

脑机接口技术教育应用

——真实课堂的脑电扫描与群体学习注意分析

柯清超

华南师范大学

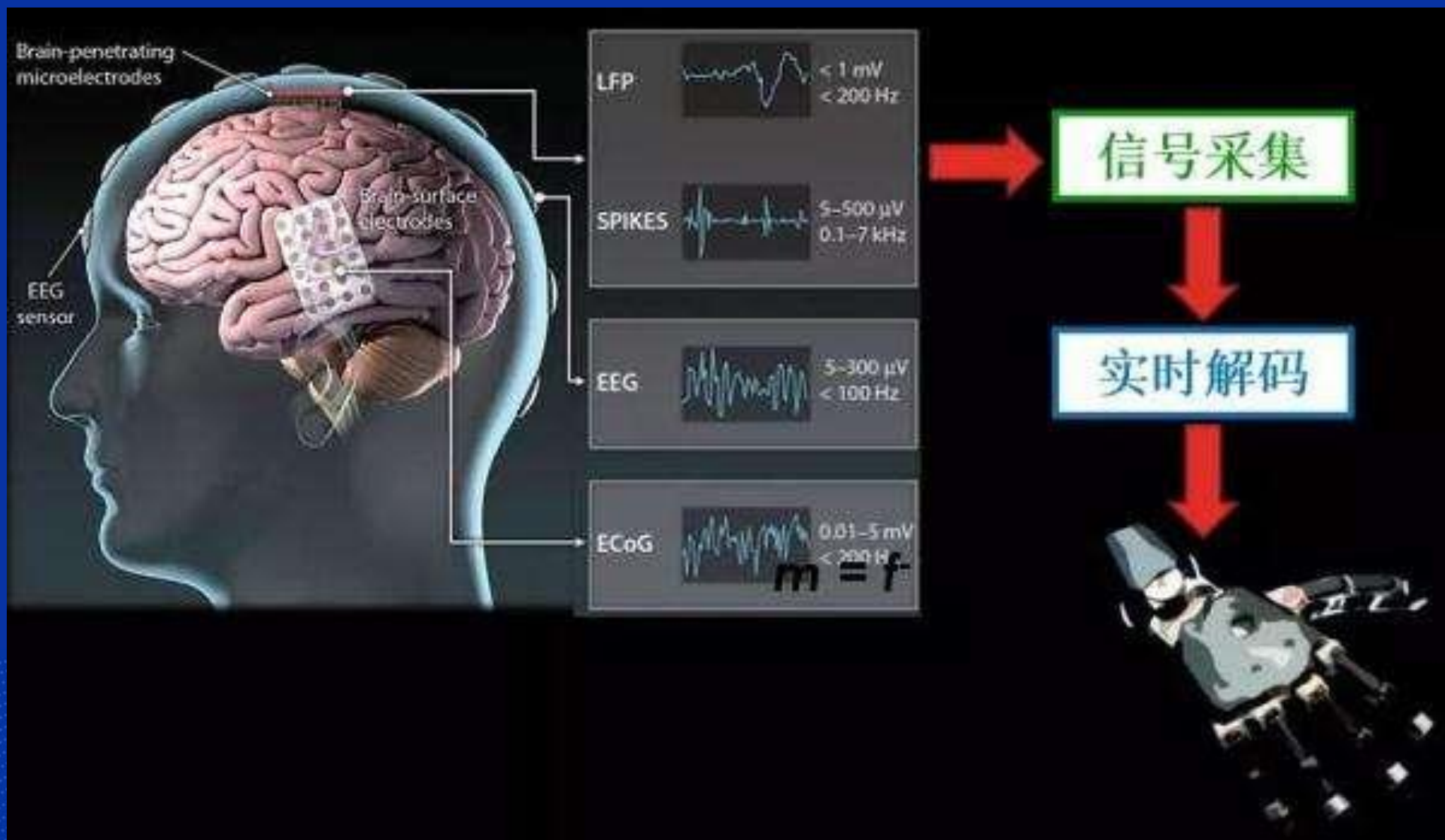
脑科学与人工智能的发展

- 国务院发布的《新一代人工智能发展规划》指出：我国人工智能未来以**类脑智能**、**混合智能**、协同智能、群体智能等前沿技术为重点发展方向。
- **类脑智能**：采用硬件和软件技术模拟人脑的工作原理以实现人类水平的智能系统；
- **混合智能**：融合生物智能与人工智能，发展兼有生物智能与人工智能优势互补的新型智能形态。

