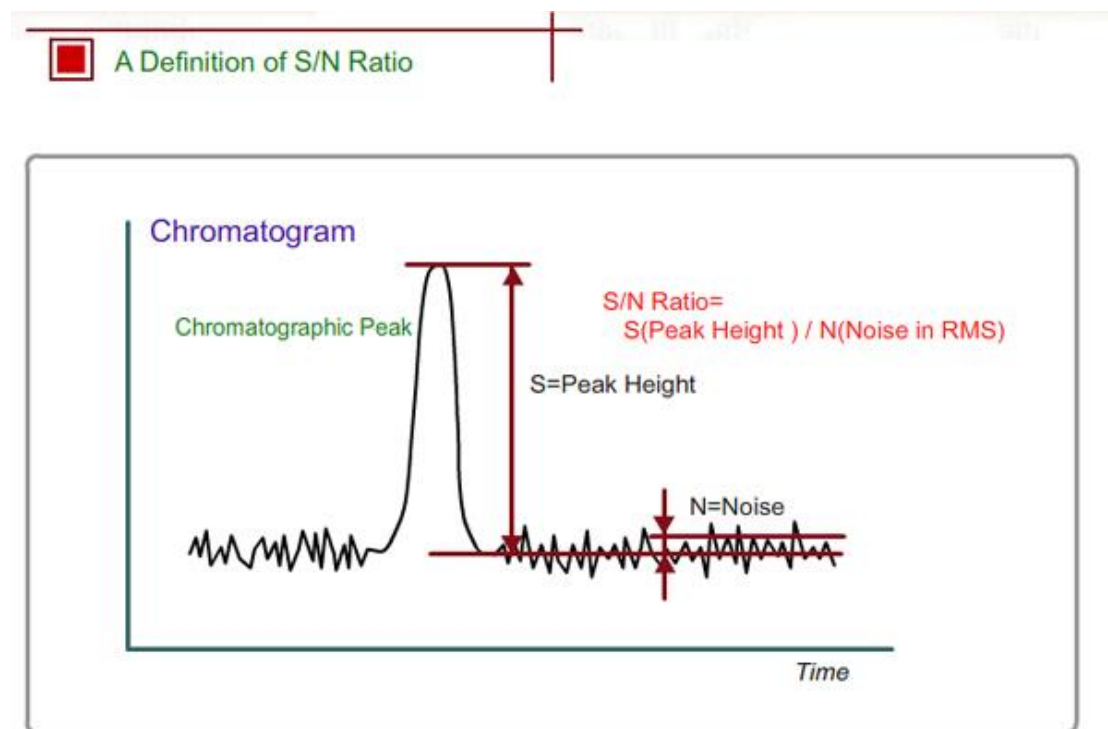


# 教育音频白皮书

## 一、名词解释

1、**信噪比（SNR）**：信噪比是指信号与背景噪声之间声压级的差值，背景噪声是指在发生、检查、测量或记录的系统中与信号存在与否无关的一切干扰<sup>[1]</sup>。如在教室中，信号指的是老师讲课的声音，噪声是指那些干扰老师讲课的声音。信噪比 SNR 以分贝（dB）形式表示，信噪比越高，清晰度越高。



2、**学生听课效率**：学生在单位时间内正确接收到的有用信息量，是清晰度得分与对应的响应时间的比率，是对教室语音质量传输有效性的表述<sup>[2]</sup>。

3、**听课难度**：学生对接收老师信息难易程度的评价，是对语言内容的主观印象，表示为一定难度的回答总数的百分比<sup>[3]</sup>。

4、**语言传输指数（STI）**：预测说话人发出的言语经过传输通路到达听者后的可懂度的客观度量。如在房间内讲话时，从声源到听众构成声传输通道<sup>[4]</sup>。STI 是衡量语音传输质量的一个指标，它的值范围为 0-1，值越大说明清晰度越好。

