

脑力劳动负荷与效率

廖建桥

华中理工大学出版社

4.2

96
F014.2
8
2

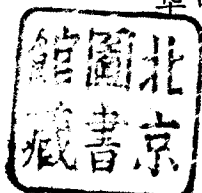
脑力劳动负荷与效率

廖建桥

2011/08



华中理工大学出版社



C 257812

(鄂)新登字第 10 号

图书在版编目(CIP)数据

脑力劳动负荷与效率 / 廖建桥

武汉:华中理工大学出版社 1996 年 6 月

ISBN 7-5609-1335-0

I. 脑…

II. 廖…

III. 脑力劳动-劳动效率-研究

IV. F242; TB18

脑力劳动负荷与效率

廖建桥

责任编辑:陈培斌 郭惠华

*

华中理工大学出版社出版发行

(武昌喻家山 邮编:430074)

新华书店湖北发行所经销

华中理工大学出版社照排室排版

武汉市青联彩印厂印刷

*

开本:787×1092 1/32 印张:7 字数:150 000

1996 年 6 月第 1 版 1996 年 6 月第 1 次印刷

印数:1—1 000

ISBN 7-5609-1335-0/F·134

定价:6.50 元

(本书若有印装质量问题,请找承印厂调换)

前 言

自从人类有了语言和文字之后,就有了一种相对较高级的劳动——脑力劳动。但是千百年来,脑力劳动从没有像今天这样涉及到这样多的领域,涉及到这样多的人。

1977年,北大西洋公约组织的一些科学家们在著名的心理学家和人类工效学家N. Moray教授的召集下,召开了一次具有深远意义的学术会议“脑力负荷的理论及测量”。到会的科学家们充分认识到,随着科学技术的进步和电子计算机的普及,脑力劳动将是人类的一种最主要的劳动形式,研究脑力负荷具有十分重要的现实意义。

从那时起,在近20年的时间里,西方各国,特别是美国,投入了大量的人力和物力研究脑力负荷问题。在这期间,我作为改革开放的受益者,被派到加拿大多伦多大学留学,有幸在Moray教授的直接指导下,从事了5年关于脑力负荷的研究。我看到了许多西方学者致力于研究脑力负荷的热情,也了解他们在进行这些研究中所处的困境。留学回国之后,我就希望把国外学到的东西整理出来,使我国在这方面的研究少走弯路,使我国在这一领域尽快赶上西方国家。

回国几年来,我尽力于推动脑力负荷研究在我国的开展,取得了一些成绩,也碰了一些钉子。几年的教学和科研实践使我认识到,脑力劳动不仅有个负荷问题,还有一个效率问题。为什么我国那么多的科学家英年早逝?为什么我国的许多科学家吃不好,睡不好?这里既有一个负担过重问题,也有一个科学合理地

安排工作问题。我开始考虑怎样把脑力负荷与脑力劳动效率结合起来,这样既可以扩大脑力劳动研究的影响和应用范围,也可以摆脱当前脑力负荷测量研究面临的困境,于是我着手进行一些关于脑力劳动效率基础方面的研究,如汉字的阅读和书写速度,午睡对脑力劳动效率的影响等等,并得到了国家自然科学基金和加拿大 CIDA 项目的资助。

我国虽然是一个发展中国家,但中国人的智慧和才能是受到世人称赞的。我国有几千万不同类型的脑力工作者,另外还有成千上万的虽称不上为脑力劳动者,但也从事一些脑力活动,如阅读、计算等的人。减轻这些人的劳动负荷,提高这些人的工作效率会带来巨大的社会效益。想到这些,我就常常激动不已。

受本领域的特点和面临的困难,特别是作者的水平所限,本书对许多问题很难给出一些令人满意的答案,甚至会出现一些错误,希望读者谅解。但作者相信,这本书会使读者产生一些新的思想,了解一些降低脑力负荷、提高脑力劳动效率的原则和方法,这对指导读者以后的工作是会有帮助的。事实上,作者就是其中许多思想和方法的受益者。

在这里,我要特别感谢现在在法国工作的 Moray 教授、华中理工大学工商管理学院院长陈荣秋教授以及我的妻子陈晓岚女士。没有他们的指导、帮助和鼓励,就不会有这本书的问世。

但愿阅读这本书不会增加你的脑力负荷!

