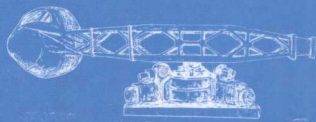
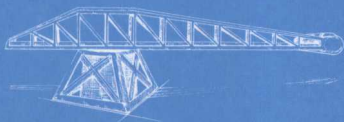
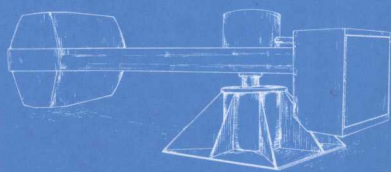
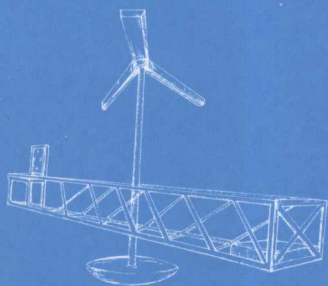


# 载人离心机及其应用

Human Centrifuge and Its Application

陆惠良 主编



国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>

87.974  
279

# 载人离心机及其应用

## Human Centrifuge and Its Application

陆惠良 主编

国防工业出版社

·北京·

## 内 容 简 介

本书系统地介绍了国内、外载人离心机的发展历史、概况及主要结构与性能,以及载人离心机在加速度生理学研究、飞行员抗荷装备研制和飞行人员高加速度训练中的应用和未来发展的方向。本书内容比较丰富,既有作者长期的信息积累,又有载人离心机性能、结构和使用过程中的实际经验,可供航空军医、航空医学工程技术人员及研究人员阅读参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

载人离心机及其应用/陆惠良主编. —北京:国防工业出版社,2004.9

ISBN 7-118-03563-7

I.载... II.陆... III.人驾驶离心机 IV.V44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 073091 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 850×1168 1/32 印张 8½ 218 千字

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月北京第 1 次印刷

印数:1—2000 册 定价:33.00 元

---

(本书如有印装错误,我社负责调换)

主编 陆惠良

编者 陆惠良 刘 森 钟方虎

吴 铨 陈炎琰

**庆祝空军航空医学研究所  
成立五十周年！**

## 序

载人离心机诞生至今已有 200 多年的历史了。在飞机发明前的 100 多年里,载人离心机用来治疗疾病和娱乐,只是在近 100 年里,载人离心机才成为航空航天医学的大型地面模拟设备。

载人离心机从结构到功能差别很大。从动力方面看,有人工的、液压的、电动的。从旋臂结构看,最短的 1.5m,最长的 18m,有的只有横梁,有的横梁外面有外壳。从质量看,轻的几吨,最重的达 360t。有的有万向接头、计算机程序控制、吊舱视景系统,而有些则没有。有的增长率达 6G/s 甚至 10G/s,而有的仅达 3G/s 或 1G/s。无论何种形式,其主要用途只有三个方面,即用于加速度生理学研究、飞行人员抗荷装备的研制、飞行人员以及航天员的高 G 训练。

当今,世界上至少有 50 台载人离心机在运行,而且还在不断地新建。一般说来,第二次世界大战以前建造的载人离心机现在均已废弃不用,而第二次世界大战以后建造的则大部分还在使用,不过都进行了多次改造升级。

我国解放前的航空医学十分落后,载人离心机更是一个空白点。解放后,我国航空医学得到迅速发展,建国至今已建造了 6 台载人离心机。20 世纪 50 年代,军事医学科学院在北京建造了我国第一台载人离心机(现已拆除)。后来,航天医学工程研究所先后在北京建造了 2 台载人离心机用于航天员的训练。1965 年,航空医学研究所自行设计建造了一台臂长 5m 的载人离心机并于 1970 年正式启用,为我国飞行人员耐力的研究、抗荷装备的研制以及高 G 训练与选拔作出了重要贡献。近年来,为适应我空军的

