

# 16—25岁青年人純音听觉閾限的測定\*

## 1. 仿真耳等价曲綫

龍叔修 王鐸安

(中国科学院心理研究所)

純音的听觉閾限是一切与听觉有关的研究工作的基本数据之一,对于通訊器材的設計、医用測听器的校准和聋症的診斷等也具有很大的实用价值。

美国早先的 Sivian & White<sup>[1]</sup>, Steinberg 等<sup>[2]</sup>近年的 Harris<sup>[3]</sup>, Glorig 等<sup>[4]</sup>, 和 Corso<sup>[5]</sup>, 苏联的 Шейвехман 等<sup>[6]</sup>, 英国的 Dadson 等<sup>[7]</sup>, Wheeler 等<sup>[8]</sup>, 法国的 Chavasse 等<sup>[9]</sup>, 都进行过純音听觉閾限的測定工作。根据測試的規模和所用方法, 过去的研究可以分为两大类, 一类是調查性质的, 一类是實驗室研究性质的。前者被試者人数較多, (千人以上) 但挑选較不严格, 沒有事先的訓練, 声音的頻率較少(5—9个), 每个頻率呈現的次数少, 時間短, 增減的步度較大, 隔音条件較差。后者的規模較小, 但被試者挑选較严格。調查性质的研究所得到的閾限較實驗室性质的研究所得到的閾限一般約高 10 分貝左右。前者可說是代表一般情况下的純音听觉閾限, 后者可說是代表最佳情况下的純音听觉閾限。

1958年9月—12月我所听觉小組在电子所、北京医学院、北京市耳鼻咽喉医院等单位的协助下进行了一次規模較大的測听工作。从研究工作的規模看来(1843人), 我們的工作是属于調查性质的, 但我們也尽可能要求精密一些。目前測听工作和統計工作已經結束。根据用仿真耳(丹麦 Brüel & Kjaer 出品 4109 型) 測定耳机声压的結果算出来各种頻率的最小可听声压, 并且画成了一根二十岁左右的中国人的通过仿真耳測定声压的听閾曲綫。但是同一耳机上, 同一交流电压, 在人耳鼓膜或外听道內所产生的声压和在仿真耳內所产生的声压是不同的, 决定于这两个空腔的声学特性的差异。用仿真耳測定声压所得到的曲綫作为人耳听閾曲綫的“等价曲綫”, 已經可以在通訊器材及听觉仪器的設計和刻度上应用, 但是它的声压数值并不代表人耳的听閾。我們所要做成的二十岁左右中国人的“正常听力图”在測定人耳外听道內声压以后, 可以作出(另文报导)。

### 仪器装置及測試方法

声音刺激由苏联制的 3Г-12 型音频发生器产生, 音频发生器上附有衰減范围为 102 分貝的衰減器。电流輸入 6 只并联的苏联制的 TA-4 型的电磁式耳机, 耳机外附有海綿橡皮制的耳罩, 与耳机并联的还有一个可变电阻, 一个刺激键和一个真空管电压表(亞美厂出品 AB-9 型)。改变与耳机并联的电阻, 輸入耳机的电压就发生变化, 在电压表上可

\* 参加这项測定工作的尚有夏佩玉、方至等同志。电声技术方面由电子所負責。耳科检查由北医和耳鼻喉医院医师担任。

以讀出輸入耳机的电压 (圖 1)。

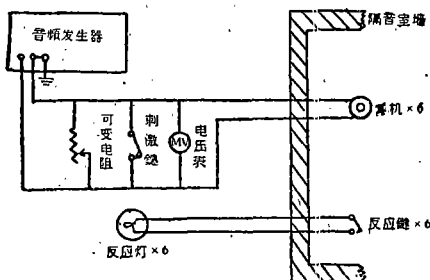


圖 1 測听仪器裝置圖

接通刺激鍵时,声音电流被它所傍路;放开刺激鍵时,声音电流輸入耳机。我們发现刺激鍵并联时比串联时所产生的滴声小的多,并且在达到閾限以前就已經听不見了,所以不会影响測听結果。

所用的純音共有 10 种頻率,即: 125, 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000 和 12000 赫。耳机在这些頻率上的灵敏度是不等的, 6 只耳机彼此間也有些差异。我們用仿真耳所得到的

灵敏度列入表 1 中:

表 1 用仿真耳測定的耳机灵敏度<sup>1)</sup>

灵敏度 (微巴/伏)	頻率									
	125	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000	12000
I	90	75	50	33	17	18	4.0	.16	.25	.37
II	88	81	59	37	16	17	4.4	.20	.32	.45
III	80	62	47	38	13	18	3.7	.16	.30	.43
IV	90	68	48	39	10	23	4.0	.16	.41	.28
V	90	81	57	23	16	17	3.8	.16	.32	.45
VI	100	81	56	21	17	15	3.2	.16	.15	.62

測定耳机灵敏度的仪器裝置如图 2。

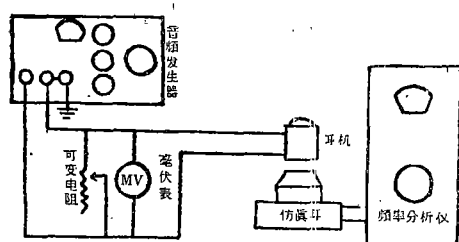


圖 2 測定耳机灵敏度的仪器裝置圖

仿真耳的电容传声器把耳机送入的声音变为电流, 这个电流的电压在頻率分析仪 (丹麦 Brüel & Kjaer 出品 2105 型) 內經過放大后讀出, 通过仿真耳特性数据<sup>2)</sup>可以換算出耳机在仿真耳內所产生的声压。命这个声压为  $p$ , 毫伏表的讀数为  $u_0$ 。

$$\text{耳机灵敏度} \left( \frac{\text{微巴}}{\text{伏}} \right) = p(\text{微巴}) \div u_0(\text{毫伏}) \times 1000$$

測試方法是下行的極限法, 每次衰減 5 分貝, 直到 6 名被試都听不見了为止。第一次

- 1) 耳机的电阻为 2200 歐。
- 2) 仿真耳(Brüel & Kjaer 4019 型) 特性:

頻 率	125	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000	12000
毫 伏 / 微 巴	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.9	2.0	1.9	1.6	0.7

刺激的強度是根据文献和我們初步測試的結果决定的<sup>1)</sup>。为了产生这个声音強度而輸入耳机的电压則是根据用仿真耳測定耳机声压的結果<sup>2)</sup>确定的(表 2)，因为 6 个耳机的灵敏度各不相同，而我們只能同时向它們輸送同样的电压。所以各耳机所产生的声压是不同的，在后来統計結果的时候必須分开換算。

每次刺激約延續 2—6 秒，两次刺激間約間歇 2—4 秒。开始时較快，到接近闕限时，刺激時間和間歇時間約略延长。刺激時間和間歇時間的变化可以避免形成对時間的条件反射。

表 2 測听起点的強度和相应的耳机輸入电压

頻 率 (赫)	125	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000	12000
以 1 微巴为基准的強 度級 (分貝)	+15	-5	-30	-35	-40	-30	-40	-40	-35	-20
声 压 (微巴)	5.6	.56	.032	.018	.01	.032	.01	.01	.018	.10
輸 入 电 压 (毫伏)	53	8.5	.59	.51	.85	2.5	5.7	145	165	510

表 3 用仿真耳測定的耳机声压

頻 率	125	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000	12000	
耳机在測听起点輸入 电压 (毫伏)	53	8.5	.59	.51	.85	2.5	5.7	145	165	510	
耳 机 在 仿 真 耳 中 所 产 生 的 声 压 (微 巴)	I	4.8	.64	.029	.017	.015	.045	.023	.023	.041	.19
	II	4.7	.69	.035	.019	.014	.042	.025	.029	.053	.23
	III	4.2	.53	.028	.019	.011	.045	.021	.023	.050	.23
	IV	4.8	.58	.028	.020	.009	.058	.023	.023	.068	.14
	V	4.8	.69	.034	.013	.014	.042	.022	.023	.053	.23
	VI	5.3	.69	.033	.011	.015	.037	.018	.023	.025	.32

按照隔音室的容量每次可以同时測被試 6 人，被試在听到声音刺激时就閉合反应鍵，这时操作台上相应的反应灯就燃亮，听不到声音时被試就放开反应鍵，反应灯也随之熄灭。当刺激衰減到一定程度后，有的被試就听不見了，表现为刺激发出后，被試沒有反应。

