

## 人机工程在手控设备设计中的应用

手的构造是非常复杂的,被誉为人体中最灵巧的部位。正因为如此,人手使用的手控设备是否设计得让使用者操作起来更舒适、称手就显得尤为重要。人使用手去操作手控设备时会有很多的动作,但是在现在的一些手控设备使用中,人们的一些使用方法或者手控设备本身就会给手带来很多负面影响。如果长时间使用设计不合理的手控设备,就会让使用者感到不适,严重的甚至会导致一些手部疾病,如“扳机指”等。一款合理运用人机工程学的手控设备既可以提高使用效率,还可以增加该设备的持续使用时间。本章利用人机工程学对手控设备进行研究,并对一些设备从人机工程学的角度进行分析和建议。

### 5.1 常用的手控设备

随着科技的发展,人们使用的手控设备越来越多,如手机、掌上游戏机、遥控器、鼠标等。而正因为如此,人机工程学对于手控设备设计的重要性也就越来越突出,一个手控设备设计的优劣,与该手控设备是否合理地运用了人机工程学越来越密切相关。

#### 5.1.1 手控设备中的人机工程学

手控设备之所以能够时刻伴随着人们的生活,其最重要的特性就是便携,而且手控设备一般较长时间处于可工作状态。手控设备的特性决定了它的硬件特性,也就决定了能够在手控设备上运行的软件也具有相应的特性。手控设备的外观造型设计、材质、控制键形状、颜色及位置的设置都与用户使用该产品密切相关,而用户的操作情况又与人体尺寸的相关数据密不可分。不合理的设计,不仅不利于该产品的使用,而且长期使用还有可能对人体某些机能造成损害,甚至使人产生疾病。本章结合人机工程学的相关知识,遵循人机界面设计原则,对人们日常使用的一些手控设备进行研究,意在设计出更加符合人机工程学的手控设备。例如,随着个人计算机的普及,鼠标也越来越重要,尤其对于现在的办公室上班一族,他们可能一天中有10个小时以上的时间坐在电脑前,长时间使用鼠标,而拥有一款符合人机工程学的使用起来合适称手的鼠标就显得极为重要。如

图 5-1 所示的这款鼠标,充分考虑到人手在自然状态下不是平放的,而是垂直并有一定的倾斜角度,因此这款鼠标让食指和中指的两个主按钮有一定的倾斜角度,而不像传统鼠标那样是平的,而且还给大拇指留出了专门的位置,从而使人可以以手握的形式使用这款鼠标,使操作更加稳定舒适。从这款鼠标的设计中可以看出,手控设备的设计需要遵循人机工程学的原理,并符合人手的解剖学构造尺寸。



图 5-1 人机工程学鼠标

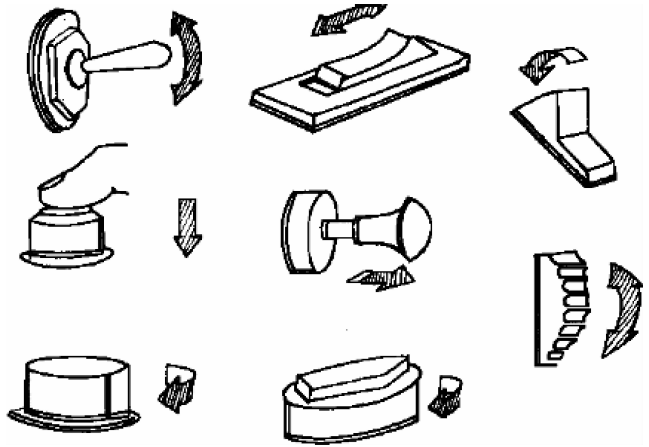


图 5-2 手控制器的形态和语义

## 5.1.2 手控设备中手控的形态与语义

手控制器的形态和语义如图 5-2 所示,其中每种都是在日常生活与工作中经常使用的一些手控设备以及家用日常器械上可以经常看到的。

### 1. 手动操作轨迹

手动操纵器按操控运动的轨迹可分为以下 3 种:

- (1) 旋转式操纵器,如旋钮、摇柄、十字把手、手轮(转向盘)等。
- (2) 移动/扳动式操纵器,常用的有操纵杆、手柄、推扳开关、扳钮开关、手闸和指拨滑块等。
- (3) 按压式操纵器:常见的有按钮、按键等。多个连续排列在一起使用的按钮又称为按键,因为其使用状态像钢琴上的琴键。按钮只有两种工作状态,如“接通”或“断开”,“启动”或“停车”等。

