铝冶炼生产中的降噪分析

徐明红

（贵州省化工研究院　贵州　贵阳　550000）

摘要：铝冶炼生产中会形成大量噪声，对生产人员的听力健康带来危害，明确噪声来源和分布特征，采取科学有效的降噪方法和防护措施，才能满足相关卫生要求，保护人员安全。本文针对铝冶炼生产中的噪声控制问题进行研究，采用文献总结、实地调查、案例分析等方法，从冶金行业的生产噪声及卫生要求入手，对铝冶炼生产中噪声危害关键控制点进行分析，并阐述了全封闭隔声罩在铝冶炼生产降噪中的应用，为噪声控制管理提供参考。

关键词：冶金行业；生产噪声；关键控制点；降噪方法；防护措施

0　引言

铝冶炼是对铝矿山原料进行冶炼、电解、铸型等工艺提炼铝的生产活动，该产业在国民经济和社会发展中具有重要地位和作用。铝冶炼的产品是氧化铝、电解铝、再生铝等，主要用于机械、建筑、汽车、电子信息等领域，随着这些领域的发展，对铝冶炼产品的需求也在加大 [1]。然而，铝冶炼生产的专业性强，需要用到许多机械设备，这些设备的运行会产生大量噪声，甚至危害生产人员的健康，导致职业病高发。现有研究多集中在铝冶炼工艺、设备管理等方面，关于噪声防控方面的研究较少。基于此，本文结合实践探讨了铝冶炼生产中噪声危害的关键控制点。

1　冶金行业的生产噪声及卫生要求

1.1　生产噪声的分类

从物理特性角度看，冶金行业的生产噪声可分为三类：（1）机械性噪声，即机械运行中因撞击、摩擦、转动、切割等产生的噪声；（2）电磁性噪声，即电磁设备内部交变力相互作用产生的噪声，典型代表如变压器；（3）流体动力性噪声，即体积、压力突变或流体流动时产生的噪声。

1.2　生产噪声的危害及影响因素

生产噪声伴随着生产作业而生，人体长时间处于生产噪声中，会对生理和心理带来危害。在生理方面，生产噪声的危害以听力损失为主，此类患者早期高频（3000 ～ 6000Hz）听力下降，逐渐累及语频，严重者发展为噪声聋；还会对神经、消化、生殖、内分泌、心血管等系统造成不良影响。在心理方面，生产噪声会使人产生激动、烦躁、易怒等情绪，注意力难以保持集中从而降低工作效率，甚至引发安全生产事故。

现有研究证实，生产噪声危害的影响因素包括：

（1）噪声强度和频谱。相同条件下，噪声强度越大、频率越高，造成的危害越严重。

（2）噪声性质。稳态噪声的危害最小，非稳态噪声的危害居中，脉冲噪声的危害最大。

（3）接触时间。人类接触噪声的时间越长，造成的危害越严重。

（4）其他有害因素的叠加。如高温、振动、有毒物质等，和噪声同时存在的危害更为严重 [2]。

（5）劳动者的健康状况。如果劳动者本身患有某些疾病，接触噪声后造成的危害较健康人更加严重。

（6）个体防护措施。正确使用防护用品如耳塞，能减轻噪声带来的危害。

1.3　关于生产噪声的卫生要求

在工作场所内对噪声接触限值、脉冲噪声的接触次数和声压级峰值有明确要求，见表 1。严格按照限值控制噪声，才能保护生产人员的身心健康。

2　铝冶炼生产中噪声危害关键控制点分析

2.1　生产概况

以某大型铝冶炼厂为例，于 2015 年建成投产，现有职工总数 500 余人。铝冶炼生产的工艺流程是：铝矿石→生产氧化铝→纯氧化铝→电解→再熔或精炼→铝锭。截至目前，职工中出现噪声聋 2 例、不

23-55 机械制造与智能化 第18期 6月下 总603期.indd 40　　2023/8/15 13:28:24

表 1　工作场所噪声及脉冲噪声的职业接触限值

噪声接触时间	接触限值 / dB（A）	备注	脉冲噪声接触次数 / 次	声压级峰值 /dB（A）
5d/w，=8h/d	85	非稳态噪声计算 8h 等效声级	⩽ 100	140
5d/w，≠ 8h/d	85	计算 8h 等效声级	100 ～ 1000	130
≠ 5d/w	85	计算 40h 等效声级	1000 ～ 10000	120