STI 值与语言传输质量的对应关系

IEC 60268-16 规定 STI 值与语言传输质量(主观评价)的对应关系见表

STI 值与语言传输质量分类的对应关系

U	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A	A <sup>+</sup>
0.36	0.40	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.64	0.68	0.72	0.76	

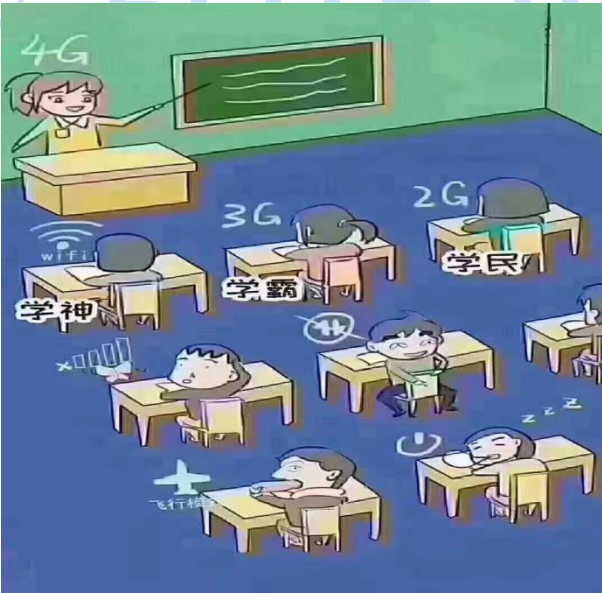
语言传输质量分类及适用范围

分类	STI 值	适用信息类型	典型应用案例	备注
A <sup>+</sup>	>0.76		录音室	极高的语言清晰度,大部分环境很难达到
A	0.74	复杂信息,不熟悉的词		
B	0.70	复杂信息,不熟悉的词	大剧院、话剧院、法庭、议会、听音辅助系统	高质量的语言清晰度
C	0.66	复杂信息,不熟悉的词	大剧院、话剧院、法庭、议会、电话会议系统	高质量的语言清晰度
D	0.62	复杂信息,熟悉的词	报告厅、教室、音乐厅	较好的语言清晰度
E	0.58	复杂信息,熟悉的语境	音乐厅、现代教堂	高质量的 PA 系统
F	0.54	复杂信息,熟悉的语境	购物中心的 PA 系统、开放办公空间、VA 系统、大教堂	VA 系统的目标值
G	0.50	复杂信息,熟悉的语境	购物中心、开放办公空间、VA 系统	VA 系统的下限
H	0.46	简单信息,熟悉的语境	建声较差条件下的 VA 和 PA 系统	
I	0.42	简单信息,熟悉的语境	建声非常差条件下的 VA 和 PA 系统	
J	0.38		不适用于 PA 系统	
U	<0.36		不适用于 PA 系统	

注:表中 PA 为 Public Address System,VA 为 Voice Alarm System。

5、**语言清晰度**：是指保证所必需的响度和满足扩声系统失真度指标的条件下对语言能够听清的程度。由发音人发出的语言单位(如音节、单字等)，经过语言传递系统，为听音人正确识别的比率。语言清晰度经验公式：语言清晰度=(正确听到的语言单位 / 全部语言单位)×100%<sup>[5]</sup>。学生课堂听讲清晰度感受，表现为学生是否很容易听清教师所讲内容。语言清晰度是衡量语言类厅堂（如教室）音质好坏的一个重要指标。

