

第3章

人体的机能特性

引言 关注人的感知觉

人的因素在今天越来越受到重视,“以人为中心”的设计理念日益成为一种发展趋势。人作为人—机—环境系统中的主导因素,应对其进行重点研究,以便使人—机系统能够有效地工作,满足人操纵的各种装置和作业空间适合于人体生理及心理各方面的需求。

人体是一个复杂的机体,复杂的人体包含许多人机工程学参数,涉及人的感知器官、神经系统、生物力学及心理学特性,这些参数及对应的人体机能特性是研究“人机结合”“人—机—环境一体化”“人性化设计”等诸多理念的重要基础。

人的各种机能特性是相互关联、相互影响的,人的各种感知觉特性中哪一种最重要,亦即人们通过哪一种感觉通道获取的信息最多,无疑是视觉。“视觉”感受是最直接的效果,良好的产品外观首先会让人赏心悦目。人—机界面的友好程度最直接受益的就是人的眼睛。

人的视觉特性差异较大。随着年龄的增长,视力会逐渐模糊,年轻人的眼睛拥有美丽透明的晶状体,中年后晶状体渐趋浑浊,老年时甚至遭受白内障的困扰,晶状体始终伴随人的一生。人的晶状体本是无暇通透的,只是后来在过度使用之后它才变得模糊、浑浊。

汽车设计越来越考虑人的因素,越来越方便舒适。在那些新款的“利于人的车”里面,甚至可以自由地进进出出、走来走去,宽敞的车门,变换的座椅,让车内成为一个温馨的港湾。其中还有一个“考虑”最让人感动,就是人—机界面视认性的改进,在那背后潜藏的技术支持就是对人的视觉的深入研究,比如视敏度、明暗适应、颜色视觉、眩光、错觉等方面,尤其对弱势群体,比如老年人,要保证看得清楚、不费力,那是安全驾驶的首要条件。另外,在道路光照条件差的情况下,如雾霾、隧道,在人眼无法辨认的时刻,对于前方的障碍物汽车能够提早发现并将信息传达给驾驶员,此时,机器延伸了人的视觉,保证了行车安全。如果某天盲人也能正常驾车出行,那是人机结合的更高境界。

人的眼睛结构极其复杂,对于视觉也还有许多问题有待深入探究,比如“视错觉”的原理。除了视觉之外,还有听觉、嗅觉、味觉、触觉、温度觉、运动觉、平衡觉,我们随时随地都可

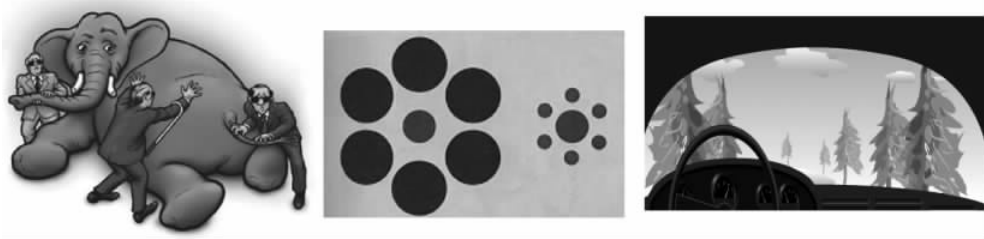
能体验,神奇而美妙,也有很多未知的谜题等待着去一一解开。

基本要求:

- (1) 了解人体的各种感知觉及其基本特性;
- (2) 重点掌握视觉、听觉和生物力学特性;
- (3) 熟悉人的反应时间原理及其应用。

知识点:

人的感知觉;神经系统和信息传递理论;人的反应时间;视觉特性;听觉特性;皮肤感觉特性;生物力学特性;人体运动的准确性和灵活性。



3.1 人的感知觉特性

人的感知响应系统由感觉器官、传入神经、大脑皮层、传出神经和运动器官组成。人通过各种感觉器官接受外部刺激,经传入神经传给大脑皮层进行信息处理,神经中枢做出的决定经传出神经下达给运动器官(如手、脚)而做出人体运动响应,这就是人的感知响应过程。以刹车为例,当驾驶员看到前方的交通信号灯由绿灯变为黄灯时,大脑中立即判断和决策,由下肢操作制动踏板。

