语言清晰度试验中数据有效性检验方法的研究

宋拥民
(上海现代建筑设计(集团)有限公司 章奎生声学设计研究所,上海,200041)

摘要: 语言清晰度试验是评价语言交流场所音质优劣最直接的方法,而试验数据有效性检验是语言清晰度得分统计平均的基础。本文采用标准差检验、邻差型检验和半极差型检验这三种方法对语言清晰度试验数据进行了有效性检验,并对异常数据的处理也进行了讨论。结果表明对于语言清晰度试验数据的有效性,邻差型检验或半极差检验优于标准差检验,而以邻值替代异常数据则更接近实验原始数据。

关键词: 语言清晰度;数据有效性;标准差检验;邻差型检验和半极差型检验
中图分类号: **文献标识码**: A **文章编号**: 1000-3630(2008)-01-0076-03

An approach to validity test of speech articulation testing data

SONG Yong-min
(ZHANG kui-sheng Acoustic Design and Research Studio, Shanghai XianDai Architectural Design(Group) Co. Ltd, Shanghai 200041, China)

Abstract: Speech articulation test is the most direct way to do acoustics evaluation in places for speech communication. Average speech articulation scores can be obtained from the statistical analysis results based on the validity test of the experimental data. The validity tests of speech articulation experimental data are made with the methods of standard deviation test successively, difference test from adjacent data and extreme-mean difference test successively. Abnormal data processing is also discussed. It is shown that the diff-erence test from adjacent data and the extreme-mean difference test are better than the standard devi-ation test for the validity test of the speech articulation experimental data. And the processing samples are closer to the initial experimental data when abnormal data are substituted by adjacent values.

Key words: speech articulation; validity of experimental data; standard deviation test; difference test from adjacent data; extreme-mean difference test

1 引 言

语言清晰度是评价语言交流场所音质优劣最主要的参量,而语言清晰度最直接的测量方法是语言清晰度试验[1]。在语言清晰度试验中由发音人朗读 KXY 表,听音人记录所听到的 3 个音节。对听音人的记录结果按照百分制打分,对所有听音人的得分进行统计平均就可以得到平均语言清晰度得分。语言清晰度得分的高低反映了某种试验条件下听闻环境的优劣。

收稿日期: 2007-08-07; **修回日期**: 2007-11-10
作者简介: 宋拥民(1976-),男,湖北人,博士,主要从事厅堂音质、噪声与振动控制工程设计与研究工作。
通讯作者: 宋拥民, E-mail: asong1102@163.com

在语言清晰度试验中,听音人的数量通常都不会很多,一般都不超过 25 人,国家标准对听音人的数量也仅要求不少于 10 人,因此,语言清晰度试验基本上都属小样本试验。对这种小样本试验,测试数据有效性的检验就尤为重要。而小样本试验数据有效性检验的方法常用的有标准差检验、邻差型检验和半极差检验[2]这三种。本文比较了这三种检验方法对同一组试验数据有效性检验结果的差异,并对异常数据的处理方法也进行了探讨。

2 三种数据有效性检验方法

语言清晰度试验是一种主观心理实验。在主观实验中,通常将实验条件称为因子,而把实验状态称为

水平。在研究语言清晰度的影响参数时，信噪比、混响时间以及声压级都是实验因子，而信噪比、混响时间以及声压级的不同取值就是不同的实验水平。对于这种多水平的单因子实验，在实验设计中，就是把被试随机地安排在几个水平上接受实验，以便考察实验因子的各个水平在主观效应上是否存在差异。

设对因子 A 进行 a 个水平的主观实验，每个水平上安排 n 个被试，被试的选择以及测试顺序完全随机。这样，对于因子 A 就有 a 个处理，每个处理上有 n 个观测值，总共得到 a×n 个数据。对这 a×n 个数据组成的单因子多水平的主观实验，首先需要进行数据异常值的检验。检验方法通常有标准差检验、半极差型检验和邻差型检验三种方法。

