



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110302462 A

(43)申请公布日 2019.10.08

(21)申请号 201910721223.X

(22)申请日 2019.08.06

(71)申请人 张铎

地址 430070 湖北省武汉市武昌区欢乐大道岳家嘴小区三期36栋1601

(72)发明人 张铎

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 薛娇

(51)Int.Cl.

A61M 21/02(2006.01)

A61B 5/0476(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

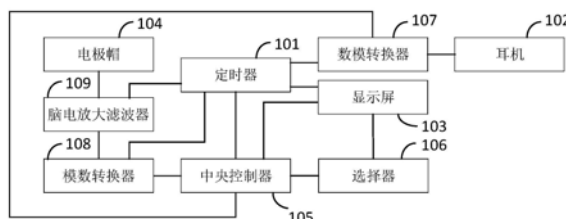
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

## (54)发明名称

一种基于脑电信号的神经反馈训练系统

## (57)摘要

本发明公开了一种基于脑电信号的神经反馈训练系统,包括定时器、数模转换器、耳机、显示屏、电极帽、中央控制器、模数转换器、脑电放大滤波器和选择器。系统的主要操作如下:在用户佩戴电极帽后,定时器启动系统,接着电极帽采集脑电信号并输出至脑电放大滤波器、模数转换器和中央控制器,中央控制器对脑电信号进行特征信号提取,并将选中的特征值在显示屏进行显示,使用户可以根据显示屏显示的内容了解自己情绪的状态,形成正反馈;该系统可自动为用户定制康复方案,因此,调节焦虑情绪的能力更强,整个流程实现了自动化,使用更加便利,从而为脑电神经反馈训练提供了新思路。



1. 一种基于脑电信号的神经反馈训练系统,其特征在于,包括:定时器、数模转换器、耳机、显示屏、电极帽、脑电放大滤波器、模数转换器、中央控制器和选择器;

所述中央控制器分别与所述显示屏和所述数模转换器连接,所述数模转换器和所述耳机连接,所述中央控制器,用于通过所述显示屏播放视频,同时通过所述数模转换器对声音信号进行数模转换后,由所述耳机发出声音;

所述定时器分别与所述数模转换器、所述模数转换器和所述脑电放大滤波器连接,在视频播放结束后,所述定时器发出脉冲,关闭所述数模转换器,接着启动所述脑电放大滤波器和模数转换器;

所述电极帽与所述脑电放大滤波器连接,在神经反馈阶段,所述电极帽开始采集脑电生理信号,所述电极帽含有多导电极,所述多导电极打上电极膏,贴在用户的大脑头皮上,通过连接线把脑电信号传到所述脑电放大滤波器;

所述脑电放大滤波器与所述模数转换器连接,所述脑电放大滤波器对信号进行滤波放大,去除工频噪声,并通过所述模数转换器,转换成数字化的信号,输入到所述中央控制器;

所述中央控制器用于对多通道的数字信号进行叠加,并对叠加信号进行傅里叶变换,获得功率谱,在所述功率谱中提取出alpha波能量和theta波能量,计算所述alpha波能量和所述theta波能量的比值,记为 $\alpha/\theta$ ;在所述功率谱中提取出beta波能量和SMR波能量,计算所述beta波能量和所述SMR波能量的比值,记为 $\beta/\text{SMR}$ ;其中,所述 $\alpha/\theta$ 和所述 $\beta/\text{SMR}$ 为当前脑电波的两个特征值;

所述中央控制器将所述两个特征值输出至所述选择器的两个输入端,进行二选一,并将唯一选中的特征值,输出到所述显示屏进行显示。

2. 根据权利要求1所述的神经反馈训练系统,其特征在于,所述中央控制器计算的脑电波特征值的个数为N个,同时所述选择器进行N选一,其中N为三个或者三个以上。

3. 根据权利要求1所述的神经反馈训练系统,其特征在于,所述电极帽通过电缆线连到一个盒子上,所述盒子中的集成电路板上集成所述模数转换器、所述数模转换器、所述脑电放大滤波器、所述定时器、所述中央控制器和所述选择器;

所述盒子通过USB连接线插在电脑上,在所述电脑上显示一个用于表征被选中的脑电波特征值的水银柱温度计,所述水银柱温度计的刻度范围为第一预设温度值和第二预设温度值之间,特征值最低时显示为所述第一预设温度值,最高时显示为所述第二预设温度值,其中,所述第一预设温度值低于所述第二预设温度值;

所述耳机插在所述盒子的音频接口上。

4. 根据权利要求1所述的神经反馈训练系统,其特征在于,所述电极帽的电极数量超过两个,其中有两个电极放置在国际标准的左额叶F3位置和右额叶F4位置;

所述中央控制器用于从F3电极读取单通道的脑电信号,进行傅里叶变换,获得功率谱,提取出alpha波能量,记为 $\alpha[\text{F3}]$ ;从所述功率谱中提取出右额叶的alpha波能量,记为 $\alpha[\text{F4}]$ ;将所述 $\alpha[\text{F4}]$ 减去所述 $\alpha[\text{F3}]$ ,计算得到左右额叶差值,所述左右额叶差值越高就代表了缓解焦虑情绪的疗效越好;记录所述左右额叶差值,基于所述左右额叶差值评估本次神经反馈的疗效程度。

5. 根据权利要求4所述的神经反馈训练系统,其特征在于,所述神经反馈训练系统的使用流程由三个步骤组成,第一步是正序训练期,第二步是逆序训练期,第三步是康复期,具

体包括：

所述正序训练期由五个阶段组成，按照时间的先后顺序，分别为视听阶段、alpha/theta反馈阶段、前记录阶段、beta/SMR反馈阶段和后记录阶段；

所述逆序训练期由五个阶段组成，包括：所述视听阶段、所述beta/SMR反馈阶段、所述前记录阶段、所述alpha/theta反馈阶段和所述后记录阶段；

所述康复期由两个阶段组成，分别为所述视听阶段和康复反馈阶段；

在所述正序训练期中，所述定时器在第一时刻发出脉冲，使所述中央控制器启动所述视听阶段，使用户观看和倾听视频，经过第一预设时间段，然后关闭视听通道，保持静默，经过第二预设时间段后，使用户的大脑恢复到静息态；