### 2. 形状设计

用手掌按压操作的操纵器的表面采用蘑菇状的球面凸起形状。用手指按压的表面要有适合指形的凹陷轮廓。按钮的水平截面应为圆形或矩形,按键应为矩形。矩形按钮和直径 3~5mm 的按钮可做成球面或平面形状;在需要互相区别、避免混淆而进行编码的情况下允许制成其他形状。

用手指操作的扳钮开关、转换开关的柄部应为圆柱形、圆锥形或棱柱形,柄部外端呈

凸球形,圆锥形柄部的大头朝外。

### 1) 拨动型控制器

如图 5-3 所示的手电筒上使用的是拨动型开关,推动开关,弹簧片与灯泡金属螺旋体的电极接触,电路形成一个闭合回路导通,电流通过灯泡内有一定电阻的钨丝,使钨丝发热发光。图 5-3 中的电灯开关也是拨动型手控制器。



图 5-3 手电筒及拨动型开关

如图 5-4 所示的扭子式开关,也属于拨动型手动控制器,在现在的一些家用器械中已经不太见得到了,但是实验室里的一些实验器材仍然用这种开关作为设备挡位开关,如示波器上还有这样的开关出现。

如图 5-5 所示的吹风机使用的也属于拨动型开关,这种开关的控制方式很简单,轻轻一按就可以打开或者关闭吹风机。

### 2) 按钮式控制器

按钮式控制器也是特别常见的一种手控制器,如图 5-6 所示的按钮式遥控器,人们几乎天天都会用到。键盘的按钮也是按钮式控制器。



图 5-4 扭子式开关



图 5-5 吹风机



图 5-6 按钮式遥控器

按钮按照不受外力作用(即静态)时触头的分合状态分为启动按钮(即常开按钮)、停止按钮(即常闭按钮)和复合按钮(即常开、常闭触头组合为一体的按钮)。对启动按钮而言,按下按钮帽时触头闭合,松开后触头自动断开复位;停止按钮则相反,按下按钮帽时触头分开,松开后触头自动闭合复位。复合按钮是按下按钮帽时,桥式动触头向下运动,使常闭触头先断开,然后常开触头才闭合;当松开按钮帽时,则常开触头先断开复位,然后常开触头再闭合复位。

如图 5-7 是电钻的控制器。电钻的手控制器是把手上的一个按键,这种按键需要一直按着才能使电钻工作。



图 5-7 电钻

### 3) 转动型控制器

转动型控制器也是比较常见的手控制器,如图 5-8 所示的收音机中就包含了这种控制器。

如图 5-9 所示的砂轮打火机也采用了转动型控制器。



图 5-8 收音机



图 5-9 砂轮打火机

### 实例 转动式操纵器的操作姿势

常用的转动式操纵器有旋钮、手轮、带把手轮(摇把)等,如图 5-10 所示。

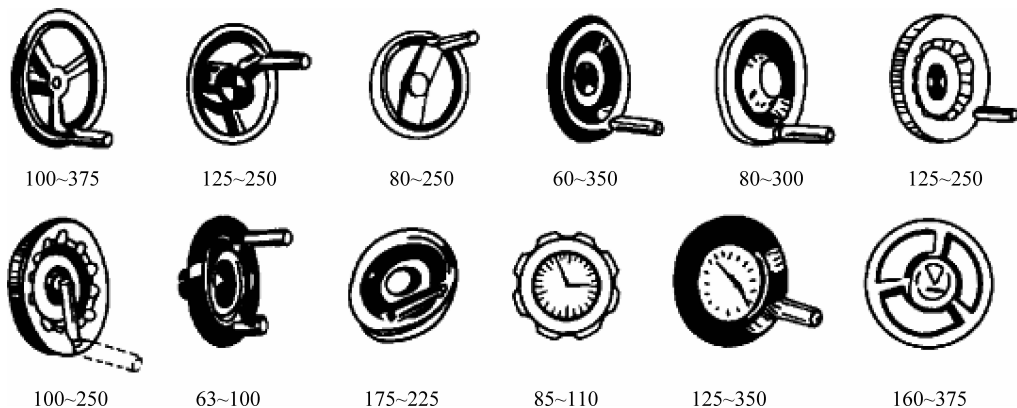
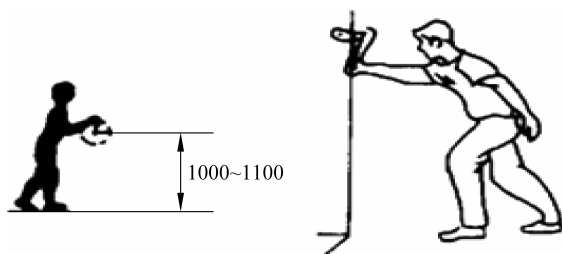