廖建桥

1996 年 3 月

目 录

第一章 绪论.....	(1)
第一节 研究脑力负荷的意义.....	(1)
第二节 研究脑力负荷的历史和现状.....	(5)
第二章 人的信息处理系统	(17)
第一节 人的信息处理系统的模型	(17)
第二节 感觉	(24)
第三节 中枢信息处理	(26)
第四节 反应	(28)
第五节 记忆	(29)
第六节 注意	(33)
第三章 主任务测量法	(37)
第一节 主任务测量方法	(37)
第二节 主任务测量法的问题	(41)
第三节 “红线”问题	(42)
第四章 次任务测量法	(49)
第一节 次任务测量法的原理	(49)
第二节 次任务的种类	(50)
第三节 次任务测量法的应用	(53)
第四节 次任务测量法的问题	(55)
第五章 主观评价法	(57)
第一节 Cooper-Harper 主观评价法	(57)
第二节 NASA-TLX 主观评价法	(59)

第三节	SWAT	(62)
第四节	对主观评价法的评价	(65)
第六章	生理测量法	(67)
第一节	脑电位中的 P_{300}	(67)
第二节	心率变化	(70)
第三节	瞳孔	(71)
第四节	讨论	(74)
第七章	脑力负荷的分析方法	(77)
第一节	Siegel 和 Wolf 的时间压力模型	(77)
第二节	波音公司的方法	(80)
第三节	时间占有率模型	(82)
第四节	Aldrich 的脑力负荷预测方法	(89)
第五节	讨论	(91)
第八章	脑力负荷测量方法的合成	(94)
第一节	脑力负荷测量方法的选择标准	(94)
第二节	时间-强度模型	(99)
第九章	信息显示	(107)
第一节	人的视觉特征	(107)
第二节	视觉显示的原则	(112)
第三节	文字显示	(116)
第四节	符号和图形	(120)
第五节	计算机显示	(125)
第十章	人的信息交流	(129)
第一节	汉字的阅读速度	(129)
第二节	汉字的书写速度	(132)
第三节	汉字的计算机输入	(138)
第十一章	脑力劳动的工作地设计	(142)

第一节	静负荷·····	(142)
第二节	工作空间·····	(146)
第三节	坐椅的设计·····	(149)
第四节	脑力工作者的能量消耗·····	(152)
第十二章	疲劳·····	(158)
第一节	疲劳及其分类·····	(158)
第二节	疲劳发生的原因及机理·····	(159)
第三节	疲劳的测量方法·····	(162)
第四节	减少疲劳的方法·····	(166)
第十三章	工作压力·····	(168)
第一节	工作压力·····	(168)
第二节	低负荷问题·····	(177)
第十四章	午睡与脑力劳动·····	(180)
第一节	午睡的流行性·····	(180)
第二节	影响午睡的因素·····	(182)
第三节	午睡的作用·····	(186)
第十五章	工作环境与脑力劳动·····	(190)
第一节	照明·····	(190)
第二节	噪音·····	(193)
第三节	脑力劳动的微气候·····	(201)
参考文献 ·····		(207)

第一章 绪 论

第一节 研究脑力负荷的意义

一、脑力劳动社会

17 世纪开始的工业革命,把许多人从土地上解放出来,使这些人从农民变成了工人,人类社会也因此从一个以农业为主的社会变成了一个以工业为主的社会。目前,我们正在经历着一场新的技术革命,即计算机革命,或称之为信息革命。这场革命的结果使人和 社会都在发生着巨大的变化,从事信息处理的人取代了工人成为社会劳动力的主流,人类社会也从以工业为主的社会变成以信息为主的社会。美国著名的未来学家托夫勒在他的新书《力量转移》中指出:我们这个社会正在从过去的暴力、财富的社会向知识的社会过渡,知识是世界的主宰,从事象征(即信息)处理的人已开始超过从物质处理(即物质生产)的人,而且从物质生产的人也不得不从事一些象征处理工作,如炼钢的工人不得不通过计算机显示来监视炼钢的状态。我们把托夫勒称为象征处理(即信息处理)的人都称为脑力劳动者,或脑力工作者。