1) 原定各頻率第一次刺激強度是：

頻 率	125	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000	12000
強 度 級	-5	-20	-30	-35	-40	-40	-35	-30	-25	-10

即在 Sivian & White 所作最小可听声压綜合曲綫以上約 30 分貝，初步測定 392 人結果表明被試們听力与上述曲綫有懸殊，为实验方便起見，把各頻率第一次刺激強度改如表 2 第二行。

2) 原采用了近于 6 个耳机平均的数值作为共同的灵敏度。从它算出了产生在測听起点所用的声音強度所必需的耳机輸入电压，如表 2 第四行。但由于換一个新仿真耳后，各耳机灵敏度数值有些变动，所采用的不再相当于它們的平均数值。因为这不过是測試起点問題，所以不影响听閾。

主試記下这时的衰減数值<sup>1)</sup>,作为該被試在該頻率的原始測听数据。

主試 2 人,一人改变声音的頻率和強度,一人发出刺激和記錄被試的反应。記錄举例如表 4。

每次先測一只耳朵。測完一耳后,稍事休息,再測另外一只耳朵。每次測試約需 15—20 分钟。先測左耳的和先測右耳的按試驗日輪流进行,两者人数相近,先測左耳的 862 人,先測右耳的 981 人。

在測試前对被試說明測听的意义,刺激的性質,耳机的戴法和反应方法,然后練習几次,等他們都了解作法后就开始測試。在測試过程中或測試后,如果发现被試反应錯誤或电路发生故障等情况,就重作一次,或将結果划去不作統計。

如果一个被試(如表 4 中的第 6 名被試)对某一次頻率声音的第一次刺激就沒有反应,他的結果就不列入統計,因为經過事后詢問的結果,发现他們多数是由于耳病史或其他原因而致听力不正常的。

被試分坐在两个大同小异的活動隔音室中。其中之一曾請电子所作过声学鑑定。它在 250—2000 赫范围内的平均隔音能力为 52 分貝,混响时间在 0.2 秒以下。

在試驗前或試驗后由耳科医生进行检查。凡发现患有耳膜穿孔,耳膜严重凹陷,严重聾聵堵塞,严重的鼻炎和扁核腺炎的被試,以及曾受过噪音創伤(如当过炮兵或鍋炉厂工人等),和有过損伤听力的病史或藥物中毒史的被試都不参加試驗,或将結果划去不作統計。淘汰率約为 13%。

表 4 測听記錄样张

先左后右 1958 年 12 月 21 日 10 时 52 分—11 时 10 分

姓名 \ 頻 率	125	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000	12000
包 × × 男 18	25	20	15	20	20	30	30	25	40	20
	25	25	20	30	30	35	35	30	40	35
宋 × × 男 19	20	20	15	25	20	25	30	25	20	20
	30	25	30	30	20	30	35	35	10	35
伍 × × 男 18	25	20	20	35	20	25	30	30	35	45
	20	25	25	35	30	30	25	30	40	15
王 × × 男 22	20	20	25	30	20	30	30	35	25	25
	30	35	30	30	20	30	40	35	15	5
樊 × × 男 21	25	25	25	25	10	20	30	30	40	45
	30	30	30	30	20	25	30	25	40	35
宁 × × 女 21	25	25	10	10	10	20	20	15	25	0
	15	15	15	15	15	30	25	20	35	0

被試是 16—25 岁的男女青年,具有高中以上的文化程度,絕大多数是大中学生,少数

1) 这些数值是測試起点(第一个刺激的強度)下的分貝数。

人是科学工作者和机关干部。可统计的结果共有 1843 人,其中男 1241 人,女 602 人。

### 结 果 及 讨 论

我们用均数作为听觉阈限,用标准差来表示原始测听数据的离中趋势。计算均数的公式如下:

$$T_f = \frac{\Sigma x + \Sigma 40 n_i \log \frac{p_i}{p_f}}{2N} + L_f + 2.5$$

式中,  $T_f$  为某频率的阈限,单位为分贝,以 1 微巴为基准;  $x$  为各耳机的原始测听数据(见表 4) 单位为分贝;  $n_i$  为使用各耳机的人数;  $p_f$  为该频率的预定测听起点的声压(见表 2 第三行) 单位为微巴;  $p_i$  为用仿真耳实际测得的各耳机在测听起点的声压(见表 3);  $N$  为总人数,等于 1843;  $L_f$  为该频率的测听起点的声级(见表 2 第二行),单位为分贝,以 1 微巴为基准;最后一项的单位为分贝,加上它的原因是由于原始测听数据所记录的是被试者开始听不见的衰减分贝数,而每次衰减的步度是 5 分贝。