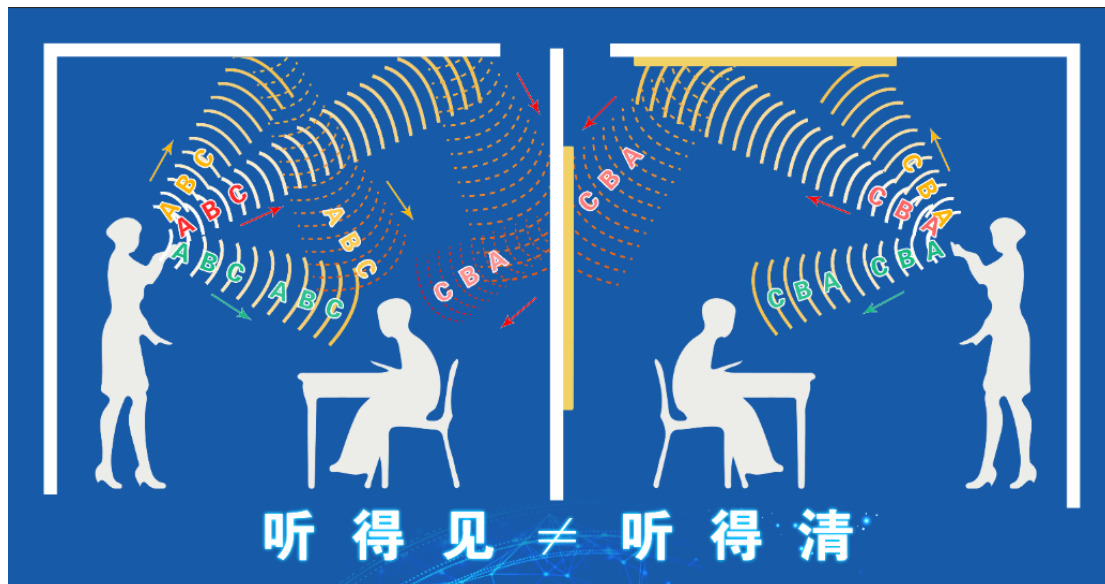
6、**语言可懂度**：对言语被理解比例的评价<sup>[6]</sup>。因为语言有连贯的意思，因此不必听清所有的音节便可完全听懂讲话，这种听懂讲话的程度叫做“可懂度”。<sup>[7]</sup>



6、**混响时间**：表示声音混响程度的参数量，当（室内）声场达到稳态，声源停止发声后，声压级降低 60 dB 所需要的时间称为混响时间。单位为秒（s）。混响时间的长短对室内的音质起着很重要的作用，一般而言，混响时间越短，声音会显得沉闷、枯燥，显得干瘪，使人容易感到疲劳；而混响时间越长，则会使声音前后叠加，产生模糊不清的感觉，使声音显

得浑浊，降低声音的清晰度。所以教室要有一个好的音质，必须要有较合适的混响时间<sup>[5]</sup>。

**8、回声：**声音在传播过程中，碰到反射面（如教室的墙壁和天花板等）在界面将发生反射，听者听到的由声源直接发出的声音称为直达声，直达声和反射声的时间间隔大于 0.1s 时，听者就能分辨出这两种声音，这时这种反射回来的声音称为回声<sup>[8]</sup>。



**9、延时：**声音较原来的状态延迟了一段时间称为声音的延时，根据延时时间不同，可以制作不同的声音效果，如合唱、镶边、回音等<sup>[9]</sup>。

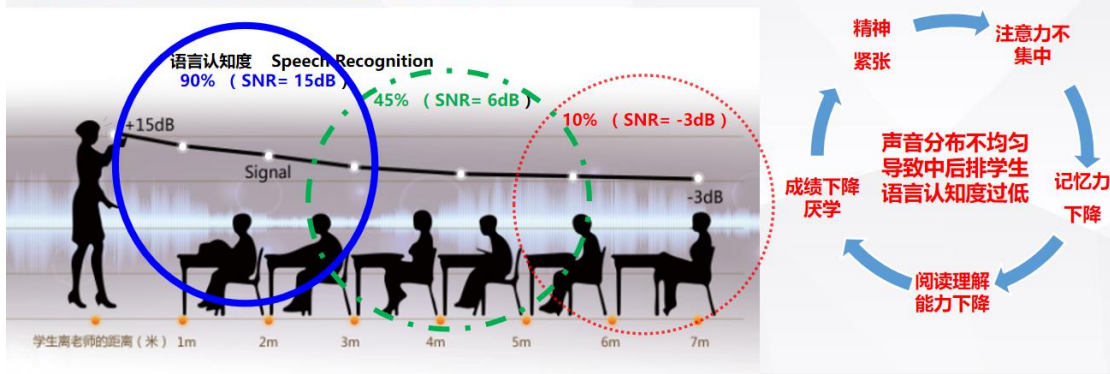
**10、dB:**分贝，是计量声音强度相对大小的单位<sup>[8]</sup>，如 0dB 是人耳能听到的最微弱的声音，微风轻轻吹过树叶的声音约 14dB，在房间中高声谈话（相距 1m 处）约为 68dB~74dB。

