目录

[ThinkGear介绍： 2](#_Toc377460368)

[ThinkGear Data Values： 2](#_Toc377460369)

[POOR\_SIGNAL Quality 2](#_Toc377460370)

[eSense Meters 2](#_Toc377460371)

[ATTENTION eSense（专注度水平） 3](#_Toc377460372)

[MEDITATION eSense（冥想度水平） 3](#_Toc377460373)

[Raw Wave Value（16-bit） 3](#_Toc377460374)

[ASIC\_EEG\_POWER\_INT 4](#_Toc377460375)

[Blink Strength 4](#_Toc377460376)

[ThinkGear Packets： 4](#_Toc377460377)

[Packet Header 5](#_Toc377460378)

[Data Payload 5](#_Toc377460379)

[Payload Checksum 5](#_Toc377460380)

[Payload Structure： 5](#_Toc377460381)

[DataRow Format 5](#_Toc377460382)

[CODE Definitions Table 6](#_Toc377460383)

[Single-Byte CODEs 6](#_Toc377460384)

[Multi-Byte CODEs 6](#_Toc377460385)

[Step-By-Step Guide to Parsing a Packet 6](#_Toc377460386)

[Step-By-Step Guide to Parsing DataRows in a Packet Payload 7](#_Toc377460387)

ThinkGear 说明文档

# ThinkGear介绍：

ThinkGear是一种可以接触大脑的脑电波的技术，它被美国NeuroSky公司发明，并应用于其产品中。它包括接触前额的传感器和一个固定在耳朵上的电极。内置的 芯片可以接收到脑电波的所有数据，并以数字的形式传输。

ThinkGear™ ASIC 芯片技术特性：

• 采用单导干电极测量技术（通常将一个干电极放在用户的前额进行脑电信

号测量）

• 集成神经信号的滤波和放大功能

• 集成eSense™算法（使用者无需进行额外的信号处理）

• 符合工业标准的串行UART 输入输出接口

• 输出“专注度”和“放松度”两种eSense™数据，数据输出频率为1Hz

• 输出α、β、θ、δ 脑电波数据，数据输出频率为1Hz（可选）

• 输出原始脑电波形数据，数据输出频率为128Hz 或者512Hz（可选）

• 功耗低，耗电量小，适用于需要依靠电池长时间工作的设备

# ThinkGear Data Values：

## POOR\_SIGNAL Quality

噪声信号是8 bits无符号整型，它记录ThinkGear数据的被影响程度，范围在0~255。当值大于0时，说明有噪声被检测出来。值越大，噪声就大。

噪声值为200时，说明仪器没有接触到测试者的皮肤。

噪声信号每秒输出一次。噪声是无法避免的，但是“神念”的过滤技术和eSense算法可以检测并修正噪声。并且噪声对eSense数据（Attention、Meditation）没有太大的影响。

## eSense Meters

eSense™是NeuroSky 用于以数字化参数方式对人的当前精神状态进行度量

的专利算法。需要注意的是，eSense 数值不是量化当前精神状态的一个具体的数值，而是描述当前精神状态活动的波动范围。

eSense 参数用于描述被试者进入专注状态（类似于注意力集中程度）或者沉思状态（类似于精神放松程度）的程度。eSense 参数以1 到100 之间的具体数值来指示用户的专注度水平和放松度水平。数值在40 和60 之间表示此刻该项参数的值处于中间范围，这一数值范围类似于常规脑电波测量技术中确定的“基线”。

数值在60—80 之间表示此刻该项参数的值处于“较高值区”，也就是说略高于正常水平（即当前情况下你的专注度或者是放松度比正常情况下要高）。数值在80—100 之间表示处于“高值区”。它表示你的专注度或放松度达到了非常高的水平，即处于非常专注的状态或者是非常放松的状态。

同理，如果数值在20—40 之间则表示此时的eSense 参数水平处于“较低值

区”，数值在1—20 则意味着处于“低值区”。与前述其它区值所代表的人的精神状态相反，eSense 参数处于这2 个区域则表示被试者的精神状态表现为不同程度的心烦意乱、焦躁不安、行为反常等。

eSense 算法具有动态自学习能力，它采用“慢速自适应”算法，可以针对不同使用者脑电波信号在正常范围内的波动趋势和个体差异进行动态补偿。由于采用了自适应技术，使得ThinkGear 能够适用于不同的人群和不同的周边环境，并且在这些不同的应用场景下都能够具有非常好的准确性和可靠性。