脑机接口：脑科学与智能技术的结合

- 脑机接口 (brain-computer interface, BCI)
- 脑机接口是在人或动物脑与外部设备间建立的直接连接通路

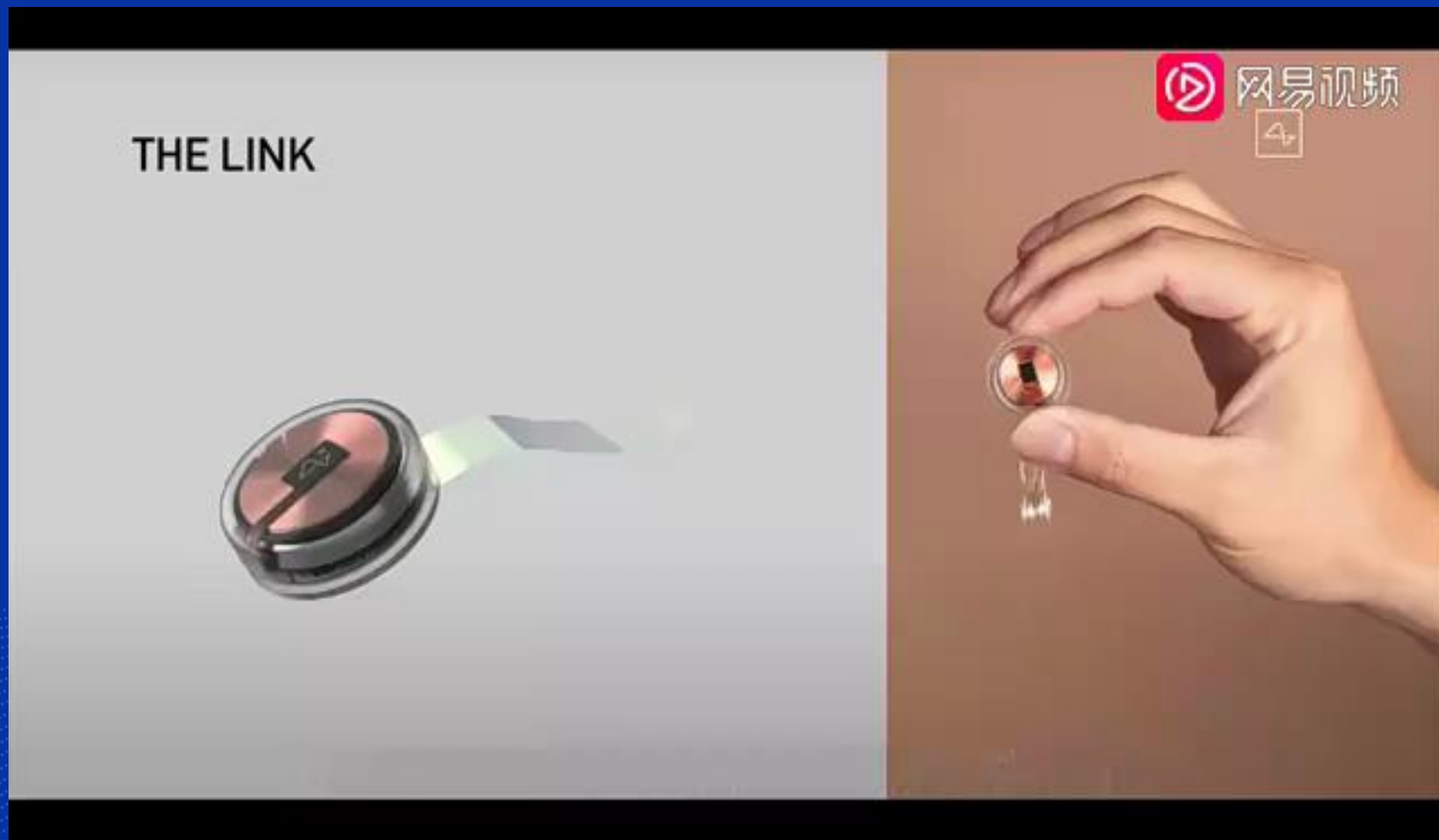




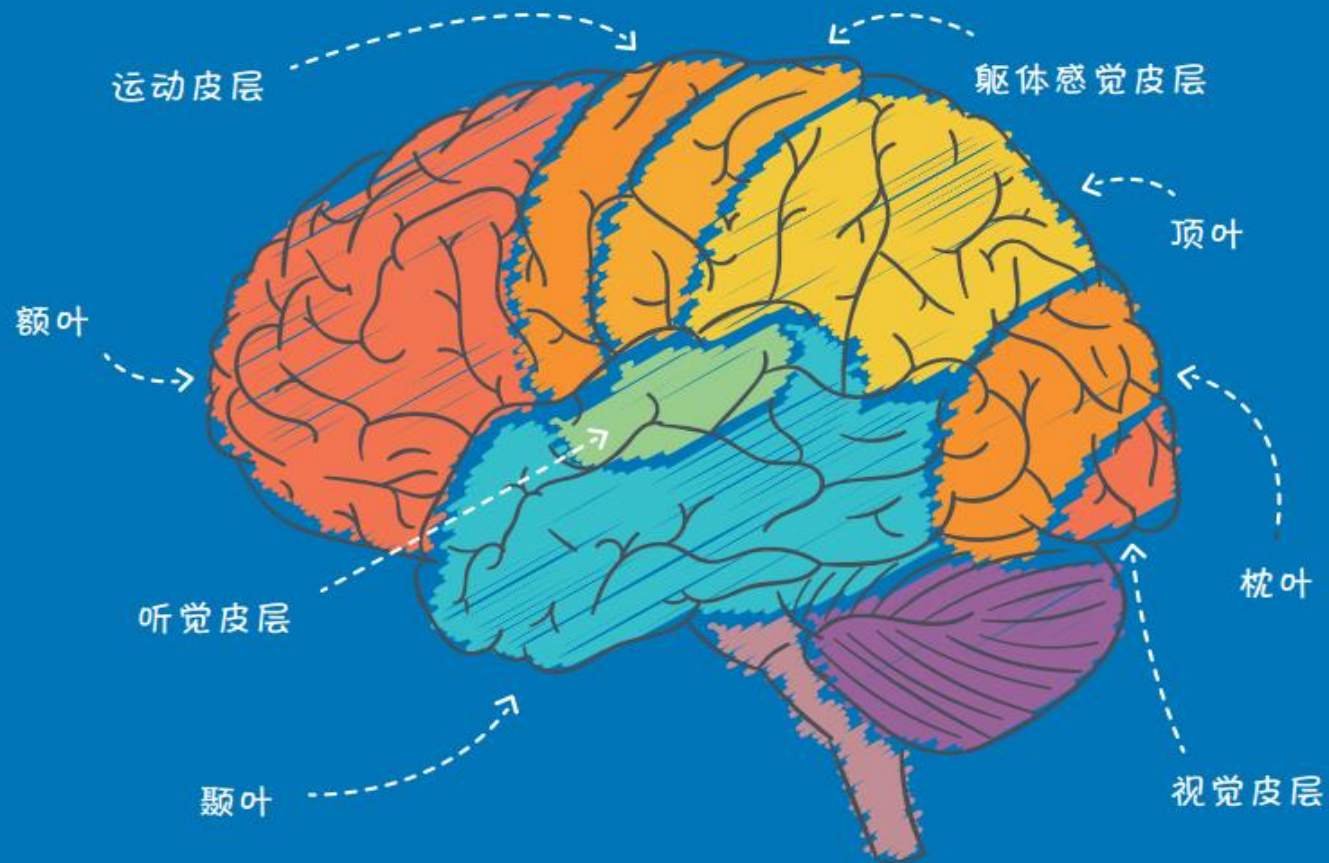
马斯克创办脑机接口公司Neuralink



马斯克Neuralink的最新实验 (视频)



教育的本质：大脑的建构



基于脑的学习(Brain-based Learning)

- 大脑是一个并行处理器，它能够同时执行多执行；
- 每个大脑都是独一无二的；
- 大脑同时处理整体和部分；
- 学习包括集中注意力和周边感知；
- 学习包括有意识和无意识的过程
-

脑机接口设备可以“读取”脑信号

- 大量融合脑科学与人工智能技术的脑机接口系统产品进入实用阶段，各种**可穿戴的脑机接口设备**可以方便读取、监测学习过程的脑信号；
- 对学习过程中大脑工作的各种脑信号的获取、识别、分析与解读，能够帮助研究者掌握学生的**大脑工作机制与学习规律**，从而优化教学设计。