**11、声音传播过程中的衰减规律：**声音以声波的形式传播，声波是一种能量，在实际媒质中传播时，由于扩散、吸收、散射等作用，声波的能量随着离开声源距离的增加而逐渐衰减。而且在相同传播距离下，高频声能的衰减比低频大。在自由场中，点声源以球面波的形式扩散，距离每增加一倍，声压级将减少 6dB，而在混响场中声能的衰减是比较复杂的。另外声音在大气中传播时还得考虑大气的声吸收作用以及一些环境条件的影响<sup>[8]</sup>。

## 教室内教育不公平性

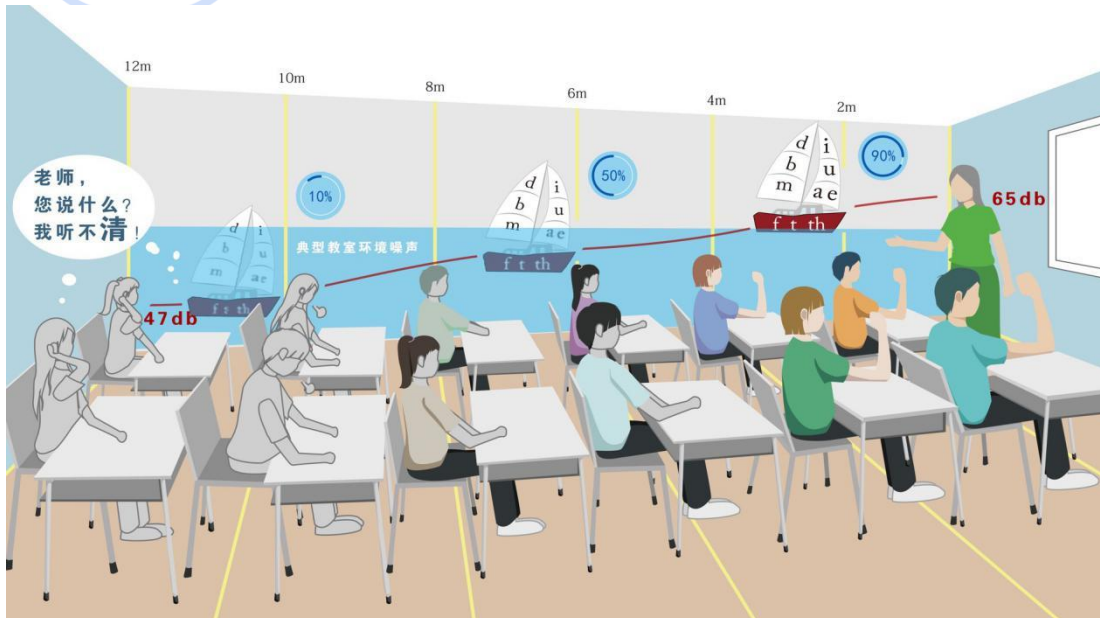
对声音（信噪比）有较高要求的群体：

- ◆学习外语
- ◆低年龄段孩子；
- ◆听力受损孩子；
- ◆性格内向孩子；
- ◆特殊群体（智力发育迟缓、智障等）



**12、元音和辅音：**元音，又称母音，元音发音时声带振动，是在发音过程中气流通过口腔而不受阻碍发出的音。如 a、o、e 等；辅音，又叫子音，气流从肺里出来不一定振动声带，通过口腔时受到一定的阻碍，这种主要依靠阻碍发出的音叫辅音。其中发音时声带振动的辅音称为浊辅音，如 d，声带不振动的辅音为清辅音，如 t<sup>[10]</sup>。

