

## 多任务情境下的压路机显示界面警示感知研究

王雨晨, 张昆

(中国矿业大学, 徐州 221000)

**摘要:** **目的** 探究不同任务情境对感知压路机驾驶室显示界面警示信息的影响。**方法** 通过 Adobe Photoshop 构建质检、转场和作业 3 种典型任务情境界面及警示刺激材料, 采用 Tobii X3-120 眼动仪分别对 20 名被试进行瞳孔直径、首次进入时间及目标总反应时间指标的参数采集。运用 ErgoLAB 人机环同步平台 EyeTracking 眼动追踪分析模块收集提取有效数据, 以 SPSS 重复测量方差分析检验数据的差异性。**结果** 质检任务情境下被试瞳孔直径均值最高, 首次进入时间和目标总反应时间均值最低, 即该情境下警示刺激程度及感知效果最强烈, 感知效率最高, 而转场任务情境下对界面警示信息的感知程度最低。**结论** 任务情境会对界面警示信息的视觉感知产生影响, 且不同任务情境的警示感知效果不同。从任务情境的角度进行研究, 为工程车辆驾驶室显示界面警示信息的感知研究及设计优化提供一定参考。

**关键词:** 任务情境; 压路机界面; 警示感知; 眼动追踪

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)04-0169-06

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.04.020

## Research on the Warning Perception of the Roller Display Interface in the Multi-task Situation

WANG Yu-chen, ZHANG Kun

(China University of Mining and Technology, Xuzhou 221000, China)

**ABSTRACT:** This paper aims to explore the impact of different task scenarios on the perception of warning information on the display interface of the roller cab. Through three typical task context interfaces and warning stimulus materials such as Adobe Photoshop for quality inspection, transition and homework, the parameters of pupil diameter, first entry time and target total reaction time pupil diameter, first entry time and target total reaction time indicators on 20 subjects were collected by adopting the Tobii X3-120 eye tracker. The EyeTracking analysis module of the ErgoLAB human-machine-loop synchronization platform was used to collect and extract valid data, and SPSS repeated measures analysis of variance was used to test the difference of data. In the QC task situation, the average pupil diameter of the subjects is the highest, and the average values of the first entry time and the total target response time are relatively the lowest. That is, the warning stimulus degree and perception effect are the strongest in this situation, and the perception efficiency is the highest, while the perception of interface warning information is the lowest in the context of transition tasks. the task context will have an impact on the visual perception of the warning information on the interface, and different task contexts have different warning perception effects. From the perspective of task situation, this research provides a certain reference for the perception research and design optimization of the warning information of the display interface of the engineering vehicle cab.

**KEY WORDS:** task context; roller interface; warning perception; eye tracking

压路机在驾驶及施工过程中, 时刻面临多种复杂情境因素的影响<sup>[1]</sup>, 操纵者对界面警示信息的快速感

知就显得尤为重要, 车辆情境呈现的状态和信息影响决定驾驶员的操作与反应, 任务的性能也取决于对界

收稿日期: 2021-10-28

作者简介: 王雨晨 (1996—), 女, 江苏人, 中国矿业大学硕士生, 主攻方向为用户体验及交互设计。

面信息的获取程度<sup>[2-3]</sup>。目前对车辆报警及警示信息的研究多是通过情境感知构建智能警示系统获取<sup>[4-5]</sup>,针对工程车辆界面警示的研究不足。从任务情境的角度出发进行探究,通过实验分析用户在不同情境界面下的注视行为,为工程车辆界面警示信息的研究思路做一定补充<sup>[6]</sup>。依据压路机工作流程划分典型的任务情境,利用眼动设备捕捉实验参数,以任务情境为单位进行差异性原因分析,并由此探究多任务情境下驾驶员对压路机界面警示信息的感知效果,为压路机等工程车辆设计优化界面信息提高警示刺激提供一定参考。