各只耳机使用人数 ( $n_i$ ), 原始测听数值总和 ( $\Sigma x$ ) 和声压级校正数 ( $20 \log \frac{p_i}{p_f}$ ) 如表 5:

表 5

耳机号数	频 率	125	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000	12000	$n_i$
I	$\Sigma x$	-16020	-17215	-13825	-17780	-14760	-19285	-18000	-20625	-18360	-20290	341
	$20 \log \frac{p_i}{p_f}$	-1.3	+1.2	-.71	-.50	+3.5	+3.0	+7.2	+7.2	+7.1	+5.5	
II	$\Sigma x$	-16090	-17260	-13920	-16970	-13820	-17860	-17355	-19920	-17595	-19465	333
	$20 \log \frac{p_i}{p_f}$	-1.5	+1.8	+.78	+.47	+2.9	+2.5	+8.0	+9.2	+9.4	+7.2	
III	$\Sigma x$	-4280	-15355	-12820	-16535	-11680	-15205	-17110	-18775	-17695	-17935	317
	$20 \log \frac{p_i}{p_f}$	-2.5	-.48	-1.2	+.47	+.80	+3.0	+6.4	+7.3	+8.8	+7.2	
IV	$\Sigma x$	-15675	-17025	-13775	-16540	-11690	-18005	-17885	-18710	-18460	-18980	322
	$20 \log \frac{p_i}{p_f}$	-1.3	+3.0	-1.2	+.92	-.91	+5.1	+7.2	+7.2	+11.5	+2.9	
V	$\Sigma x$	-15385	-16285	-13300	-15945	-12000	-16075	-16870	-18160	-17780	-18435	309
	$20 \log \frac{p_i}{p_f}$	-1.3	+1.8	+.53	-2.8	+2.9	+2.5	+6.8	+7.2	+9.4	+7.2	
VI	$\Sigma x$	-12415	-13845	-10665	-11335	-10315	-11110	-11115	-12510	-13165	-13770	221
	$20 \log \frac{p_i}{p_f}$	-0.48	+1.8	+.27	-4.3	+3.5	+1.4	+5.1	+7.2	+2.9	+10.1	

我們計算了全体被試者閾限的均数和标准差。为了比較起見, 还分別計算了男女和左右耳的平均閾限。我們发现男女的差別和左右耳的差別是不显著的(見表 6)。

表 6 平均閾限和标准差表

頻率 閾限	125	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000	12000	人数	先作 左耳	先作 右耳
男	-5.5	-28.0	-49.5	-59.0	-56.0	-51.5	-57.5	-59.5	-52.5	-40.0	1241	567	674
女	-6.0	-27.0	-48.0	-59.0	-55.5	-51.0	-57.0	-59.5	-51.5	-41.0	602	295	307
左耳	-5.0	-27.5	-48.5	-59.0	-56.0	-51.0	-57.0	-59.0	-52.0	-40.5			
右耳	-6.0	-28.0	-49.0	-59.5	-56.0	-51.0	-57.5	-59.5	-52.0	-40.5			
合 均 数	-6.0	-28.0	-49.0	-59.0	-56.0	-51.0	-57.0	-59.0	-52.0	-40.5	1843	862	981
計 标准差 ±	7.1	6.9	5.2	5.9	7.3	6.7	8.9	7.9	10.6	9.5			