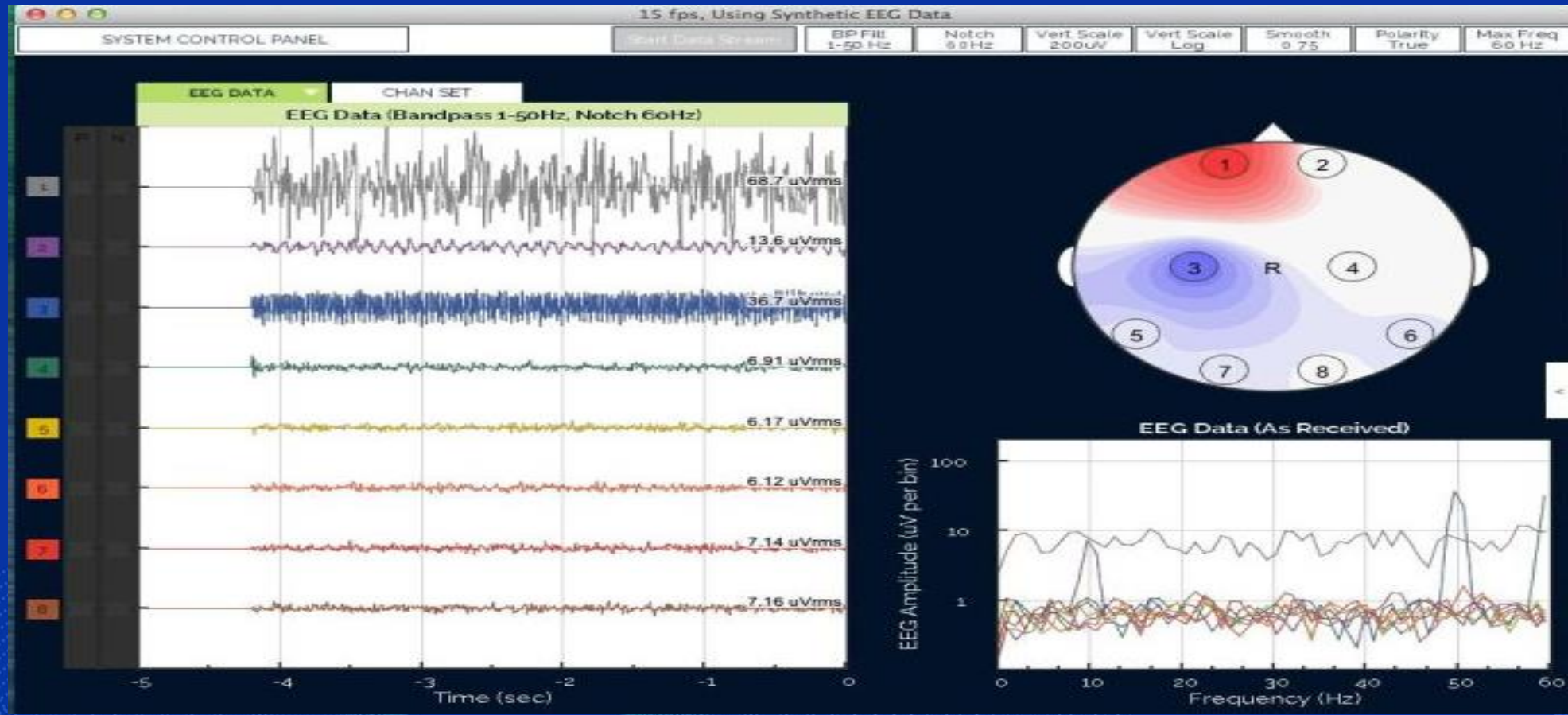
可穿戴的非侵入式脑机接口设备



脑机接口技术的教育应用



典型应用：脑电EEG的特征提取与识别



学生学习过程中的脑信号测量

- **学习者认知负荷测量**：n-back任务，反映知识掌握程度；
- **学习者注意力水平测量**：高中低等注意力水平，多说者情境的视觉注意力；
- **学习者情绪状态识别**：平静、生气和高兴，悲伤、恐惧、快乐和厌恶等。

学习过程中的脑信号控制

- **直接脑刺激**：针对性地增强某一频带脑信号的能量，如增强alpha的频带能量，多用于特殊儿童的治疗；
- **间接脑刺激**：通过冥想、音乐刺激等，改善用户的注意力和情绪状态。

脑机接口的课堂教学研究

- **真实课堂教学中的注意力监测与分析：**结合学生行为数据和其他多模态数据分析，发现群体学习脑规律；
- **应用脑机接口识别学生认知风格：**任务刺激、特征选取、学习风格识别、分层教学；
- **学生课堂教学的注意力训练提升：**学习兴趣诊断、学习者模型、自适应学业诊断；

案例1：课堂教学的学习注意监测与分析

- 学校：宁夏银川第二十一小、中宁宽口井小学
- 样本：小学4到6年级10个教学班70节课堂
- 工具：可穿戴脑机接口设备
- 时间：2019.11~2020.11

真实课堂教学的脑电扫描



课堂教学中中学生注意力变化监测

注意力时程

了解注意力的状态变化有助于提升学习的效率
课后也要记得巩固知识与查缺补漏哦！



课堂教学中中学生的注意力样本

课堂教学行为与学生注意的关系

高注意力课堂发生“积极反馈”行为的频次较高

- 积极反馈对学生注意力有促进作用，因为教师的激励性评价能够激发学生学习内驱力，营造宽松和谐的教学氛围；
- 奖赏驱动的注意效应能够驱动其关联刺激产生注意效应，促进学生的注意力选择，且奖赏相关的信号会吸引更多的注意资源，增强信号监测能够提升认知控制。

对群体注意力有显著激活作用的教学互动行为

- 教师课堂巡视有利于激活群体高注意力；
- 教师课堂指导有利于激活群体高注意力；
- 同学间的讨论有利于激活群体高注意力；
- 学生演示或展示有利于激活群体高注意力；
- 课堂口令有利于激活群体高注意力。

