 预测点的 A 声级，单位为分贝 [dB (A)]；

L_{Aw} —— 声源的 A 声功率级，单位为分贝 [dB (A)]；

$L_A(r_0)$ —— 距离声源 r_0 处的 A 声级，单位为分贝 [dB (A)]；

D_c —— 指向性校正，单位为分贝 (dB)；

A —— 倍频带衰减，单位为分贝 (dB)；可选择对 A 声级影响最大的倍频带计算，一般可选中
心频率为 500Hz 的倍频带作估算。

B.6 多个噪声源噪声贡献值计算

多个声源对预测点产生的贡献值可按式 (B.21) 计算：

$$L_{\text{eqg}} = 10 \lg \left[\frac{1}{T} \left(\sum_{i=1}^N t_i 10^{0.1L_{Ai}} + \sum_{j=1}^M t_j 10^{0.1L_{Aj}} \right) \right] \quad (\text{B.21})$$

式中：

L_{eqg} —— 变电站内多个声源对预测点产生的贡献值，单位为分贝 [dB (A)]；

t_j —— 在 T 时间内 j 声源工作时间，单位为秒 (s)；

t_i —— 在 T 时间内 i 声源工作时间，单位为秒 (s)；

T —— 用于计算等效声级的时间，单位为秒 (s)；

N —— 室外声源个数；

M —— 等效室外声源个数。

B.7 预测值计算

预测点的预测等效声级 (L_{eq}) 计算见式 (B.22)：

$$L_{\text{eq}} = 10 \lg(10^{0.1L_{\text{eqg}}} + 10^{0.1L_{\text{eqb}}}) \quad (\text{B.22})$$

式中：

L_{eqg} —— 变电站内多个声源对预测点产生的贡献值，单位为分贝 [dB (A)]；

L_{eqb} —— 预测点的背景值，单位为分贝 [dB (A)]。

附录 C

(资料性附录)

辅助降噪设计程序及计算公式

C.1 隔声控制的程序和方法

C.1.1 估算变电站厂界和周围噪声敏感建筑物处各倍频带声压级

根据选定的变压器（电抗器）63Hz~8kHz 标称频带中心频率的 8 个倍频带的功率级，按照附录 B 计算变电站站界和周围噪声敏感建筑物处各倍频带的声压级。

C.1.2 确定允许噪声级和各倍频带的允许声压级

根据变电站和周围噪声敏感建筑物所在声环境质量功能区确定变电站站界和周围敏感建筑物的噪声限制值，由表 C.1 确定变电站站界和周围噪声敏感建筑物处 63Hz~8kHz 标称频带中心频率的 8 个倍频带的声压级。

表 C.1 倍频带允许声压级查算表

噪声限制值 dB	倍频带允许声压级 dB							
	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz
70	87	79	72	68	65	62	61	59
65	83	74	68	63	60	57	55	54
60	79	70	63	58	55	52	50	49
55	75	66	59	54	50	47	45	44
50	71	61	54	49	45	42	40	38
45	67	57	49	44	40	37	35	33
40	63	52	45	39	35	32	30	28

C.1.3 计算各倍频带的需要隔声量

各倍频带需要隔声量的计算，应按式 (C.1) 进行：

$$R=L_p-L_{pa}+5 \quad (C.1)$$

式中：

R ——各倍频带的需要隔声量，单位为分贝 (dB)；

L_p ——计算得到站界或噪声敏感建筑物处各倍频带的声压级，单位为分贝 (dB)；

L_{pa} ——站界或噪声敏感建筑物各倍频带的允许声压级，单位为分贝 (dB)。

C.1.4 选择与设计适当的隔声结构与构件

变压器户外布置的变电站可采用隔声屏障的形式，具体设计参考 HJ/T 90。通风风机应根据设计隔声量选择和设计合适的隔声罩。

单层均质隔声屏障的隔声量可按式 (C.2) 计算：

$$R=16\lg M+14\lg f-29 \quad (C.2)$$

式中：

R ——隔声量；

M ——板的面密度，单位为千克每平方米 (kg/m^2)；

f ——入射声波的频率，单位为赫兹 (Hz)。

选用单层隔声结构时应使被控制噪声源的峰值频率处于结构的共振频率和吻合频率之间。隔声构件的共振频率和吻合频率可分别按式 (C.3) ~ 式 (C.5) 计算:

$$f_{\tau} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{B}{M} \left(\frac{p^2}{a^2} + \frac{q^2}{b^2} \right)} \quad (\text{C.3})$$

$$f_c = \frac{c^2}{2\pi} \sqrt{\frac{B}{M}} = \frac{c^2}{2\pi t} \sqrt{\frac{12\rho}{E}} \quad (\text{C.4})$$

$$B = \frac{1}{12} Et^3 \quad (\text{C.5})$$

式中:

- f_{τ} —— 板的共振频率, 单位为赫兹 (Hz);
- f_c —— 板的临界频率, 单位为赫兹 (Hz);
- B —— 板的劲度;
- E —— 板的弹性模量, 单位为牛每平方米 (N/m^2);
- t —— 板的厚度, 单位为米 (m);
- M —— 板的面密度, 单位为千克每平方米 (kg/m^2);
- ρ —— 板的密度, 单位为千克每立方米 (kg/m^3);
- a, b —— 板的长、宽尺寸, 单位为米 (m);
- p, q —— 任意正整数;
- c —— 声速, 单位为米每秒 (m/s), 常温常压下可取 340m/s。

双层隔声屏障的隔声量可按式 (C.6) 计算:

$$R = 16 \lg[(M_1 + M_2)f] M - 30 + \Delta R \quad (\text{C.6})$$

式中:

- M_1, M_2 —— 板的面密度, 单位为千克每平方米 (kg/m^2);
- ΔR —— 空气层附加隔声量, 可由图 C.1 查得。

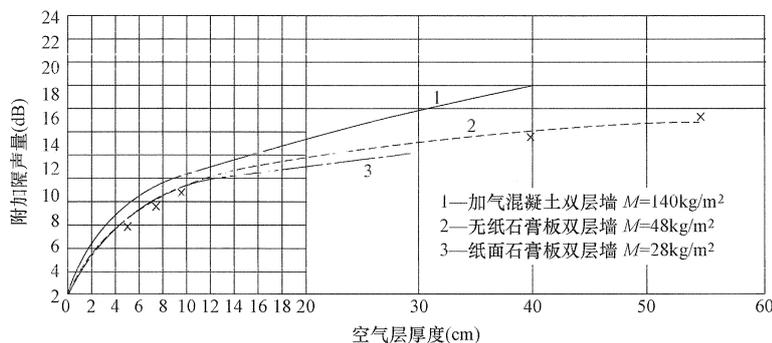


图 C.1 双层板空气层厚度和附加隔声量的关系

全封闭隔声罩的插入损失可按式 (C.7) 计算:

$$D = 10 \lg \left(\frac{\bar{\alpha} + \tau}{\tau} \right) = R + 10 \lg(\bar{\alpha} + \tau) \quad (\text{C.7})$$

式中:

- D —— 罩的插入损失, 单位为分贝 (dB);
- R —— 罩的隔声量, 单位为分贝 (dB);
- $\bar{\alpha}$ —— 罩内表面的平均吸声系数;
- τ —— 罩的透射系数。

局部封闭隔声罩的插入损失可按式 (C.8) 计算:

$$D = 10 \lg [(S_0 / S_1 + \bar{\alpha} + \tau) / (S_0 / S_1 + \tau)] \quad (\text{C.8})$$

式中:

S_1 ——罩内表面积, 单位为平方米 (m^2);

S_0 ——局部开口罩开口面积, 单位为平方米 (m^2)。

常用墙板的隔声量参见附录 D 的表 D.1, 常用隔声门的隔声量参见附录 D 的表 D.2, 常用隔声窗的隔声量参见附录 D 的表 D.3。

C.2 消声控制的程序和方法

C.2.1 估算变电站站界和周围噪声敏感建筑物处的各倍频带声压级

根据选定的变压器 (电抗器) 63Hz~8kHz 标称频带中心频率的 8 个倍频带的功率级, 按照附录 B 提供的噪声计算模式计算变电站站界和周围噪声敏感建筑物处各倍频带的声压级。

C.2.2 确定允许噪声级和各倍频带的允许声压级

根据变电站和周围噪声敏感建筑物所在声环境质量功能区确定变电站站界和周围敏感建筑物的噪声限值, 由表 C.1 确定变电站站界和周围噪声敏感建筑物处 63Hz~8kHz 标称频带中心频率的 8 个倍频带的声压级。

C.2.3 计算所需消声量

将计算得到站界或噪声敏感建筑物各倍频带的声压级减去站界或噪声敏感建筑物各倍频带的允许声压级得的各倍频带声压级所需消声量。

C.2.4 确定消声器的类型

应根据所需消声量空气动力性能要求以及空气动力设备管道中的防潮、耐高温等特殊使用要求确定消声器的类型; 根据现有定型系列化消声器的性能参数确定消声器的型号, 常用消声器的参数及消声量参见附录 D 的表 D.4。有条件时, 也可自行设计符合要求的消声器。

当噪声低频特性时, 可采用抗性消声器。单节扩张室消声器的消声量可按式 (C.9) 计算:

$$\Delta L = 10 \lg \left[1 + \frac{1}{4} \left(m - \frac{1}{m} \right)^2 \sin^2(kl) \right] \quad (\text{C.9})$$