### ATTENTION eSense（专注度水平）

这个无符号的一个字节值表明用户当前的“eSense专注度Attention指数”，即使用者 精神“集中度”水平或“注意度”水平的强烈程度。该指数值的范 围是0到100。心烦意乱、精神恍惚、专注度Attention不集中以及焦虑等精神状态都将降低 专注度Attention指数的数值。

 默认情况下，数值的输出是有效的。通常一秒钟输出一次。

### MEDITATION eSense（冥想度水平）

这个无符号的一个字节值表明用户当前的“eSense冥想度Meditation指数” ，即使用 者精神“平静度”水平或“冥想度Meditation”水平。该指数值的范围是0到100。需要注 意的是，冥想度Meditation指数反映的是使用者的精神状态，而不是其身体状态，所以，简单地进行全身肌肉放松并不能快速地提高冥想度Meditation水平。然而，对大多数人来说， 在正常的环境下，进行身体放松通常有助于精神状态的放松。

冥想度Meditation水平的提高 与大脑活动的减少有明显的关联。长期观察结果表明：闭上眼睛可以使得大脑无 需处理通过眼睛看到的景象从而降低大脑精神活动水平。心烦意乱、精神恍惚、焦虑、激动不安等精神状态以 及感官刺激等都将降低冥想度Meditation指数的数值。

默认情况下，数值的输出是有效的。通常一秒钟输出一次。

## Raw Wave Value（16-bit）

原始波值由两个字节组成，代表一个单一的原始波样品。它的值是一个从 -32768到32767之间的十六位带符号整数。数值的第一个字节代表高位，第二个 字节代表低位。要重建完整的原始波的值，只要简单地将第一个字节左移8个位，并且按位或第二个字节。

RAW Wave Value (16-bit)

short raw = (Value[0]<<8) | Value[1];（Value[0]是高位字节，Value[1]是低位字节。）

在系统或语言中位操作不是很方便，可用以下算术运算来代替：

raw = Value[0]\*256 + Value[1];

if( raw >= 32768 ) raw = raw - 65536;

raw是表示数值从-32768到32767之间的任何有符号的数据类型。 每个ThinkGear模型仅在-32768到32767之间的特定范围里记录它的原始波 信息。例如，MindSet记录的原始波大约在-2048到2047之间。

 默认情况下，数值的输出是有效的。每秒钟输出512次，也就是说大约每2 毫秒一次。

## ASIC\_EEG\_POWER\_INT

这个数据值代表8种众所周知的脑电(脑波)电流强度 。这个数值在大端格式 中作为一系列八个3字节无符号整数输出。

八种脑电功率是按如下顺序输出的：delta(0.5-2.75赫兹)，theta（3.5-6.75赫兹），low-alpha(7.5-9.25赫兹)， high-alpha(10-11.75赫兹)，low-beta(13-16.75赫兹)，high-beta(18-29.75 赫兹)，low-gamma(31-39.75赫兹)，mid-gamma(41-49.75赫兹)。这些数值没有 单位并且考虑到相对数量和短暂波动，他们只有在互相比较时才有意义。

默认情况下，数值的输出是有效的。通常每秒钟输出一次。

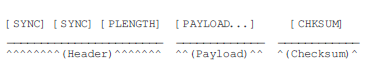
## Blink Strength

无符号的一个字节的值记录了用户最近眨眼的强度。它的数值范围从1到 255，并且只要检测到眨眼，数值就会被记录下来。这个数值表明眨眼的相对强烈 程度，没有单位。

注意：这个数值当前只能通过TGCD 和TGC 的应用程序接口才可使用。它不 可直接作为任何ThinkGear硬件的输出来使用。关于TGCD，可以参考使用TG\_GetValueStatus() 和 TG\_GetValue()函数的TG\_DATA\_BLINK\_STRENGTH数据 类型。