3.1.1 感觉和知觉

1. 感觉

人对一切事物的认识都从感觉(sense/sensation)开始,感觉在生活中的作用不言而喻。借助各种先进的仪器和技术,人类的感知觉在不断延伸和拓展。

感觉是人脑对直接作用于感觉器官的客观事物的个别属性的反映。感觉也反映人体本身的活动状况。例如,正常的人能感觉到自身的姿势和运动,感觉到内部器官的工作状况,如舒适、疼痛、饥饿等。

感觉可以分为三大类:

- (1) 外感受器:接受外部刺激,反映人体对外界事物属性的感觉,如视觉、听觉、嗅觉、

味觉和皮肤感觉。

(2) 内感受器: 接受人体内部刺激, 反映内脏器官不同状态的内部感觉, 如饥、渴等内脏感觉。

(3) 本体感受器: 在身体外表面和内表面之间, 反映身体各部分的运动和位置情况的本体感觉, 如运动觉、平衡觉等。

不同类型的感觉往往交织在一起, 如饥寒交迫、声情并茂。各种感觉之间相互关联、环环相扣, 感觉在人机工程设计中是基础。比如, 基于人的感觉的汽车人性化设计, 见图 3-1。

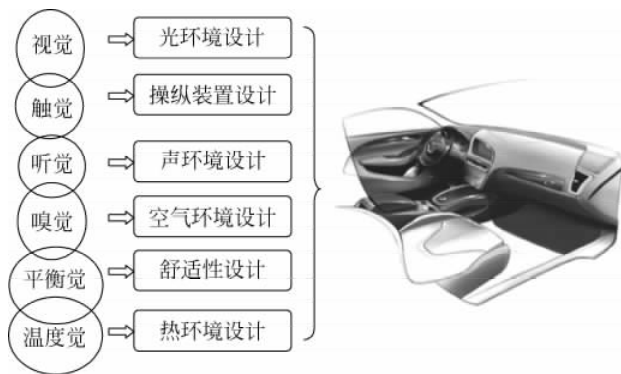


图 3-1 基于感觉特性的汽车人性化设计

2. 知觉

知觉(perception)是人脑对直接作用于感觉器官的客观事物和主观状况整体的反映。

知觉是在感觉的基础上产生的, 但知觉不是感觉的简单相加, 而是具有新的品质, 表现为对事物的整体认知, 或者对事物的综合属性的判别, 或者对事物的意义做出的初步解释。

知觉是一个主动的反应过程, 它比感觉更加依赖于人的主观态度和过去的知识经验。人常常根据实践活动的需要和自己的心理倾向去主动地收集信息, 甚至提出假设、检验假设, 从而清晰地、完整地辨认物体及其属性。知觉就是当我们感知事物时, 大脑在积极地进行着选择和组织, 并把感觉信息整合为关于世界的一幅幅图片或一个个模型。

知觉的加工过程包括“自下而上”和“自上而下”两种。前者是按客观数据(外界环境和刺激物)对物品赋予意义的过程, 而后者是受到了主观既定观念影响的知觉过程。

知觉分为空间知觉、时间知觉和运动知觉三大类。其中, 空间知觉包括形状、大小、距离和方位等方面的知觉; 时间知觉是对客观现象的延续性和顺序性的反映, 如人对时间的估计; 运动知觉是对物体空间移动和速度方面的知觉。在生活或生产活动中, 人都是以知觉的形式直接反映事物, 而感觉只作为知觉的组成部分存在于知觉之中, 很少有孤立的感觉存在。各种感觉都有对应的知觉。所以, 在心理学中就把感觉和知觉统称为“感知觉”。

3.1.2 感觉的基本特性

1. 感觉器官的适宜刺激

人体的各种感觉器官都有各自最敏感的刺激形式,称为相应的感觉器官的适宜刺激。如光是对视觉器官最敏感的刺激形式;声音是对听觉器官最适宜的刺激形式。人体各主要感觉器官的适宜刺激及其识别外界的特征如表 3-1 所示。

表 3-1 适宜刺激及其识别特征

感觉类型	感觉器官	适宜刺激	刺激来源	识别外界的特征
视觉	眼	光	外部	形状、大小、位置、远近、色彩、明暗、运动方向等
听觉	耳	声	外部	声音的强弱和高低、声源的方向和远近等
嗅觉	鼻	挥发的和飞散的物质	外部	香气、臭气等
味觉	舌	被唾液溶解的物质	接触表面	甜、咸、酸、辣、苦等
皮肤觉	皮肤及皮下组织	物理和化学物质对皮肤的作用	直接或间接接触	触压觉、温度觉、痛觉等
运动觉	肌体神经和关节	物质对肌体的作用	外部和内部	撞击、重力、姿势等
平衡觉	半规管	运动和位置的变化	内部和外部	旋转运动、直线运动、摆动等