式中:

ΔL ——抗性消声器的消声量, 单位为分贝 (dB);

m ——膨胀比或扩张比, $m = S_2 / S_1$;

k ——波数, $k = 2\pi / \lambda$, λ 为声波波长, k 值变化相当于频率变化;

l ——膨胀室的长度, 单位为米 (m)。

当噪声呈中高频宽带特性时, 消声器的类型可采用阻性形式。直管式阻性消声器的静态消声量可按式 (C.10) 计算:

$$\Delta L = \frac{\varphi(\alpha_0) P l}{S} \quad (\text{C.10})$$

$$\varphi(\alpha_0) = 4.34 \times \frac{1 - \sqrt{1 - \alpha_0}}{1 + \sqrt{1 - \alpha_0}} \quad (\text{C.11})$$

式中:

ΔL ——消声器内无气流情况 (即静态) 下的消声量, 单位为分贝 (dB);

$\varphi(\alpha_0)$ ——消声系数, 也可由表 C.2 查得;

α_0 ——驻波管法吸声系数;

P ——消声器通道内吸声材料的饰面周长, 单位为米 (m);

l ——消声器的有效长度, 单位为米 (m);

S ——消声器通道截面积，单位为平方米（ m^2 ）。

表 C.2 消声系数 $\varphi(\alpha_0)$ 与吸声系数 (α_0) 的关系

α_0	$\varphi(\alpha_0)$	α_0	$\varphi(\alpha_0)$	α_0	$\varphi(\alpha_0)$		α_0	$\varphi(\alpha_0)$	
					理论值	经验值		理论值	经验值
0.1	0.11	0.35	0.47	0.55	0.86	0.82	0.80	1.66	1.2
0.15	0.17	0.40	0.55	0.60	0.98	0.90	0.85	1.92	1.3
0.20	0.24	0.45	0.64	0.65	1.11	1.0	0.90	2.25	1.35
0.25	0.31	0.50	0.75	0.70	1.27	1.05	0.95	2.75	1.42
0.30	0.39	/	/	0.75	1.45	1.12	1.00	4.34	1.5

注：当消声器内吸声材料的吸声系数大于 0.6 时，建议采用表中经验值计算，以使计算值接近实际值。如对阻性消声器效果作粗略估算时，则可取 $\varphi(\alpha_0)$ 值为 1。

设计阻性消声器应防止高频失效的影响，其上限截止频率可按式（C.12）进行计算：

$$f_s = 1.85 \frac{c}{D} \quad (\text{C.12})$$

式中：

f_s ——上限截止频率，单位为赫兹（Hz）；

c ——声速，单位为米每秒（m/s），常温常压下可取 340m/s；

D ——消声器通道界面的当量直径，单位为米（m）。

C.3 吸声控制的程序和方法

C.3.1 估算变电站站界和周围噪声敏感建筑物处的各倍频带声压级

根据选定的变压器（电抗器）63Hz~8kHz 标称频带中心频率的 8 个倍频带的功率级，按照附录 B 提供的噪声计算模式计算变电站站界和周围敏感建筑物位置各倍频带的声压级。

C.3.2 计算所需吸声降噪量

根据变电站及周边噪声敏感建筑物所在声环境质量功能区所规定的噪声限制值，由表 C.1 确定变电站站界和周围噪声敏感建筑物处 63Hz~8kHz 标称频带中心频率的 8 个倍频带的声压级。所需吸声降噪量可将吸声处理前的声压级减去允许声压级得出。

C.3.3 计算吸声处理后应有的室内平均吸声系数

根据所需吸声降噪量以及吸声处理前室内平均吸声系数按式（C.13）计算或表 C.3 查得。

$$\bar{\alpha}_2 = 10^{\frac{\Delta L_p}{10}} \bar{\alpha}_1 \quad (\text{C.13})$$

式中：

ΔL_p ——吸声降噪量，单位为分贝（dB）；

$\bar{\alpha}_1$ 、 $\bar{\alpha}_2$ ——吸声处理前、后的室内平均吸声系数。

注：式（C.13）适用于 $\bar{\alpha}_2 \leq 0.5$ 的场合。

表 C.3 室内吸声降噪量(ΔL_p)估算表

单位为分贝

$\bar{\alpha}_2$	$\bar{\alpha}_1$					
	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
0.20	6.0	3.0	1.2	—	—	—

表 C.3 (续)

