

# 移动式空压机噪声控制

赵升吨 雷永刚 刘艳辉 高红娟 史维祥

(西安交通大学)

## 摘 要

分析了移动式空压机噪声的现状及产生噪声的原因,采用隔声罩的方式降低移动式空压机的噪声,解决了该隔声罩中的几个主要技术问题,首次提出使用不锈钢纤维作为隔声罩内吸声材料的新概念,并取得了很好的降噪效果。

## 引 言

通常可移动式空气压缩机为一种活塞式压缩机,由于它移动方便,尺寸小,占地面不大,广泛应用于建筑施工,机械,化工,仪表等需要压缩空气的工程领域。但是,可移动式空气压缩机往往处于车间内部并距离操作工人或办公室很近,建筑施工时又处于居民住宅区或相距很近,如陕西咸阳某内燃机配件厂连杆机加工车间气夹车床的压缩空气,来自放在车间中间的V形可移动式空气压缩机。再如河南洛阳某摩托车制造厂的喷漆及装配车间的W形可移动式空气压缩机,放置在四周无遮拦的摩托车成品库中,并距办公楼及生产工人均很近。空气压缩机产生的噪声一般在90~108dB(A),而且以低频脉动噪声为主,涉及面广,传播距离远,影响较大,特别在空压机使用的时间较长,年久失修时,噪声会更大,所以对其噪声进行控制,已成

为亟待解决的问题。

本文针对西安市某乳胶制品厂的V形活塞式空压机噪声现状,分析噪声产生的原因,并采用隔声罩对其噪声进行有效的控制,在实际应用中取得了较好的效果。

## 空压机噪声现状及降噪要求

该厂仅使用一台V形活塞式空压机,直接用来进行乳胶手套或气球是否漏气的检验工作,在进行正常检验时,压缩空气消耗量很大,所以上班后,压缩机基本上一直处于工作状态,加之该压缩机使用时间达二十多年,工作负荷重,工人一上班,压缩机就开始运转,所以维修工作量大,但常因生产需求造成维修不彻底,从而造成该机工作的噪声特大,特别是机械零件间隙过大或松动,振动产生的高频噪声很大。在距空压机1m处实测噪声为106dB(A),频谱表明,高频量也很大,检验车间及手套生产车间距离空压机仅7m远,空压机处于宽4m的走廊内,走廊两面为敞开,如图1所示,更便于噪声传播出去,对车间工人的身心健康及周围环境造成了严重危害。

为此该厂决定对该噪声进行治理,要求进行降噪处理后,空压机1m附近的噪声必须严格控制85dB(A)及其以下,使生产车间及走廊的噪声达到国家标准的规定,同时也可使处于该厂旁边的某政府办公楼免受空压机噪声的污染。但采用降噪后不能影响空压机正常工作及其维修,也不妨碍工作人员通过走廊。

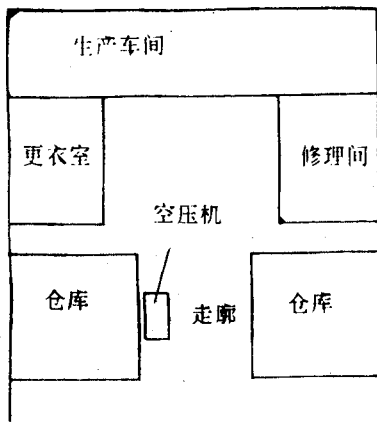


图1 空压机放置位置图

## 空压机噪声产生的原因

空压机在运转过程中,发声的部位颇多,是一个综合性的噪声源,但经过分析和实测,表明其噪声主要来自于以下四个方面。

首先是空压机进气噪声,随着空压机气缸进气阀门的间断开启,气流也间歇地被吸入气缸,在进气口附近产生压力波动,以声波的形式从进气口辐射出来,这样便产生了进气噪声,进气噪声呈明显的低频性,并且往往比其它部件的噪声高,是空压机的主要噪声源。

其次是空压机排气口噪声,随着气体从气缸阀门间断地排出,气流产生振动,形成排气口噪声,同时,气体进入储气罐时,激发储气罐内气体共振,通过储气罐壳体向外辐射强烈的噪声,但该噪声比进气噪声小很多。

