

目 录

第一章 扬声器材料的认识.....	(3)
第一节 部品材料的认识.....	(3)
一、扬声器材料的构成	(3)
(一)、支架.....	(3)
(二)、铁片.....	(5)
(三)、铁心.....	(7)
(四)、磁铁.....	(9)
(五)、磁液.....	(19)
(六)、后壳.....	(22)
(七)、鼓纸.....	(23)
(八)、垫片.....	(28)
(九)、弹波.....	(29)
(十)、音圈.....	(33)
(十一)、防尘盖.....	(40)
(十二)、端子.....	(41)
(十三)、锦丝线.....	(42)
(十四)、电线.....	(42)
(十五)、接着剂.....	(44)
(十六)、分音器.....	(46)
第二章 扬声器简介.....	(47)
一、扬声器的定义.....	(47)
二、扬声器的分类.....	(47)
第三章 扬声器的性能.....	(51)
一、扬声器的电气特性.....	(51)
1、阻抗.....	(52)
2、最低共振周波数或谐振频率.....	(55)
3、扬声器的 Q 值.....	(57)
4、力的系统.....	(61)
5、出力音压.....	(62)
6、实际周波数带域.....	(64)
7、定格入力与最大入力.....	(65)
8、失真.....	(65)
9、指向性.....	(68)
10、总磁通量与磁束密度.....	(69)
11、异常音与外碰.....	(70)
12、极性与极性标示.....	(71)
13、信赖性.....	(72)

第四章 新机种的开发试作.....	(80)
一、开发试作.....	(80)
第五章 量产.....	(84)
一、量 产	(84)
第六章 生产技术.....	(87)
一、作 业 流 程	(87)

第一章 扬声器材料的认识

第一节 各部品材料的认识

一、扬声器材料的构成

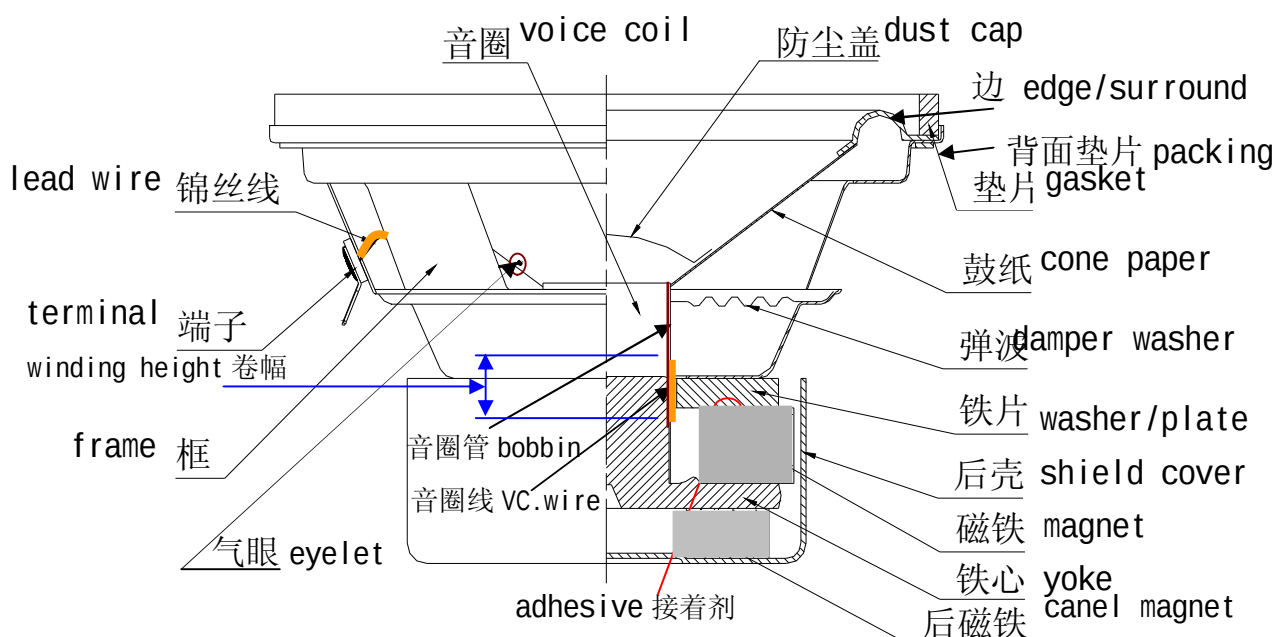
原材料的好坏很大程度上决定的产品品质，同时直接决定了产品的成本。因此产品开发设计是决定产品品和企业经济效益的关键环节，目前生产动圈式圆锥形外磁型扬声器，主要材料包括：支架、铁片、铁心、磁铁（后磁铁）、后壳、鼓纸、垫片（背面垫片）、弹波、音圈、防尘盖、端子、锦丝线等十多种，见图 1-1，对这些材料了解越深，对开发越有帮助，要能开发成本低、性能好、作业方便的扬声器，除了需要很强的开发经验及严谨的工作态度外，还必须在原材料上下功夫，下面依次对上述原材料来做认识。

（一）、支架（FRAME）

亦称 BASKET，是安装振动部分零件，磁气回路和其它零件的母体。小型 SPK 的支架都是钢板，材质为 SPCC（S: STEEL 钢铁 P: 板钢 C: COLD 冷锻 C: 硬度区分）。钢板的材质厚度为 0.5~1.2MM 冲压成型，表面通常处理有五彩电镀，烤黑、电黑，加以防锈。大口径的磁气回路特别强劲笨重，钢板材质会使用 1.0MM 甚至更厚。但高级 HI-FI SPK 也有用铝铸的支架，此外用塑料成型的支架亦很多，防水喇叭及头机最常用。塑料框的材质多为 ABS 或 ABS 加纤以增高耐热及强度。有些游艇上使用的塑料框的材质为 ASA 料，可以延长塑料框受紫外线照射而变颜色的时间。铁框材质的厚度除对 SPK 承受压力有影响外，同时对 SPK 的安装后能否承受一定的振动不致变形亦有影响。此外，SPK 工作频繁振动时，支架可能会在某些频率产生共振而影响音质。

中高音 SPK 的支架多为密闭的，故也有音箱的机能。如有为中音时，通常要求有必要的内在容积及在振动的背面不产生定在波的形状，通常为了防止定在波的发生和调整 FO 与 Qo 值之需，要在支架内部填入吸音的材料。

图 1-1



开发设计选用支架时，应注意三点：

1. 平面度：鼓纸 EDGE，弹波 EDGE 与框接着处需平坦，充分严密才安全。对于鼓纸 EDGE 为凹边时，还需考虑 SPK 工作振动时 EDGE 是否碰着框面。
2. 高度设配：结合弹波、鼓纸有效高来设计或选用合适之铁框，三点接着处鼓纸与弹波间需有少许空隙，一般为 0.3~0.8MM 为宜，过紧穿鼓纸后使颈部胶外分，与音圈不能很好接着，严重者使压鼓纸困难造成 CI、B 声、胴体翘高度不一、弹波下陷、A 声不良机率增加等诸多不良。另外弹波面到底部的高度及内部空间，对于功率大，振幅大的 SPK，若此高度不够，振动时弹波颈部会碰着铁片或铆接浮凸点，而造成一种类似 AB 不良的致命缺点。
3. 散热设计：扬声器工作时音圈产生的很高热量，热空气主要集中于弹波以下的腔内。若铁框底部和弹波之间的内部空间不够，令热量积累无法扩散，会增加音圈的老化速度而致使功率达不到，故开发设计时需周密考虑。可以使铁框的底部空间适当加大或在铁框的底部边缘设计为有孔型。如果是塑料框，铁片产生的过高温度会使塑料软化变形而产生不良。这时除框的底部边缘设计为有孔型外还要考虑塑料的耐热性而来选用材质，或在铁片和塑料框间增加隔热材料。
4. 表面处理检验：
 - a. 表面处理有电镀五彩，电镀白锌，烤黑及丝纹漆。
 - b. 为了检查铁框表面处理对接着剂是否能很好的粘合，一般使用濡性试验来检测。五彩一般用 37 度作濡性试验，严格的用 38 度作濡性试验。烤黑一般用 33 度作濡性试验。试验如果缩成一团则为 NG。
 - c. 电镀膜厚要求大于 5um。
 - d. 检验铁框是否耐候氧化生锈，用盐水喷雾试验进行检测。5%或 8%的盐水 48H。
5. 铁框通用尺寸要求：

铁框共通点尺寸公差表

端子孔	公差	全 高 A	公 差	有效高 B	公 差	铆 孔 ΦC	对角
3.6×3.6	+0.1/-0	全高≤10	±0.2	B≤35	±0.2	$\Phi 2.2 \pm 0.1$	±0.1
2.2×2.2	±0.1	10<A≤30	±0.3	B>35	±0.3	$\Phi 3.2 \pm 0.1$	
密闭 4.8×4.8	±0.1	30<A≤40	±0.4			$\Phi 4.3 \pm 0.1$	
铝铸螺丝孔	M3P0.5	A>40	±10%取入整数			$\Phi 5.3 \pm 0.1$	
铝铸螺丝孔	M4P0.7					$\Phi 6.3 \pm 0.1$	

(二)、铁片 (WASHER/PLATE)

铁片又叫铁板、华司或上片,在磁气回路中,铁片与铁心都起了导磁作用,它们能将磁铁的 N 极与 S 极通过回路集中到间隙,使间隙产生较强的磁场,而音圈的卷幅刚好位于间隙正中,故铁片的内径、厚度非常重要。一般功率比较大,或振动时冲击力大的扬声器,铁片与铁框都是以铆接固定在他们的接合处再用胶补强,以防止扬声器在工作时气流从铆接之间的缝隙内挤出,产生气流声不良即漏风。如果磁气回路很重的扬声器,一般使用铁片攻牙锁螺丝的形式。铆接或锁螺丝可以承受大冲击力,一般破坏试验都可承受。一般铆接浮凸点或螺丝孔有 4~6 个。塑料框和铝铸框不能铆接,一般以螺丝锁紧,结合处同样以胶补强,螺丝锁紧后,需在螺丝头与框底结合处点胶,以防止 SPK 频繁振动而松弛至脱落。有些塑料框在注射成型时,铁片就成型于其中,可以降低成本,许多小型 SPK 铁片通过内铆固定于铁片框上,与框体形成一个整体,不需再铆接加工,结合处一般也需全周补强,防止因铆合不牢而脱落。故内铆式要还应中孔径精确,内铆式的弱点是不能承受破坏试验,不能承受太大的冲击力,仅适合于磁铁外径在 $\Phi 45\text{mm}$ 以下的扬声器。优点是扬声器生产作业时方便省时,可适当降低扬声器的成本。铁片的材质为 SPHC (S: STEEL 钢铁 P: 板钢 H: HOLD 热锻 C: 硬度区分),一般表面五彩电镀或镀锌。

开发设计选用铁片时,根据 SPK 的用途客户要求的性能来设计或选用铁片,铁片的内径是扬声器磁气回路间隙的外围,而线圈就在间隙内振动,故铁片的厚度与内径非常重要,一般低音扬声器振幅大,振动系统重,这就要求磁气回路强劲有力,铁片厚度此时不能太薄弱,强振动的扬声器发热快且温度高,磁场幅度较宽,散热快,周波数特性衰减快,同时还可降低低音谐振 F_0 有利于低音。相反铁片薄时,间隙磁束尖锐,散热慢,适合高音振幅小之类型选用,但必须了解的是铁片导磁象水管一样,当磁力到一定程度,铁片的导磁性能饱和,即使磁铁再加大,磁力再加强,铁片的导磁性能不会加强,尤其是铁片厚度小者,导磁更容易饱和。

铁片的尺寸要求如下:

6. 铁片外径尺寸要求:

①. 扬声器无后壳时,铁片外径尺寸一般比磁铁外径小一个等级,如磁铁外径为 **E 70** 时,铁片外径为 **E 65**,超过 **E 120** 以上的磁铁,铁片外径可以比磁铁外径小 10mm。公差要求不是很严格,能够达到 $\pm 1\%$,四舍五入保留到小数点后面一位数即可,甚至可以最大放宽到 $\pm 2\%$ 。当铁片为内磁扬声器使用时,铁片相当于是铁心的中柱,那么外径的公差就为铁心中柱的公差要求,即 +0, -0.04

②. 扬声器有加附后壳,当磁铁外径 $< 100\text{mm}$ 时,铁片外径尺寸一般比磁铁外径大一个等级,如磁铁外径为 **E 70** 时,铁片外径为 **E 75**。当然也有特殊状况如需考虑装配要求需减小后壳外径的,磁铁外径为 **E 45**,铁片外径为 **E 46.5**。公差要求也比较严格,与后壳需科学的配合,一般要求为 +0, -0.4, 或 ± 0.2 。

7. 铁片内径尺寸要求:

铁片的内径公差范围一般见下表:

一般铁片内径公差表

音圈直径	内径基准	内径公差	厚度公差
E 13~E 14	VC 最大外径+0.35(有磁液)~0.5	+0.04/-0	一般±5% t
E 16~E 20	VC 最大外径+0.5~0.7		但最小限度为± 0.2
E 25	VC 最大外径+0.6~0.8		
E 30~E 32	VC 最大外径+0.7~0.8		
E 35~E 38	VC 最大外径+0.75~0.9		
E 50 以上	VC 最大外径+0.8~1.1	+0.05/-0	

3. 铁片浮凸点高公差

铆接固定型铁片浮凸点之尺寸比较重要，尺寸不严谨时，会使铆接不牢固，做成 SP 松动或掉头，还有浮凸点承受不了铆接压力而下陷者。设浮凸点高度为 F，浮凸点直径为 E，铁片厚度为 T，则铁片浮凸点高公差要求如下表所示。

铁片浮凸点高度公差表

铁片厚度 t	浮凸点直径 E	浮凸点高及公差 h	浮凸点的个数
t < 3	E = 2	h = 1.5 ± 0.1	3~4
	E = 3	h = 1.6 ± 0.1	3~4
t = 3	E = 3	h = 1.6 ± 0.1	3~4
	E = 4	h = 2.0 ± 0.1	4
3 < t < 5	E = 4	h = 2.3 ± 0.2	4
5 ≤ t ≤ 6	E = 4	h = 2.5 ± 0.3	4~6
	E = 5	h = 2.8 ± 0.3	4~6
	E = 6	h = 3.0 ± 0.3	
	攻牙 M5~6	—————	4~6
t ≥ 8	E = 6	h = 3 ± 0.3	4~6
	攻牙 M6	—————	4~6

为了使浮凸点不致在铆接时承受不了压力而下陷，浮凸点下空做成拱桥式较为理想，见图 1-2。浮凸点与框底孔的配合也要适当，否则会造成难于套入或太弛易偏位、脱落等情形。

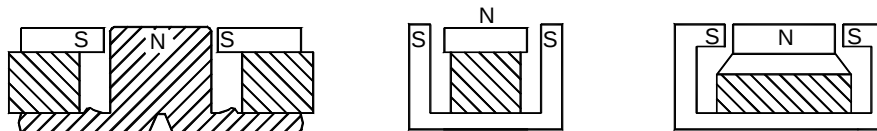
图 1-2



（三）、铁心（YOKE）

铁心又名 T 铁，在磁气加路中起导磁作用。铁心实际上应称为轭，英文 Yoke，根据其形状可分为 U 形轭与 T 形两种，由下图 1-3 我们可以了解到轭在磁气回路中的作用（带斜线部分为磁铁）。

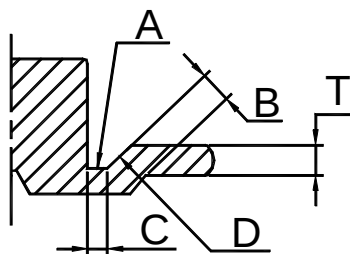
图 1-3



开发设计选用铁片时，根据扬声器的用途、功率、性能要求不同而异，铁心中心径是扬声器磁气回路间隙的内缘，而线圈就在间隙内振动，故铁心中心径尺寸至关重要。铁心中柱高、铁片厚度、音圈卷幅等对振幅大的扬声器是否产生 AB 不良都有影响。如果磁铁与铁片厚都固定，扬声器不能承受应有的功率，振动碰底，这就必须采用冲沟或车沟形式的铁心，以底板背凸形式来补偿底板的厚度，但在设计冲沟铁心时必须注意以下三点：

- 1、 冲沟不能太深太尖锐（见图 1-4），图中 A 为冲沟，斜面 D 不能太陡，沟底 C 亦需保持一定宽度，否则铁心冲压模会承受不了容易爆裂。
- 2、 维持底板固有厚度，即冲沟后沟底部厚度斜面 B 之厚度最少维持有底板 T 之厚度，否则会影响导磁性能。当然比 T 厚更好。如 C 很狭窄，底部厚度稍有出入，影响不大，可以忽略。

图 1-4



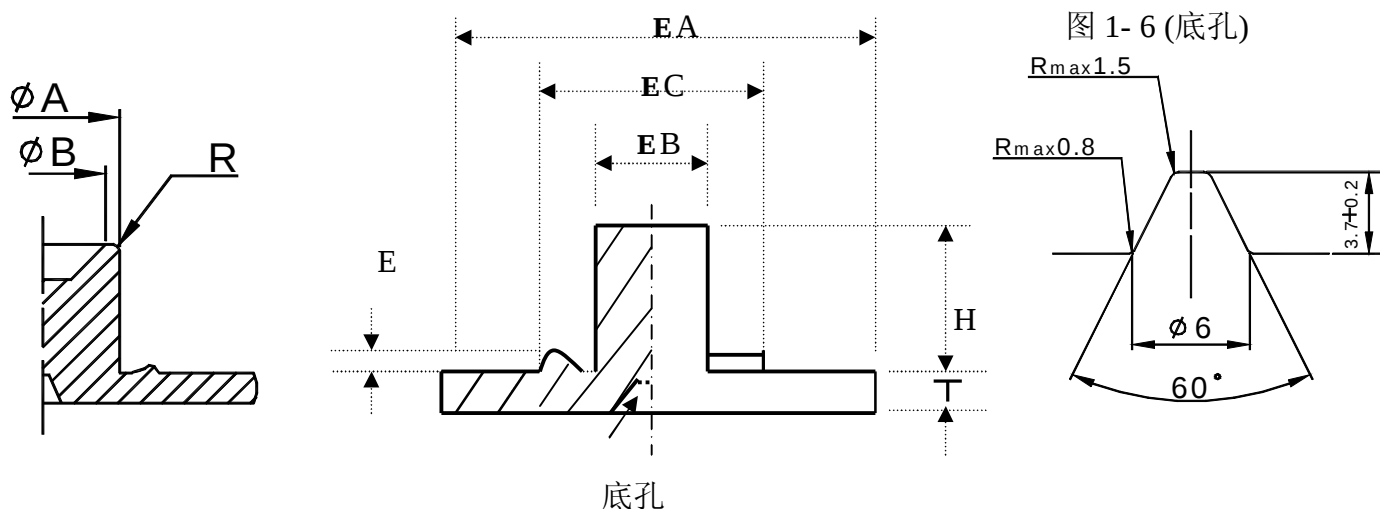
铁心中柱亦有打凹槽的优点有二点：一是减少铁心重量，降低成本；二是使磁气回路中间隙磁场分布更均匀，有助于减少谐波失真。但柱孔不能随意设计，必须注意不能影响其性能，若该 SPK 的铁心厚度为 t ，则 $E_A - E_B \geq 2t$ ，但有多机种使用该铁心时，必须以最厚之 t 为基准，否则会影响磁束密度（见图 1-5）。有些扬声器为了设计散热，加大扬声器的功率，铁心中柱会设计为通孔，通孔的尺寸也不能过大，若图 1-5 中 E_B 为通孔，则亦尽量遵循 $E_A - E_B \geq 2t$ 。图 1-5 中如果铁心中柱的 R 角大，相当于间隙少许加大。R 角过小，容易击伤而造成中柱不平，SPK A 声不良。一般 E_{20} 以下这 $R=0.5 \sim 0.6$ ； $E_{20 \sim 25}$ 为 $R=0.6 \sim 0.8$ ； E_{25} 以上 $R=0.8 \sim 1.2$ 。铁心之底部定位孔标准规格皆为 $E_{6 \times 60^\circ} \times 3.7 \pm 0.2$ 。详细标注见图 1-6，定位孔不符规格时，SPK 生产在旋转台上旋转不正中，使注胶无法达到标准位置。铁心通孔一般要求如下表。

铁心通孔一般要求表

中柱径 B	一般通孔尺寸	中柱径 B	一般通孔尺寸	中柱径 B	一般通孔尺寸
E13	E5	E25	E8~E12	E50	E20~E25
E14	E5~E6	E30	E10~E15	E60	E20~E38
E16		E32		E63	E25~E38
E19	E6~E10	E35	E10~E20	E75	E35
E20		E38	E15~E20		

※如果通孔是为了穿入螺丝不在此列

图 1-5



铁心公差要求如下表:

外径 A	公差	中柱径 B	公 差	部 位	公 差	
≤E36	±0.4	E13	E13-0.04~-0.09	厚度 T	≤4	±0.2
36~60	±0.6	E14	E14-0.04~-0.09		=5~7	±0.3
61~76	±0.8	E16	E16-0.04~-0.09		≥8	±0.4
77~110	±1.0	E19	E19-0.04~-0.09	有效高 H	±0.2	
111~174	±1.2	E20	E20-0.07~-0.12	底 孔	E6×60° ×3.7±0.2	
175 以上	±1.5	E25	E25-0.07~-0.12	台阶高 E	E=0.5/+0.5-0	
		E30	E30-0.09~-0.14	EC	磁铁内径	公 差
		E32	E32-0.09~-0.14		18	17.4±0.2
		E35	E35-0.09~-0.14		22	21.2±0.2
		E38	E37.95 +0~-0.05		25	24.2±0.2
		E50	E48.85 +0~-0.05		32	31±0.2
		E60	E60 -0.12~-0.18		40	39±0.2
		E63	E63 +0~-0.05		60	59 +0-0.5
		E75	E74.8 +0~-0.06		75	73.5 +0-0.5
					90	88.5+0-0.5

(四) 磁铁 (MAGNET)

1. 要了解磁铁，先必须掌握磁场的有关知识。磁体周围存在磁场，磁体之间的相互作用力是通过磁场发生的，磁场和电场一样是一种物质。磁场有方向，磁力线在磁场中任意一点，小磁针北极的受力方向亦即小磁针静止时，北极所指的方向就是那上点的磁场方向。直线电流的磁力线方向与电流之间的关系可用安培定则（也叫右手螺旋定则）来判定（见图 1-7）。

通电螺线管外部的磁力线和条形磁铁外部的磁力线相似，也是从北极出来进入南极的，其内部亦有磁场，内部磁力线与螺管的轴线平行，方向由南极指向北极，并和外部磁力线连接形成一些闭合曲线。通电螺线管磁力线方向与电流之间的关系亦可用安培定则来判定（见图 1-8），在磁场中，垂直于磁场的通电导受到的磁场的作用力，跟电流的强度 I 和导线的长度 L 的乘积 IL 的比值，叫通电导线所在处的磁感应强度。

用 B 表示磁感应强度，则 $B=F/IL$ & B 单位是特斯拉，国际单位是 T & 1 特=1 牛/安米，磁力线的疏密反映了磁感应强度的大小。

图 1-7 A、磁力线分布

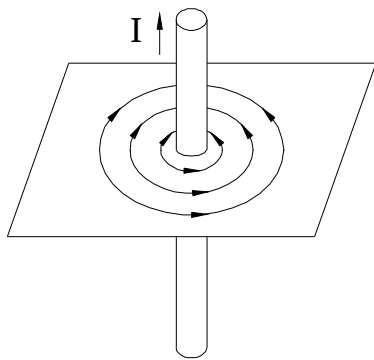
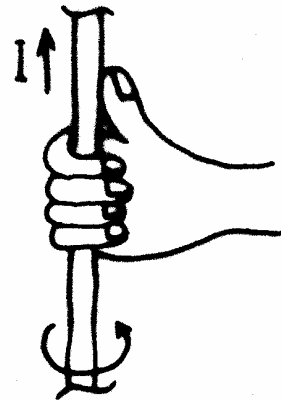


图 1-8 B、安培定则



穿过某一面积的磁力线条数就叫做穿过这个面积积的磁通量，磁通量常称为磁通，它的符号是 Φ 。穿过垂直于磁感应强度方向单位面积的磁力线条数等于磁感应强度 B 。故在匀强磁场中，垂直于磁感应强度面积 S 的磁通量 $\Phi=BS$ ，如果平面不与磁场垂直，就应作出它在垂直于磁场方向上的投影平面。在国际单位制中，磁通量的单位是韦帕，简称韦，国际单位是 Wb，1 韦=1 特 & 1 米，从 $\Phi=BS$ 可知 $B=\Phi/S$ ，这表明磁感应强试等于单位面积的磁通量。故常把磁感应强度叫做磁通密度，并且用韦/米²作单位。1 特=1 韦/米²=1 牛/安 & 米，磁场对电流的作用力 $F=BIL\sin(\theta : BL)$ ，通常把通电导线在磁场中所受的作用力叫安培力，安培力的方向可用左手定则来判定。

- 2、电动型扬声器工作原理：当垂直于磁场的导体有电流的话，导体就会在垂直于磁场及电流的方向上受到力作用，这个力的方向可用佛来明左手定则判定（见图 1-9）。有了这些知识，对电动型扬声器的工作原理就能容易描述，在扬声器的磁气回路的间隙有一个各处同性的环状磁场，线圈的卷巾就位于这个间隙内，当外界的信号电流发生改变时，根据佛来明左手定则，线圈就会随着电流的大小和方向受力运动，推动与音圈连在一起的鼓纸向外辐射声音。（见图 1-10）。

图 1-9 佛来明左手定则 (Fleming's rule)

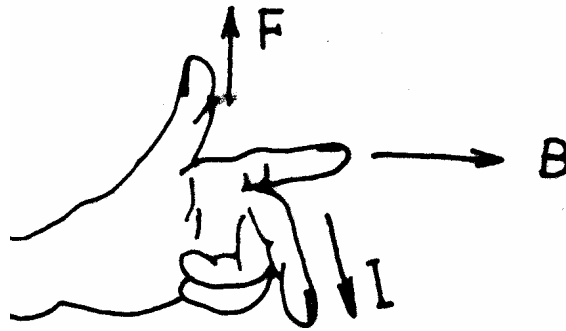
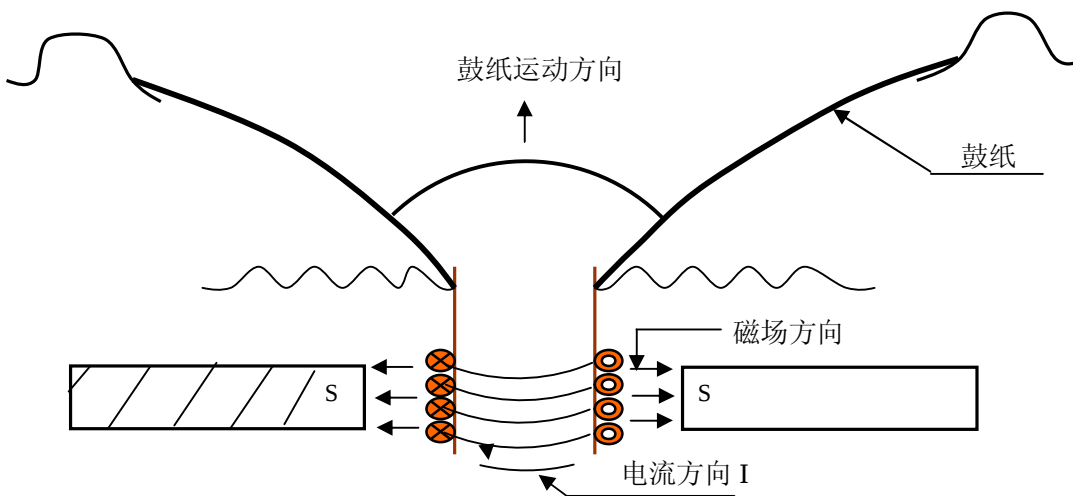


图 1-10 扬声器的工作原理



3、磁气回路

当音圈导电而振动时，对线圈以直角供给直流磁通（供给磁场）的部分，就叫磁气回路。

① 永久磁石

永久磁石大致分为 Alnico 系永久磁石、Ferrite 系永久磁石及稀土类钴系永久磁石三种。

I) Alnico 系永久磁石

Alnico 系永久磁石的构成是以铁 (Fe)、铝 (AL)、镍 (Ni)、钴 (Co) 为主要成份另加少量的铜 (Cu) 和钛 (Ti) 等。故其名称也是取其主要成分的符号而成。其制造是以铸造为主，也有少许锻造的 Alnico 磁石，但不作制造 SPK 之用。

II) Ferrite 系永久磁石

早先 SPK 用的磁石，几乎全部是 Alnico，而 Ferrite 系磁石大都数用在 SPK 以外，如 Core 之用，约在二十年前开始用于 SPK 之后，随电视机喇叭因顾虑漏磁的影响之外，其它大型 SPK 几乎全部使用 Ferrite 系磁石了。特别是前几年，全世界钴拉地萨伊（比属刚果）发生战争之后，钴的价格猛跳数倍，而且来源不易，故小口径的 SPK 亦大都换用 Ferrite 磁石。

Ferrite 系磁石是以氧化钡与氧化二铁的混合粉末经 Press 成型，在高温炉内烧结而成，材料比 Alnico 便宜很多而且来源稳定，保磁力 (HC) 大，对外部磁场的安全性亦佳。磁气回路的形态概

为外磁式，但最近亦有内磁式的研究设计了。

III) 稀土类钴系永久磁石

它是把稀土类金属和钴的化合物所制成的稀土类钴的永久磁石。这种磁石的最大特点是性能上所显示的物理量，所谓最大能量积（Maximun Energy Prodoct 代号是“BHmax”）约为 Alnico 磁石的 2~3 倍，故小的体积可以获得大的能量，随着超薄型喇叭的问世，尤其前两年 Walk Man 型收录机的流行，稀土类钴永久磁石更见大行其道了，最近又有塑料稀土类钴（Medmax）的出现，成型容易价格亦低，它的成份是铈（SM）、钴（CO）及塑料粘结而成，比稀土类钴永久磁石便宜一半。电磁型及永久磁石型造成磁通的方法见图 1-11。

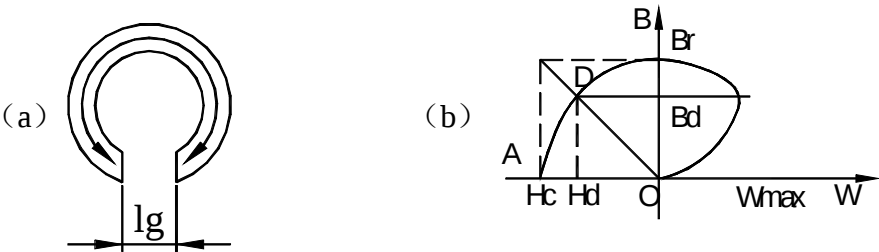
② 磁气回路的组成

铁心、铁片和磁铁结合构成了磁气回路（磁路），但小型 SPK 使用圆形轭时就不需铁片了，铁心和铁片的作用是在形成磁极的同时，把发生于永久磁石的磁通量（磁束）导向磁隙（GAP）之内，用电气回路作比喻，这就是导入电流的导线，故最重要的是将发自永久磁石的磁通量非常有效的导入磁隙内，而且通过铁心与铁片的磁通量决定于其材质和断面（厚度），如果材质不佳和断面厚度不够时，则导入磁隙内的磁通量少，泄漏的磁通量就多。

③ 扬声器磁气回路

SPK 有内磁式 Alnico Type 和外磁式 Ferrite Type 两种，SPK 的磁气回路包括永磁体（即磁铁，磁石或磁钢）铁片，铁心和工作气隙，而在气隙中利用永磁体所提供的磁能。永磁体的作用是在气隙中主生永恒磁场。磁气回路设计的根本目的就在于设计一种磁路结构，以体积最小，价格最廉的磁铁，在气隙中产生既定的磁感应强度，而单位体积的永磁体向外空间所发出的能量与它的磁能积（BH_X）是成正比的。如图 1-12（a）的永磁体，其磁滞回路的第二象限部分称为该磁体的去磁曲线，曲线上的各点则相应于不同的去磁情况，亦即不同的气隙长度 lg，如图 1-12（b）所示，如果磁路是闭合的，则相当于该磁体处于 B 的情况，此时磁感应强度是最大的，且等于 Br，但此时没有可供利用磁能的气隙，因此全部能量集中于磁体内部，磁体向外界不输出任何能量，能量曲线中 w=0，w=0 之第二个极限情况相当于 A 点，此时 H=H_C，B=0；在该点磁体也不向外界空间输出能量，因为 B=0，如果磁体处于 D 点的情况，则磁体能量的一部分即发射给外界空间，且其值正比于磁能积 BH×H_d。

图 1-12

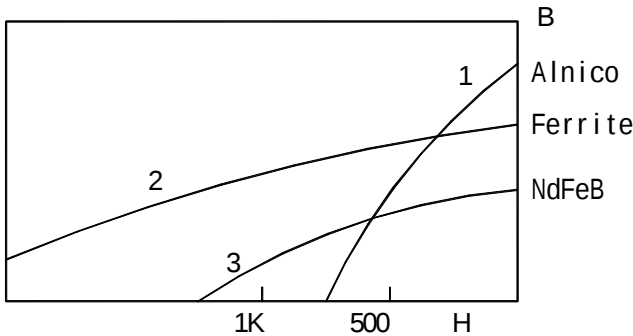


为了更好地利用永磁体，必须适当选择退磁曲线上的工作点，使得该点的工作条件相当于磁体的能量输出，或者说使得该点所对应的磁能积达到最大值（ $B_m \times H_m$ ）max，则此点即为最佳工作点。图（b）中 D 点，其所对应的磁能积（BH×H_d）达到最大，其输出能量也最大，因此描述磁体性能指针，除剩余磁感应强度 Br，矫顽力 H_c 以外，还有最大磁能积（ $B_m \times H_m$ ）max 的值。