## 1 多任务情境的压路机界面警示感知研究方法

### 1.1 研究思路与方法

车载显示界面及工程装备控制面板的设计要符合人的视觉特征,使用户可以快速感知界面信息并进行操作<sup>[7]</sup>,对显示界面警示信息的研究就要求对被试进行视觉分析,有助于为衡量警示信息的感知效果指导界面设计与优化提供科学的依据。眼动视觉分析是解决复杂任务情境下压路机驾驶室显示界面警示信息感知研究的主要手段<sup>[8]</sup>。

因此研究以压路机驾驶室显示界面为眼动测量载体,探究不同任务情境下,人对界面警示信息感知效率的影响。通过对压路机工作流程的分析与归纳<sup>[9-10]</sup>,明确开机质检、转场、作业3个典型任务情境,以此为变量开展眼动实验的对比性研究,假设不同任务情境对界面警示信息的感知程度不同。预期3种情境下的实验参数存在显著性差异,该研究为后续如何优化工程车辆界面警示信息以达到刺激效果的一致性等方面提供一定参考。

### 1.2 基于眼动追踪的任务界面警示感知衡量指标

眼动作为视觉行为分析的组成部分,在基于任务进行目标搜索过程中起着重要作用<sup>[11]</sup>。眼球跟踪也为复杂环境中利用视觉搜索模式优化设计提供了潜力<sup>[12]</sup>,在眼动仪作为压路机显示界面的警示捕捉设备有助于测量警示感知的效果。实验则是通过 Tobii X3-120 捕捉设备固定于分屏显示器上,同时进行典型任务情境的模拟与眼动数据的测量。以眼动情况研究中,心理学领域常用指标:瞳孔直径、首次进入时间、目标总反应时间作为压路机界面警示信息感知研究的眼动衡量指标<sup>[13-14]</sup>。

1) 瞳孔直径:即被试瞳孔变化的大小。瞳孔直径反映了人对信息加工的过程及对感知信号的刺激程度,疲劳度的增加与专注度的变化都会导致瞳孔直径缩小,而重复单一的视觉呈现与时间压力的增加则会导致瞳孔的扩大<sup>[15]</sup>。

2) 首次进入时间:即视线第一次进入目标区域的时长。将不同任务情境界面下的警示信息划为兴趣区即目标区域,以获得警示刺激信息出现到被试视线首次进入兴趣区的时长。在信息感知与目标捕捉的过程中,首次进入时间越短则受该任务情境的影响越小,视觉敏锐度越高,对警示信息的感知程度越强。

3) 目标总反应时间:即目标区域出现到消失的总时长。以被试对目标区域总反应时间的重复性测量,分析被试在不同任务情境下对界面警示信息识别效率的影响。

## 2 多任务情境下压路机显示界面警示感知研究设计

### 2.1 任务情境定性描述

任务情境是由多种复杂因素构成,是指用户在车辆上进行相关任务操作时,具备的目标与计划及做出的相应操作,该状态下的任务包括驾驶与非驾驶任务<sup>[12]</sup>。工程车辆压路机在分别执行质检、转场和作业任务时会受到外部环境、人的状态及机器设备的影响,驾驶室显示界面可以获取机器实时状态的反馈,而如何定义该任务情境下环境与人状态,并以此为整体描述变量,就需要分别对任务情境进行定性表达。

1) 质检:质检即质量检测,在压路机行驶和作业之前即车辆处于停驻状态,需要驾驶员对设备进行检查,观察各操纵机构状态,在车辆启动前发动机预热过程中,观察显示界面仪表盘等读数是否正常,有无故障警示,发现警示信息及时采取措施。

2) 转场:转场即转换施工场地到达作业区的过程,此时压路机处于行驶状态,外部驾驶环境复杂多变,需驾驶员安全驾驶注意周围环境的安全,同时关注显示界面仪表盘等读数是否正常,有无故障警示,发现警示信息及时采取措施。

3) 作业:作业即压路机在施工区域压实工作的过程,此时压路机处于规律的行驶状态,外部驾驶环境单一重复,驾驶员易疲劳,作业过程中需留意外部的突发状况及显示界面仪表盘等读数是否正常,发现警示信息及时采取措施。