2. 感受性与感觉阈值

人对适宜刺激的感受能力称为感受性,绝对感受性是指人感觉到最小或最大刺激的能力;差别感受性是指刚刚能够感觉出两个同类刺激物间最小差异量的能力,如对两个相近色彩、音调和味道的识别和分辨能力。刺激必须达到一定强度才能对感觉器官发生作用;同时,刺激强度又不得超过某一最高限,否则不但无效,而且还会引起相应感觉器官的损伤。这个能被感觉器官所感受的刺激强度范围,称为感觉阈值。人体主要感觉的感觉阈值如表 3-2 所示。

表 3-2 各种感觉阈值

感觉类型	感觉阈值最低限	感觉阈值最高限
视觉	$(2.2 \sim 5.7) \times 10^{-17} \text{ J}$	$(2.2 \sim 5.7) \times 10^{-8} \text{ J}$
听觉	$1 \times 10^{-12} \text{ J/m}^2$	$1 \times 10^2 \text{ J/m}^2$
触压觉	$2.6 \times 10^{-9} \text{ J}$	
振动觉	振幅 $2.5 \times 10^{-4} \text{ mm}$	

续表

感 觉 类 型	感觉阈值最低限	感觉阈值最高限
温度觉	$6.28 \times 10^{-9} \text{ kg} \cdot \text{J}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$	$9.13 \times 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{J}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$
嗅觉	$2 \times 10^{-7} \text{ kg}/\text{m}^3$	
味觉	4×10^{-7} (硫酸试剂摩尔浓度)	
角加速度	$2.3 \times 10^{-3} \text{ rad}/\text{s}^2$	
直线加速度	减速时 $0.78 \text{ m}/\text{s}^2$	加速时 $(49 \sim 78) \text{ m}/\text{s}^2$, 减速时 $(29 \sim 44) \text{ m}/\text{s}^2$

上述感觉阈值范围也称为绝对感觉阈值。刚能引起差别感觉的两个刺激之间的最小差异量,称为差别感觉阈值,差别感受性越高的人,差别感觉阈值越低。

3. 感觉器官的适应性

感觉器官经持续刺激一段时间后,在刺激不变的情况下,感觉的敏感性会逐渐降低,感觉将逐渐减小以至消失,这种现象称为适应性,如“入芝兰之室,久而不闻其香”等。

4. 感觉的相互作用

在一定条件下,各种感觉器官对其适宜刺激的感受能力都将受到其他刺激的干扰影响而降低,由此使感受性发生变化的现象称为感觉的相互作用。

例如,同时输入两个视觉信息,人往往只倾向于注意其中一个而忽视另一个。再如视听的相互作用,可能相互加强或减弱。晕车的发生也是多种感觉交互作用的结果。

5. 感觉的对比

同一感觉器官接受两种完全不同但属同一类的刺激物的作用,而使感受性发生变化的现象称为对比。感觉的对比分为同时对比和继时对比两种。

几种刺激物同时作用于同一感觉器官时产生的对比称为同时对比。例如,同样一个灰色的图形,在白色的背景上看起来显得颜色深一些,在黑色的背景上则显得颜色浅一些。

几个刺激物按时间先后作用于同一感觉器官时,将产生继时对比现象。例如,吃糖后再喝咖啡,会感觉咖啡更苦;左手放在冷水里,右手放在热水里,过了一段时间以后,再同时将两手放在温水里,则左手会感觉热,右手会感觉冷。

6. 余觉

刺激消失以后,感觉可以继续存在一极短时间,这种现象称为“余觉”,是由于人的反应时间滞后造成的。例如,在暗室里急速转动一根燃烧着的火柴,可以看到一圈火光,这就是由许多火点留下的余觉组成的。

3.1.3 知觉的基本特性

1. 整体性

知觉时,把由许多部分或多种属性组成的对象看作具有一定结构的统一整体,该特性称

为知觉的整体性。如图 3-2(a)和(b)所示,不是把它们感知为几段直线或虚线,而是正方形和圆形。图 3-2(c)整体感觉为方形圆形相交图形(A 方案),而不是感觉为两不规则图形相接(B 方案)。

