

劳动保护专业培训教材

安全人机工程



吉林省劳动保护教育中心

编 写 说 明

吉林省劳动保护教育中心，认真总结了近年来在教学实践中的经验教训，深入地调查研究并综合分析全国各地劳动保护方面的培训教材，在原编教材的基础上，本着去粗存精、兼收并蓄、简明适用的原则，重新编写了这套《劳动保护专业培训教材》。新编教材共为十分册，约60万字。

新编教材，在内容和程度上，按照劳动保护高级中专水平进行编写，既照顾教材篇幅不要过大，也考虑便于在实际工作中查找资料。尽力做到理论联系实际，~~更~~重在买~~教~~工作中解决安全生产问题。

《劳动保护专业培训教材》适用于培训各级劳动部门安全监察干部和厂、矿企业主管安全工作的厂、矿长、安技科长及其他从事安全工作的干部。

教材编写过程中，始终采用集体讨论纲目、个人分工执笔、集体审阅定稿的办法，切实保证教材编写质量。力求教材内容切合实际，知识的深度和广度适合工作需要。

承担本教材编写执笔任务的是葛景亮副主任（工厂噪声与控制技术）；徐世荣工程师（安全人机工程和机械制造安全技术）；李宝祥工程师（安全系统工程）；刘颖工程师（工业通风）；宗德魁工程师（起重搬运安全技术）；徐照庚工程师（工厂防火防爆）；董文良工程师（建筑安装工程施工安全技术）房长春工程师（电气安全技术）；张元忠主治医师（劳动卫生与职业病）。全套教材由

教育科、教学研究室集体修改和审定。

教材编写过程中，还得到省劳动人事厅，省劳动保护研究所、省建筑工程总公司和白求恩医科大学环境医学系劳动卫生教研室张玉梅副教授等有关单位和同志的热情指导和帮助，在此谨表谢意。

由于我们专业水平有限，教材的疏漏和谬误之处恐难避免，诚望从事劳动保护宣传教育工作的同行，安全监察干部和安全生产管理干部在使用过程中，提出宝贵意见，不胜感激。

编 者

一九八七年五月

封面设计：王识未

目 录

第一章 人机工程学概述	(1)
第一节 什么是人机工程学.....	(1)
第二节 什么是人机系统.....	(3)
第三节 人机学的研究目的.....	(5)
第四节 人机学研究的内容.....	(6)
第二章 人——机系统	(21)
第一节 人——机系统.....	(21)
第二节 人机学是一种科学方法.....	(24)
第三节 人机对比.....	(24)
第四节 人机工程与训练.....	(26)
第三章 人机工程学的应用	(27)
第一节 任务的分配.....	(28)
第二节 任务分析.....	(29)
第三节 人体测量.....	(31)
第四章 人的第一种功能——传感器	(33)
第一节 信息显示器.....	(34)
第二节 视觉显示器.....	(34)
第三节 听觉显示器.....	(36)
第四节 人机工程对显示器的评价.....	(37)
第五章 人的第二种功能——信息处理器	(38)
第六章 人的第三种功能——操纵器	(40)

第一节	设计原则	(41)
第二节	排 列	(44)
第三节	控制器评价	(45)
第四节	结 论	(45)
第七章	人的行为与安全	(47)
第一节	安全中的心理因素	(47)
第二节	个性差异	(49)
第三节	动 机	(56)
第四节	挫折与冲突	(65)
第五节	态 度	(72)
第六节	学习与实践	(76)
第七节	结 论	(84)

第一章 人机工程学概述

人机学是一门新兴的热门科学。为什么说它是热门呢？从以下几点来说：

1. 第二次世界大战后，各国都先后纷纷成立了人机学会。

各国都积极开展人机学方面的研究工作。

2. 1960年正式成立国际人机学会，以后经常召开国际人机学术会议，特别是近年来。几乎每年都召开一次国际人机学学术会议。

3. 每年有大量的人机学方面的论文发表。

4. 人机学方面的学术考察活动频繁，以美国为例，美国十大军火公司之一的洛克希德公司（U—2飞机和三叉戟式导弹的生产者）每年都派出一个人机学考察团，代表美国科学院到各国去考察。他们几乎已经考察遍了整个东欧。