标准差检验是基本的检验方法，由平均值与三倍标准偏差确定有效数据的范围，落在范围之外的数据为异常数据。设待检验数据从小到大排列，并标记为 $X_1, X_2, \cdots\cdots X_n$，通常情况下，先进行 X_1 和 X_n 的检验，检验公式如下：

$$r_1=|x_1-\bar{x}|-3s \tag{1}$$

$$r_n=|x_n-\bar{x}|-3s \tag{2}$$

当 $r_1>0$（或 $r_n>0$）时，可以认为 X_1（或者 X_n）为异常数据。在去掉异常数据后再对剩下的数据进行最大最小数据有效性检验，直至检验出所有的异常数据。标准差检验也是国家标准[1]建议用来检验语言清晰度试验数据有效性的方法。

半极差型检验和邻差型检验也是单因子多水平实验常采用的分析方法，尤其适用于 25 种以下实验水平的主观实验。

邻差型检验由狄克逊（Dixon）提出，其数据有效性检验的基本思想是：被怀疑为异常值的数据与其（取值）相邻的数据之差大小可以用来作为判断它是否为异常值的依据，而样本中最大值与最小值的差值和样本标准偏差 s 一样反映了数据的离散程度，因此可以用来反映总体的标准差 σ 的大小。其检验步骤为：

（1）将待检验数据按由小到大顺序排列，不妨标记为 $X_1, X_2, \cdots\cdots X_n$；

（2）按照表 1 所示的邻差型检验统计量表分别计算最大值 X_n 和最小值 X_1 的邻差（仅列出样本数为 8~25 的计算方法）；

（3）由邻差型检验的临界值 c 检验最大值 X_n 和最小值 X_1 是否为异常值。临界值 c 可由邻差型检验的临界值表查得；

（4）重复 2）~3）步骤，直至检验出所有的异常数据。需要注意的是，在检验出异常数据后再进行邻差型检验时，要依据新的样本数量选择表 1 中对应的检验公式，同时邻差型检验的临界值也要依据新样本数重新核对。

半极型差检验也是检验异常值的一种方法，由格鲁布斯（Grubbs）提出，通常按照以下两步骤进行：

（1）先将数据按从小到大顺序排列，计算全部测试数据的平均值 $\bar{x}$ 与标准偏差 s；

（2）分别检验 X_1 和 X_n，检验公式如下：

$$r_1=\frac{\bar{x}-x_1}{s} \tag{3}$$

$$r_2=\frac{x_n-\bar{x}}{s} \tag{4}$$

当 r_1（或 r_2）大于由格鲁布斯提出的临界值 c 时，可以认为 X_1（或者 X_n）为异常值。去掉异常值后必须对剩余数据再进行半极差型检验，直到找出所有异常值。

表 1　邻差型检验统计量表

Table 1　Deviation test statistics between adjacent data

记号	样本数 n	检验最小值 X_1	检验最小值 X_n
r_{11}	8~10	$\frac{X_2-X_1}{X_{n-1}-X_1}$	$\frac{X_n-X_{n-1}}{X_n-X_2}$
r_{21}	11~13	$\frac{X_3-X_1}{X_{n-1}-X_1}$	$\frac{X_n-X_{n-2}}{X_n-X_2}$
r_{22}	14~25	$\frac{X_2-X_1}{X_{n-2}-X_1}$	$\frac{X_n-X_{n-2}}{X_n-X_3}$

3　三种检验方法的比较

以上三种检验方法都可以用来判定语言清晰度试验数据的有效性。但三种检验方法检验实测数据时检测结果是否存在差异则未可知。为此，特对某次语言清晰度试验中的测试数据[3]（见如表2）采用上述三种检验方法进行数据有效性检验，分别查半极差型检验和邻差型检验临界值表，可以得到 12 个样本条件下邻差型检验的临界值为 0.642，半极差型检验的临界值为 2.636。依据临界值可以分别判定测试数据的有效性，其检验结果如表 3 所示。

由表 3 可见，半极差型检验结果与邻差型检验结果一致，均判定 X_1 为异常值，但采用标准偏差检验则无法检验出此异常值。

表 2 某次语言清晰度试验中的测试数据

Table 2 Experimental data in one speech articulation test

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
74.7	84.0	85.3	85.3	86.7	86.7	88.0
X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	$\bar{x}$	σ
88.0	88.0	89.3	90.7	92.0	86.6	4.4