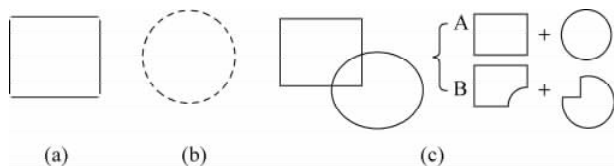


图 3-2 知觉的整体性

在感知熟悉的对象时,只要感知到其个别属性或主要特征,就可以根据积累的经验而知道其他属性和特征,从而整体地感知它。在感知不熟悉的对象时,则倾向于把它感知为具有一定结构的有意义的整体。在这种情况下,影响知觉整体性的因素包括如下方面:

- (1) 接近: 在图 3-3(a)中,圆圈被看作 4 个纵列,因为竖直方向比水平方向明显接近。
- (2) 相似: 在图 3-3(b)中,圆圈之间的距离相同,然而同一行的颜色相同,由于相似组合作用,被看作是 5 个横行。
- (3) 封闭: 图 3-3(c)中,由于封闭因素的作用,感知为两个长方形。
- (4) 连续: 图 3-3(d)中,由于受到连续因素的影响,感知为一条直线和一个半圆。
- (5) 美感: 图 3-3(e)中,由于圆圈的形态因素影响,知觉为两圆套在一起。

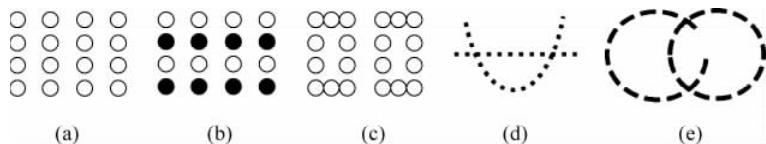


图 3-3 影响知觉整体性的因素

2. 选择性

知觉时,把某些对象从某背景中优先地区分出来,并予以清晰反映的特性,称为知觉的选择性。从知觉背景中区分出对象,一般取决于下列条件:

- (1) 对象和背景之间的差别;
- (2) 对象的运动;
- (3) 主观因素。

知觉对象与背景之间的关系不是固定不变,而是可以互相转换的。如图 3-4(a)所示的双关图形,既可看作黑色背景上的白色花瓶,又可视为白色背景上的两个黑色侧面人像。

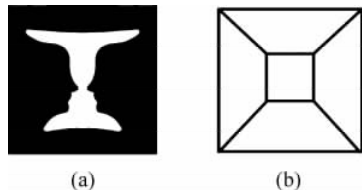


图 3-4 知觉的选择性和理解性示例

3. 理解性

知觉时,用以往所获得的知识经验来理解当前的知觉对象的特征,称为知觉的理解性。

正因为知觉具有理解性,所以在知觉一个事物时,同这个事物有关的知识经验越丰富,对该事物的知觉就越丰富,对其认识也就越深刻。语言的指导能唤起人们已有的知识和过去的经验,使人对知觉对象的理解更迅速、完整。例如,图 3-4(b)也是一张双关图形,提示者可以把它描述为立体的东西,而这个立体根据提示者的引导可以被看作向内凹或向外凸的形状。

4. 恒常性

当知觉的条件在一定范围内发生变化时,人的知觉映像仍然能保持相对不变的特性,称为知觉的恒常性。知觉恒常性是经验在知觉中起作用的结果,人总是根据记忆中的印象、知识、经验去知觉事物的。在视知觉中,恒常性表现得特别明显,主要包括以下几个方面:

(1) 大小恒常性:看远处物体时,人的知觉系统补偿了视网膜映像的变化,因而知觉的物体是其真正的大小。

(2) 形状恒常性:当看物体的角度有很大改变时,知觉的物体仍然保持同样形状。保持形状恒常性最起作用的是带来有关深度知觉信息的线索。

(3) 明度恒常性:一件物体,不管照射它的光线强度怎么变化,它的明度是不变的。决定明度恒常性的重要因素是从物体反射出来的光的强度与从背景反射出来光的强度的比例,只要这一比例保持恒定不变,明度也就保持恒定不变。因此,邻近区域的相对照明,是决定明度保持恒定不变的关键因素。例如,无论在白天还是在夜空下,白衬衣总是被知觉为白的,那是因为它反射出来的光的强度与从背景反射出来的光的强度的比例是相同的。

(4) 颜色恒常性:与明度恒常性类似。因为绝大多数物体之所以可见,是由于它们对光的反射,反射光这一特征赋予物体各种颜色。一般来说,即使光源的波长变动幅度相当宽,只要照明的光线既照在物体上也照在背景上,任何物体的颜色都将保持相对的恒常性。例如,无论在强光下还是在昏暗的光线里,一块煤看起来总是黑的。