图 5-10 常用转动式操纵器

在图 5-10 中,下方的数字为该形式手轮适合的直径(单位为 mm),操作手轮、带柄手

轮的适宜性、便利性与很多因素有关,如手轮位置的高低、中心轴在空间的方向、操作者的姿势和体位等。

图 5-11(a)是立姿下操作手轮的合理的操作姿势与体位。测试表明:离地面 1000~1100mm 的手轮有利于操作者施加较大的转矩。在图 5-11(b)应用推力时,与肩部等高的推拉手柄的力量最大。



(a) 手轮的适宜高度

(b) 推拉手柄的适宜高度

图 5-11 操作手轮、带柄手轮的适宜性、便利性

## 5.2 手握式工具的设计

### 5.2.1 与手控设备有关的疾患

手指活动分为伸屈和抓握。伸屈大多是以手控设备中的按钮作为对象,比如遥控器的按钮、键盘按键,现在的触屏手机的触摸也是对伸屈的应用。而抓握是对于那些需要抓取的工具,手机要抓起来后才能用,然后才能用到伸屈。

手部活动分为偏屈和转动。手的偏屈和转动基本是一起运用的,使用螺丝刀转螺丝时手就会先以偏屈的方式握住螺丝刀,然后转动手。

在静态施力方式下,肌肉施力靠收缩产生,会使供血受阻,持续时间不能太长(会产生疲劳)。就像很长时间握住鼠标打游戏,基本除了中指和食指外,整个手都是处在静态施力中。在动态施力方式下,肌肉施力与放松是交替进行的,使肌肉有节奏地收缩与舒张力。

玩游戏久的同学可能会注意到,打完游戏后整个手、手腕、手臂都会非常僵硬。手控设备常常发生以下相关的疾患。

#### 1. 手腕腱鞘炎

肌腱及鞘处发炎,腱鞘就是套在肌腱外面的双层套管样密闭的滑膜管,是保护肌腱的滑液鞘。腱鞘炎若不治疗,便有可能发展成永久性活动不便。

针对该病症,从人机工程学角度,工具设计应避免操作时手腕尺偏掌屈和腕外转。

## 2. 腕道综合征

常常引起腕道内腱鞘发炎、肿大,压迫神经,引起肌肉萎缩。腕道综合征俗称“鼠标手”,是一种常见的职业病,多发于电脑(键盘、鼠标)使用者、职业钢琴师、木匠、装配员等需要做重复性腕部活动的职业。

针对该病症,从人机工程学角度出发,工具设计应避免操作时非顺直的手腕状态。

## 3. 网球肘

常常引起肘部组织炎症,由手腕过度桡偏引起。运动员、瓦工、木工、家庭主妇频繁屈伸手和腕,易发生此病。

针对该病症,从人机工程学角度,工具设计应避免操作时手腕过度桡偏。

## 4. 手指腱鞘炎

常常由手指反复弯曲动作引起。腱鞘炎是指腱鞘因机械性摩擦而引起的慢性无菌性炎性改变。多见于手工劳动者,特别是用手指反复做伸、屈、捏、握操作的人易患此病,如打字员、器乐演奏家、货物搬运工或需要长时间电脑操作的行业人群。

针对该病症,从人机工程学角度,工具设计应避免操作时使拇指或采用指压板控制。

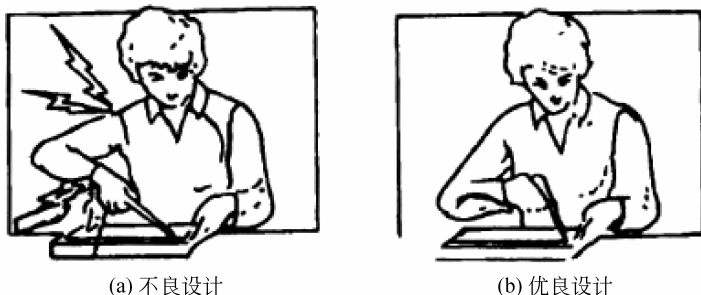
## 5.2.2 手握式工具的设计原则

根据 5.2.1 节的分析,考虑解剖学上的因素,在设计手控设备时应遵循以下原则:

- (1) 避免静肌负荷。
- (2) 保持手腕处于顺直状态。
- (3) 避免掌部组织受力。
- (4) 避免手指重复动作。

### 1. 避免静肌负荷

当使用者在使用工具时,使用者的臂部有可能必须上举或长时间抓握,如图 5-12(a) 所示,烙铁把手设计不合理,这种作业方式可能会使肩、臂及手部肌肉承受过多的静负荷,导致使用者肌肉疲劳,从而降低作业效率。



(a) 不良设计

(b) 优良设计

图 5-12 烙铁把手设计

## 2. 保持手腕处于顺直状态

尽量能够保持使用者的手腕处于自然顺直状态。当手腕自然顺直操作时,人手腕关节刚好处于自然放松状态,而当手腕处于掌屈、背屈、尺偏等不符合人体结构的比较别扭的状态时,使用者可能就会产生腕部酸痛、手部握力减小的情况,如图 5-13 所示。如果使用者长时间这样别扭的操作,就极有可能会引起腕道综合征、腱鞘炎等症状。

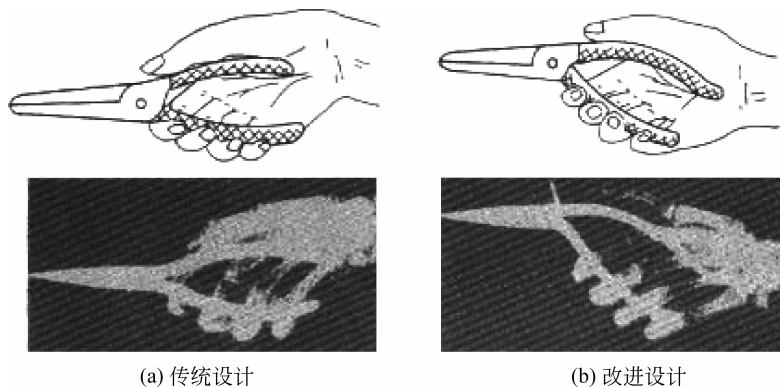


图 5-13 钢丝钳: 传统设计与改进设计

一般认为,当手握式工具的操作把手与工作部分弯曲在  $10^\circ$  左右,使用者在使用时效果最好。弯曲式工具可以有效地降低疲劳发生的概率,使人们可以较轻松地操作该工具,对于腕部本身有损伤者特别有利,如图 5-14 所示。

