

“十三五”国家重点出版物出版规划项目



载人航天出版工程

总主编：周建平

总策划：邓宁丰

 Springer

空间救援

——确保载人航天飞行的安全

Space Rescue

Ensuring the Safety of Manned Spaceflight

[英] 戴维·J·谢勒 (David J. Shayler) 编著

曹晓勇 译



中国宇航出版社

“十三五”国家重点出版物出版规划项目



国家出版基金项目

载人航天出版工程

总主编：周建平

总策划：邓宁丰

空间救援

——确保载人航天飞行的安全

Space Rescue

Ensuring the Safety of Manned Spaceflight

[英]戴维·J·谢勒 (David J. Shayler)

曹晓勇



中国宇航出版社

·北京·

Translation from the English language edition;
Space Rescue, Ensuring the Safety of Manned Spaceflight by David J. Shayler
Copyright © Praxis Publishing Ltd, Chichester, UK, 2009
Praxis Publishing Ltd. is a part of Springer Science+Business Media
All Rights Reserved

本书中文简体字版由著作权人授权中国宇航出版社独家出版发行,未经出版者书面许可,不得以任何方式抄袭、复制或节录本书中的任何部分。
著作权合同登记号:图字:01-2013-4858号

版权所有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

空间救援:确保载人航天飞行的安全/(英)戴维·J.谢勒(David J. Shayler)著;曹晓勇译.--北京:中国宇航出版社,2017.8

书名原文:Space Rescue:Ensuring the Safety of Manned Spaceflight

ISBN 978-7-5159-1148-9

I. ①空… II. ①戴… ②曹… III. ①载人航天—救援 IV. ①V445

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第171811号

责任编辑 马航

封面设计 宇星文化

出版发行 **中国宇航出版社**

社址 北京市阜成路8号
(010)60286808

邮编 100830
(010)68768548

网址 www.caphbook.com

经销 新华书店

发行部 (010)60286888
(010)60286887

(010)68371900
(010)60286804(传真)

零售店 读者服务部
(010)68371105

承印 北京画中国印刷有限公司

版次 2017年8月第1版

2017年8月第1次印刷

规格 880×1230

开本 1/32

印张 14

字数 444千字

书号 ISBN 978-7-5159-1148-9

定价 128.00元

本书如有印装质量问题,可与发行部联系调换

《载人航天出版工程》总序

中国载人航天工程自1992年立项以来，已经走过了20多年的发展历程。经过载人航天工程全体研制人员的锐意创新、刻苦攻关、顽强拼搏，共发射了10艘神舟飞船和1个目标飞行器，完成了从无人飞行到载人飞行、从一人一天到多人多天、从舱内实验到出舱活动、从自动交会对接到人控交会对接、从单船飞行到组合体飞行等一系列技术跨越，拥有了可靠的载人天地往返运输的能力，实现了中华民族的千年飞天梦想，使中国成为世界上第三个独立掌握载人航天技术的国家。我国载人航天工程作为高科技领域最具代表性的科技实践活动之一，承载了中国人民期盼国家富强、民族复兴的伟大梦想，彰显了中华民族探索未知世界、发现科学真理的不懈追求，体现了不畏艰辛、大力协同的精神风貌。航天梦是中国梦的重要组成部分，载人航天事业的成就，充分展示了伟大的中国道路、中国精神、中国力量，坚定了全国各族人民实现中华民族伟大复兴中国梦的决心和信心。

载人航天工程是十分复杂的大系统工程，既有赖于国家的整体科学技术发展水平，也起到了影响、促进和推动着科学技术进步的重要作用。载人航天技术的发展，涉及系统工程管理，自动控制技术，计算机技术，动力技术，材料和结构技术，环控生保技术，通信、遥感及测控技术，以及天文学、物理学、化学、生命科学、力学、地球科学和空间科学等诸多科学技术领域。在我国综合国力不断增强的今天，载人航天工程对促进中国科学技术的发展起到了积极的推动作用，是中国建设创新型国家的标志性工程之一。