的确,我们这个社会正在向信息化社会迈进,脑力劳动者的队伍空前壮大。中国,即使仍然是一个发展中国家,从事脑力劳动的人也是一支十分庞大的队伍。首先,我国有几百万科研工作者,这当中包括科研所的人员,大学的教授及研究生,各企业的

技术人员等。其次,我国有几百万的中小学教师,他们承担着虽不是尖端的,但却是繁重的脑力负荷。第三,我国有几百万的各级管理人员,他们日夜被各种决策问题所困惑。第四,我国有几百万各种现代化系统,包括计算机的操作人员。我国计算机的销售量 1994 年已达 60 万台,并以每年 20% 以上的速度增加,成千万的计算机操作人员的出现只是一个时间问题。这些人与计算机交往的唯一方式是通过信息的交换。第五,我国有几百万大学生,两亿多中小學生,他们每天通过阅读、听课等方式把各种信息以知识的形式记在脑子里,以便将来之用。另外还有医生、作家、记者、艺术家、财会人员,等等。

所有这些人虽然工作对象不一样,但都有这样一些特点:抽象地看,他们都具有从外界接受信息,对信息进行编译、整理、分析,最后作出反应这样一个过程。这一过程我们称之为脑力劳动。脑力劳动使劳动从一种有形的形式变成了无形的形式,人从一种劳动动力变成了思维工具,劳动对人的生理要求变成了心理要求。这是人类社会的一大进步,但这种进步并不是没有代价的,代价之一就是人的脑力负荷问题。所谓脑力负荷,通俗地讲,就是人在从事脑力类型的工作时,工作对人的要求相对于人的能力的一种比例。在体力劳动中,如果人的能力只能承担 50 公斤,而让他承担 70 公斤的担子,这人的体力劳动负荷就过高。在脑力劳动中也有类似的问题。因为尽管是无形的,但可以测出,人的信息处理能力是很有限的。当工作对人的要求超过人的能力之后,也会产生许多问题,这就使得研究脑力负荷问题变得十分必要了。

二、研究脑力负荷的必要性

可以把人及其工作环境抽象地看为一个人机系统。随着科

学技术的进步,在人机系统中,“机”的功能和可靠性越来越强,与此形成鲜明对比的是人的能力并没有增强。注意这里说到人的能力并没有增强,并不是指人类的知识没有增加,主要是指人在执行脑力类型的工作时的生理和心理能力并没有增强。例如计算机的计算速度和记忆容量几乎是呈几何级数增加,而人的反应时间和记忆能力并没有大的改变,这样就使得人成了人机系统中的主要制约因素。为了使系统能够完成它被赋予的任务,不仅要提高系统中物质方面的能力,更重要的是使操作人员能够胜任。这就需要了解人的能力,特别是系统需要人的多大的能力,还有多大的剩余能力。这就是脑力负荷问题。

实际上,最初在系统设计中,人们最关心的不是脑力负荷问题,而是人的业绩(performance)问题。一般说来,只要业绩是可以接受的,人们可以不考虑脑力负荷问题。但是人的业绩与脑力负荷之间有如图 1-1 所示的关系。