发展,航空医学研究所又从奥地利引进了一台先进的载人离心机,预计 2004 年可以安装完毕,投入使用。这对我国航空医学,尤其对加速度生理学的研究是一个很大的促进。

本书比较详细地介绍了载人离心机的发展史与现状、结构与功能及在加速度生理学研究、飞行人员抗荷装备研制以及飞行人员高 G 训练方面的应用,可供我国航空航天医学界的同仁们参考。

空军航空医学研究所所长

卢志平

# 前 言

在未来高技术战争中,空军不仅首当其冲,而且会在整个战争中全程使用,作用举足轻重。空军的战斗力由人和武器系统两部分组成,前者主要是飞行人员。飞行人员的勇敢精神、训练水平和飞行耐力等又决定着战斗力的高低。

从航空医学的观点看,飞行人员在飞行中因加速度引起的意识丧失(G-LOC)、空间定向障碍和飞行疲劳不仅是飞行事故的三大杀手,也是部队战斗力降低的重要因素。

为了提高飞行人员的加速度耐力,目前世界各国空军主要采取三方面的措施以适应高性能战斗机在空战中出现的高加速度环境:一是选拔加速度耐力良好的候选人进入航校学习,剔除加速度耐力差的人进入飞行人员队伍;二是研制或改进性能良好的抗荷装备(包括抗荷服和后倾座椅);三是进行载人离心机高加速度生理训练,学会有效的抗荷收紧动作。这三项措施综合使用,可以使飞行人员的加速度耐力达到 $9G$  45s。

在飞行人员的选拔和淘汰、抗荷装备的研制和改进以及高加速度生理训练中,载人离心机都是不可缺少的大型实验研究设备。有无载人离心机和载人离心机性能的高低已经成为衡量一个国家军事航空医学研究水平的重要标志之一。因此,对世界各国载人离心机进行综合性的研究是一件很有意义的事情。

《载人离心机及其应用》一书的编写得到空军航空医学研究所领导的大力支持和关心,在出版经费上也给予了鼎力资助,使此书在短短半年时间内比较顺利地完成了,我们在此深表感谢。

在编写过程中,本书作者之一陈炎琰同志付出了辛勤的劳动。



由于她对航空医学研究工作的热爱和工作的认真负责,牺牲了不少假日和休息时间,做了大量事务性工作,保证了此书的按时完成,在此对她表示衷心感谢。

由于编写时间匆忙,不妥之处望大家指正。

陆惠良

2004年4月

# 目 录

第一章 载人离心机的发展史	1
一、萌芽时期(1795—1903)	1
二、初创时期(1903—1964)	5
三、发展时期(1964—1984)	14
四、成熟时期(1984—1998)	16
五、优化时期(1998 年至今)	18
参考文献	21
第二章 各国现役载人离心机	23
一、概况	23
二、37 台载人离心机的主要性能	25
三、11 台离心机介绍	30
参考文献	54
第三章 载人离心机的基本性能与结构	55
一、载人离心机的基本性能要求	55
二、载人离心机的基本结构	69
参考文献	138
第四章 加速度生理学研究	140
一、G-LOC 的研究	140
二、G 耐力的研究	148
三、其他	155
参考文献	172
第五章 高加速度生理训练	174
一、训练目的	176

二、训练设备 .....	181
三、训练方法 .....	183
四、效益分析 .....	191
五、各国空军训练简介 .....	193
六、心律不齐现象 .....	219
七、偶发事件举例 .....	229
参考文献 .....	236
<b>第六章 载人离心机动态飞行模拟应用的发展</b> .....	<b>238</b>
一、载人离心机动态飞行模拟的发展内容 .....	238
二、动态飞行模拟对载人离心机的设备要求 .....	241
三、载人离心机动态飞行模拟的构成 .....	246
四、载人离心机动态飞行模拟的实现 .....	249
五、载人离心机动态飞行模拟的未来发展 .....	256
六、结束语 .....	258
参考文献 .....	259

# 第一章 载人离心机的发展史

载人离心机已有 200 多年的发展史,我们大致可以将这 200 多年分成前 100 年和后 100 年两个大的时期。

在 1903 年以前的 100 多年里,载人离心机的建造可以说与航空毫不相干,主要是为了治疗疾病和娱乐,但有些学者也开始利用载人离心机从事加速度生理学的研究。这个时期的载人离心机结构比较简单,数量也很少。