只要适当设计永磁铁的尺寸，就可以使永磁铁的工作处于最佳状态。目前使用的永磁体材料三

类型 Alnico 系 Ferrite 系和稀土类钴系，它们的去磁曲线如图 1-13，图中 Alnico 系特点是 B_r 大 ($B_m \times H_m$) $\max$ 大，而矫顽力则相对比较小，用这种材料做成永磁体，截面可以做得较小，但厚度必须较大，在内磁结构多采用这种材料。稀土类钴系材不仅有大的磁能积，而且有大的矫顽力，因此可以做成小而薄的永磁体。薄型 SPK 能常采用钕钴磁钢，钕钴铜铁等到稀土磁性材料作为永磁体材料。

图 1-13



5. 磁铁的特性参数及基本公差

元斗所使用的主磁铁为 DH 型，牌号主要为 Y25、Y30、Y35，三种。各牌号特性参数见表 1-5

下表中单位互换关系式为：

表 1-5 Ferrite 磁铁特性参数表

牌号	Br	Hcb	(BH) _m	
Y20	3700 ± 100GS	1700~2010oe	2.9±0.3Mgoe	Ba
	370 ± 10MT	135.5~160KA/m2	23.1KJ/m3	
Y25	3800 ± 100GS	2010 ~2380oe	3.2±0.3Mgoe	Ba
	380 ± 10MT	160~189.7KA/m2	25.5KJ/m3	
Y30	3900 ± 100GS	2220 ± 200oe	3.5±0.2Mgoe	SI
	390 ± 10MT	177 ± 16KA/m2	30.3~33.4KJ/m3	
Y35	4000 ± 100GS	2400~2600oe	4.0±0.2Mgoe	SI
	400 ± 10MT	191.3~207.2A/m2	30.3KJ/m3	

1 GS=0.1MT

1Oe=0.0797KA/m

1MGOe=7.97KJ/m³

1MT=10GS

1KA/m =12.57oe

1KJ/m³=0.1257MGOe

表 1-6 钕铁硼产品特征

材料 牌号 Type	剩余磁感应强度 Residual Induction		磁感矫顽力 Coeyciive Force		内禀矫顽力 Intrinsic Coercivity	最大磁能积 Maximum Energy Product		最高工作 温度 Max. Operation Temp.	回复 磁导 率
	Br		bHc		jHc	(BH)max		℃	r
	kGs	T	KOe	KA/m	KOe	MGOe	KJ/m³		
N42	13~13.4	1.3~1.34	11.0~12.0	876~955.2	≥12	41~43	326~342	80	1.05
N40	12.8~13.2	1.28~1.32	11.0~13.0	876~1035	≥12	39~41	310~326	80	1.05
N38	12.4~12.7	1.24~1.27	12.0~14.0	955~1114	≥12	37~39	295~310	80	1.05
N35	11.9~12.2	1.19~1.22	12.0~14.0	955~1114	≥17	34~36	271~287	80	1.05
N38H	12.4~12.7	1.24~1.27	>17.0	>1353	≥17	37~39	295~310	120	1.05
N35H	11.9~12.2	1.19~1.22	>17.0	>1353	≥17	34~36	271~287	120	1.05
N33H	11.5~11.7	1.15~1.17	>17.0	>1353	≥17	32~34	254~270	120	1.05
N30H	10.8~11.2	1.08~1.12	>17.0	>1353	≥17	29~31	231~247	120	1.05
N33SH	11.3~11.7	1.13~1.17	>21.0	>1672	≥17	31~33	247~263	120	1.05
N30UH	10.8~11.2	1.08~1.12	>25.0	>1990	≥17	29~31	231~247	120	1.05
N26UH	10.5~10.9	1.05~1.09	>25.0	>1990	≥17	26~28	207~223	120	1.05
N38SH	12.9~13.3	1.29~1.33	>21.0	>1672	≥21	40~36	318~287	150	—
密度 Density 均为 7.5 g/cm³									

磁铁规格表（一）											
编号	规格（mm）	重 量		编号	规格（mm）	重 量		编号	规格（mm）	重 量	
Model	(D×d×h)	g	oz	Model	(D×d×h)	g	oz	Model	(D×d×h)	g	oz
1	8.5×5×3.5	0.65	0.02	231	51×24×8	63.62	2.24	461	100×45×18	563.72	19.88
2	9.5×5.5×3.5	0.82	0.03	232	51×24×9	71.57	2.52	462	100×45×20	626.36	22.09
3	10×4.2×7.6	2.46	0.09	233	52×22×11	95.90	3.38	463	100×50×10	294.53	10.39
4	10×4.5×6	1.88	0.07	234	52×22×6	52.31	1.84	464	100×50×12	353.43	12.47
5	11.2×7.5×6.5	1.77	0.06	235	53×24×7	61.38	2.16	465	100×50×14	412.34	14.54
6	11.75×7×2	0.70	0.02	236	53×24×8	70.15	2.47	466	100×50×15	441.79	15.58
7	12.6×4.8×4.6	2.45	0.09	237	53×24×9	78.92	2.78	467	100×50×16	471.24	16.62
8	12×4.5×8	3.89	0.14	238	53×24×10	87.69	3.09	468	100×50×17	500.69	17.66
9	12×8×6	1.88	0.07	239	53×24×11	96.46	3.40	469	100×50×20	589.05	20.78
10	13.1×9.7×5.4	1.64	0.06	240	55×19×10	104.62	3.69	470	100×50×20	589.05	20.78
11	13.2×4.3×3	1.83	0.06	241	55×21×10	101.47	3.58	471	100×51×18	523.01	18.45
12	13.5×5.2×2	1.22	0.04	242	55×21×6	60.88	2.15	472	100×60×10	251.33	8.86
13	13.5×5.2×2.5	1.52	0.05	243	55×21×9	91.33	3.22	473	100×60×15	376.99	13.30
14	13.5×5.5×2	1.19	0.04	244	55×22×10	99.79	3.52	474	100×60×16	402.12	14.18
15	13.5×5.5×2.5	1.49	0.05	245	55×22×6	59.87	2.11	475	100×60×17	427.26	15.07
16	13.5×5.5×5	2.98	0.11	246	55×22×7	69.85	2.46	476	100×60×18	452.39	15.96
17	14.6×7×4.5	2.90	0.10	247	55×22×8	79.83	2.82	477	100×32×15	528.73	18.65
18	14.6×9.3×3.5	1.74	0.06	248	55×22×9	89.81	3.17	478	100×40×15	494.80	17.45
19	14.65×5.43×6.85	4.98	0.18	249	55×24×10	96.17	3.39	479	100×45×12	375.81	13.25
20	14×5×2	1.34	0.05	250	55×24×12	115.41	4.07	480	100×50×17	500.69	17.66
21	14×5×2.4	1.88	0.07	251	55×24×7	67.32	2.37	481	100×50×19	559.60	19.74
22	14×5×4.5	3.02	0.11	252	55×24×8	76.94	2.71	482	100×60×12	301.59	10.64
23	15.7×11×4	1.97	0.07	253	55×25×10	94.25	3.32	483	100×60×13	326.73	11.52
24	15×9.5×6	3.17	0.11	254	55×25×11	103.67	3.66	484	100×60×14	351.86	12.41
25	16.5×9×4	3.00	0.11	255	55×25×12	113.10	3.99	485	100×60×20	502.66	17.73
26	16.6×6.6×6	5.47	0.19	256	55×25×6	56.55	1.99	486	100×60×9	226.20	7.98

27	16.9×11.9×3	1.70	0.06	257	55×25×7	65.97	2.33	487	100×70×15	300.42	10.60
28	16×6×3.5	3.02	0.11	258	55×25×8	75.40	2.66	488	100×70×17	340.47	12.01
29	16×6×6	5.18	0.18	259	55×25×9	84.82	2.99	489	100×70×18	360.50	12.71
30	16×7×2.4	1.95	0.07	260	55×26×10	92.25	3.25	490	100×70×20	400.55	14.13
31	16×7×2.5	2.03	0.07	261	55×26×11	101.47	3.58	491	102×43×16	537.53	18.96
32	16×7×2.8	2.28	0.08	262	55×26×6	55.35	1.95	492	102×43×20	671.91	23.70
33	16×7×3	2.44	0.09	263	55×26×7	64.57	2.28	493	102×51×10	306.42	10.81
34	16×7×4.5	3.66	0.13	264	55×26×8	73.80	2.60	494	102×51×12	367.71	12.97
35	16×7×5	4.06	0.14	265	55×26×9	83.02	2.93	495	102×51×14	428.99	15.13
36	16×9×2.5	1.72	0.06	266	55×30×8	66.76	2.35	496	102×51×15.1	462.70	16.32
37	17.35×4×5	5.60	0.20	267	55×32×10	78.58	2.77	497	102×51×16	490.28	17.29
38	17.5×4.2×7.6	8.61	0.30	268	55×32×8	62.86	2.22	498	102×51×18	551.56	19.45
39	17.5×5×3	3.31	0.12	269	56×24×8	80.42	2.84	499	102×51×20	612.85	21.62
40	17.5×5×6.7	7.40	0.26	270	56×25×12	118.33	4.17	500	102×57×12	337.17	11.89
41	17.5×7.4×3	2.96	0.10	271	56×25×4	39.44	1.39	501	102×63×16	404.32	14.26
42	17.5×7.4×6.6	6.52	0.23	272	57×21.5×13	142.27	5.02	502	110×45×18	712.16	25.12
43	17.5×7.5×3	2.95	0.10	273	57×22×10	108.58	3.83	503	110×45×20	791.29	27.91
44	17.5×7.5×3.2	3.14	0.11	274	57×22×9	97.72	3.45	504	110×57×15	521.37	18.39
45	17.5×7.5×3.5	3.44	0.12	275	58×20×10	116.40	4.11	505	110×57×17	590.88	20.84
46	17.5×9.9×3.2	2.62	0.09	276	58×20×8	93.12	3.28	506	110×57×18	625.64	22.07
47	18×10×7	6.16	0.22	277	58×32×10	91.89	3.24	507	110×57×20	695.16	24.52
48	18×11.85×4	2.88	0.10	278	60×24×10	118.75	4.19	508	110×60×14	467.31	16.48
49	18×7×3	3.24	0.11	279	60×24×12	142.50	5.03	509	110×60×15	500.69	17.66
50	18×7×5	5.40	0.19	280	60×24×13	154.38	5.44	510	110×60×16	534.07	18.84
51	18×8.1×4	4.06	0.14	281	60×24×14	166.25	5.86	511	110×60×17	567.45	20.01
52	19.5×10×2	2.20	0.08	282	60×24×15	178.13	6.28	512	110×60×18	600.83	21.19
53	19.6×10×2	2.23	0.08	283	60×24×6	71.25	2.51	513	110×60×20	667.59	23.55
54	19.6×8×6	7.54	0.27	284	60×24×7	83.13	2.93	514	113×24×20	957.64	33.78
55	19×10×2	2.05	0.07	285	60×24×8	95.00	3.35	515	113×50×18	725.87	25.60
56	19×11×2.2	2.07	0.07	286	60×24×9	106.88	3.77	516	113×62×13	455.63	16.07
57	19×12×2	1.70	0.06	287	60×25.4×19	220.47	7.78	517	113×62×15	525.73	18.54
58	20×10×2	2.36	0.08	288	60×25.4×7.1	82.39	2.91	518	113×62×20	700.97	24.72
59	20×10×3	3.53	0.12	289	60×25.4×8	92.83	3.27	519	114×50×20	824.36	29.08
60	20×14.5×3	2.24	0.08	290	60×25×10	116.83	4.12	520	115×43×20	893.47	31.51
61	21×12×2.5	2.92	0.10	291	60×26×10	114.83	4.05	521	115×44×12.7	563.02	19.86
62	21×12×5	5.83	0.21	292	60×26×15	172.24	6.07	522	115×45×10.5	461.82	16.29
63	22.4×15.5×2	2.05	0.07	293	60×26×6	68.90	2.43	523	115×45×13	571.77	20.17
64	22×10×3.7	5.58	0.20	294	60×26×7	80.38	2.83	524	115×45×18	791.68	27.92
65	23.5×10×5	8.88	0.31	295	60×26×8	91.86	3.24	525	115×45×20	879.65	31.03
66	23×10×3	5.05	0.18	296	60×26×9	103.34	3.64	526	115×56×12.7	503.17	17.75
67	23×10×3.5	5.90	0.21	297	60×26×9	103.34	3.64	527	115×56×14	554.67	19.56
68	23×10×4	6.74	0.24	298	60×28×10	110.58	3.90	528	115×56×16	633.91	22.36
69	23×10×5	8.42	0.30	299	60×28×6	66.35	2.34	529	115×56×18	713.15	25.15
70	23×12×2	3.02	0.11	300	60×28×8	88.47	3.12	530	115×56×18	713.15	25.15
71	23×12×3.4	5.14	0.18	301	60×30×10	106.03	3.74	531	115×56×20	792.39	27.95
72	23×12×5	7.56	0.27	302	60×30×13	137.84	4.86	532	115×56×22	871.63	30.74
73	23×6×3.5	6.78	0.24	303	60×30×5.7	60.44	2.13	533	115×61×11	410.54	14.48
74	23×6×4	7.74	0.27	304	60×30×7	74.22	2.62	534	117×42×10	468.29	16.52
75	23×8×6.1	11.14	0.39	305	60×30×9	95.43	3.37	535	120×40×13	653.45	23.05
76	24.5×5.5×3	6.72	0.24	306	60×32×10	101.16	3.57	536	120×40×20	1005.31	35.46
77	24×8×4	8.04	0.28	307	60×32×12	121.39	4.28	537	120×60×13	551.35	19.45
78	25.5×12.5×3	5.82	0.21	308	60×32×13	131.51	4.64	538	120×60×14	593.76	20.94

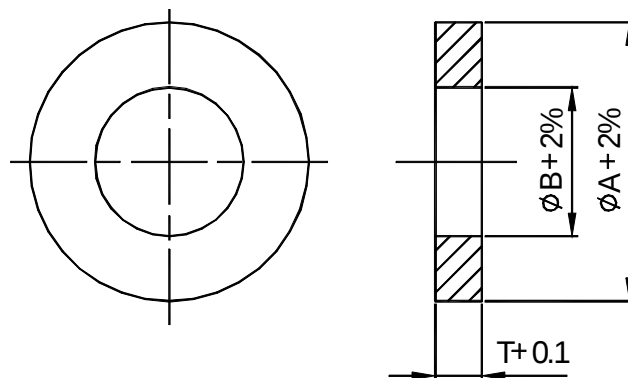
79	25.5×12.5×4	7.76	0.27	309	60×32×14	141.62	5.00	539	120×60×15	636.17	22.44
80	25.5×12.5×5	9.70	0.34	310	60×32×15	151.74	5.35	540	120×60×17	721.00	25.43
81	25.5×12.5×6	11.64	0.41	311	60×32×5	50.58	1.78	541	120×60×18	763.41	26.93
82	25.5×12.5×7	13.58	0.48	312	60×32×6	60.70	2.14	542	120×60×20	848.23	29.92
83	25.5×13×3.5	6.61	0.23	313	60×32×7	70.81	2.50	543	120×60×21	890.64	31.41
84	25.5×13×5/6	9.45	0.33	314	60×32×8	80.93	2.85	544	120×64×20	809.28	28.54
85	25.5×13×6.9	13.04	0.46	315	60×32×9	91.04	3.21	545	120×64×25	1011.60	35.68
86	25.5×13×7	13.23	0.47	316	60×46×7	40.79	1.44	546	120×65×30	1198.72	42.28
87	25.8×12×7	14.00	0.49	317	62×27.5×10	121.26	4.28	547	120×70×20	746.13	26.32
88	25×12.5×5/7	9.20	0.32	318	65×25×6.5	91.89	3.24	548	121×42×20	1011.36	35.67
89	25×13×3/3.5	5.37	0.19	319	65×25×8	113.10	3.99	549	121×57×12	536.84	18.93
90	25×13×4/6	7.16	0.25	320	65×26×10	139.37	4.92	550	121×57×15	671.05	23.67
91	25×16×6/8	8.69	0.31	321	65×26×7	97.56	3.44	551	121×57×20	894.73	31.56
92	25×8×7	15.42	0.54	322	65×32×10	125.70	4.43	552	121×57×24	1073.67	37.87
93	26.2×12.3×3.8	7.99	0.28	323	65×32×12	150.84	5.32	553	125×44×11	591.32	20.86
94	26.25×13×8	16.34	0.58	324	65×32×15	188.55	6.65	554	126×56×20	1000.60	35.29
95	26×12.5×3/4	6.12	0.22	325	65×32×8	100.56	3.55	555	126×60×17	819.53	28.90
96	27×12.5×5	11.25	0.40	326	65×32×9	113.13	3.99	556	126×62×10	472.50	16.66
97	27×17×5	8.64	0.30	327	68×24×10	158.96	5.61	557	126×62×12	567.00	20.00
98	29.25×8×4	12.43	0.44	328	68×24×12	190.76	6.73	558	126×62×17	803.24	28.33
99	29.3×13×6	16.25	0.57	329	68×24×14	222.55	7.85	559	126×62×20	944.99	33.33
100	29.5×13×7	19.28	0.68	330	68×32×10	141.37	4.99	560	133×59×19	1060.10	37.39
101	29.5×18×2.7	5.79	0.20	331	68×32×12	169.65	5.98	561	133×59×21	1171.69	41.33
102	29×10×3	8.73	0.31	332	68×32×13	183.78	6.48	562	133×60×20	1106.55	39.03
103	29×10×3.2	9.31	0.33	333	68×32×14	197.92	6.98	563	134.4×58.8×20	1126.12	39.72
104	29×10×5	14.55	0.51	334	68×32×15	212.06	7.48	564	134×56×14	814.77	28.74
105	29×13×6	15.83	0.56	335	68×32×8	113.10	3.99	565	134×56×19	1105.76	39.00
106	29×14×2.1	5.32	0.19	336	70×24×10	169.80	5.99	566	134×56×20	1163.96	41.05
107	29×17×2.5	5.42	0.19	337	70×30.5×13.6	212.01	7.48	567	134×56×22	1280.36	45.16
108	30×12.5×3	8.76	0.31	338	70×32×10	152.21	5.37	568	134×56×24	1396.76	49.26
109	30×16×4	10.12	0.36	339	70×32×12	182.65	6.44	569	134×57×12	693.05	24.44
110	30×16×5	12.64	0.45	340	70×32×15	228.32	8.05	570	134×57×14	808.56	28.52
111	30×16×6	15.17	0.54	341	70×32×18	273.98	9.66	571	134×57×19	1097.33	38.70
112	30×16×7	17.70	0.62	342	70×32×7	106.55	3.76	572	134×57×20	1155.09	40.74
113	30×17×3.4	8.16	0.29	343	70×32×8	121.77	4.29	573	134×58×19	1088.75	38.40
114	30×18×3	6.79	0.24	344	70×32×9	136.99	4.83	574	134×59×16	909.49	32.08
115	30×18×4	9.05	0.32	345	70×40×15	194.39	6.86	575	134×59×17	966.34	34.08
116	30×18×5	11.31	0.40	346	70×45×15	169.35	5.97	576	134×59×19	1080.02	38.09
117	30×18×5.5	12.44	0.44	347	71×30.5×8.4	135.60	4.78	577	134×59×20	1136.87	40.10
118	30×18×6	13.57	0.48	348	72×30.5×8.38	139.98	4.94	578	134×59×24	1364.24	48.12
119	30×18×7	15.83	0.56	349	72×32×10	163.36	5.76	579	134×60×16	902.02	31.81
120	30×18×8	18.10	0.64	350	72×32×12	196.04	6.91	580	134×60×20	1127.52	39.77
121	31.5×15.5×6.8	20.08	0.71	351	72×32×13	212.37	7.49	581	134×60×22	1240.27	43.74
122	31.5×18×8	20.99	0.74	352	72×32×15	245.04	8.64	582	135×51×23	1411.18	49.77
123	31.5×24×11.5	18.80	0.66	353	72×32×18	294.05	10.37	583	135×56×20	1185.09	41.80
124	32×14×8	26.01	0.92	354	72×32×20	326.73	11.52	584	140×50×17	1141.58	40.26
125	32×15×5.5	17.26	0.61	355	72×32×8	130.69	4.61	585	140×50×20	1343.03	47.37
126	32×16.5×6	17.71	0.62	356	72×32×8.4	137.23	4.84	586	140×50×22	1477.34	52.11
127	32×16×5	15.08	0.53	357	72×32×9	147.03	5.19	587	140×62×17	1051.85	37.10
128	32×16×6	18.10	0.64	358	73×32.5×10	167.79	5.92	588	140×62×20	1237.48	43.65
129	32×16×6	18.10	0.64	359	73×32.5×12	201.35	7.10	589	140×62×24	1484.97	52.37
130	32×16×8	24.13	0.85	360	73×32.5×15	251.69	8.88	590	140×70×17.5	1010.22	35.63

131	32×17×6	17.32	0.61	361	73×32.5×6	100.67	3.55	591	140×70×20	1154.54	40.72
132	32×17×7	20.20	0.71	362	73×32.5×8	134.23	4.73	592	140×70×24	1385.45	48.86
133	32×17×8	23.09	0.81	363	73×32×8	135.25	4.77	593	140×75×15	823.20	29.03
134	32×18×10	27.49	0.97	364	73×39×16	239.26	8.44	594	140×75×17	932.96	32.91
135	32×18×4	11.00	0.39	365	75×24×12	237.93	8.39	595	140×75×20	1097.60	38.71
136	32×18×5	13.74	0.48	366	75×32×10	180.68	6.37	596	140×75×25	1372.00	48.39
137	32×18×5.5	15.12	0.53	367	75×32×12	216.82	7.65	597	140×80×20	1036.73	36.57
138	32×18×6	16.49	0.58	368	75×32×15	271.02	9.56	598	140×85×20	971.93	34.28
139	32×18×7	19.24	0.68	369	75×32×18	325.23	11.47	599	142×50×22	1526.06	53.82
140	32×18×8	21.99	0.78	370	75×32×8	144.55	5.10	600	145×70×20	1266.46	44.67
141	32×18×9	24.74	0.87	371	75×32×9	162.61	5.74	601	145×75×18	1088.56	38.39
142	33×12.5×3	10.99	0.39	372	75×40×15	237.09	8.36	602	145×75×20	1209.52	42.66
143	35×14.5×6	23.91	0.84	373	76×32×10	186.61	6.58	603	147×63×14	969.81	34.21
144	35×18×4	14.15	0.50	374	76×32×12	223.93	7.90	604	147×63×16	1108.36	39.09
145	35×18×5	17.69	0.62	375	76×32×15	279.92	9.87	605	147×63×18	1246.90	43.98
146	35×18×6	21.23	0.75	376	80×26×10	224.78	7.93	606	147×63×20	1385.45	48.86
147	35×18×7	24.77	0.87	377	80×30×12	259.18	9.14	607	147×70×17.5	1148.28	40.50
148	35×18×8	28.31	1.00	378	80×32×10	211.12	7.45	608	155.5×88.9×17.8	1137.77	40.13
149	36×17×6	23.73	0.84	379	80×32×12	253.34	8.94	609	155.5×88.9×19	1214.48	42.83
150	36×18×4.5	17.18	0.61	380	80×32×12	253.34	8.94	610	155.6×60.5×20	1614.08	56.93
151	36×18×5	19.09	0.67	381	80×32×14	295.56	10.42	611	155.6×70.7×21	1584.43	55.88
152	36×18×6	22.90	0.81	382	80×32×15	316.67	11.17	612	155.7×60.5×20.96	1694.12	59.75
153	36×18×7	26.72	0.94	383	80×32×16	337.78	11.91	613	155.7×60.5×25	2020.66	71.27
154	36×18×8	30.54	1.08	384	80×32×17	358.90	12.66	614	155.7×70.9×19	1433.74	50.57
155	36×19×8	29.37	1.04	385	80×32×18	380.01	13.40	615	155.7×70.9×20	1509.20	53.23
156	39×18×6	28.20	0.99	386	80×32×20	422.23	14.89	616	155.7×70.9×20.96	1581.64	55.78
157	39×18×7	32.90	1.16	387	80×32×8	168.89	5.96	617	156×60×20	1628.61	57.44
158	39×19×7	31.89	1.12	388	80×36×12	240.52	8.48	618	156×70×19	1450.18	51.15
159	39×22.5×6	23.91	0.84	389	80×37×10	197.57	6.97	619	156×70×20	1526.50	53.84
160	39×22.5×7	27.89	0.98	390	80×37×13	256.84	9.06	620	156×70×20	1526.50	53.84
161	39×22.5×8	31.88	1.12	391	80×40×10	188.50	6.65	621	156×70×21	1602.83	56.53
162	39×22.5×9	35.86	1.26	392	80×40×12	226.20	7.98	622	156×80×15	1056.52	37.26
163	39×22×6	24.43	0.86	393	80×40×13	245.04	8.64	623	156×80×17	1197.39	42.23
164	39×22×7	28.51	1.01	394	80×40×14	263.89	9.31	624	156×80×17.5	1232.61	43.47
165	39×26×9	29.86	1.05	395	80×40×15	282.74	9.97	625	156×80×18	1267.82	44.72
166	40×15×7.5	40.50	1.43	396	80×40×15	282.74	9.97	626	156×80×20	1408.69	49.68
167	40×18×5	25.05	0.88	397	80×40×17	320.44	11.30	627	156×85×20	1343.90	47.40
168	40×18×8	40.09	1.41	398	80×40×18	339.29	11.97	628	156×86×21	1396.99	49.27
169	40×18×9	45.10	1.59	399	80×40×20	376.99	13.30	629	156×90×19	1211.42	42.73
170	40×19×10	48.66	1.72	400	80×40×5	94.25	3.32	630	160×80×30	2261.95	79.78
171	40×19×5	24.33	0.86	401	80×40×9	169.65	5.98	631	165.1×86.36×22.8	1772.80	62.53
172	40×19×6	29.19	1.03	402	80×42×25	455.14	16.05	632	169×86×17	1412.95	49.83
173	40×19×7	34.06	1.20	403	80×45×13	223.35	7.88	633	169×86×19	1579.18	55.70
174	40×19×8	38.92	1.37	404	80×45×15	257.71	9.09	634	169×86×20	1662.30	58.63
175	40×19×9	43.79	1.54	405	80×45×17	292.07	10.30	635	169×86×23	1911.64	67.42
176	40×20×5	23.56	0.83	406	80×50×12	183.78	6.48	636	169×86×24	1994.76	70.36
177	40×20×9	42.41	1.50	407	80×50×15	229.73	8.10	637	169×86×25	2077.87	73.29
178	40×21×10	45.51	1.61	408	80×50×15	229.73	8.10	638	170×85×17	1447.00	51.04
179	40×21×8	36.41	1.28	409	80×50×19	290.99	10.26	639	170×85×20	1702.35	60.04
180	40×22×10	43.83	1.55	410	81×39×14	277.09	9.77	640	170×85×24	2042.83	72.05
181	40×22×4	17.53	0.62	411	81×39×16	316.67	11.17	641	180×80×20	2042.04	72.02
182	40×22×5	21.91	0.77	412	81×39×20	395.84	13.96	642	180×95×20	1835.87	64.75

183	40×22×6	26.30	0.93	413	81×39×8	158.34	5.58	643	180×95×25	2294.84	80.94
184	40×22×7	30.68	1.08	414	83×31×15	349.19	12.32	644	190.5×88.9×19	2118.04	74.70
185	40×22×8	35.06	1.24	415	84×32×11	260.56	9.19	645	190.5×88.9×20	2229.52	78.64
186	40×22×9	39.44	1.39	416	84×42×15	311.73	10.99	646	190.5×88.9×25.4	2831.49	99.87
187	45×17×8	54.54	1.92	417	85×32×10	243.51	8.59	647	190×80×20	2332.64	82.27
188	45×19×10	65.35	2.30	418	85×32×11	267.86	9.45	648	190×82×20	2307.19	81.37
189	45×19×6	39.21	1.38	419	85×32×12	292.22	10.31	649	190×82×22	2537.91	89.51
190	45×19×7	45.74	1.61	420	85×32×15	365.27	12.88	650	190×90×20	2199.12	77.56
191	45×19×8	52.28	1.84	421	85×32×17	413.97	14.60	651	190×90×24	2638.94	93.08
192	45×19×9	58.81	2.07	422	85×36×12	279.40	9.85	652	190×90×25.4	2792.88	98.50
193	45×22×10	60.52	2.13	423	85×37×13	298.95	10.54	653	200×86×19	2432.68	85.80
194	45×22×4	24.21	0.85	424	85×37×15	344.95	12.17	654	200×86×20	2560.72	90.32
195	45×22×5	30.26	1.07	425	85×40×10	220.89	7.79	655	200×86×21	2688.75	94.83
196	45×22×6	36.31	1.28	426	85×40×11	242.98	8.57	656	200×86×22	2816.79	99.35
197	45×22×7	42.36	1.49	427	85×40×13	287.16	10.13	657	200×86×23	2944.83	103.86
198	45×22×8	48.41	1.71	428	85×40×14	309.25	10.91	658	200×86×25.4	3252.11	114.70
199	45×22×9	54.46	1.92	429	85×40×15	331.34	11.69	659	200×86×30	3841.08	135.47
200	45×24×10	56.90	2.01	430	85×42×12	257.34	9.08	660	206.38×88.9×20	2724.51	96.09
201	45×24×11	62.59	2.21	431	85×45×12	245.04	8.64	661	211.7×117.9×25.4	3083.79	108.77
202	45×24×9	51.21	1.81	432	85×45×13	265.47	9.36	662	212.7×89×20	2897.80	102.21
203	45×26×10	52.98	1.87	433	85×45×14	285.89	10.08	663	212×88.9×25.4	3694.66	130.31
204	45×26×8	42.38	1.49	434	85×45×15	306.31	10.80	664	220×110×19	2708.45	95.53
205	48×22×5	35.74	1.26	435	85×45×9	183.78	6.48	665	220×110×20	2851.00	100.55
206	50×19×10	84.00	2.96	436	86×32×10	250.2	8.83	666	220×110×22	3136.1	110.61
207	50×19×12	100.8	3.56	437	86×32×11	275.25	9.71	667	220×110×23	3278.65	115.64
208	50×19×8	67.20	2.37	438	86×32×12	300.27	10.59	668	220×110×24	3421.20	120.67
209	50×19×9	75.60	2.67	439	86×32×15	375.34	13.24	669	220×110×25	3563.75	125.69
210	50×22×10	79.17	2.79	440	86×32×16	400.37	14.12	670	220×110×25.4	3620.77	127.70
211	50×22×11	87.09	3.07	441	90×36×10	267.19	9.42	671	220×110×26	3706.30	130.72
212	50×22×5	39.58	1.40	442	90×36×12	320.63	11.31				
213	50×22×6	47.50	1.68	443	90×40×15	382.88	13.50				
214	50×22×7	55.42	1.95	444	90×43×17	417.31	14.72				
215	50×22×8	63.33	2.23	445	90×45×10	238.57	8.41				
216	50×22×9	71.25	2.51	446	90×45×12	286.28	10.10				
217	50×22×9	71.25	2.51	447	90×45×15	357.85	12.62				
218	50×24×10	75.56	2.66	448	90×45×17	405.56	14.30				
219	50×25×10	73.63	2.60	449	90×45×18	429.42	15.15				
220	50×25×5	36.82	1.30	450	90×45×20	477.13	16.83				
221	50×25×7	51.54	1.82	451	90×50×14	307.88	10.86				
222	50×25×8	58.91	2.08	452	90×50×15	329.87	11.63				
223	50×25×9	66.27	2.34	453	90×50×17	373.85	13.19				
224	50×26×8	57.30	2.02	454	90×50×18	395.84	13.96				
225	50×26×9	64.47	2.27	455	90×50×20	439.82	15.51				
226	50×30×5	31.42	1.11	456	90×60×12	212.06	7.48				
227	51×20.5×9	77.07	2.72	457	90×60×15	265.07	9.35				
228	51×24×10	79.52	2.80	458	96×40×24	717.79	25.32				
229	51×24×12	95.43	3.37	459	100×45×14.9	466.64	16.46				
230	51×24×7	55.67	1.96	460	100×45×15	469.77	16.57				

Ferrite 磁铁的基本公差见下图 1-15

图 1-15



磁铁的重量计算方法:

Ferrite: $MC = (D+d) \cdot (D-d) \times t \times 0.003927$

AlNiCo: $MC = D^2 h \times 0.00568$

NdFeB: $MC = D^2 h \times 0.00584$

单位: g $x g \div 28.3 = y OZ$ 或 $x g \times 0.03527 = y OZ$

（五）磁液（Magnetic Fluids）

内容摘要

业界共识：磁液能降低音圈工作温度，提高扬声器功率承受能力，改善扬声器的频率响应，有助于音圈保持中心位置，减少失真和功率压缩效应，提高动态性能，延长扬声器使用寿命。