所述定时器在第二时刻发出脉冲，启动所述alpha/theta反馈阶段，所述中央控制器计算出脑电的alpha/theta特征值，开启所述显示屏，用水银柱温度计显示所述alpha/theta特征值，使用户沉浸大脑，经过第三预设时间段后，所述中央控制关闭所述显示屏，保持静默；

在经过第四预设时间段后，所述定时器在第三时刻发出脉冲，启动所述前记录阶段，所述中央控制器开始记录静息脑电，经过第五预设时间段后，计算所述左右额叶差值，所述左右额叶差值表示了alpha/theta反馈的疗效值，所述左右额叶差值越高疗效越好；

所述定时器在第四时刻发出脉冲，启动所述beta/SMR反馈阶段，所述中央控制器开启所述显示屏，并用水银柱温度计显示beta/SMR特征值，经过第六预设时间段，关闭所述显示屏，保持静默；

在经过第七预设时间段后，所述定时器在第五时刻发出脉冲，启动所述后记录阶段，经过第八预设时间段后，所述中央控制器计算所述左右额叶差值，所述左右额叶差值表示了beta/SMR反馈的疗效值，用户完成之后休息第九预设时间段，再返回到所述正序训练期的所述视听阶段，循环进行M次，其中M为正整数；

在所述正序训练期的循环结束后，用户进入所述逆序训练期，其中，在所述前记录阶段，所述中央控制器记录beta/SMR反馈的疗效值，在所述后记录阶段，所述中央控制器记录alpha/theta反馈的疗效值，所述逆序训练期的循环进行M次；

在所述逆序训练期的循环结束后，所述中央控制器读出2M次循环中的alpha/theta反馈的疗效值，求取平均值，并与beta/SMR的2M次平均值比较，选取平均值高的作为目标疗法；

在进入所述康复期后，所述中央控制器完成所述视听阶段，然后进行所述康复期反馈阶段，在进行所述康复期反馈阶段时，所述选择器自动选择所述目标疗法，用户完成之后休息第十预设时间段，返回所述康复期的所述视听阶段，循环进行K次，其中K为正整数；

整个过程由所述中央控制器进行自动记录和自动控制。

## 一种基于脑电信号的神经反馈训练系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及神经反馈训练技术领域,更具体的说,涉及一种基于脑电信号的神经反馈训练系统。

### 背景技术

[0002] 脑电图(electroencephalogram,EEG)技术,是在头皮上记录神经元活动的一种方法。自从Berger第一次利用脑电研究人类中枢活动以来,成熟的脑电图技术目前已被应用于常规诊断。脑电图技术能直接捕获正在进行的大脑电信号。此外,脑电图技术的时间分辨率达到毫秒级,而这正是神经元的时间单位,也是大脑认知事件发生的时间尺度。

[0003] 为了采集脑电图,用户通常佩戴多通道电极帽,其所采集的脑电数据,包含了不同脑区神经活动频率的信息。通过成熟的分析方法,如傅立叶变换等,我们可以计算功率谱并量化大脑中枢的节律活动,可靠地分离出不同的成分。如图1所示,脑电的功率谱上包含了丰富的信息,包括了alpha波、beta波、theta波和gamma波等。

[0004] 现代医学研究表明,当个体出现焦虑情绪,左右前额的脑电信号会出现不同程度的变化。更严重的时候,当个体罹患神经失调性疾病时(例如焦虑症、抑郁症、注意力缺乏多动症、睡眠障碍和耳鸣等),脑电图的功率谱会出现显著异于常人的特征信号。

[0005] 针对这些发现,神经反馈训练成为调节正常人焦虑情绪的有效手段之一,也在辅助神经失调患者的康复中起到了显著效果。常见的神经反馈训练为:在显示屏上显示用户的脑电图,引导用户对脑电图上的某个特征数值进行提高或降低,从而引导大脑中枢进行重新塑造。通过多次治疗之后,该训练改变了大脑中枢特定结构中的活性,并促进了相关症状的减轻。

[0006] 但是,现有的神经反馈技术,只能进行单一特征的反馈,不能根据用户的实际情况自动调整反馈方式,无法满足用户的个性化需求。另外,现有的神经反馈设备成本高,难以大面积推广。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的,是提供一种基于脑电信号的神经反馈训练系统,以实现自动调整神经反馈的方式,满足用户的个性化需求,提高针对性,从而更有效的缓解焦虑情绪。同时,本发明用常用器件组成,降低了成本。

[0008] 一种基于脑电信号的神经反馈训练系统,包括:定时器、数模转换器、耳机、显示屏、电极帽、脑电放大滤波器、模数转换器、中央控制器和选择器;

[0009] 所述中央控制器分别与所述显示屏和所述数模转换器连接,所述数模转换器和所述耳机连接,所述中央控制器,用于通过所述显示屏播放视频,同时通过所述数模转换器对声音信号进行数模转换后,由所述耳机发出声音;

[0010] 所述定时器分别与所述数模转换器、所述模数转换器和所述脑电放大滤波器连接,在视频播放结束后,所述定时器发出脉冲,关闭所述数模转换器,接着启动所述脑电放

大滤波器和模数转换器；

[0011] 所述电极帽与所述脑电放大滤波器连接,在神经反馈阶段,所述电极帽开始采集脑电生理信号,所述电极帽含有多导电极,所述多导电极打上电极膏,贴在用户的大脑头皮上,通过连接线把脑电信号传到所述脑电放大滤波器；

[0012] 所述脑电放大滤波器与所述模数转换器连接,所述脑电放大滤波器对信号进行滤波放大,去除工频噪声,并通过所述模数转换器,转换成数字化的信号,输入到所述中央控制器；

[0013] 所述中央控制器用于对多通道的数字信号进行叠加,并对叠加信号进行傅里叶变换,获得功率谱,在所述功率谱中提取出alpha波能量和theta波能量,计算所述alpha波能量和所述theta波能量的比值,记为 $\alpha/\theta$ ;在所述功率谱中提取出beta波能量和SMR波能量,计算所述beta波能量和所述SMR波能量的比值,记为 $\beta/\text{SMR}$ ;其中,所述 $\alpha/\theta$ 和所述 $\beta/\text{SMR}$ 为当前脑电波的两个特征值；