再次是机械噪声,空压机在运转过程中,很多部件快速旋转和往复运动产生摩擦冲击,引起机件振动而发生机械噪声。该噪声高频成份较大,在空压机年久失修后其值会更大,也是该空压机的主要噪声源。

最后是电动机噪声,空压机一般是由电动机驱动,电动机定子和转子之间的磁场脉动引起电磁噪声,电机冷却风扇又引起气流噪声,还有电动机转子上的轴承噪声,实测发现,以电动机冷却风扇的噪声为最大,但电动机噪声比进气噪声和机械噪声要小得多。

## 空压机噪声控制方法

鉴于该空压机噪声很大,要求降噪量很大,并且主要噪声源为进气的低频声和机械的较高频率的结构噪声,所以单靠在其进气口安装高降噪量的消声器不会达到预期的效果。经过分析计算,决定采取噪声控制领域中广泛使用的隔声罩来对该空压机的噪声进行全面控制。

在该隔声罩的设计过程中,主要解决了以下几个技术方面的问题,从而使隔声罩的性能达到了预期的目的。

### 1 隔声罩应具有足够的隔声量

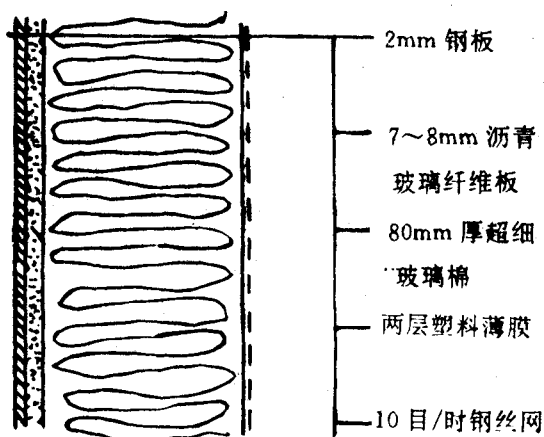


图2 隔声罩罩壁结构

在进行隔声罩的设计时,基本隔声结构采用图2的形式,2mm厚的钢板起到隔声作用,8~10mm厚的沥青玻璃纤维板一方面起到隔声作用,更主要的是用来避免在声波作用下,罩壳产生共振和“吻合效应”(当射入的声波与板的弯曲波相吻合时,板的振幅增大,隔声变坏)。然后使用环氧树脂胶将该沥青玻璃纤维板粘结在钢板上,80mm厚的超细玻璃棉起到吸收由空压机传来的直达声和由阻尼层与钢板反射回罩内的反射声波。隔声罩的实际隔声量 $TL'$ 的计算公式为

$$TL' = TL + 10 \lg a_m$$

式中 $TL$ 为隔声罩罩壳(这里为钢板和沥青玻璃纤维板组成的复合板壳)隔声量。

$a_m$ 为隔声罩内吸声材料的平均吸声系数。

由于 $a_m$ 总是小于1,所以,隔声罩实际隔声量总是小于罩壳的隔声量,隔声罩内如不做吸声处理,将大大降低隔声罩的隔声量。特别对于轻型结构的隔声罩,甚至有时起不到任何隔声作用,反而变成噪声放大器。为了提高隔声罩的实际隔声量,必须在罩内做吸声处理。

图2中吸声材料的护面采用钢丝网和塑料薄膜,这里用塑料薄膜来代替通常的玻璃布进行护面,主要原因是该厂的空压机因为使用年限长,修理不完善,造成空压机在工作时飞溅出的油珠不少,若用玻璃布护面时,由于玻璃布透

气及吸油能力强,从而造成工作时飞溅出的油珠被玻璃布吸附进而渗入到超细玻璃棉内,超细玻璃具有较强的吸油能力,而吸满油的任何多孔吸声材料无法使声波通过其微孔使空气振动与多孔材料摩擦而降噪,所以吸上油的吸声材料的吸声性能变坏,将其应用到隔声罩内时,起不到有效降低噪声的目的,所以,在该隔声罩内吸声材料表面护面采用塑料薄膜的方式,可有效地防止油进入超细玻璃棉。当然,塑料薄膜护面可降低吸声材料的高频吸声性能,但空压机的噪声是以进气的低频声为主,经过安装后现场实测,证明塑料薄膜护面的超细玻璃棉仍具有很高的吸声性能。