表 3 三种检验方法对表 2 所列数据有效性的检验结果

Table 3 Validity test of data shown in tab.2 using three test methods

	r_1	r_2	X_1 检验	X_{12} 检验	备注
标准差检验	-1.28	-7.69	有效值	有效值	r<0 时,数据有效
邻差型检验	0.666	0.333	异常值	有效值	r<0.642 时,数据有效
半极差型检验	2.710	1.244	异常值	有效值	r<2.636 时,数据有效

4 异常数据的处理

对于采用邻差型检验或半极差型检验出的异常数据,通常采用直接剔除或以其他值替代的方法来处理。但是直接剔除的缺点在于:由于样本本身的随机性,可能确实存在过大或过小的数据,如果将那些可能确实存在的小值(或大值)直接去掉,会使整个测试结果与实验真值的偏差更大。而如果采用以剩余数据的平均值来替代异常数据也存在同样的问题。因此本文建议采用以最邻近的数据来替代异常数据 (假设所有测试数据已按照从小到大顺序排列),一方面替代数据与异常数据大小最接近,数据替代前后引起的误差是最小的,表 4 为对表 2 所列数据的异常值 X_1 采用不同替代后均值与标准偏差的变化。显然采用最邻近值 X_2 替代前后的误差最小。另一方面,替代数据在数列中的顺序或性质与异常数据无异,异常数据为数列中最大(最小)数据,替代值同样为数列中最大(最小)数据。因此,采用最邻近数据替代异常数据是较好的一种处理方法。

表 4 异常数据的不同替代方法引起的误差

Tablr 4 Error caused by substitution of abnormal data

	均值	相对误差	标准差	相对误差
直接剔除	87.6	1.15%	2.4	45.45%
均值替代	87.6	1.15%	2.3	47.73%
邻值替代	87.3	0.81%	2.5	43.18%

*表 4 中相对误差为采用不同替代方法处理后新样本的平均值(或标准偏差)与替代前原始数据的平均值(或标准偏差)之间的相对误差。

从表 4 可知,采用邻值替代异常值后,处理数据的平均值与原始数据平均值的相对误差只有 0.81%,小于直接剔除和均值替代的 1.15%;而标准偏差,以邻值替代产生的误差最小,为 43.18%,而均值替代产生的误差最大,达到 47.73%。可见,采用邻值替代异常值是最接近实验原始数据的一种处理方法。

5 结 论

在语言交流场所声环境的研究中,语言清晰度试验是评判场所内音质效果最直接的方法。但由于语言清晰度试验本身属于小样本的主观实验,而对测试数据进行有效性检验是获得语言清晰度得分的基础。

本文对实测数据分别采用标准差检验、邻差型检验和半极差型检验进行了有效性检验,结果表明邻差型检验和半极差型检验结果一致,而标准差检验相对比较宽松。因此建议在语言清晰度试验中优先采用邻差型检验或半极差型检验进行数据有效性检验。

对异常数据通常会采用直接剔除、均值替代和邻值替代这三种处理方法,通过对比三种处理方法处理后新样本的平均值与原始数据平均值以及新样本的标准偏差与原始数据的标准偏差之间的相对误差,可以看出采用邻值替代异常值是最接近实验原始数据的一种处理方法。因此,建议在语言清晰度试验中对异常数据采用邻值替代进行处理。

参 考 文 献

[1] GB/T 15508-1995 声学 语言清晰度测试方法[S].
GB/T 15508-1995 Acoustics-Speech articulation testing method[S].

[2] 同济大学概率统计教研室编著. 概率统计(第二版)[M]. 同济大学出版社, 2000.
Teaching and research group of probability and statistics, Tongji University. Probability and Statistics(2nd edition)[M]. Tongji University Press. 2000.

[3] 宋拥民. 教室室内最佳听闻环境的研究[D]. 上海: 同济大学声学研究所, 2006.
SONG Yongmin. Research on optimum acoustical environment in classroom[D]. Shanghai: Institute of Acoustics, Tongji University, 2006.