5. 人机学几乎已经渗透到了所有生产部分，事业部分，教学与生活领域，并且正越来越被重视，成了一门技术基础课程。

为什么会这样呢？首先要从什么是人机学这个问题谈起。

第一节 什么是人机工程学

简单地说，人机学是研究人和机器所组成的系统的科学，也就是说研究人和机器的关系或联系的一门科学。

人机学是一门新兴科学，大多数人还不太熟悉它，其实它和每

个人都有关系，是每个人在日常生活中都经常接触到的一门科学。

大家都知道，劳动创造了人，人类的历史是和劳动紧密联系在一起的，在劳动中，作为劳动力的人，就要和生产资料——劳动工具和劳动对象接触，这样就存在着人和劳动工具的联系问题，也就是人机联系问题，这就是人机学的基本内容。所以，如果回顾一下人类的历史，早在古石器时代，人们就使用石器从事狩猎，从事农业耕种，从事取火，那时的机——劳动工具十分简单，人机关系也就比较简单，比如石器的尺寸只要人拿得住就可以了，石器的重量也只要人拿得动就行了。以后随着生产的发展，劳动工具首先发生质的飞跃，由石器而青铜，由青铜而铁器，由简单本制工具而到复杂的大机器，特别是经过18世纪70年代蒸气机出现后首先由英国开始的产业革命，劳动工具飞跃为大机器。

诚然，机械文明是人类的智慧所创造的，是为了发展生产，是为了提高生产社会财富的速度，是为了造福于人类而创造的。大机器的“生产本领”不是简单生产工具所能比拟的。但是它也不象简单生产工具那样温驯，那样听人摆布，人的手拿不住大机器，人的力量拿不起大机器。一句话人失去了对大机器的掌握能力，工伤事故增多了。搞得不好，轻者伤残，重者死亡，职业性耳聋，职业性尘肺等慢性伤害——职业病也增多了，于是出现了自己亲手创造出来的机械文明的重压下呻吟的悲惨景象。这样出现了复杂的人机关系。随着生产的发展，研究人和机器关系的科学——人机学，也就日益迫切需要。于是到19世纪中叶，于1857年沃依切赫·雅思特莱鲍夫斯基教授首先创造了人机学（Ergonomics）这个术语。但是，当是由于历史发展条件的限制，还未能引起广大学者的重视，直到20世纪中叶它才真正地成为了一门科学。

第二节 什么是人机系统

既然人机学是研究人机系统的科学，那么，什么是人机系统？人机系统顾名思义是由人和机器组成的系统。但它不只是包括人和机器，它还包括人与机器所处环境。请见人、机器、环境系统示意图。