**13、辅音损失率%Alcons：**20 世纪 70 年代，荷兰学者 Peutz<sup>[11]</sup>发现清晰度与辅音的损失率有直接的关系，提出了辅音损失比(%Alcon)。辅音的错误率，听音人误判的辅音占全部测试辅音的百分比。直接反映室内语言清晰度的指标。因为能量集中于高频的辅音对语言清晰度有重要的作用<sup>[12]</sup>。由于辅音出现了识别上的错误，所以导致清晰度下降，辅音损失率越高，清晰度水平越低，辅音损失率越低，清晰度水平越高。Alcons 随着混响时间的延长和听者距离延伸而增大。



**14、环境噪声：**在工业生产、建筑施工、交通运输和社会生活中所产生的干扰周围生活环境的声音<sup>[13]</sup>。



二、常见问题

1、学校里有哪些常见噪声？

学校里常见的室外噪声有道路交通噪声（公共汽车噪声、小汽车噪声、火车噪声、轮船汽笛噪声等交通噪声）、飞机噪声、工业生产噪声（包括建筑工地施工噪声）、生活噪声、动物叫声；教室外学校内噪声源主要是隔壁教室、校内学生打闹、楼上教室、走廊楼梯传来的噪声以及操场学生活动造成的噪声；教室室内噪声主要包括师生活动噪声（同学说话声、粉笔摩擦黑板噪声、桌椅挪动声、脚步声、关门声等）教学设备噪声（投影仪、电脑等）、照明设备噪声、电风扇噪声、空调噪声等<sup>[14][4]</sup>。