$\bar{\alpha}_2$	$\bar{\alpha}_1$					
	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
0.25	7.0	4.0	2.2	1.0	—	—
0.30	7.8	4.8	3.0	1.8	0.8	—
0.35	8.5	5.4	3.7	2.4	1.5	0.7
0.40	9.0	6.0	4.3	3.0	2.0	1.2
0.45	9.5	6.5	4.8	3.5	2.6	1.8
0.50	10.0	7.0	5.2	4.0	3.0	2.2
0.55	10.4	7.4	5.6	4.4	3.4	2.6
0.60	10.8	7.8	6.0	4.8	3.8	3.0
0.65	11.1	8.1	6.4	5.1	4.1	3.4
0.70	11.2	8.5	6.7	5.4	4.5	3.7

C.3.4 确定吸声材料（或结构）的类型、数量与安装方式

根据吸声处理后所需的室内平均吸声系数（或总吸声量、混响时间）的要求来确定。

C.3.5 吸声设计效果

可采用吸声降噪量及室内工作人员的主观感觉效果来评价。通常，吸声降噪量应通过实测或计算吸声处理前后室内相应位置的噪声水平（A、C声级及63Hz~8kHz的8个倍频带声压级）来求得，也可通过测量混响时间、声级衰减等方法求得吸声降噪量。

常用吸声材料的吸声系数参见附录D的表D.5。

C.4 隔振设计程序和方法

C.4.1 确定隔振设计所需的振动传递比（或隔振效率）

根据实测或估算得到的需隔振设备或地点的振动水平及机器设备的扰动频率、设备型号规格、使用工况以及环境要求等因素确定。简单隔振系统（质量弹簧系统）的振动传递比，可按式（C.14）计算：

$$T_r = \left| \frac{1}{1 - (f/f_n)^2} \right| \quad (\text{C.14})$$

式中：

T_r ——隔振系统的振动传递比；

f ——机器设备的扰动频率，单位为赫兹（Hz）；

f_n ——隔振系统的固有频率，单位为赫兹（Hz）。

C.4.2 确定隔振元件的荷载、型号大小和数量

隔振元件承受的荷载，应根据设备（包括机组和机座）的重量、动态力的影响以及安装时的过载等情况确定。设备重量均匀分布时，每个隔振元件的荷载可将设备重量除以隔振元件数目得出。设备重量不均匀分布时，各个隔振元件的选择也可采用机座（混凝土块或支架），并根据重心位置来调整支承点。隔振元件的数量一般宜取4个~6个。

C.4.3 确定隔振系统静态压缩量、频率比以及固有频率

静态压缩量应根据振动传递比（或隔振效率）、设备稳定性及操作方便等要求确定。

频率比中的扰动频率，通常可取为设备最低扰动频率。频率比应大于1.41，通常宜取2.5~4，严

禁采用接近于 1 的频率比。

隔振系统的固有频率可根据扰动频率及频率比确定，并可按式 (C.15) 估算：

$$f_n = 4.98 \sqrt{\frac{K_D}{W}} \approx 5 \sqrt{\frac{d}{\delta}} \quad (\text{C.15})$$

式中：

K_D —— 隔振元件动刚度，单位为千克每厘米 (kg/cm)；

W —— 隔振系统质量，单位为千克 (kg)；

d —— 动态系统（隔振元件的动、静刚度比，钢弹簧可取 1.0、橡胶可取 1.5~2.3）；

δ —— 隔振元件在设备总质量下的静态压缩量，单位为厘米 (cm)。

C.4.4 估计隔振设计的降噪效果

在隔振系统确定之后进行，通常应包括振动传递比或隔振效率、静态压缩量、动态系数等参数的验算，同时应包括对隔振的降噪效果做出的估计。对于楼板上的隔振系统，其楼下房间内的降噪量可用式 (C.16) 估算：

$$\Delta L_p \approx \Delta L_v \approx 20 \lg \left(\frac{1}{T_r} \right) \quad (\text{C.16})$$

式中：

ΔL_p —— 隔振前、后楼下房间内声压级的改变量，单位为分贝 (dB)；

ΔL_v —— 隔振前、后楼板振动速度级的改变量，单位为分贝 (dB)；

T_r —— 隔振系统的振动传递比。

附录 D
(资料性附录)