[0014] 所述中央控制器将所述两个特征值输出至所述选择器的两个输入端,进行二选一,并将唯一选中的特征值,输出到所述显示屏进行显示。

[0015] 可选的,所述中央控制器计算的脑电波特征值的个数为N个,同时所述选择器进行N选一,其中N为三个或者三个以上。

[0016] 可选的,所述电极帽通过电缆线连到一个盒子上,所述盒子中的电路板上集成所述模数转换器、所述数模转换器、所述脑电放大滤波器、所述定时器、所述中央控制器和所述选择器；

[0017] 所述盒子通过USB连接线插在电脑上,在所述电脑上显示一个用于表征被选中的脑电波特征值的水银柱温度计,所述水银柱温度计的刻度范围为第一预设温度值和第二预设温度值之间,特征值最低时显示为所述第一预设温度值,最高时显示为所述第二预设温度值,其中,所述第一预设温度值低于所述第二预设温度值；

[0018] 所述耳机插在所述盒子的音频接口上。

[0019] 可选的,所述电极帽的电极数量超过两个,其中有两个电极放置在国际标准的左额叶F3位置和右额叶F4位置；

[0020] 所述中央控制器用于从F3电极读取单通道的脑电信号,进行傅里叶变换,获得功率谱,提取出alpha波能量,记为 $\alpha[\text{F3}]$ ;从所述功率谱中提取出右额叶的alpha波能量,记为 $\alpha[\text{F4}]$ ;将所述 $\alpha[\text{F4}]$ 减去所述 $\alpha[\text{F3}]$ ,计算得到左右额叶差值,所述左右额叶差值越高就代表了缓解焦虑情绪的疗效越好;记录所述左右额叶差值,基于所述左右额叶差值评估本次神经反馈的疗效程度。

[0021] 可选的,所述神经反馈训练系统的使用流程由三个步骤组成,第一步是正序训练期,第二步是逆序训练期,第三步是康复期,具体包括：

[0022] 所述正序训练期由五个阶段组成,按照时间的先后顺序,分别为视听阶段、 $\alpha/\theta$ 反馈阶段、前记录阶段、 $\beta/\text{SMR}$ 反馈阶段和后记录阶段；

[0023] 所述逆序训练期由五个阶段组成,包括:所述视听阶段、所述 $\beta/\text{SMR}$ 反馈阶段、所述前记录阶段、所述 $\alpha/\theta$ 反馈阶段和所述后记录阶段；

[0024] 所述康复期由两个阶段组成,分别为所述视听阶段和康复反馈阶段；

[0025] 在所述正序训练期中,所述定时器在第一时刻发出脉冲,使所述中央控制器启动

所述视听阶段,使用户观看和倾听视频,经过第一预设时间段,然后关闭视听通道,保持静默,经过第二预设时间段后,使用户的大脑恢复到静息态;

[0026] 所述定时器在第二时刻发出脉冲,启动所述alpha/theta反馈阶段,所述中央控制器计算出脑电的alpha/theta特征值,开启所述显示屏,用水银柱温度计显示所述alpha/theta特征值,使用户沉浸大脑,经过第三预设时间段后,所述中央控制关闭所述显示屏,保持静默;

[0027] 在经过第四预设时间段后,所述定时器在第三时刻发出脉冲,启动所述前记录阶段,所述中央控制器开始记录静息脑电,经过第五预设时间段后,计算所述左右额叶差值,所述左右额叶差值表示了alpha/theta反馈的疗效值,所述左右额叶差值越高疗效越好;

[0028] 所述定时器在第四时刻发出脉冲,启动所述beta/SMR反馈阶段,所述中央控制器开启所述显示屏,并用水银柱温度计显示beta/SMR特征值,经过第六预设时间段,关闭所述显示屏,保持静默;

[0029] 在经过第七预设时间段后,所述定时器在第五时刻发出脉冲,启动所述后记录阶段,经过第八预设时间段后,所述中央控制器计算所述左右额叶差值,所述左右额叶差值表示了beta/SMR反馈的疗效值,用户完成之后休息第九预设时间段,再返回到所述正序训练期的所述视听阶段,循环进行M次,其中M为正整数;

[0030] 在所述正序训练期的循环结束后,用户进入所述逆序训练期,其中,在所述前记录阶段,所述中央控制器记录beta/SMR反馈的疗效值,在所述后记录阶段,所述中央控制器记录alpha/theta反馈的疗效值,所述逆序训练期的循环进行M次;

[0031] 在所述逆序训练期的循环结束后,所述中央控制器读出2M次循环中的alpha/theta反馈的疗效值,求取平均值,并与beta/SMR的2M次平均值比较,选取平均值高的作为目标疗法;

[0032] 在进入所述康复期后,所述中央控制器完成所述视听阶段,然后进行所述康复期反馈阶段,在进行所述康复期反馈阶段时,所述选择器自动选择所述目标疗法,用户完成之后休息第十预设时间段,返回所述康复期的所述视听阶段,循环进行K次,其中K为正整数;

[0033] 整个过程由所述中央控制器进行自动记录和自动控制。

[0034] 本发明提供的基于脑电信号的神经反馈训练系统,包括:定时器、数模转换器、耳机、显示屏、电极帽、脑电放大滤波器、模数转换器、中央控制器和选择器;中央控制器,通过显示屏播放视频,同时由数模转换器和耳机发出声音,舒缓用户的焦虑情绪,缓解用户大脑的前额叶区和颞叶区的压抑状态;在视频播放结束后,定时器发出脉冲,关闭数模转换器,接着启动脑电放大滤波器和模数转换器,为接下来的神经反馈阶段做好准备;在神经反馈阶段,电极帽开始采集脑电生理信号,电极帽含有多导电极,这些电极打上了电极膏,贴在用户的大脑头皮上,通过连接线把脑电信号传到脑电放大滤波器;脑电放大滤波器对信号进行滤波放大,去除工频噪声,然后通过模数转换器,转换成数字化的信号,输入到所述中央控制器;中央控制器首先对多通道的数字信号进行叠加,以提高信噪比,然后对叠加信号进行傅里叶变换,获得功率谱,接着在功率谱中提取出alpha波能量和theta波能量,最后计算出两个能量的比值,记为alpha/theta;类似的,中央控制器提取出beta波能量和SMR波能量,计算两个能量的比值,记为beta/SMR;这两个值alpha/theta和beta/SMR,是此时脑电波的两个特征值;这两个特征值连接到选择器的两个输入端,进行二选一,唯一选中的特征