# ThinkGear Packets：

数据报文的结构由三部分组成：1.Packet Header 2.Packet Payload 3.Payload Checksum。结构为：



有效负载最大长度为169个字节,【SYNC】【PLENGTH】【CHKSUM】为一个字节。

## Packet Header

报文头由两个【SYNC】（0xAA，0xAA）和一个【PLENGTH】（有效负载长度）组成：



当两个【SYNC】被检测出来， 则可以认为一个新的数据报文到来。

## Data Payload

有效负载是一系列的字节，当检验和被确认正确无误后，方可解析报文。

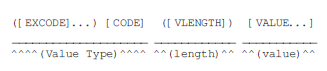
## Payload Checksum

检验和的计算方法：对Payload中的所有字节进行求和——>取出和的低八位——>对低八位进行取反。

如果计算出来的检验和与接收到的【CHKSUM】一样，则该报文是有效的，可以对有效负载进行解析；否则放弃该报文。

# Payload Structure：

## DataRow Format



【EXCODE】和【VLENGTH】是可选的。【EXCODE】的值为0x55，数量带便的Extended Code的水平，它与【CODE】一同决定数据的类型。

当【CODE】<=0x7F时，【value】为一个字节长度；当【CODE】>0x7F时，【VLENGTH】出现，代表【value】的长度。

## CODE Definitions Table

### Single-Byte CODEs

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Extended Code Level | [CODE] | (Byte)[LENGTH] | Data Value Meaning |
| 0 | 0x02 | -- | POOR\_SIGNAL Quality(0-255) |
| 0 | 0x03 | -- | HEART\_RATE(0-255) Once/s on EGO |
| 0 | 0x04 | -- | Attention eSense (0-100) |
| 0 | 0x05 | -- | Meditation eSense (0-100) |
| 0 | 0x06 | -- | 8Bit-Raw Wave Value (0-255) |
| 0 | 0x07 | -- | Raw-Maker Section Start(0) |

### Multi-Byte CODEs

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Extended Code Level | [CODE] | (Byte)[LENGTH] | Data Value Meaning |
| 0 | 0x80 | 2 | RAW Wave Value: a single big-endian 16-bits two’s-compliment signed value (high-order byte followed by low-order byte) (-32768~32767) |
| 0 | 0x81 | 32 | EEG\_POWER: eight big-endian 4-byte IEEE 754 floating point values representing delta, theta, low-alpha, high-alpha, low-beta, high-beta, low-gamma, and mid-gamma EEG band power values |
| 0 | 0x83 | 24 | ASIC\_EEG\_POWER: eight big-endian 3-byte unsigned integer values representing delta, theta, low-alpha, high-alpha, low-beta, high-beta, low-gamma, and mid-gamma EEG band power values |
| Any | 0x55 | -- | NEVER USED (reserved for [EXCODE]) |
| Any | 0xAA | -- | NEVER USED (reserved for [SYNC]) |

（注：红色字体为ThinkGear实际用到的Code Type）

# Step-By-Step Guide to Parsing a Packet

步骤一：持续读字节，一直读到一个【SYNC】（0xAA）为止，继续步骤二。

步骤二：读下一个字节，确定是否是【SYNC】。如果不是，返回步骤一；否则，继续步骤三。

步骤三：读下一个字节，作为【PLENGTH】。如果【PLENGTH】为170，重复步骤三；如果【PLENGTH】大于170，返回步骤一；否则，继续步骤四。

步骤四：读接下来的【PLENGTH】个字节，并保存在无符号数组里。对每个字节进行求和（checksum += byte）。

步骤五：取出低八位并且取反。checksum &= 0xFF； checksum = ~checksum & 0xFF；

步骤六：读下一个字节作为【checksum】。如果【checksum】跟计算出来的checksum不匹配返回步骤一；否则，开始解析有效负载。

# Step-By-Step Guide to Parsing DataRows in a Packet Payload

持续重复以下的步骤，直到payload[]数组被解析完。

步骤一：解析并数【EXCODE】（0x55）字节的个数。（可能为0个）

步骤二：解析【CODE】字节。

步骤三：如果【CODE】>= 0x80，解析接下来的字节作为【VLENGTH】字节。

步骤四：根据【EXCODE】level，【CODE】，【VLENGTH】字节，解析并处理数据。

步骤五：如果还存在未解析的字节，则返回步骤一，继续解析下一个DataRow。

# 脑电波各波段相关介绍

δ波、成人入睡后,或成年人困倦时出现

θ波、少年或成年人困倦时出现

α波、清醒,安静,闭眼及正常血糖范围情况下出现

β波、在睁眼和大脑皮层处在紧张活动状态时出现(即正常人白天工作时会出现的脑电波)