常用墙板、门窗的隔声量，常用消声器的消声量，常用吸声材料的吸声系数

常用墙板、门窗的隔声量，常用消声器的消声量和常用吸声材料的吸声系数分别见表 D.1～表 D.5。

表 D.1 常用墙板隔声量

类别	材料	面密度 kg/m ²	厚度/尺寸 mm	倍频带消声量 dB						R 平均 dB	R _w dB
				125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz		
空心 砖 及砌 块墙	矿渣三孔空心砖	120	100	30	35	36	43	53	51	40	43
	矿渣三孔空心砖	210	210	33	38	41	46	53	52	43	46
	黏土空心砖	289	240	39	42	44	47	56	52	46	48
	黏土空心砖	380	240	42	45	46	51	60	61	50	51
	混凝土空心砌块	299	190	39	40	42	49	49	49	44	47
	混凝土空心砌块	332	280	40	41	47	52	55	56	48	50
	陶粒混凝土空心砌块	273	190	42	44	50	55	57	59	51	53
砖墙	实心砖	160	60	26	30	30	34	41	40	32	35
		240	120	37	34	41	48	55	53	45	47
		480	240	42	43	49	57	64	62	53	55
		700	370	40	48	52	60	63	60	53	57
		833	490	45	58	61	65	66	68	61	62
双层 砖墙	实心砖	258	a=b=60, d=60	25	28	33	47	50	47	38	38
		484	a=b=120, d=20	28	31	33	43	45	46	38	38
		800	a=b=240, d=150	50	51	58	71	78	80	64	63
		960	a=b=240, d=100	46	55	65	80	95	103	71	68
		1400	a=b=370, d=300	53	63	69	78	83	/	69	73
		1400	a=b=370, d=230	61	79	80	89	89	/	79	85
		720	a=120, b=240, d=300	37	45	47	67	66	78	56	52
		1180	a=240, b=370, d=1000	48	58	64	78	/	/	68	68
		1660	a=370, b=490, d=200	51	61	69	81	95	/	72	73
		2140	a=490, b=620, d=200	52	64	73	79	83	/	70	73

表 D.1 (续)

类别	材料	面密度 kg/m ²	厚度/尺寸 mm	倍频带消声量 dB						R 平均 dB	R _w dB
				125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz		
单层 金属 板	铝板	2.6	1	13	12	17	23	29	33	21	22
		5.2	2	17	18	23	28	32	35	25	27
	镀锌铁皮	7.8	1	/	20	26	30	36	43	29	30
	钢板	7.8	1	19	20	26	31	37	39	28	31
		11.7	1.5	21	22	27	32	39	43	30	32
		15.6	2	/	26	29	34	42	45	34	35
		19.5	2.5	29	31	32	35	41	43	34	35
		23.4	3	28	31	32	35	42	32	33	35
31.2	4	31	34	36	37	41	33	35	37		
金属 板加 超细 玻璃 棉	钢板加超细 玻璃棉	15.5	钢板 1.5, 玻璃棉 80	29	35	45	54	61	61	47	47
		19.1	钢板 2, 玻璃棉 80	32	33	43	52	60	64	46	46
		22.2	钢板 2.5, 玻璃棉 80	29	38	46	54	61	62	47	49
		27.1	钢板 3, 玻璃棉 80	29	40	44	54	60	57	47	48
		34.7	钢板 4, 玻璃棉 80	28	39	46	53	60	56	46	49
复合 板	彩色钢板中 夹聚苯板	13	钢板 0.6, 聚苯板 100	14	24	23	26	53	51	/	21
双层 金属 板	铝板	5.2	$a=b=1, d=70$	17	12	22	31	48	52	30	26
		10.4	$a=b=2, d=70$	9	21	30	37	46	49	31	32
		62.4	$a=b=4, d=80$	34	40	44	51	57	45	46	48
	复塑钢板	13	$a=b=0.8,$ $d=140$	19	30	36	48	56	64	41	39
	钢板	15.3	$a=b=1, d=80$	25	29	39	45	54	56	40	41
		23.4	$a=b=1.5,$ $d=80$	26	36	44	50	58	61	46	46
		37.4	$a=b=2.5,$ $d=80$	36	37	45	51	59	59	46	48
		46.8	$a=b=3, d=80$	32	28	42	50	58	44	44	45

表 D.1 (续)