同程度听力受损 11 例，患病率共计 2.60%。

2.2　研究方法

为明确生产噪声的主要来源，本文通过实地调查生产活动和不同岗位的作业情况，对生产噪声进行连续检测。使用的仪器是精密积分声级计，统计工人接触噪声的时间，计算 8h 等效 A 声级。

2.3　噪声源及作业环境

该铝冶炼厂的生产车间较多，主要分为电解、精炼、除尘、成品 4 大车间，生产设备包括电解炉、加料机、振动筛、破碎机、切割机、空压机、球磨机、排风机等，这些设备运行产生的噪声是主要噪声源 [3]。铝冶炼生产中，设备由人工手动操作，每班接触噪声的时间为 1 ～ 4h。

2.4　噪声测试结果

统计不同岗位的噪声声级、工人接触噪声的时间，计算 8h 等效 A 声级。以 2020 － 2022 年为例，连续 3 年的噪声测试结果见表 2。分析可知：振动筛、切割机、电解炉产生的噪声声级居于前 3 位，是噪声危害的关键控制点。

表 2　不同岗位噪声声级测试结果 /dB（A）

主要设备	2020 年	2021 年	2022 年	平均值
空压机	77.5	78.3	76.2	77.3
破碎机	83.4	87.0	84.6	85.0
球磨机	89.8	92.3	92.1	91.4
振动筛	99.2	98.0	98.5	98.6
切割机	93.2	93.5	91.2	92.6
电解炉	90.5	91.6	92.8	91.6

2.5　降噪及防护措施

2.5.1　抑制噪声形成措施

针对产生噪声较大的车间，综合分析生产工况和要求，选用噪声和振动小的设备，对生产工艺进行改进。另外，设计工作场所时，将高噪声、低噪声的设备分开，合理配置声源。以振动筛为例，噪声主要来源于矿石的筛分、转运和相互撞击，降低噪声的方式主要有：（1）使用聚氨酯筛板取代金属筛板，在同样的激振条件下，可降低噪声 15 ～ 20dB（A）；（2）振动过程中，弹簧端部与支座之间产生相对滑动，使用橡胶弹簧取代钢质弹簧，可降低部分噪声；（3）在轴承的内外套之间进行阻尼处理；（4）在筛箱的侧板、给料口、出料口、接料底盘内贴上橡胶板，均能达到降噪效果。

2.5.2　阻断噪声传播

抑制噪声形成，只能降低噪声的声级，而无法彻底消除噪声。阻断噪声传播，则是在生产车间的墙壁、顶板、地板等部位安装吸声材料，或设置吸声装置，对辐射和反射的声能进行吸收，从而降低噪声。具体操作上，可使用矿渣棉、玻璃棉，或设置隔声控制室、安装双层玻璃，或制作外部隔声罩。以隔声罩为例，处理罩壁上的空洞时要注意：（1）若是在罩壁上开孔当作进、出风口，可在进、出口管道处安装消音器或者消声箱；（2）隔声罩整体拼接的任何接缝之处都要密封严实，罩内的门窗、管道、盖子等接缝处，要使用软性材料如软橡胶进行连接 [4]；（3）进、出口的开孔处加双道橡皮刷，方便用料通过，同时隔绝内部声音，避免外溢漏音。

2.5.3　做好个人防护

（1）合理安排生产时间。接触噪声的工人应巡视作业，减少连续接触噪声的时间，从而恢复听觉疲劳，避免或减轻听力损伤。

（2）正确使用职业病防护用品。以耳塞为例，使用软塑料或橡胶制成，设计不同型号可紧密贴合外耳道，降噪效果达到 20 ～ 35dB。另外，耳罩虽然佩戴不方便，但隔声效果优于耳塞，可降噪 30 ～ 40dB。

