

基于心理负荷的 生产效率研究

Research on Production
Efficiency based on Mental Load

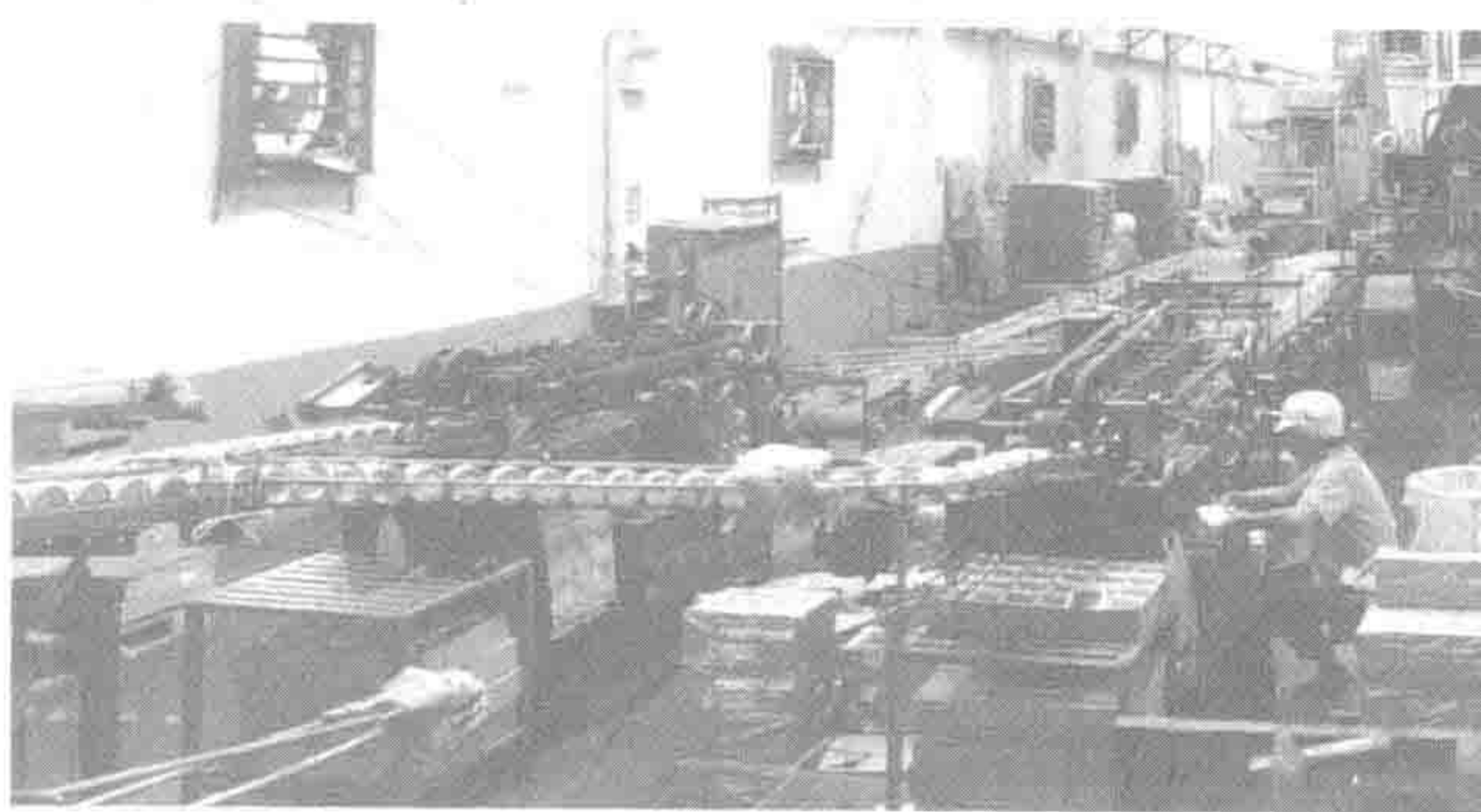


尚倩 / 著

基于心理负荷的 生产效率研究

尚倩 / 著

Research on Production
Efficiency based on Mental Load



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

基于心理负荷的生产效率研究 / 尚倩著. —杭州:
浙江大学出版社, 2017.3

ISBN 978-7-308-16695-9

I. ①基… II. ①尚… III. ①心理负荷—影响—生产效率—研究 IV. ①B841.7②F406.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 031319 号

基于心理负荷的生产效率研究

尚 倩 著

责任编辑 朱 玲

文字编辑 刘序雯

责任校对 丁沛岚

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州林智广告有限公司

印 刷 虎彩印艺股份有限公司

开 本 710mm×1000mm 1/16

印 张 13.25

字 数 210 千

版 印 次 2017 年 3 月第 1 版 2017 年 3 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-16695-9