值,输出到显示屏,以水银温度计的形式实时显示出来;用户通过观察温度计的水银的高度,实时地了解自己的情绪状态,动态地调整大脑沉浸放松的方式,使得温度计逐渐升高;在整个康复期,用户先做视听播放,再做神经反馈,可以一天做一次,多日反复做,逐步达到缓解焦虑情绪的效果;在康复期之前,用户需要先做alpha/theta神经反馈训练和beta/SMR神经反馈训练,然后比较两种反馈训练对用户的疗效,从而决定选择前者或者后者用于康复期。

[0035] 本发明的神经反馈训练系统的优点在于:

[0036] 1. 该系统自动为用户个人定制康复方案,调节焦虑情绪的能力更强;

[0037] 2. 图像显示美观醒目,易于用户理解;

[0038] 3. 该系统由常用的器件搭建,成本低,可以辅助精神失调类疾病患者的康复,也可以服务大众,改善情绪,提高生活质量;

[0039] 4. 该系统的康复流程实现了自动化,更简单,用户使用更加便利。

## 附图说明

[0040] 图1为国际标准的脑波的频率范围示意图;

[0041] 图2为本发明实施例中的一种基于脑电信号的神经反馈训练系统的结构框图;

[0042] 图3为本发明实施例的操作流程图;

[0043] 图4为本发明实施例中的定时器的工作示意图;

[0044] 图5为国际标准的10-20电极位置图。

## 具体实施方式

[0045] 图1为国际标准的脑波的频率范围示意图,是本领域普通技术人员的公知常识。其中,delta波、theta波、alpha波、beta波、gamma波和SMR波,是国际标准中所定义的6种脑波的名称;0.1~4、4~7、8~15、16~31、32~100和12.5~15.5,是国际标准中所定义的6种脑波的频率范围,单位为赫兹;本发明实施例中引用了这6种脑波的名称和频率范围,用于描述本发明实施例的详细步骤。

[0046] 图2是本发明提出的一种基于脑电信号的神经反馈训练系统,其中,101是定时器,102是耳机,103是显示屏,104是电极帽,105是中央控制器,106是选择器,107是数模转换器,108是模数转换器,109是脑电放大滤波器。

[0047] 图3为本发明实施例的操作流程图。其中,操作流程从开始到结束,经过了所述正序训练期、所述逆序训练期和所述康复期;所述正序训练期由五个阶段组成,按照时间的先后顺序,分别为所述视听阶段、所述alpha/theta反馈阶段、所述前记录阶段、所述beta/SMR反馈阶段和所述后记录阶段;用户完成所述正序训练期的所述后记录阶段后,返回所述正序训练期的所述视听阶段,循环M次,其中M为正整数,循环结束后进入所述逆序训练期;所述逆序训练期由五个阶段组成,包括所述视听阶段、所述beta/SMR反馈阶段、所述前记录阶段、所述alpha/theta反馈阶段和所述后记录阶段;用户完成所述逆序训练期的所述后记录阶段后,返回所述逆序训练期的所述视听阶段,循环进行M次,循环结束后进入所述康复期;所述康复期由两个阶段组成,分别为所述视听阶段和所述康复反馈阶段;用户完成所述康复期的所述康复反馈阶段后,返回所述康复期的所述视听阶段,循环进行K次结束,其中K为

正整数。

[0048] 图4为本发明实施例中的定时器的工作示意图。其中,所述正序训练的五个阶段,包括所述视听阶段、所述alpha/theta反馈阶段、所述前记录阶段、所述beta/SMR反馈阶段和所述后记录阶段;所述定时器的五个启动时刻,包括第一时刻t1、第二时刻t2、第三时刻t3、第四时刻t4和第五时刻t5;在时间的先后关系上,第一时刻t1是所述视听阶段的启动时刻,第二时刻t2是所述alpha/theta反馈阶段的启动时刻,第三时刻t3是所述前记录阶段的启动时刻,第四时刻t4是所述beta/SMR反馈阶段的启动时刻,第五时刻t5是所述后记录阶段的启动时刻。

[0049] 图5为国际标准的10-20电极位置图,定义了各个电极在大脑上的位置,是本领域普通技术人员公知常识。其中,F3位于左前额,F4位于右前额;本发明实施例中引用了F3和F4,用于描述本发明实施例的电极位置。

[0050] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行详细的描述。

[0051] 本发明提供了一种基于脑电信号的神经反馈训练系统,包括:定时器、数模转换器、耳机、显示屏、电极帽、脑电放大滤波器、模数转换器、中央控制器和选择器;中央控制器,通过显示屏播放视频,同时由数模转换器和耳机发出声音,舒缓用户的焦虑情绪,缓解用户大脑的前额叶区和颞叶区的压抑状态;在视频播放结束后,定时器发出脉冲,关闭数模转换器,接着启动脑电放大滤波器和模数转换器,为接下来的神经反馈阶段做好准备;在神经反馈阶段,电极帽开始采集脑电生理信号,电极帽含有多导电电极,这些电极打上了电极膏,贴在用户的大脑头皮上,通过连接线把脑电信号传到脑电放大滤波器;脑电放大滤波器对信号进行滤波放大,去除工频噪声,然后通过模数转换器,转换成数字化的信号,输入到所述中央控制器;中央控制器首先对多通道的数字信号进行叠加,以提高信噪比,然后对叠加信号进行傅里叶变换,获得功率谱,接着在功率谱中提取出alpha脑波能量和theta脑波能量,最后计算出两个能量的比值,记为alpha/theta;类似的,中央控制器提取出beta波能量和SMR波能量,计算两个能量的比值,记为beta/SMR;这两个值alpha/theta和beta/SMR,是此时脑电波的两个特征值;这两个特征值连接到选择器的两个输入端,进行二选一,唯一选中的特征值,输出到显示屏,以水银温度计的形式实时显示出来;用户通过观察温度计的水银的高度,实时地了解自己的情绪状态,动态地调整大脑沉浸放松的方式,使得温度计逐渐升高;在整个康复期,用户先做视听播放,再做神经反馈,可以一天做一次,多日反复做,逐步达到缓解焦虑情绪的效果;在康复期之前,用户需要先做alpha/theta神经反馈训练和beta/SMR神经反馈训练,然后比较两种反馈训练对用户的疗效,从而决定选择前者或者后者用于康复期。