κ波、进入慢波睡眠时出现，γ

正常睡眠分为两个时相：快波睡眠和慢波睡眠，两者可以相互转化。由一个慢波睡眠和一个快波睡眠组成睡眠周期，每个睡眠周期历时约90分钟。人们每晚的睡眠通常经历4~6个睡眠周期。

## 慢波睡眠

慢波睡眠由浅至深又可分为四期（S1~S4期）。第一、二期称浅睡期，第三、四期称深睡期。深睡期对恢复您的精神和体力具有重要价值。

在整个慢波睡眠中，以副交感神经活动占优势，可引起心率减慢，血压降低，胃肠活动增加，全身肌肉松弛，但没有张力和活力。

## 快波睡眠

在快波睡眠期，以交感神经活动占优势，可出现心率增快，血压增高，呼吸快而不规则。

典型睡眠节律按以下程序进行：觉醒→S1→S2→S3→S4→S3→S2→第一次快波睡眠→S2→S3→S4→S3→S2→第二次快波睡眠……

## α波究竟是怎么回事

人的脑电波有4大类（α波、β波、θ波和δ波），其中的一大类即α波。我们到医院里去做脑电图时，医生先在你头部联上电极，然后让你先闭上眼睛“尽量不去思考”。眼睛是人体最重要的信息通道，闭上眼睛便可关闭60%~70%的信息来源。日本的研究人员认为：人脑以α波为主时，大脑的潜意识大门打开，脑思维可以抓住潜意识所储存的各种主观信息，使其上升到有意识中来，产生各种“神机妙算”。

人脑的α波占优势时，就能全神贯注，充分发挥聪明才智，应激能力相对提高，处理事情得心应手，筹划及设想往往能够达到预期效果。若人脑电波处于β波状态，就是雄才伟气也往往出现胆怯怕事，应急能力下降，不能发挥最佳水平。如这时去考试往往出现怯场现象。科学家认为，可以用强化α波的方法使一个人的才智发挥出来。

经过研究计算：一个人每天处于α波的时间大约为3小时左右，这是维持正常生活的“底线”和“本钱”，可定为0级；若小于3小时就会出现紧张、焦虑、失眠等，则连3 个小时也不到，即处于0级以下的不健康状态了。若通过措施来增加α波的时间，增加50%，（即每天4.5小时），则为Ⅰ级，一般懂得心理养生的人都可以做到；若增加一倍（即每天6小时），则为Ⅱ级，心理养生有素者也可达到；还有一些高层次的心理养生的“智者”，每天α波时间在6小时以上，则为Ⅲ级。在这里可以看出，心灵商α指数是指一个人每天处于α波时间多少的定量指标，这是人们的心理养生“心中有数”而走出模糊状态，从而赶上时代的步伐。

## 脑波原理

人脑每个细胞都包含有一个巨大的电化复合体和功能强大的微数据处理及传递系统，大脑工作时，神经细胞中离子运动的运动产生电流，大脑150亿的神经元（脑细胞）不断释放出微电流。大脑总的电流活动情况可以用脑电分析仪（EEG）测量记录下来，这种大脑电流活动的形态各不相同，有快有慢，由此产生了各种频率的脑电波。

     科学界公认的脑电波主要有四种状态，神经科学界根据脑波的频率分成4个主要类别：

    β波 震荡频率范围14HZ-100HZ，脑波在该波段主要频率范围在14-30HZ之间。处于该脑波频率，人脑处于清醒的意识，人的精神处于紧张状态，对周围事物很敏感，注意力集中于外在环境，呈分散状，并且大脑容易疲劳，极大多数人白天都处于这种状态。