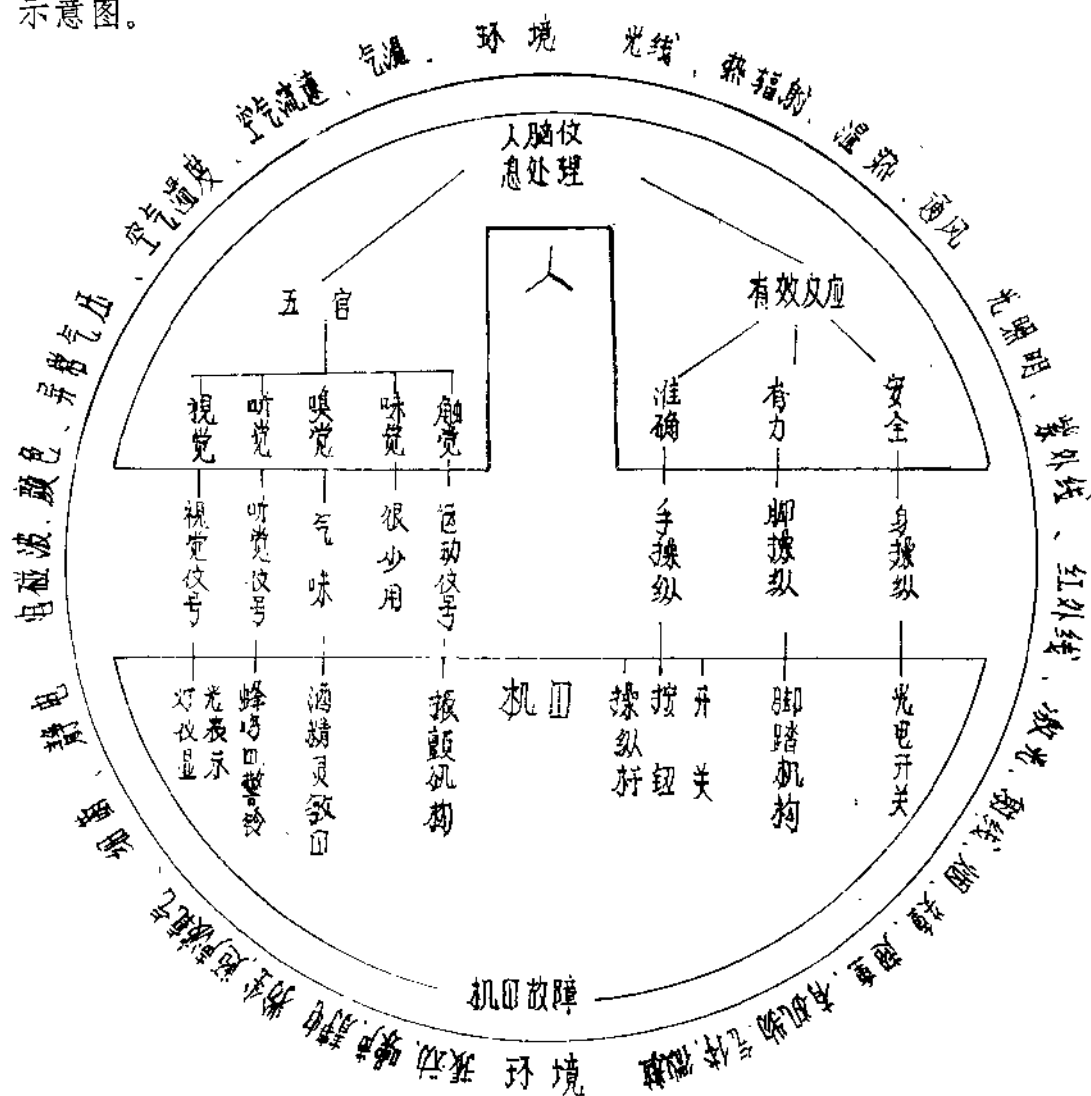


图 1

在图中，用人类借以进行高级运动形式——思维的大脑两半球代表人，依惯例用方框图代表机器。人和机器又一起放在代表环境因素的大园环里面。大园环外面的注字即表示各项环境因素。图中仅注出了常见的 33 种环境因素。机器通过数字显示，○形仪表、线形仪表、灯光等的视觉信号将机器的运行状况告知人，机器通过铃、蜂音器警报器等的听觉信号将机器的故障、危险等情况告知人。人就根据所收到的这些声光信息来判断机器的状况以及应该进行的操纵动作。但是，如果这些显示因仪表故障而不准确时，那就可能会出现严重后果。今以历史上有名的显示仪表故障所造成的严重后果说明这个问题。大家都知道，从 1956 年开始美国的 U—2 间谍飞机就在苏联上空飞行，拍摄了很多苏联导弹基地照片。到 1960 年已经长达四年多的时间了，苏联也一直没有对付的办法，因为 U—2 可在 20000 米高空飞行，而当时苏联最好的飞机是米格 19，只能飞到 3000 米的高空，当时苏联的对空导弹有效射程也只能达到 3000 米的高度。但是突然于 5 月 1 日在斯维尔德洛夫斯科工业中心上空苏联首次击落一架 U—2 飞机。这件事当时轰动了全世界。赫鲁晓夫大吹牛皮说是只用一发导弹就直接命中，美国当时也弄不清楚苏联到底使用了什么新式武器。其实，问题就是出在高度仪表显示不正确上。先是苏联克格勃特务将美国执行到苏联进行侦查任务的那架 U—2 飞机膜合式高度表的右上角普通螺钉换上了一颗强磁性螺钉，当飞机才飞到 3000 米高时，指针却因受到磁性螺钉的吸力而指到 20000 米高度上。飞行员一看已到 20000 米高了，就不再升高，但实际上却只飞到 3000 米高度，是米格 19 和苏联对空导弹刚能达到的高度。当时米格 19 上来很多架，苏对空导弹打了发，还是未能命中 U—2，并且还把自己的米格 19 打下来一架、