此外,目前国内的各个厂家从德国,美国等引进了不锈钢纤维生产技术及生产线,已大批大量地进行生产。西安交通大学机械工程学院等单位对国内某厂提供的不锈钢纤维的声学性能进行了深入的研究及声学性能参数的测试,并且成功地应用在汽车,摩托车,机床等的排气消声器中,取得了良好的效果,证明了该不锈钢纤维具有和超细玻璃棉相近,甚至更好的吸声性能,并且对油和水的亲和性差,可广泛应用在

油,水和汽含量较高的环境需要吸声处理的场合,在空压机及柴油机隔声罩内使用该吸声材料是非常合适的。

为了使隔声罩具有较好的隔声性能,对于罩上的所有孔洞均进行了密封或消声处理。

### 2 隔声罩应便于空压机维修保养

空压机在正常使用时要经常进行加油润

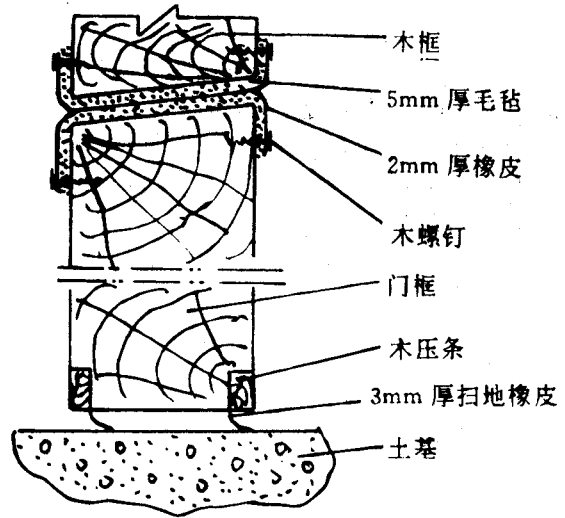


图3 隔声罩隔声门

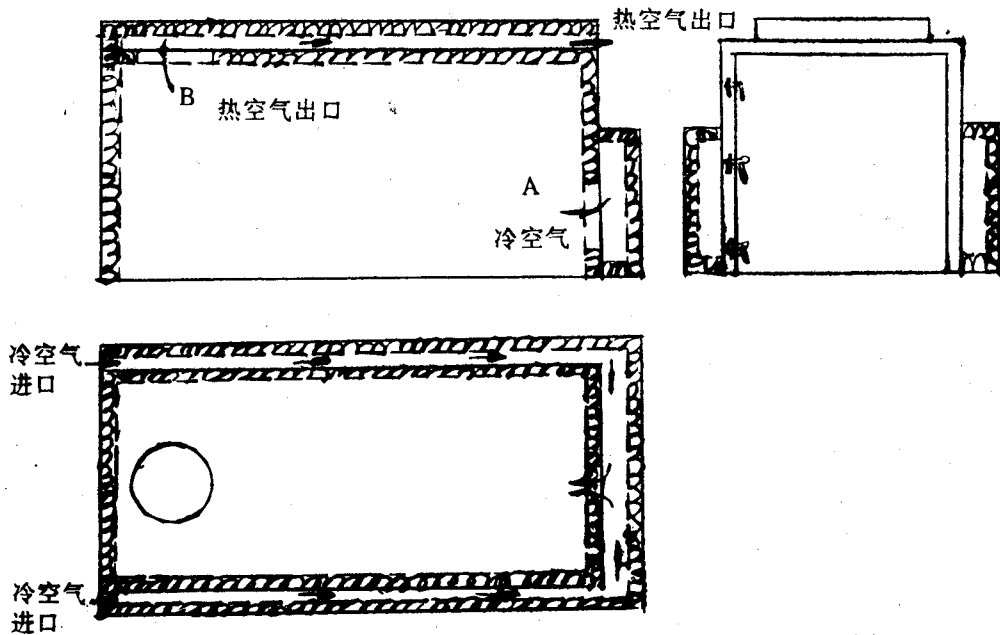


图4 隔声罩结构示意图

滑,特别是该空压机密封不好,曲轴箱内润滑油消耗量较大,经常需要加油。此外,由于空压机使用年代较长,故障较多,常需要修理。但隔声罩尺寸由于受所放置走廊位置的限制,不能太大。综合考虑后,决定采用在隔声罩宽度方向上安装隔声门的办法。