（3）加强宣传教育，让工人认识到噪声防护的重要性，提高工人进行个人防护的积极性。

2.5.4　定期健康检测

首先，针对接触噪声的岗位，工作人员在上岗前进行体检，排查有无听觉器官、神经、心血管等系统病变，此类患者不能参加噪声作业。其次，铝冶炼生产过程中，定期组织工作人员健康检测，尤其是观察听力变化，针对高频听力损失⩾ 30dB 的人群作为保护对象，尽早调岗并治疗干预。

23-55 机械制造与智能化 第18期 6月下 总603期.indd 41　2023/8/15 13:28:24

3　全封闭隔声罩在铝冶炼生产降噪中的应用

随着生产时间延长，设备的性能随之降低，带来的振动和噪声会不断增大[5]。某铝冶炼厂 100t 电炉在近期运行时，噪声明显变大，噪声主要出现在加料时，噪声最大值达到 125dB，熔融过程中的噪声值约为 112dB。为降低噪声影响，铝冶炼厂设计制作全封闭隔声罩，以保护生产人员的身心健康。

3.1　隔声罩的隔声特性

该隔声罩由钢结构隔音合成板、钢筋混凝土结构墙、混凝土地面构成。铝冶炼过程中，各个罩面的开启时间短，持续 1 ～ 3min，而一炉冶炼完成需要 50 ～ 60min。根据生产要求和现场条件，计算该隔声罩各面的隔声量，结果见表 3。

表 3　隔声罩各面结构及隔声特性

结构部位	结构名称	面积 /m²	隔声量 /dB
1	加料门隔音合成板	220	44.3
	加料小门面板	15	39.2
2	加料门隔音合成板	220	44.3
3	钢筋混凝土墙	235	65.0
4	钢结构隔音合成板	235	44.3
5	钢结构隔音合成板	240	44.3
6	混凝土地面	380	—

对隔声罩组合结构计算后，得到隔声量为 46.2dB，即使用隔声罩后的理论降噪值。冶炼过程中需要取样，加料小门开启后，此时隔声罩的隔声量为 0，计算得到隔声量降低至 20dB。

3.2　使用隔声罩后的噪声分布

为了进一步分析使用隔声罩后的噪声分布特点，选择所有构件关闭时、加料小门开启时 2 种工况，分析噪声分布情况。已知隔声罩距离电炉 10m，声源处的噪声为 125dB，隔声罩内（距离声源＜ 10m）的噪声值计算公式为：

$$L = L_0 - \Delta L = L_0 - 10\lg\frac{r}{r_0} \qquad (1)$$

隔声罩外（距离声源 10 ～ 50m），加料小门关闭时的噪声值计算公式为：

$$L = L_0 - \Delta L - IL = L_0 - 10\lg\frac{r}{r_0} - 46.2 \qquad (2)$$

隔声罩外（距离声源 10 ～ 50m），加料小门开启时的噪声值计算公式为：

$$L = L_0 - \Delta L - IL = L_0 - 10\lg\frac{r}{r_0} - 20 \qquad (3)$$

式中：L －任一点声压级（dB）；

L_0 －基准点的声压级（距声源中心距 1m）（dB）；

ΔL －噪声在传播过程中，因距离产生的自然衰减量（dB）；

r －距声源中心距（m）；

r_0 －基准点距声源中心距，此处取 r_0=1（m）；

IL －隔声罩的降噪量（dB）。

通过计算，得到电炉噪声分布情况见表 4，并绘制噪声分布曲线。

表 4　不同工况下的电炉噪声分布声压级 /dB

距电炉距离 /m	不设隔声罩	设隔声罩	
		加料小门开启	加料小门关闭
1	125.0	125.0	125.0
5	118.0	118.0	118.0
10	115.0	95.3	68.8
15	113.2	93.5	67.0
20	112.0	92.3	65.8
25	111.0	91.3	64.8
30	110.2	90.5	64.0
35	109.6	89.9	63.4
40	109.0	89.3	62.8
45	108.5	88.8	62.3
50	108.0	88.3	61.8

