

一节课的教学容量究竟有多少？

李峰 武红*

南京邮电大学理学院

摘要：课堂教育是学生持续获取新知识的主要来源，历来被教育工作者所重视。一节课45分钟，教师传授给学生的知识总量被称为教学容量。然而，教学容量究竟如何衡量呢？本文将从信息论的角度出发，详细讨论不同教学方式中信息发送、传递和接收的问题。我们发现，教师采用的教学方式直接决定了一节课的信息上限。计算发现，传统课堂的有声语言教学方式的信息量约为13.50 KB/节课，而多媒体在线教学的信息量则高出传统课堂2~6个数量级。在以慕课为代表的新型网络教学中，其日益增长的教学容量与学生有限的信息接收能力是线上教学的主要矛盾。我们的工作为“教学中的留白艺术”提供了理论指导依据。

关键词：课堂容量；信息量化；有声语言；手语；多媒体语言

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2022.02.102

引言

推进高等教育现代化的核心是提高育人水平，主阵地是课堂^[1]。课堂教学是以课程内容中介的师生双方教和学的共同活动^[2]。教师教，学生学，中间传递的是知识，也就是信息。信息的多少被称为课堂容量。截至目前，教育界对于课堂容量的界定还存在争议，主要包括三种主流观点^[3]：基本容量、目标容量和实施容量。前两种理论侧重教师教学过程，第三种理论侧重学生学习过程。其中，“容量”“知识量”“思维量”等等与信息相关的概念频频被用于辅助教学理念的阐述，可惜大多仅限于经验描述，没有形成系统的概念和理论。那么“课堂教学单位时间的信息量可以度量吗？”

信息论的主要创始者香农给出了肯定的答案。1949年夏，香农用铅笔在《通信的数学理论》草稿上写道：声音、文字、图像等都可以量化成以比特（Bit）为单位的数值。所有信息都可以根据公式1进行量化，用来描述信息不确定性程度的大小^[4]。

$$H = -\sum p_i \log_2 p_i \quad \text{公式1}$$

其中，H表示信息的度量， P_i 为事件的概率，对事件概率取以2为底的对数后进行加权求和，从而将信息度量问题转化为二进制数字运算的数学问题。从信息角度来看，《实用教育大辞典》对课堂容量的概念描述最为恰当，“课堂容量就是课堂教学单位时间的信息量”。然而，这种表述也受到了一些教育学者的批评，认为其忽略了学生的主体性，是一种认知的容量计数说^[5]。

为了将学生要素合理纳入课堂容量这个概念中，我们从信息论的角度提出，将课堂容量定义为：课堂教学单位时间内发送、传递和接收的信息量。因此，课堂里所有的知识都可以根据公式1进行量化。根据通信系统

原理，我们将课堂教学过程中划分成教师发送信号，信号传递过程，学生接收信号三个阶段（如图1.1）。据此，我们将“一节课包含多少课堂容量”的问题分解为三个独立的可测量问题“一节课教师最大发送信息”“一节课最大传输信息”和“一节课学生最大接收信息”。于是，我们对课堂中的所有信息进行量化评估，以下讨论都以一节课45分钟为标准，尝试从新的角度来讨论教学过程中课堂容量这一经典问题。

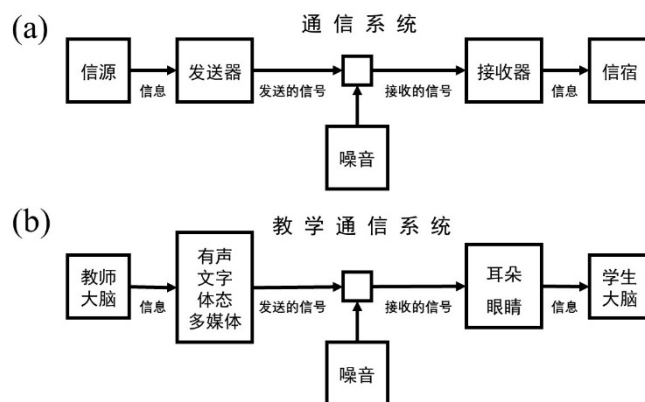


表1.1 (a) 通信系统示意图，(b) 教学中的通信系统示意图

一、教师发送信息的上限

一节课教师最多能够发送多少信息？教师向学生发送的信息受限于教师大脑里的知识储备，本文不讨论老师的个体差异，默认每一位获得教师资格证的教师都已经掌握了教授本课程需要的全部知识。上课时，教师将大脑里的知识归纳、分类、总结，通过不同的教学方式将信息进行编码，然后发送出去。一般来说，课堂教学中的教师语言主要包括四种语言形式：教师话语——有声语言、教师的板书——文字语言、教师的表情动作——体态语言，以及近期发展起来的具综合性的新媒体语