1903 年飞机问世以后,载人离心机才逐渐成为航空医学的研究工具,此后其发展水平基本上与战斗机的发展水平平行。尤其是 20 世纪 80 年代后期出现像 F-15、F-16、幻影-2000 等第三代作战飞机以后,飞行员在做空战动作时频频发生空中意识丧失,有的甚至造成机毁人亡事故而引起各国空军的高度重视。此后,高性能战斗机飞行员的高 G 训练逐渐成为常规,这为载人离心机的发展带来了极好的机遇,迎来了载人离心机发展的黄金时代。在 20 世纪 80 年代和 90 年代,仅美国 ETC(环境技术)公司就建造了 8 台主要用于飞行人员高 G 训练的载人离心机。

为了满足新战斗机飞行员抗荷装备的研制和高 G 训练的要求,载人离心机还在不断地发展。为便于研究,我们将载人离心机的发展史划分为以下五个时期。

## 一、萌芽时期(1795—1903)

1795 年,一位名叫詹姆士·瓦特(James Watt)的工程师突发奇想,设计了人类历史上的第一台载人离心机,实际上这是一种用人

力转动的“旋转床”，结构很简单，当初设想用来治疗失眠症、心脏病以及去热退烧。遗憾的是图纸设计完了以后并未付诸生产，如图 1-1。

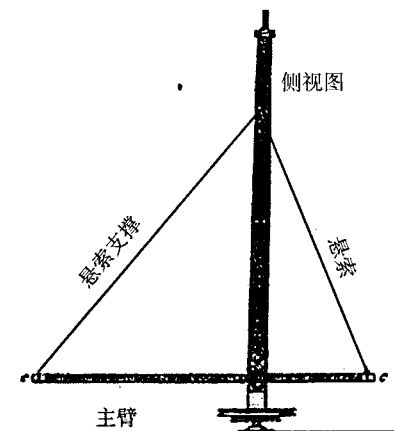


图 1-1 詹姆士·瓦特设计的旋转床

同年，另一位名叫伊拉斯马斯·达文(Erasmus Darwin)的人也建造了一台载人离心机首次用来诱导病人入睡。这台离心机能产生几秒至几分钟的加速度，病人像躺在磨盘上一样，“磨盘”不断地转动。他深信，这种治疗方法可以使血流聚集在脑部，压缩脑组织。

德国柏林的慈善医院也建造了一台载人离心机，直径达 4m，可以产生  $5G$  (转速  $45m/s$ )，也可以产生  $-G_z$  的作用，主要用于治疗精神病，如图 1-2。他们认为，患者坐在离心机上，受到  $-G_z$  的作用后，可以增加头部的血流量，改善脑组织的血液循环，使脑细胞增加氧气供应，因此达到治疗精神病的目的。1795 年至 1850 年间，这种治疗方法曾在欧洲风行一时。许多医生自己作为被试者在离心机上进行生理试验。在这些加速度生理学研究中，他们得到了有关加速度对呼吸、心率和血液在全身重新分布的知识，他们利用这些知识来治疗各种循环系统的疾病。但实践证明，用这种