### 2.2 任务情境界面构建

通过对国内外多品牌工程车辆机械设备等显示界面的归纳与分析,发现界面多以单一方式呈现,即同一界面显示多状态工作下的设备信息,然而不同任务水平及复杂程度会影响界面内容的编码与组成<sup>[16]</sup>,因此实验前需要针对压路机不同任务情境构建相应的显示界面。

依据压路机质检的工作状态及该任务下所需获取的车辆信息,并参考现有工程设备质检界面,明确以车身侧视图清晰显示各部件状态的方式进行构建;

转场任务情境界面在监控多项危险指标的同时,应实时提供驾驶信息,因此界面构建参照汽车仪表盘简化信息提高易读性;而压路机在实施洒水、压路等作业时,需要对必要的振幅、频率等信息进行检测,并同时提供驾驶状态,进而最终明确界面构建方案。采用 Adobe Photoshop 分别对压路机质检、转场和作业 3 种任务情境界面进行实验素材的构建,见图 1—3。界面构建像素尺寸为 800×600,图标使用均符合国家标准。



图 1 质检任务情境界面  
Fig.1 Quality control task context interface



图 2 转场任务情境界面  
Fig.2 Transferring task context interface



图 3 作业任务情境界面  
Fig.3 Operation task context interface

### 3 实验设计与实施

#### 3.1 实验方案

实验目的是测试压路机不同任务情境对用户感知界面警示信息产生的影响。实验以压路机显示界面为被测对象,分别测量质检、转场、作业 3 种任务情境下被试对界面警示信息注视时的瞳孔直径、首次进入时间和目标总反应时间 3 项指标。以比较 3 组任务情境界面测量的差异性,来分析不同任务情境界面下对警示感知的影响。

实验 1: 探究被试在质检任务情境下,对界面警示信息感知及识别效率的影响,要求被试提前熟悉质检任务的环境模拟状态,并完成质检界面下感知警示信息的实验任务。

实验 2: 探究被试在转场任务情境下,对界面警示信息感知及识别效率的影响,要求被试熟悉并模拟转场驾驶的状态,并完成转场界面下感知警示信息的实验任务。

实验 3: 探究被试在作业任务情境下,对界面警示信息感知及识别效率的影响,要求被试熟悉作业情境,重复模拟达到作业状态,并完成作业界面下感知警示信息的实验任务。

#### 3.2 实验准备

实验设备硬件包括 Tobii X3-120 眼动仪以捕捉不同任务情境下界面有效实验参数、24 英寸显示器分辨率为 1920px×1080px 作为情境与显示界面模拟。软件为 ErgoLAB 人机环同步平台系统,设计与记录实验内容和结果,并采用 EyeTracking 模块进行视觉参数分析。

实验材料包括 3 组任务情境界面、11 组警示界面刺激材料、3 组任务情景模拟视频。通过对压路机常见故障及界面警示方式的分析<sup>[1,17]</sup>,明确警示信息呈现方式为图标闪烁与警示框的弹出,并构建警示信号显示效果,见图 4,同时控制 3 组任务情境下界面警示信息呈现的一致性。

实验共邀请 20 名在校研究生作为被试,年龄区间分布为 20~30 岁,男女比例为 1:1,左右眼视力正常,无视觉障碍无斜视色盲等眼部疾病。

#### 3.3 实验任务与流程

实验通过分屏模拟任务情境环境视频与显示界面,获取眼动设备捕捉的相应参数。每组实验方案的任务均要求被试了解当前任务情境内容与状态,在实验过程中观察显示界面并感知警示信息,迅速敲击键盘空格键做出反应,警示信息消失实验继续。每组实验间隔 3 min 以消除视觉疲劳与记忆效应对实验的影响。具体实验流程包括。