Ferrotec 磁液的长处：近三十年的研究和生产经验，使各项指标都远远优于其它磁液，尤其是它有更高的热稳定性和更低的蒸发率，优异的胶体稳定性，因而使扬声器更可靠稳定，使用寿命更长。而杂牌磁液的高温性能差，粘度继而会迅速增高，这就会影响扬声器的参数、工作性能和使用寿命。不幸的是制造商往往没有机会发现这一点，因为这种变化往往是在用户使用一段时间后才被察觉。只有通过老化对比试验，才能得到证实。

1. 什么是磁液

磁液（也被称为铁磁流体或磁性流体）是一种呈棕黑色的液态的磁体，它由直径约为 10 纳米左右的超细磁性微粒均匀悬浮于合成油载体中而形成。

2. 磁液的简史

磁液问世时带有神秘的色彩，它曾被列为高度机密。美国航空航天局（NASA）在实施航天计划中为了解决液体火箭的燃料在失重状态下流动和精确地控制，研究发展了磁液技术。在固体燃料火箭技术成熟并取代了液体火箭后，磁液技术才获解禁。参与该项目研究的几位科学家获得特别许可并于 1968 年成立了磁液公司，继续开发磁液的民用技术。经过三十多年的发展，今天磁液已广泛用于扬声器制造业以及步进电机、大型电源变压器，录音录象磁带制造业，电脑硬盘和软磁盘制造业等等。

3. 磁液的功效

在扬声器的 T 铁和华司所形成的间隙中加入一定量的磁液后会——

明显提高扬声器承受功率，延长扬声器寿命。在一般情况下，扬声器的承受功率受音圈耐热性的制约。功率越大，产生的热量越大，导致音圈温度急速上升，当达到音圈材料的承受极限时，音圈就会被烧毁。而磁液的热传导系数远远大于空气，它能有效地将热能通过 T 铁、华司和盆架散发于空气中，从而防止音圈被烧毁，延缓了音圈材料及粘结剂的老化，从而延长了扬声器的寿命。

改善频响特性，减少失真。磁液具有一定的阻尼性，扬声器在其最低谐振频率（ f_0 ）附近的频响曲线上会有峰值，因振膜振幅过大造成失真。这是扬声器制造者希望克服的缺陷。利用适当粘度的磁液对音圈运动的阻尼作用，可使扬声器在 f_0 处频响曲线平滑。从而改善了频率响应特性，有利于简化分频器线路的设计。磁液有中心定位作用，能防止音圈在大振幅时产生的擦圈现象。

我们发现市面上有人在兜售劣质磁液，有的公司试用后已发生了不愉快事件。为了防止更多的客户上当，我们已经对这些劣质磁液取样分析，并向用户提供过一些数据和性能对比报告，

以说明杂牌磁液和我们所代理的 **Ferrotec** 磁液的巨大差别所在。

有的客户为了验证某些数据，自己进行实验。然而单凭一些常规的项目，诸如测频率响应、阻抗等是不足以揭示磁液的优劣的。为了避免不正确的方法误导，特将原本保密的实验方法向我们的客户作内部公开。

判别磁液优劣的分水岭是其**高温性能和胶体稳定性**。磁液的基本功效是散热，它将音圈所产生的热量传递给 T 铁、华司等并散发于空气中，从而防止音圈烧毁。如果磁液不能在高温下保持长期的稳定，就会给扬声器造成很大的负面影响，包括灵敏度的丧失和寿命的缩短。

实验项目一：用粘度计测试将要对比的磁液在 27℃时的粘度。取粘度相似、体积相同的两份磁液放在敞开的碟子中，置于烤箱中，温度设定在 125℃。72 小时后再次测试其在 27℃的粘度，并进行比较。优质磁液的粘度变化小，劣质磁液的粘度会成倍增加。（参见附件有关项目）

项目二：同上，取体积相同的磁液，放在敞开的碟子中，置于烤箱内，温度设定在 175℃，检验其相对寿命。APG800 系列磁液的相对寿命可达 48 小时，APG900 系列的相对寿命可达 78 小时。而市面上劣质磁液的寿命不会超过 10 小时，有的仅为 2-6 小时。（参见附件有关项目）

以上实验均需要某种工具和设备，用户可能并不具备条件。作为变通办法，可以：取一批扬声器（为排除干扰因素），分成两组加入等量的对照磁液，先测频响与阻抗曲线并存储记录，作为以后对照基准。然后加以一定功率的粉噪，至少 100 小时后再测试其频响曲线。可以观察到加有优质磁液的扬声器的频响曲线的 dB 数下降极小，而对照组的 dB 数则必定有较大幅度的下降。

如果分解对照组单元，可见到磁液中有颗粒状固态物质出现。这就定性地反映了这种磁液的高温性能很差，不应用于扬声器。

以上简要介绍了对磁液高温性能的鉴定方法。有关胶体稳定性的优劣，没有专用工具难以进行，恕不赘述。

散热的设计会在间隙内追加磁性流体即磁液（**Magnetic Fluids**），它主要用于散热，提高扬声器的功率，特别是球顶高音，基本上都有加磁液。以下是磁性流体一览表。

磁液用量计算公式：

$V=3.5A \left(E^2+C^2-B^2-D^2 \right)$ 单位 ml 所有变量单位 CM

- A: 铁片厚度

C: 音圈内径的半径
- B: 铁心中柱半径

D: 音圈最大外径的半径

E: 铁片半径的半径

STANDARD MODEL

海帆磁液目录表

型 号	饱和磁化强度 (±10%)		粘度 (cP, 厘泊) 27℃, ±10%	密度 25℃ (克/毫升)	流动点℃
	G	mT			
APG810	110	11.00	100	0.94	-56
APG812	110	11.00	200	0.96	-49
APG813	110	11.00	300	0.96	-45
APG814	110	11.00	500	0.97	-40
APG814.7	110	11.00	700	0.98	-38
APG814.8	110	11.00	800	0.98	-36
APG815	110	11.00	1,000	0.98	-34
APG816	110	11.00	1,500	0.98	-30
APG817	110	11.00	2,000	0.98	-26
APG817.3	110	11.00	3,000	1.00	-23
APG817.5	110	11.00	5,000	1.01	-19
APG820	110	11.00	4,000	1.00	-20
APG821	165	16.50	200	1.01	-46
APG830	220	22.00	100	1.04	-57
APG832	220	22.00	200	1.05	-50
APG833	220	22.00	500	1.07	-44
APG834	220	22.00	1,000	1.09	-38
APG835	220	22.00	1,500	1.08	-33
APG836	220	22.00	2,000	1.10	-32
APG836.3	220	22.00	3,000	1.09	-27
APG840	220	22.00	4,000	1.12	-23
APG841	220	22.00	5,000	1.12	-21
APG842	220	22.00	10,000	1.10	-16
APG859	358	35.80	875	1.18	-36
基液：合成烃类油脂 颜色：棕黑色或棕红色流体 闪点：200℃以上 表面张力：约为 32 达因/厘米 热传导率：约为 150mw/mk 热膨胀系数：7.5×10 ⁻⁴ ml/ml℃ 粘度-温度曲线见附件					
海帆音响器材有限公司 副总经理兼技术服务经理 应正铭先生 Tel 86 769 5887751 Fax 86 769 5817647 Email seagln@hotmail.com / seagln@pub.dgnet.gd.cn					

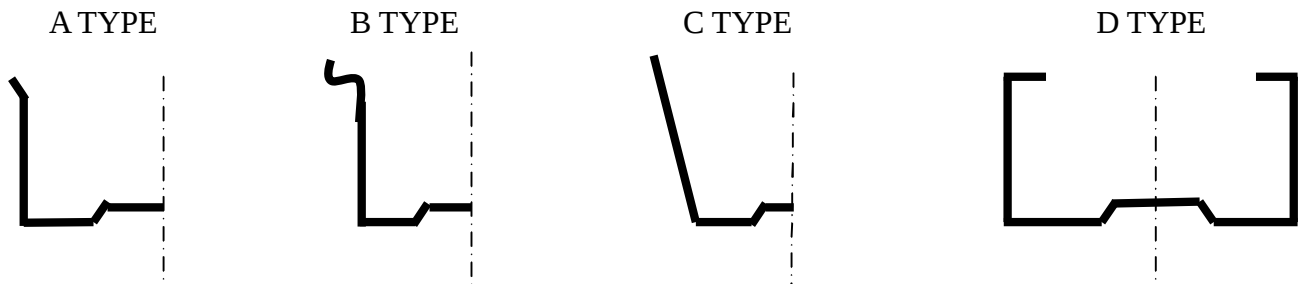
（六）后壳（SHIELD COVER）

1、 后壳的解释

后壳又叫后磁壳或后盖，它的主要作用是防磁，防止磁铁向外辐射磁场。一般无线电广播或电视都是通过空间辐射电磁波的方式来传送声音图像等信息的。倘若音箱与电视、计算机等家用电器并放扬声器磁铁而示进行防磁波或磁卡等有所干挠，影响收听或收看效果或破坏磁场信息，同时电视机屏幕电脑的显示器磁场都会破坏屏幕…，为了阻止这些问题的产生，扬声器会设计为防磁型，这就利用后磁与后壳共同作用来达到目的。后壳能将后磁铁的 S 极磁力线通过本身的导磁回馈到铁片能增强铁片磁极的磁力，这说明后壳不但能吸磁，而且能将所吸的磁有效利用，即有吸磁和导磁作用，跟要求铁心和铁片的厚度一样，后壳的材质及厚度同样也有要求，一般后壳材质厚度有 0.8~2.0 厚，同样的材质，厚一点时吸磁效果更佳，但成本高，故设计时要二者兼顾，选择最佳状态。目前吾厂使用之后壳材质有 SPCC 加五彩电镀及 SPEC（灰色电解片）两种，SPEC 因本身为电解片，表面有处理，冲压成型后不需再经过电镀处理，但其截断面因无任何处理，时间久后会氧化生锈，不过只是小截面，不伤大害，且对性能也无什么影响。

2、 后壳的设计

设计后壳时要根据扬声器的用途或客户要求防磁情况来选择材质，材质厚时，防磁效果要好，但成本高，后壳与铁片的套合尺寸亦需严格，且后壳与主磁之间的距离需控制适当距离，太近会影响磁气回路的磁场，使间隙磁场减弱，距离太远会使后壳的尺寸加大、成本增加，为了达到最佳状态，应不断实践。有些音箱的复杂结构可能对后壳的设计有一定空间要求，后壳可能会设计为以下几种形状。当然铁心有通孔时,后壳底部亦需通孔,而且通孔的大小要大于或等于铁心中柱通孔的尺寸。我们利用高斯计可检测漏磁情况。后壳的各种形状见下图。



(七) 鼓纸 (CONE PAPER)

1、鼓纸鼓纸又叫振动板、锥盆，它是扬声器的主要零件之一。对 SPK 的性能和音质有决定性的影响，极端说来没有好的鼓纸就做不成好的喇叭，足见其重要性。

① 鼓纸的形状

I) 断面形状

鼓纸的断面形状大致可分图 1-15 所示的 A、B、C 三种



图 1-15 A、反抛物线形 (Paracurved) B、直线形 (Straight) C、抛物线形 (Parabolic)

A 是一般形状，各形状性能之不同点，厥在其周波数特性，所在之高音再生界限周波数带域（高音共振周波数）和指向特性。此系依据鼓纸锥体之半顶角图 1-16（即颈部的开角）来决定。至于高音共振周波数，如下列公式之所示，顶角越小越能发挥高周波数特性，故 A、B、C、三种形状比较，则 A 比 C 有利，B 则介于两者之间。

图 1-16

Mc: 振动板 θ 的质量 θ : 半顶角

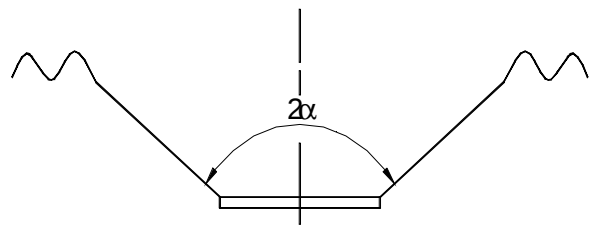
Sn: 振动机颈部的机械抵抗

Mv: 音圈的质量

E: 振动析的扬克系数

tc: 振动板颈部的厚度

fh: 高音共振周波数



其次是振动板指向性，振动板是整体作相同的运动（即鼓纸在振动时的前后运动，也叫做活塞运动—Poston Motion），而且在其运动范围内几乎没有多大差别，但是振动板的中心部分和周边部分却有不同之处，而产生一种叫做分割运动的现象，而且在高音域的分割振动，它的特点是顶角越大，其指向性也越高。

由上特点来看，A 形的振动板高音共振周波数高，故适用于单一型振动之全音域用，C 形振动板适用于低音再生之用，又因其深度较深，故用为复合型 SPK 音喇叭，这种复合型 SPK，通常是把高音 SPK 或中音 SPK 放在低音 SPK 内侧空间之内，所以深度越大越好利用了。

至于介于 A、C 中间的 B 通常适用于中、小型 SPK（中音域、全音域）之用。一般说来在设计或选用振动板时，必须依据其性能上的需求，来决定它的深底（亦称内高）、颈部直径、外颈及顶角；但顶角大时深度必然较浅，多适用于低音喇叭形状。

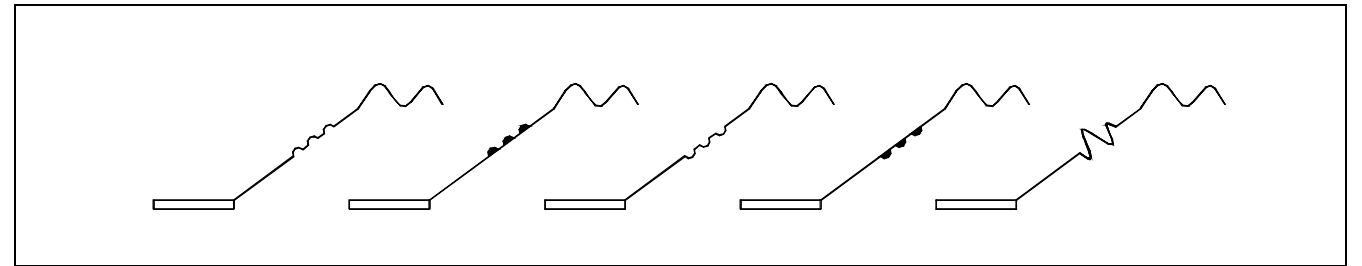
II) 平面的形状

振动板的平面来看，最多是圆形振动板，以立体来看则是圆锥形 (Cone) 故叫 Cone Paper。最初期扬声器，几乎只有圆形一种，其后由于电视、袖珍晶体管收音机、汽车音响等需要，为了配合设计才有椭圆形等其它变形的设计出现，甚至有长方形及超薄形喇叭，就性能来说，椭圆形的确不

如圆形，其失真率也比圆形的大了不少，因此 HiFi 用的扬声器几乎没有不是圆形的。

III) 波纹 (Corruhation)

从振动板的颈部到边缘的凸缘之间的斜面上，有若干凸起和凹下的环形纹横向其间，这些环形纹就叫波纹，通常与振动板呈同心圆与同心椭圆的形态，以放射状的方向，一圈一圈的平行于振动板的斜面上。波纹有如下图的各种形状。



波纹的目的在于缓和振动板因分割振动而在高音共振带域所造成的峰谷面，而使频率响应特性变得较为平坦，同时也能增加振动板的强度。

分割运动是因振动板各部分的个别运动，而发自各个部分的声音，相互辐射干预，由于相对的相位不同而产生高或低的频率响应。这种状态因周波数而变化，所以产生高音域特性所在的峰谷状。但是增加波纹可以产生机械的顺从作用，适当的控制共振状态，减低峰谷面的差距，同时也对振动物发生补强的作用及减少分割振动。

IV) 振动板的材料

振动板的材料大致可分为纸（纸浆、纤维）、树脂（聚脂系、酚树脂系）、金属板三种。现在扬声器用振动板以纸制造占多数，但角型扬声器，则多使用金属板或树脂系产品来做振动板，用以配合实际需要了。

振动板的材质

Body 材 质		状 态	Edge 材 质	
纸质	Pulp	Press No-press, 表面可喷各种颜色	布 CLOTH	单面 Coatting
玻璃纤维	Glass Fiber	编织蓝色、白色、黑色		双面 Coatting
碳纤维	Fiber	编织黑色		No Coatting
防弹布	Kevlar	黄色	橡皮边 RUBBER	NBR
铝质	Aluminium	可电镀各种颜色		Butyl
	Mylar	0.03t, 0.05t, 0.075t, 0.10t, 0.125t, 0.188t		
	PEI	0.05t, 0.075t, 0.1 t 耐高温, 高音用	海绵边 FOAM	普通泡棉 有各种厚度
POLY	Injection PP	可任意控制厚度		单面高泡 2.2 t, 2.7t
	PPB	不耐高温, 由材质厚度决定		双面高泡 2.2 t
	PP Mica	耐高较温, 由材质厚度决定	不织布	
			PU 边	

振动板以纸质最多，所谓纸也不是单纯的一种纸浆 (Pulp) 而已，而是把几种适合扬声器特性的纸浆和其它纤维混合打浆抄纸形成。纸的原材料是以材物纤维为主，应乎所需加上毛性的动物纤维，乃至炭等化学纤维合，成纤维以及无机纤维等在内。因振动板必须配合音响性能及各种不同的用途与特性，因此要求于振动板的条件亦不一而足。譬如 HiFi 所需的条件，要求质量要轻，坚韧并有适当弹性，且就其物理的条件比较，其性能如下

- a、质量要轻，可以提高效率，过渡特性良好。
- b、扬克系数（Young's Modulus）要大，可以扩展频宽，过渡特性良好，高音域亦得扩展。
- c、内部空余要适当，（日文又叫内部损失—）：可以抑制分割运动，籍以减低高音共振的峰谷面，使周波数特性平坦，过渡特性良好。

要想完全满足上列的各种条件，实在是一件困难的事，因此必须研究各种材料的适当配合，而且振动板从颈部到 edge 的斜面部分，也要求不同的厚度，乃至抄纸后涂抹补强高音或降低 f_0 的制动剂，另外在制造振动板的方法上，也要考虑要求条件来决定。

V) 振动板的热压成型及干燥方法：

虽然各厂商有其各种不同的方法，但原则上代表性的方法有以下三种：

- a、冲压振动板（Press Cone）又分为湿式冲压（Wet Press）和干式冲压（Dry Press），湿式冲压：它是抄纸后，把经过某种程度脱水后的鼓纸（仍然含有相当的水份）放在加热的模上，经冲压制成形的同时，已经会干燥脱水。干式冲压这种方法与湿式冲压相对的抄纸后立即脱水，把抄纸型各别放进干燥机加以干燥，然后再进行冲压工程之前再稍予喷湿放进冲床冲压成型。

b、非冲压振动板（Non Press Cone）

所谓冲压振动板就是不经冲压的制作方法，所制成的振动板，它是抄脱水后连同抄纸模一并放入干燥机内干燥成型，可以做成有厚度的鼓纸，是 HiFi 用的高级鼓纸，它的特征除具有厚度感外，在鼓纸背面有放射状的凸起的细小波纹，也有把这种叫松压振动板。

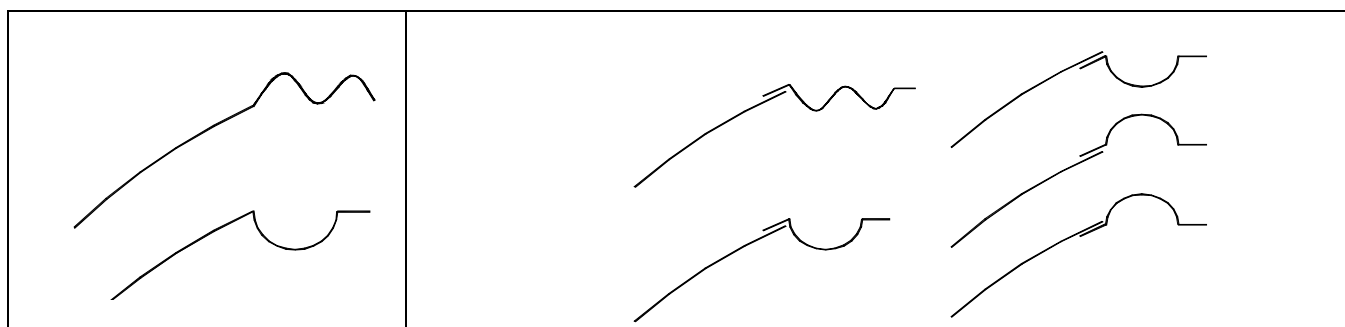
c、半冲压振动板（Semi Press Cone）

所谓半冲压制法是在冲压成型时，在金属模的上模上垫上毡片、布片或橡胶垫片等物，使振动板不直接和模具接触，这种作法不仅冲压面细致美观，并且可获得各部分必要的厚度。也有把这种叫半松压振动板。

非冲压及半冲压都是制造大口径高级鼓纸的作法，一般则多用湿式冲压作法。

VI) 振动板的凸缘（edge）

振动板的凸弧（edge）就是振动板的边缘部分，和振动板是一体，但在边缘部分有波纹的曲折状态。见图 1-18 所示，它分做固定边（亦称纸边 Fixed edge）和贴边（亦称布边 Free edge）两种。



凸缘的作用有二：

- 1、支持振动板在一定的位罝，有其支持的作用。
- 2、音圈导电产生振动时，凸缘可以形成振动板的直线运动，兼具保持弹性的缓冲作用。特别是

(Free edge)使振动系能耐较大的振辐，并可降低低音谐振 f_0 ，故 HiFi 两者存在着异同之处。

定边是振动板在抄纸工程的同时制成振动板的边缘部分，并与振动板连成一体，音圈导电以后带动振动板，由于凸缘的支持的作用，保持振动板的直线运动，兼可保持适当的弹性，故凸缘部分厚度也比振动板本身薄了许多，并且形成波形或圆弧的形状。通常在凸缘上涂抹制动剂（不干胶之类如 AD-303AN 等），籍以防止中音谷的出现，而使得中音域变得平坦。

中音谷即振动板从低音域到中音域的某一频率时，大致都呈一体的前后运动，但是到达中音域的某一频率时，振动板的凸缘会产生与本体逆向的运动（即反共振现象），因而音压降低，在频率响应特性曲线上出现山谷，而且反共振的程度越大，谷幅就越宽，谷底也越深。故在凸缘上涂以适当份量的制动剂，籍以抑制反共振，从而减少中音谷的幅度及深度。其次，凸缘部分所占的面积和斜面部分的面积比大时，它的好外是振幅充分，对输入功率的直线性良好，但是更易形成反共振，也使中音谷的深度和幅度增加，同时振动板的有效振动半径小，效率低减。因此怎样去找出凸缘部分所占面积的最适当的值，就必须从不断的实践中求得了。这种情形对贴边的振动也是一样。

- 动板的凸缘部分与锥体部分不同为一整体，而是需经再加工贴合而成，几乎所有 HiFi 圆锥形扬声器，都用贴边振动板来制造，它和纸边振动板扬声器比较优点如下：
- 输入电力，贴边振动板能保持更好的直线运动，比纸边振动板的振幅大，但失真率却低。
- 对振动板的支持力更具弹性，并可降低低音谐振 f_0 ，而使低音再生界限周波数降低，更可减少喇叭所需的体积。
- 可以减少来自凸缘部分的反射音波，而使周波数特性所在之峰、谷面变得平坦，从而获得更平坦的周波数特性。

贴边所使用的材料一般有布、不织布、橡胶泡棉、pu 等。不但易于成形，而且可因材料之不同，获取所需要的适当弹性及减轻其重量，更无需象纸边那样再涂制剂的麻烦了。

总之，开发设计扬声器时，鼓纸的选择与设计是难关，它对音质及特性有着决定性的影响，故平时多多实践摸索、积累经验。

因扬声器是通用性较强的产品，鼓纸的规格尺寸亦有规范，参考标准见下表

口径	参 考 外 径	参考 次外径	参考弧宽 (Roll)	参考 胴体外径	纸质胴体	参考 有效高	内径公差 ± 0.1 $\geq \Phi 30.5 \pm 0.2$	
					参考重量			
1"	28 (Mylar Tw)	26					$\Phi 13.28$	13.5
1.5"							$\Phi 13.28$	13.9
2"							$\Phi 14.28$	15
2.25"							$\Phi 16.3$	17.1
2.5"							$\Phi 18$	
3"	74~75	68~70	5~8	50.5~58	0.25~0.6	11~14	$\Phi 19$	
	74~75	FIXED			0.28~0.5	9~12	$\Phi 20.4$	21.2
	74~75	Mylar		0.1t	6.0/10pcs	10	$\Phi 25.5$	26.5
3.5"	83~84	73~76	5~7	59~61	0.3~0.7	12~17	$\Phi 28$	
4"	97~99	88.5~92	7~11	71~75	0.65~2.2	16~23	$\Phi 30.5$	31.5
	97~99	FIXED			0.5~0.9	12~15	$\Phi 32.5$	33.5

4.5"	105~110		7~12		0.6~2.0	14~21	Φ35.5	36.5
5"	115~119	105~110	8~13	79.5~90	0.75~2.3		Φ38.5	39.5
	115~119	FIXED	—————	—————	0.8~1.05	13~16	Φ49.5	50.5
5.25"	123~128	113~119	8~14	89~94	1.9~3.2	16~25	Φ60	
5.5"	130~134	118~122	9~14	89~98	2.0~3.5	19~26	Φ62.5	
6"	145~148	135~138	9.5~12	109~115	3~3.5	26~35	Φ75.5	76.5
6.5"	152~159	138~143	10~16	114~119	2.7~6.0	26~33		
	152~154	FIXED	—————	—————	1.9~2.4	22~28.5		
8"	190~197~206	176~182	12.5~20	141~151	2.2~11.3~	29~41		
	192	FIXED	—————	—————	4.5~5.5	30~35		
10"	244~252~258	225~230	14~25~32	170~180~196	10~20~	30.5~54		
	244~248	FIXED	—————	—————	7~9.5	48~54		
12"								
15"								
18"								
6*9	230		13	186		46		

铝胴体鼓纸胴体厚度

口 径 (inch)	厚 度 (mm)
3"	0.1、0.15、0.2、0.25、0.3、0.35、0.4、0.45、0.5
4" ~8"	0.15、0.2、0.25、0.3、0.35、0.4、0.45、0.5
8" 以上	0.3、0.35、0.4、0.45、0.5、0.8、1.0

（八）、垫片（Gasket）

垫片又叫垫圈、垫边、矢纸。垫片的作用是贴合在振动板之上，使振动板与支架密切粘接，在振动时不致脱落，消除因部分粘接不牢，在振动时发出 B 声，同时有保护凸缘 edge 之作用，有些垫片直接加工于振动板的贴边之上，可以使贴边凸缘弧度不易变形，方便扬声器之加工业。

垫片的作法有两种：一种是用灰纸板按照需要的厚度裱制而成，最上面一层贴黑色纸，再经滚压平整厚度平均后，送入冲床压制面成，叫做冲压垫片，另一种是用纸先做成纸管，然后按所需厚度切制成形，就叫管切（cut）制法，管切成本可以降低。此外还有用塑料或合成橡胶、EVA 海绵，舒服多(珍珠棉),PEF 材质制造的。有些 EVA 海绵垫片加附扬声器上时，因其柔软性不便于作业，可以将 EVA 粘附于纸板，然后一起冲压成垫片，这样利用纸板的强度。可以使垫片硬度加强，方便扬声器的生产作业，但成本会加高。

当扬声器为振动板 edge 弧度高于支架之 edge 高时，扬声器在包装或排板时会压坏 edge，使弧度变形或弄脏，此时需设计保护垫片，以保证包装运输之安全，不致影响扬声器之品质，保护垫片材质一般用管切纸垫片或塑料垫片，其形状和规格需配合扬声器支架形状 edge 弧形状来设计。

垫 片 的 种 类

材 质	方 式	颜 色	优 缺 点	
纸质	管切	黄色、黑色、白色	成本低	容易变形、仅能制作圆形不能作螺丝缺口、制作时厚度不能太薄一般要大于 1mm、一般外径不超过 200mm,高度可任意切割.
	冲压	表黑、全黑、染黑	成本高	可制作任意形状及大小,因可以作成几片式.厚度可以做到 0.3mm
EVA	冲压	黑色、红色、桔色 其它花斑色	软质,有几种硬度,一般 35° ,40° ,55° ,60° 可做成单面或双面自粘。	
纸+ EVA		黑色	可做成单面或双面自粘,对 EVA 有加强作用,比 EVA 更好作业.	
PEF	冲压		一般做 packing 用性能与 EVA 差不多,但更容易压合,特别是塑胶面板的喇叭,用 EVA 容易使塑胶变形,而用 PEF 材较好。	
珍珠棉	冲压	黑色、白色		
橡胶类	冲压,挤压	黑色	成本低	
	注射	黑色	成本高	有几种硬度 50° , 55° ,60° ,70°

（九）、弹波（Damper）

- 1、弹波又叫档板，阻尼器,定心支片，它有制动作用和中心保持作用。弹波的外缘和支架粘在一起，弹波的颈部和音圈 bobbin 及鼓纸的颈部粘在一起，它可以使音圈在磁隙内运动时，不致磁到铁片或磁铁，也使音圈和鼓纸正确连接保持中心，故亦有称之为中心保持器的。

弹波的性能和鼓纸的凸缘相似，对低音谐振 f_0 产生影响，且对振动板的连接有适度的弹性辅助作用，并可控制振动板的模方向的运作。弹波的弹性（柔软度）与鼓纸的凸缘配合可适宜调整低音谐振 f_0 ，通常要在实验中求得。

总之，弹波的作用有：

- ① 制动作用。
- ② 音圈定位之功能（中心保持作用）。
- ③ 影响扬声器的性能曲线。如：失真、 f_0 、 Q 值等技术参数。

2、弹波的分类

按材料分：

- a、棉布系列，标示时用 CW：漂白布 CY：胚布。
- b、Conex 系列，标示时用“N”。
- c、Conex 与棉混合系列，标示时用“NC”。
- d、其它材料系列如麻、人造丝等。

3、弹波的物理参数——弹性系数即变位

弹波的变位指在弹波中心放置夹具，并在夹具上加定质量之砝码，弹波中心部位发生的位移量称为该质量下的变位。测试方法常有投影法，转盘测试法等多种，但目前最先进的测试法为“激光测量法”，激光测量法采用无触点测量，因此最准确可靠。

4、材质的性能

- a、弹波 Conex 系列，Conex 又称 Nomex，英文 Polyfiber。

Conex 材料性能特点：

- ① 耐高温，阻燃性好，可以在 260°C 的高温下使用。
- ② 耐有机溶剂和酸类试剂，稳定性好，而老化。
- ③ 尺寸稳定。
- ④ 耐磨耐曲折，即耐疲劳性好，弹性好。
- ⑤ 耐温、耐湿、耐候，受天气影响小。

用 Conex 制成的弹波保持了 Conex 材料的性能特点具体表现如下：

- ① 变位稳定，耐疲劳。
- ② 弹波线性区域宽。
- ③ 耐温、耐燃、耐候受天气影响小。

缺点是：

- ① 与胶水的结合力低，故中心胶最好采用环氧树脂。

② 材料组织困难。

③ 成本高。

b、弹波的棉布系列，棉布系列弹小波，指以棉布为基材加工而成的弹波。棉布系列弹波的优点：

① 成本低，取材方便。

② 耐温、不易老化。

③ 与胶水的结合力强。

棉布系列弹波的缺点：

① 耐疲劳性相对 Conex 弹波差：

② 耐湿性差，由于棉布易吸潮，因此耐温度差。具体表现在弹波的变位稳定性差。

目前棉布系列弹波是使用时间最长，用量最大的品种，主要用于中低档的扬声器。

表 1-6 棉布系列弹波材料常见规格表

统 称	经纱（英寸）	纬纱（英寸）	经密（根/英寸）	纬密（根/英寸）
10	10	10	40	40
20	20	20	60	60
32	32	32	68	68
42	42	42	80	80
60	60	60	90	88
80	80	80	100	100

毅品弹波规格表 Conex 与 NC 类

N（Conex100%）						NC（Conex50%，Cotton50%）					
材质名称	代号	纱支	经纱	纬纱	厚度	材质名称	代号	纱支	经纱	纬纱	厚度
N-23038	N-1200	32S 双股	38	38	0.3	NC-23038	NC-1200	30S 双股	38	38	0.3
N-22032	N-1500	20S 双股	32	32	0.35	NC-22032	NC-1500	20S 双股	32	32	0.35
N-12053	N-2053	20S	53	53	0.25						
N-13060	N-5121	30S	60	60	0.21	NC-13060	NC-5121	30S	60	60	0.21
N-14070	N-5123	40S	70	70	0.19	NC-14070	NC-5123	40S	70	70	0.19
N-14055	N-5124	40S	55	55	0.17	NC-14055	NC-5124	40S	55	55	0.17
N-21026	N-1026	10S 双股	26	26	0.48						
N-33026	N-3026	30S 三股	26	26	0.42						
NB-22032	NB-1500	20S 双股	32	32	0.35						
NB-21026	NB-1020	10S 双股	26	26	0.48						
NB-14055	NB-5124	40S	55	55	0.17						
NB-2405045	NB-5045	40S 双股	50	45	0.25	NC-240502	NC-0044	40S 双股	52	52	0.25
NB-24060	NB-4060	40S 双股	60	60	0.27	NC-240500		40S 双股	50	50	0.25
NB-14070	NB-5123	40S	70	70	0.19						