根据上表中全体被試者的均数作出中国人听閾的仿真耳等价曲綫如图 3。

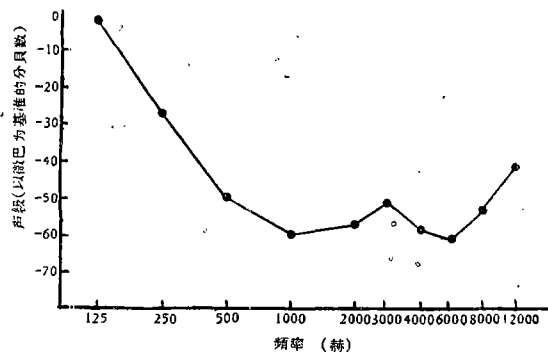


图 3 20 岁左右中国人听閾的仿真耳等价曲綫

## 参 考 文 献

- [1] Sivian, L. J. & White, S. D., On minimal audible fields, *Journal of the Acoustical Society of America*, 1933, vol. 4, (288—321).
- [2] Steinterg, Montgomery and Gardner, Results of the Worlds Fair Hearing Tests, *Journal of the Acoustical Society of America*, 1940, 12, (291).
- [3] Harris, J. D. Normal Hearing and Its Relation to Audiometry, *Laryngoscope*, 1954, 64, (928).
- [4] Glorig, A., Quiggle, R., Wheeler, D. E. and Grings, W., Determination of the Normal Hearing Reference Zero, *Journal of the Acoustical Society of America*, 1956, 28, (1110).
- [5] Corso, J. F., Proposed Laboratory standard of Normal Hearing, *Journal of the Acoustical Society of America*, 1958, 30, (14).
- [6] Шейвехман, Б. Е., Глекин, Г. В., Мейзеров, Е. С., Определение средних величин минимальной интенсивности звуков, воспринимаемой человеком в тишине, *Труды института Биологической физики*, 1955, 1, (238).
- [7] Dadson, R. S. and King, F. H., A Determination of the Normal Threshold of Hearing and Its Relation to the Standardization of Audiometers, *Journal of Laryngology and Otology (London)*.

- [ 8 ] Wheeler, D. T. and Dickson, E. D. D., The Determination of The Threshold of Hearing, Journal of Laryngology and Otology (London), 1952, 66, (379).
- [ 9 ] Chavasse, P. O., Lehmann, R., Contribution a L'étude du Zero Absolu des Audiometers, Acustica, 1957, 7, (132).
- [10] По электроакустической измерительной аппаратуре и по прибору "Искусственное ухо", труды комиссии по акустике, 1955, 8, (101).
- [11] Варшавский, Л. А. и Глекин, Г. В.; Особенности градуировки телефонов динамического типа на естественном ухе и на приборе "Искусственное ухо", Труды комиссии по акустике, 1955, 8 (91).
- [12] Beranek, L. L., Acoustic Measurements, 1956, (730—748).
- [13] The Normal Threshold of Hearing For. Pure Tones by Earphone Listening, British Standard 2497, 1954.

(1959 年 12 月 8 日收到)

## ИЗМЕРЕНИЕ СЛУХОВЫХ ПОРОГОВ МОЛОДЕЖИ 16—25 ЛЕТ

### I. ЭКВИВАЛЕНТНАЯ КРИВАЯ, ПОЛУЧЕННАЯ ПРИ ГРАДУИРОВКЕ ТЕЛЕФОНОВ НА "ИСКУССТВЕННОМ УХЕ"

Луң Шу-сю и Ван Ду-ань

(Институт психологии АН КНР)

Данная статья сообщает первый результат работы по измерению слуховых порогов. Общее число испытуемых в возрасте от 16 до 25 лет составляло 1843 молодёжи. Использовали электромагнитные наушники типа ТА4, проградуированные на "искусственном ухе". Во время эксперименты испытуемые находились в звуконепроницаемой камере.

Из средней арифметической величины порогов разных частот была получена эквивалентная кривая. Не наблюдались значительные различия, когда отдельно подсчитывалось среднее слуховых порогов юношей и девушек или среднее порогов левого и правого уха.

**A DETERMINATION OF THE NORMAL THRESHOLD OF  
HEARING OF YOUNG PEOPLE 16—25 YEARS OF AGE  
I. EQUIVALENT CURVE BY ARTIFICIAL  
EAR CALIBRATION OF EARPHONES**

LUNG SHU-SHUI AND WANG DO-AN

*(Institute of Psychology, Academia Sinica)*

The first part of a work measuring the normal threshold of hearing is reported. Usable results were obtained from 1843 young people 16—25 years of age. Common electromagnetic earphones were used. The calibration was done on a Bruël and Kjaer artificial ear. During the test, subjects were seated in a sound-proof chamber.

An "equivalent curve" is plotted from the overall arithmetic means for different frequencies. On calculating the means separately for the male and female sexes and for the right and left ears, no significant differences are found.