为了使隔声罩制作方便和避免接缝处漏声,该隔声罩框架采用断面为 $100\times 100\text{mm}$ 的白松木材,隔声门的门框也采用该尺寸的白松,如图3所示为隔声门的结构,其中门的上,左和右三个边采用图3中的斜面密封,其中5mm厚的毛毡外包层2mm厚的像皮是为了避免飞溅的油落到厚的毛毡上,造成毛毡的损坏。门下不设门槛,是为了便于维修空压机时,将空压机毫无阻挡地从打开的隔声门中拉出,维修后再从此门推入,而双扫地橡皮密封可起到良好的消声作用。

采用了无门槛的隔声门结构,方便了空压机的维修与保养,但为了提高隔声门的隔声性能,门关闭严实后,在门的上,中,下三处采用了锁紧装置,如图4所示。

### 3 隔声罩应具有散热、通风、冷却及消声作用

空压机在工作时,由于各运动部件受到摩擦作用,摩擦做功的结果必然产生摩擦热,特别是气缸和活塞之间的摩擦力较大,因而在工作时,气缸和活塞温升较其它部分为大,故在气缸的壁上设计了散热片,此外,还有轴承,齿轮,电机等产生的摩擦热。所以,在空压机降噪采用隔声罩时,为了不使空压机过热损坏,隔声罩一定要采取散热、通风和冷却措施。

此外,空压机是依靠从太空中吸气,再经活塞压缩后送出压缩空气的,所以空压机也必须留有空气进气口。

但是,为了使隔声罩具有良好的隔声效果,最好不在罩壁上开孔或少开孔,因为罩壳的最大可能达到的极限隔声量

$$\begin{aligned} TL_{\max} &= 101g(l/\tau) \\ &= 101g(S_{\text{总}}/S_{\text{孔}}) \end{aligned}$$

式中 $\tau$ 为罩壳的平均透声系数, $S_{\text{总}}$ 为罩壳的总面积, $S_{\text{孔}}$ 为在罩壳上所开孔的总面积。所以,罩壳的最大隔声量受到其上所开孔的限制,实际上无论采取多么好的声学措施,罩壳的实际隔声量绝对不可能大于此极限值,即 $TL_{\text{实}}$ 总是小于或等于 $TL_{\max}$ ,由上述可计算得到,当 $S_{\text{孔}}/S_{\text{总}}$ 分别为 $1/10000$ , $1/1000$ , $1/100$ 和 $1/10$ 时,罩壳可能达到的最大隔声量分别为40dB,30dB,20dB和10dB。由此足以看到罩壳上开孔对隔声性能影响的严重程度。

但是,如前所述,空压机隔声罩上又必须开孔,即用来进气,散热,通风,冷却,并且还要开设电缆线及压缩空气输出管道用孔,所以必须在这些孔上进行密封及消声处理,否则将严重降低隔声罩的隔声效果。该隔声罩实际制作时,在压缩空气输出管道及电缆线四周采用超细玻璃棉用塑料薄膜包好进行密封,而进气、散热、通风和冷却通道上进行消声处理。

对散热,通风及进气和其通道上的消声问题,采用了如图4的形式。这一结构贯彻了热空气比冷空气密度小,热空气向上运动,冷空气向下运动的思想。从图4可以看出,冷空气从隔声罩下方两侧进入,经过消声通道后从隔声罩的背后进入罩内,该罩内冷空气进口(图4A口)正对着电动机的冷却风扇,在电动机冷却风扇的吸入力作用下,空气被强制从罩外吸入,并送向电机壳体和空压机气缸体及空压机进气口方向,这样的空气流动方式,一则便于空压机进气口空气的吸入,二则可将气缸体,电机等零部件得到充分的冷却,温升后的空气从空压机气缸顶部的热空气排出口排出(图4B口),热空气再流经隔声罩顶部的消声夹层排至罩外。

该隔声罩冷空气从隔声罩的背面下方吸入,热空气强制地从隔声罩前面上方排出(如图4所示)。这种冷却进气方式,经过实践证明是切实可行的,空压机在该罩内长期工作,无过热及消声效果下降的现象。