毅品弹波 NPLYC 布 类

材质名称	纱支	经纱	纬纱	厚度	材质名称	纱支	经纱	纬纱	厚度
NPLYC130626	32S	62	60		NPLYC11038	10S	38	38	0.45
NPLYC120564	20S	56	48		NPLYC21025	10S 双股	25	25	0.6
NPLYC11650	20S	50	50	0.31	NPLYC31022	10S 三股	22	22	0.7

毅品弹波 棉布类

材质名称	纱支	经纱	纬纱	厚度(MM)	材质名称	纱支	经纱	纬纱	厚度(MM)
J11460	14S	60	60	0.35	CY-1104844	10S	48	44	0.44
J11548	16S	48	48	0.32	CY-11042	10S	40	42	0.44
J12056	20S	60	60	0.27	CY-3K316	3S 三拼	16	16	0.6
J13268	32S	68	68	0.20	CY-2K225	20S 双拼	25	25	0.55
J4062	42S	62	62	0.18	CY-22040	20 双股黑	40	40	0.35
J16090	60S	90	90	0.15	JB-16090	60S	90	90	0.15
J18090	80S	90	90	0.13	JB13268	32S	68	68	0.20
J12042	20S	40	40	0.23	CYB-11040	10TB	40	40	0.4
CY-10726	7S	26	26	0.5	20S 黑亮布	20S	60	60	0.33
CY-20726	7 双股	26	26	0.72	32S 黑亮布	32S	38	38	0.3
CY-21225	12 双股	25	25	0.53	1065 不织布				0.57
CY-22040	20 双股	40	40	0.37	粗娟布	人造丝	80	64	0.13
CY-2K225	20 双股	25	25	0.35	细娟布	人造丝	90	81	0.11

联昆弹波材质 Conex 与 NC 及 MC 材质对比

N (Conex100%)			NC 混纺(Conex50%, Cotton50%)			MC(Cotton35% Polyester65%)		
材质名	纱支	经纬纱	材质名	纱支	经纬纱	材质名	纱支	经纬纱
N-05	5S(10S/2 股)	25*25	NC-05	5S(10S/2 股)	25*25	MC-03320	6S/3 股	20*20
N-07	7S(20/3 股)	26*26	NC-0022	10S (20S/2 股)	32*32	MC-03322	10S/3 股	22*22
N-15	10S (20S/2 股)	32*32	NC-0033	15S (30S/2 股)	38*38	MC-0527	10S/2 股	25*25
N-12	15S (30S/2 股)	38*38	NC-0044	20S(40S/2 股)	52*52	MC-2240	20S/2 股	40*40
N-20	20S(20/1 股)	52*52	NC-0045	20S (40S/2 股)	40*40	MC-2232	20S/2 股	32*32
N-21	30S/1 股	60*60	NC-2048	40S/2 股	48*48	MC-1038	10S/1 股	38*38
N-23	40S/1 股	70*70	NC-21	30S/1 股	60*60	MC-3238	30S/2 股	38*38
N-24	40S/1 股 更疏	55*55	NC-4070	40S/1 股	70*70	MC-3230	30S/2 股	30*30
N-27	60S/1 股	70*70	NC-24	40S/1 股 更疏	55*55	MC-2060	20S/1 股	60*56
N-4067	20S(40S/2 股)	60*60				MC-2050	20S/1 股	50*50
						MC-2040	40S/2 股	40*40
						MC-3060	30S/1 股	60*60
						MC-40	45S/1 股	58*58

联昆弹波 棉布类

材质名称	纱支	经纬纱	厚度(MM)	材质名称	纱支	经纬纱	厚度(MM)
CY-8090	80S	89*89		CY-1030	10S/1	30*30	
CY-8090	80S	70*70		C-2246	20S/2	46*46	
CY-100	100S	80*80		CY-1410	14*10	45*45	
CY-6	6S/1	25*25		CY(CW)-1458	14S/1	58*58	
CY-0725	7S	25*25		CY(CW)-1658	16S/1	58*58	
CY-2032	20*32	47*47		CY(CW)-1648	16S/1	48*48	
CY-7S	7S(14S/2)	50*46		CY(CW)-2060	20S/1	60*60	
CY-7SA	7S(14S/2)	38*38		CY(CW)-2050	20S/1	50*50	
CY-7SB	7S(14S/2)	32*32		CY(CW)-2040	20S/1	40*40	
CY-0725	7S/1	25*25		CY(CW)-3268	30S/1	68*68	
CY-07225	7S/2	25*25		CW-3060	30S/1	60*60	
CY-1212	12S/2	25*25		CY(CW)-4268	40S/1	68*62	
CY-12/2*25	6S	25*25		CY(CW)-4260	40S/1	60*55	
CY-20/2*38	10S 双	38*38		CY(CW)-4062	40S/1	62*62	
CY-1048	10S/1	48*44		CY(CW)-6090	60S/1	90*88	
CY-1040	20S/2	40*40		CY(CW)-8090	80S/1	90*88	
CY-1042	10S/1	42*42		CY(CW)-8068	80S/1	70*70	
C-1024	20S/2	24*24		C-100S	100S/1	70*70	
其它类材质							
TN-57	Polyester 100%			1050H	不织布		
粗绢	120D/120D	72*62		1085H	不织布		
细绢	75D/100D	94*64		WR1065H	不织布		
A-48	蚕丝布			斯汀尼			

弹波尺寸公差表

外 径 A		内 径 B ±0.1						全高	波高	有效高	波距 P
规格	公差	VC.ID	DP.ID	VC.ID	DP.ID	VC.ID	DP.ID	±0.2			
≤E20	±0.2	13.28	13.4	30.5	30.9	62.5	63	波高可不标公差		可不标公差	
20<A≤30	±0.3	14.28	14.5	32.5	33	75.5	78.2				
20<A≤50	±10%	16.28	16.6	35.5	36						
>50	±0.5	20.4	20.7	38.5	39						
		25.5	25.8	49.5	50						

c、弹波 Conex + 棉布复合系列，为了改进弹波的综合性能，现有 Conex 与棉布复合系列，其中 Conex 占 50%，棉纤维占 50%，它的优点是：

- ① 成本较 Conex 下降。
- ② 耐疲劳，耐温度性较好。
- ③ 与胶水的结合力好。

（十）音圈（Voice coil）

1、音圈可以说是扬声器的心脏，也是扬声器的重要组件之一。音圈导电后，在磁场之内，系佛来明左手定则产生运动，发生带动振动板的作用。

2、音圈线的种类

几乎都用铜线和铝线，至于铜线和铝线的导电率和比重，看一下 1-7 就一目了然了。

表 1-7 铜线和铝线的导电率和比重

区 分	比 重	导电率
软铜线	$8.9 \times 10(\text{kg/m}^3)$	$5.8 \times 10(\text{v/m})$
铝 线	$2.7 \times 10(\text{kg/m}^3)$	$3.54 \times 10(\text{v/m})$

值得注意的是：纸管音圈的内径因天气的湿度有较大的变化，湿度高时内径大，所以内径大的时候可以将纸管套好适当加温干燥之后再绕线；内径偏小时可适当洒一点清水之后再套。清水量少，否则纸管会软化。

音圈所用材料的种类见表 1-8

项 目	代 号	内 容
音圈线的种类	PESVW	俗称 SV，耐热铜线，做好音圈的烘烤温度为 $180 \sim 200^\circ\text{C}$
	CCAW	耐热铝线，做好音圈的烘烤温度为 180°C
	WA	一般铝线
	WC	一般铜线（用 Lock 线），做好音圈不需烘烤，若烘烤温度小于 100°C
线管材质种类	AL	一般不耐热铝铂 + Lock 线
	TSV	Ti 管+SV 线
	KSV	KAPTON+SV 线
	ASV	耐热铝管，亮片+SV 线
	PSV	耐热纸管+SV 线
	NSV	耐热防潮纸管+SV 线
	PL	耐热纸管+Lock 线
	PE	Lock 线一般纸管
	52S	经 52S 处理的耐热铝管+SV 线

音圈管材及耐温表 1-9

NO.	管 材	耐 温	厚 度（单位：mm）
1	Senak Paper	$100^\circ\text{C} \sim 120^\circ\text{C}$	0.06
2	Kraft Paper	$150^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$	0.05、0.07、0.10
3	Nomex411	$200^\circ\text{C} \sim 260^\circ\text{C}$	0.13
4	Nomex	$200^\circ\text{C} \sim 220^\circ\text{C}$	0.07、0.13
5	Spunlace Nomex	$200^\circ\text{C} \sim 260^\circ\text{C}$	0.13
6	Cequim(白色的纸)	$190^\circ\text{C} \sim 250^\circ\text{C}$	0.13
7	Tufquim	$150^\circ\text{C} \sim 180^\circ\text{C}$	0.075
8	SV Aluminium	$150^\circ\text{C} \sim 280^\circ\text{C}$	0.03、0.05、0.075、0.10
9	Lock Aluminium	$100^\circ\text{C} \sim 120^\circ\text{C}$	0.03、0.05、0.075、0.10

10	Kapton	220°C~300°C	0.03、0.05、0.075、0.125
11	Glass Filber/Til	220°C~250°C	0.07、0.13
12	SV Kraft	150°C~180°C	0.05、0.07、0.10
13	Black Aluminium	150°C~300°C	0.08、0.13
14	Black Kapton	150°C~280°C	0.075、0.13

3、音圈的卷线高和重量

把绕制音圈的线绕在 bobbin 上，绕线部分的幅度就叫做卷线高（或称卷幅），对音圈的性能起决定性作用就是音圈的卷线高和质量。

a、音圈的卷线高

卷线高在音圈尺寸中，对音圈性能有决定性影响的就是卷线高，通常对音圈承受的力量，下用 Bli 来表示，为此使一比例系数所在之因素（Foce Fator），BL 在音圈的振动中，经常保持一定起见，故音圈的卷线高与上片（Plate）的厚度有非常重要的关系。把音圈的卷幅作为 tv，铁片厚作为 tp，则 tv 与 tp 的关系有三种：

- ① tp=tv ② tp>tv ③ tp<tv

以 tv>tp 考虑时，因为实际上除磁隙内有磁通外，在磁隙外侧亦有磁通存在，故在设计上这一点要考虑在内。

由上知音圈的卷线高概由振幅来决定，其如音响输出的关系如下：

$$\Sigma = 0.481 \frac{\sqrt{Pa}}{a^2 \cdot f^2}$$

Σ：振幅

a：扬声器的有效振动半径

Pa：音响输出

f：周波数

I）tp=tv 时，音圈中通以电流，音圈运动使得音圈在磁隙中的卷幅 tv' 发生变化，即 tv'/tv ≠ 1，于是力的因素就发生了变化，因而无法避免有扔真的情形发生。

II）tv>tp(tp<tv) 时，音圈卷巾在于铁片厚度之中，通电流音圈振动时，若振幅 < 1/2 (tv-tp)，则在磁隙中的卷线高未发生变化，力的因素也就未发生变化，因而不会产生失真。因此通常音圈的卷线高都按振动的振幅和 tp 的关系来决定，这是以失真为主要条件着眼，假使以扬声器的效率，依据效率 $\eta = Pa/P_e$ 公式，Pe 为电力输入；η 为效率，则有 Pa = η · Pe，故振幅是基于扬声器的不效振动半径，周波数，效率和输入电力来决定的。至于所谓宽音圈的作法，是用卷线高的较宽的音圈，为尽可能降低 fo 之目的而使用，从上面的公式来看可知，振幅是周波数自乘的反比，为期 fo 所在的振幅增大，自需配合振幅的要求加大音圈的卷线高。但须注意的是，磁通对卷线高相交的部分因卷线高的加大而减少，因而有降低效率的趋势。

b、音圈的质量

音圈的质量，对喇叭的效率有直接的影响，音圈导体的质量是振动系等价质量的一半时，效率最佳，而且铝线要比铜线的效率好。音圈较重时，会使高频响应低落，而使高音域的共振周波数低落，故设计时需对音圈的卷巾与质量兼顾，特别是广频宽的（20~20KHz）。单一振动板扬声器，其

特性几乎依赖于音圈的质量比。因此音圈的质量除上述有关效率者外，尤应了解它是对扬声器的音压周波数特性，左右很大的力因素，也是设计上的基本因素之一。

音圈线的质量 M_c 的简易计算：

$$M_c = 3.25R_d^4 \times 10^{-6} \quad (\text{SV 线})$$

$$M_c = 3.18R_d^4 \times 10^{-6} \quad (\text{Lock 线})$$

(式中 d 的单位为丝,即 0.22 线直接用 22 计算)

3、音圈仕样的制订内容方法

音圈仕样的制订，需包括音圈规格，Bobbin 材质与厚度、层数、总卷数、线径、内径 A 、全高 B 、卷幅 C 、余白 D 、贴带宽 E 、贴带长 F 、贴带上余 G 、引线距 H 、引线长 I 、气孔直径 J 、气孔 K 、气孔距 L 、纸带颜色，如果需锦丝线加工，还需注明锦丝线的名称，锦丝线高 R ，线长，焊位高 M 等。见下图 1-9 音圈仕样

Bobbin 的材质厚度一般有 0.05、0.08、0.10 三种。厚度的选择主要看扬声器的用途而定对于全音域单一振动板型扬声器或 TW 用扬声器，为使高频得到扩展，选用薄的一种 Bobbin，质量较轻，有利高音。音圈线规格表见下表 1-10

可由下列公式来算音圈的圈数：

$$\text{音圈的圈数: } N = (R/R_{\text{对}} \times 10^6) / \pi \times D_{vc}$$

$$1 \text{ 圈之线长 } L_1 = \pi \times D_{vc} (3.1416)$$

$$\text{则有音圈线长: } L = \frac{R \times 10^6}{R_{\text{对}}}$$

$$\text{音圈线周数 } M = \frac{L}{\pi D} = \frac{R \times 10^6}{R_{\text{对}} \pi D}$$

$$\text{音圈的卷巾: } A = R_{dc} / R_{\text{对}} \times 10^6 / 3.14 / \text{层数} / \text{内径} / d_{\max}$$

$$\text{音圈的最大完成外径: } D_{\max} \approx \text{线径} \times 2 \cdot \text{层数} \times 1.1 + 2 \cdot \text{管厚} + \text{内径}$$

式中， R ：为音圈阻抗

$R_{\text{对}}$ ：音圈线规格表中最大导体电阻

D ：音圈的内径

$d_{\max}$ ：音圈线的最大完成外径

对于音圈制定内容中各公差要求见音圈公差要求表 1-10。

当音圈卷巾在铁片正中时利用几何知识可算出：

$$1/2 (A-P) = (A+E+y+H_1) - (H+P+M+h)$$

式中， P ：为铁片厚度

M ：为磁铁厚度

$$\text{亦即: } 1/2 (A-P) = A+E+\Delta h+H_{vg} \text{ 有效}-H_{vc} \quad P+M=y \text{ 时 } \Delta h=0 \quad P+M>y \text{ 时 } \Delta h \text{ 为负数}$$

经过化简可得：

$$H_{vc} = A+E+\Delta h+H_{vg} \text{ 有效}-1/2(A-P)$$

$$H_{VG} \text{ 有效} = H_{VC} + 1/2(A-P) - (A+E+h)$$

设计音圈全高时，既要考虑扬声器生产作业是否有现品音圈规共享，在作业性安全的前提下当音圈卷中在铁片正中时利用几何知识可算出：

$$1/2(A-P) = (A+E+y+H_1) - (H+P+M+h)$$

式中，P：为铁片厚度

M：为磁铁厚度

$$\text{亦即：} 1/2(A-P) = A+E+\Delta h + H_{VG} \text{ 有效} - H_{VC}$$

$$P+M=y \text{ 时} \quad \Delta h=0$$

$$P+M>y \text{ 时} \quad \Delta h \text{ 为负数}$$

经过化简可得：

$$H_{VC} = A+E+\Delta h + H_{VG} \text{ 有效} - 1/2(A-P)$$

$$H_{VG} \text{ 有效} = H_{VC} + 1/2(A-P) - (A+E+\Delta h)$$

设计音圈全高时，既要考虑扬声器生产作业是否有现品音圈规共享，在作业性安全的前提下，尽量共享音圈规比较便于管理。

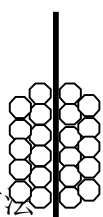
音圈的绕线方法有多种,见下图示:

a. 线音圈的绕线方法

单层内外绕法



两层内外绕法



两层两线并绕法



四层两线并绕法



1 层立绕法



2 层立绕法



内外绕法



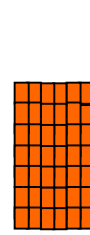
2 层平绕法



4 层平绕法



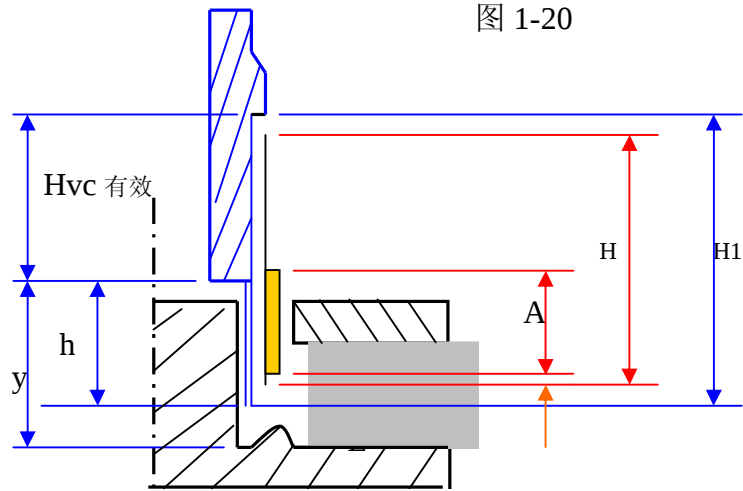
6 层平绕法



4、音圈与音圈规及磁气回路间的尺寸关系

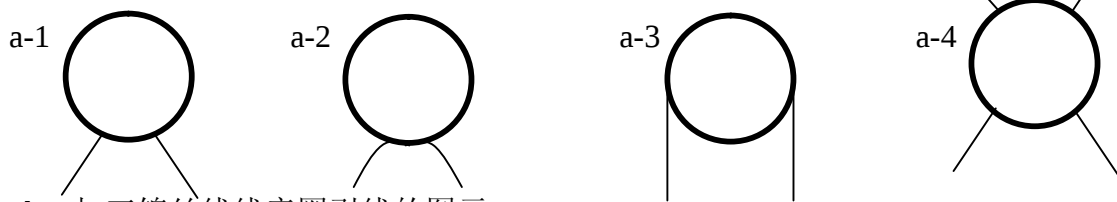
设计时，如果音圈与音圈规的尺寸设计不合理，可能会导致一系列的问题出现，尤其是音圈卷幅与铁片厚度间的关系非常重要，这就要求卷线的位置正确科学，方可表现出正常的功能，图 1-20 表示他们之间的高度关系。

图 1-20



音圈的引线的图示一般有如下几种：

a. 不加工锦丝线线音圈引线的图示



b. 加工锦丝线线音圈引线的图示

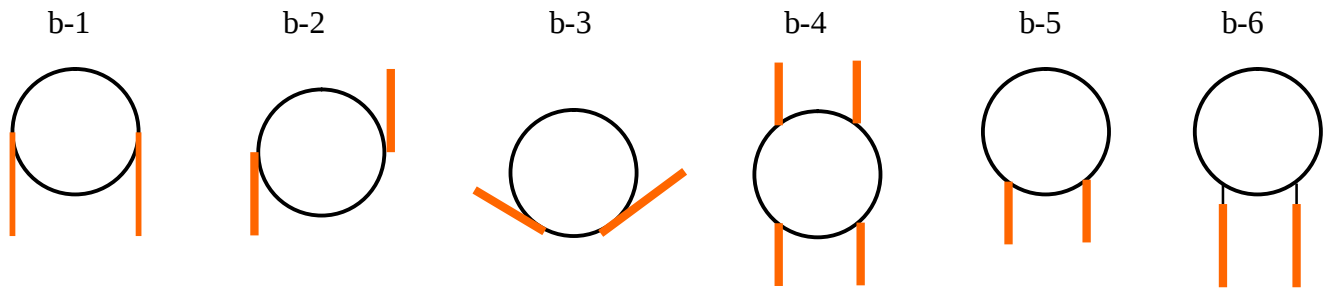
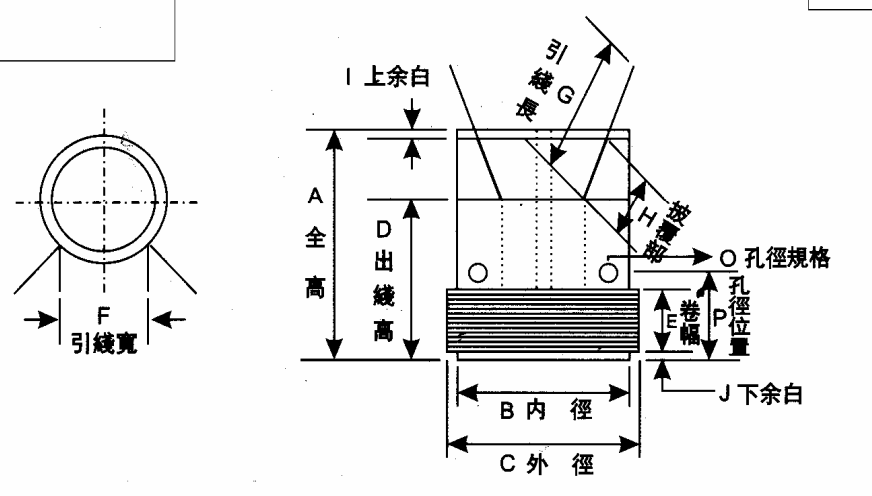
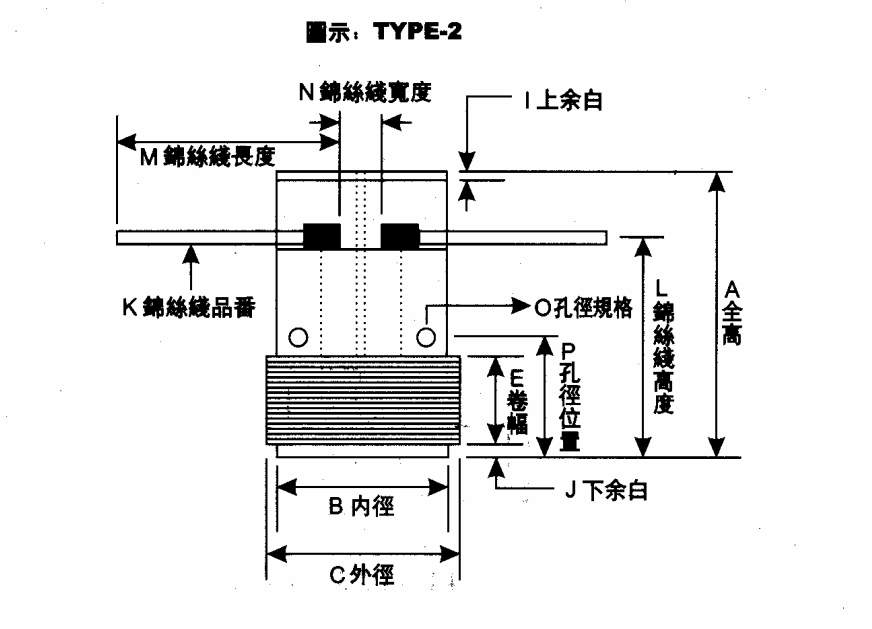
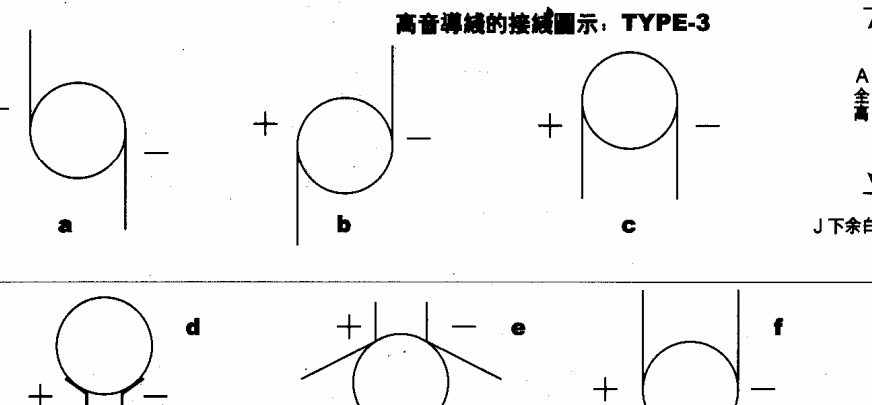
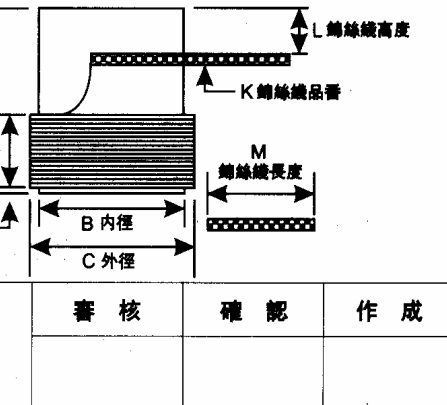


表 1-10 音圈公差要求表

内 容	公 差	注 解
直流电阻	$R \pm 8.0\% \sim 10\% \sim 15\%$	
内 径	$\begin{matrix} +0.02 \\ D-0 \end{matrix}$	
全 高	$H \pm 0.2 \sim 0.3$	
卷 巾	$A \pm 2d$	
余 白	$\begin{matrix} +0.2 \\ E-0 \end{matrix}$ 或 $E \pm 0.1$ 最大限度 $E \pm 0.2$	
气 孔 高	$K \pm 0.2$	
气孔直径	$J \pm 0.1$	
引线距 (不加 IVKW)	内径 $D=13 \sim 14$ E $W=6 \pm 2$; $D=16$ E $W=7 \pm 2$; $D=20$ E $W=9 \pm 3$; $D=25$ E $W=11 \pm 3$; $D=30 \sim 32$ E $W=12 \pm 3$; $D=35 \sim 38$ $W=13 \pm 3$;	
引 线 长	$D=E$ 13 $\sim$ 19 $L=36 \pm 4$; $D=20$ E $L=40 \pm 5$; $D=E$ 25 以上 $L=48 \pm 5$	

图 1-9 音圈仕様

客戶名稱:		版次:	項 目		規 格	
產品品番:			圖 示			
圖示: TYPE-1  圖示: TYPE-2  高音導線的接線圖示: TYPE-3  圖示: TYPE-3 			BOBBIN 材質			
			補強紙材質			
			繞 材 質			
			繞 徑			
			D . C . R			
			卷繞層數及圈數			
			接 繞 方 式 (限用高音導線)			
			顏 色 標 記			
			全 高	A		
			內 徑	B		
			外 徑	C		
			出 繞 高	D		
			卷 幅	E		
			引 繞 寬	F		
			引 繞 長	G		
			披 覆 部	H		
			上 余 白	I		
			下 余 白	J		
			錦 絲 繞 品 番	K		
			錦 絲 繞 高 度	L		
			錦 絲 繞 長 度	M		
			錦 絲 繞 寬 度	N		
			孔 徑 規 格	O		
			孔 徑 位 置	P		
審 核		確 認		作 成		

(表 1-9) 音圈線規格表

导体 Conductor		SV 线		Lock 线		最大导体电阻 (Ω /km)	概算重量 (kg/km)
直径 mm	许可差 mm	最小漆胶厚度 mm	最大完成外径 mm	最小漆胶厚度 mm	最大完成外径 mm		
0.020	± 0.002	0.003	0.030	0.002	0.028	69850	-
0.025	± 0.002	0.003	0.037	0.002	0.034	42780	0.0060
0.03	± 0.002	0.003	0.044	0.002	0.040	28870	0.0070
0.04	± 0.002	0.003	0.056	0.002	0.052	15670	0.0123
0.05	± 0.003	0.004	0.069	0.003	0.064	10240	0.0191
0.06	± 0.003	0.004	0.081	0.003	0.075	6966	0.0270
0.07	± 0.003	0.004	0.091	0.003	0.085	4990	0.0364
0.08	± 0.003	0.005	0.103	0.003	0.097	3778	0.0475
0.09	± 0.003	0.005	0.113	0.003	0.107	2959	0.0597
0.10	± 0.003	0.005	0.125	0.003	0.118	2381	0.0737
0.11	± 0.003	0.005	0.135	0.003	0.128	1957	0.0888
0.12	± 0.003	0.006	0.147	0.004	0.139	1636	0.1057
0.13	± 0.003	0.006	0.157	0.004	0.149	1389	0.1236
0.14	± 0.003	0.006	0.167	0.004	0.159	1193	0.1428
0.15	± 0.003	0.006	0.177	0.004	0.169	1037	0.1635
0.16	± 0.003	0.007	0.189	0.005	0.181	908.8	0.1863
0.17	± 0.003	0.007	0.199	0.005	0.191	803.2	0.2098
0.18	± 0.003	0.008	0.211	0.005	0.202	715.0	0.2355
0.19	± 0.003	0.008	0.221	0.005	0.212	640.8	0.2617
0.20	± 0.003	0.008	0.231	0.005	0.222	577.2	0.2895
0.21	± 0.003	0.008	0.241	0.005	0.232	522.8	0.3186
0.22	± 0.004	0.008	0.252	0.005	0.243	480.1	0.3490
0.23	± 0.004	0.009	0.264	0.006	0.255	438.6	0.3820
0.24	± 0.004	0.009	0.274	0.006	0.265	402.2	0.4154
0.25	± 0.004	0.009	0.284	0.006	0.275	370.2	0.4501
0.26	± 0.004	0.009	0.294	0.006	0.285	341.8	0.4862
0.27	± 0.004	0.009	0.304	0.006	0.295	316.6	0.5237
0.28	± 0.004	0.009	0.314	0.006	0.305	294.1	0.5625
0.29	± 0.004	0.009	0.324	0.006	0.315	273.9	0.6030
0.30	± 0.005	0.010	0.337	0.007	0.327	254.0	0.6460
0.32	± 0.005	0.010	0.357	0.007	0.347	222.8	0.7336
0.35	± 0.005	0.010	0.387	0.007	0.377	185.7	0.8757
0.37	± 0.005	0.010	0.407	0.007	0.397	165.9	0.9772
0.40	± 0.005	0.011	0.439	0.007	0.429	141.7	1.1419
0.45	± 0.006	0.011	0.490	0.007	0.479	112.1	1.4575
0.50	± 0.006	0.012	0.542	0.008	0.531	89.95	1.7963
0.55	± 0.006	0.012	0.592	0.008	0.581	74.18	2.1719
0.60	± 0.008	0.012	0.644	0.008	0.632	62.64	2.5307
0.65	± 0.008	0.012	0.694	----	----	----	3.0259
0.70	± 0.008	0.013	0.746	----	----	----	3.5066
0.75	± 0.008	0.014	0.798	----	----	----	4.0216
0.80	± 0.010	0.015	0.852	----	----	----	4.6720
0.85	± 0.010	0.015	0.904	----	----	----	5.1579

(十一)、防尘盖 (Dust Cap)

防尘盖又叫帽子,防尘罩。主要是防止灰尘等杂物从振动板前面进入磁隙内而造成异常音不良,同时有补强高音之作用,其材质大都是纸、布、不织布、Mylar, PEI 和金属薄膜,但由于纸、Mylar、PEI 和金属薄膜都对振动板有补强作用,而且从防尘盖也有声音的辐射,故其大小和形状对周波数特性都有影响,防尘盖颜色亦是多种多样,设计时需根据客户之要求或外观上的搭配选择,塑料薄膜或金属膜防尘盖盖,因材质本身有一定的弹性,其厚度对声音有影响,一般高功率振动强烈的扬声器,防尘盖的厚度要相应的厚一点,以防止产生共振,同时耐用温要高。太薄时,Power 试验高温会使防尘盖踏平。

对于标准弧形防尘盖,可以根据一些几何知识来求得圆弧所在的 R, 设防尘盖的次外径为 D, 防尘盖的高度为 h, 则: $R = (D^2 + 4h) \div 8h$

外 径 ΦA		次 外 径 ΦB		全 高 H		一般厚度	
ΦA≤90	±0.2	ΦB≤150	±0.2	H≤12	±0.2	Mylar	0.05/0.075/0.10/0.125/0.188
90 < Φ A ≤ 150	±0.3	ΦB>150	±0.3	12< Φ A ≤16	±0.3	PP	0.25/0.3/0.35/0.4/0.45/0.5
ΦA>150	±0.4			H>16	±0.4	纸质	一般标示重量