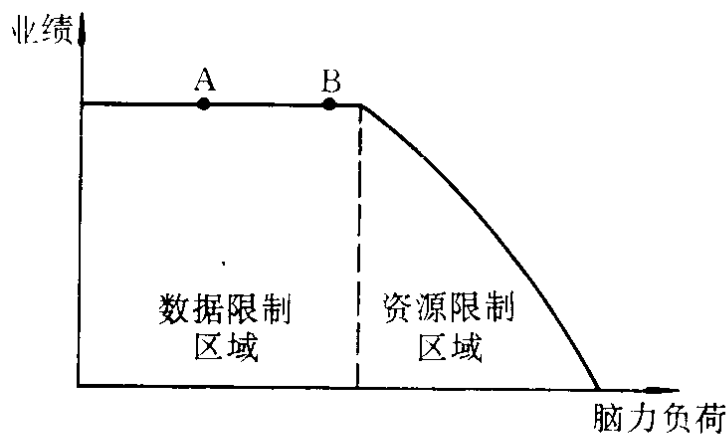


图 1-1 人的业绩与脑力负荷

从图中可以看出人的业绩曲线可以分为两个区域^[1]。左边一个区域通常被称为数据限制区域(data-limited),右边一个区域被称为资源限制区域(resource-limited)。在数据限制区域,由于脑力负荷较轻,人的业绩一直是稳定的,没有变化的,这主要

受业绩测量指标的影响。比如把事故率作为人的业绩的衡量指标,则在很大一个区间,尽管人所受的负荷可能增加了,但不会有事故发生。在资源限制区域,业绩与负荷是相对的,负荷增加时,业绩就会下降。

在现代化的系统中,由于业绩的失误带来的后果十分严重,所以一般都要求业绩是完美无缺的,即业绩在数据限制区域。但业绩是完美的并不代表系统是安全的。例如看图 1-1 中的 A 点和 B 点,这两点都处于数据限制区域,两点的业绩值是一样的,但两点的危险性是不一样的。A 点离资源限制区域较远,说明这个系统是很安全的,再加一点负荷或有一点意外事件是没有关系的。相反在 B 点是比较危险的,尽管这时人的业绩仍然是完美的,但 B 点离资源限制区域很近,再加一点负荷或有一点意外事件发生,就可能使业绩下降,给系统带来危害。这就是说,受人的业绩指标的限制,从业绩上不能判断系统的危险性,而脑力负荷可以做到这一点。这是人们研究脑力负荷的一个最重要的原因。

人们研究体力负荷的一个最重要的原因是不要使体力劳动强度过大,以免对工人的身心健康造成危害。在研究脑力负荷中,不使人的脑力负荷过高,以避免产生各种生理和心理上的疾病也是一个原因。例如,飞机场的调度人员被公认为是脑力负荷最重的一类工作。研究发现,机场调度人员患胃溃疡和高血压的比例就比正常人高些^[2],由此可以推断脑力负荷过高对人的身体也是有害的。但到目前为止,还没有发现脑力负荷过高对人的身体的影响像体力劳动强度过高对人的身体的影响那样严重,所以根据人的身体健康的需要来研究脑力负荷目前只是一个比较次要的原因。

现在在许多非常先进的系统中,操作人员的脑力负荷不是

过高,而是过低,使人失去了职业的自豪感,对工作产生了厌恶心理,进而影响到人的身心健康,这个问题也越来越受到脑力负荷研究人员的重视。

另外,脑力负荷的研究也可以为脑力劳动定额的制定奠定基础。但是正如在本书中将要看到的,由于脑力负荷看不见、摸不着,也没有可靠的测量方法,而劳动定额是一种标准,具有某些法律作用,所以人们基本上放弃了对脑力劳动者制定劳动定额的尝试,为脑力劳动者制定定额就不再是脑力负荷研究的动力了。

第二节 研究脑力负荷的历史和现状

一、脑力负荷研究的起源

上一世纪末,科学管理的创始人 F. 泰罗还在一家工厂当学徒工的时候,他就发现工厂中存在着大量的浪费现象。他认为存在这种浪费现象的一个重要原因是没有实行科学管理,例如资本家就不知道工人一天到底可干多少活。泰罗从此致力于推广他的科学管理的思想。科学管理中的一个重要内容是确定工人一天的工作量,也就是时间研究。时间研究通过秒表测量工人完成每个操作所需要的基本时间,再加上辅助作业时间和各种宽放,就可以比较准确地确定工人一天合理的工作量,或计件工作的标准。随着时间研究的发展,除了社会因素之外,比如工人的反感,时间研究在技术方面几乎没有问题。科学家们最后甚至把时间与动作研究结合起来,提出了预定时间标准,即在工作被执行之前,就可以通过工作分析来发现工作中包含哪些基本要素,每个要素所需要的时间是多少,把这些时间加起来,就可得到这

