

骨导语言通信的频带宽度*

林祥荣

(电子部电视电声研究所)

1987年11月30日收到

目前,骨导语言通信系统的频带宽度是沿用气导语言通信系统的带宽 300Hz—3400Hz。本文根据对骨导语言基本特性研究结果,对此提出修改建议。认为频带宽度的上限若能适当降低,对于改善语言通信清晰度是有利的,也可能带来较好的经济效益。

一、问题提出

通常,有线或无线气导语言通信中,每一路信号的频带宽度规定为 300Hz—3400Hz,就能将语声中有利于清晰度的大部分能量传出去,达到语言信息传输的目的。

这一频带宽度是怎么规定的呢?一般人讲话声的主要能量频带分布,与音乐声比较并不宽。例如,汉语为 100Hz—5000Hz (以下降 25 dB 计量频带^[1]),由于只把语言中的主要能量频带分布传出去,并使语谱包络平衡,在降低频谱的上限频率至 3400Hz 时,必须将下降频率提高到 300Hz,使听感与正常对话的效果相仿,这就是电学与声学指标的相对合理性。

骨导语言通信系统(仍是气导受话)的频带宽度若采用上述 300Hz—3400Hz 的频带规定,就会发生与骨导语言基本特性不符的问题,也就是骨导语言通信系统的上限频率是否有必要也规定为 3400Hz?若作适当降低是否更好,有必要进行讨论。

二、修改依据

我们对骨导语言基本特性研究以后发现:骨导语言频谱的高频段衰减有慢有快,它和拾振器(也可作骨导送话器)的重量、拾取部位(即头皮机械阻抗特性)有密切关系;高噪声“轰击”

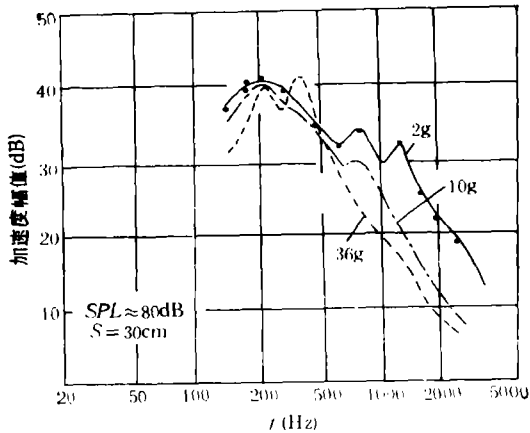
人头时,“颤噪”会影响语言可懂度,颤噪影响程度与人头表面积成正比,与重量成反比;不同重量骨导送话器拾取头颅某部位的语言振动信号时,只要讲话声级相同,人在讲话时用力也是相同的^[2]。

图 1(a) 是前额部位用三种重量拾振器测得的平均频谱^[3]。以 2g 重拾振器的频谱曲线为参考线,在 500Hz 处三条曲线是十分接近的;在 1000Hz 处,10g 拾振器的曲线下降约 5 dB,36g 的曲线下降约 10dB;在 2000Hz 处,10g 的曲线下降约 10dB,36g 的曲线下降约有 13dB。

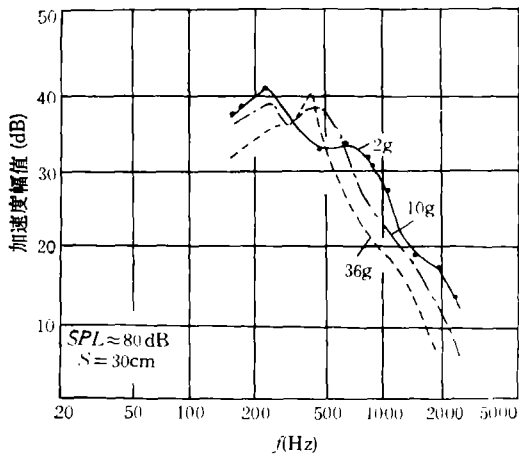
以上事实说明,拾振器愈重,高频衰减愈大。这与元音谱的验证分析结果是一致的。它揭示出重量对听感的影响,引起清晰度下降的内在联系。同时,也反映出骨导语言平均频谱的包络在有限的范围内改变。能量从 300Hz 附近的最高区域下降 25dB 以后,对于 2g 拾振器测得的曲线高端频率约在 3000Hz,对 10g 的曲线高端约在 1800Hz,对 36g 的曲线高端约在 1500Hz。