定 价 38.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行中心邮购电话: (0571) 88925591; <http://zjdxcbbs.tmall.com>

序

工业工程起源于 20 世纪初,主要是通过数学、社会科学等专门知识和技术,综合人员、物资、信息和时间等一切可投入资源,最大限度地降低成本和增加产出。可见,工业工程的主旨便是提高生产效率。近年来,随着科技的进步,工业生产逐步转向自动化与电子化,在对生产系统进行科学的优化配置以提高生产效率的过程中,人们逐渐发现生产过程中“人本位”成为制约生产效率进一步提高的瓶颈。在工业生产全面信息化时代,员工被看作是生产线上上的一个零部件,企业不关心他们生活上的压力与困境,忽视他们在生产中的情绪、情感、感知、心理疲劳等心理负荷状态。这种状况下,不仅无法实现高生产效率的可持续性,更违背了生产信息化最初的设计理念:想“让机器服务于人”,却成了“让人服务于机器”。为有效解决此困境,2006 年,一个新兴的交叉学科——“神经工业工程学”应运而生。神经工业工程在传统信息技术的基础上,特别增加了人体心理状态信息分析技术,综合处理“生产状态信息+人体心理信息”来优化整个生产系统,是一个以实现以人为本为目的的生产系统。基于神经工业工程学的核心理念,在进行现代工业生产管理时,必须关注和研究员工的心理认知状态,将其作为重要的参考因素,这对于促进生产效率的持续提高有举足轻重的作用。本书研究了这一重要难题。

从整体的视角考虑,本书的研究呈现以下创新点:(1) 研究问题角度创新。根据国内外相关研究情况来看,本书所选择的研究问题独

特新颖,属于国内外前沿研究领域。(2)研究方法创新。本书主要采用神经工业工程学的方法展开研究。神经工业工程是认知神经科学在管理学领域的重要应用,它的诞生开启了用认知神经活动来解读工业工程学的新时代。本书借助神经工业工程学研究方法与技术,探索了心理负荷影响生产效率的神经机理,并将其与外在行为表现相结合,使人们深入和综合地掌握基于心理负荷的生产效率提高机制,也为后人对生产效率相关问题认知层面的研究提供了探索性的铺垫。(3)实践指导意义鲜明。本书作者在研究过程中,不仅采用了实验室研究,更多次深入生产一线开展实地研究。因此,其研究结果具有更鲜明的实践指导意义。

本书作者在攻读博士学位期间,一直从事神经工业工程学方面的研究。本书是在作者博士学位论文基础上,经过修改完善而成的,具有较高的学术水平。当然,正如作者在“研究局限性和未来展望”中提到的一样,本书内容也有很多不足之处,有待作者继续努力探索。

宋艳辉

杭州电子科技大学管理学院副教授

2016年9月

前 言

近年来,随着科技的进步,工业生产逐步转向自动化与电子化。在对生产系统进行科学配置以提高生产效率的过程中,工业工程师们认识到“人本位”逐步成为制约生产管理进一步优化的瓶颈。生产管理的优化需要综合考虑人体状态和生产状态信息,如果我们过于关注生产设备的设计,而忽略人本身在生产过程中情感或疲劳等心理负荷状态的变化,其结果必会影响员工的外在行为表现,不利于生产效率的提高以及生产管理的优化,进而极大地影响工业工程的系统化进程。这也更加违背了工业工程中生产管理最初的设计理念:想“让机器服务于人”,成了“让人服务于机器”。因此,生产效率提升过程中员工的心理负荷问题具有重要的研究价值。

结合已有研究,为进一步推进生产效率相关研究进展,本书重点关注和解决以下三方面研究问题:(1) 人的心理负荷(情绪、心理疲劳等)对生产效率是否有影响;(2) 人的心理负荷对生产效率的影响背后的神经科学和生理科学机理是什么;(3) 人的心理负荷如何应用到生产管理实践中以人性化提升生产效率。

本书共由八个章节构成:

第一章为引言,主要包括本书的研究背景、研究问题的提出、研究目的与意义、研究方法与技术路线、本书框架。

第二章总结了相关研究进展。本章主要对工业工程定义及理论

发展阶段、生产效率定义及相关理论、行为反应相关的生理和心理指标、行为反应中的情绪问题、效率相关的疲劳负荷问题、动作研究等相关理论的研究进展进行梳理。

第三章对以往研究做了总结,并提出了研究的构思设计。依据以往研究现状,总结其中的研究局限,并进行本书的整体设计,形成四项子研究。

第四章(研究一)研究了基于问卷方式的情绪状态对生产效率的影响。本章节探索心理负荷因素(情绪)是否对生产线上员工的生产效率有影响,并筛选出能够影响生产效率的情绪维度。

第五章(研究二)研究了基于 ERP 实验的情绪对生产效率的影响。本章节内容使得人们对心理负荷影响生产效率机制的认识由生产效率的宏观层面深入到操作反应效率的微观层面,从行为科学层面深入到神经科学层面。本书研究基于 ERP 实验取得 N2、P300 和 LRP 三种脑电成分的活动特征,并将其与外在行为表现相结合,从而使人们深入和综合地掌握心理负荷对生产效率的影响机理,也为后人对生产效率相关问题认知层面的研究提供了探索性的铺垫。

第六章(研究三)研究了基于 physiograph 的心理疲劳对生产效率的影响。本章节内容从心理负荷量的积累角度切入,采用生理测量方法获得了 EEG(包含 θ 、SMR、 β 和 γ 频段)和 EMG 的活动特征,从生理科学的角度考察了心理疲劳对生产效率的影响以及影响背后的生理科学机理。同时,结合价值工程思想与模型,本研究提出了基于心理疲劳负荷的人性化衡量生产效率的测度指标——神经效率,以衡量基于心理负荷的生产效率。

第七章(研究四)研究了基于案例分析的心理负荷在标准作业流程(SOP)动态优化中的应用。本章节内容将动素分析技术和生理测量技术相结合,在充分考虑心理负荷因素的前提下,提出了生产管理中 SOP 动态优化的方法。SOP 动态优化时,综合考虑与动作实时对应的心理负荷状态变化,在保证适度心理负荷的基础上进行动作调

整,从而从动作分析微观角度探索人性化提升生产效率的方法,即探寻效率提升和心理疲劳缓解的有效平衡点。

第八章得出了研究总体结论并提出了未来展望。本章节主要包括整体结论、理论贡献、实践建议和未来展望。

本书是在作者博士毕业论文的基础上修改而成的。本书能顺利出版,特别感谢恩师马庆国教授的指导。由于作者时间、精力以及本身水平方面的限制,书中难免存在不足和遗漏之处,恳请专家同行批评指正,我将在未来的研究中重点关注与解决。另外,在本书的写作过程中,作者广泛吸取了国内外相关的研究成果,参考和引用了大量文献资料;这些均为本研究的起点,谨向有关专家学者表示最诚挚的谢意!

尚 倩

2016年8月

目 录

1	引 言	1
1.1	研究背景	2
1.1.1	本书的现实背景	2
1.1.2	本书的理论背景	4
1.2	研究问题的提出	6
1.2.1	本书拟解决的问题	6
1.2.2	研究对象的界定	6
1.3	研究目的与意义	7
1.3.1	研究目的	7
1.3.2	研究意义	8
1.4	研究方法与技术路线	10
1.4.1	研究方法	10
1.4.2	技术路线	11
1.5	本书框架	12
1.6	本章小结	14
2	工业工程生产效率与心理负荷研究进展	15
2.1	工业工程相关研究	16
2.1.1	工业工程定义	16

- 2.1.2 工业工程理论发展阶段 17
 - 2.1.3 新一代工业工程研究平台 19
- 2.2 生产效率相关研究 22
 - 2.2.1 效率 22
 - 2.2.2 生产效率定义 22
 - 2.2.3 生产效率相关理论 23
- 2.3 行为反应研究中的相关神经和生理科学指标 25
 - 2.3.1 EEG 25
 - 2.3.2 ERP 26
 - 2.3.3 EMG 33
- 2.4 行为反应研究中的情绪问题 36
 - 2.4.1 情绪概念、分类与基本理论 36
 - 2.4.2 情绪对行为反应的影响 40
- 2.5 效率相关的疲劳负荷问题 42
 - 2.5.1 疲劳负荷定义和分类 42
 - 2.5.2 疲劳负荷的评估技术与方法 43
 - 2.5.3 员工疲劳负荷对企业效率的影响 44
- 2.6 效率相关的动作研究问题 44
 - 2.6.1 动作研究的起源和概念 44
 - 2.6.2 动作研究目的 45
 - 2.6.3 动作研究方法 45