类别	材料	面密度 kg/m ²	厚度/尺寸 mm	倍频带消声量 dB						R 平均 dB	R _w dB
				125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz		
双层 金属 板腔 内填 吸声 材料	铝板加超细 玻璃棉	12	$a=b=2,$ $d=70/70$	19	27	40	42	48	53	37	39
	贴塑钢板加岩棉	17.2	$a=b=0.7,$ $d=50/50$	16	23	24	29	39	37	27	30
	贴塑钢板 加矿棉毡	22.8	$a=b=0.8,$ $d=140/50$	23	39	48	57	62	68	48	46
	钢板加超细 玻璃棉	19.1	$a=b=1,$ $d=80/80$	28.4	42	50	57	58	60	48	51
		22.5	$a=1.5, b=1,$ $d=65/65$	30	38	49	55	63	66	49	51
		23.2	$a=1.5, b=1,$ $d=80/80$	32	45	53	58	58	60	51	53
		26.8	$a=b=1.5,$ $d=65/65$	32	41	49	56	62	66	50	51
		26.1	$a=2, b=1,$ $d=65/65$	31	40	48	55	62	66	49	53
		27.5	$a=b=1.5,$ $d=80/80$	31	43	52	59	62	63	51	54
		26.8	$a=2, b=1,$ $d=80/80$	36	43	52	58	63	66	52	55
		27.6	$a=2, b=1,$ $d=100/100$	39	43	51	58	66	70	53	55
		31	$a=2, b=1.5,$ $d=80/80$	40	43	52	58	62	65	53	55
		29.9	$a=2.5, b=1,$ $d=80/80$	33	47	54	57	58	60	51	51
		33.5	$a=2.5,$ $b=1.5,$ $d=65/65$	36	43	49	56	63	67	51	53
		34.2	$a=2.5,$ $b=1.5,$ $d=80/80$	36	46	51	58	63	65	53	55
		35	$a=2.5,$ $b=1.5,$ $d=100/100$	40	43	50	57	64	69	53	55
37.8	$a=2.5, b=2,$ $d=80/80$	39	42	51	55	61	63	51	54		
40.9	$a=2.5,$ $b=2.5,$ $d=80/80$	34	41	49	66	62	61	50	52		

表 D.1 (续)

类别	材料	面密度 kg/m ²	厚度/尺寸 mm	倍频带消声量 dB						R 平均 dB	R _w dB
				125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz		
双层 金属 板腔 内填 吸声 材料	钢板加超细 玻璃棉	38.4	$a=3, b=1,$ $d=80/80$	33	47	53	67	58	58	51	54
		39.2	$a=3,$ $b=1.5,$ $d=80/80$	37	44	52	58	62	60	52	54
		45.8	$a=3,$ $b=2.5,$ $d=80/80$	36	42	50	56	61	57	50	53
		50.3	$a=3, b=3,$ $d=80/80$	33	42	50	56	61	47	49	53

注：R（平均隔声量）为各频带隔声量的算术平均值，R_w（计权隔声量）为将隔声频率特性曲线与标准曲线按一定方法进行比较而读得之数，a、b为板的厚度，d为空隙宽度。

表 D.2 门隔声量

类别	门缝处理	门的厚度/尺寸 mm	倍频带消声量 dB						R 平均 dB	R _w dB
			125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz		
普通保温 隔声门 (单扇)	全密封	40~50	29.0	22.9	31.1	35.7	42.6	45.2	33.3	35
	双橡胶 9 字形条	40~50	23.2	21.4	27.1	33.1	41.0	39.6	30.6	32
	单道软橡胶 9 字形条	40~50	21.1	20.2	25.1	25.3	37.7	38.7	27.6	28
	单道硬橡胶 9 字形条	40~50	21.8	20.9	26.0	24.1	29.7	35.4	25.6	27
	不处理	40~50	19.5	18.8	21.5	17.1	19.5	22.7	19.8	18
普通保温 隔声门 (双扇)	单道软橡胶 9 字形条	40~50	23.0	24.1	28.3	29.8	30.6	35.5	28.7	31
	包毛毡	/	26.1	36.4	29.0	28.8	35.9	51.8	33.1	32
铝板 隔声门	门缝消声器	/	22.8	24.2	23.5	34.3	40.2	33.6	29.2	30
	无	/	23.0	28.6	24.1	29.2	23.1	24.2	25.1	25
钢板 隔声门	包毛毡	74	41.5	41.3	34.3	36.9	45.2	58.0	41.1	41
	门缝消声器	74	26.8	25.8	26.3	41.1	44.3	36.2	32.9	35
	无	74	25.5	25.9	23.3	28.1	23.4	24.1	24.8	25
国标 J649 隔声门	橡胶 9 字形条	900×1800/1000×2100 1500×2100/2400×2400 3000×3300/3300×3600	21.0	26.2	35.3	45.0	43.5	52.5	37.3	38

表 D.2 (续)

类别	门缝处理	门的厚度/尺寸 mm	倍频带消声量 dB						R 平均 dB	R _w dB
			125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz		
国标 J649 隔声门	海绵橡胶条	900×1800/1000×2100 1500×2100/2400×2400 3000×3300/3300×3600	35.5	36.7	37.0	44.0	44.5	55.5	41.3	41
	斜企口人造革包 泡沫塑料压缝 (不吸附声体)	900×1800 1000×2100	36.1	39.6	39.8	50.2	50.4	53.7	44.4	44
	斜企口人造革包 泡沫塑料压缝 (吸附声体)	900×1800 1000×2100	38.3	46.6	44.7	52.3	54.6	56.9	48.3	49