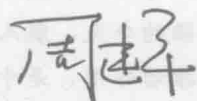
我国航天事业已经进入了承前启后、继往开来、加速发展的关键时期。我国载人航天工程已经完成了三步走战略的第一步和第二

步第一阶段的研制和飞行任务，突破了载人天地往返、空间出舱和空间交会对接技术，建立了比较完善的载人航天研发技术体系，形成了完整配套的研制、生产、试验能力。现在，我们正在进行空间站工程的研制工作。2020年前后，我国将建造由20吨级舱段为基本模块构成的空间站，这将使我国载人航天工程进入一个新的发展阶段。建造具有中国特色和时代特征的中国空间站，和平开发和利用太空，为人类文明发展和进步做出新的贡献，是我们航天人肩负的责任和历史使命。要实现这一宏伟目标，无论是在科学技术方面，还是在工程组织方面，都对我们提出了新的挑战。

以图书为代表的文献资料既是载人航天工程的经验总结，也是后续任务研发的重要支撑。为了顺利实施这项国家重大科技工程，实现我国载人航天三步走的战略目标，我们必须充分总结实践成果，并充分借鉴国际同行的经验，形成具有系统性、前瞻性和实用性的，具有中国特色的理论与实践相结合的载人航天工程知识文献体系。

《载人航天出版工程》的编辑和出版就是要致力于建设这样的知识文献体系。书目的选择是在广泛听取参与我国载人航天工程的各专业领域的专家意见和建议的基础上确定的，其中专著内容涉及我国载人航天科研生产的最新技术成果，译著源于世界著名的出版机构，力图反映载人航天工程相关技术领域的当前水平和发展方向。

《载人航天出版工程》凝结了国内外载人航天专家学者的智慧和成果，具有较强的工程实用性和技术前瞻性，既可作为从事载人航天工程科研、生产、试验工作的参考用书，亦可供相关专业领域人员学习借鉴。期望这套丛书有助于载人航天工程的顺利实施，有利于中国航天事业的进一步发展，有益于航天科技领域的人才培养，为促进航天科技发展、建设创新型国家做出贡献。



2013年10月

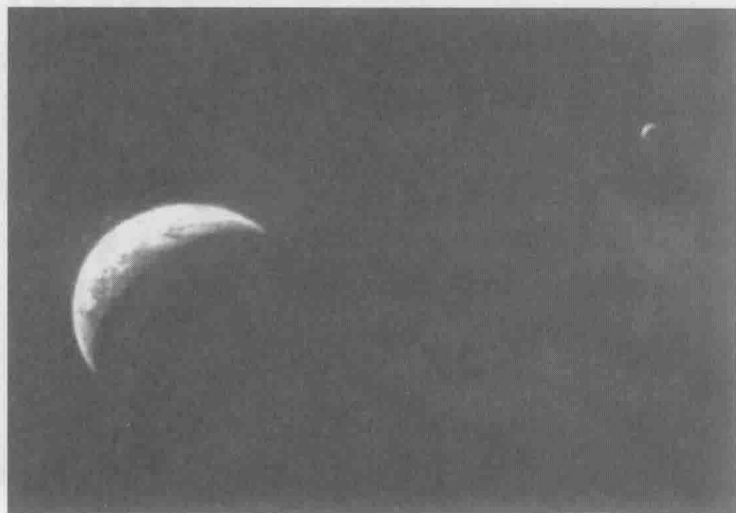
谨以此书

献给那些找到了确保航天员飞行安全方法的人们，

献给系统设计师和程序设计师，

献给训练团队、安全团队、控制人员和航天员。

因为他们拥有奉献精神 and 坚定信念：即使任务出现差错，也有时间和设备来解决问题，保证航天员的安全。



地月系统

致 谢

本书根据近 40 年间收集的资料和文献编撰而成，是对这些资料和文献的浓缩，是对早期航天事故和灾难文献以及本人其他作品的补充，也是对本书结尾参考书目中列出的实践出版社（Praxis）航天科学系列丛书的扩展。