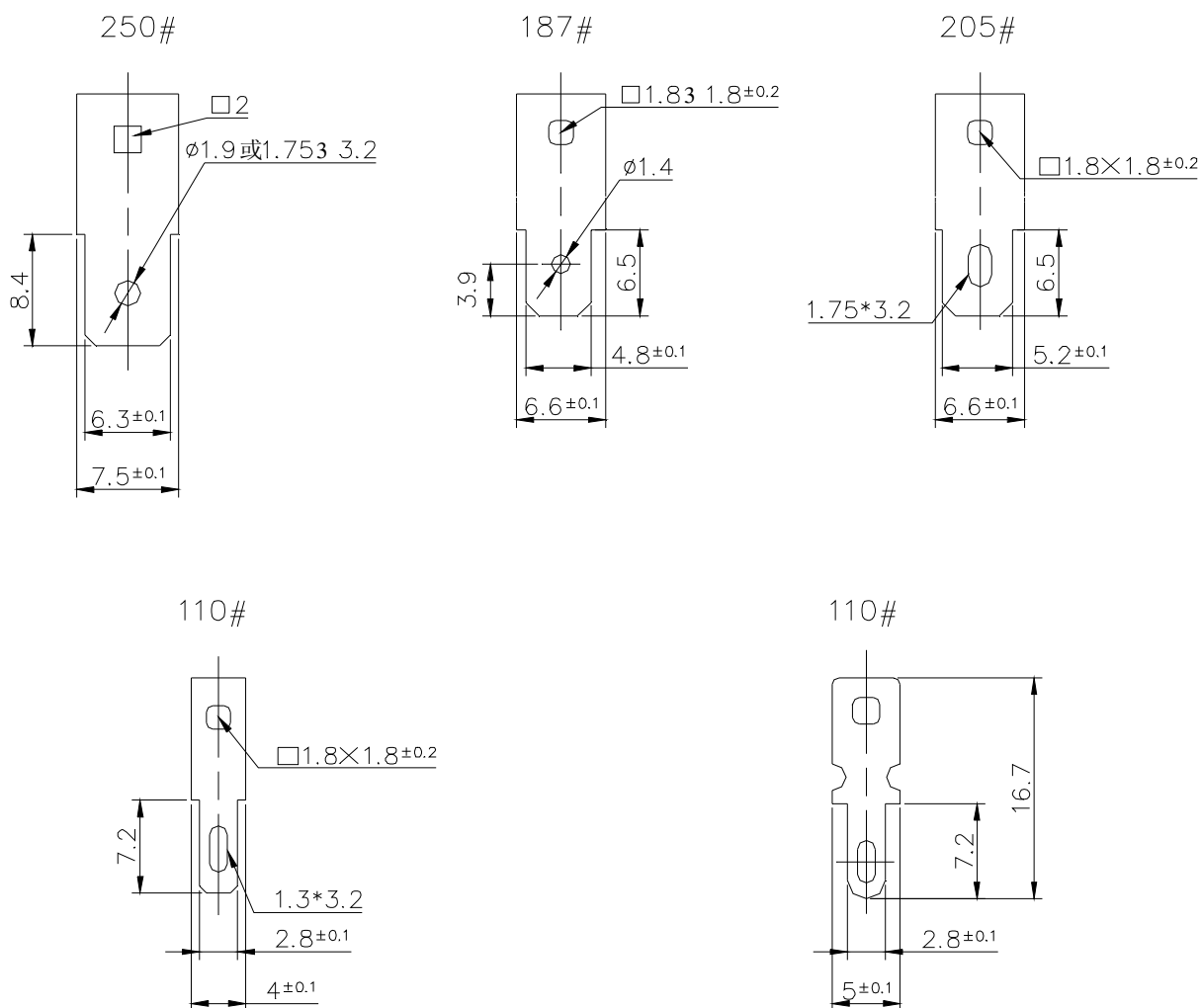
（十二）、端子（Terminal）

端子的作用是将外界的信号传送到导线，然后进入音圈，使线圈获得电流，同时端子的金具 PIN 有其标准规格利于外界的插具直接插入。

基板：纸质纤维、PCB、电木板。 叶片：铜或铁，表面镀锡或金

最常见使用之端子叶片有#250，#205，#187 与#110 四种，其标准尺寸见下图标 1-21。

图 1-21



基 板		叶 片				气 眼			
长	±0.5	宽 度		厚 度	孔 径	铆径	□3.5±0.1		
宽	±0.4	250#	6.3±0.1	0.8±0.05	Φ1.9/1.75×3.2	外径	6.5±0.2		
厚	±0.2	205#	5.2±0.1	0.7±0.05	1.75×3.2	全高	5.5±0.1		
材质	Fiber PCB 电木板	187#	4.8±0.1	0.5±0.03	Φ1.4	有效高	4.5±0.1		
		110#	2.8±0.1	0.3±0.03	1.3×3.2				
				0.2±0.03					
		材质	Cu/Fe 镀锡/镀金/镀镍				材质	Fe 镀锡/镀金	
备注：叶片 205# 即 0.205inch =0.205×25.4=5.207mm 110# 即 0.110inch =0.110×25.4=2.80mm									

（十三）锦丝线（Lead Wire）

1. 锦丝线是连接音圈与端子的导线，它的作用是使电流导入音圈，锦丝线的导体材料一般是由铜、纯铜、锡铜合金、镉铜合金、银铜合金等或表面镀锡或镀银而成，导体的特性见下面 1-11 所示。

表 1-11

导 体	导 电 率	耐曲试验
纯 镲	好	差
锡 铜	差	普 通
镉 铜	普 通	好

2. 镀银与镀锡在性能上亦有差异：

a、镀银：较不易氧化，焊锡容易，外观美丽，但价格昂贵，是高级品。

b、镀锡：较易氧化，焊锡较难，但较便宜。

3. 锦丝线内所用的纤维特性如下表 1-11

表 1-11 纤维特性

纤维	价格	耐温	拉力	耐屈
纯棉系	1	80℃	1	1
木浆系	1	80℃	1	1
耐高温棉系	6	180℃	2~3 倍	2~3 倍

4. 在构造方面一般有三种情况

a、包线：有 1、2、4、6 层，其外径小，用于小口扬声器。

b、绞线：（Strand）：较软，易开叉，作业性较差。

c、编织（Woven）：较硬，不易分叉，作业性强。

5. 处理：锦丝线因为容易氧化，故表面需防氧化处理，有的还在中间过锡，过锡长度一般 2.5 ± 1 mm，锦丝线的全长根据扬声器操作及振动实际之需而决定 。

（十四）电线（WIRE）

規格名稱	全 名	國 家	備 注
UL	Underwriters' Laboratories, Inc.	美 國 U.S.A	 美國保險協會實驗室
CSA	Canadian Standards Association	加 拿 大 Canada	 加拿大標準協會
CEE	International Commission on Rules for the Approval of Electrical Equipment	歐 洲 CEE	歐洲電氣機器統一安全規格委員會
VDE	Verband Deutscher Elektrotechnikere. V.Prufstelle.	德 國 Germany	 德國電氣技術者協會
KEMA	Naamloze Vennootschap tot Keuring van Elektrotechnische Materialen	荷 蘭 Netherlands	 荷蘭電氣標準
SEV	Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins	瑞 士 Switzerland	 瑞士電氣標準
SEMKO	Svenska Elektriska Materielkontrollan- stalten	瑞 典 Sweden	 瑞典電氣標準
NEMKO	Norges Elektriske Materielkontroll	挪 威 Norway	 挪威電氣機器試驗所
DEMKO	Danmarks Elektriske Materielkontrol	丹 麥 Denmark	 丹麥電氣機器試驗所
SAA	The Standards Association of Australia	澳 洲 Australia	SAA 澳洲國家標準協會
SFS	Suomen Standardisoimislutto	芬 蘭 Finland	 芬蘭電氣機械標準
OVE	Osterreichischer Verband fur Elektrotechnik	奧 地 利 Austria	 奧地利電氣標準
CENELEC	Comite European de. Coordination des Normes Electriques	歐 洲 Europe	歐洲電氣標準委員會
NBN	Norme Belge	比 利 時 Belgium	 比利時電氣用品標準
BS	British Standard	英 國 U.K	英國規格協會
IMQ	Istituto Italiano del Marchio di Qualita	意 大 利 Italy	意大利家電機器試驗所
JIS	Japanese Industrial Standard	日 本 Japan	 日本工業規格
T-MARK	One of Japanese Standard symbol Mark	日 本 Japan	 日本電器標準

(十五) 接着剂 (ADHESIVE)

1. 接着剂的分类

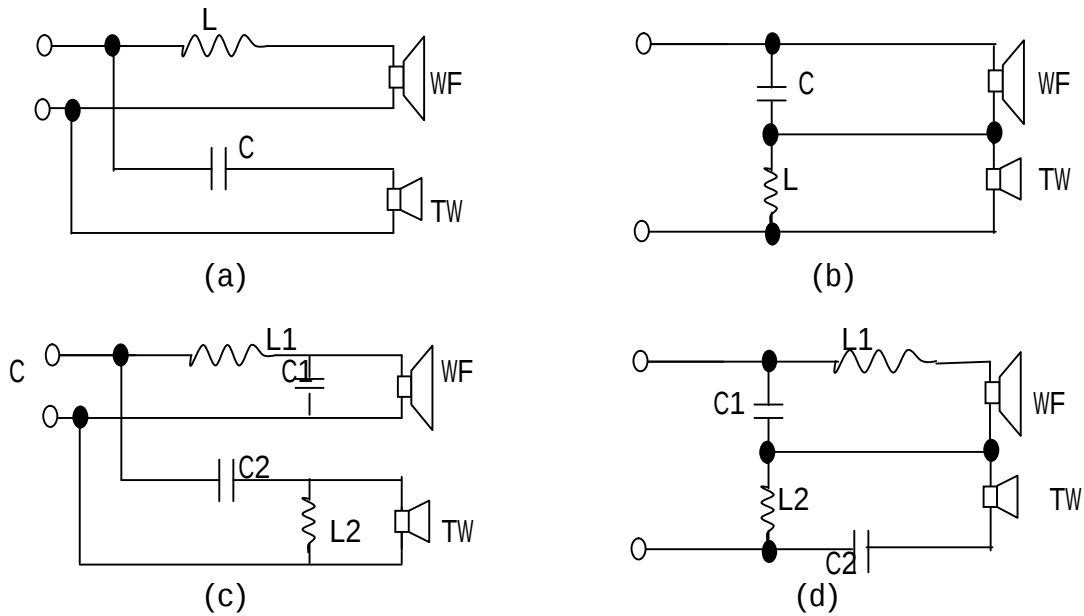
接着剂的分类表

NO.	系 列 (中文)	系 列 (英文)	代表接着剂
1	橡胶系	RUBBER SERIES	1600H/1600HB
2	合成树脂系	SYNTHETEC RUBBER SERIES	747H/758HB/769H/303A/318B
3	压克力系	ACRYLIC SERIES	520W/105W/501AB/1130AB
4	环氧树脂系	EPOXY	222AB/551AB/554AB

一 般 接 着 剂 性 能 表

No.	本 厂 型 名	供 应 商 型 名	用 途
1	AD-5052AB	佳值 5052AB	CONEX 弹波颈部
2	AD-1665	佳值 1665P	球顶音膜与音圈
3	AD-1600WB	佳值 1600WB	纸质胴体与布边贴合后补强
4		佳值 DX-933AW	橡皮边加铁框非常牢固(含少许溶剂)
5	AD-1618FRB	佳值 DX-1618FRB	难燃性的眼点胶,干燥后雾黑
6	AD-833B	佳值 DX-833B	橡皮边加铁框,比立叁 758H 稍好
7		佳值 DX-1157CL	薄橡皮边加铁框
8		佳值 DX-1162CL	薄橡皮边加铁框
9	AD-002AB	美国胶水 EP840T/274-2 BLK	SUB WF 框与海棉边及 CONEX 弹波颈部
10	AD-003B	台佳 850B 黑色水性胶	6"以下橡胶边与框,防尘盖与 PP 鼓纸
11	AD-002N	台佳 6060P	框与 U 铁补强
12	AD-012B	台佳 SA-735B	海棉边铁框比 520W 好
13	AD-222AB	台佳 SA-222AB	环氧树脂,粘 CONEX,KAPTON,KEVLAR,PP 优良
14		台佳 SA-6077	玻璃纤维处理剂使硬度加强,消除 BB 声
15	AD-633	台佳 SA-633	MYLAR 鼓纸与音圈颈部补强,干燥时间 1~2H
16	AD-001-R	立叁 HS-208R	红色眼点胶
17	AD-208W	立叁 208W	眼点接着剂白色
18	AD-777	立叁 HS-777	薄橡皮胶,不翘边,溶剂不是甲苯
19	AD-004AB	立叁 HS-212AB-S	内磁喇叭的磁回
20	AD-005AB	立叁 HS-6186AB	颈部胶
21	AD-007N	立叁 HS-303A-N	透明 FIXED Edge 补强胶
22	AD-1600HB	立叁 HS-1600HB 黑色	铁框+布边+弹波/纸盆+防尘盖/烤黑铁框+铁片
23	AD-1600H	立叁 HS-1600H 黄色	铁框+布边+弹波 五彩铁框+铁片
24	AD-833B	立叁 HS-758H 淡黑色	铁框+橡皮边,效果不如佳值 833B
25	AD-210AB	立叁 HS-210AB 红+绿	磁铁+铁片+铁心+后壳低于-25°时不能使用
26	AD-310AB	立叁 HS-310AB	磁铁+铁片+铁心+后壳低于-25°时使用
27	AD-1130AB	立叁 HS-501AB 黑+绿	弹波+CONE+VC
28	AD-747H	立叁 HS-747	PP CONE+CAP,透明
29	AD-008AB	立叁 HS-503AB	可代替 G53AB 颈部接着可粘 CONEX
30	AD-520W	立叁 HS-520W	海棉边加铁框/EVA 加铁框,效果很好
31	AD-105W	立叁 HS-105W	海棉边加铁框/EVA 加铁框,效果不如 520W
32	AD-318B	立叁 HS-318B	眼点胶,干燥后亮黑,固成份较高,耐热不如佳值 1618FRB
33		立叁 HS-651AB-TS	环氧树脂,1 小时硬化
34		立叁 HS-763	玻璃纤维处理剂使硬度加强
35	AD-100	HS-100	瞬间胶,低白
36	AD-006N	施敏打硬 3000RXP	橡胶边瞬间胶
37	AD-645A	施敏打硬 645A	海棉防尘盖胶
38	AD-610B	施敏打硬 610B	edge 与胴体补强改善频率特性用 可用立叁 HS-5137W
39	AD-008AB	德渊 G-53-03AB	SUB WF 颈部 CONEX 弹波
40	AD-009AB	德渊 G-55-03AB	SUB WF 铝胴体颈部

(十六) 分音器



一阶分频 (a)与(b) -6dB/OCT

$$L = Z_0 / 2\pi \cdot F_c \times 10^3 \text{ (mH)}$$

$$C = 1 / 2\pi \cdot F_c \cdot Z_0 \times 10^6 \text{ (uF)}$$

二阶分频 (c) -12dB/OCT

$$L = Z_0 / \sqrt{2}\pi \cdot F_c \times 10^3 \text{ (mH)}$$

$$C = 1 / 2\sqrt{2}\pi \cdot F_c \cdot Z_0 \times 10^6 \text{ (uF)}$$

二阶分频 (d) -12dB/OCT

$$L = Z_0 / 2\sqrt{2}\pi \cdot F_c \times 10^3 \text{ (mH)}$$

$$C = 1 / \sqrt{2}\pi \cdot F_c \cdot Z_0 \times 10^6 \text{ (uF)}$$

分音器为-12dB/OCT 的电感元件 L1、L2 要用较粗的导线绕制,直流电阻要小于扬声器阻抗的 1/10~1/20,一般选用Φ0.8~1.5的漆包线,功率越大要求线径越大.

上面讲到的几种扬声器基本材料,需从平时不断的学习,研究中摸索其各自的作用和性能,同时开发设计时,要对各材料的成本、性能全方面评估,寻求最佳状况。

第二章 扬声器简介

扬声器英文为 **Speaker**, 目前在高保真电声系统中, 扬声器是最薄弱的一个环节, 它的各项指针都低于高保真声频放大器, 虽然随着电声技术的迅猛发展, 扬声器的指针, 有了很大的提高, 但还没有突破性的改进, 因此扬声器系统在电声技术中, 还是需要攻克的难关。

一、扬声器的定义

扬声器, 从字面上理解, 扬: 扬出、发出之意; 声: 指声音; 器: 器件, 合起来即发出声音的器件。但大家都知道, 扬声器本身并不能发音, 它是在给它通以信号电流的时候才会将电流信号转换出声信号的, 因此它是通过能量转换来实现的, 所以扬声器是指将电信号转换成声音信号的电声换能器。

扬声器能量变换的保真度如何, 由扬声器的性能好坏来决定, 表示扬声器性能好坏的量叫特性参数, 在后面会着重介绍。

二、扬声器的分类

扬声器的种类繁多多样, 我们可以用三种方法来给予分类。分别是按驱动方式, 按振动板或辐射器的形状、按用途等三种方式分类。

1、按驱动方式即是怎样把电信号加在振动板上使之变换成机械力进而产生振动的。见下表 1-1

表 1-1 按驱动方式分类

驱动方式	作用原理
电磁式	由声源信号磁化了的振动部分与磁体的磁性相互吸引排斥, 产生驱动力, 在这个力的作用下振动板振动而发出声。
电动式	声源的信号民电流流过凌晨圈产生的磁场与磁体磁场相互作用而形成电磁力, 振膜在这个力的作用下振动而发声。
静电式	把导电振膜与固定电极按相反极性配置, 形成一电容, 将电信号加于此电容的两极, 极间电场变化产生吸引力, 使振膜振支发声。
压电式	把压电组件置于电场中会发生位移 (变形), 利用这种原理制成的扬声器叫压电扬声器。

按驱动方式分类目前兴声厂主要生产电动式与压电工两种。

电动式机种已有近 100 多种, 如 P12DC60-54D 等; 压电式机种亦有几种如: B32Z-K 等。

2、按振膜或辐射器的形状分类

按振膜或辐射的形状分类主要有圆锥形、平板形、球顶形、号筒形、带状形、薄片形等。

① 圆锥形振膜扬声器:

平时一提到扬声器, 就会想到锥形振膜扬声器 (也叫纸盆扬声器), 这是目前广泛采用的一种扬声器类型, 尤其作为高保真扬声器系统的低音扬声器, 高保真即高度的保持其真实性, 我们平时见到 HiFi 音响, HiFi 即 High Fidelity 之简写, 意为高保真。

圆锥形振膜扬声器即其振动板或圆锥形状，在我们的仕様书制品规格第 1・1 节中经常看到类型为 CONE 形，CONE 即为圆锥之意，我们常称鼓纸为 CONE PAPER，即为纸体为圆锥形。

锥形振膜扬声器大都由三大部分构成，即振动系统、支撑系统和磁路系统。其包括的部品如下

- ┌ 振动系统：振动板、音圈、弹波、防尘盖
- ├ 磁路系统：铁片、铁心、磁铁
- └ 支撑系统：铁框、端子、锦丝线、垫片

纸盆开口形状有圆形和椭圆形两种，其中圆口形最多，纸盆的断面形状亦有各种各样，但最多的是直线形，反抛物形和抛物形三种。

当然，鼓纸的纸本不一定全部是纸质的，亦有金属材料或合成材料做成的，如我厂目前还有 PP 胴体的鼓纸，PP 胴体就其成型状态有两种，即片成型和注射型，英文分别为 Sheet 和 Injection，我厂的 PP Body 成型为注射成型。

②平板形振膜扬声器

平板形振膜扬声器辐射面呈凹形，所以在实际应用中会产生频率特性波动性衰减现象，这种现象叫“前腔效应”，从而大大降低了扬声器的活塞运动范围，为了克服此缺点，可以把振膜作为平板形状，为了进一步提高活塞运动范围，要对其结构和形状和所用的材料加以选择，平板形扬声器有直接驱动平板扬声器和在锥体内填有发泡树脂等物质的填充型两种。最近已有这种扬声器用于高保真扬声器。

③球顶形扬声器

球顶形扬声器其振膜形状呈球缺形，从驱动方式看，它属于电动型扬声器。球顶扬声器和圆锥形扬声器相比，效率稍低，但指向特性却非常好，这是其优点之一。在所用材料上，从质地柔软的材料到硬材料各式各样都有，但根据振动板材料质地软硬不同，有软球顶和硬球顶之分。最近在高保真扬声器系统中，所用中高音扬声器大都采用球顶扬声器，这主要虽为了获特纯的音质和良好的指向性。

④号筒扬声器

号筒扬声器的振动板大都有是球顶形的，亦有部分其它形状的，它与圆锥形和球顶形扬声器最大的差别是由振动板直接鼓动周围空气使声音辐射出去的，而号筒扬声器是由振动板产生的声音通过号筒辐射到空间去的，即为间接辐射。在这种情况下，号筒就象一个变换器，它以足够负荷加到振动板上。故号筒扬声器一般比圆锥形扬声器和球顶形扬声器效率高。

号筒扬声器按截面增长方式可分几大类，具有代表性的分类有：圆锥形号筒，指数形号筒和抛物线形号筒等。如果按号筒形状分，可分成下图所示五种形式，作为高保真扬声器系统，用号筒扬

声器作低音单元的很少见，多半作中、高音单元。

⑤带状形扬声器

这种扬声器的振膜是用非常轻的铝箔带条作成短带条形状，振膜本身就是导电性材料，将其置于磁场中，若通以信号电流即可振动发声，这种结构的振膜，其阻抗非常小，在和放大器及分频网络连接时，必须用匹配变压器。

⑥薄片扬声器

这种扬声器的振膜是用耐高温分子薄膜作成，音圈装在或印行在分子振膜上。如果把这种印有音圈的高分子振膜置于特殊形状磁体构成的磁场中，就可作成薄片形扬声器。这种扬声器的音圈导线电阻可设计成数个 Ω ，可不需要匹配变压器。另外它还具有输入容量大的优点。在音质方面，它和带状扬声器一样，不失真的自然声音感可延伸到超高频段。

3、按用途分类

若按用途进行扬声器分类，主要他为全频扬声器、低音扬声器、中音扬声器、高音扬声器四种。

目前扬声器系统如下图，有的只用一个扬声器构成，有的用两种构成，有的三个以上构成，若用一个扬声器，这种扬声器的频带宽度要能够覆盖系统的重放频带范围，若用两个扬声器，这两个扬声器的选择要能分段覆盖系统的重放频带范围。总之根据采用的方式不同，在各扬声器的选择上也不同，通常的高保真系统差不多都是采用三分频构成的扬声器系统，在这种系统上，为了能很好地进行低音重放，必须采用大口径的低音扬声器，高音重放时，要采用振膜小而轻的高音扬声器，因为用一个扬声器不能很好地同时进行高低音重放，所以，要采用高低分频段重放的专用高低音扬声器。通过分频段重放，就可以构成一个整体性能良好的系统。

①全频带扬声器度（英文：Full Range 简称 FL）

能够同覆盖系统，高低频段的扬声器叫全频带扬声器。这种扬声器的振膜振动可产生从低音到高音的全频带声音，在全频带扬声器中，有单振动板的全频带扬声器，双振动板型和同轴型扬声器。双振动板和单振动板扬声器一样，是一个整体结构，所以用起来很方便，但同轴型扬声器实际上是把两个扬声器做在一起，是一种多声道器件。

②低音扬声器（英文 Woofer 简称 WF）

低音扬声器是为在低频段重放而设计的低音性能很好的扬声器，这种扬声器几乎全是圆锥型扬声器。其重放频带下限应尽可能的低，振动板振幅容许值尽量大些。因此振动板口每项应尽量大些。为了提高振动板的振幅，要采用软而比较宽的支撑边。

一个良好的低音喇叭需具备如下条件：

- a、要有强而有力的磁气回路。
- b、振动板的直径要大。
- c、档板和振动的凸缘边要柔软，而且在大振幅时仍保持良好的直线性。
- d、振动系统不能太单薄，弹性要好，长时间振动不疲劳。

③中音扬声器（英文 Midrange 简称 MID）

在三分频以上的多分频扬声器系统中，用以专门重放中音段的单元叫中音扬声器。作为中音扬声器最重要的性能要求是声压频率特性曲线应平坦，失真小，指向性好，以及频率高等到。这种单元所用表状，除圆锥型扬声器外，也常用球顶型和号角型。

④高音扬声器

专门承受高频段重放的单元叫高音扬声器。高音扬声器的一般工作频段范围在 1~5KHZ 以上，这种单元主要性能要求，除同于中音单元之外，还要求重放频段上限要高和输入容量要大。高音扬声器有圆锥形、平顶、球顶型、号筒型、带状和薄片型等多种形式。

一个良好的高音喇叭应具备如下条件：

- a、振动板的口径要小且轻。
- b、高频特性平坦且伸展宽广。
- c、高频失真小，指向性良好。
- d、音圈直径小，线径细。
- e、输入容量大。

第三章 扬声器的性能

一、扬声器的电气特性

为了便于后面出现各英文代号表示的意思，首先要了解各参数的定义。

- BL: 单体的动力即力系数, 单位为 特斯拉·米 (TM)
- Fo: 单体在自由大气下的谐振频率或叫 F_s , 单位为赫兹 (HZ)
- Foa: 单体在加质量 (Ma) 后的谐振频率或叫 F_{sa} , 单位为赫兹 (HZ)
- Fc: 单体装箱后的谐振频率, 单位为赫兹 (HZ)
- Fct: 单体装入测试箱后的谐振频率, 单位为赫兹 (HZ)
- Mmd: 单体振动系的等效质量, 单位为克或千克 (g 或 Kg)
- Mmr: 单体纸盆空气的辐射质量负载, 单位为克或千克 (g 或 Kg)
- Mms: 包括空气的辐射质量的总的振动系的等效质量或 M_o , 单位为克或千克 (g 或 Kg)
- Ma: 测试砝码 (通常为已知质量的粘土), 单位为克 (g)
- Sd: 纸盆的有效振动面积
- Cmb: 测试音箱的柔顺性, 单位为 (M/N)
- Cms: 单体的机械柔顺性或 C_o , 单位为 (M/N)
- Qms: 单体的机械 Q 值
- Qes: 单体的电气 Q 值
- Qts: 单体的总 Q 值或 Q_o
- Qect: 测试箱内单体的电气 Q 值
- Vas: 与单体柔顺性相当的空气体积, 单位为升 (L)
- Vab: 未填充吸音棉的测试箱体积, 单位为升 (L)
- Re: 音圈的直流阻抗即 R_{evc} 或叫 DCR, 单位为欧姆 (Ohm/ Ω)
- ACR: 公称阻抗即交流阻抗, 在扬声器阻抗曲线峰值后最低点所对应的阻抗, 单位为欧姆 (Ohm/ Ω)
- Zmax: 单体阻抗曲线峰点对应的阻抗值, 单位为欧姆 (Ohm/ Ω)
- No: 参考效率即 η , 以百分比为单位 (%)
- L evc: 单体音圈的电感单位位豪亨 (mH)
- SPLo: 音压水准 (Sound Pressure Level) 或叫 SPL 或 S_o , 单位为分贝 (dB)
- Levc: 音圈的电感

(一) 阻抗 (Impedance)

①. 扬声器单元的阻抗包括直流阻抗 (DCR/Re) 和交流阻抗 (ACR)

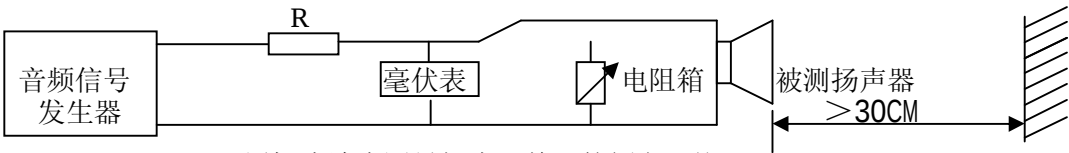
a. 指直流阻抗：即 DCR (Re)，不受频率的影响（静态）。亦即音圈线的阻抗。它在阻抗特性上表现为一条直线。

参数比变化对照表

No	改变量 参数变化	Fo	Vas	BL	Qms	Qes	Qts	SPL	Mmd	Mms	Cms
1	鼓纸胴体加重	↓	↓				↑	↓	↑	↑	↓
2	弹波改软	↓	↑				↓				
3	VC 卷巾加高（即线加粗）	↓	↑				↓				
4	防尘盖加重	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↑	↑	↓
5	磁铁加大	—	↑	↑			↓	↑			
6	阻抗加大卷巾不变	—	↓	↑			↑				
7	SUB WF 铁心高铁片 4MM 与高 1 比较	—	↑	↑	↓	↓	↓	↑	—	—	—
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											

b. 交流阻抗：即 ACR，是指经过频率测定之公称阻抗或叫额定阻抗（动态）。

业余爱好者可用替代法测量扬声器单元的额定阻抗,按下图用恒流法去测量扬声器单元的



用恒流法去测量扬声器单元的额定阻抗

额定阻抗，为了满足信号源为恒流源的测量要求，音频信号发生器的输出端要串一只阻值至少大于或等于被测扬声器额定阻抗值 10 倍的大电阻 R。调节音频信号发生器的信号旋钮，使输出信号频率从 20HZ 开始起缓慢上升，并联在被测扬声器两端毫伏表的电压值在达到第一个最大值后即开始下降，当毫伏表的电压值降至最低并开始上升时，停止改变音频信号发生器的信号频率，在保持音

频信号发生器输出电压不变的前提下,记下毫伏表上的电压值。用无感电阻箱代替被测扬声器单元,反复调节电阻箱的阻值,当毫伏表上的电压值恢复到原来的电压值时,这时电阻箱的阻值就是被测扬声器单元的额定阻抗值。

扬声器单元的阻抗特性是指将电信号加到扬声器输入端子,如果在保持输入电压恒定不变的条件下,变更信号频率,扬声器的输入阻抗会有很大的变化,在图表上表现为一条曲线。如下图表。把曲线上高于 F_0 (最低共振频率) 时的最小阻抗值定义为扬声器的公称阻抗 (标准阻抗), 单位为 Ω 。公称阻抗公差一般为 $\pm 15\%$, 稍严一点为 $\pm 5 \sim 10\%$ 。

产生阻抗曲线的原因: 扬声器的音圈除了有它的直流阻抗外还有一定的电感。当音频信号输入扬声器时扬声器的音圈即在磁回间隙中上下振动由于音圈的电感作用,这时在音圈中会感应出一个与音频信号反向的感生电动势,这个与音频信号反向的感生电动势会削弱音圈中的电流,从而使音圈的阻抗加大,随着音频信号的上升这种效应会越来越大,这种使扬声器单元的阻抗随频率变化的规律称为扬声器的阻抗特性。一条完整的阻抗特性由音圈的直流电阻、音圈的感抗以及音圈在磁隙中上下运动时所产生的感生电动势这三部分组成。

使电动式扬声器的振动板发生振动的力,即磁场对载流导体的作用力,其大小为

$$F = BiL$$

式中, B : 为磁场中的磁感应强度 (韦帕/米² 或 Wb/m^2)

i : 为通过线径的电流 (A),

L : 为音圈导线在磁场中的长度 (m),

F : 为磁场对音圈的作用力 (牛顿)。

然而一旦音圈受力运动,就会切割磁隙中的磁力线,根据法拉第电磁感应定律,音圈在磁隙中运动会产生感生电动势,这个效应称为电动式扬声器的电效应,其感生电动势的大小为

$$\Sigma = BLV$$

式中, V : 为音圈的振动速度 (m/s),

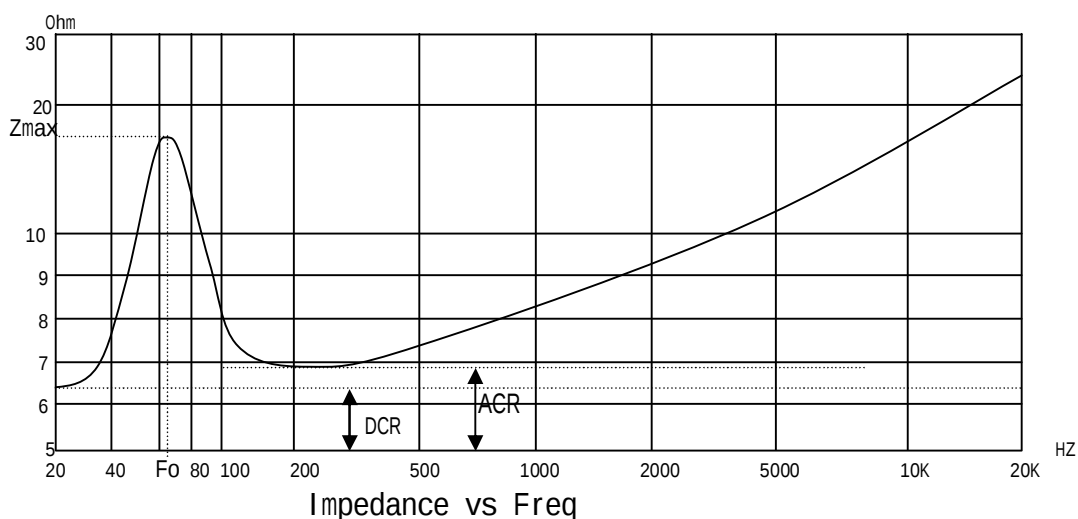
Σ : 为音圈的感生电动势 (伏特 V)。

电动式换能器的力效应和电效应总是同时存在,相伴而生的,正因为电效应的存在,对扬声器的阻抗就产生了影响,出现了阻抗曲线。

有些人近似的把 DCR 与 ACR 用如下式表示 $ACR = 1.08 \sim 1.2 DCR$.