注: R (平均隔声量) 为各频带隔声量的算术平均值, R_w (计权隔声量) 为将隔声频率特性曲线与标准曲线按一定方法进行比较而读得之数。

表 D.3 窗隔声量

类别	窗面积 m ²	厚度 mm	倍频带消声量 dB						R 平均 dB	R _w dB
			125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz		
普通单层 玻璃窗	2	3	21	22	23	27	30	30	25.5	27
	3	4	22	24	28	30	32	29	27.5	29
	3	6	25	27	29	34	29	30	29.0	29
	2	8	31	28	31	32	30	37	30.5	31
	2	10	32	31	32	32	32	38	32.8	32
	2	12	32	31	32	33	33	41	33.7	33
	2	15	36	33	33	28	39	41	35.0	30
普通双层 玻璃窗	1.9	3/8/3	17	24	25	30	38	38	28.7	30
	1.9	3/32/3	18	28	36	41	36	40	33.2	36
	1.8 ^a	3/100/3	24	34	41	46	52	55	42	43
	3.0 ^a	3/200/3	36	29	43	51	46	47	42	41
	1.13	4/8/4	20	19	22	35	41	37	29	27
	1.8 ^a	4/100/4	29	35	41	46	52	43	41	44
	3.0 ^a	4/254/4	31	41	50	50	51	44	44.5	45
	3.8	6/10/6	22	21	28	36	30	32	28.2	30
	1.8 ^a	6/100/6	32	38	40	45	50	42	41.2	43
	1.8	6/100/3	26	32	39	39	46	47	38.2	41
	1.8 ^a	6/100/3	30	35	41	46	51	54	42.8	45

表 D.3 (续)

类别	窗面积 m ²	厚度 mm	倍频带消声量 dB						R 平均 dB	R _w dB
			125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz		
铝合金单层平开窗 (门缝处理)	/	5	20.4	27.0	28.5	32.5	34.6	35.2	29.3	32
双层平开钢窗	/	4/120/4	23.5	25.5	29.5	32.5	34.0	40.5	30.9	33
	/	5/100/5	22	19	29	32	42	56	33.2	32
	/	6/150/6 ^b	31.1	39.3	41.4	45.8	35.8	46.2	39.9	36

注：R (平均隔声量) 为各频带隔声量的算术平均值，R_w (计权隔声量) 为将隔声频率特性曲线与标准曲线按一定方法进行比较而读得之数。

^a 表示边框有吸声处理。

^b 表示窗缝、窗框处理。

表 D.4 常用消声器的消声量

消声器类型	外形尺寸 mm	风速 m/s	倍频带消声量 dB								ΔL_A dB
			63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz	
管式消声器 (内衬 50mm 厚聚酯氨 泡沫, 长度 为 1m)	300×300	/	/	3	11	26	19	24	26	/	/
	400×300	/	/	3	10	22	16	20	14	/	/
	500×300	/	/	2	8	19	14	18	12	/	/
	350×350	/	/	2	9	21	15	19	13	/	/
	475×350	/	/	2	7	17	12	16	11	/	/
	600×350	/	/	2	7	16	11	15	10	/	/
	400×400	/	/	2	7	17	12	16	11	/	/
	550×400	/	/	1	6	14	10	13	9	/	/
	700×400	/	/	1	5	13	9	12	8	/	/
ZP100 型片式 消声器	400×300 (有效长度 1m)	静态	5	6.5	16	33.5	30	19	13	11.5	21
		3	4	6.5	15.5	32.5	30	18	13	11.5	20.5
		6	3.5	6	15.5	32.5	30	18.5	13	11.5	20.5
		9	3.5	5.5	15.5	32	30	19	14	11.5	20
	600×300 (有效长度 1m)	静态	4.5	8.5	15	17	13.5	14	12	10.5	15
		3	4.5	9	14	17	13	15	12	11.5	15.5
		5	4.5	9	14	16.5	12.5	15.5	11.5	12	15.5
		8	6	9.5	14	17	13.5	15.5	12	11.5	15.5
ZP200 型片式 消声器	400×630 (有效长度 1m)	静态	5	9	17.5	31	37.5	28.5	22	19	24.5
		3	5.5	8.5	17.5	31.5	38.5	28.5	23	22	25
		5	4	9	18	31.5	38.5	30	23	19	25.5

表 D.4 (续)