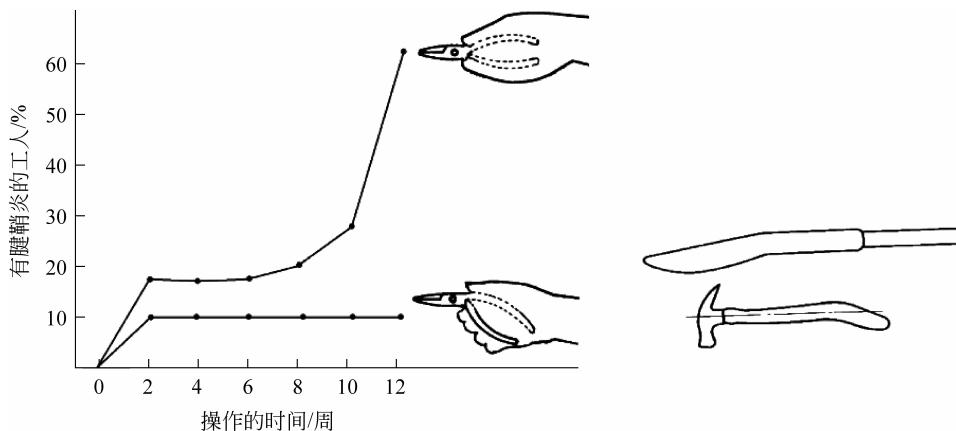


图 5-14 把手弯曲式工具设计

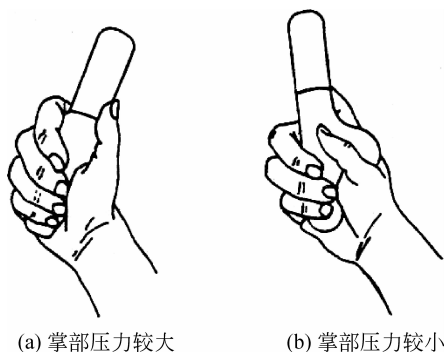
## 3. 避免掌部组织受压力

通常在操作手握式工具时,有时常要让手部施加相当大的力。因此如果工具设计不当,会在使用者的掌部和手指处造成很大的压力。如图 5-15(a)所示的把手,会妨碍尺动脉的血液循环,从而导致局部缺血,严重的还会导致手部麻木、有刺痛感等。所以一个好

的手握式工具的把手设计应该具有比较大的接触面,如图 5-15(b)所示,这样可以使操作时的压力分布于使用者较大的手掌面积上,从而达到减小压力的目的,或者使压力施加于使用者不太敏感的区域,如食指与拇指之间的虎口处。

#### 4. 避免手指重复动作

如果一个手握式工具需要反复用食指操作工具上的扳机式控制器,就极有可能会导导致常说的“扳机指”(也就是狭窄性腱鞘炎)，“扳机指”症状在使用气动工具或触发器式电动工具的人群中时常会出现。所以设计师在设计时应尽量避免使用者的食指做这类动作,而应该以拇指或者是压板控制代替,如图 5-16 所示。



(a) 掌部压力较大

(b) 掌部压力较小

图 5-15 避免掌部压力的把手设计

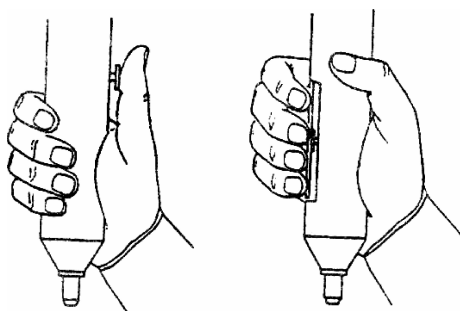


图 5-16 避免单小指(如食指)反复操作的设计

手握式工具的设计应该遵循下面的原则:

(1) 必须与身体成适当比例。有效地实现人们所需要的预定功能,使操作者和工具都能发挥最大的工作效率。

(2) 必须按照作业者的力度和作业能力进行设计,所以要适当地考虑到性别、训练程度和身体素质上的差异。

(3) 工具要求的作业姿势不能引起操作者过度疲劳。尽量使操作者不会长时间保持同一个作业姿势,否则容易引起过度疲劳。

(4) 确定设计的手握式工具所需开发及维护成本是合理的。

一般手握式工具设计指南如表 5-1 所示。

表 5-1 一般手握式工具设计指南

手工具物理特征	设计指南
重量及配重	重心尽可能接近手掌中心,重量应小于 2.3kg
握柄直径	应在 2~8cm 之间,手握时最佳握把直径为 5cm
握柄长度	最短应为 10~12.5cm,握柄的尾端不能压迫到手掌
握柄握距	最佳握距为 5~6cm,不宜超过 13cm
握柄形状	应使手掌与握柄间的接触面积最大
握柄断面形状	在推力和拉力兼有的作业下,采用宽高比为 1:1.25 的矩形握柄
握柄沟槽	手指沟槽可提供较好的摩擦力,避免滑手,深度不宜超过 0.32cm
握柄角度	握柄角度在 19°左右可以减少手腕尺偏

### 5.2.3 手握式工具的设计实例

在设计手握式工具的时候,应该让工具的大小、形状、外观轮廓以及表面状况与人手的尺寸和解剖条件适应。

#### 实例 玻璃切割刀的手指凹槽

如图 5-17 所示的手握式玻璃切割刀,从形状上很明显地可以看出下轮廓有 4 个凹槽,刚好对应人的 4 根手指,人们可以把手指握在凹槽内,这样可以使人手握得更舒服,且在使用中不容易脱手。

#### 实例 老虎钳把手的不对称设计

人们在使用手握式工具时应尽量保持手腕顺直,避免掌心受力过大,尽量使手部的鱼际肌、虎口等部位分担压力。如图 5-18 所示的几款老虎钳的把手都设计成了不对称弯曲线型,可以在使用过程中保持手腕顺直。