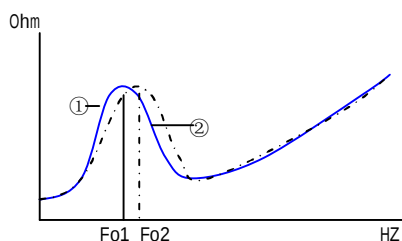
检测 ACR 与 DCR 可用阻抗测试器。(台湾阳光 Sunlight 阻抗测试/频率计 Model-152A)

测量单元的阻抗曲线可用 LMS 或 CLIO 等,下面是一扬声器单元的阻抗曲线。

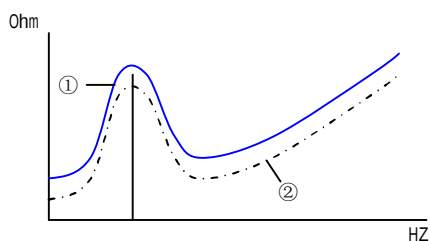


不同的扬声器有不同的阻抗曲线。Fo，DCR，音圈电阻，音圈管材，铁心有无加短路环等都会影响阻抗曲线。以下是几组阻抗曲线特性的对比图。

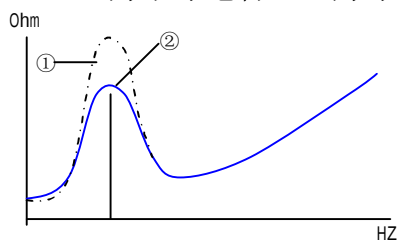
1. $F_{o1} > F_{o2}$



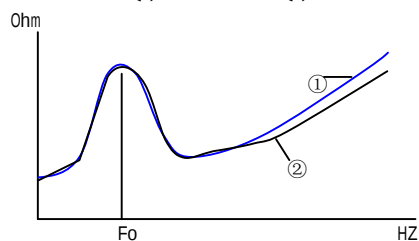
2. $DCR1 > DCR2$



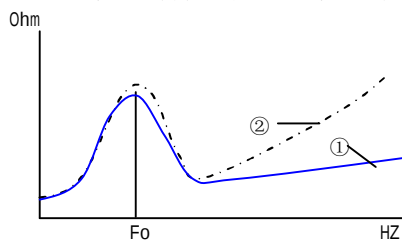
3. VC1 为不导电管 VC2 为导电管



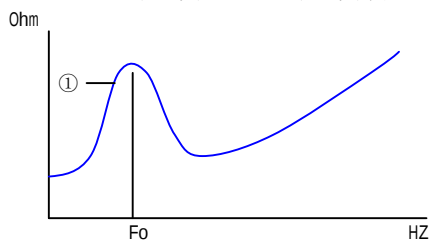
4. VC1 线径 > VC2 线径



5.1 铁心有短路环 2 铁心没有短路环



6.1 磁回较强 2 磁回较弱



（二）最低共振周波数或谐振频率（F0）

是指扬声器从低音域开始振动时，振动板最强烈振动所在点对应的频率，在测量扬声器单元阻抗特性时，阻抗曲线上阻抗值第一次达到最大值时（即 $Z_{\max}$ ）所对应的频率称为该扬声器单元的谐振频率或共振频率，简称 F_0 。为了便于理解，我们可以把扬声器的振动系统看成是具有一定质量的惯性体，而把 Edge 和弹波看成一个弹性体，这时扬声器的整个振动系统就象一个悬挂在弹簧上具有一定质量的重物。从物理学中我们知道，它们具有一个固定的谐振点。扬声器单元在谐振频率处振动系统的振幅最大，扬声器音圈在气隙中运动时产生的反向感应电动势也最大。在 F_0 以下，由于受扬声器振动系统劲度的控制，扬声器输出音压以接近 12dB/oct 的速度下降，因此扬声器的谐振频率点也是重放下限频率点

综合一下有三点：①最强烈的振动对应频率点

②低音重放下限频率点

③阻抗曲线峰值对应频率点

F_0 可用下式表述 $F_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{S_0 / M_{ms}}$

或 $F_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{1 / C_{ms} \cdot M_{ms}}$

所以求顺性 $C_{ms} = 1 / [(2\pi F_0)^2 \cdot M_{ms}]$

式中： S_0 ：是振动系统的等效力劲，即支撑振动系统的鼓纸 Edge 和弹波等弹簧系统的刚度，其倒数是顺性 $C_{ms} = 1 / S_0$

C_{ms} ：即顺性 C_0 ，表示上述弹簧系统的柔软度。力劲小，顺性大。（单位为 Kg）

M_{ms} ：即振动系统的等效质量。是以鼓纸和音圈为主的振动系统等效质量 M_{md} 及振动时附加在鼓纸两侧的附加质量 M_{mr} 之和。（单位为 Kg）

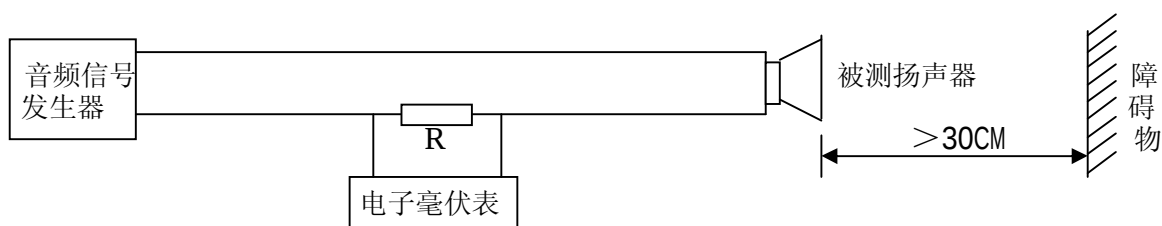
从上式可以看出，扬声器单元的谐振频率与振动系统的等效力劲的平方根成正比，与振动系统的等效质量的平方根成反比。要降低 F_0 值，振动系统就要重些，鼓纸边布和弹波要柔软些。

共振：即策动力的频率与振动物体的固有频率相等时，振动物体的振幅最大，此种现象称为共振。

测试 F_0 值通常是在 20℃ 相对湿度 60% 的条件下进行， F_0 测试用 F_0 高速测定器，（台湾阳光 Sunligh **F_0 高速测定器 Model-7117K**）

用自动扫频振荡器（台湾阳光 Sunlig 自动扫频振荡器 **Model-7116C**）可以粗略的测试其 F_0 值，但速度很慢，且不够精确。

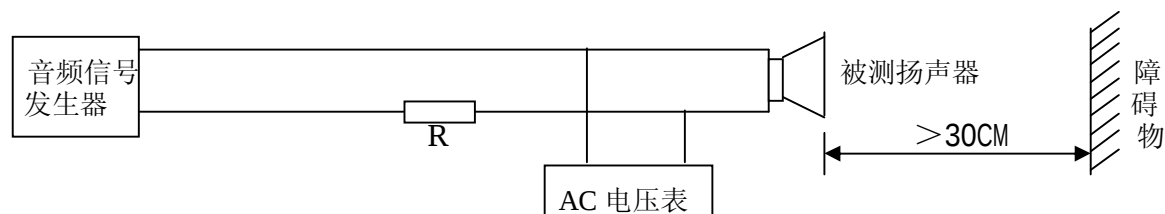
业余爱好者可用下恒压法测量扬声器单元的谐振频率。按图连接好，图中的 R 的阻值应小



恒压法测量扬声器单元的谐振频率

于扬声器额定阻抗值的十分之一。根据扬声器单元的谐振频率的定义，在谐振频率处扬声器的阻抗值最大，在信号发生器输出电压（大概 1.0V）不变的情况下，这时扬声器音圈中的电流将最小。当音频信号发生器输出的信号从 20HZ 开始上升时，电阻 R 两端毫伏表的电压值将逐步下降。当毫伏表的电压值下降至最小时，音频信号发生器输出信号的频率即为扬声器单元的谐振频率 F_0 。

亦可用下恒流法测量扬声器单元的谐振频率。按图连接好，根据扬声器单元的谐振频率的定义，在谐振频率处扬声器的阻抗值最大，在信号发生器输出电流不变的情况下，在阻抗最大



恒流法测量扬声器单元的谐振频率

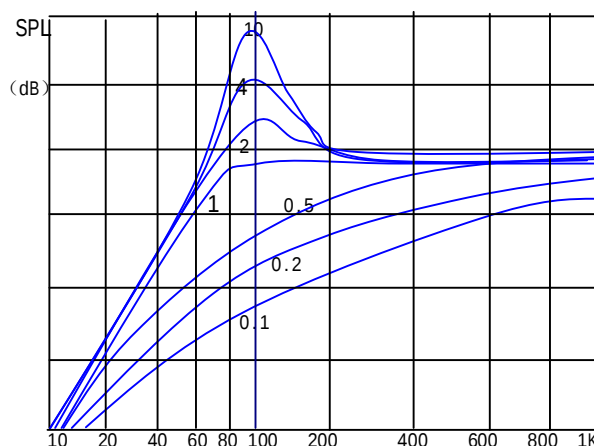
时扬声器两端的电压 ($U=IR$, I 为恒定) 将最大。当音频信号发生器输出的信号从 20HZ 开始上升时，扬声器两端 AC 电压表的电压值将逐步上升。当 AC 压表的电压值第一次上升至最大时，音频信号发生器输出信号的频率即为扬声器单元的谐振频率 F_0 。

影响 F_0 的条件

- 1、自然条件：温度和湿度，湿度越大， F_0 越低。温度越高， F_0 越低。
- 2、原材料：鼓纸的 F_0 ，弹波的柔软度。
- 3、输入功率：通常在额定输入功率范围以内，输入功率如大时，低音谐振稍许下降，但将输入功率增加大超过额定输入功率之外时， F_0 反会升高。

（三）扬声器的 Q 值：Qts, Qms 与 Qes

又叫扬声器的品质因素。它表示频响曲线在谐振频率 F_0 处 SPL 的尖锐程度，它在一定程度上反应了扬声器振动系统的阻尼状态。扬声器的低频特性通常由扬声器 Q_{ts} 及 F_0 决定，其中 Q_{ts} 的大小与扬声器单元在 F_0 处的声压有关，其图如右



Qts 处与 F_0 处声压级之间的关系

Q_{ts} 值是一个很难理解确很重要的参数，它在一定程度上反应了扬声器振动系统的阻尼状态（即振动衰减的快慢），和共振锐度那么振很快停止的叫 Q_{ts} 低，振动不易停止的叫 Q_{ts} 高。 Q_{ts} 值过低时扬声器的输出音压还没到 F_0 处时就迅速下降，扬声器处于过阻尼状态，造成低频衰减过大； Q_{ts} 值过高时扬声器的输出音在 F_0 处会出现一个峰，扬声器处于欠阻尼状态，低频得到过分加强， Q_{ts} 值越大，峰值越陡。

有几种方法可求得或测得喇叭单元的 Q_{ts} 值。

第一种. Q_{ts} 值可用此公式求得： $Q_{ts} = Re / (BL)^2 * \sqrt{Mms / Cms}$

式中， Re ：即音圈的直流阻抗 DCR。

B ：表示扬声器磁间隙中的磁感应密度。

L ：表示扬声器音圈线的有效长度。

Cms ：即顺性，振动系统的顺性，即力劲 Co 的倒数。

Mms ：即振动系统的等效质量（ Mmd ）。是以鼓纸、弹波、音圈、防尘盖为主的振动系统等效质量及振动时附加在鼓纸两侧的附加质量（ Mmr ）之和。

单体的力系数 BL 值在后面第五点讲解。

下面介绍怎样测试单体振动系的等效质量 Mmd 和单体纸盆空气的辐射质量负载和 Mmr 。

有三种方法可求单体振动系的等效质量 Mmd ：

直接称重法

①. 直接要求供货商提供相关资料。这种方法不但精确可靠，也是最省时的方法， Mmd 是以鼓纸、弹波、音圈、防尘盖为主的等效质量及振动时附加在鼓纸两侧的附加质量 Mmr 之和 即

$$Mms = Mmd + Mmr$$

②. 增加质量法（Delta Mass）

首先求 Mmd ：增加一块经精密测量重量为 Ma 的粘土于单体的纸盆上，测出此时加重后的 F_0 即 Fsa ，为求精确，测试单体要夹紧在悬挂的表面上。所加的重量 Ma 至少要让单体的谐振频率改变 25% 才足够，即加重后的谐振频率 Fsa 等于未加重时的谐振频率 F_0 的 70~75%，不可太轻。 Mmd 可由下式求得。 $Mmd = Ma / [(F_0 \cdot Fsa)^2 - 1]$ (A)

然后求 M_{mr} （单体空气质量负载）：空气有重量而且对纸盆表面质产生压力，在计算振动系统有效质量时必须考虑在内。辐射空气质量负载可籍由纸盆的总表面积计算如下：

$$M_{mr}=0.575 \cdot S_d^{1.5} \quad (B)$$

由（A）（B）即可得到 $M_{ms}=M_{md}+M_{mr}$ ，下表列出不同直径单体典型自由大气压下的辐射空气质量负载

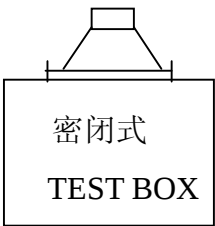
Diameter	$S_d (M^2)$	$M_{mr}(g)$
3"	0.0038	0.1
4"	0.0050	0.15
4.5"	0.0055	0.2
5"	0.0075	0.35
5.25"	0.0089	0.5
6"	0.0125	0.8
6.5"	0.0165	1.2
8"	0.0220	1.9
10"	0.0330	3.5
12"	0.0530	7.0
15"	0.0890	15.3
18"	0.1300	27.0

③. Delta Compliance（测试箱）法

采用上述增加质量的方法会使 F_{sa} 比单体在自由大气下的谐振频率还要低，如果遇到谐振频率很低的单体，甚至 F_{sa} 小于 10HZ，会因为到达测试仪器的低频极限而无法测试，Delta Compliance（测试箱）法具有相反的效应使得单体的谐振频率提高，不但容易测量而且所需的测试仪器也不用太高档。

这个测试方法所用的测试箱为密闭式，所有结合处都必须经过不透透气处理，同时单体最好口径朝箱内安装，喇叭在外面。如右图。

喇叭与测试箱之间不可漏气。音箱尺寸必须提供比自由大气下的谐振频率高 50~100% 的改变量。而与 V_{as} 有关，如果能从单体获得 V_{as} 值，所需要测试箱的体积大约是 V_{as} 值的一半。右表列出一些箱的容积和所适用的单体，以便能测试不同尺寸的单体。表中的



口径	测试箱 (L)
4~5"	3.54
6~7"	14.16
8"	28.3
10"	41.5
12"	56.6
15"	70.8

的测试箱总体积为内部容积，加装单体开孔的容积。而将这些容积可乘以 1.02,以便将纸盆前方的体积估算进去。用测试 F_o 同样的方法可测出音箱的谐振频率 F_c ，计算音箱的柔顺性 C_{mb} ：

$$C_{mb}=V_{ab}/1.42 \cdot E^5 \cdot S_d^2 \quad (米/牛顿)$$

式中 V_{ab} 单位为立方米， S_d 单位为平方米， M_{md} 可由下式求得

$$Mmd = \frac{Cmb^{-1} - Mmr [1.85(2\pi Fc)^2 - (2\pi Fo)^2]}{(2\pi Fc)^2 - (2\pi Fo)^2}$$

式中 Cmb 单位为米/牛顿(M/N)，Mmr 单位为公斤(Kg)。而 Mms= Mmd+Mmr

由以上可知，扬声器的 Qts 值与很多因素有关，我们可以利用这些因素来适当的控制扬声器的 Qts 值。扬声器的 Qts 值与扬声器单元的振动系统等效质量的平方根成正比，而与振动系统的顺性的平方根成反比，改变扬声器单元振动系统的等效质量和振动系统的顺性可在一定程度上可控制扬声器的 Qts 值；由于扬声器的 Qts 值还与扬声器磁间隙中的磁感应密度的平方成正比，因此改变扬声器磁间隙中的磁感应密度可更有效地改变扬声器的 Qts 值。目前大多数以此种方法。虽然用上式可直接计算扬声器的 Qts 值，但由于公式中的一些参数测试起来比较麻烦，所以扬声器的 Qts 值大多由以下公式求得：

第二种 $Z_1^2 = (Z_{max}^2 + Re^2) / 2$

$$Qms = Fo / (F_2 - F_1)$$

$$Qo = Qms \cdot Re / Z_{max}$$

$$Qts = Fo / (F_2 - F_1) \cdot Re / Z_{max} = Fo / \Delta F \cdot Re / Z_{max}$$

式中，Fo：指扬声器单元的谐振频率。

Re：即被测扬声器音圈的直流阻抗 DCR。

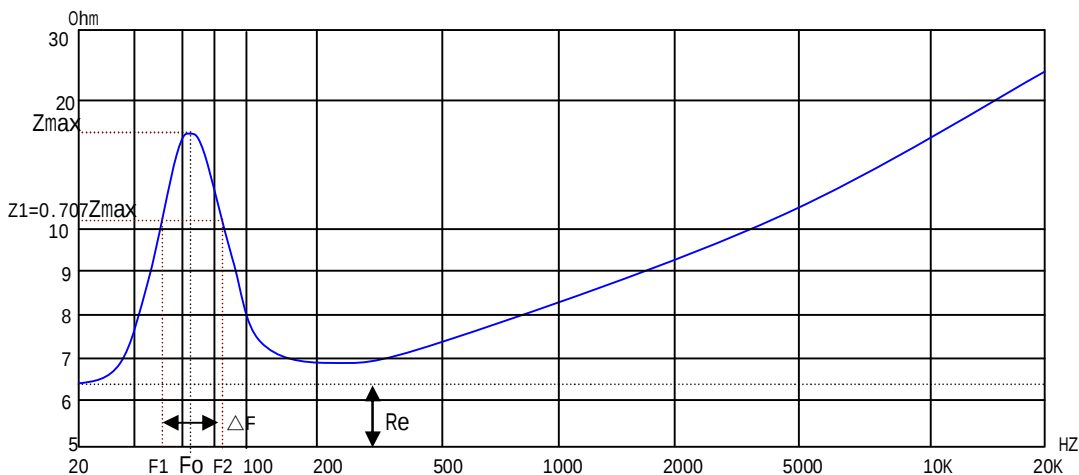
F1 和 F2：指被测扬声器谐振频率 Fo 两侧当阻抗值下降至最大阻抗值 Zmax 的 0.707 倍时的频率，即图中 Z1 对应点的频率。

有几个重要 Qts 值需要记一下

1. $Qts = 1/\sqrt{4} = 0.5$

2. $Qts = 1/\sqrt{3} = 0.577$

3. $Qts = 1/\sqrt{2} = 0.707$

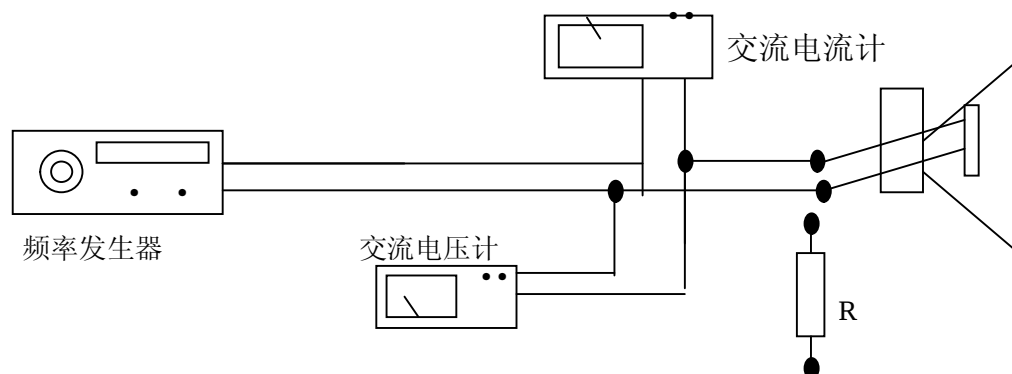


第一种方法可以得到更可靠的结果，第二种方法受到单体鼓纸 Edge 非线性的影响，而且阻抗曲线尖峰的尖锐程度和形状都有很大关系。所以建议尽量使用第一种方法。

第三种方法按下列步骤进行：

- 测出单体音圈的直流阻抗 Re，尽量精确。
- 选择一个接近 Re 的电阻 Rc（对于 Re=6.5Ω 而言，8Ω 的电阻已够接近了）

- c. 连接电阻 R 到测试端，而且把信号发生器的频率调整到 F_0 的位置，在这个位置特别注意记下电压值，因为以下的的数据读取都是在这个相同的标准电压下。它的绝对值并不重要，只要在每个步骤保持标准电压就行了。如果测试仪器允许的话，100mV 的范围可提供相当好的测试结果。如果不行把电压加到 0.2~0.7V 也可。在 F_0 的标准电压下量出电流 I_r



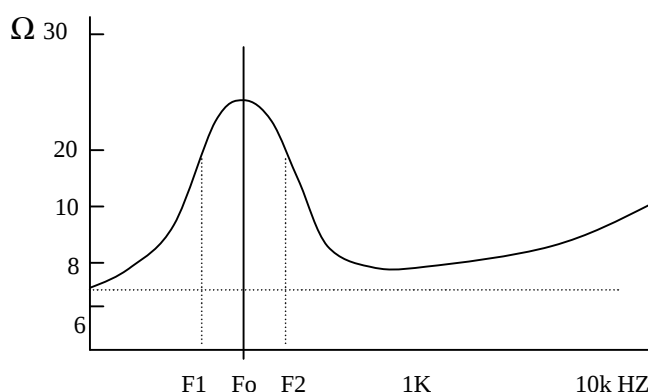
- d. 计算: $I_e = I_c \cdot R_c / R_e$ (I_e 为音圈的电流)
- e. 取下 R_c , 把单元换上去并置于半空中, 调整音频率发生器来找出电流的最低点, 应该是 F_0 的位置, 而 F_0 上最低的电流为 I_0 。

- f. 计算: $r = I_e / I_0$ $I_r = \sqrt{I_e \cdot I_0}$

- g. 找出标准电压下电流等于 I_r 的阻抗尖峰两频率 F_1, F_2 , (如右图) 籍由这两个频率透过下式可以检查得的 F_0 是否精准。

$$F_0 = \sqrt{F_1 \cdot F_2}$$

如果 F_0 的测量值与计算值不超过 1HZ 可视为可信的测量值。



- h. 计算: $Q_{ms} = F_0 \cdot \sqrt{r_0} / (F_2 - F_1)$
 $Q_{es} = Q_{ms} / (r_0 - 1)$
 $Q_{ts} = Q_{es} \cdot Q_{ms} / (Q_{es} + Q_{ms})$

第三种方法按下列步骤进行:

- a. 测出谐振频率处的阻抗 Z_{max} , 减去音圈的电阻 R_e , 得到 R_{es} , 单位为 Ω 。

$$R_{es} = Z_{max} - R_e$$

- b. 计算 Q_{ms} : $Q_{ms} = R_{es} / 2 \pi F_0 B L^2 C_{ms}$

其中 BL 单位为特斯拉·米, C_{ms} 单位为米/牛顿

- c. 计算 Q_{es} : $Q_{es} = R_e / 2 \pi F_0 B L^2 C_{ms}$

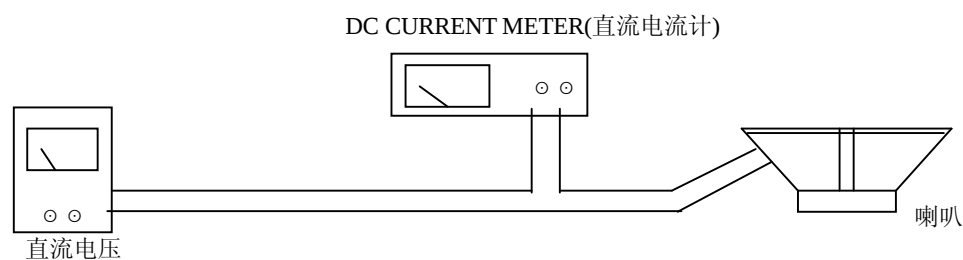
其中 BL 单位为特斯拉·米, C_{ms} 单位为米/牛顿

- d. 可由下式计算 Q_{ts} : $Q_{ts} = Q_{es} \cdot Q_{ms} / (Q_{es} + Q_{ms})$

其它还有几种方法测喇叭单元的。如 LMS、CLIO、MLSSA、LEAP 4.0 软件……

（四）力的系统 BL

测试单体的力系数 BL 值最常用的方法为反作用力测量技术。测试方法如下：



在平坦稳固的表面上水平放置喇叭单元，再加上已知质量的砝码（Ma），压迫纸盆下降到较低的位置，然后把直流电压加到喇叭的音圈（注意纸盆向上移动需正接），调整电压直到纸盆回复到原来没加砝码时的位置。砝码的质量并没有严格的限制，不过必须精确到 0.1g，而且至少能压下纸盆达到 6.0mm 的重量。当纸盆恢复到原来没加砝码的位置时，记下此时的电流大小（i），此时 BL 值的乘积可由此公式计算：

$$BL = 9.8 \cdot Ma / i \quad \text{单位特斯拉} \cdot \text{米 (TM)}$$

利用这种方法想得到精确的结果，必须精确的测出喇叭单元未加粘土前的起始位置，而且在加了粘土通上电流后必须恢复到原来位置。有一

个简单的方法就是在防尘盖顶上安一个位置指示器，

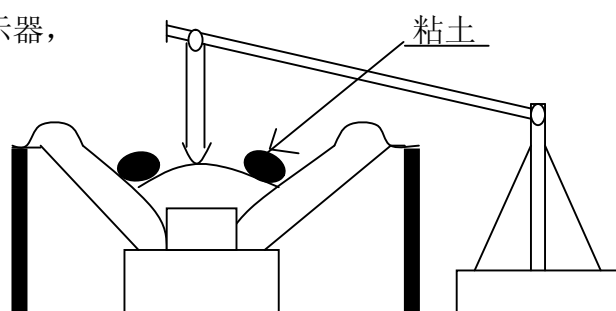
未加粘土时刚好接触防尘盖顶，一旦加上

粘土就会出现空隙，此时只要将电压加到

能让防尘盖恢复到原来位置即可。美国

Radio Shack 连锁店有卖一种固定位置用的

工具非常适用，可用来自制 BL 测试仪



（五）出力音压（SPL）

英文：Output Sound Pressure Level

是指输出音压基准，又叫效率或灵敏度或声压级。

日本国家标准（JIS）规定扬声器的出力音压是指在指定的频带或功率上，馈给扬声器 1W 的输入功率，在参考轴上距离参考点 1m 处的声压极的平均值，通常取频率特性曲线上的 4 个点的平均值，用 dB 表示。

出力音压反映的是声音的大小，与音质的好坏没有必然联系。

频率响应曲线是指给扬声器加以恒定的信号源，由低频到高频改变信号源频率时，扬声器的声压将随频率的变化而变化，由此得出声压——频率曲线，这就是扬声器的频率响应曲线。即扬声器的声压随频率变化的曲线。

频率响应是指给扬声器输入一恒定的电压，扬声器产生的声压随频率变化的特性。

要理解 SPL，我们首先来学习一下声音。

声音是由机械振动产生的。当一物体振动时，会激励它周围的媒质发生振动。如媒质具有压缩性，则在媒质的相互作用下，周围的媒质就会产生交替的压缩和膨胀，并且逐渐向外传播。因此凡具有弹性的物质，如水，气体、钢铁、混凝土等弹性物质，都能传播声波。并且媒质密度越大声波速度越快。声音有强弱之分，声能量有大小之别，下面我们从物理上定量地来描述声音。

1. 声压与声压级

媒质中有声波传播时，媒质的各个部分产生压缩与膨胀的周期性变化。压缩时压强增大，膨胀时压强减小。变化部分的压强即总压强与静压强的差值称为声压。习惯上把有效声压简称为声压，用 P 表示。对于平面波，声压 P 和质点运动的速度 v 成正比。

$$P = \rho c v \quad \text{单位为帕 (Pa)} \quad (\text{类似 } U=IR)$$

式中， ρ ：为媒质密度

c ：为声波的传播速度 ρc 又称为声阻率（声阻抗率）

v ：质点运动的速度

$$1 \text{ 帕 (Pa)} = 1 \text{ 牛顿/米}^2 \quad 1 \text{ 个大气压 (atm)} \approx 10^5 \text{ 帕 (Pa)}$$

人耳能听到的最低声压是 $2 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ ，这个极限称为可听域（又称听域）。当声压增大到 2×10^3 时，人耳会产生难受的感觉，有痛感，故把这个范围称为痛域。由上可见，人耳能听到的声压范围很大，用它来衡量极不方便，亦给仪器测量带来困难。实验证明：人耳对声音强弱的感觉是与声压的对数成正比的，这就是著名的**韦伯定理**。因此引入了声压级的概念。

声压级：
$$SPL = 20 \lg P / P_o$$

式中： P ：为声压单位为帕（Pa）

P_o ：为参考声压，目前取 1000HZ 的可听域声压，即 $2 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ 帕（Pa）

SPL：声压级的单位为 dB

2. 声强与声强级

人耳能可听域到痛域的声压级范围是 0dB~120dB (1000HZ)。单位时间内通过与指定方向垂直的媒质单位面积的声能量称为**声强**。用 I 表示。对于自由平面声波或球面波，声强与声压的平方成正比，与声阻率成反比。

即 $I = P^2 / \rho c$ 单位为瓦/米² (W/m²) (类似 $P = U^2 / R$)

空气的声阻率为 420kg/m²·s 人耳能可听域到痛域的声强范围是 10⁻¹² W/m² 到 10² W/m²。

声强级是声强相对于参考声强的分贝数，对于自由平面声波或球面波，声强级等于声压级。

即声强级 $SPL = 10 \lg I / I_0 = 20 \lg P / P_0$

式中：I：为声强单位为 W/m²

I₀：为参考声强，目前取 1000HZ 的可听域声压，即 10⁻¹² W/m²

SPL：声强级或声压级，单位为 dB

3. 点声源声压级的简单计算

①. 多个点声源合成的声压级

设有两个点声源，在声场中 A 点产生的声压级分别为 SPL1 和 SPL2，此点的总声压级并不是两个声压级的算术和，而是用能量叠加的方法来计算。

设 I₁ 和 I₂ 分别为两个点声源在声场 A 点产生的声强，

则总声强：I = I₁ + I₂

由于 $I_1 = P_1^2 / \rho c$ $I_2 = P_2^2 / \rho c$ $I = P^2 / \rho c$

故可得 $P^2 = P_1^2 + P_2^2$ 所以 $P = \sqrt{P_1^2 + P_2^2}$

因此合成声压级： $SPL = 20 \lg P / P_0 = 20 \lg \sqrt{P_1^2 + P_2^2} / P_0$

而 $SPL_1 = 20 \lg P_1 / P_0$ $SPL_2 = 20 \lg P_2 / P_0$

即 $P_1^2 / P_0^2 = 10^{SPL_1/10}$ $P_2^2 / P_0^2 = 10^{SPL_2/10}$

代入得： $SPL = 10 \lg (10^{SPL_1/10} + 10^{SPL_2/10} + 10^{SPL_3/10} + \dots)$

若 SPL₁ = SPL₂

则： $SPL = 10 \lg (2 \cdot 10^{SPL_1/10}) = SPL_1 + 10 \lg 2 \approx SPL_1 + 3dB$

由上式我们可得出一个重要结论：声压级加倍，总声压级只加 3dB

②. 声压加倍的总声压

$SPL = 20 \lg 2P_1 / P_0 = 20 \lg 2 + SPL_1 \approx SPL_1 + 6dB$

由上式可得出一个重要结论：单个点声源声压加倍，总声压级只加 6dB

③. 距离和声压级的关系

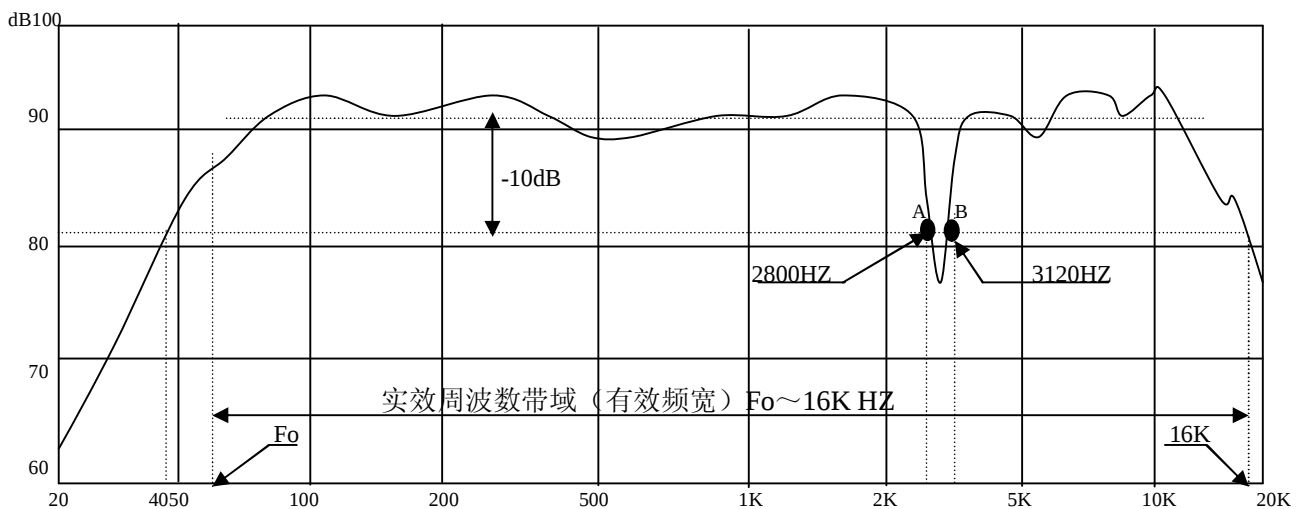
距离 r 与声压级的关系为： $SPL = SPL_1 + 10 \lg (r_1 / r_2)^2$