[0052] 图2是本发明提出的一种基于脑电信号的神经反馈训练系统,包括定时器101、耳机102、显示屏103、电极帽104、中央控制器105、选择器106、数模转换器107、模数转换器108和脑电放大滤波器109。

[0053] 其中,中央控制器105分别与显示屏103和数模转换器107连接,数模转换器107和耳机102连接,中央控制器105,通过显示屏103播放视频,同时通过数模转换器107对声音信号进行模数转换后,由耳机102发出声音,以舒缓用户的焦虑情绪,缓解用户大脑的前额叶区和颞叶区的压抑状态。

[0054] 定时器101分别与数模转换器107、模数转换器108和脑电放大滤波器109连接,在视频播放结束后,定时器101发出脉冲,关闭数模转换器107,接着启动脑电放大滤波器109和模数转换器108,为接下来的神经反馈阶段做好准备。

[0055] 电极帽104与脑电放大滤波器109连接,在神经反馈阶段,电极帽104开始采集脑电生理信号,电极帽104含有多导电极,多导电极打上电极膏,贴在用户的大脑头皮上,通过连接线把脑电信号传到脑电放大滤波器109。

[0056] 脑电放大滤波器109与模数转换器108连接,脑电放大滤波器109对信号进行滤波放大,去除工频噪声,然后通过模数转换器108,转换成数字化的信号,输入到中央控制器105。

[0057] 中央控制器105用于对多通道的数字信号进行叠加,并对叠加信号进行傅里叶变换,获得功率谱,在功率谱中提取出alpha波能量和theta波能量,计算出alpha波能量和theta波能量的比值,记为alpha/theta。

[0058] 中央控制器105还用于从功率谱中提取出beta波能量和SMR波能量,计算beta波能量和SMR波能量的比值,记为beta/SMR。

[0059] 需要说明的是,alpha/theta和beta/SMR为当前脑电波的两个特征值。

[0060] 中央控制器105与选择器106连接,中央控制器105用于将两个特征值输出至选择器106,进行二选一,并将唯一选中的特征值,输出到显示屏103进行显示。具体的,显示屏103可以水银温度计的形式将特征值实时进行显示。

[0061] 另外,中央控制器105计算两个脑电波特征值,选择器106进行二选一,只是一种实现方式,在实际应用中,中央控制器105还用于计算N个脑电波特征值,同时选择器106进行N选一,其中N为三个或者三个以上。

[0062] 用户通过观察温度计的水银的高度,实时地了解自己的情绪状态,动态地调整大脑沉浸放松的方式,使得温度计逐渐升高。

[0063] 在整个康复期,用户先做视听播放,再做神经反馈,一天做一次,多日反复做,逐步达到缓解焦虑情绪的效果。

[0064] 在康复期之前,用户需要先做alpha/theta神经反馈训练和beta/SMR神经反馈训练,然后比较两种训练对用户的疗效,从而决定选择前者或者后者用于康复期。

[0065] 综上所述,本发明提供了一种基于脑电信号的神经反馈训练系统,包括:定时器101、耳机102、显示屏103、电极帽104、中央控制器105、选择器106、数模转换器107、模数转换器108和脑电放大滤波器109;中央控制器105通过显示屏103播放视频,同时由所述数模转换器107和耳机102发出声音,舒缓用户的焦虑情绪,缓解用户大脑的前额叶区和颞叶区的压抑状态;在视频播放结束后,所述定时器101发出脉冲,关闭所述数模转换器107,接着启动所述脑电放大滤波器109和模数转换器108,为接下来的神经反馈阶段做好准备;在神经反馈阶段,所述电极帽104开始采集脑电生理信号,所述电极帽104含有多导电极,所述多导电极打上了电极膏,贴在用户的大脑头皮上,通过连接线把脑电信号传到所述脑电放大滤波器109;所述脑电放大滤波器109对信号进行滤波放大,去除工频噪声,然后通过所述模数转换器108,转换成数字化的信号,输入到所述中央控制器105;所述中央控制器105,首先对多通道的数字信号进行叠加,以提高信噪比,然后对叠加信号进行傅里叶变换,获得功率谱,接着在功率谱中提取出alpha波能量和theta波能量,最后计算出两个能量的比值,记为

alpha/theta;类似的,所述中央控制器105提取出beta波能量和SMR波能量,计算两个能量的比值,记为beta/SMR;这两个值alpha/theta和beta/SMR,是此时脑电波的两个特征值;这两个特征值连接到所述选择器106的两个输入端,进行二选一,唯一选中的特征值,输出到所述显示屏103,以水银温度计的形式实时显示出来;用户通过观察温度计的水银的高度,实时地了解自己的情绪状态,动态地调整大脑沉浸放松的方式,使得温度计逐渐升高;在整个康复期,用户先做视听播放,再做神经反馈,可以一天做一次,多日反复做,逐步达到缓解焦虑情绪的效果;在康复期之前,用户需要先做alpha/theta神经反馈训练和beta/SMR神经反馈训练,然后比较两种反馈训练对用户的疗效,从而决定选择前者或者后者用于康复期。

[0066] 本发明提供的基于脑电信号的神经反馈训练系统的优点在于:

[0067] 1. 该系统自动为用户个人定制康复方案,调节焦虑情绪的能力更强;

[0068] 2. 图像显示美观醒目,易于用户理解;

[0069] 3. 该系统由常用的器件搭建,成本低,可以辅助精神失调类疾病患者的康复,也可以服务大众,改善情绪,提高生活质量;

[0070] 4. 该系统的康复流程实现了自动化,更简单,用户使用更加便利。

[0071] 作为上述技术方案的进一步改进,所述电极帽可以通过电缆线连到一个盒子上,盒子中的集成电路板上集成了模数转换器108、数模转换器107、脑电放大滤波器109、定时器101、中央控制器105和选择器106;盒子通过USB连接线插在电脑上,在电脑上显示一个用于表征被选中的脑电波特征值的水银柱温度计,水银柱可以为蓝色;水银柱温度计刻度范围为第一预设温度值和第二预设温度值之间,其中,所述第一预设温度值低于所述第二预设温度值,特征值最低时显示为所述第一预设温度值,比如,0,最高时显示为所述第二预设温度值,比如,100;所述耳机插在盒子的音频接口上。这样,本实施例通过常用器件构造,便于推广,也实现低成本。