只是由于导弹发射的太多才把那架U—2震下来了，飞行员只被震昏未死亡，机上仪表亦皆完好。当时U—2机上如果装设有指示出高度表显示错误的装置的话，那就可避免上述事件的发生。可见仪表故障显示装置是很重要的。

在人脑处理了所接受的视觉和听觉信息后，就进行有效反应，这个意思就是说，对于要求准确的动作，就使用手，因为人手的动作比人脚的动作，要准确得多。对于要求用劲大的动作就使用脚，因为人的腿脚比手的力气大得多，正如俗话说：“胳膊拧不过大腿”。用手可以操纵开关、旋钮和操纵杆等，用腿操纵踏板等，有时则用身体“操纵”光电开关以便当误入危险区时使机器停下来。

第三节 人机学的研究目的

如上所述，大机器的发明，一方面提高了劳动生产率，帮助人类创造了很多社会物质财富。另一方面又带来了大量的工伤事故和严重的职业病害，使得人机关系空前的复杂化起来。

人机学的目的就是一方面要保持与发扬机械化带来的生产效率高这一对人有好的一面，同时又要克服机械化因工伤事故与职业疾病给人带来痛苦甚至灾难的一面。

一句话，人机学的目的，就是为了把今日的机器文明转移至 man-centered (以人为中心)，man-oriented (为了人) 和 man-minded (想到人) 的轨道上来。因此就不应该再把人看成是一个开放的体系 (即与外界机械、环境等隔离开来，孤立起来)，而应该是把人和机器、把人和环境看作一个统一的系统 (人机环境系统) 即认为机器或环境和人具有最为密切的关系。因而要为了人创造出

无害于人的机器文明。

为了使机器无害于人，就要使机器适合于人。就是说，要保证人的安全、健康、舒适、易于操作，减轻疲劳以及经济而高效地进行大机器生产，这就是人机学的目的。

如上所述，人机学的研究目的是使机器适合人类，以便安全卫生地进行大生产。怎样才能保证劳动安全与劳动卫生呢？要想改变一个现有的生产过程或机器设备的劳动条件是不容易的，也是不经济的。要想最经济的保证劳动安全与劳动卫生，必须防患于未然，必须把事故或病害消灭在未出现之前，也就是我们常说的预防为主方针。这就要求在一项生产过程的设计阶段，在一台机器的设计阶段，就要求用人机学的知识。所以人机学主要是通过设计师在设计阶段利用人机学的理论与数据，设计出适合于人的既安全又卫生的生产工艺或机器的方式，来达到劳动安全与劳动卫生的目的，达到劳动保护的目的。

由此可见，人机学是劳动安全（安全技术）和劳动卫生，即整个劳动保护科学领域中的一门基础技术课。只有广泛应用人机学的知识才能有效地、经济地实现劳动保护，这也是为什么人机学日益受到重视的原因。现在各国十分重视人机学的教学工作。以西班牙为例，无论是他们的各劳动大学（高等教育），也无论是他们的各职业训练院校（中等教育）都是以人机学知识和基础文化知识、生产工艺知识一起做为基础课的内容。

第四节 人机学研究的内容

人机学研究的内容随历史发展的不同时期而异，在人机学的发

展史上，大致分为机械化时期关于危区的研究和自动化时期关于信息传输与反应控制的研究两大阶段。

1. 人机学关于“危区”的研究

上面讲过，在人类使用简单劳动工具的时代，虽然也有劳动工具伤害人的情况，但是还不迫切需要人机学，只有当大机器生产时代，即机械化时代，机器使人伤亡与损害人类健康的问题才突出起来，例如美国电影《摩登时代》就形象化的告诉我们，一位拧螺丝的工人由于受到快速机器的制约，需要不停地重复拧螺丝的动作，而得神经官能症，就是下了班手也不自觉的发出拧螺丝的动作，甚至看到了类似螺帽的东西——妇女身上带的圆形服饰也去当螺丝去拧，在这种大机器生产条件下就迫切需要能保证人类的劳动不受机器的慢性伤害（职业病）和急性伤害（伤亡事故）的人机学了。