项新的工作所需要的时间。

但是时间和动作研究(统称为工作研究)后来遇到了一个问题,即只能确定有形的,或简单的手动和机动时间,而无法确定一些无形工作的时间,比如工人思考一个问题需要多长时间。在实际工作中,无形的工作是大量存在的,而且随着科学技术的发展,从事无形工作的人越来越多。怎样确定这些人一天合理的工作量呢?这是科学管理工作者(后来被称为工业工程师)面临的一大问题。

第二次世界大战期间,科学技术得到了飞跃的发展。飞机的广泛应用是科学进步的一大代表。但是美国有近40%的飞机却是因为非战斗原因从天上掉下来了。为什么会出现这种现象呢?原来在飞机的设计中,只注意到了各种技术问题,没有注意飞机驾驶员的使用问题。飞机对驾驶员的要求超过了驾驶员的能力,而且当飞机被设计出了之后,无论怎样挑选和训练飞行员,这一差距都无法被消除。这就类似于在体力劳动中,某一项工作要求人在某一时刻扛起150公斤的物体,一般人显然是无法胜任的。那么飞行员的能力到底有多大?在驾驶飞机时,飞行员能承受多大的任务?这虽然是一件看不见、摸不着的事情,但这是科学家们不得不面临的一个问题。

上面两类问题都是典型的脑力负荷问题,于是科学家们开始系统地研究这一问题。

二、脑力负荷的定义

脑力负荷的英文术语是 mental workload。我国也有用心理负荷、精神负荷、脑负荷,或脑力负担等术语,尚未统一起来。在本书中统一采用脑力负荷这一术语。

脑力负荷最初是作为体力负荷或体力劳动强度的一个对应

术语被提出来的,正像把工作划分为脑力劳动和体力劳动一样。但是脑力负荷的定义却比体力劳动强度要复杂得多。

所谓定义就是一个术语的特定涵义。如果一个术语没有统一的定义,结果就会导致不同的人对此有不同的理解,进而产生误解。脑力负荷的研究就出现了这样的问题。经过多年的研究之后,人们发现对脑力负荷可以有很多不同的理解,而对脑力负荷的理解不同,则采取的方法也不同。例如,有的人把脑力负荷看作是人在工作时所剩下的能力的补数,这样他们就从人的能力来研究脑力负荷;有人把脑力负荷看作是人在工作时的反应,这样他们就把人的主观评价作为脑力负荷的一个主要测量方法;有人把脑力负荷作为人在信息处理时的繁忙程度,这样就可以用时间占有率来测量脑力负荷,等等。对于同一术语使用不同的定义,不仅导致方法的不同,也使得同行之间的交流变得困难起来。

1977年,北大西洋公约组织的研究脑力负荷的科学家们在N. Moray教授的召集下举行了一次脑力负荷的专题学术会议。会议的参加者都是当时在脑力负荷研究方面最负盛名的学者。每个与会者都被要求对脑力负荷下一个定义,会议的组织者希望用这种方法,找出脑力负荷定义产生差异的原因,以便给出一个统一的定义。但是不知是因为脑力负荷本身的复杂性,还是因为科学家们的固执性,这种企图未能获得成功。他们找不到一个与会者都能接受的定义,最后只能宣布,脑力负荷是一个多维的概念。这一点得到了大家的共鸣,并对后来近20年脑力负荷的研究起了很大的影响。

“脑力负荷是一个多维的概念”是对脑力负荷的特性的一个说明,本身并不是一个定义。就像我们说一个小孩很高,但不给出他的名字一样。一个没有定义的术语用起来是非常困难的,就