课堂教学过程中群体注意力的同步性

技术丰富环境下的群体注意力同步性较高

- 班级群体的注意力同步性较高，学生群体在学习过程中的注意时序存在较多强相关关系，说明学生学习步调较为一致，能够根据教师的教学节奏进行学习；
- 学生在学习过程中的注意时序与高注意力水平的学生和成绩好的学生存在较好的同步性，说明学生的学习动机普遍比较积极。

基于注意力同步性实现小组合作学习模式分类

- 聚合型小组合作模式的成员在注意时序上呈现较高的相关性。
- 竞争型小组合作模式的成员在注意时序上呈现负相关性。
- 混合型小组合作模式的成员间同时存在注意时序正相关和负相关。
- 零散型小组合作模式的成员间的注意时序不同步或弱同步。

课堂互动序列与群体注意力均值的相关性

相关性					
		注意力水平		注意力水平	
AB2	Pearson 相关性	.025	D2B2	Pearson 相关性	-.143
	显著性 (双尾)	.908		显著性 (双尾)	.506
	N	24		N	24
AC	Pearson 相关性	.077	D2C	Pearson 相关性	-.015
	显著性 (双尾)	.719		显著性 (双尾)	.944
	N	24		N	24
B1C	Pearson 相关性	.239	FC	Pearson 相关性	.318
	显著性 (双尾)	.261		显著性 (双尾)	.130
	N	24		N	24
B1J1	Pearson 相关性	.115	GH	Pearson 相关性	.652**
	显著性 (双尾)	.592		显著性 (双尾)	.001
	N	24		N	24
B2C	Pearson 相关性	.078	J1A	Pearson 相关性	-.202
	显著性 (双尾)	.718		显著性 (双尾)	.343
	N	24		N	24
B2J1	Pearson 相关性	-.125	J1B2	Pearson 相关性	-.269

教师临场感对学生群体注意的影响

大多数同步课堂双方学生的群体注意力基本不存在显著性的差异

- 在大多数同步课堂教学中，结对校学生群体注意力水平会高于中心校学生，且双方学生的群体注意力基本不存在显著性的差异。
- 对比分析同步课堂中心校与结对校学生的群体注意力差异，能有效的映射为处于不同教师临场感水平的学生的群体注意力差异，且处于不同教师临场感水平的学生群体注意力无显著性差异。