3 已有的研究局限及本书构思设计 47

- 3.1 已有研究局限 47
 - 3.1.1 工业工程研究中的局限 47
 - 3.1.2 生产效率研究中的局限 49
 - 3.1.3 行为反应相关的神经和生理科学指标研究中的局限 ... 49
 - 3.1.4 行为反应研究中的情绪问题及研究局限 49
 - 3.1.5 效率相关的疲劳负荷问题及研究局限 50

3.1.6	效率相关的动作研究及研究局限	50
3.2	本书的构思设计:四项子研究	50
3.2.1	研究一构思设计	50
3.2.2	研究二构思设计	53
3.2.3	研究三构思设计	56
3.2.4	研究四构思设计	60
3.3	本书的整体架构:四项子研究的关系	63
3.4	本章小结	64
4	研究一:情绪对生产效率的影响研究	65
4.1	研究目的	65
4.2	研究假设	66
4.2.1	性别与生产效率	66
4.2.2	情绪与生产效率	66
4.3	研究方法	68
4.3.1	问卷调查对象	68
4.3.2	问卷内容	68
4.4	调查数据统计分析	70
4.4.1	信度和效度分析	70
4.4.2	相关分析	71
4.4.3	回归分析	73
4.5	结论与讨论	74
4.5.1	性别与生产效率	74
4.5.2	负性情绪与生产效率	75
4.6	本章小结	75
5	研究二:情绪对操作反应效率影响的神经科学机理	77
5.1	研究目的	77
5.2	研究假设	78

- 5.2.1 关于反应时的假设 78
 - 5.2.2 脑电成分相关的假设 80
 - 5.2.3 研究假设总结 84
- 5.3 研究实施——ERP 实验 85
 - 5.3.1 实验被试 85
 - 5.3.2 实验材料 85
 - 5.3.3 实验程序 86
 - 5.3.4 实验数据记录 88
- 5.4 研究结果 89
 - 5.4.1 行为学数据分析及结果 89
 - 5.4.2 脑电数据分析及结果 91
- 5.5 结论与讨论 108
 - 5.5.1 行为学结论与讨论 108
 - 5.5.2 N2 结论与讨论 108
 - 5.5.3 P300 结论与讨论 109
 - 5.5.4 LRP 结论与讨论 109
- 5.6 本章小结 110

6 研究三：心理疲劳对生产效率的影响的生理科学机理 112

- 6.1 研究目的 112
- 6.2 研究假设 113
 - 6.2.1 EEG 负荷假设 113
 - 6.2.2 EMG 负荷假设 114
 - 6.2.3 神经效率假设 115
- 6.3 研究实施——生理记录实验 117
 - 6.3.1 实验对象 117
 - 6.3.2 实验材料 117
 - 6.3.3 实验程序 118
 - 6.3.4 数据记录 118

6.3.5	数据分析	120
6.4	研究结果	120
6.4.1	生产效率有高低差异组分析结果	120
6.4.2	生产效率无差异组分析结果	126
6.5	结论与讨论	128
6.5.1	有高低效率差异组的心理疲劳对比讨论	128
6.5.2	高低效率无差异组的神经效率对比讨论	129
6.6	本章小结	130
7	研究四：基于心理负荷的 SOP 系统动态优化应用案例研究	131
7.1	案例研究目的	131
7.2	案例对象	132
7.3	案例数据采集	132
7.3.1	实时摄像采集 SOP 数据	133
7.3.2	实时测量记录 EEG 数据	134
7.4	案例分析及讨论	134
7.4.1	优化前 SOP 分析与讨论	134
7.4.2	SOP 静态优化分析与讨论	137
7.4.3	SOP 动态优化分析与讨论	140
7.5	本章小结	143
8	研究总结和未来展望	145
8.1	整体结论	145
8.1.1	情绪影响生产效率	147
8.1.2	生产效率的差异与性别有关	148
8.1.3	情绪诱发背景下,动作反应效率存在西蒙效应	148
8.1.4	情绪直接影响动作反应认知加工机制：由 N2 和 P300 反映	149