像是一个没有名字的孩子。因此科学家们在对脑力负荷进行研究时,总是根据自己的知识背景和愿望先给脑力负荷下一个定义。因而脑力负荷的定义也是多种多样的。下面是几种具有代表性的定义。

(1) 脑力负荷这一概念的中心内容是人在工作时的信息处理速度,即决策速度和决策的困难程度。这是北大西洋公约组织脑力负荷的组织者 Moray 教授所给的定义^[3]。Moray 教授是一位心理学家,专门研究人的信息处理系统和注意力,很自然地把脑力负荷与信息处理系统联系起来。

(2) 脑力负荷是人在工作时所占用的脑力资源的程度,即脑力负荷与人在工作时所剩余的能力是负相关的。在工作时用到的能力越少,脑力负荷就越低。在工作时剩下的能力越少,脑力负荷就越高。使用这种定义时,脑力负荷的测量就变成了对人的能力或剩余能力的测量了。

(3) 脑力负荷是人在工作中感受到的工作压力的大小,即脑力负荷与工作时感到的压力是相关的。工作时感到的压力越大,脑力负荷越高;感到的工作压力越低,脑力负荷就越低。使用这种定义,脑力负荷的测量就变成了对人在工作时的压力或感受的评估。

(4) 脑力负荷是人在工作中的繁忙程度,即操作人员在执行脑力工作时实际有多忙。操作人员越忙就说明脑力负荷越高,操作人员空闲的时间越多,说明脑力负荷越轻。持这种观点的人主要是工程技术人员,代表人物是美国波音公司的 Parks^[4]。因为对工程设计人员来说,操作人员能否及时完成系统赋予他的任务是最重要的,而这主要取决于操作人员有没有足够的时间。

(5) 脑力负荷是人机系统中人机交往的结果^[5]。由于脑力负荷的各种定义都不能广泛地被接受,所以进入 80 年代后期,

人们都尽量少谈脑力负荷的精确定义。人们在谈论脑力负荷时，尽量含糊其词。把脑力负荷看作是人机相互交往的结果，无论有什么研究背景的人都提不出反对意见，但这样定义脑力负荷就使脑力负荷失去了特色。作者个人认为是脑力负荷研究的一种倒退。

在本书中，我们把脑力负荷定义为反映工作时人的信息处理系统被使用程度的一个指标。

三、脑力负荷的影响因素

脑力负荷之所以是一个非常复杂的概念，是因为影响它的因素太多，例如工作内容，操作人员的能力及工作动机，系统对业绩的要求，系统错误的后果等等。由于脑力负荷是研究人的，所以下面我们把人从人机系统中分解出来，我们可以得到图1-2所示的三类因素：即工作内容，人的能力和人的业绩。这三个组成部分对脑力负荷的测量都有着十分重要的影响。

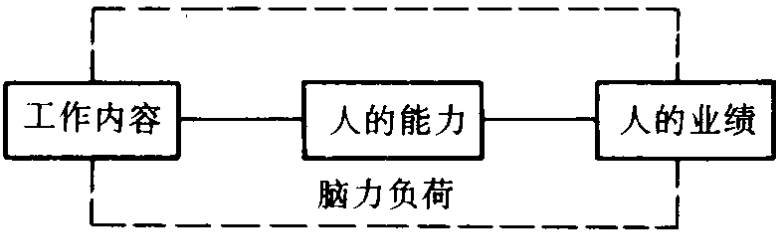


图 1-2 脑力负荷的三类因素

1. 工作内容对脑力负荷的影响

工作内容是操作人员这一系统的输入，对脑力负荷有直接影响。在其他条件不变的情况下，工作内容越多，越复杂，操作人员所承受的脑力负荷就越高。工作内容是一个非常笼统的概念，因此人们又把工作内容分为时间压力、工作任务的困难程度、工作强度等。显然，这些因素与脑力负荷都是相关的。