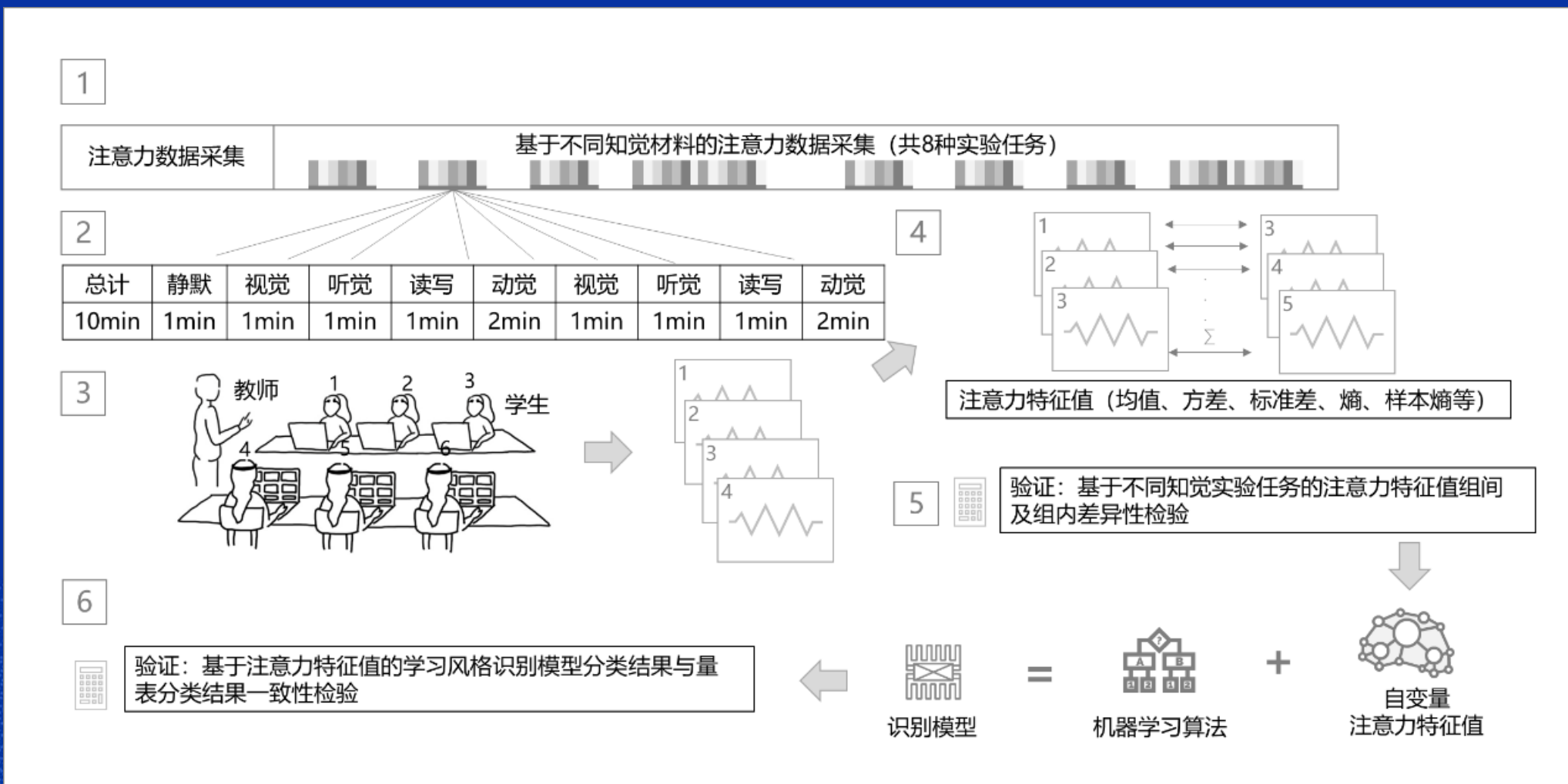
结对校学生对同步课堂的整体体验感较好

- 结对校学生对同步课堂的整体体验感还是比较好的，大部分学生认为自己可以参与到同步课堂教学中，物理距离在一定程度上并不会影响到绝大多数结对校学生对中心校师生的情感态度。

相关						
		V17	V18	V23	V24	V51
V17	皮尔森 (Pearson) 相关	1	-.153	.505**	.516**	-.596**
	显著性 (双尾)		.310	.008	.003	.000
	N	46	46	26	30	46
V18	皮尔森 (Pearson) 相关	-.153	1	.406*	-.477**	.145
	显著性 (双尾)	.310		.017	.001	.277
	N	46	58	34	42	58
V23	皮尔森 (Pearson) 相关	.505**	.406*	1	.540**	-.208
	显著性 (双尾)	.008	.017		.006	.238
	N	26	34	34	24	34
V24	皮尔森 (Pearson) 相关	.516**	-.477**	.540**	1	-.324*
	显著性 (双尾)	.003	.001	.006		.036
	N	30	42	24	42	42
V51	皮尔森 (Pearson) 相关	-.596**	.145	-.208	-.324*	1
	显著性 (双尾)	.000	.277	.238	.036	
	N	46	58	34	42	58

课例名称	有效记录组数 (组)	聚合型	竞争型	混合型	零散型
LectureA1	10	组 5、组 6	组 2、组 12	组 4	组 1、组 3、组 9、组 10、组 11
LectureA2	11	组 1、组 5、	组 6	组 4、组 7、组 9	组 2、组 3、组 10、组 11、组 12
LectureA3	8	-	-	组 6、组 11	组 3、组 4、组 5、组 8、组 9、组 12
LectureB1	6	组 5	-	组 3、组 4	组 1、组 2、组 6
LectureB2	7	组 2	组 4、组 6	组 1	组 3、组 5、组 7
LectureB3	6	-	-	组 1	组 2、组 3、组 4、组 7、组 8