若 r₂ = 2r₁ 时 $SPL = SPL_1 - 20 \lg (1/2)^2 \approx SPL_1 - 6dB$

由上式可得出一个重要结论：距离加倍，总声压级减少 6dB

（六）实效周波数带域（Efeective Frequency Band）

实效周波数带域又叫实效频宽或有效频宽，就是频率响应的有效范围，通常是从低音谐振 F_0 到高音域的有效部分。按照日本工业标准（JIS）规定，从 F_0 到中频段，平均声压级向高频段延伸并下降 10dB 处的频率止，这个频率定义为扬声器的有效重放频率范围。通常简称重放频率范围。也有人把 -10 dB 处水平线与频响曲线两个交点间的频率范围叫做有效频宽。即下图中的 40HZ~16KHZ。但输入扬声器的信号频率低于它的谐振频率时，扬声器的输出声压以每倍程 12dB 的速度下降，因此国际电工委员会（IEC）规定扬声器单元的谐振频率作为该扬声器的低频下限频率，而将扬声器单元频响曲线高频端的交点为该扬声器的高频上限。它们之间的范围称为该扬声器单元有效频率范围。



一般说来，实效频宽的频率特性曲线平坦者为佳，但有些峰面谷凸凹不平，尤其中音谷凹下过低，如此形则非为上品。有些扬声器在 2~3KHZ 间形成一个深谷，通常称之中音谷。形成原因简单说来，振动板从低音域到中音域大致呈一体的前后运动，但到达中音域的某一频率时，振动板的凸缘部分会产生与胴体的逆向运动，因此音压降低，造成一种深谷现象，也就是中音谷的形成。有效频率范围不计小于 $1/9$ OCT 峰点和谷点。当两个声音频率相差 1 倍时，两音调相差一倍频程，即 1 OCT。倍频程是指两个频率的比等于 2 的频率间隔。如上图，中音谷处的 A、B 分别为 2800HZ 和 3120HZ，2800HZ 的 $1/8$ 为 $2800 \text{ HZ} \div 8 = 350 \text{ HZ}$ ， $2800 \text{ HZ} + 350 \text{ HZ} = 3150 \text{ HZ} > 3120 \text{ HZ}$ ，即此中音谷小于 $1/8$ OCT，在算有效频宽时可以不计。

（七）定格入力与最大入力

英文：Peted Power Input Max Power Input

1、定格入力亦称标准额定输入功率，就是指扬声器的额定承受标准功率，是指扬声器能保证长时间连续工作而不产生明显失真的输入平均功率，又称额定功率。扬声器工作于额定功率时，音圈不会产生过热及机械振动过载现象，发出声音没有明显失真，在实际音乐信号中，峰值脉冲功率会超出额定功率很多倍（3~10倍），由于脉冲持续时间很短，不会损坏扬声器，但要得到好的音质，必须使这些峰值脉冲不出现失真，因此扬声器必须留有充分的功率余量。

在畸变试验和连续负载试验中，都有依拟此项额定输入功率为基准来进行了。

2、最大输入功率是指喇叭所能承受的最大功率，一个扬声器在某一瞬间所能承受的最大功率，一个扬声器在某一瞬间所能承受的峰值功率，称为最大功率或峰值功率。亦即突然输入时间极短（一般为几个周波）的正弦波信号而不损坏扬声器的最大输入电功率。一般扬声器能承受的最大输入功率约为标称功率的1.5~4倍。

要获得好的音质，输入给扬声器的平均电功率应小于扬音器的标称功率。

物理公式： $P=UI=U^2/R=W/t$

（八）失真（Distortion）

亦称高调波歪率。从扬声器辐射出去的声音，理应只有所加信号的重现，但实际上辐射出来的声音中除基频信号声外，还有其它频率的声音出现，使声音听起来有异常的感觉，这种现象叫失真。

失真率一定要定量的音压输出作比较才能正确，但则以不超过5%为准。失真率=多余成分/纯音 $\times 100\%$ 。

失真主要起因于驱动力（磁束分布不平的电流变形，输入超过额定输入功率）、支持部分（弹波与振动板的凸缘部分）、振动板活塞运动与分割运动等三个重要原因。

失真包括：1. 非线性失真又包括谐波失真互调失真。

2. 瞬间失真。

a、谐波失真：一般由扬声器磁场不均匀及振动板系统的非线性畸变引起。通常在低频时产生，因为低频时振幅大，音圈纸盆、弹波等容易产生非直线性畸变。

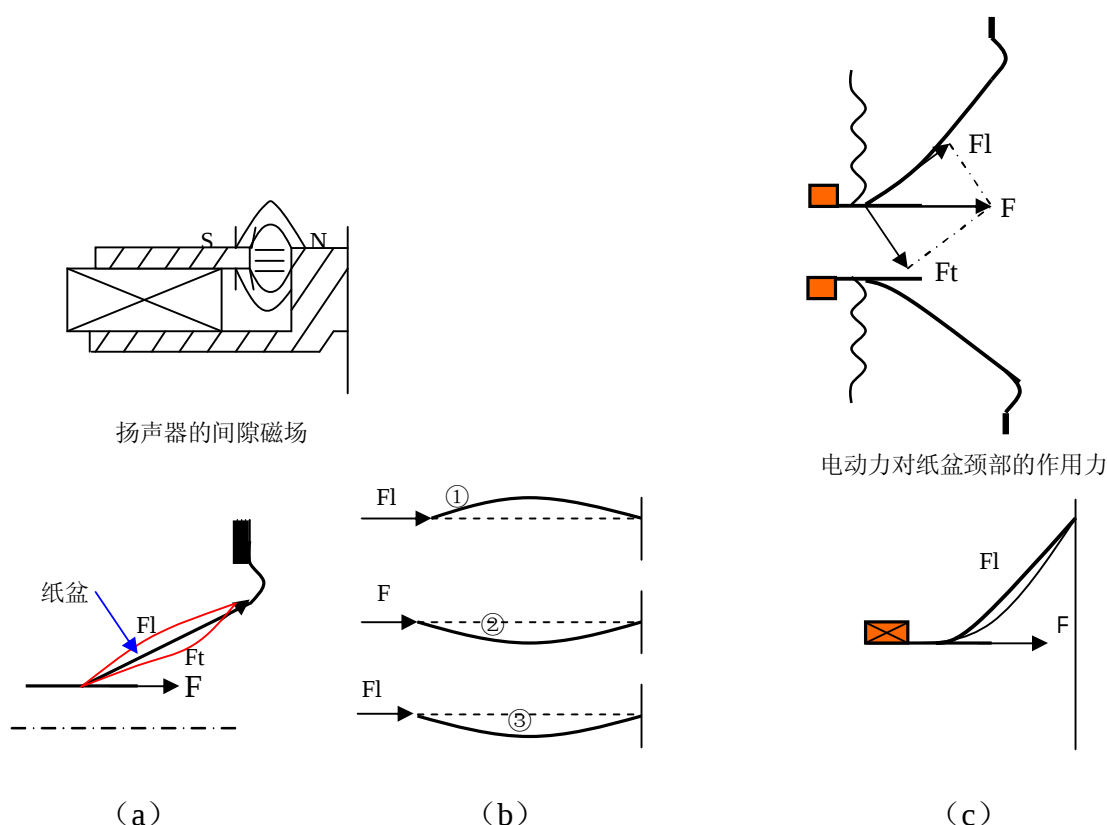
在扬声器的磁回间隙内，不仅是只有铁片厚度对应处存在环形磁场，事实上在外部同样有磁场存在，只是磁力线没有发那么密而已，因此磁场不是匀强磁场，存在着不均匀性，故线圈在间隙内运动进，所感受的磁场不均匀，而会引起一定的失真。

另外是右图，扬声器振动时，电动力F可以分解成两个力，分力F1作用于母线垂直方向，故F1与Ft分别称为纵向力和横向力，且与轴向的电动力具有相同的周期，F1与Ft作用于振动板，就使振动板产生两种振动，我们称为纵振动和横振动。

横振动和振动，对于扬声器的高频辐射影响极大。因为高频时，振幅小，而横向振动的线度可与其振幅相比较，此时影响显然就极大了。下面主要的讨论纵向振动所引起的结果。振动板的边是固定在盆架上的，因此当功率足够大时，F1就足以使SX产生纵向弯曲，如图a，这种弯

曲过程如图 b 所示，纸盆在 F_1 的作用下，向右使母线向上弯曲，转入①位置，当 F_1 的作用力是向左时，（即在周期力的另半周时）母线被拉直，但由于惯性的原因，母线稍微越过平衡位置而转入位置②，若在这时， F_1 又对音圈发生向右的作用力时，母线又会向下弯曲转入③位置。

显然母线这种向上或向下的弯曲，只有在 F_1 指向鼓纸基部，即向右时才会发生，也就是说音圈振动一周，这样的弯曲才发生一次，或者说母线完成从一侧弯到另一侧运动一次，音圈需要振动两周，故信号的频率是纵振动频率的两倍，这种现象称为参变谐振，由这种原因引起的失真称为谐波失真。当信号频率比纸盆表面的固有频率大一倍时，这种失真尤为严重。如果采用曲线形纸盆，则受纵向力的作用时，总是向原来弯曲的一侧弯曲，就不会引起分谐波失真

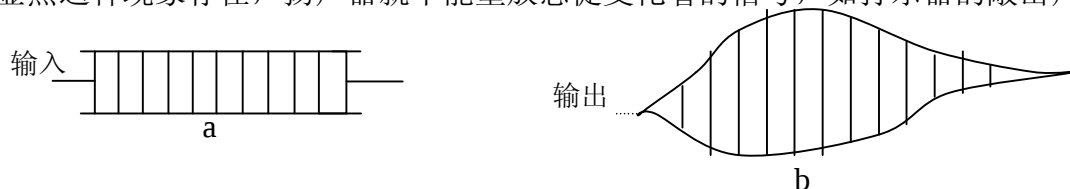


b、互调失真：是两种不同频率的信号，同时加入到扬声器上时，互相调制而引起的，互调失真会造成音调上的失真，当互调失真较大时，会使合唱拍手等重放音质显著变坏。当扬声器同时重放使音圈作大振幅振动的低频信号 F_1 和音圈作小振幅振动的高频信号 F_h 时，重放声中除了有 F_1 、 F_h 及其谐波成分外，还会出现 $(nF_1 + F_h)$ 的新的频率成分，其中 $n=1, 2, 3, \dots$ 这种失真称为互调失真。

如前所述，由于间隙内磁感应强度 B 沿轴向的不均匀性，可导致非线性失真，而 B 沿轴向的不均匀性，表现为工作间隙的边缘处磁场减小，当音圈从间隙的中心向边缘的一侧或另一侧运动时， B 减小，从而机电系数 (B_1) 也随之减小，因此低频信号周期性地改变着机电转换系数 (B_1) 的值，而此周期又显著地大于高频信号的周期，从而高频信号的振幅受到低频信号的调制而出现失真。

C、瞬态失真：这是由于扬声器的振动系统跟不上快速度变化的电信号而引起的输出波形失真。这种失真与频率响应曲线的平滑程度有关。在振动板的每个共振点（相当于频响曲线的峰谷处），这种失真更为严重。

图 a 馈给扬声器一个包含 8~16 个正弦波列的脉冲信号，而扬声器输出音压的波形如图 b，对比电信号和声信号的波形，可以看出这样的特点。声脉冲逐渐衰减的拖尾。这说明扬声器的振动板并非立即达到稳定振动的，在电脉冲消失后，振膜也不可能立即停止振动，而是有一个逐渐衰减的过程。显然这种现象存在，扬声器就不能重放急剧变化着的信号，如打乐器的敲击声。



为了改变扬声器的瞬态失真，通常把扬声器的频响扩展到超声频段，以改善其前特性，如日本松下公司的 SB-10 型扬声器系统的高频响应可达到 125KHZ。而拖尾时间的缩短，则主要靠控制扬声器的阻尼。

（九）指向性

扬声器的声压频率特性是随方向而变化的，这种声压随方向变化的特性叫指向性。如果扬声器的声压无论在什么方向上大小都一样，我们就说这种扬声器是全指向性的。

指向性描述了扬声器声波辐射到空间各个方向去的能力，扬声器辐射指向性的出现，是辐射面不同部位所辐射的声波互相干涉的结果，振膜越大，频率越高，其指向性就越强。此外，扬声器的指向性还与振膜的形状、纸盆顶角的大小等因素有关。

根据： $C = \lambda \cdot f$ （ C ：声速，空气中 340M/S； λ 为声波的波长； f 为声音频率）可知低频时，扬声器辐射面的线度，要比扬声器辐射的声波长小得多，扬声器可以看作一个点源，其辐射是无指向性的，但随着频率的增加，声波的波长越来越短，当波长与辐射面的线度可以比较或小于辐射面的线度时，扬声器的辐射将会出现明显的指向性。

表示扬声器辐射指向性的方法主要有三：

- 1、指向性频率响应。即在偏高参考值指定的范围内的不同角度上所测得的频响曲线。
- 2、指向性圆形。即用转台在不同频率上测出以极坐标表示的指向特性圆形。
- 3、指向性额定覆盖角。即在某一频率范围内声音的响度在 $\pm 6 \text{ dB}$ 范围内时的水平，垂直覆盖角——额定覆盖角。

（十）总磁通量与磁束密度

英文：Total Flux Flux Density

1. 总磁通量亦称总磁束，是指扬声器磁气回路的间隙（Gap）中所在之有效总磁通量的总量，也是磁通密度乘以间隙（Gap）的表面积所得之值谓之总磁通量。（物理定义：磁通量指穿过某一面积的磁力线条数就叫做穿过这个面积所在的磁通量，磁通量常称为磁通，它的符号是 Φ ）。磁通量单位是马可斯威（Max Well）通常用磁通计（Flux Meter）加以测量。
2. 磁通密度亦称磁场束密度，是与磁通量方向垂直之单位面积所在的磁通量数，通常以（Gap）为单位。（高斯等于每平方公分有一磁通量）。通常以高斯计 Gauss Meter 加以测量。（物理定义：磁通密度指穿过垂直于磁感应强度 B ，故在匀强磁场中，垂直于磁感应强度面积 S 的磁通量 $\Phi = BS$ 。如果平面不跟磁场方向垂直，我们可以作出它在垂直于磁场方向上的投影平面。）

在国际单位制中，磁通量的单位是韦帕，简称韦，国际符号是 Wb。1 韦=1 特 $\times$ 1 米。从 $\Phi = BS$ 可得出 $B = \Phi / S$ ，这表明磁感应强度等于单位面积的磁通量。故常把磁感应强度叫做磁通密度，并且用韦/米²作单位。1 特=1 韦/米²=1 牛/安 $\cdot$ 米。物理公式： $B = F / IL = \Phi / S$ ； $F = BIL = nq\theta B l$ ； $F = BIL \sin\theta$ ($\theta: Bl$)； $E = Bv \sin\theta$ ($\theta: BS$)

（十一）异常音与外碰

英文: Buzzes&Rattles Baffle Opening

- 1、异常音是指该机种喇叭在用正弦波（Sine Wave）测定时，不得有信号外的异常音，喇叭本身不良所产生之异常音各种各样，如 A、B、CC 等。
- 2、外碰指该机种喇叭在定格入力情况下振动，鼓纸、弹波等碰及所安装之外壳。喇叭的外碰与设计直接相关，作业是无法克服的，如凹边鼓纸外径偏大，振动时碰框。弹波振动时劲部碰框之底部等等。

（十二）极性与极性标示

- 1、极性是指该机种喇叭通以直流电时振动板的运动方向。也指音圈在间隙运动时所产生之电流方向，亦指该机种喇叭着磁方向。
- 2、极性标示：通常在喇叭端子板（Terminal）上注明“+”“-”两极接线点，或以红色记号标示为“+”，极性的判断通常是喇叭的口径朝上，端子朝胸左“+”右“-”。

音圈的卷线条与端子板的正极相连通，卷线尾与端子板的负极相连通，判断音圈引线极性时，将音圈正立。（即卷线朝下）

着磁的方向直接影响喇叭的特性，外磁型扬声器皆为逆向着磁，后附磁铁加附时应与本体相排斥，故采用正向着磁，特别是进行后壳加工之扬声器，仅可采用正向着磁，直接只加后磁铁之扬声器，只需贴附时与本体相排斥即可，着磁方向，逆向无关。

极性反之原因主要有：

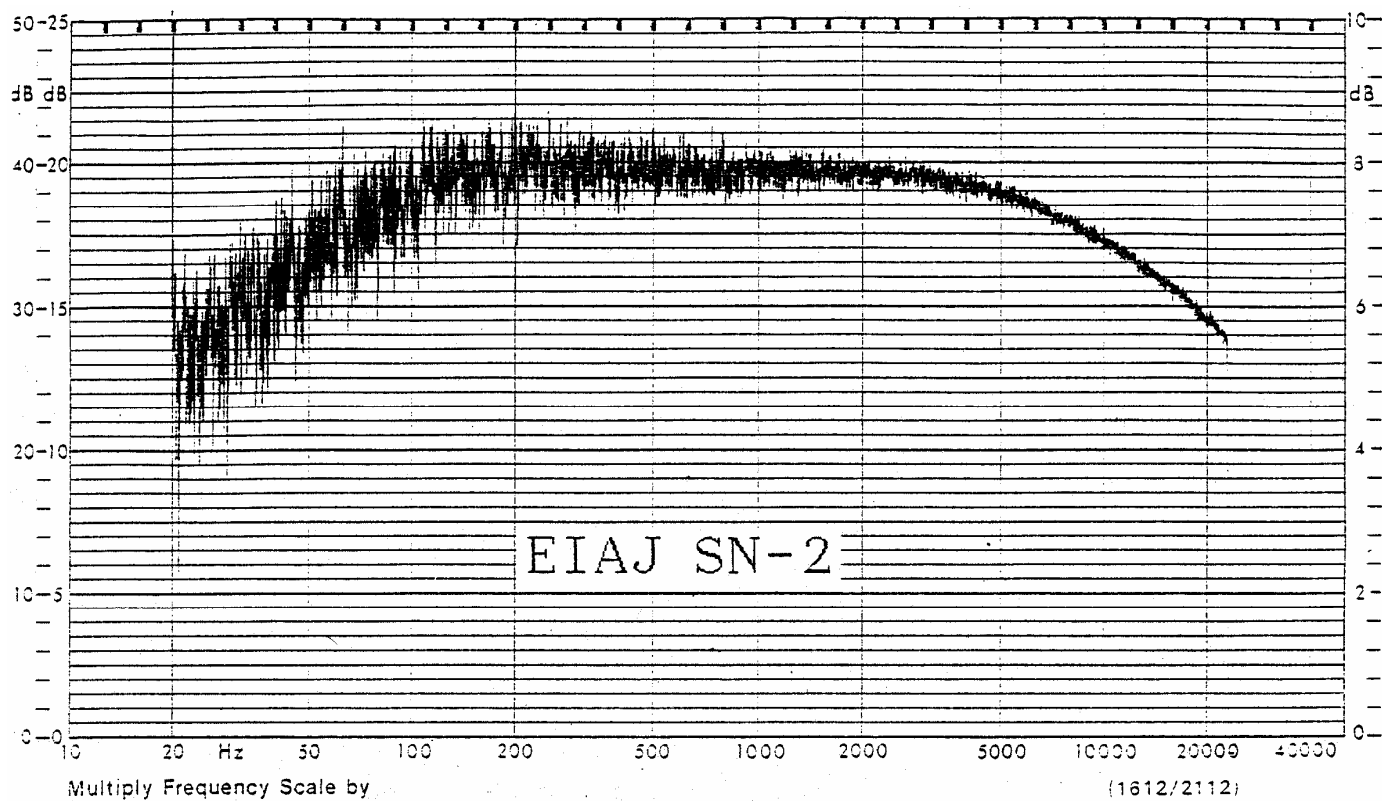
- A.圈引线交叉。B.音圈修线错误。C.音圈两引线距离太小。D.着磁方向错误。E.信号输入错误。

(十三) 信赖性

1. 连续负荷

英文: Load Test

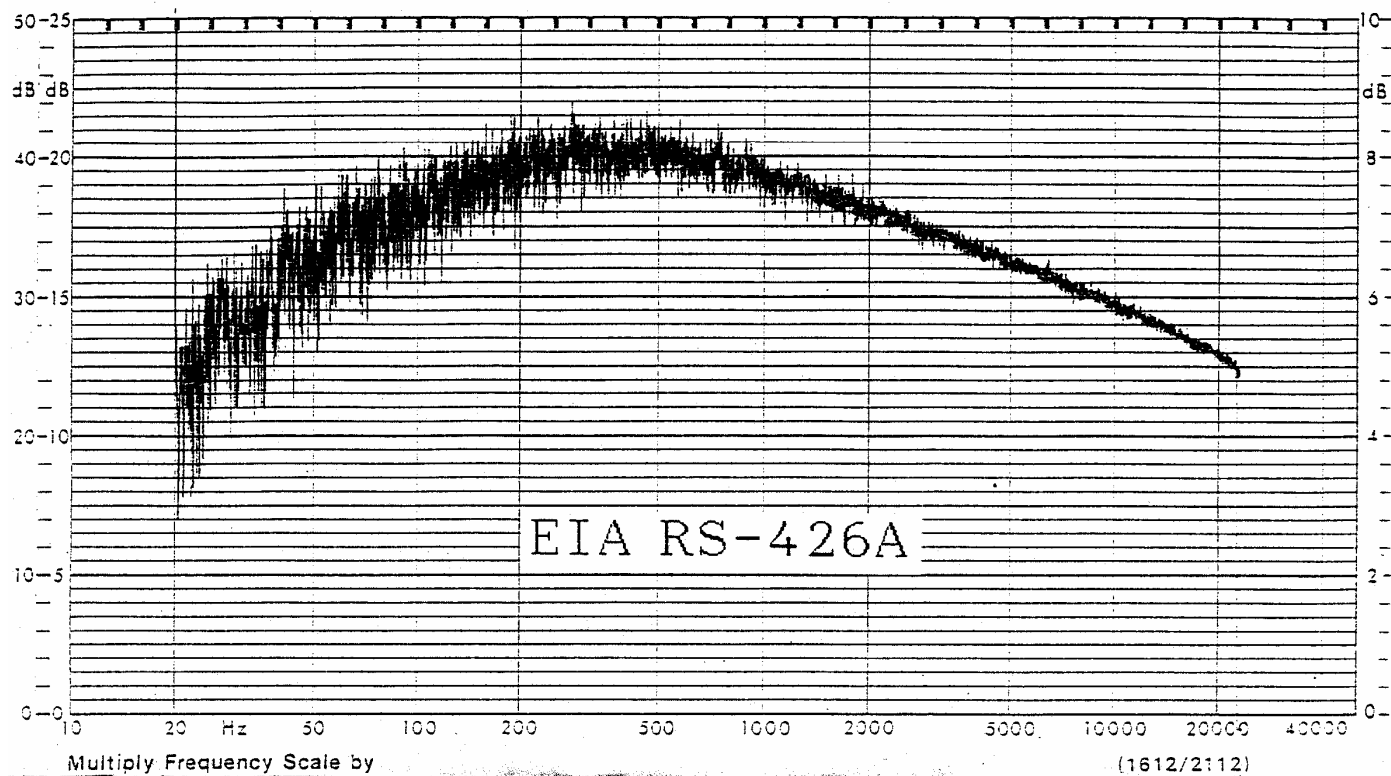
亦称连续负荷, 是对扬声器连续负荷能力作寿命试验, 通常是以标称输入功率用杂音信号发生器给予信号, 在连续多少小时试验后, 放置 1 小时, 检测无异常之现象。一般连续负荷所使用的标准有白色噪音 (White Noise)、粉红噪音 (Pink Noise)、EIA RS-426 A、EIA RS-426B……