言。本文将对这四种语言传递的信息上限进行量化。

（一）有声语言

有声语言是最常见的讲课方法，也是教师传授知识的主要途径。经统计，教师上课的平均语速为100-150音节/分钟，一节课内共发音4500-6750音节。汉语每一个汉字都对应一个音节，取最快语速为信息传递的上限，即一节课共发音6750个汉字。计算机理论指出，单个汉字的存储量为2字节（Byte），即16比特（bit）。因此，45分钟内，教师通过有声语言传递的信息总量为108000 bit= 13500 Byte = 13.5 KB，该数值为有声语言传递的信息上限。

（二）文字语言

文字语言，常见的课堂形式为教师板书。相比有声语言，文字语言传递的信息较少。经统计，简体中文平均笔画10.3笔，每笔书写时间0.2秒，一个汉字书写时间就是2秒，一分钟可以板书约30个字，一节课可以板书1350个字。根据以上算法，一节课内教师只通过文字语言发送信息上限为21600 bit= 2700 Byte = 2.7 KB。经比较发现，文字语言的信息传递量为有声语言方式的20%。虽然文字语言的信息传递速率远低于有声语言，但是文字语言可以帮助学生在课堂外对知识点进行复习，大大延长了信息的留存时间，是对有声语言教学的很好补充。因此，有经验的教师都会鼓励学生做好课堂笔记。

（三）体态语言

相比于有声和文字语言，体态语言一般作为常见的课堂辅助手段，用于教师对某个问题表达肯定和否定，比如点头、摆手等简单动作。我们以手语为例计算体态语言的信息上限。以央视手语主播周晔手速为标准，我们估算成年人可以在45分钟内做出5250个手势，对应约5625个汉字。因此，一节课内手语教师传递的信息上限为90000 bit= 11250 Byte = 11.25 KB。与有声语言比较后发现，手语的信息传递上限为有声语言的83.3%，仅比有声语言授课方式少16.7%信息量，具有很高的实用价值。因此，信息完全可以通过手语这种方式准确地传递给聋哑障碍的学生。然而，《中国手语》一共收录了6000多个手势，要少于《新华字典》收录的8500多个常见汉字。因此，在传递诗词、繁体字、数学公式等方面，手语具有其局限性。此外，手语学习的难度使得基于手语的交流方式难以大规模推广。

（四）多媒体语言

随着互联网技术的日趋成熟，多媒体教学已经走进

了高校的课堂，成为一种常见的教学形式。其中，以PPT教学和网络视频教学最为常见。

PPT演示语言。PPT教学是指用一页页的PPT图像辅助教师的语言讲解，使知识更加具体、形象。PPT是一张张图像组成。从信息存储的角度来看，每一张图像都是一个 $M \times N \times \text{Color}$ 多阶数学矩阵。其中，M和N表示横轴和纵轴的像素点位置，Color为被分配的色彩数值。以RGB颜色模式为例，红色的RGB值标准是（255，0，0）。最终，像素点的位置和颜色决定了该图像所呈现出来的样子。我们计算 $M \times N \times \text{Color}$ 多阶数学矩阵占据的信息存储空间估算PPT能够发送的信息上限。以《大学物理》课件为例，每页PPT平均信息存储空间约250 KB，教师一节课大约讲解15页PPT，总信息量共计约3750 KB = 3.75 MB。

视频语言。以Moooc为代表的在线视频教学是另一种常见的多媒体语言，可以提供更加丰富的观感。视频是按一定频率将图画逐一呈现在眼前，利用视觉暂留现象，实现连续动画的一种方式。根据每秒25帧图像标准，一节课45分钟可以播放67500帧图像。以每页图像平均250 KB计算，一节课播放的视频信息总量共计约16875000 KB = 16875 MB = 16.875 GB，这大约是蓝光品质视频的信息存储容量。为了更加接近实际教学情况，我们选用了北京理工大学《力学和热学》Moooc视频《加速度》章节为例，21分钟时长，存储容量为113 MB。经计算，一节课45分钟播放视频，其总信息量至少为242000 KB = 242 MB，比有声语言的信息上限高出4个数量级。

我们发现，与传统课堂的13.50 KB/节课的信息量相比，多媒体语言的信息量远远高于传统课堂的教学容量。这是建立现代课堂的物理基础，是进行课堂改革的依据。信息量大是多媒体教学的优势，但如果教师不能够有效掌控，失控的海量信息会对原来以有声语言为主、书面和体态语言为辅的传统课堂产生巨大的冲击，并由此产生了一系列的教学新问题，众多一线教育工作者对此进行了正反利弊的讨论^[6]。

表1.1：一节课45分钟，不同教学手段传递的信息上限

| 语言类型 | 发送信息上限 |
|-------------|------------------|
| 多媒体语言：视频教学 | 242 MB~16.875 GB |
| 多媒体语言：PPT教学 | 3750 KB |
| 有声语言 | 13.50 KB |
| 文字语言 | 2.70 KB |
| 体态语言：手语 | 11.25 KB |

二、学生接收信息的上限

一节课学生接收信息的多少受学生个体接收信息能力差异、信息储备量不同,以及噪音干扰等因素干扰,很难定量评估。理想情况下,在无噪音干扰时,学生接收的信息上限为教师发送的信息上限。然而,在实际教学过程中,学生个体接收的信息差异明显。那么,是否能得到一个具有数学统计意义的答案呢?