在机械化时代的人机学，其目的是使人的劳动环境必须与人的视力、听力、身长、体力、行走速度等相适应，尤其是重点研究人的手指所能碰得着的点集合，即“危区”。

“危区”的意思是：在这个范围内如有运动机件的话，就有引起人手受伤的危险，故应将机件加以防护或移出的区域。

在这里我们交待两点，第一点是为什么用人的手指来确定危区范围的大小，而不是用人身的其它肢体如脚等来确定危区范围的大小呢？这是因为人手的活动在机械化劳动中是必不可少的，并且比起其它肢体来，手的活动范围大得多，活动机会也是多得多，如果连手都安全了的话，其它肢体更不会发生危险。第二点为什么把人

（手）的活动范围叫危区而不是把机械所在的区域叫危区呢？一般不都是说机器所在的地方是危险区吗？是的，机器所在的范围是危险的区域。我们到工厂等处参观时，遇到有运行着的机器之处，是

应该多加小心。在人机学中，将人手活动范围命名为危区而不象通常那样把机器活动范围命名为危区，这是因为人机学是以人为中心而不是以机器为中心的，所以机器不得进入人的活动范围；人的活动范围就是机器的危区，机器如在危区内，即如在人的活动范围内就需要加以挡板防护，或是移到危区之外。

人机学关于危区的研究，可以为机器上的危险机件（即运行机件）防护挡板的设计提供人身尺度，以及为整机设计中的各部件布局提供符合人体测量学和人体力学要求的设计数据。

因为人手共有五种可能的动作所以危区范围相应地也就分五种情况，如下：

1) 伸手向上动作的危区，是假定一个人踮着脚尖站着伸手向上所能够得着的最大距离，这个数值国际职业安全与健康中心（设在日内瓦）取 2.44 米。

2) 将手伸过挡板顶部动作的危区，这时的危区半径为从一个手掌的长度到一条胳膊的长度。

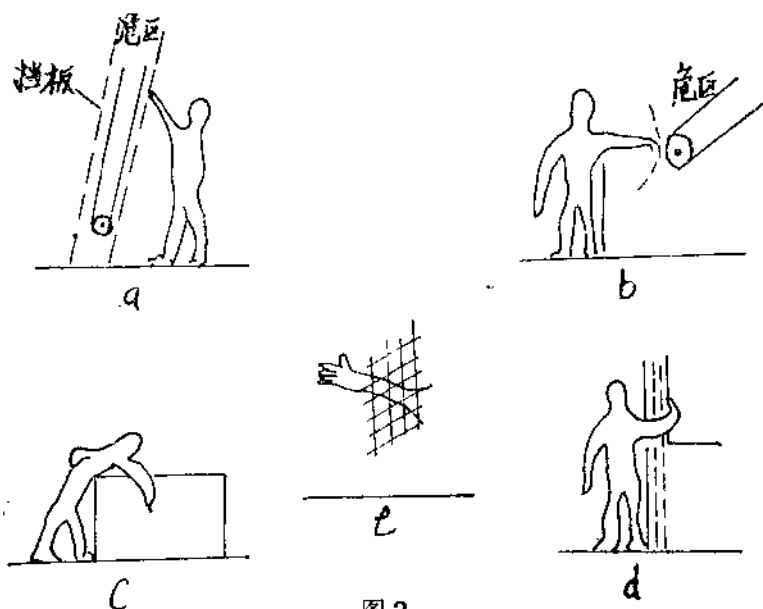


图 2

3) 伸手入容器的危区, 危区半径和 2 的情况类似。

4) 伸手从侧面绕过挡板的危区, 危区半径最多为一条胳膊的长度。

5) 挡板上孔口的危区。依挡板孔口的大小而定, 当胳膊能穿过孔口时, 危区半径取 0.84 米。

上述五种情况分别参见图 2 之 a、b、c、d 和 e 五个示意图。

一般, 危区的大小只是在臂长范围内; 当是伸手穿过孔口这种情况时, 取决于手指之粗细或是手之大小。危区范围的大小还取决于一定型式的防护挡板之最小高度, 或是防护挡板与被防护机器之最小距离, 下面分别研究图 2 的五种情况。