1) 介绍实验要求与流程,描述当前任务情境,训练被试尽量达到该任务状态。



图4 压路机界面警示呈现方式

Fig.4 Road roller interface warning presentation mode

2) 完成视觉校准, 被试依据实验任务进行实验, 分别观察 3 组任务情境界面, 11 组警示刺激材料间隔 5 s 呈现以消除记忆效应, 保证每组实验的环境和其他要素的不变性, 消除干扰, 由眼动仪全程进行捕捉。

3) 记录被试信息, 并在实验结束后表示感谢。

## 4 结果分析与讨论

### 4.1 实验数据分析

以界面警示信息区域划分为兴趣区 (AOI, Area of Interest), 将 20 名有效被试分别对 3 种任务情境下的 11 组警示信息进行瞳孔直径、首次进入时间和目标总反应时间数据的收集, 实验通过重复测量降低误差, 并以任务情境为单位计算有效数据平均值及方差, 绘制柱状统计图探究同一衡量指标下, 不同任务情境界面注视行为的差异性。对指标 1 的数据计算 (见图 5), 质检任务情境下平均瞳孔直径为 3.604 mm, 瞳孔直径方差为 0.463; 转场任务情境下平均瞳孔直径为 3.008 mm, 方差为 0.439; 作业任务情境下平均瞳孔直径为 3.264 mm, 方差为 0.491。对指标 2 的数据计算, 见图 6, 质检任务情境下首次进入时间平均值为 0.481 s, 首次进入时间方差为 0.121; 转场任务情境下首次进入时间平均值为 1.815 s, 方差为 0.853; 作业任务情境下首次进入时间平均值为 0.998 s, 方差为 0.342。对指标 3 的数据计算, 见图 7, 质检任务情境下目标总反应时间平均值为 0.950 s, 总反应时间方差为 0.213; 转场任务情境下目标总反应时间平均值为 1.977 s, 方差为 0.586; 作业任务情境下目标总反应时间平均值为 1.246 s, 方差为 0.313。

利用 SPSS 进行重复测量方差分析, 通过对 20 名被试在同一指标下进行的 11 组警示信息的重复测量, 得出效应检验显著性均小于 0.01, 即瞳孔直径、首次进入时间和目标总反应时间 3 项指标在检验任务情境对界面警示信息感知效果的数据呈现中, 均具有显著性差异。

### 4.2 实验结果讨论

以折线统计图整理绘制 3 组任务情境实验下衡量指标的均值及方差, 见图 8—9。

分别以任务情境为单位对 3 项衡量指标进行分析, 通过图表可以清晰看出, 在质检任务情境中, 被测对象瞳孔直径均值达到最高为 3.604 mm, 即受该任务影响, 关注界面信息的重复性搜索, 疲劳程度增加则会导致瞳孔的扩大。首次进入时间和目标总反应