[0072] 作为上述技术方案的进一步改进,如图3所示,所述系统的使用流程由三个步骤组成,第一步是正序训练期,第二步是逆序训练期,第三步是康复期,具体包括:正序训练期由五个阶段组成,按照时间的先后顺序,分别为视听阶段、alpha/theta反馈阶段、前记录阶段、beta/SMR反馈阶段和后记录阶段;逆序训练期同样由五个阶段组成,包括了视听阶段、beta/SMR反馈阶段、前记录阶段、alpha/theta反馈阶段和后记录阶段;康复期由两个阶段组成,分别为视听阶段和康复反馈阶段。

[0073] 在本实例中,如图3所示,在正序训练期中,可以循环5次;在逆序训练期中,可以循环5次;最后,在进入康复期后,可以循环50次。

[0074] 更优地,本实施例中的循环次数5次和50次,是根据临床经验的优化值,具体实施时,可以根据用户康复情况和耐受程度做调整为M次和K次,M和K均为正整数。

[0075] 更进一步地,如图4所示,在正序训练期中,所述定时器101在第一时刻t1发出脉冲,通知所述中央控制器105启动第一阶段视听阶段,使用户观看和倾听视频,观看持续第一预设时间段,比如,30分钟,然后关闭视听通道,保持静默,持续第二预设时间段,比如,5分钟,让用户的大脑恢复到静息态。

[0076] 接着所述定时器101在第二时刻t2发出脉冲,启动第二阶段alpha/theta反馈阶段,所述中央控制器105计算出脑电的alpha/theta特征值,开启视觉通道,用水银柱温度计显示alpha/theta特征值,使用户沉浸大脑,放松思维,升高水银柱,经过第三预设时间段

后,比如30分钟,关闭显示屏103,即视觉通道,保持静默。

[0077] 在经过第四预设时间段后,比如5分钟;所述定时器101在第三时刻 $t_3$ 发出脉冲,启动第三阶段前记录阶段,记录静息脑电,经过第五预设时间段后,比如5分钟,计算所述左右额叶差值,左右额叶差值表示了 $\alpha/\theta$ 反馈的疗效值,左右额叶差值越高疗效越好。

[0078] 其后,所述定时器101在第四时刻 $t_4$ 发出脉冲,启动第四阶段 $\beta$ /SMR反馈阶段,开启视觉通道,用水银柱温度计显示 $\beta$ /SMR特征值,经过第六预设时间段,比如30分钟,关闭所述显示屏,即关闭视觉通道,保持静默。

[0079] 在经过第七预设时间段后,比如5分钟;所述定时器101在第五时刻 $t_5$ 发出脉冲,启动第五阶段后记录阶段,经过第八预设时间段后,比如5分钟,所述中央控制器105计算出 $\beta$ /SMR反馈的疗效值,然后关闭所述系统,用户完成之后,休息第九预设时间段,比如2-3天,返回到第一阶段视听阶段,循环进行M次,其中M为正整数,比如循环5次。

[0080] 在所述正序训练期的循环结束后,用户进入所述逆序训练期;所述逆序训练期类似于所述正序训练期,但在时间上 $\alpha/\theta$ 反馈阶段和 $\beta$ /SMR反馈阶段对调了,所以所述前记录阶段记录了 $\beta$ /SMR反馈的疗效值,所述后记录阶段记录了 $\alpha/\theta$ 反馈的疗效值,类似地所述逆序训练期的循环进行M次。

[0081] 在所述逆序训练期的循环结束后,所述中央控制器105读出2M次循环中的 $\alpha/\theta$ 反馈的疗效值,求取平均值,并与 $\beta$ /SMR的平均值比较,选取平均值高的作为目标疗法。

[0082] 在进入所述康复期后,所述中央控制器105完成所述视听阶段,然后进行所述康复期反馈阶段,在进行所述康复期反馈阶段期间,所述选择器106自动选择所述目标疗法;在所述康复期反馈阶段完成之后,用户休息第十预设时间段,比如2-3天,返回所述康复期的所述视听阶段,循环进行K次,其中K为正整数,比如循环50次;整个过程由所述中央控制器105进行自动记录和自动控制完成,实现了因人而异优选疗法的流程。

[0083] 需要特别说明的是,上述步骤为神经反馈训练系统的使用方法,上述步骤的执行主体均为神经反馈训练系统。

[0084] 在本实施例中,如图4所示,所述定时器101预设的第一时刻 $t_1$ 到第五时刻 $t_5$ 的取值,可以依据佩戴用户的实际身体状态,需要中途休息的时间以及训练需求而定,此处不再赘述。

[0085] 在本实施例中,整个过程自动记录、自动控制完成,无需用户或医护人员干预,节省了治疗的人力成本。

[0086] 在本发明的另一个实施例中,显示屏上的动画是一个垂直的高度可变的弹簧。

[0087] 在上述本实施例中,当用户佩戴多通道电极帽104时,多个电极依据图5所示的国际标准放置。更优地,所述电极帽的电极数量可以超过两个,其中有两个电极放置在国际标准的左额叶F3位置和右额叶F4位置,如图5所示。中央控制器105用于从左额叶F3电极读取单通道的脑电信号,提取出 $\alpha$ 波能量,记为 $\alpha[F3]$ ;从所述功率谱中提取出右额叶的 $\alpha$ 波能量,记为 $\alpha[F4]$ ;将所述 $\alpha[F4]$ 减去所述 $\alpha[F3]$ ,计算得到左右额叶差值,所述左右额叶差值( $\alpha[F4]-\alpha[F3]$ )越高,就代表了缓解焦虑的疗效越好;中央控制器105记录所述左右额叶差值,基于所述左右额叶差值评估本次神经反馈的疗效程度。这样做的目的是利用焦虑情绪对左右脑的不对称性影响,计算能量差值,以利于监控焦虑

情绪是否缓解、缓解多少,从而将疗效打分。

[0088] 在本发明的另一个实施例中,本发明的耳机是环绕立体声音响,从而增加用户的沉浸感,进一步提高“视听阶段”的放松程度。

[0089] 综上可知,本发明公开的系统,可以使用户的个体疗效达到优化,降低了硬件成本和人力成本。

[0090] 最后,还需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法或者设备中还存在另外的相同要素。