依据《工作场所有害因素职业接触限值 第 2 部分：物理因素》（GBZ 2.2-2007），生产车间和作业场所的噪声接触限值为 85dB(A)。分析表 4 可知：

（1）不设隔声罩，加料门前（即距离电炉 10m 处）的噪声为 115dB，车间内最小噪声（即距离电炉 50m 处）为 108dB，均超过 85dB 的限值要求。

（2）设置隔声罩后，加料小门关闭时门前（即距离电炉 10m 处）的噪声为 68.8dB，符合 85dB 的限值要求；加料小门开启时门前（即距离电炉 10m 处）的噪声为 95.3dB，但取样时间较短，噪声影响不大；车间内噪声（即距离电炉 50m 处）为 61.8 ～ 88.3dB，基本符合 85dB 的限值要求。

3.3　现场测试验证

理论分析完成后，组织技术人员在电炉车间内使用仪器进行现场噪声测试验证。本研究选用噪声频谱分析仪，对比理论降噪值和实测值，结果发现实测值均高于理论值。以加料门前为例，加料小门开

23-55 机械制造与智能化 第18期 6月下 总603期.indd 42　　2023/8/15 13:28:25

启时噪声理论值为 95.3dB，实测值为 102.1dB，相差 6.8dB ；加料小门关闭时噪声理论值为 68.8dB，实测值为 73.6dB，相差 4.8dB。

对此，分析实测值与理论值相差较大的原因是隔声罩的施工质量存在问题。参考相关文献，隔音合成板是隔声罩的核心构件，要求采用双层钢板，中间充填矿物棉，且矿物棉的填充要达到一定密度要求 [6]。对隔声罩进行局部拆解，可见隔音合成板使用单层钢板，内部没有充填矿物棉，且管道与隔音合成板的接缝处封堵不严密，是造成降噪效果不理想的原因。

3.4 隔声罩结构优化

根据现场测试结果和降噪效果不理想的原因，对隔声罩返厂处理，将单层钢板更换为双层钢板，内部密实充填矿物棉，并对接缝处进行严密封堵。再次进行现场测试验证，结果显示实测值与理论值较为接近。以加料门前为例，加料小门开启时噪声理论值为 95.3dB，实测值为 95.7dB，相差 0.4dB ；加料小门关闭时噪声理论值为 68.8dB，实测值为 69.3dB，相差 0.5dB。

4 结语

综上所述，铝冶炼生产中的噪声主要来源于各种机械设备，工作人员长期接触噪声会危害身心健康。为此，铝冶炼厂应抑制噪声形成，阻断噪声传播，要求工作人员做好个人防护，并定期健康检测，兼顾生产效益和人员健康。另外，针对电炉产生的噪声，使用全封闭隔声罩是一种有效的降噪措施，但要注意严格控制隔声罩的制造质量，这样才能提高隔声降噪效果。

参考文献：

[1] 石力博 . 基于噪声分布绘图的车间内环境噪声污染分布研究 [J]. 工业卫生与职业病 ,2021,47(04):315-317.

[2] 刘源 , 张秋玲 , 潘祖飞 , 等 . 冶金行业职业暴露及其听力损失调查 [J]. 职业与健康 ,2021,37(16):2278-2280+2284.

[3]Baldinelli G,Bianchi F,Costarelli D,et al.Innovative techniques for the improvement of industrial noise sources identification by beamforming[J].Noise Mapping,2021,8(01):129-137.

[4] 郑宇飞 , 杨芙蓉 , 云翔 , 等 .2008-2019 年某金属冶炼企业职业病危害及防护现状分析 [J]. 中国工业医学杂志 ,2020,33(06):536-538.

[5] 吴庆贺 , 吴海锋 , 沈勇 , 等 . 工业噪声环境下多麦状态空间模型语音增强算法 [J]. 计算机应用 ,2020,40(05):1476-1482.

[6] 原升琛 , 刘小倩 . 声源定位技术在工业噪声控制中的应用 [J]. 数码设计 (上),2020,9(01):289.

作者简介：徐明红（1982. 04-），女，汉族，贵州毕节人，本科，工程师，研究方向：金属冶炼安全。

23-55 机械制造与智能化 第18期 6月下 总603期.indd 43 2023/8/15 13:28:25