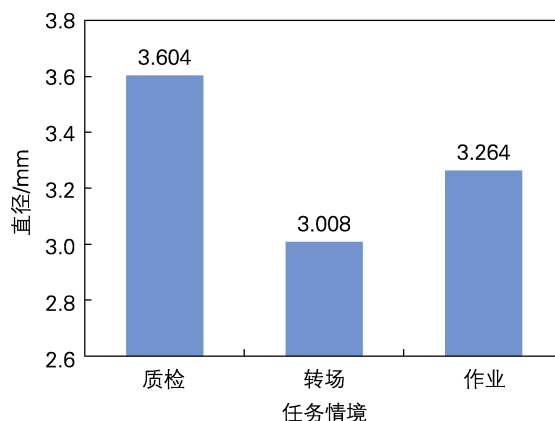


图5 平均瞳孔直径

Fig.5 The average of pupil diameter

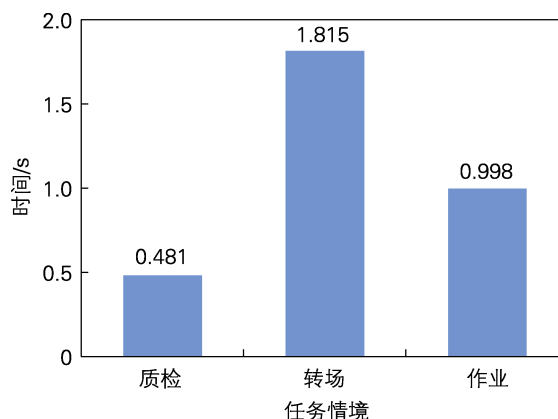


图6 首次进入时间平均值

Fig.6 The average of first entry time

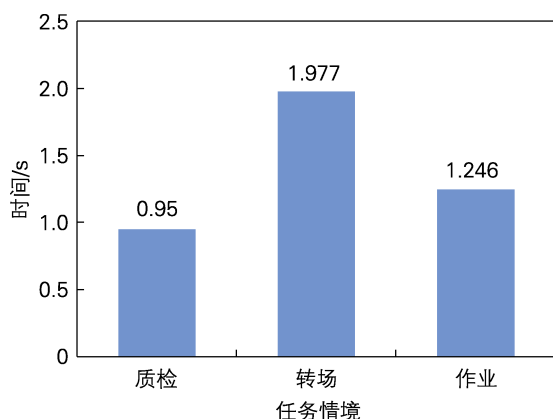


图 7 总反应时间平均值  
Fig.7 The average of total reaction time

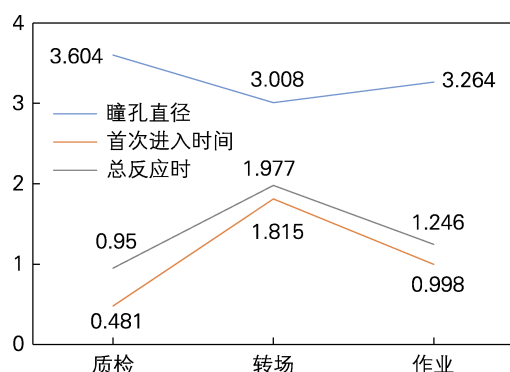


图 8 数据平均值折线统计图  
Fig.8 Broken line graph of average data

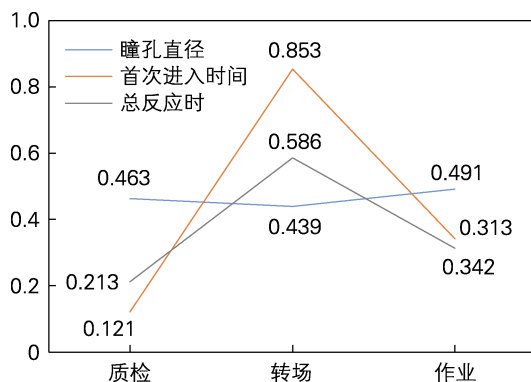


图 9 数据方差折线统计图  
Fig.9 Broken line graph of data variance

时间均值最低,同时指标方差也处于最低,数据呈现平缓,趋势稳定,由此表明在质检状态下,被测对象受情境影响较小,视觉敏锐度更高,能快速捕捉界面的警示信息,对警示信息的感知程度也相对更强。

在转场任务情境下,被试瞳孔直径均值最低为 3.008 mm,首次进入时间和目标总反应时间均值最高,也意味着在转场状态中,被测对象易受情境多因素的干扰,难及时感知界面警示信息的呈现,注意力易分散,反应时间变长,进而注意力与视觉关注度变化明显,瞳孔缩小以达到视觉转换快速进行目标搜索