#### 实例 左手操作者使用的键盘和鼠标

手握式工具的设计者应该着重注意照顾女性使用者、惯用左手进行操作者等特殊使用者群体的特性和需要。如图 5-19 所示的这套键盘和鼠标是专门为左手操作者设计的,它的键位都与正常的鼠标和键盘镜面相反,从而方便左手操作者使用。



图 5-17 手握式玻璃切割刀



图 5-18 老虎钳



图 5-19 左手操作者使用的键盘和鼠标

#### 实例 操作姿势与体位

图 5-20 为操纵汽车转向盘的情况,可以用来说明坐姿下手轮操作姿势与操作力矩之间的关系。操作不带柄的手轮(包括转向盘)时,手的抓握部位是轮缘。轮缘多为圆截面,必要时做成波纹,以利于施加转矩。操作带柄手轮时,手的抓握部位是手柄。

图 5-20(a)是驾驶小型车辆,转向盘的转矩小,主要用前臂操作即可,因此可以采取舒适的后仰坐姿,转向盘平面接近于垂直方向。

图 5-20(b)是驾驶一般中型车辆,转向盘的转矩略大一些,需要用到肩部和上臂的部分力量参与操作,因此不宜采用较大角度的后仰坐姿,转向盘平面与水平面在  $30^\circ$  左右较为合适。

图 5-20(c)是驾驶大型车辆,转向盘的转矩大,除肩部、上臂以外,有时还要用到腰部的力

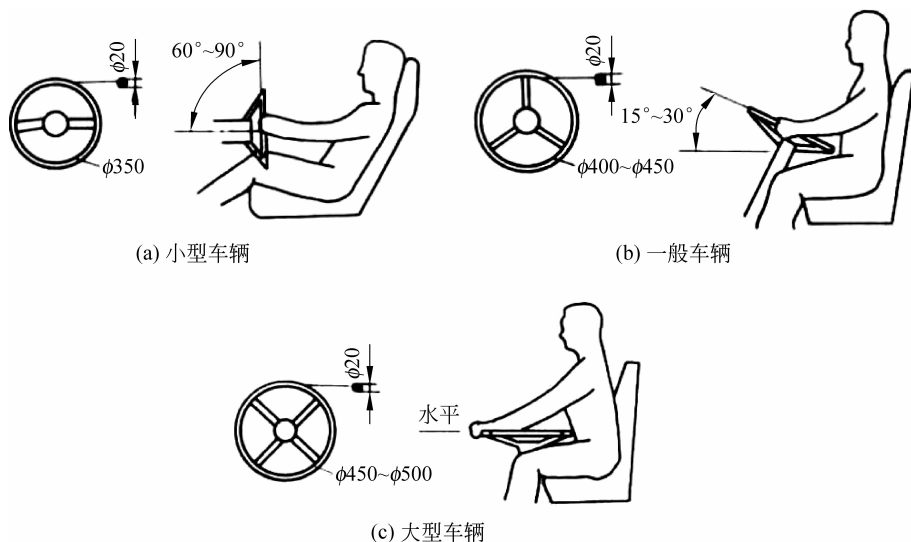


图 5-20 操作姿势与体位

量参与操作,因此不能采取后仰坐姿,转向盘平面应接近在水平面方向,所在位置应比较低。

### 5.3 手控设备的人机工程学案例分析

#### 案例分析 1-电钻

一个优秀的手握式工具,应该尽量避免手指反复弯曲扳动操作,应该避免或减少人手部肌肉的静态施力,能够让使用者在使用该手工具时的姿势、动作和体态比较轻松,自然、舒适,没有疲劳感,且能够符合手和手臂的施力特性。如图 5-21 所示的电钻在使用时静态施力很明显,手要一直拿着并且还要按着按键,使用不久就会很累。



图 5-21 电钻

电钻按键的人机设计分析如下:

- (1) 保证用户操作便利,按键的灵敏度和手感要好。
- (2) 按键应当由食指启动,按键尺寸应符合手指的尺寸。
- (3) 避免手指反复弯曲扳动操作,设计应符合施力

特性,如表 5-2 所示。

表 5-2 电钻的人机工程学因素分析

电钻的人机工程学因素	设计要求
运动范围	操作运动应在手的最佳活动范围内完成,不得使操作者过度伸展任何关节,施力时肘关节是直角
重复作业	允许换手作业(左手人数约占总人数的 10%),避免疲劳