     说明：在β波为优势脑波时，人清醒时大部份是该脑波状态。随著β波的增加，身体逐渐呈紧张状态，准备随时针对外在环境作反应。大脑能量除了维持本身系统的运作外，尚须指挥对外防御系统做准备，因而消减了体内免疫系统能力。在此状态下人的身心能量耗费较剧，快速疲倦，若没有充分休息，非常容易堆积压力（这是现代人的通病）。然而，适量的β波，对积极的注意力提升，以及认知行为的发展有着关键性的助益。

    α波 震荡频率范围8HZ-14HZ。脑波处于该频率时人的大脑清醒而放松，注意力呈聚焦状，容易集中精神于某一工作中，不易处于外界其它事物干扰，并且大脑不易疲劳。

     说明：在α波为优势脑波时，人的意识清醒，但身体却是放松的，它提供意识与潜意识的桥梁。由于在这种状态下，身心能量耗费最少，相对地脑部所获得的能量较高，运作就会更加快速、顺畅、灵感及直觉敏锐，脑的活动十分活跃。现代科学积极倡导α波是为人们学习与思考的最佳脑波状态。其中α波又分为3种，慢α波：8-9Hz，临睡前头脑茫茫然的状态，意识逐渐走向模糊。中α波：9-12Hz，灵感、直觉或点子发挥威力的状态，身心轻松而注意力集中。快α波：12-14Hz，稍显紧张，无暇他顾的状态。

    θ波 震荡频率范围4HZ-8HZ。脑波处于该频率时人的精神处于深度松弛状态，注意力高度集中，灵感涌现，创造力空前高涨。但是，未经过训练者一旦脑电波降到这么低的频率，会很快进入睡眠状态。

    说明：θ 波为优势脑波时，人的意识中断，身体深沉放松，这是一种高层次的精神状态，也就是我们常听到的「入定态」。在这样的状态下，由于意识中断，使得我们平常清醒时所具有批判性或道德性的过滤机制被埋藏起来，因而大开心灵之门，对于外界的信息呈现高度的受暗示性状态（Hyper-suggestibility），这就是为什么人在被催眠时会容易接收外来的指令。此外，θ波与脑部边缘系统有非常直接的关系，对于触发深层记忆、强化长期记忆（LTP）等帮助极大，所以，在科学界称Theta波为通往记忆与学习的闸门─The Gateway to Learning and Memory。

    δ波 震荡频率范围0.5HZ-4HZ，人在睡眠过程中出现的大脑慢活动状态，此时人脑波频率一般在1HZ-3HZ之间，该频率只有在深度睡眠时才会出现。只有在睡眠中出现δ脑电波，第二天人才能精神饱满，否则，即使睡上10个小时，人在第二天也是精神倦怠。

   学习和工作的“最佳状态”是脑电波处在θ波或α波状态。θ波是一种有高度暗示性的状态，各种加速学习的方法都是促使人脑波处于θ波状态，这可以加速人对知识的记忆。人在α波状态下大脑最易“开窍”，集中精神，思维清晰，创意涌现，加快信息收储，产生过目不忘的效果。人们在接受的大量信息中85%以上是存储于潜意识中，α波是打开潜意识唯一有效途径。同时，想象与联想是记忆的翅膀，而α波让人在放松的沉思中展开想象和联想。通过对脑波的诱导，可以让人处于注意力高度集中、大脑不易疲劳的状态，并且思考力、理解力和记忆力成倍提高，在该状态下学习和工作，效率最高。

人类大脑会根据所给条件来工作：上课时如果大脑处于左脑意识状态，大脑就会发出不适于学习的β脑电波，学习起来就会困难；而如果在上课之前先作想象训练——冥想、呼吸、想象，大脑就会发出α脑电波，右脑进入工作状态，学习也会变得简单轻松。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 波段 | 频率 | 状态 | 时间 |
| β脑波 | 14~100Hz（大部分在14-30Hz） | 紧张状态，对周围环境很敏感，但难于集中注意力，且容易疲劳。 | 绝大数人清醒时都处于这种状态。 |
| α脑波 | 8~14Hz | 轻松状态下，大脑清醒放松，容易集中注意力学习、工作、不容易被外界事物干扰，大脑不易疲劳。 | 一般人须经过长期训练才能自觉调节到α波状态，否则很难。 |
| θ脑波 | 4~8Hz | 深度轻松状态，注意力高度集中，灵感涌现，创造力高涨 。 | 一般人经过长期训练才能自觉调节到θ状态，否则很难 。 |
| δ脑波 | 0.5~4Hz | 睡眠状态 | 人在深睡状态下会出现 ，疲劳状态。 |