8.1.5	情绪间接影响动作反应认知加工机制——调节西蒙效应的认知强度:由 P300 和 LRP 反映	150
8.1.6	心理疲劳影响生产效率	151
8.1.7	基于心理负荷的神经效率指标用于人性化提升生产效率	152
8.1.8	基于心理疲劳负荷的动态 SOP 优化用于人性化提升生产效率	153
8.2	理论贡献	154
8.2.1	发现了负性情绪对生产效率具有重要影响	155
8.2.2	探索了负性情绪影响生产效率的神经科学机理	156
8.2.3	发现了心理疲劳对生产效率具有重要影响	157
8.2.4	探索了心理疲劳影响生产效率的生理科学机理	158
8.2.5	发现了性别对生产效率有影响	159
8.3	实践指导意义	159
8.3.1	重视情绪管理在生产管理中的重要性	159
8.3.2	重视心理疲劳对生产效率的重要影响	160
8.3.3	在生产管理中重视性别因素对生产效率的重要影响	161
8.4	研究局限性和未来展望	162
8.5	本章小结	163
	参考文献	164
	索引	191

图目录

图 1-1	十年来(2003—2012 年)安全生产事故数及死亡人数统计	2
图 1-2	确定研究问题的逻辑推演过程	7
图 1-3	本书的技术路线	11
图 1-4	本书的内容框架	13
图 2-1	研究进展的内容和结构安排	15
图 2-2	功能性磁共振成像(fMRI)的应用示意	19
图 2-3	事件相关电位(ERP)的应用示意	20
图 2-4	生理记录仪(physiograph)的应用示意	21
图 2-5	眼动仪(eye movement equipment)的应用示意	21
图 2-6	生产效率相关经济理论演进过程	25
图 2-7	P300 波幅意义模式	29
图 2-8	P300 注意资源分配模型	30
图 2-9	水平西蒙效应和垂直西蒙效应的 LRP	32
图 2-10	EMG 产生原理	33
图 2-11	EMG 记录位置	34
图 2-12	情绪交感过程模型	37
图 2-13	情绪维度论示意	38
图 2-14	Likert 9 点量表形式	39
图 3-1	本书的整体结构:四项子研究的逻辑关系	63
图 4-1	性别与产品产出相关示意	72

图 4-2 负性情绪与产品产出相关示意 73

图 5-1 IAPS 图片 86

图 5-2 靶刺激示例 86

图 5-3 刺激呈现流程 87

图 5-4 一致和不一致的正确率差异 89

图 5-5 一致和不一致的平均反应时差异 90

图 5-6 N2 所选择 3 个电极点脑分布 91

图 5-7 N2 所选择 3 个电极点波形 92

图 5-8 N2 成分差异波 3 个电极点的波形 94

图 5-9 P300 所选择 9 个电极点脑分布 95

图 5-10 P300 成分 9 个电极点的波形 96

图 5-11 P300 成分差异波 9 个电极点的波形 99

图 5-12 LRP 所选择 2 个电极点脑分布 101

图 5-13 S-LRP 波形 102

图 5-14 S-LRP 差异波波形 104

图 5-15 R-LRP 波形 105

图 5-16 R-LRP 差异波波形 107

图 6-1 工位示意 118

图 6-2 便携式生理记录仪(Nexus-10) 119

图 6-3 脑电(EEG)记录点示意 119

图 6-4 肌电(EMG)记录点示意 120

图 6-5 烧录程序工位的高/低效率组的左右脑的 EEG 频段对比
..... 122

图 6-6 检修工位的高/低效率组的左右脑的 EEG 频段对比 123

图 6-7 烧录程序工位和检修工位 MLV 对比 124

图 6-8 烧录程序工位和检修工位左右脑的 EEG 频段对比 125

图 6-9 烧录程序工位和检修工位 EMG 对比 126

图 6-10 熟练组和非熟练组 V_{θ} 和 V_{SMR} 对比 127

图 7-1 SOP 节拍内各动素类型的时间比例 135

图 7-2 SOP 改进前 EEG(θ)负荷量 137

图 7-3 SOP 节拍内各动素类型的时间比例 139

图 7-4 EEG(θ)负荷量: SOP 改进前 VS 静态优化后 139

图 7-5 SOP 动态优化分析界面 140

图 7-6 SOP 节拍内各动素类型的时间比例 142

图 7-7 EEG(θ)负荷量: SOP 改进前 VS 动态优化后 143