[0091] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。

[0092] 对所公开的实施例的上述说明,使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

脑波的名称	脑波的频率范围(赫兹)
delta 波	0.1~4
theta 波	4~7
alpha 波	8~15
beta 波	16~31
gamma 波	32-100
SMR 波	12.5~15.5

图1

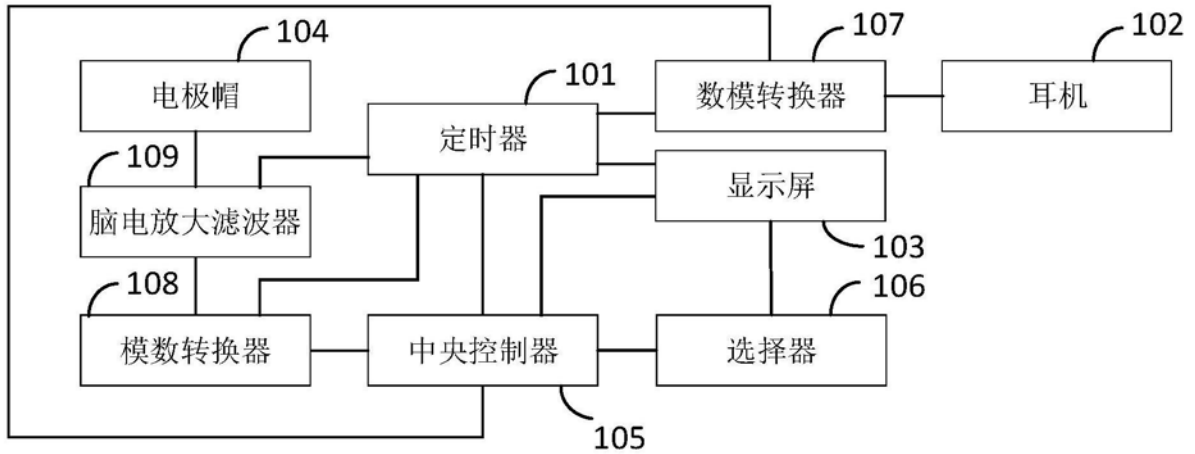


图2

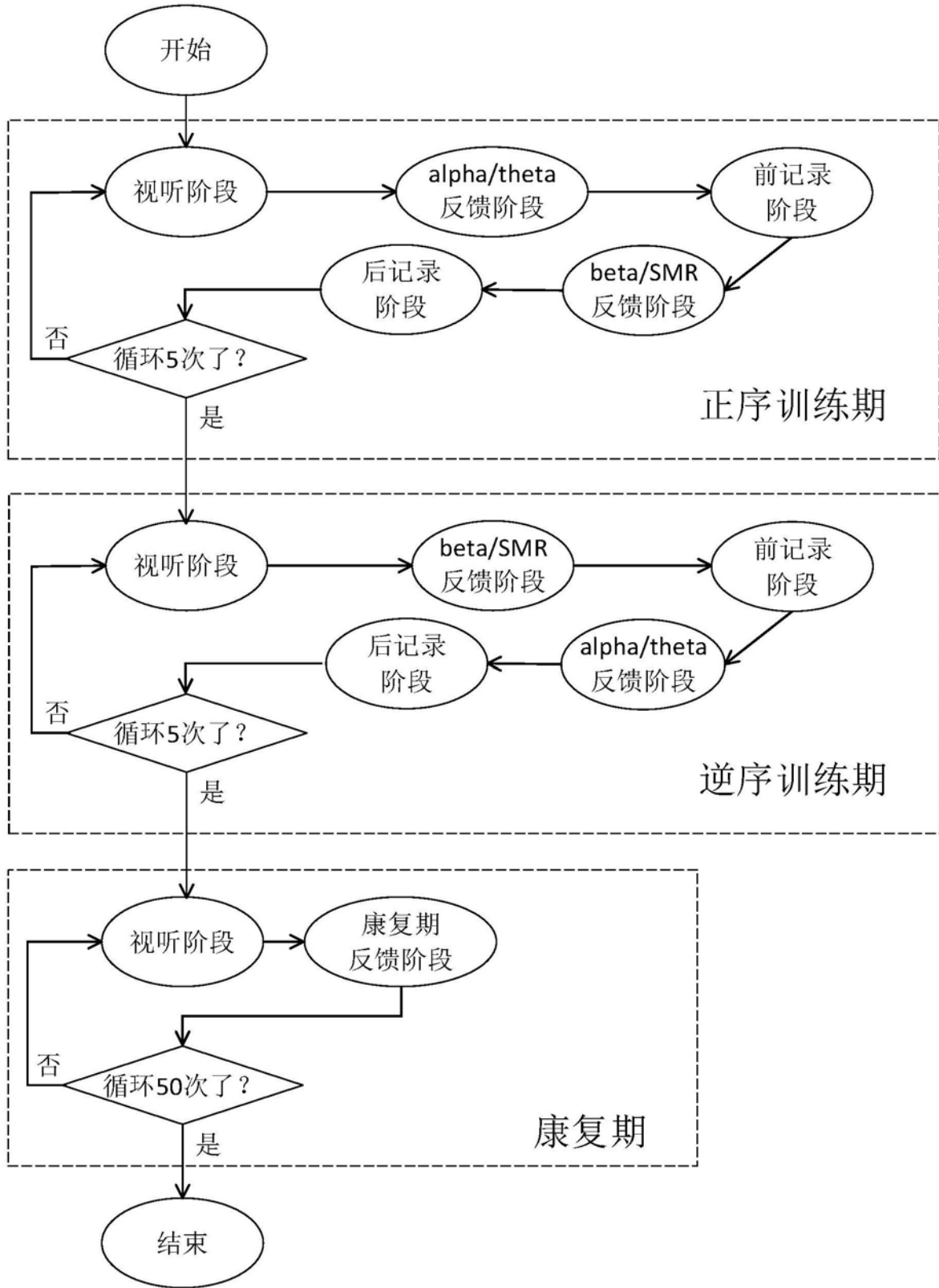


图3

### 正序训练期的五个阶段



### 定时器

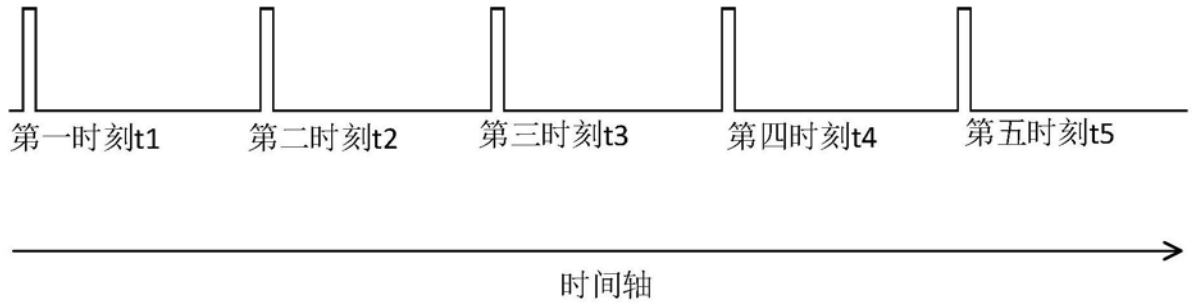


图4

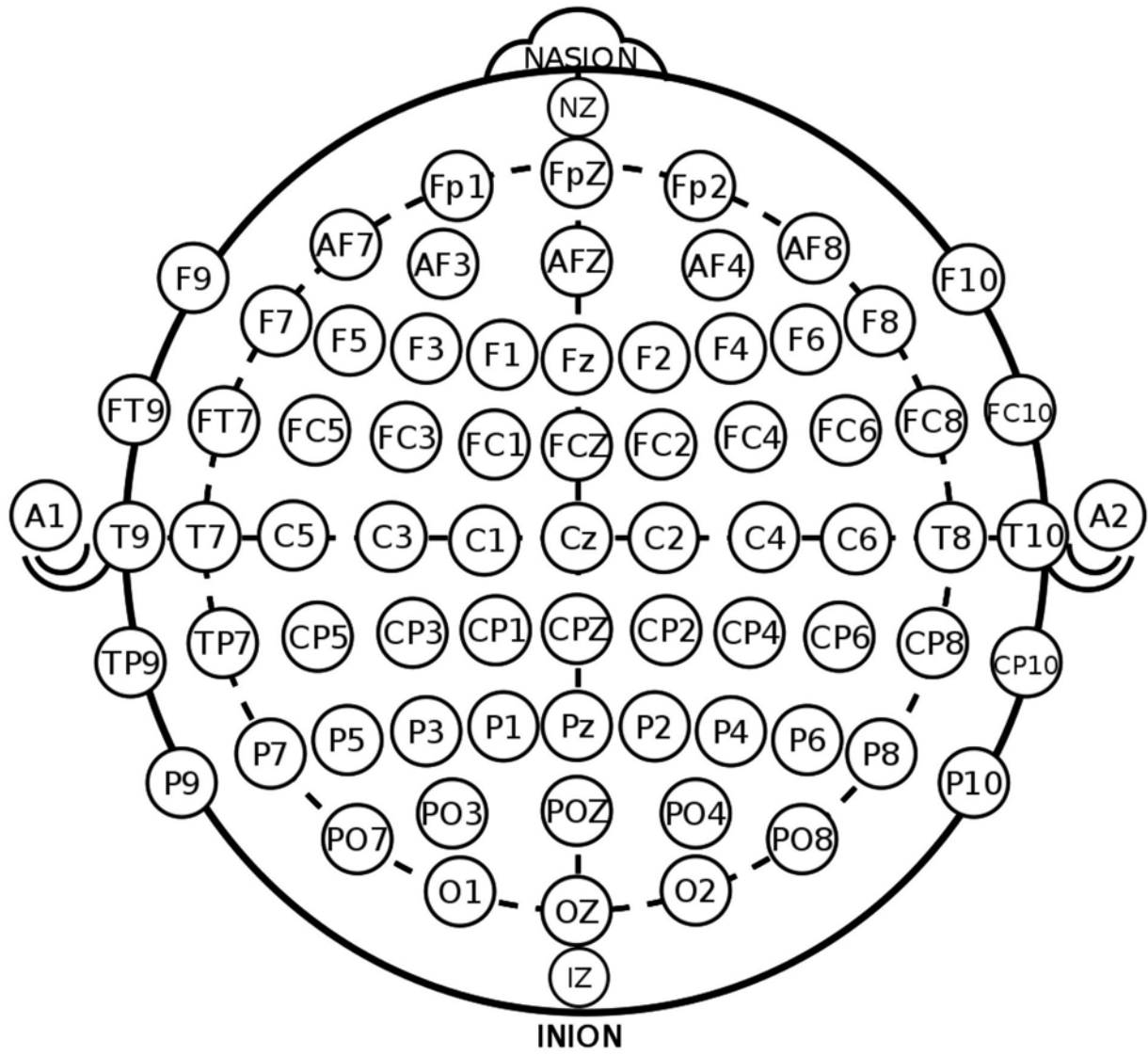


图5

专利名称(译)	一种基于脑电信号的神经反馈训练系统		
公开(公告)号	<a href="#">CN110302462A</a>	公开(公告)日	2019-10-08
申请号	CN201910721223.X	申请日	2019-08-06
[标]申请(专利权)人(译)	张铎		
申请(专利权)人(译)	张铎		
当前申请(专利权)人(译)	张铎		
[标]发明人	张铎		
发明人	张铎		
IPC分类号	A61M21/02 A61B5/0476 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/04012 A61B5/04017 A61B5/0476 A61B5/6803 A61B5/72 A61B5/7203 A61B5/7225 A61M21/02 A61M2021/005 A61M2230/10 A61M2230/005		
代理人(译)	薛娇		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>	<a href="#">SIPO</a>	

摘要(译)

本发明公开了一种基于脑电信号的神经反馈训练系统，包括定时器、数模转换器、耳机、显示屏、电极帽、中央控制器、模数转换器、脑电放大滤波器和选择器。系统的主要操作如下：在用户佩戴电极帽后，定时器启动系统，接着电极帽采集脑电信号并输出至脑电放大滤波器、模数转换器和中央控制器，中央控制器对脑电信号进行特征信号提取，并将选中的特征值在显示屏进行显示，使用户可以根据显示屏显示的内容了解自己情绪的状态，形成正反馈；该系统可自动为用户定制康复方案，因此，调节焦虑情绪的能力更强，整个流程实现了自动化，使用更加便利，从而为脑电神经反馈训练提供了新思路。