疲劳会产生脑电变化。大脑皮层兴奋与抑制时，其脑电图上的表现是不同的。兴奋时，脑电图表现为低波幅、快活动（称β波，频率在13Hz以上）；抑制时，脑电图变现为高波幅、慢活动（称θ波，频率为4-7Hz）；高度抑制，如深睡时，出现高幅更慢的波（称δ波，频率为0.5-4Hz）；人的疲劳在脑电图上能反应出来。根据脑电图的频率分布和波形，课推测大脑活动的功能状态，从而推测是否存在心理疲劳。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 脑电波参数 | 取值范围 | 输出频率 | 数据描述 |
| 噪音强度 | 0~200 | 每秒一次 | 值越大，检测出来的噪音越大；值为200时，说明仪器没有接触人体皮肤。 |
| 注意力水平 | 0~100 | 每秒一次 | 值越大，人的注意力越集中；40~60正常水平，60~80比较集中，80~100高度集中；分散注意力，焦虑等会降低水平。 |
| 精神放松水平 | 0~100 | 每秒一次 | 值越大，人精神越放松；40~60正常水平，60~80比较放松，80~100非常轻松；在紧张时候会降低水平。 |
| Delta波（1-3Hz） | 3 bytes | 每秒一次 | 大脑在深睡状态或疲劳状态表现出来；在正常情况，占脑电波强度的62%左右。 |
| Theta波（4-7Hz） | 3 bytes | 每秒一次 | 大脑在深度轻松状态、注意力高度集中时出现；灵感涌现，创造力高涨。 |
| Low Alpha波（8-9Hz） | 3 bytes | 每秒一次 | 轻松状态下，大脑清醒放松时出现；容易集中注意力，学习、工作高效，不易被外界事物干扰，大脑不易疲劳。 |
| High Alpha波（10-12Hz） | 3 bytes | 每秒一次 |
| Low Beta波（13-17Hz） | 3 bytes | 每秒一次 | 大脑在紧张状态下出现；对周围环境很敏感，但难于集中注意力，且容易疲劳。 |
| High Beta波（18-30Hz） | 3 bytes | 每秒一次 |
| Low Gamma波（31-40Hz） | 3 bytes | 每秒一次 | 进入慢波睡眠时出现 |
| Mid Gamma波（41-50Hz） | 3 bytes | 每秒一次 |

殷艳红. 基于脑电波与眨眼的驾驶员疲劳模拟实验研究 [D][D]. 上海: 同济大学交通运输工程学院, 2008.

疲劳会产生脑电变化。大脑皮层兴奋与抑制时，其脑电图上的表现是不相同的。兴奋时，脑电图表现为低波幅、快活动（称β波，频率在13Hz以上）；抑制时，脑电图表现为高波幅、慢活动（称θ波，频率在4-7Hz）；高度抑制，如深睡时，出现高幅更慢的波（称δ波，频率在0.5-4Hz）；人的疲劳在脑电图上能反应出来。根据脑电图的频率分布和波形，可推测大脑活动的功能状态，从而推测是否存在心理疲劳。

脑电波是非平稳信号，随机性强是由于影响它的因素太多，其规律未被认识，只能从大量统计结果中呈现出来，从而必须借助统计处理技术来检测、辨识和估计它的特征。非平稳性是由于构成脑电波信号的生理因素始终在辩护啊，而且对外界的影响有自适应能力。

主分量分析（PCA）是一种常见的多导信号分析技术，但该方法在眼电干扰去除中的效果不理想。原因是PCA是一种最小均方误差意义上的最优变换，其优势在于数据压缩或消除低能量的弱噪声。而眼电干扰一般有较大的能量。事实上，脑电中的不同源信号来自不同的信源，因此可以认为是相互独立的。而独立分量分析方法ICA能解决这一问题。