5. 错觉

错觉是对外界事物不正确的知觉。总体而言,错觉是知觉恒常性的颠倒。视错觉是最为突出的一种错觉。例如,在大小恒常性中,尽管视网膜上的映像在变化,而人的知觉经验却完全忠实地把物体的大小和形状等反映出来。反之,错觉表明的则是另一种情况,尽管视网膜上的映像没有变化,而人知觉的刺激却不相同。错觉产生的原因目前还不很清楚,但它已被人们大量地利用来为工业设计服务。例如,表面颜色不同造成同一物品轻重有别的错觉,已为生产设计部门所利用。小巧的产品涂以浅色,使产品显得更加轻便;而机器设备的底座部分则采用深色,可以使人产生稳固之感。从远处看,圆形比

同等面积的三角形或正方形要大出约 1/10,交通规则标志利用这种错觉规定圆形为表示“禁止”或“强制”的标志等。

3.2 人的神经系统

3.2.1 神经系统的组成

人的神经系统由包括脑和脊髓的中枢神经以及遍布全身各处的周围神经系统所组成,具体如图 3-5 所示。

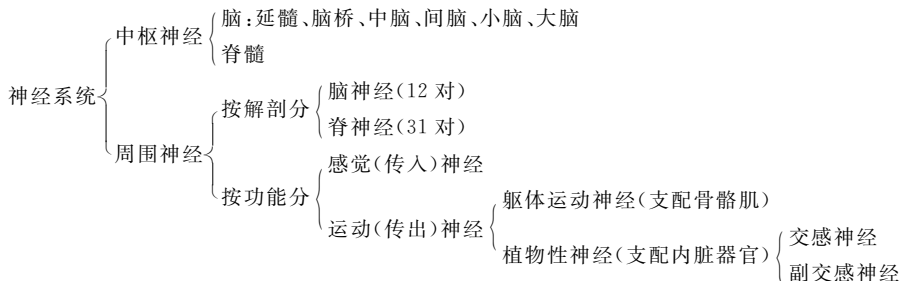


图 3-5 神经系统的组成

神经元又称神经细胞,是构成神经系统结构和功能的基本单位。神经元是具有长突起的细胞,它由细胞体和细胞突起构成,长度是 5~150 μm 。

神经元包括树突和轴突两个部分。树突是传入神经末梢,轴突是传出神经末梢。神经元的功能是接收、整合、传递信息。据估计,人体中枢神经系统中包含约 1000 亿个神经元。

3.2.2 脑的机能

脑是神经系统的中枢,大脑皮层是人体最高级的调节机构。人脑是一种结构上极其复杂、机能上特别灵敏的物质。成人的脑,平均质量为 1400g,由延髓、脑桥、中脑、间脑、小脑和大脑所组成。大脑皮层大约包含 140 亿个神经元,神经元间有形态上的差别。各种神经元在皮层中的分布具有严格的层次。大脑皮层各个部分在功能上有不同的分工,相互形成一个整体。它既能对各个感觉器官所接收的信息加以分析、综合,形成映像的认识中枢,又能控制调节人的机体,成为对外界刺激做出适宜反应的最高机构,是人的心理活动最重要的物质基础。

大脑皮层可分成体表感觉区、运动和位置感觉区、视觉区、听觉区、嗅觉和味觉区、感觉联合区、运动联合区、前额联合区等不同的功能区域。大脑从外形上分左、右两个半球,两个半球的形态相似,相互对称,左半球比右半球略大,左半球的主要功能是语言、抽象逻辑思维和数学计算;右半球的主要功能是空间感知和形象加工。

3.2.3 反射活动的规律

1. 反射的概念

反射是指在中枢神经系统参与下,人的机体对来自体内、外刺激的规律性反应。从生物观点看,人的一切活动都是反射活动。

反射活动分为非条件反射与条件反射两大类。先天生成、出生后无须训练就具有的反射活动,称为非条件反射,如膝跳反射、眨眼反射、缩手反射等;出生后通过训练而形成的反射活动,称为条件反射,如驾驶员的刹车反射。

非条件反射活动的最大特点在于它是由先天生成的反射弧实现的,因而其表现形式一成不变。非条件反射活动是低等动物生存活动的主要方式,不能适应环境的变化。条件反射的最大特点在于它的可变性,它在一定的条件下形成,又在一定的条件下变化或消失。条件反射活动是高等动物和人类的主要活动方式,能够适应生存和生活条件的变化。