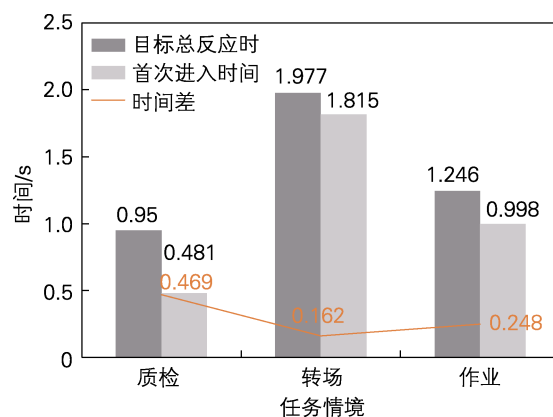


图 10 数据时间差分析  
Fig.10 Time difference analysis of data

的目的。从图 9 的时间数据方差也可以看出数值离散程度明显,首次进入时间方差达到最高为 0.853,总反应时方差达到 0.586,数据变化相对质检和作业任务情境更为显著,稳定程度更低,数值离散的显著性也表明该任务状态影响因素的不可控性,从而导致被试对界面信息的感知程度降低,延迟甚至忽略界面警示。

在作业任务情境下,枯燥重复性的作业操作和时间压力会导致瞳孔扩大,但由于受视觉切换注意力转移的影响,瞳孔直径存在明显的变化,因此数据均值趋于中间状态。首次进入时间及目标总反应时间均高于质检而低于转场任务情境,即界面警示的搜索及反应能力优于转场状态,表明作业状态任务明确、环境稳定,但受复杂因素的影响程度相对转场较低。

此外,以目标总反应时间及首次进入时间 2 项指标时间差进行深入分析,见图 10,可以得出警示刺激目标由被试视线首次进入到接受信息给出反馈警示消失的时间长度,即警示目标的视线停留时长。数据呈现显示,质检任务状态下视线对界面刺激目标停留时间最长,而在转场任务下时长最短,即表明被试在转场任务情境中受复杂因素的影响更明显,难以长时间观察界面信息,就要求被试在该状态下,能对界面警示进行快速感知并及时作出反馈。因此,分析得出不同任务情境实验数据间差异的显著性,也验证了任务情境这一变量对压路机驾驶室界面警示信息的感知具有显著影响。

## 5 结语

本研究基于眼动捕捉设备,探究不同任务情境下对感知压路机显示界面警示信息的影响。通过构建任务情境界面,分析瞳孔直径、首次进入时间和目标总反应时间 3 个因变量参数,得出结论,即任务情境会对界面警示信息的视觉感知产生影响,且不同任务情境的警示感知效果不同。其中质检任务情境下警示刺激程度及感知效果最强烈,感知效率最高,而转场任

务情境下对界面警示信息的感知程度最低。由于受到各方面的限制,情境的模拟无法达到最真实的状态,实验过程中不可避免的(例如灯光、被试头部抖动等)因素都会对实验产生影响。综上,研究从任务情境的角度出发,为探究工程车辆驾驶室显示界面警示信息的感知效果及警示设计与优化提供一定参考。