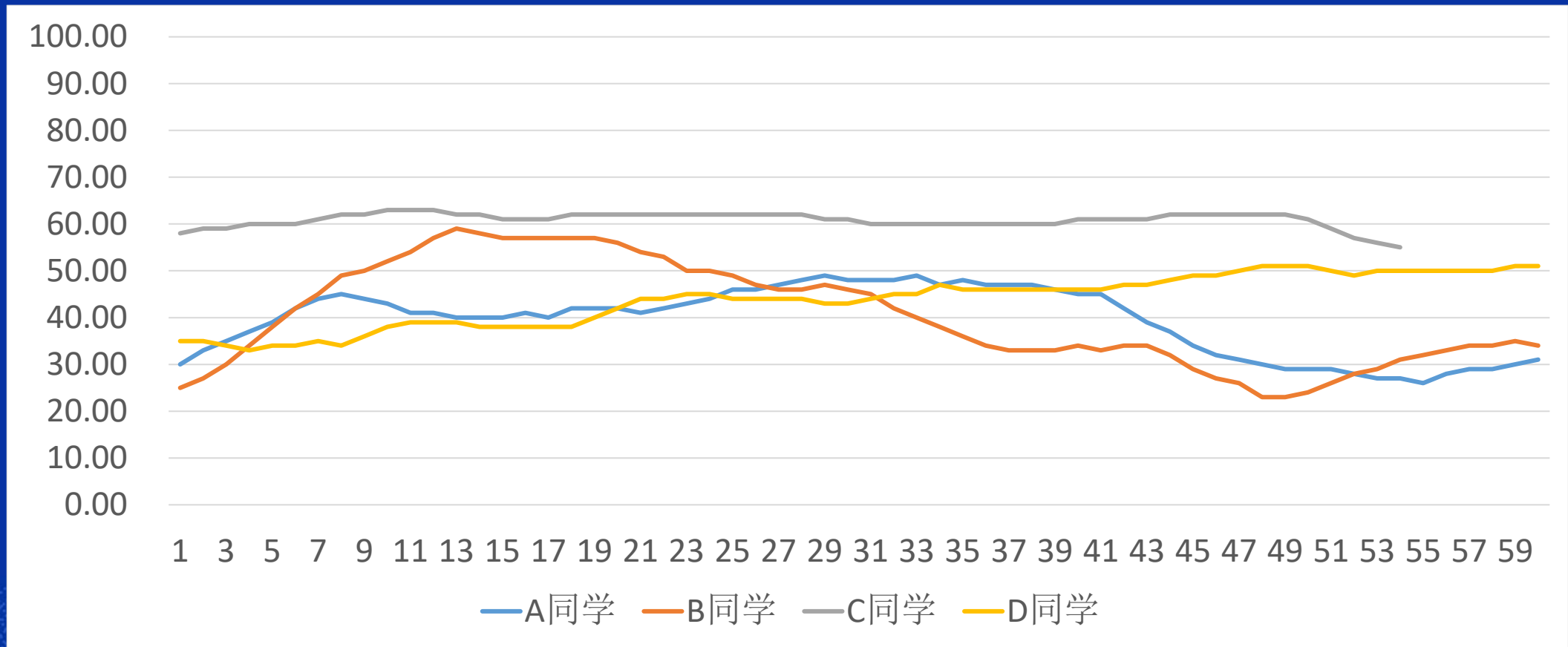
案例2：应用脑机接口系统识别学生认知风格



实验实施

- 样本学生来自广州市某小学四至六年级的学生，共240名；采用VARK知觉学习风格量表对学生的进行学习风格进行测试，实验最终确定视觉型组42人、听觉型组42人、读写型组42人及动觉型组42人，共168人。
- 数据采集：共分6组实验对象，并依次完成8种实验任务，每两种实验任务的间隔时间为5000ms。在此过程中，可穿戴脑电波设备每隔1000ms采集一次注意力数据，每个实验对象采集的注意力数据在960个时间点左右。