2. 反射弧

反射活动的结构基础称为反射弧。如图 3-6 所示,一个反射弧由感受器、传入神经元、神经中枢、传出神经元、效应器五部分组成。反射活动从刺激作用开始,一定的刺激被一定的感受器所感受,引起感受器内的神经末梢产生兴奋,兴奋以神经冲动的形式经过传入神经纤维传向中枢,引起中枢神经系统神经元的复杂的分析与综合活动,中枢产生兴奋过程,中枢的兴奋过程又经过一定的传出神经纤维到达效应器,使效应器发生相应的活动。如果反射弧中任何一个环节中断,反射即不能发生。

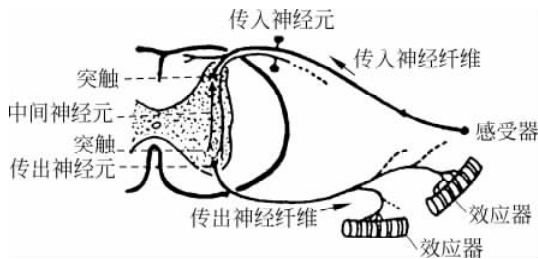


图 3-6 反射弧的结构

感受器一般是神经组织末梢的特殊结构,它能把内、外刺激的信号转变为神经的兴奋活动变化。某一特定反射往往是在刺激其特定的感受器后发生的,此特定感受器所在的部位称为该反射的感受野。

中枢神经系统由大量神经元组成,这些神经元组合成许多不同的神经中枢。神经中枢是指调节某一特定生理功能的神经元群。作为某一简单反射的中枢,其范围较窄,例如膝跳反射的中枢在腰脊髓。而作为调节某一复杂生命活动的中枢,其范围很广,例如调节呼吸运动的中枢分散在延髓、脑桥、下丘脑以及大脑皮层等部位内。

神经中枢的活动可以通过神经纤维直接作用于效应器,在某些情况下也可以通过体液间接作用于效应器,此体液环节是指内分泌调节。

在这些情况下,反射的过程是:感受器→传入神经纤维→神经中枢→传出神经纤维→内分泌腺→激素在血液中转运→效应器。

反射效应在内分泌腺的参与下,往往变得比较缓慢、广泛而持久。

3. 中枢抑制

在任何反射活动中,中枢内既有兴奋活动又有抑制活动。在某一反射进行过程中,某些其他反射即受抑制。

反射活动有一定的次序、一定的强度,并有一定的适应意义,是反射协调功能的表现。反射活动之所以能协调,就是因为中枢内既有兴奋活动又有抑制活动,如果中枢抑制受到破坏,则反射活动就不可能协调。例如,过度饮酒影响正常的反射活动,影响人的感知觉和反应特性。

4. 反射活动的反馈调节

当一个刺激发出一个反射后,效应器的活动必然又刺激本身或本系统内的感受器,发出冲动进入中枢,这个继发性的传入冲动,对维持与纠正反射活动的进行有重要作用。除了效应器本身的感受装置发出的传入冲动对反射活动的协调有作用外,其他能感知反射效应的感觉器官也发出传入冲动进入中枢,以纠正反射活动的进行。

例如,视觉和内耳平衡感觉,能不断感知躯体运动反射效应的结果,不断发出传入冲动来调整反射活动,当失去这些传入冲动作用后,反射活动的进行将受到很大影响。

神经系统对机体的反射调节功能与工程技术上的自动调节装置的功能有相似之处。

反馈联系包括负反馈和正反馈两种。在反射活动过程中负反馈联系表现很突出,正反馈联系在反射活动过程中也有表现。

5. 中枢对感觉传入冲动的反馈控制

中枢不但接受感觉器官的传入冲动,而且也发出传出冲动来改变感觉器官的活动,以调节感觉器官的敏感性。

例如,瞳孔对光的反射就是中枢调节视觉器官敏感性的一个反射,当强光照射眼睛时,视觉传入冲动明显增加,由此产生的瞳孔对光的反射使瞳孔缩小,以减少进入眼球的光通量,对眼睛起到保护作用。再如,飞机起降过程中耳部对压力变化的反应。

3.3 人的信息传递

3.3.1 信息与信息量

1. 信息的定义

信息是客观存在的一切事物通过物质载体所发出的消息、情报、指令、数据和信号中所