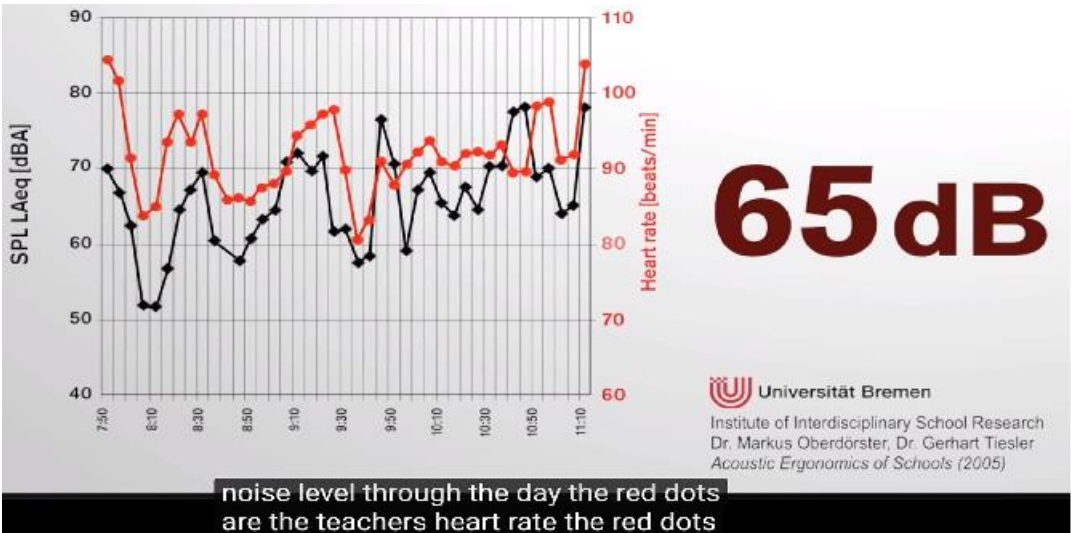
2、噪声对学生和老师有什么影响？

噪声对师生健康的影响。在噪声级较高的教室里，教师通常都担心自己的声音不够响亮，难以被学生听清楚，老师会不自觉增强讲课的声音，从而增加老师讲课的疲劳感，长此以往会增加其患咽喉疾病的风险<sup>[1]</sup>。长期处于噪声环境中则会影响到植物性神经系统，产生头痛、失眠及全身疲累无力等多种病症<sup>[7]</sup>。近年的研究指出噪声还可能会导致教师出现心率过快，血压升高等症状。高背景噪音对学生听课时的语言清晰度感受影响最大，进而影响学生对语言的接收和理解；噪声影响学生阅读、问题解决能力以及记忆的认知加工，噪声使学生的注意力造成分散，思维得不到集中，降低学习效率。另外噪声还会增加老师和学生的烦恼度，长期在噪声中活动，不利于师生的心理健康<sup>[14]</sup>。

表1 各大、专科院校，以及中小学教师常见职业病调查结果

年龄段	人数	颈间腰 椎病	痔疮	慢性咽 炎	高血压	下肢静 脉曲张	胃炎、 胃溃疡	心理疾 病
20至29 岁	402	6	38	107	1	0	11	23
30至39 岁	773	52	236	106	33	30	71	25
40至49 岁	734	195	80	288	74	42	171	18
50至59 岁	224	190	196	179	196	89	145	36





3、国际上和国内对教室声环境有什么强制性的标准？

国际上与教室声环境相关的标准有美国声学标准委员会颁布的 ANSIS12. 60-2002 教室声学标准<sup>[15]</sup>、英国颁布的教室声学设计规范《Building Bulzetin93》<sup>[16]</sup>。国内与教室声环境相关的标准有 GB50118—2010 《民用建筑隔声设计规范》<sup>[17]</sup>、GB 50099—2011 《中小学设计规范》<sup>[18]</sup>。

教室的理想混响时间										
不同国家或组织对体积在200m³以下的教室内混响时间的建议值 Recommended reverberation time of classrooms (volume below 200m³) by different countries										
国家或组织	WHO	美国	英国	法国	德国	意大利	葡萄牙	新西兰	比利时	日本
混响时间建议值/s	< 0.6	0.6	0.4~0.8	0.4~0.8	0.8~1.0	< 1.2	0.6~0.8	< 0.6	0.9~1.3	0.5~0.7

4、前排和后排学生听课效率是怎么计算出来的？

分别对位于前排和后排的学生进行听课效率的测试，即语言清晰度测试和相应反应时间的测量，听课效率即为清晰度得分/反应时间<sup>[2]</sup>。

5、混响时间过大对学生听课效率有何影响？

混响时间过大，会降低语言清晰度，增加反应时间，从而使听课效率下降<sup>[19]</sup>。

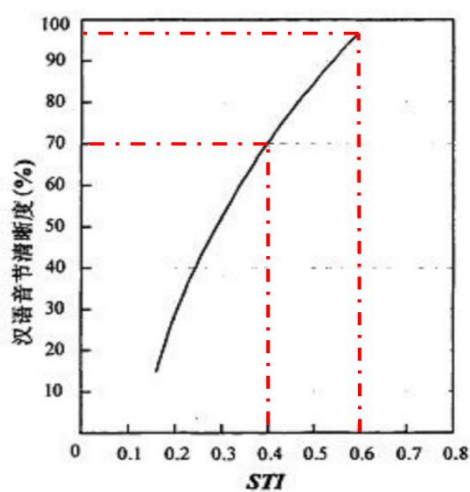
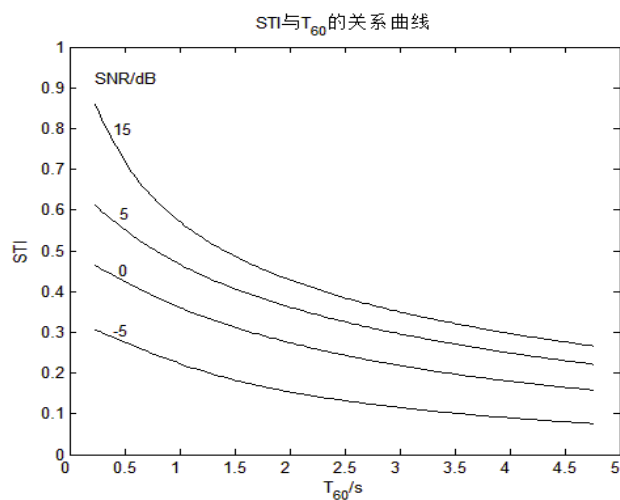