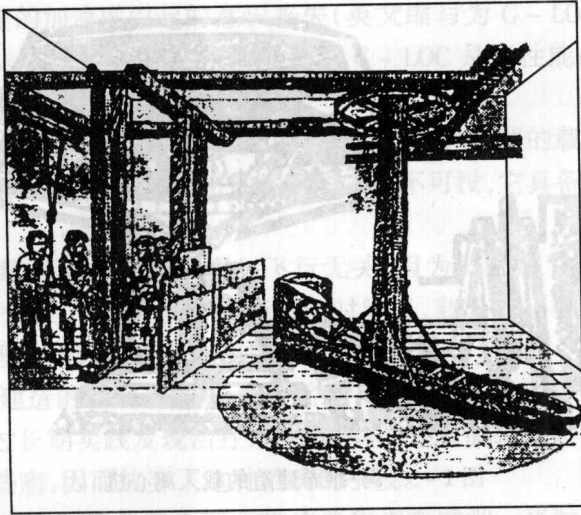


图 1-2 德国慈善医院的载人离心机

载人离心机来治疗精神病、心脏病、失眠和发烧并没有什么疗效，只不过是医生们的异想天开而已，于是热闹了一阵子以后便也就销声匿迹了<sup>[1]</sup>。

1873年，法国巴黎法兰西学院的马里(E. J. Marey)教授建造了一台旋转机，用它来观察鸟类的飞行。他的一位学生萨拉切(Salathe)后来将这台机器改装成为可研究动物加速度生理的动物离心机。恰好在这个时间，奥地利物理学家欧姆斯特·马切(Ernst Mach)推论出重力等于离心力，萨拉切是第一位将它用在心血管系统研究工作中的生理学家。在动物离心机上，他可以复制出血液停滞的现象。

1898年，冯·维希(F. R. Von Weusch)博士建造了一台直径3.3m的载人离心机，专门用于人体试验，如图1-3。据当时的试验记录，一位被试者在头部受到 $-3G_z$ 作用(离心机转速50r/min)，15min后就昏昏沉沉像喝醉了酒似的<sup>[2]</sup>。

1903年，也就是莱特兄弟在Kitty Hawk第一次试飞他们飞机的那一年，英国人哈拉姆·马克西姆(Hiram Maxim)爵士建造了一

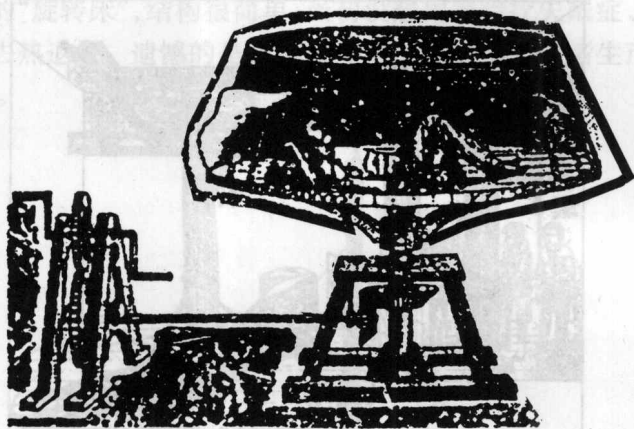


图 1-3 冯·维希建造的载人离心机

台取名为“可控飞行器”的载人离心机,如图 1-4。当时世博会刚好在英国伦敦举办,各国游客蜂拥而至,这台载人离心机成了众多展品中的一个亮点。许多游客出于好奇,都想爬上这台机器体验一下加速度的滋味,因此生意十分红火。据说这台载人离心机的主管工程师寿斯通(A. P. Thurston)博士是第一个在离心机上做试验的。当离心机的加速度达到  $6.87G$  时,他丧失了意识;当加速度下降到  $3G$  时,他才如梦初醒恢复了意识。这是世界上第一例

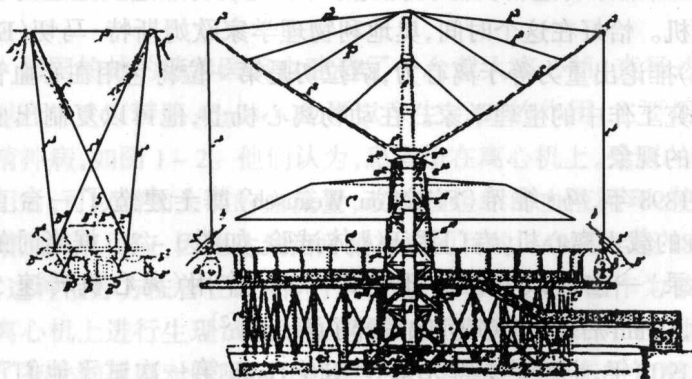


图 1-4 英国的可控飞行器

有据可查的加速度引起的意识丧失(英文缩写为 G - LOC, G - induced loss of consciousness)<sup>[3,4]</sup>。现在 G - LOC 是高性能战斗机最令人关注的一个安全问题。