如果没有相关人员和机构对本人工作的持续支持和协助，本书就无法完成。非常感谢我的同事：科林·伯吉斯（Colin Burgess），迈克尔·卡萨特（Michael Cassutt），约翰·查尔斯（John Charles），菲尔·克拉克（Phil Clark），雷克斯·霍尔（Rex Hall），戴维·哈兰德（David Harland），布赖恩·哈维（Brian Harvey），巴特·亨德里克斯（Bart Hendrickx），戈登·胡珀（Gordon Hooper），詹姆斯·奥伯格（James Oberg），安迪·萨尔门（Andy Salmon），阿西夫·西迪奇（Asif Siddiqi），伯特·维斯（Bert Vis）和安迪·威尔逊（Andy Wilson）。感谢罗伯特·埃德加（Robert Edgar）在 20 世纪 70 年代对本书提供的早期研究指导，感谢蒂姆·弗尼斯（Tim Furniss）的帮助。

特别感谢马克·韦德（Mark Wade）和他的在线参考网站“航天员大百科”（Encyclopaedia Astronautix），感谢位于伦敦的英国行星际协会的职员和他们提供的资源。

此外，要感谢美国国家航空航天局、欧洲空间局和俄罗斯航天局的公共事务部的帮助，同时还要感谢许多期刊，包括《航空周刊与航天技术》（*Aviation Week and Space Technology*）、《国际飞行》（*Flight International*）和美国国家航空航天局约翰逊航天中心出版

的文集。

我必须向美国和俄罗斯的航天员前辈们献上真诚的感谢，他们让我们更加深入地了解了他们的职业生涯，包括生存培训、飞行准备和多年飞行任务的经历。特别感谢参与过天空实验室和航天飞机任务的前航天员保罗·J·维兹（Paul J. Weitz）为本书作序。

我要感谢我的家人，谢谢他们在本书编写过程中对我的帮助、支持和鼓励，使得这本书的写作要比之前的书容易得多。再次感谢我的兄弟麦克（Mike），他完成了本书的初期编辑工作。

我要感谢实践出版社的克莱夫·霍伍德（Clive Horwood）和施普林格出版社（Springer-Verlag）的团队，他们一直支持我的工作，感谢吉姆·威尔基（Jim Wilkie）一直为我的著作设计封面。谢谢尼尔·沙特伍德（Neil Shuttlewood）和发起人出版社（Originator）的员工，感谢他们对本书进行了编辑和排版。

航天事业是团队合作的事业，写书出版也是如此，尽管封面上只出现一个作者名字，但其背后也是团队工作。作家的生存方式实际上是要把自己初期的草稿转化为最终出版的书，这个过程需要依靠幕后团队的支持，这与太空探险家不仅需要值得信任的设备和程序，还需要地面支持团队的指导，才能克服困难，脱离困境如出一辙。

在这次漫长、艰难和令人沮丧的旅途行将结束时，我要再次感谢我的支持团队。

特别感谢我的妈妈吉恩·谢勒（Jean Shayler）女士，她即将80岁了，她一直是我的坚强后盾，支持我每一项工作。谢谢妈妈，我爱你！

作者序

20世纪60年代末，美国和苏联都想成为第一个将人类送上月球的国家。那时，我也迷上了媒体所谓的“月球竞赛”。1969年，当我深入了解了阿波罗和联盟号任务之后，发现美苏双方在取得一定成功的背后也发生了许多悲剧。1967年1月，阿波罗1号在发射台起火，导致3名美国航天员丧生；3个月后，苏联联盟1号在着陆时返回舱中唯一一名航天员丧生。至今我还清楚地记得学校举行纪念阿波罗1号航天员的仪式，我也记得1970年阿波罗13号飞行任务几乎失败后次日的报道，我还记得次年3名航天员完成首次空间站任务后乘坐联盟11号返回时丧生的报道。当载人航天面临这些挫折时，新闻媒体报道了有关载人航天未来发展的细节问题，许多媒体还推出了专刊，探索在未来任务中如何营救受困于故障航天器中的航天员。