FOSTER

FOSTER

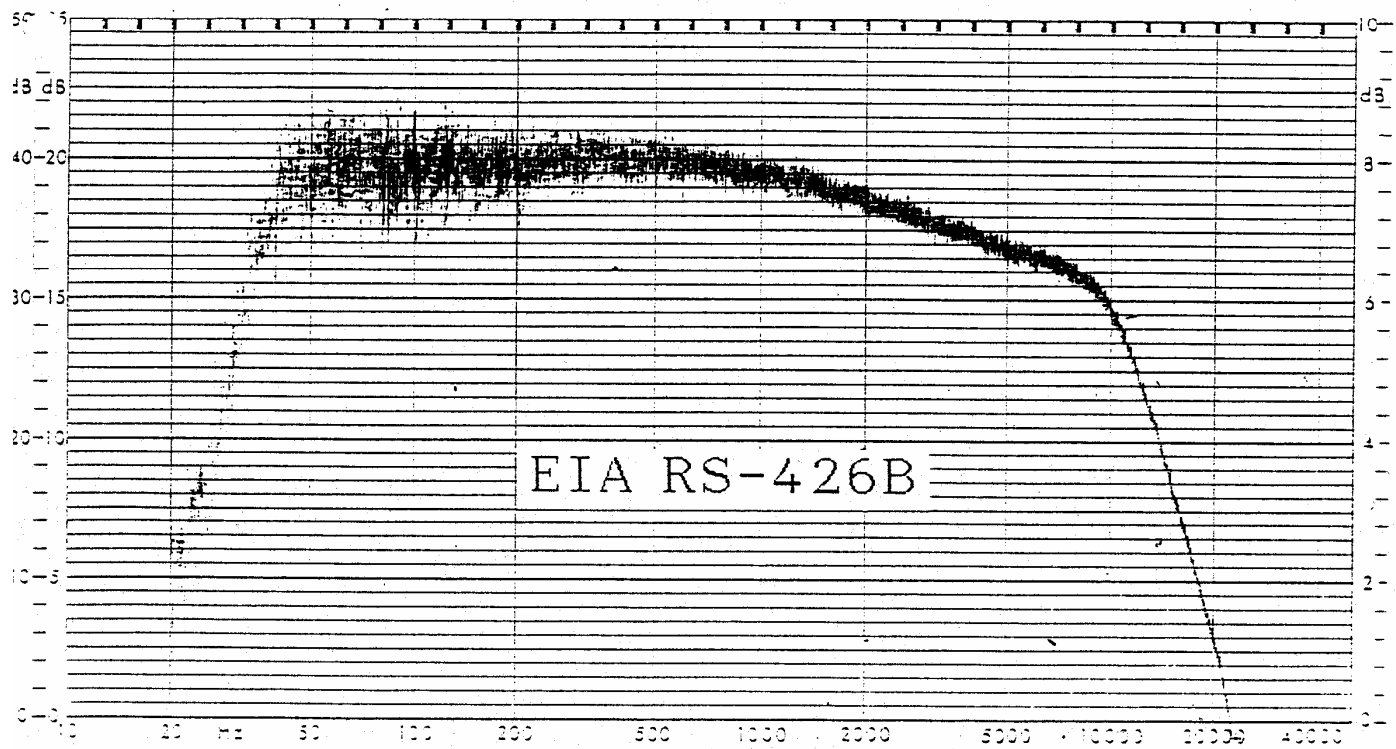
FOSTER



FOSTER

FOSTER

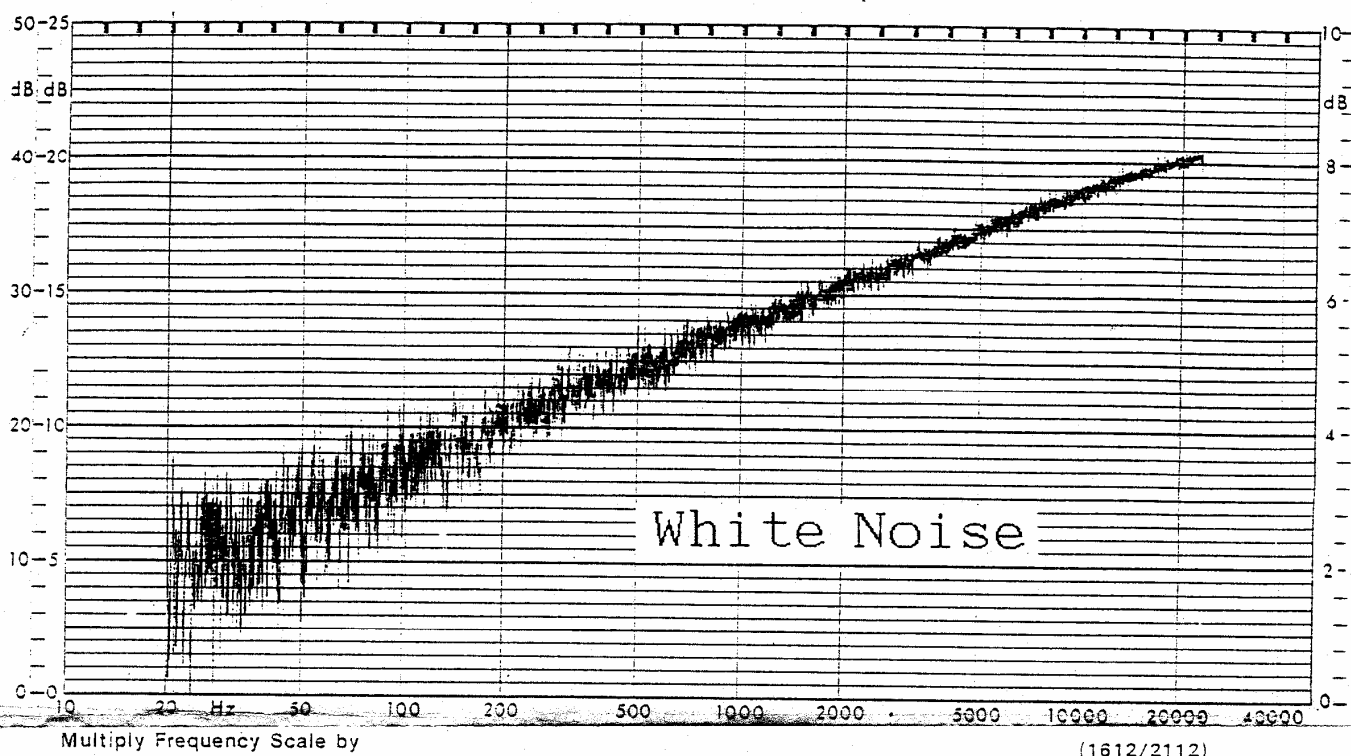
FOSTER



FOSTER

FOSTER

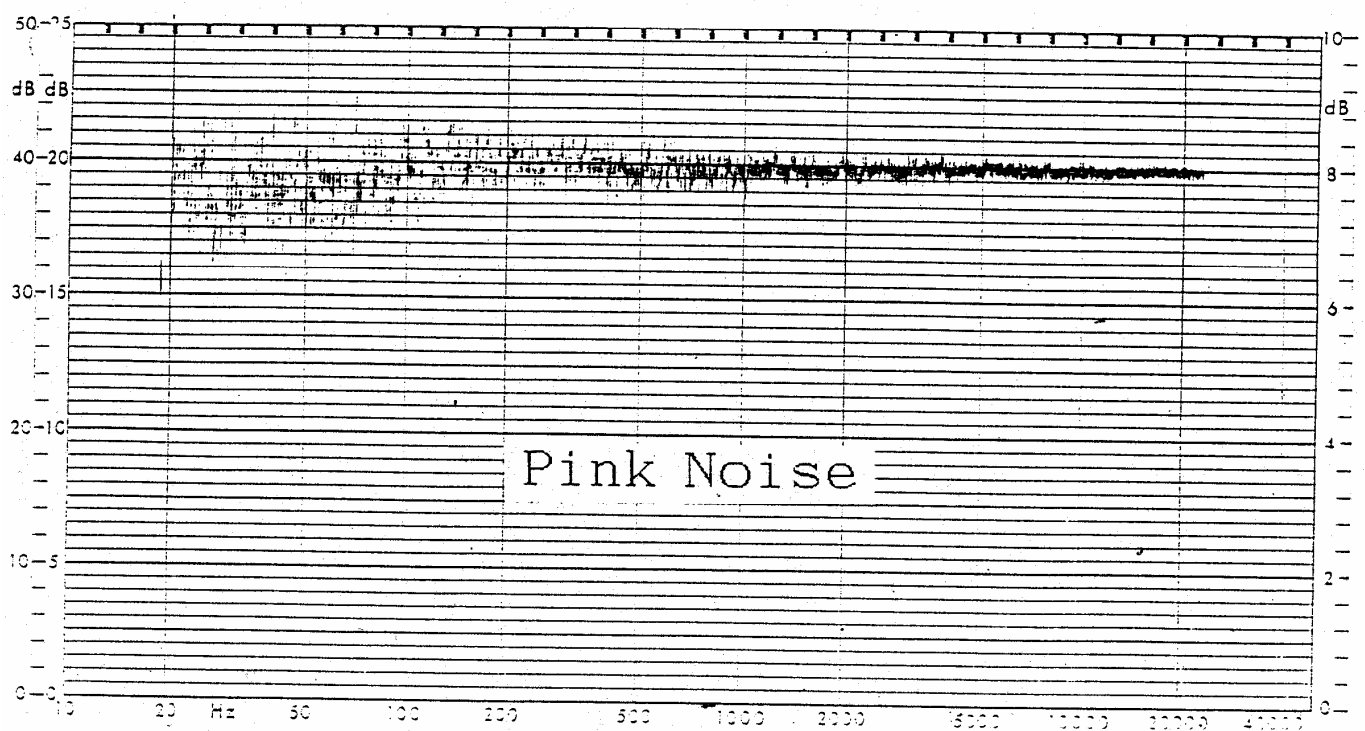
FOSTER

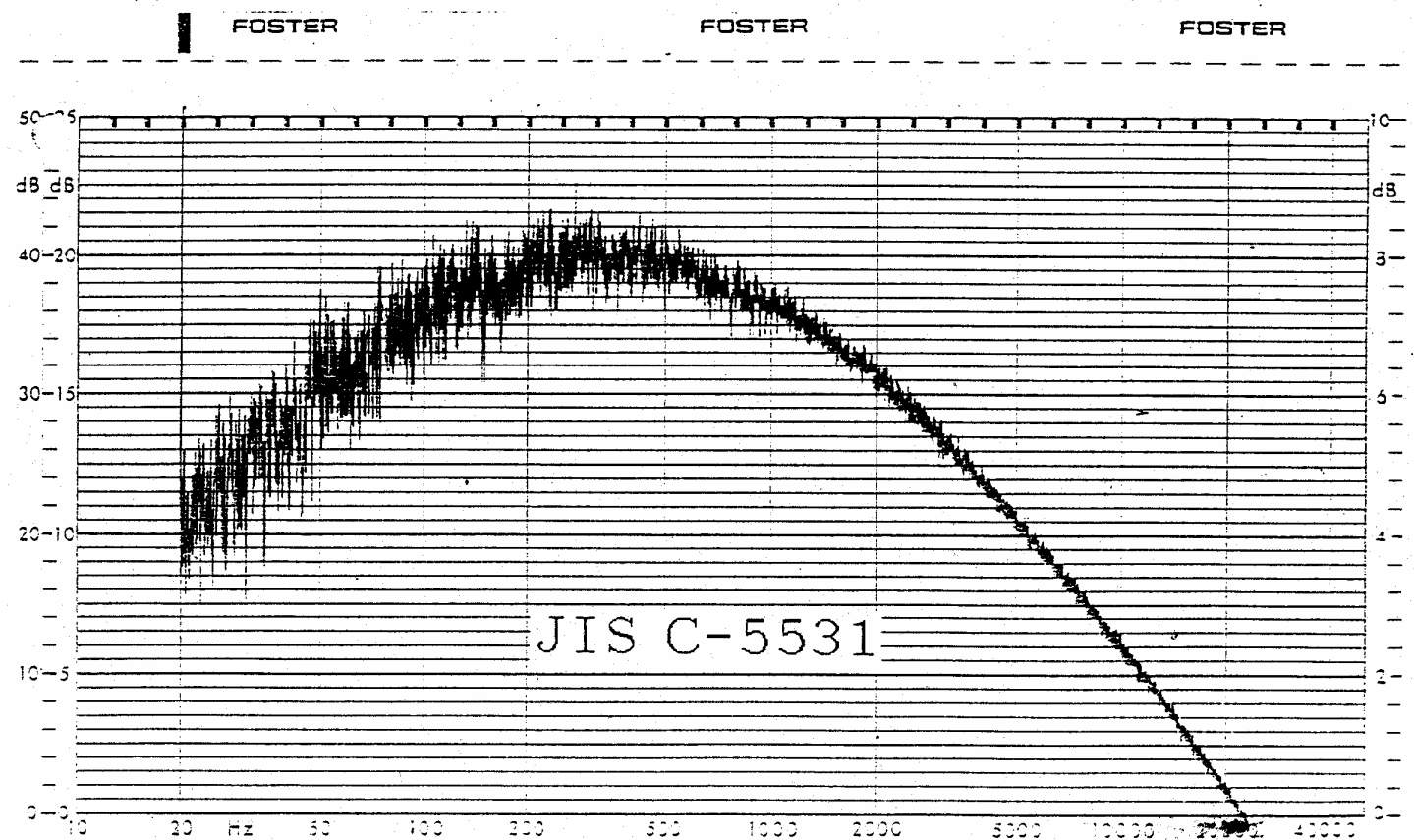
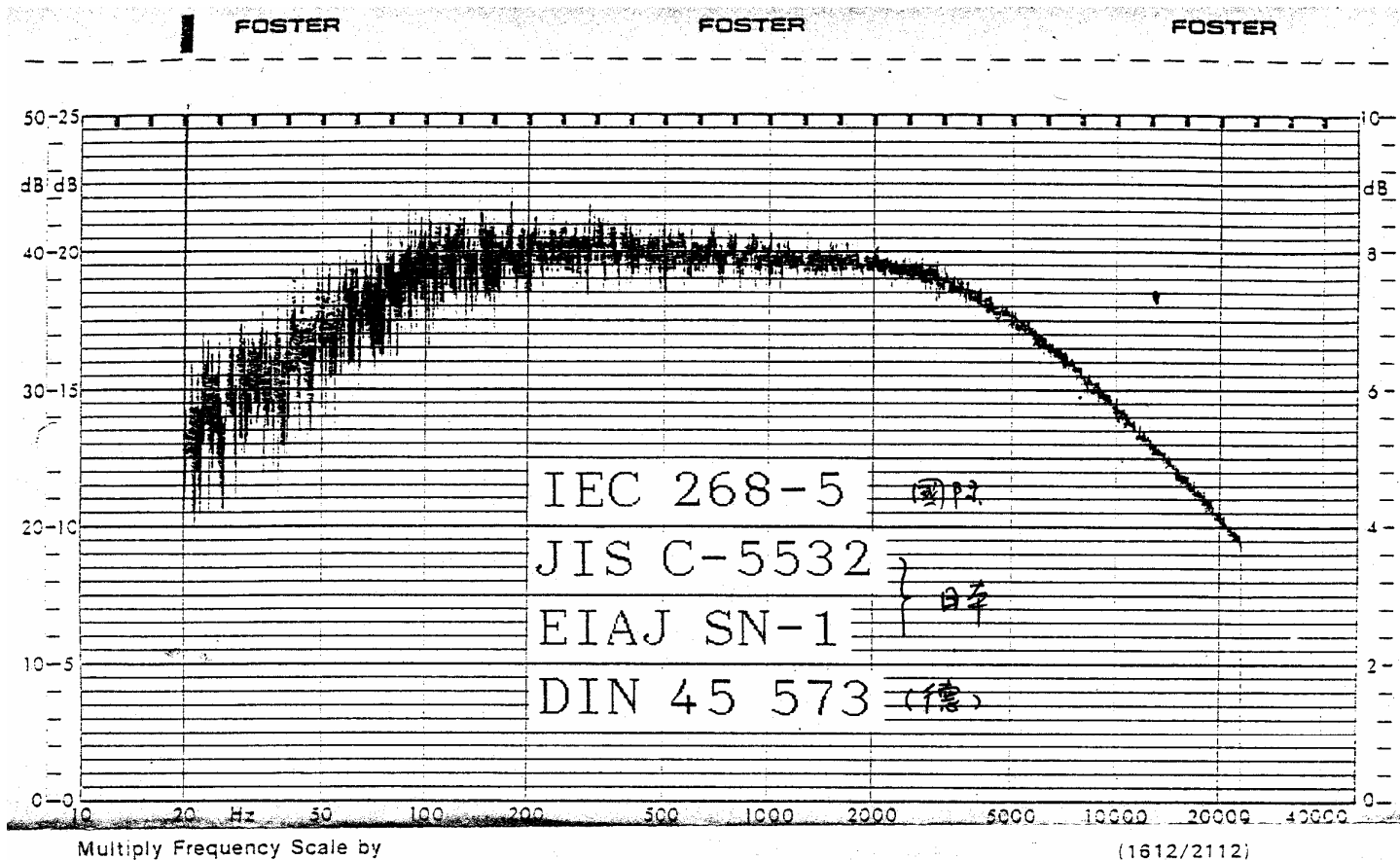


FOSTER

FOSTER

FOSTER





2. 耐湿试验 (Humidity)

是对扬声器耐湿性所作的试验。将扬声器置于限定温度与相对下的窗口容器，取出试其绝缘电阻和多项动作而无异常之情形。所用设备：恒温恒湿槽。

3. 耐热试验与耐寒试验

- ① 耐热试验：将喇叭置于加热箱内至一定温度与固定的时间后，检测其性能是否有变化。
- ② 耐寒试验：试验方法与 1 相同，唯温度不同。

4. 耐冲击性与耐振动性

- ① 冲击性：亦称落下试验，指成品装完成后，其对喇叭的保护能力而作。落下试验是将包装箱置于落下试验设备上，一般高度为 70CM，6 个面四个方向各一回。
- ② 振动性：亦称振动试验，指对喇叭包装完成后放置于振动台上振动一定时间后，观察 包装对喇叭的保护能力是否良好。耐振动性振动频率 10~25HZ 复振幅 3CM，6 个面各 3 小时，试验完成后检测喇叭是否满足仕样规格要求。
- ③ 单体落下试验是将单体扬声器 1M 75° 倾斜木滑板下端以铁质碰挡，落下后观察本体之结合能力。

5. 温湿度循环试验

1. 货柜材积表 CONTAINER MEASURE

	L	W	H	Cu ft ³	Cu m ³
CONTAINER SPC	20'	8'	8' 6"		
CONTAINER	19' 4 1/4	7' 8-5/8	7' 10"	*1170 *1100	
	5.899m	2.352m	2.386m		*33.10 *28
CONTAINER SPC	35'	8'	8' 6"		
CONTAINER	34' 7"	7' 8 1/2"	7' 10"	*2088 *1800	
	10.54m	2.34m	2.39m		*58.90 *50
CONTAINER SPC	40'	8'	8' 6"		
CONTAINER	39' .5" -3/8"	7' 8" -5/8"	7' 10"	*2383 *2000	
	12.02m	2.35m	2.38m		*67.50 *57

2. 中外度衡换算表

① 长度 (LINEAR MEASURE)										
公厘 mm	公尺 m	公里 km	市尺	营造尺	台尺	吋 in	呎 fe	码 ya	哩 m	国际哩
1	0.001	-----	0.003	0.00313	0.0033	0.03937	0.00328	0.0109	-----	-----
1000	1	0.001	3	3.125	3.3	39.37	3.28084	1.09361	0.00062	0.00054
-----	1000	1	3000	3125	3300	39370	3280.84	1093.61	0.62137	0.53996
333.333	0.33333	0.00033	1	1.04167	1.1	13.1233	1.09361	0.36454	0.00021	0.00018
320	0.32	0.00032	0.96	1	1.056	12.5984	1.04987	0.34996	0.0002	0.00017
303.303	0.30303	0.00030	0.90909	0.94697	1	11.9303	0.99419	0.33140	0.00019	0.00016
25.4	0.0254	0.00003	0.07620	0.07938	0.08382	1	0.08333	0.02778	0.00002	0.00001
304.801	0.30480	0.00031	0.91440	0.95250	1.00584	12	1	0.33333	0.00019	0.00017
914.402	0.91440	0.00091	2.74321	2.85751	3.01752	36	3	1	0.00057	0.00049
-----	1609.35	1.60935	4828.04	5029.21	5310.83	63360	5280	1760	1	0.86898
-----	1852.00	1.85200	5556.01	5787.50	6111.60	72913.2	6067.10	2025.37	1.15016	1
1 英码=0.9143992 公尺 1 公尺=1.0936143 英码 1 英吋=2.539998 公分 1 海里=6080 呎										
1 美码=0.91440183 公尺 1 公尺=1.09361111 美码 1 美吋=2.54000 公分 =1.516 哩										

② 容 量 (CUBIC MEASURE)										
公撮 ml	公升 l	营造升	台升	英液温司	美液温司	美液品脱	英加伦	美加伦	英浦式耳	美浦式耳
1	0.01	0.0001	-----	0.03520	0.03520	0.00211	0.00022	0.00026	0.0003	0.00003
1000	1	0.01	0.001	35.1960	33.8148	2.11342	0.21998	0.26418	0.02750	0.02838
1035.47	1.03547	1	0.01	36.4444	35.0141	2.18838	0.22777	2.7355	0.02960	0.02939
1803.91	1.80391	1.74212	1	63.4904	60.9986	3.81242	0.39682	0.47655	0.4960	0.5119
28.4123	0.02841	0.02744	0.01585	1	0.96075	0.06005	0.00625	0.00751	0.00078	0.00081
29.5729	0.02957	0.02856	0.01639	1.04086	1	0.06250	0.00651	0.00781	0.00081	0.00084
473.167	0.47317	0.45696	0.26230	16.6586	16	1	0.10409	0.1250	0.01301	0.01343
4545.96	4.5456	4.39025	2.52007	160	153.721	9.60752	1	1.20094	0.1250	0.12901
3785.33	3.78533	3.65567	2.09841	133.229	128	8	0.83268	1	0.10409	0.10745
3636.77	36.3677	35.1220	20.1605	1280	1229.76	6.8602	8	9.60753	1	1.02921
35238.3	35.2383	34.0313	19.5344	1240.25	1191.57	74.4733	7.75156	9.30917	0.96895	1
1 公升=1.000028 立方公寸										
1 英加伦=8 英液品脱=106 英液温司=32 英及耳										
1 美加伦=8 美液品脱=128 英液温司=32 美及耳										
1 m ³ =6.1×10 ⁻⁵ in ³ 1 liter=0.0353 ft ³ 1 ft ³ =0.028317 m ³										
1 m ³ =35.314 ft ³ 1 ft ³ =28.317 liter 1 ft ³ =1728 in ³										

③ 重 量 (WEIGHT MEASURE)										
公克 mg	公斤 kg	公吨 T	市斤	营造库平斤	台两	日斤 (公斤)	温司 ONES(OZ)	磅 lb	长吨 l.t.	短吨 S.t.
1	0.01	0.0001	0.02	0.00168	0.02667	0.00167	0.03527	0.00221	-----	-----
1000	1	0.01	2	1.67556	26.6667	1.66667	35.2740	2.20462	0.00098	0.00110
-----	1000	1	2000	1675.56	266.67	1666.67	35274.0	2204.62	0.98421	1.10231
500	0.5	0.0005	1	0.83778	13.3333	0.83333	17.6370	1.10231	0.00049	0.00055
596.816	0.59682	0.0006	1.19363	1	15.9151	0.99469	21.0521	1.31575	0.00059	0.00066
37.5	0.0375	0.00004	0.075	0.06283	1	0.0625	1.32277	0.08267	0.00004	0.00004
600	0.6	0.0006	1.2	1.00534	16	1	21.1644	1.32277	0.00059	0.00066
28.3495	0.0835	0.00003	0.0567	0.04751	0.75599	0.04725	1	0.0625	0.00003	0.00003
453.592	0.45359	0.00045	0.90719	0.76002	12.0958	0.75599	16	1	0.00045	0.00050
-----	1016.05	1.01605	203.209	1702.45	27094.6	1693.41	35840	2240	1	1.12
907185	907.185	0.90719	1814.37	1520.04	24191.6	1511.98	32000	2000	0.89286	1
1 英磅=0.45359245 公斤 1 脱来磅=12 脱来温司=0.822857 磅										
1 美磅=0.453592477 公斤 1 Kg=9.8 N(牛顿)										

扬声器常用英文表

中文	英文	中文	英文		
铁框	frame	短音圈式	underhung		
铁片	washer /plate	长音圈式	overhung		
铁心	yoke	短路环	Shorted turns		
磁铁	magnet	网罩	grill		
后磁铁	caneI magnet	导管	tube		
端子	terminal	分频网络	Crossover network		
弹波	damper washer	设计	design		
音圈	voice coil	先进先出	fifo		
边(悬边)	edge/surround	最大线性位移	Xmax		
鼓纸	cone paper	辐射	radiation		
锦丝线	lead wire	等化器	equalizer		
电线	wire	音量			
后壳	shield cover	台阶	step		
防尘盖	Dust cap	离岸价	FOB		
气眼	eyelet	到岸价	CIF		
垫片	gasket	交流声	AC HUM		
背面垫片	packing	有源的	active		
音圈管	bobbin				
音圈线	VC.wire				
卷幅	winding height				
接着剂	adhesive				
喇叭单体	Speaker unite				
喇叭系统	Speaker system				
漏气	leakage				
隔板	panel				
吸音材料	Stuffing materiat				
开孔	vent				
驻波	Standing wave				
质量负载	Mass loading				
玻璃纤维	Glass fiber				
阻抗	impedance				
失真	distortion				
频率	frequency				
音箱	cabinet				
放大器	amplifier (AMP.)				
振幅、幅度	Amplitude				
最大振幅	Amplitude peak				
声频	audio				
自动	auto				
面板	baffle				
低音	Bass				
高音	treble				
开关	swith				
立体声	stereo				
工程师	engineer				
灵敏度	sensitivity				
电阻	resistance				
插头	plug				
说明书	instruction				

第四章 新机种的开发试作

一、开发试作

所有的材料准备工作就绪后，即进行试作，开发组试作人员按试作内容填写《开发日报》见表1-11。填写时要详细，对所用部品之规格材质或特殊要求等作好详细准确的记载。《开发日报》完成后需上交存盘备查。试作时，对接着剂的用错可以导致喇叭的诸多不良，如鼓纸脱胶、弹脱胶、功率达不对要求，承受不了落地试验及特性方面的影响。

在试作时一定要按部位及接着处之材质区分使用，而且任何接着剂都有一个有效期，一般接着剂的有效期为6个月，超过6个月胶会变质，对其原有性能会发生变化或失去原有性能，故过期之接着剂不宜使用，开发者需严格记之。

表 1-11 样品试作单

样 品 试 作 单

询价日期: () 报 价 报价日期:
索样日期: () 试 作 数量: PCS 样品编号:

客户		机种型名		客户型名				
客户 要求 项								
品 名	代 号	用量	规 格 或 特 征			供应商	备注	
1 铁 框								
2 铁 片								
3 铁 心								
4 磁 铁								
5 后磁铁								
6 端 子								
7 弹 波								
8 音 圈								
9 鼓 纸								
10 锦丝线								
11 防尘盖								
12 气 眼								
13 垫 片								
14 后垫片								
15 后 盖								
16 纸 箱								
17								
18								
注意 事项	气眼位置				边处理		材料费	
							不良率	%
							单体重	
							管 销	
鉴 印	技 术		采 购		业 务		核 准	

二、检测及试作送样

开发试作完毕，需对所试作之扬声器进行全面的检测，确保样品之规格、性能等各项与客户要求相符。检测之内容与所用之仪器或设备见下对照表 1-13。

表 1-13 扬声器检测及检测仪器对设备对照表

检测项目		使用仪器或设备	仪器或设备代表型号
电 器 性 能 与 机 械 性 能	阻抗 ACR 与 DCR	阻抗测试器	
	极性	极性测试器	
	最低共振周波数 Fo	Fo 高速测定器	
	频率特性图 S.P.L.	频率响应测试系统	
	异常音	自动扫频振荡器	
	尺寸规格	游标卡尺或测高仪	
	泄漏磁通（漏磁）	漏磁计	
	间隙磁束密度	高斯计	
	绝缘阻抗	高阻计	
信 赖 性	耐温试验	恒温恒湿槽	
	耐寒试验	恒温恒湿槽	
	耐湿试验	恒温恒湿槽	
	温湿度循环试验	恒温恒湿槽	
	连续负载试验	连续动作试验器	
	耐冲击性与振动性试验	落下设备与振台	

若检测之规格或性能与客户要求不符，需分析不符情况，找出原因，然后对症下药，立即加以改善，重新开发设计，直至完全符合客户要求。

测试完毕，测试结果上报主管，资料图面组立即绘制扬声器外观图。技术部开发组组长制订试作仕様书，其内容包括《制品规格书》表 1-14，《部品明细表》表 1-15。及频率响应特性图表 1-16 与加盖“试作”章，上交逐一审核。所有试作产品需贴附标签，并加盖“试作”章，标签内容含有试作名、功率、阻抗、Fo、日期等项，送样客户时，需附有仕様书，包括《制品规格书》、《部品明细表》、《外观图》、《频率特性图》。

1. 机种命名方法：（见附录 1）

2. 材料命名方法：（见附录 2）

上述试作完成之扬声器，需包装送样到客户确认，送样之扬声器技术部最少需保留 1 个试作初品，编号放入样品柜备档。因吾厂主要生产日本 AIWA 之产品，样品一般都寄往日本 AIWA 确认，故包装样品时一定要牢固安全可靠，同时需加附 PE 袋或风琴袋防潮处理，包装箱放入喇叭后需填入保丽隆或海棉气泡袋之类，以缓冲路途中的强烈振动，千万不可因包装问题致使喇叭损坏而前功尽弃，同时客户提供之地址需正确填写，并用计算机列出贴附于包装箱之明显处。所有寄出之样品需详细登记，见表 1-14 喇叭送登记表，以备查核。同时需要做样品签收表 1-15

表 1-14 喇叭送样登记表

No.	客 户	机 种 型 名	机 种 特 征	数 量	送样日期	担当者	备注

表 1-15 样品签收表

元 斗 电 子 (东 莞) 有 限 公 司

NO.

年 月 日

样 品 签 收 单

客 户			送样地点			
品 名	机种型名	客户型名	规格特征		数量	备 注
填写人			客户签收			

第一联: 技术部存根(白)

第二联: 营业部 (红)

第一联: 客户(黄)

开发机种送样客户后, 客户确认需对某些部分改善, 技术部接获此信息后, 需立即按客户要求予以作改善, 如是尺寸问题, 可以根据客户需改尺寸要求, 由技术部图面资料组绘制图面交采购去联络原材料厂商按图面要求重新供样, 以保证与客户要求符合。若是性能问题, 则可能会对选择的原材料特别是振动系材料需适当的变更, 这需根据客户所反应之情况而定, 改善之样品需重新寄客户确认, 直至承认 OK。

技术开发工作, 是一项实实在在, 理论科学, 实践融于一体的工作, 它来不得半点虚伪和造作, 一就是一, 二就是二, 因此开发工作都必须秉着求进, 求实的态度, 全心全意的投入工作中去。

第五章 量 产

第一节 量产前的准备

一、新机种客户承认后，技术课知会生管，由生管安排量产，所谓量产，指未生产过机种在正式投产前先进行一个少批量的试产。目的在于发现设计或生产上存在的问题，以便及改善，但如下情况之新机种更改可不量产。

1、新机种仅是原有机种上更改捺印者。

2、新面种是在原有机种上减少作业程序者，如减少后磁、后壳、端子个数等。

3、新机种与原有的机种比较，虽有部品不同，但作业情形完全相同者，如：端子、弹波材质、音圈管材质、间圈 Ω 数、防尘盖颜色、电镀颜色、接着剂种类、锦丝线种类，更改等情形。

,

量产前技术课制订假仕样由生管下发给相关单位，假仕样包括《制品规格书》、《部品明细表》（见表 2-1）、《制作仕样》（见表 2-2）、《特性图》（见表 2-3）。并召开量产前会议，由技术课主持，主要讲述及检讨新机种生产作业之要领或特别注意事项。生管需联络采购作好量产材料准备，对于新规部品，采购先行采样，由技术课开发组确认，填写材料确认书（见表 2-4），上交主管审核，信息反馈采购，采购员接到确认书后，看其内容，如需改进再送样确认者，必须马上联络厂商再送样，遵照上述程序再确认，直至承认 OK 方可下单采购，品管接获假仕样后，即向技术课申领新规部品之初品及相关图面资料，并在技术课制订之初品图面发放签名表（见表 2-5）上签名，量产之材料由品管全数检测，全部资料连同检测报告一并回馈技术课存盘，量产数量不少于 200PCS。新机种量产前，生技组必须详细核实生产所需之机台模具、制（治）工具、印章等是否联络到位，填写机台、模具、制（治）工具管理表（见表 2-6），如有缺项，立即设计联络设备和采购添制，以保障量产之需，如确认 OK，填写好表格上交审查。对于焊端子固定锦丝钱之治具，由技术课设计并制作 30PCS 左右，量产时交制造课使用，同时附有焊端子固线治具资料（见表 2-7），及标准初品 2PCS 制造课依据制造之需，按表之内容及初品联络设备课制作所需数量，设备课制作好后，交由技术课全数确认，OK 入库设备仓，由制造课开领料单领出使用，制造课所有干部有义务对治具进行校正及改进工作，在量产准备的同时，生管课发文各单位，联络量产之机种、数量及日期，以便相关部门做好准备工作。

表 2-6 机台、模具、制（治）工具管理表

机种型名				预定量产日期			
工程	品名	联络日期		纳期		确认结果	
前加工	铆接模						
	磁回模						
	铁片模						
	中心规						
	固磁规						
一次工程	压鼓纸模						
	音圈规						
	挂线钩						
	其它						
二次工程	焊端子模						
	固线治具						
	其它						
三次工程	后磁模						
	后壳模						
	捺印章						
	其它						
日期	年 月 日	承认		照查		制表	

第二节 量 产

量产前准备工作就绪后，按生管联络之日期，在制造课进行量产，量产时（包括前加工）由制造课知会品保课、技术课相关人员到场，对新机种在制造上、技术设计上、材料品质上作全面评估，并对操作上作技术指导，量产组力线结束后，喇叭全数由品保课检查其动作、构造、性能、外观及信赖性抽测，然后作检查报告四份，品保课、技术课、生管课、制造课各留一份存盘备查，生管谭接获品保课检查报告后，即联络相关单位（包括音圈课、鼓纸课）由技术课主持，品保课记录召开量产会，检讨量产情形，对高不良，作重点检讨分析，找出造成高不良之原因，并提出改善对策，若量产过程中间问题诸多，使作业速度减慢甚至难于进行或对品质有很大影响，作业又无法克服，此种情况，若在技术上可以更改、克服此种不良，而更改后与客户之要求无任何抵触时，技术课会立即更改，若更改与客户要求有冲突，此情形需与客户协调沟通，达到客户可以接着受方可更改，

对于需重大更改设计者，表示此机种量产失败，改善后需要重新量产，直至量产检讨 OK，方可签章批示可以投产决定，并交上级核准。对于某些问题之存在，是因客户指定之设计，而此问题只是增加作业难度或增加操作人员，此时，生产线必须适当调配人员，以保障生产顺畅，技术课不能擅自主张而对某些部品进行所谓的“改善”，改善必须则以客户之接受为前提，否则造成之后果会不堪设想。新机种量产批示以投产结果由上级核准后，生管课即可排定日程投产，由于量产后可能会存在某些问题进行改善，帮生管课安排量产与投产中间的时间必须有一定的间隔，如果时间太紧凑，对于需修改之材料，供货商可能会无法在短期内完成，致使改进工作亦无法如期达成，正常之量产与投产中间的时间间隔不能少于二十天。

第三节 量产后续工作

量产结束，判定可以正式投产后，技术课马上成立正式仕样书，由图面资料组按送样承认时之试作仕样及假仕样制订，制订之内容包括制品规格书（见表 2-8），部品明细表（见表 2-9），制作仕样书（见表 2-10），外观图、特性图（见表 2-11），并加盖“仕样”字眼，逐一审核后下发各相关单位，下发正式仕样书时，对假仕样进行回收工作，正式仕样下发后，假仕样使用无效，收回后予以作废或报废处理，不可再提出使用。为了方面制造课申领材料及对材料确认之用，技术课会制订由申领材料至生产整个过程工作层层确认，避免材料或作业中出差错，制品作业确认书制造课必须由高层主管妥善保管，各班别每次用毕需上交，以制下次再提出使用。

新机种正式投产后，技术课生技组需到现场作技术追踪，对已投产机种存在的品质隐患作深入的钻研，对操作技巧不断的探索，力求生产能够顺畅自如，追求最完美的设计品质状况和生产技巧得以改善和提高，例如一个小小的固线治具，若设计不当，呆能会导致线长短汪，太长或太短，或碰触其它部位，短路等不良，甚至会影响作业速度，而在开始设计时，往往会因考虑不周或实际作业数量太少而疏忽了某些问题点的存在，技术追踪可以全面的发现问题，取长补短，改善不足，使所用之治具能更符合生产需要，减少不良提高效率，还有某些难点，使用权生产更顺畅，故技术课追踪是一项长期的、永无止境的艰巨工作，技术课同样需把它纳入管理工作的重点。

第六章 生产技术

第一节

作业流程

本公司目前主要生产圆锥形动圈扬声器，对于其作业流程，虽然不同机种稍有出入，但基本上大同小异，下面就普通机种之流程作简要介绍。

一、前加工

前加工指喇叭投入组力线前所有部件之加工，它主要包括：铆接、钉端子、磁气回路、塑料框加工等，另外鼓纸还有锦丝线加工。

1、铁框前加工流程：

铆接→订端子→铁心 AB 胶→磁铁 AB 胶→套框→插中心规→排板→拨中心规

2、塑料框前加工流程

铁片胶→套框→放铁片螺丝点胶→放端子螺丝→锁端子螺丝→排板→铁心 AB 胶→磁铁 AB 胶→套框→插中心规→排板→拨中心规

3、锦丝线加工流程

鼓纸打孔→穿线→点胶→排板

二、组立工程

1、一次工程

吹气→打弹波胶→打框胶→套弹波音圈→颈部 AB 胶→穿鼓纸→打垫片胶→放垫片→压垫片（压鼓纸）→排板

2、二次工程

放本体→点焊油→插固线治具→焊端子→焊眼点→拨固线治具→拨音圈规→着磁→打防尘盖及颈部补强胶→点眼点胶→测极性→贴防尘盖→排板

3、 三次工程

放本体→剪线→挑线→试音→打后磁胶→上后磁→盖捺印→包装

以上之流程为常用流程，对于不同机种流程会有变化，如磁气回路中，有些铁心无前固磁位，此时，需增加插固磁规，拨固磁规工程。一次工程中，有些机种没有加附垫片，在穿鼓纸后，直接进入压鼓纸工程，亦有些小口径机种，一次工程，弹波胶、框胶、颈部三畸接着胶一次完成，不需经过三个工位等等，总之作业流程与机种的不同有差异，作为生产技术员，必须对所有机种之流程要了如指掌，同时还需对每个工位之操作要领，即作业标准要熟悉，作业标准在后一节中讲述。熟知了作业流程，对于计算机作业中工序组合方能准确无误的输入，工序组合是生产作业的基础资料，它是依据产品资料的材料和现场制造作业实际流程，分别按框加工、磁回加工、一次工程、二次工程、三次工程将每个工程段的物料赋予序、工序号（依本厂机种型名选其中数代表，最后一位数未与序相同）、工序名（即为工程段名称）、料号（上工序即为料号）、单位用量（指一个喇叭该种物料的用量）、工序半成品 Y，是每个工程段结束的标识，此项资料直接关连到工充领料和邻料预备，新机种在产品资料输入的同时，由生技组提供相关资料，资料图面组负责输入计算机，完成工序组合。

第二节

作业标准

扬声器组装主要在流水线完成，对于流水线的每个工位，每个动作，都有其操作要领，掌握操作要领，按标准作业操作，可以减少不良，提高效率，使作业顺畅，因此对于员工必须进行操作技巧培训，使他们能够按照标准作业实施，为了方便标准作业的实施推展，技术部生技组按照实际操作要领而制订了《作业标准书》，并悬挂于切适位置，要求操作者严格按照制订内容操作，作业标准表主要工程点见后附表。

第三节

生产之包装材料及治具设计

一、包装材料的设计

包装材料对完成品喇叭起作完全的保护作用，如果包装材料设计不合理，很可能好好的喇叭在搬运过程中会被损坏或造成其它不良，对于我厂，喇叭有运销很多国家，由于气候温度等自然条件差异或多或少都会对喇叭产生影响，温度大时，对于喇叭含有化学成份之部件，如鼓纸、磁铁等会因温度而产生质的变化，帮还需防潮包装，在包装箱内追加风琴袋。对于外观要求严格之 PP •Cone

型喇叭，包装箱之纸屑或灰尘都会影响其外观，故喇叭还需单体用小型胶袋，总之在包装设计时，需全面考虑，最要经得起耐冲击性与耐振动性，还需考虑自然条件对喇叭的影响，以确保包装对喇叭有足够的保护能力。

一般内销路途近之成品包装，可用木板或木盒排板，并根据喇叭的不同加垫木块以免受压损坏。

排板完成后还需周围打附保鲜膜防止灰尘及喇叭外溢。对于部分机种无法用排板方式时，可采用回收纸箱形式或成本较低的一次性纸箱。

外箱机种统一采用纸箱包装，对于外箱之材质必须要加以选择，内部可采用单体压线卡捆装或巢式格板包装，压线卡或巢式格板之材质一般采用 B 二 B 纸质，而外销采用 B 三 B、或 K 二 A、A 二 A 比较硬能承受较大压力之纸质。

回收纸箱与外销纸箱之唛头印刷都有统一之格式。（见表 3-1）。

纸箱之尺寸设计根据喇叭之规格大小而异，但纸桌的内度放外度见下表 3-3

纸箱内度放外度

		长	宽	高
内度		L	W	H
外度	双坑	L+1/2	W+1/2	H+3/4
	三坑	L+3/4	W+3/4	H+11/8
	单坑	L+3/8	W+8/3	H+1/2

二、治具的设计

治具指辅助生产所需的各类工具，它的使用特征是持久性或循环性，目前使用之治具主要包括：铆接治具、磁回治具、后磁壳加工治具、后磁铁治具、中心规音圈规等。使用治具可以增加作业的速度，使作业能够标准化，提升品质，故治具也是喇叭生产流程中不可缺少的部分，为了能够充分发挥治具的功能及效果，必须对治具有精确严密、科学的设计，很多治具还得配合部品材料的公差，及操作的方便性加以设计，如：铆接治具，如果没有配合公差，铁片的取置可能不方便，或铆接偏歪，固线治具的设计既要考虑方便作业，不易损坏变形，亦要考虑锦丝线的弧度能够长短一致，且在承受最大功率时，锦丝线不会因其长度不符而对喇叭性能产生影响或不良之异常，总之，治具的设计必须要能满足正常生产之需，不能因治具的设计不合理而影响正常的生产流量或品质异常，这就要求技术课设计者具有丰富的经验及严谨的工作态度，慎重的对待治具。