图 2.3 STI 与汉语音节清晰度的关系曲线

清晰度越高，可懂度越高

## 6、听课难度和声环境指标有什么关系？

听课难度与教室的信噪比、混响时间以及语言传输指数（STI）相关。其关系为听课难度随信噪比、STI 的降低和混响时间的增加而增加<sup>[20]</sup>。

GB/T 12060.16—2017

图 D.2 给出了 STI 与言语可懂度得分以及听音难度之间的关系。

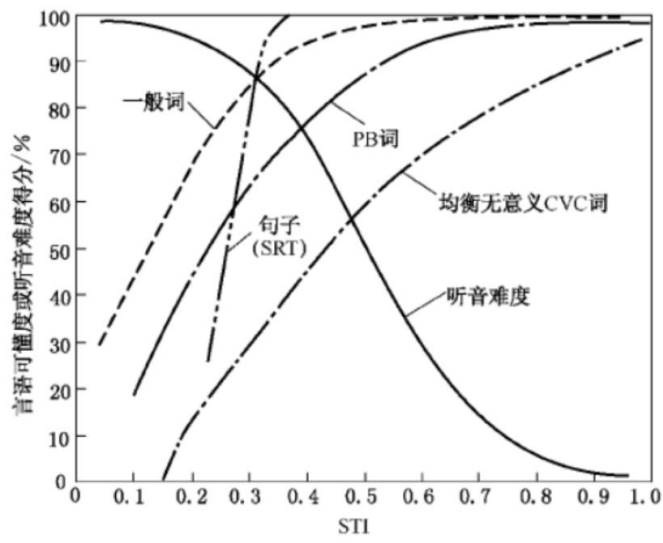


图 D.2 STI 与言语可懂度得分以及听音难度之间的关系<sup>[42,43]</sup>

在信噪比较低情况下要想获得较好语言认知度需要耗费学生大量的脑力,会造成后排学生用脑过度、情绪紧张、长此以往导致注意力不集中等现象。

7、健康绿色的教室声环境应符合什么标准？

健康绿色的教室声环境应符合较低的环境噪声水平（≤40dB），适当的混响时间，体积在 200 m<sup>3</sup> 以下的普通教室空场混响时间（500 ～ 1 000 Hz）不高于 0.8s，体积在 200 m<sup>3</sup> 以上的普通教室空场混响时间（500 ～ 1 000 Hz）不高于 1.0s<sup>[17]</sup>。较好的语言可懂度（STI≥0.62）<sup>[21]</sup>。体积在 200m<sup>3</sup> 以下的教室，要使室内语言清晰度比较理想，信噪比不得低于 15dB(A)<sup>[22]</sup>。要使室内语言清晰度比较理想，教室室内声压级的最佳取值范围为 65—75dB(A)<sup>[23]</sup>。教室的声场分布均匀，还应避免产生回声、多重回声、颤音、声聚焦等声学缺陷<sup>[5]</sup>。另外在教室的声学设计时还得考虑适当的通风以控制二氧化碳浓度，以及相应的美学和材料的安全性能。