1) 伸手向上动作情况之危区 (图 2)

人机学中对危区之一般定义是: 在可能的情况下, 在一个人可能做出的动作中, 为保证该人不会受伤害而必须将危险的机件加以防护或移出之区域。根据这个定义, 则伸手向上动作时之危区是: 假定一个人踮着脚尖一直量到他的中指尖为止。这个距离的取值有好几种, 国际职业安全与健康情报中心 (设在日内瓦) 则是采用新西兰劳动部的取值, 为 2.44 米。

2) 将手伸过挡板顶部动作情况之危区 (图 2 b)

有几种机械, 一般是用一个挡板将它们防护起来, 现在来考察这种情况时的安全位置, 也就是要回答问题: 防护挡板与该机械应相距多远才是安全的? 其答案就是要确定将手伸过挡板顶部动作之危区。

这种危区范围之大小, 视人体与挡板接触点的位置而定, 一般说可能有四种情况 (见图 3)。

1) 若挡板比较低, 只达人的腰部时, 人体就可能靠在挡板上

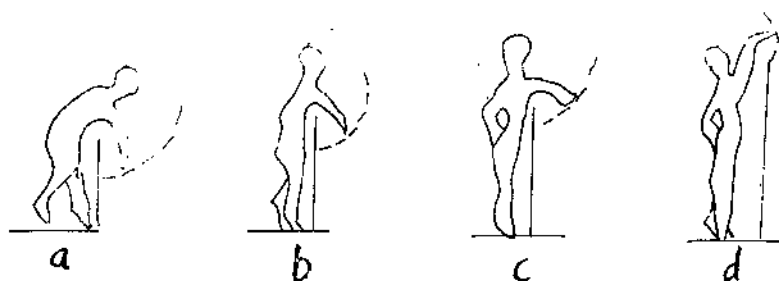


图3

并且可能弯腰，因此危区范围就大于一条胳膊的长度（见图3 a）

2）若挡板高达人的肩部以下时，人的胳膊窝就可能依在挡板顶上，因此危区范围就等于一条胳膊长度（图3 b）。

3）若挡板高于人的肩部时，人就可能用肘窝依在挡板顶上，因此危区范围就等于小胳膊的长度（图3 c）。

4）当挡板再高一些，人就可能用腕部依在挡板顶上，因此危区范围就只等于一个手掌的长度了（图3 d）。

若挡板再高，那就又弯成伸手向上的情况（图2 a）。

图3所示四种情况的定量数值，见表1。表1之最左纵行是危险机件的高度（从人所站的地面或工作台面算起下同）。最上横行是防护挡板的高度。它们相交叉外的表值，是防护挡板与危险的机件应保持的距离，也就是危区范围的大小。

当人的手指（或整个手掌，或半条胳膊，或整条胳膊，或整条胳膊加上半身）可能伸过挡板上顶时，就可能以指关节（或腕关节，或肘关节，或肩关节，或腰关节等）为中心划园弧，园弧以内就是危区范围，园弧以外就是安全区范围，也就是说危险机件可以布置于其中（参见图3）。

上述危区范围的大小，也可借助于图4所示之“危区试验曲线”来确定，在每条危区曲线上都标有与之相应的防护挡板高度，图4的纵坐标是危险机件所在高度，横坐标就是危区范围的大小。危险的机件不得布置在危区之内。表1所列之危区范围值，也就是

图 3 所示各种情况之危区范围 (米)