最近，我在本地一家电影院观看了1969年的故事片《蓝烟火》(Marooned)，改编自马丁·凯丁(Martin Caidin)1964年出版的书籍。影片中描述了美国航天员受困于地球轨道后，人们必须采取救援行动营救航天员的故事，在营救过程中，苏联也提供了一定的帮助。1970年圣诞节，我收到了一本名为《空间每日镜书》(Daily Mirror Book of Space)的书，其中有一章名为“如果……那将会怎样？”，专门研究以阿波罗13号为背景的未来空间救援前景。我从中了解了以往载人航天器逃生系统和紧急着陆的训练细节，以及用于营救天空实验室上的航天员的飞行器的研究前景，从而对航天员在不利环境中的逃生方法越来越感兴趣。

多年来，我收集了有关各类逃生系统的材料，以及无法使用逃

生系统的航天事故真实实例。这些研究成果也促成本系列丛书之一的《载人航天飞行中的事故与灾难》(Disasters and Accidents in Manned Spaceflight)一书于2000年出版。由于篇幅限制,许多内容都没有包含进来,包括航天员可使用的各种逃生方法,以及专为受困航天员开发的各种逃生和救援系统与程序。其中有许多计划从未付诸实践,有些则已经应用了数十年,还有些则是由于多起事件连续发生的速度太快,根本就无法使用。

假如事先已经知道无法安全返回地球,那么任何航天员都不愿去执行飞行任务。尽管如此,大部分乘坐火箭进入太空执行任务的航天员都很清楚自己将要面临的风险和危险。或许对那些航天飞行生涯不长或经过充分训练的人来说,风险和威胁并不是很明显,但是大部分航天员都相信任务能够成功,并且可以安全返回地球。航天员都很清楚,哪些安全和救援系统可以使用,但是他们都不希望训练内容变成现实,并依靠紧急程序完成逃生。

本书讲述了航天事故的另外一面:载人航天的救援与安全,包括在发射台上、发射期间、空间飞行和返回地球等阶段。除挑战者号和哥伦比亚号有生动鲜明且悲惨的照片记录以外,载人航天历史上还写满了其他无数的事故:阿波罗1号、联盟1号和联盟11号、1966年接近失败的双子座8号、阿波罗13号、1975年聪明号发射失败、1983年聪明号紧急中断发射。针对意外情况下使用救援系统的紧急训练和防备仍将是载人空间探索中的重要内容。随着我们的探索目的地向深空延伸,快速返回地球的救援路线图或许并不是最好或者最安全的方式。对未来的太空探险家来说,救援系统可以令人安心,但是真正用起来则是另外一回事了。

戴维·J·谢勒

航天信息服务公司 (www.astroinfoservice.co.uk) 主任

英国西米德兰兹郡, 黑尔斯欧文

2008年夏

保罗·J·维兹序

人类具有天生的探索欲望——去看一看山的那一边、河的那一侧有什么，或是距离我们最近的行星之外有什么。正如《人工重力和翘曲航行——企业号飞船上的生活真好》（*Artificial Gravity and Warp Drive—Life is Good on the Starship Enterprise*）一书中皮卡德（Picard）舰长所说的“大胆地探索别人没去过的地方”。我坚信我们会坚持这样做。因此，在航天器设计中仍应强调航天员的安全性。



保罗·J·维兹

任何航天器设计的主要目标都是取得任务成功，这要求进行一定的冗余设计，采取一定的自动防故障措施。当航天器还需要搭乘航天员时，相关的生命保障要求将使问题复杂化，不但使设计更复杂，对系统安全性的要求也更高。部分功能尽管非常可取，但是会带来其他许多问题。例如具有完全功能的航天员逃生舱，其本质上就是航天器内部的一个子航天器，但是由于其质量较大，因此对设计、试验和检验的要求更加苛刻。