向学生提供不同类型的学习刺激材料

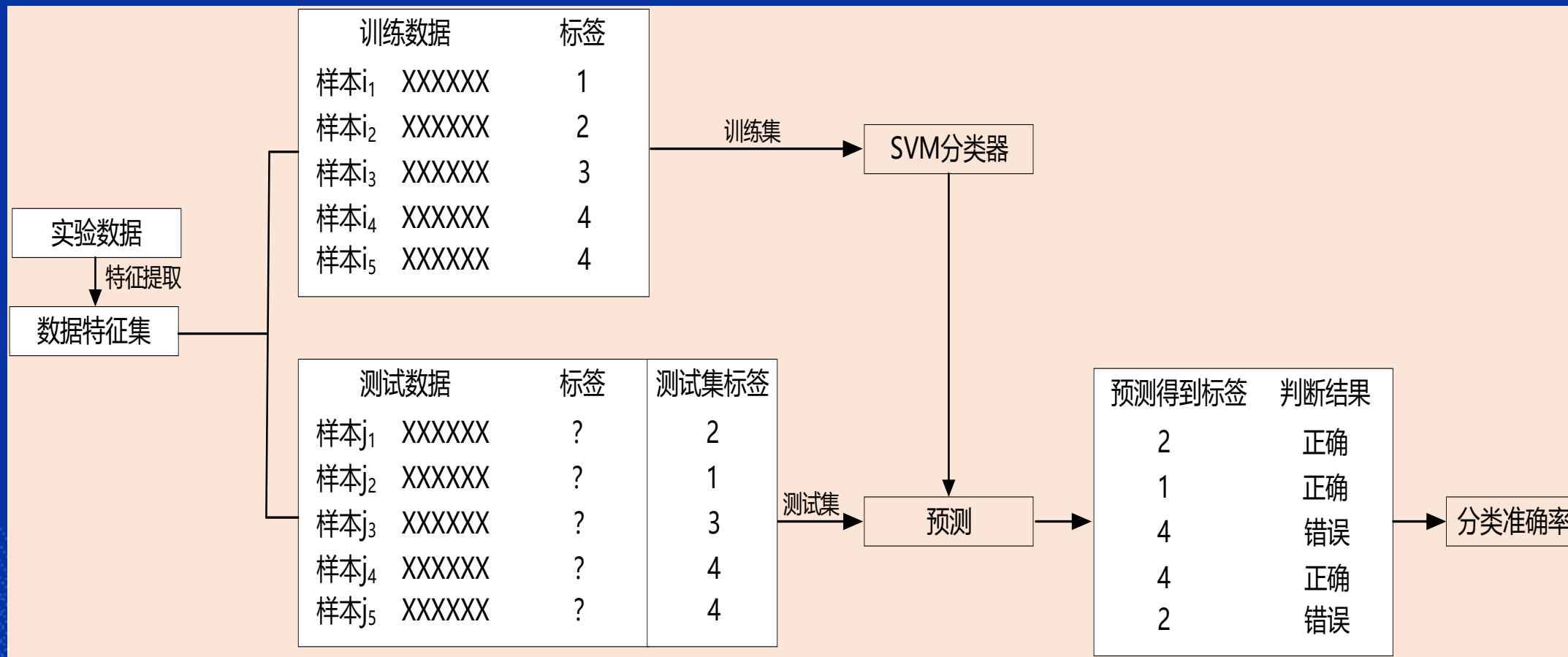


注：A同学是视觉型学习者，B同学是听觉型学习者，C同学是读写型学习者，D同学是操作型学习者。
图 各类型学习者在面对读写材料时的专注力变化情况

表一 四组实验对象完成八种任务的注意力特征值

类型	特征	任务1 视觉	任务2 听觉	任务3 读写	任务4 动觉	任务5 视觉	任务6 听觉	任务7 读写	任务8 动觉
视觉型	均值	50.55	39.67	38.82	44.18	52.08	36.12	39.62	42.49
	众数	41.00	37.83	37.33	43.33	33.33	41.00	44.17	42.17
	方差	10.23	107.12	20.84	83.07	20.52	22.18	28.40	34.545
	标准差	6.13	9.30	3.25	8.37	5.44	4.10	4.74	5.68
	熵	3.82	4.15	2.96	4.20	3.57	3.32	3.23	4.03
	样本熵	0.71	0.20	0.88	0.15	0.04	0.14	0.12	0.19
听觉型	均值	38.69	49.73	49.64	46.54	40.48	50.08	43.81	44.83
	众数	43.58	47.11	48.05	44.00	43.58	48.79	47.58	46.11
	方差	44.49	19.70	24.02	35.35	40.98	9.73	21.79	38.61
	标准差	5.11	4.87	4.61	5.50	5.04	4.73	4.09	5.93
	熵	3.54	3.50	3.47	4.01	3.38	3.48	3.31	4.12
	样本熵	0.14	0.09	0.13	0.17	0.16	0.65	0.14	0.17
读写型	均值	40.30	46.09	53.04	47.47	46.31	41.65	48.87	45.05
	众数	47.86	44.24	47.48	48.62	46.19	48.71	44.29	43.67
	方差	31.24	26.83	12.92	53.86	24.81	33.03	11.68	51.41
	标准差	4.48	4.54	6.05	6.61	4.30	4.39	4.22	6.53
	熵	3.39	3.46	3.67	4.05	3.35	3.32	3.39	4.15

采用SVM分类算法识别学习风格



SVM参数搭配调优结果

表二 SVM 参数搭配调优结果

特征组合 \ 惩罚参数 / G 参数	C = 1		C = 10		C = 100		C = 1000	
	G = 0.06 (%)	G = 0.08 (%)	G = 0.06 (%)	G = 0.08 (%)	G = 0.06 (%)	G = 0.08 (%)	G = 0.06 (%)	G = 0.08 (%)
样本熵	69.2	65.8	63.3	63.3	65.8	64.2	60.0	65.0
均值	60.8	64.2	56.7	58.3	60.0	55.0	62.5	56.7
方差	64.2	61.7	51.7	56.7	50.0	52.5	52.5	56.7
均值、方差	65.8	66.7	65.0	64.2	61.7	63.3	61.7	62.5
样本熵、均值	67.5	65.0	65.0	67.5	59.2	57.5	66.7	63.3
样本熵、方差	63.3	61.7	61.7	62.5	56.7	60.0	55.0	55.8
样本熵、均值、方差	71.7	70.8	65.8	70.8	65	70.0	75.8	70.8

脑机接口未来应用：赋能基于脑的学习

- 学生脑电数据测量的隐私与伦理问题
- 基于脑机接口的智能学习环境搭建
- 基于脑机接口的脑电分析方法创新
- 基于脑机接口的分层教学和个性化教学

小结

- 脑机接口为了解学生者的内隐式状态提供了测量工具，有利于发现学生者认知过程的规律；
- 基于真实课堂的脑电数据扫描，对发现课堂教学中大脑工作机制与规律、改善课堂教学行为、提升课堂教学成效能够发挥非常积极的作用。