混响时间T60、噪声级SPL、语言传输指数STI				
房间类型	房间容积（m <sup>3</sup> ）	空场500Hz～1000Hz混响时间	允许噪声（A声级，dB）	STI建议值
国家（际）标准		GB 50118-2010		IEC 60268-16:2011 GB/T 12060.16-2017
普通教室	≤200	≤0.8	≤45	≥0.62
	>200	≤1.0		
语言及多媒体教室	≤300	≤0.6	≤40	
	>300	≤0.8		
音乐教室	≤250	≤0.6	≤45	
	>250	≤0.8		
琴房	≤50	≤0.4	≤45	
	>50	≤0.6		
舞蹈教室	≤1000	≤1.2	≤50	
	>1000	≤1.5		



参考文献:

- [1]宋拥民. 教室室内最佳听闻环境的研究[D]. 同济大学, 2006.
- [2]Prodi Nicola.Intelligibility, listening difficulty and listening efficiency in auralized classrooms[J].J. Acoust. Soc. Am,2010,128(1):172-181.
- [3]Morimoto Masayuki.Listening difficulty as a subjective measure for evaluation of speech transmission performance in public spaces[J].J. Acoust. Soc. Am,2004,116(3):1607-1613.
- [4]徐欢. 中国中小城市教室声环境研究——以福清市 4 所典型中小学校为例[D]. 华侨大学, 2016.
- [5]赵新跃, 杨朝波. 现代教室声学环境对音质的影响评估. 计算机与教育:新技术新媒体的教育应用与实践创新——全国计算机辅助教育学会第十五届学术年会论文集. 福建: 2012-8.
- [6]沙沫. 言语可懂度在教室音质评价中的应用研究[J]. 设计, 2016, 5:142-143.
- [7]李姝颖. 高校中庭式教学楼室内声环境研究[D]. 长安大学, 2017.
- [8]杜功焕, 朱哲民, 龚秀芬. 声学基础[M]. 南京大学出版社:南京, 2001:168.
- [9]陈三强. 基于 DSP 的数字音效系统设计[D]. 湘潭大学, 2016.
- [10]林焱, 王理嘉. 语音学教程. [M]. 北京: 北京大学出版社, 2013.
- [11]Peutz V M A. Articulation loss of consonants as a criterion for speech transmission in a room[J]. Journal of the Audio Engineering Society, 1971, 19(11): 915-919.
- [12]孙广荣. 关于语言清晰度的客观评价量. [J]. 电声技术, 2017, 41 (1).
- [13]咸爱清, 唐笋翀. 环境噪声与评价方法. 全国声学设计与演艺建筑工程学术会议论文集. 苏州, 2016.
- [14]汪俊东. 小学教室声环境调查与评价[D]. 华南理工大学, 2013.
- [15]ANSI/ASA S12.60-2010, Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools, Part 1: Permanent Schools[S].US: American National Standards Institute (US-ANSI), 2010.
- [16]BB93, Acoustic design of schools: performance standards[S].UK:Department for Education, 2015.
- [17]GB50118-2010, 民用建筑隔声设计规范[S]. 北京: 中华人民共和国住房和城乡建设部, 2010.
- [18]GB 50099—2011, 中小学校设计规范[S]. 北京: 中华人民共和国住房和城乡建设部, 2011.
- [19]Prodi Nicola.On the perception of speech in primary school classrooms: Ranking of noise interference and of age influence[J].J. Acoust. Soc. Am,2013,133(1):255-268.
- [20]Sato Hayato.Relationship between listening difficulty and acoustical objective measures in reverberant sound fields[J].J. Acoust. Soc. Am,2008,123(4):2087-2093.
- [21]IEC 60268-16, Sound system equipment – Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index[S].Switzerland: International electrotechnical commission ,2011.
- [22]宋拥民, 盛胜我. 信噪比对教室语言清晰度的影响[J]. 声学技术, 2006, 25.
- [23]宋拥民. 声压级对教室语言清晰度的影响[J]. 声学技术, 2007, 26 (5) :117-118.