### 4 隔声罩的消极隔振

所谓消极隔振是指将需要防振的仪器或设

备与振源之间设置隔振器。在这里,就表现为对压缩机工作时传给地面的振动采用隔振措施,不让该振动传到隔声罩上,引起隔声罩的振动。同时,隔声罩下部也要采取密封措施,避免由于地基不平造成隔声罩下部的漏声现象,为此,该消声器底部采用图5的形式,即用彩条塑料布(或橡皮)将较细的锯末包住,两边用螺钉压死。实际制做好后锯末高度为100mm,经过这样制做的隔振结构,在实测中发现底部无漏声现象,并起到很好的消极隔振作用。

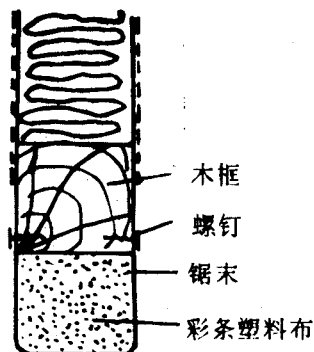


图5 隔声罩底部结构

此外,为了防止空压机振动时整个空压机的位置移动,造成空压机和隔声罩接触,空压机的零部件振动直接传给隔声罩引发其振动发声,所以空压机的四个底轮应放入凹于地面的浅坑内,来避免空压机由于本身的振动而移动,如图6所示,实际中采用该结构取得了很好的效果。

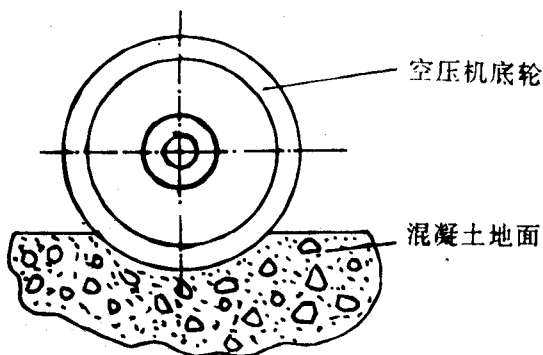


图6 空压机防动坑

按照上述方法制作完成的隔声罩,四周实测隔声罩降噪量最小为29dB(A),达到了预定

的要求,并且该隔声罩使用近四年,最近的实测表明,隔声性能没有下降,空压机工作正常。

## 结 论

(1) 可移动式空压机未作消声处理时,噪声很大,严重污染环境,并且该噪声是由进、排气噪声、机械噪声和电动机噪声组成,并且以进气噪声和机械噪声为主。当空压机年久失修时,机械噪声会剧烈增大。

(2) 通常可移动式空压机最有效的降噪方法为隔声罩降噪。

(3) 可移动式空压机隔声罩一定要设置可开启的隔声门,并且门下面不应设置门槛,门下应设置两层扫地橡皮,门其它三边采用毛毡加橡皮的斜面密封形式,并且该隔声门要进行可靠的锁紧。

(4) 空压机隔声罩罩壁基本结构应为钢板、阻尼层、塑料薄膜和钢丝网,并且采用白松木制作的框架,既便于消声器的制作,又能起到很好的解决接缝处的漏声问题。

(5) 空压机隔声罩内采用不锈钢纤维多孔吸声材料,能很好的解决空压机飞溅油对吸声材料吸声性能的影响,并且具有很好的吸声性能。

(6) 空压机隔声罩底部可采用彩条布包扎锯末的隔振形式,来有效解决隔声罩的防振问题,并且空压机安放的地基上设置脚轮坑防止空压机工作时移动。

(7) 空压机隔声罩应具有良好的通风、散热和冷却措施,并且这些通道上应进行良好的消声处理。采用罩的底部进冷空气并且冷空气进入罩内时进口应正对着空压机的电动机的冷却风扇,从空压机气缸顶部的出口将热空气排出的方案,在实际中可取得较好的散热、冷却和消声效果。

## 参 考 文 献

- [1] 马大猷《噪声控制学》科学出版社 1987
- [2] 王文奇《噪声控制技术及其应用》辽宁科学技术出版社 1985
- [3] 杨玉致《机械噪声控制技术》中国农业机械出版社 1987