这一时期的载人离心机为以后用作飞行模拟器的载人离心机奠定了基础,在载人离心机的发展史上功不可没,它具备了以下几个特点:

① 载人离心机的出现与飞行无关,因为飞机是 1903 年才发明的,即使在 1903 年以后相当长的时间里,载人离心机仍然作为普通生理学和医学研究的工具。

② 建造的主要目的是为了治病,后期也有用来作娱乐游戏的。经过长期实践发现治疗效果并不佳,还有其他更好的方法来治疗这些病,因而放弃了这种治病的手段。

③ 这个时期的载人离心机主要集中在欧洲。当时的欧洲是世界上经济最发达、科技最先进的地方,许多医学界的先驱敢想敢干,富于创新精神。载人离心机就是他们的创造发明之一。

④ 从上面 4 幅图可见,这些载人离心机的结构都比较简单,开始的时候用人力驱动,后来才逐渐使用电动机作动力,但已具备了转动轴、旋臂、吊舱等基本部件。

⑤ 大多数载人离心机由于为了治病,使血液集中到人体的头部,因此人体受到的是负加速度( $-G_z$ )。后来用于游乐的“可控飞行器”则使游玩者受到正加速度的作用( $+G_z$ )。

载人离心机的这一发展时期十分漫长,几乎长达一个世纪。

## 二、初创时期(1903—1964)

第一次世界大战期间,军事航空业得到了飞速发展,各国都组建了自己的航空兵部队,空中优势成了军事家们的重要战略之一,欧洲上空几乎天天发生激烈的空战。在 4 年零 3 个月的战争中,各国生产了 20 多万架军用飞机。令人惊讶的是,各参战国因飞行



事故损失的飞机和伤亡的飞行员竟比空战中的损失高出 3 倍,其中有些事故是由于飞行员俯冲拉起时加速度引起的意识丧失造成的,这引起了军方和航空医学专家们的注意。从 1918 年开始,人类才在真正意义上把载人离心机作为航空医学的研究工具。

第二次世界大战极大地促进了航空医学的发展,西方国家和苏联建造了许多载人离心机用于加速度生理学的研究和抗荷装备的研制。

1918 年,法国的布洛卡(A. Broca)和加松(P. Garsaux)2 位博士利用 6m 直径的离心机做了一些动物试验,他们提出在速度 320km/h 时飞行员可以拉到 5.5G ~ 9G,这时候就可能造成事故。他们选择用狗做试验动物,因为狗的大小比较接近于人。他们认为,把体积看成是一个重要因素是非常正确的,因为体积涉及到器官的压缩和尺寸问题,涉及到相似形的基本概念。

他们用狗在 20G、30G、40G 和 98G 时作用 5min,仅仅在 98G 时狗才会死亡。有一条狗在 80G 时作用 2min 仍然活下来了。在为 98G 死亡的狗尸检时发现腹部明显充血。这一发现促使他们提出一项建议,即使用腹带作支撑,这也许是抗荷服最初的设想吧。

根据这些研究,他们得出结论:人在飞行中的死亡并非因离心力的作用,人的死亡与“神经反应降低”有关,这可能间接涉及到了 G-LOC。他们提议应在离心机上进行人体试验来进一步研究这些现象。1926 年,加松博士想用他的一台新的离心机进行加速度研究,这台离心机原本设计是用来做飞机机翼试验的,它直径 54 英尺(16.3m),但做 G 耐力试验力不从心,因为它的 G 值不会超过 2.5G。

19 世纪 20 年代,在美国参加各种飞行比赛的飞行员按惯例都报告有黑视和意识丧失,这促进了对加速度进行全面生理学的研究工作。当时因为没有载人离心机,这些早期的试验都是在飞机上完成的。

1931 年,法国人费莱姆(Flamme)在法国西点的航空技术研究所里用一台臂长 8m 的低加速度离心机进行人体试验,开创了人