图 1(b) 是在头顶部位用三种重量拾振器测得的平均频谱曲线,它呈现出的特性与前额部位是一致的。然而它的骨导语谱的包络范围更窄些,也就是频谱的高端特性更低些。

* 在中国声学学会电声学分会 1987 年年会上报告过,1987.10.19 武汉。



(a) 前额



(b) 头顶

图1 不同测试条件下的汉语平均频谱

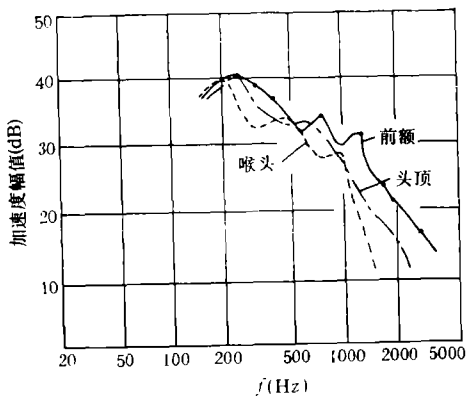


图2 三个部位的骨导语言平均频谱比较

同一拾振器由于使用部位不同,对语谱的影响也不同。图2是2g重拾振器在前额、头顶应用声学

顶、喉头拾取的骨导语言平均频谱。首先看到,能量最大的峰值位置略有差异;其次是频谱范围最大宽度不同;它们的频谱斜率喉头最大,头顶次之,前额最小。例如500Hz时三者相接近。1500Hz时,喉头比前额低10dB,头顶比前额低6dB。它说明前额部位传导语言清晰度最好,头顶次之,喉头最差。

用KAY 7800型数字语图仪分析验证比较,我们发现:气导语言的语图直到6000Hz仍有较强的能量,前额、头顶和喉头的语图表明,分别有3500Hz,2000Hz,1200Hz的宽度,此结果和语谱分析结果大体是一致的。它说明骨导语言系统的某些元音的高频含量比气导的低许多,而辅音中的噪声成份受到的损失,随着频率上升而迅速变得严重。喉头部位很难发现辅音的痕迹(语图略)。

由于一般人大声讲话时在前额、头顶部位拾取到的振动加速度很小(对2g拾振器而言),大约为 0.42cm/s^2 、 0.67cm/s^2 ,在频谱的高端具有的能量十分微弱,特别在下降25dB以后,高频分量的能量更显得微不足道,几乎完全被背景噪声掩蔽,很难有足够的信噪比。但是,气导语谱特性在下降25dB以后,在频谱的高端比骨导语谱有较大的能量。

根据骨导语言平均频谱,元音谱以及语图仪的验证,可以把骨导与气导语言频谱的上限频率归纳起来如下表1所示。它再次说明骨导

表1 骨导与气导语谱的上限频率

测试条件	前额 平均频谱上限 Hz	试测条件	头顶 平均频谱上限 Hz
2g	3000	2g	2000
3g	≈3000	3g	≈2000
10g	2000	10g	1600
36g	1200	36g	≈1000
语图	2g	语图	2g
	气导		气导
备注	1. 3g拾振器发话声级 $SPL = 87\text{dB}(25\text{cm})$ 2. 其余,发话声级 $SPL = 80\text{dB}(30\text{cm})$		