我们换一个角度来思考,每一门课程都有国家颁布的教学大纲和对应的教材。编撰的教材不能太过简单,也不能太过困难,要保证绝大多数学生在规定学时内学习完规定的知识。因此,一本优秀教材内容的多少是经过长期教与学的磨合后得出来的,是具有统计学意义的。因此,我们可以通过统计教学大纲要求近似地评估学生接收信息的上限。

以大学物理(上)教材为例。由于教材编撰难度存在差异,因此不同教材包含的信息量各有差异,但都在一个有限的范围内490~1516 KB。为方便计算,取所有教材的平均信息量886 KB。教育部规定,大学物理(上)一共需要讲授64节课时。因此,每节课学生应该接收到的信息量为13.8 KB,该值与有声语言的信息上限13.5 KB几乎相等,即学生需要接收的信息与教师发送的信息匹配一致。该结果也直接证明了本文采用的信息模型是分析教与学过程的一种有效方法。

学生接收信息的能力按来源可分为外在因素和内在因素。一、外在因素。外在因素不受个体学生的主观影响,如教师的语速、课堂环境、课堂气氛、上课的时间段等。这些因素会不同程度地提高或降低学生对信息的接收效率。教师 and 教学单位应该携手努力,最大程度发挥外在因素的优势面,如采用适中的授课语速、建设优美的校园环境、提倡融洽的课堂气氛、善用一天记忆效果最佳的时间段等。二、内在因素。内在因素与个体学生直接相关,具有很强的主观性,与知识储备、心理状态、学生年龄、饥饿程度、疲劳程度以及健康状况都相关。其中,知识储备和心理状态对学生的信息接收能力影响最大,这也是教师应该优先考虑的重要因素。相比之下,学生的心理状态多变且难以量化,并由此逐渐发展成一门研究在教育情境下人类的学习、教育干预的效果、教学心理的《教育心理学》。如果教师不能够有效及时地关注学生,以上这些因素都可以大幅度影响学生的信息接收能力。从信息角度看,教师有责任也有义务

维持和提高学生的信息接收能力,保证课堂教学中信息传递的顺利开展。

值得一提的是,个体学生一段时间内的平均接收信息的能力是可以度量的。一般而言,学生的信息接收能力分布在一个较大的范围内,约100~150音节/分钟。教师根据学情分析,可以粗略地判断个体学生的信息接收能力。从而有针对性地根据学生的个体情况,进行因材施教。根据学生的信息接收能力进行小班化教学成为教学改革的方向。翻转课堂也常常采用小班化教学,才能获得较好的教学效果。

三、结果与讨论

综上所述,我们采用基于信息论模型重新分析了课堂教学过程中的信息发送、传输和接收过程,讨论了教师传递信息的上限,学生接收信息的上限以及有效信息三个部分对教学的影响。研究发现,信息在整个教学过程中存在逐级递减现象。即发送端信息 > 传输的信息 > 接收端的信息。课堂信息从教师传递到学生的过程中,逐级耗损。

参考文献

- [1] 瞿振元.着力向课堂教学要质量[J].中国高教研究 2016, 12, 1-5
 - [2] 顾明远.教育大辞典[M].上海:上海教育出版社[J].1998, 711
 - [3] 杜玉坤.试论课堂教学容量[J].广西教育 1992, (z1), 41-43
 - [4] 李娜;赵世恩;钱张培.基于提升数学思维的课堂容量的优化[J].课堂经纬 2020, 1180, (1), 67-68
 - [5] 柴军应.论合理的课堂教学容量[J].课程与教学 2014, 6, 53-58
 - [6] 闫梅英;岳红利.关于利用多媒体进行英语教学的利与弊[J].科技信息(学术研究)2007, 34, 270-271
- 作者简介:李峰(1986-),男,汉族,江苏省南京人,博士研究生,副教授,研究方向:物理学。
- 武红(1986-),女,汉族,江苏省南京市,博士研究生,副教授,研究方向:光学。
- 基金项目:南京邮电大学教学改革研究项目(重点),项目号JG00721JX14;大学物理情境教学法的研究与应用,项目号JG00719JX31。