消声器类型	外形尺寸 mm	风速 m/s	倍频带消声量 dB								ΔL_A dB
			63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz	
D 型阻性折板式 消声器	$\phi 450 \times 1400$	17	9	24	27	36	28	24	23	21	30
	$\phi 600 \times 1600$	19	7	29	29	36	29	27	24	27	33
	$\phi 900 \times 1800$	19	13	12	28	33	39	32	30	30	29
ZKS 型折板式 消声器	长 900 (片距 150, 片厚 100)	3~4	/	7.5	14	22	22	27	28	/	/
		5~6	/	7	14	20	21	26	26	/	/
		7~8	/	7	14	18	19.5	24	25	/	/
	长 1800 (片距 150, 片厚 100)	3~4	/	13	27	38	39	48	50	/	/
		5~6	/	13	25.5	35	37	39	41	/	/
		7~8	/	11	22	31	32	40	41	/	/
	长 2700 (片距 150, 片厚 100)	3~4	/	17	35	45	50	62	64	/	/
		5~6	/	16	32	45	46.5	57	59	/	/
		7~8	/	13	27	37	39	48	49	/	/
菱形声流式 消声器	长 2400	3	/	19	37.5	43	42.5	35.5	31	/	/
		5	/	17	27	34	32	30	25	/	/
		8	/	17	22	31	30	30	26	/	/
不同吸声衬里 消声弯头	无吸声衬里	3.3	/	8	15	6	7	8	8	/	7
		6.0	/	6	12	7	5	7	8	/	8
	50mm 厚超细 棉, 棉布饰面	3.3	/	8	16	19	24	25	23	/	17
		6.0	/	11	14	15	23	26	24	/	15
	50mm 厚超细 棉, 棉布饰 面, 加导流片	3.3	/	10	17	18	20	22	17	/	16
		6.0	/	11	19	19	21	24	18	/	17
	50mm 厚超细 棉, 穿孔板 饰面	3.3	/	10	19	18	20	18	20	/	15
		6.0	/	8	14	17	17	17	19	/	15
ZWB-50 消声弯头	630×320 (吸声壁面 厚度 50)	静态	7	8	15	16	12.5	9	7.5	/	9
		3	6.5	8	15.5	16	12	9	7	/	9.5
		5	6.5	7.5	15.5	15.5	11.5	9	7.5	/	10
		8	6.5	8	15	15.5	12.5	9.5	8.5	/	10
ZWB-100 消声弯头	630×320 (吸声壁面 厚度 100)	静态	10	12	17.5	23	14.5	10.5	7.5	/	11.5
		3	9.5	12	18.5	23	14	10.5	7	/	11.5
		5	9.5	12	18.5	23	14	10.5	7.5	/	12
		8	9.5	12	18	22.5	14	11	8	/	12

表 D.4 (续)

消声器类型	外形尺寸 mm	风速 m/s	倍频带消声量 dB								ΔL_A dB
			63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz	
消声百叶	300 (薄片)	/	/	3	5	10	13	17	18	15	/
	600 (薄片)	/	/	5	8	17	27	37	38	34	/
	300 (厚片)	/	/	7	9	11	14	13	17	17	/
	600 (厚片)	/	/	8	16	21	27	27	24	21	/
	R 型厚 300	/	11	13	17	18	19	20	18	15	/
	LP 型厚 300	/	10	11	14	15	18	15	13	12	/
	厚 100	/	11	10	11	12	15	19	20	19	/
	厚 150	/	12	12	14	17	20	24	25	23	/
F 型阻抗复合式 消声器	/	0	10	12	15	28	30	35	22	25.5	/
		9.5	7	12	14	18	22	31	21	18.5	/
		14.1	7	11.5	14	14.5	17.5	25.5	19.5	14	/
		17.2	6	10.5	12.5	10	12	19.5	16	5.5	/
		20.5	5	9	10	6	7	16.5	12	1.5	/
		21.6	4.5	9	10	8	5	15.5	9	1	/

注： ΔL_A 为综合隔声量。

表 D.5 常用吸声材料的吸声系数

材料名称	尺寸 mm	体积密度 kg/m ³	倍频 (Hz) 吸声效果/(吸声系数)					
			1253Hz	2503Hz	5003Hz	10003Hz	20003Hz	40003Hz
离心玻璃棉板	厚度 50	24	0.45	0.91	1.12	1.08	1.04	1.10
矿棉装饰吸声板	厚度 10	10	0.63	0.48	0.48	0.56	0.74	0.82
陶土吸声砖	厚度 80	1250	0.18	0.55	0.62	0.56	0.58	/
陶粒吸声砖	厚度 115	780	0.43	0.80	0.75	0.74	0.83	0.89
穿孔金属板	孔距 55, 孔径 6, 空腔距 100, 填玻璃棉	/	0.31	0.37	1.0	1.0	1.0	1.0
单层微穿孔板	孔径 0.8, 板厚 0.8	/	0.1	0.46	0.92	0.31	0.40	/
双层微穿孔板	孔径 0.8, 板厚 0.8, 空腔距离 100	/	0.28	0.79	0.70	0.64	0.41	0.42
砖墙抹灰	/	/	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
砖墙拉毛水泥	/	/	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.05