语谱的上限频率要比气导的低一些。

三、试听验证

用可调带宽滤波器进行骨导语言清晰度试验也证明了上述结果。在前额部位,逐渐将150—5000 Hz 频带的高端切除,音节清晰度得分逐渐降低。当高端切除到1000 Hz 时,清晰度得分,前额仅为48%,头顶为52%,再把低端自150Hz 至400Hz 切除,清晰度也相应降低。当频带控制在250Hz—2100Hz 时,音节清晰度仍能保持在初始水平,即前额清晰度得分约为89%,头顶约为78%。听感效果窄带与宽带的差不多,沉闷感反而减少。这证实前额频谱的高端特性比气导的要差一些。

我们注意到头顶部位在不同带宽试验中,清晰度得分降低不象前额那样明显,它说明头顶的语谱比前额的更窄一些。

施加110dB 声级的粉红色噪声场进行试听比较,发现宽带150Hz—5000Hz 与窄带250 Hz—2100Hz 的清晰度得分基本一致,主观感觉窄频带的易听清语句(不费力)。

四、讨论

从听感效果上考虑频带宽度250Hz—2500Hz 最适宜。这是前额与头顶两部位都兼顾的频带宽度(若是腮部或喉头则频带将会更窄一些)。若从频谱包络均衡考虑,高端降低以后低频提高到400Hz,声音会发尖,清晰度虽

(上接第33页)

杂的结构变化有关。

参考文献

- [1] Dunn, F., Law, W., and Frizzell, L., 10th International Symposium on Nonlinear Acoustics, 1983, 22.
- [2] Rarker, K. J., *IEEE Trans.* **SU-32**(1985), 4.
- [3] Starritt, H. C., Perkins, M. A., Duck, F. A., and Humphrey, V. F., *J. Acoust. Soc. Am.*, **77**(1985), 302.
- [4] Sun Yongchen, Dong Yanwu and Zhao Hengy-

uan, Proceedings of IEEE 1985 Ultrasonics Symposium, 891.

没下降,自然度则明显不好。这可能是带宽过窄,包含的信息量减少太多的缘故。所以,整机的工作频带不宜太宽。否则会使进入的噪声信号得到放大而影响清晰度。整机频响也不宜采用高频补偿电路,因为语言信号本身在高频端能量十分微弱,得到补偿的是高频噪声。对于语言清晰度来讲是弊多利少。从注意频谱包络均衡考虑,带宽为250Hz~2500Hz 是适宜的。但是,在低频噪声强的场合,不必过份强调均衡,应从实际出发,还是低端下限为300Hz 对抑制低频噪声有利,而且自然度无明显损失。注意到这点对高噪声环境下语言通信是有意义的。然而,也不宜频带太窄(象低频下限过高如400Hz)。频带太窄会把有用的语言信息人为地大量切除掉,同样也会明显地降低清晰度和自然度。

五、建议频带宽度

上述测试分析与讨论结果说明,气导语言通信系统的频带宽度300Hz~3400Hz 对骨导语言系统并不适宜。对骨导语言通信的频带宽度应定为300Hz~2500Hz 为宜,必要时也可定为250Hz~2500Hz。这样才符合骨导语言的特点。

参考文献

- [1] 管善群,电声技术基础,人民邮电出版社,1982年12月。
- [2] 林祥荣,电声技术,3(1988),53—60.
- [3] 林祥荣,电声技术,1(1988),1—10.

5] Sehgal, C. M., Bahn, R. C., and Greenleaf, J. F., *J. Acoust. Soc. Am.*, **76**(1984), 1023.

- [6] 龚秀芳,冯岩,石涛,叶式公,科学通报,31(1986),1104.
- [7] Ichida, N., et al., *Ultrasonic Imaging*, **5**(1983), 295.
- [8] Apfel, R. E., *J. Acoust. Soc. Am.*, **79**(1986), 148.
- [9] Hartmann, B., *J. Acoust. Soc. Am.*, **65**(1979), 1392.