表 1

危险范围		防护挡板的高度(米)								
		1.22	1.37	1.52	1.68	1.83	1.98	2.13	2.28	2.44
危险 机 件 所 在 高 度 (米)	2.44	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.36	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.15	0.13	0.1	
	2.28	0.38	0.38	0.38	0.38	0.30	0.23	0.18	"	
	2.21	0.53	0.53	0.53	0.46	0.38	0.30	0.20	0	
	2.13	0.61	0.61	0.61	0.53	0.46	"	"		
	20.6	0.68	0.61	0.61	0.61	0.46	0.30	0.08		
	1.98	0.76	0.68	0.68	"	"	"	0		
	1.90	0.84	"	"	"	"	0.23			
	1.83	"	0.76	"	"	"	0			
	1.75	0.91	0.76	0.68	0.61	0.46				
	1.68	"	"	"		0.38				
	1.60	"	"	"		"				
	1.52	"	"	"		0.23				
	1.45	0.91	0.76	0.68	0.53	0				
	1.37	"	"	"	0.46					
	1.30	"	"	"	0.38					
	1.22	"	"	0.61	"					
	1.14	0.91	0.76	0.61						
	1.07	"	0.68	0.53						
	0.99	"	"	0.46						
	0.91	0.84	0.61	0.30						
	0.84	0.84	0.53	0						
	0.76	0.76	0.38							
	0.68	0.61	0.15							
	0.61	0.63	0							
	0.53	0.38								
	0.46	0								
	0.38									
	0.30									

根据图 4 之危区曲线得出的。

表 1 的用法，今以例说明之，假定欲防护之危险机件的所在高度为 1.37 米，则从表 1 最左纵行上找到该值，然后向右横着看表值，这样所得诸表值如 0.91 米，0.76 米，0.68 米和 0.46 米四个值，即为各值所在纵行顶之数字所指明的防护挡板高度为 1.22 米、1.37 米、1.52 米和 1.68 米，该防护挡板应与危险机件之最小距离。图 4 亦同样用法。

这时应注意以下两点：

1) 若防护挡板紧挨着危险机件布置的话，则应考虑防护挡板上是否有任何孔口，如果有的话，这就变成了图 2e 所示之情况，其讨论见后。2) 防护挡板与危险机件距离的正确量法，首先找出危险机件与危区曲线的交点。然后从所得交点向防护挡板所在平面作垂线。该垂距就是防护挡板与危险机件的距离(见图 5 之 X_A 、 X_B 、 X_C)。所以，这个距离并不一定就是危险机件与防护挡板之最近距离，如图 4 中之

危险机件所在高度

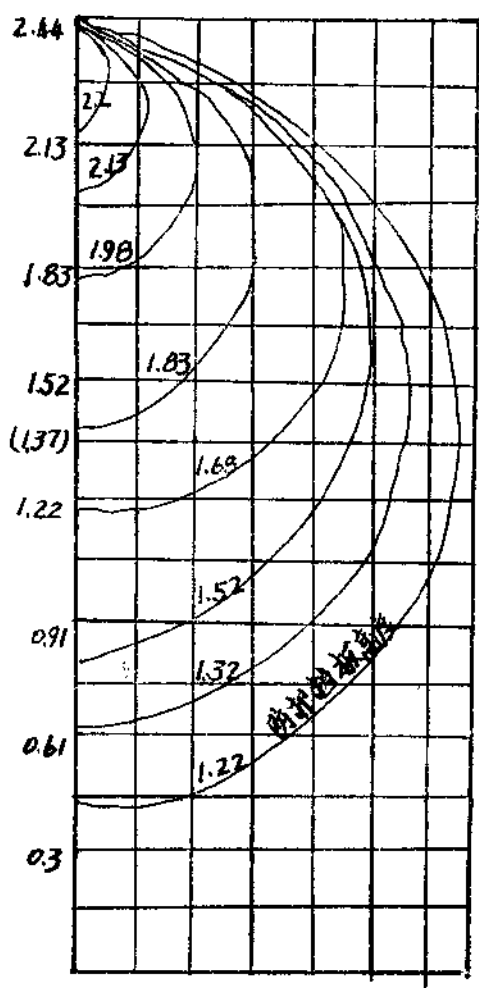


图 4 危区范围

X_a 、 X_b 。相应地， Y_A 、 Y_B 和 Y_C 是危险机件所在的高度。

3. 伸手入容器动作情况之危区 (图 2a)

伸手入容器动作情况之危区实际上和将手伸过挡板顶部动作情