#### 参考文献:

- [1] 姚君, 苑梦迪. 压路机显示界面警示信息优化设计研究[J]. 工业设计, 2019(10): 157-160.  
YAO Jun, YUAN Meng-di. Research on Optimization Design of Warning Information on Display Screens of Road Roller[J]. Industrial Design, 2019(10): 157-160.
- [2] 文晗. 基于情境感知的汽车人机交互界面设计研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2016.  
WEN Han. Study on Automotive Human Machine Interface Design Based on Context Awareness[D]. Changsha: Hunan University, 2016.
- [3] NADJ M, MAEDCHE A, SCHIEDER C. The Effect of Interactive Analytical Dashboard Features on Situation Awareness and Task Performance[J]. Decision Support Systems, 2020, 135: 113322.
- [4] 马殷元, 柳云龙, 白彪才. 光电式压路机用障碍物自动检测及报警系统[J]. 测控技术, 2017, 36(4): 11-13.  
MA Yin-yuan, LIU Yun-long, BAI Biao-cai. Automatic Obstacle Detection and Alarm System Based on Photoelectric Sensors for Road-Roller[J]. Measurement & Control Technology, 2017, 36(4): 11-13.
- [5] 刘玉磊, 马艳阳, 徐伯初, 等. 车载智能预警系统中的人机交互[J]. 包装工程, 2020, 41(18): 78-89.  
LIU Yu-lei, MA Yan-yang, XU Bo-chu, et al. Human-Computer Interaction in Vehicle-Borne Intelligent Early Warning System[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(18): 78-89.
- [6] 支锦亦, 向泽锐, 李然. 情境意识理论在驾驶界面设计中的研究现状与展望[J]. 包装工程, 2019, 40(18): 35-39.  
ZHI Jin-yi, XIANG Ze-rui, LI Ran. Status and Prospect of Situation Awareness Theory in Intelligent Driving Interface Design[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(18): 35-39.
- [7] 李晨辉, 庞志兵, 张艳君, 等. 眼动测量在人机界面作业优化评估系统中的应用[J]. 技术与创新管理, 2017, 38(1): 41-45.  
LI Chen-hui, PANG Zhi-bing, ZHANG Yan-jun, et al. Application of the Eye Movement Technique in HMI Work Efficiency Evaluation System[J]. Technology and Innovation Management, 2017, 38(1): 41-45.
- [8] 任宏, 谭宇鹏. 基于眼动实验的车载触控屏注视行为分析[J]. 包装工程, 2020, 41(20): 97-101.  
REN Hong, TAN Yu-peng. Watching Behavior Analysis of Vehicle Touch Screen Based on Eye Movement Experiment[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(20): 97-101.
- [9] 刘洪昌. 浅议压路机在施工中保证安全的注意事项[J]. 黑龙江交通科技, 2011, 34(10): 308.  
LIU Hong-chang. A Brief Discussion on Safety Precautions for Roller in Construction[J]. Communications Science and Technology Heilongjiang, 2011, 34(10): 308.
- [10] STAWOWIAK M, KUCZAJ M. Problematics of Reliability of Road Rollers[J]. Management Systems in Production Engineering, 2018, 26(2): 124-128.
- [11] 刘翔, 吕健, 虞杰. 基于界面指定任务的用户视觉认知差异研究[J]. 包装工程, 2018, 39(22): 97-103.  
LIU Xiang, LYU Jian, YU Jie. User Visual Cognition Difference Based on Interface Designated Task[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(22): 97-103.
- [12] DURUGBO C M. Eye Tracking for Work-Related Visual Search: A Cognitive Task Analysis[J]. Ergonomics, 2021, 64(2): 225-240.
- [13] 庞小敏. 眼动技术在用户界面设计中的运用[J]. 湖南包装, 2020, 35(3): 99-101.  
PANG Xiao-min. Application of Eye Movement Technology in User Interface Design[J]. HuNan BaoZhuang, 2020, 35(3): 99-101.
- [14] 王淼, 余隋怀, 初建杰. 测井车中控舱人机界面设计眼动追踪评价[J]. 机械设计, 2018, 35(5): 121-125.  
WANG Miao, YU Sui-huai, CHU Jian-jie. Eye Tracking Evaluation of Human-Machine Interface Design of Logging Vehicle Control Cabin[J]. Journal of Machine Design, 2018, 35(5): 121-125.
- [15] 冯纾, 王军锋, 支锦亦, 等. 快速捕捉目标情境下人机界面视觉工效评价指标体系研究[J]. 包装工程, 2020, 41(6): 176-180.  
FENG Shu, WANG Jun-feng, ZHI Jin-yi, et al. Evaluation Index System of Visual Ergonomics for Human-Computer Interface in the Situation of Quickly Capturing the Target[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(6): 176-180.
- [16] 钱丽娜, 倪福生, 吴晓莉, 等. 挖泥船监控界面的颜色编码实验研究[J]. 机械设计与制造, 2020(1): 285-287.  
QIAN Li-na, NI Fu-sheng, WU Xiao-li, et al. Experimental Study on Color Encoding of Dredger Monitoring-Interface[J]. Machinery Design & Manufacture, 2020(1): 285-287.
- [17] 彭晓敏. 压路机常见故障原因分析[J]. 机电信息, 2012(15): 96-97.  
PENG Xiao-min. Analysis of Common Fault Causes of Roller[J]. Mechanical and Electrical Information, 2012(15): 96-97.