在阿波罗任务和天空实验室任务期间，我们在华盛顿州东南部进行了沙漠生存训练，在巴拿马进行了丛林生存训练。我们也在水下指令舱中练习了紧急逃生程序。1983年执行STS-6任务时，我们穿的是飞行服，而不是增压服。因此，我们的应急程序仅限于成功着陆后，从侧舱门或顶舱门出舱。当然，在挑战者号事故之后，增压服重新得到使用，航天员也必须训练使用伸缩杆进行跳伞。



维兹在监控天空实验室的阿波罗望远镜控制台

作为航天员和管理人员，我发现保证安全的最好办法是在航天器和地面保障系统的设计中融入最高的可靠性，这样采取逃生和救

援行动的概率就会最低。但是，地球上和空间中的任何旅行都无法保证 100% 的安全和人员生还。因此，我们面临的挑战就是要设计尽可能接近 100% 安全的航天器。

保罗·J·维兹^①

美国海军上校，已退役

1966—1994 年任美国国家航空航天局航天员

1973 年任天空实验室 2 号驾驶员

1983 年任 STS-6 指令长

^① 保罗·维兹于 1966 年通过选拔参加阿波罗计划，在 1970 年阿波罗 20 号取消之前一直是指令舱航天员的第一候选人。后来加入天空实验室任务，1973 年飞向空间站，完成了为期 28 天的任务，并且于 1983 年挑战者号的首次飞行（OV-099）任务中担任指令长。此后曾在美国国家航空航天局担任多个管理职位，直到 1994 年退休。

前 言

受困于太空并且没有营救的希望，不仅是太空探险者的噩梦，对地面控制人员、管理人员、行政人员以及航天员的家人来说也是如此。尽管没人希望发生这种惨剧，但是这一一直是科幻小说的主题。事实上，故事片中常见的飞机题材将逐渐扩展到科幻领域，救援希望渺茫或根本不存在获救机会的受困航天员成为主角。引人入胜的故事之所以能够吸引观众是因为其结局总是不太圆满。从标志性的书籍和电影例如1968年的《2001：空间奥德赛》（2001: A Space Odyssey），以及近期描述载人登陆火星的电影，救援场景通常都是其中不可缺少的情节。

空间救援同样是小说的永恒主题，马丁·凯丁于1964年出版的《蓝烟火》（Marooned）就是一部具有里程碑意义的作品，书中讲述了营救受困于地球轨道的航天员的故事。1963年，小说初稿完成，正值水星号和东方号任务期间，双子座号和联盟号执行飞行任务之前。因此，对作者来说，技术准确性非常重要。1964年，小说的电影版权出售，历经5年的拍摄，电影版的《蓝烟火》问世。其中的剧本和故事情节有所更新，增加了阿波罗飞船和一名航天员（代号为铁人1号）访问轨道工作室（后来命名为天空实验室）的情节。在太空中度过数周的时间后，航天员按计划将要返回地球，但是飞船的主发动机无法点火，同时飞船上的氧气量也越来越少，地面人员与时间赛跑，发射救援飞船，实施救援行动。影片中苏联人也参与进来，专门发射了搭载一名航天员的联盟号飞船，试图营救受困的美国航天员。铁人1号和营救航天员的故事是整书的主线，其中

还讲述了长期太空飞行给航天员带来的紧张和压力、国际合作以及严酷的空间环境等方面的问题。影片上映第2年，阿波罗13号事件就登上了报纸的头条，空间救援问题成为现实。具有讽刺意味的是，1973年，天空实验室在执行飞行任务期间，指令服务舱2号推力器出现故障，当时几乎就要发射救援飞船。当然，最终这次任务并不需要实施救援行动，航天员在空间飞行59天后安全返回地球。

1981年哥伦比亚号航天飞机首次发射前夕，戴维·C·昂利(David C. Onley)就STS-1任务写了一本书，名为《航天飞机：令人震惊的空间灾难故事》(*Shuttle: A Shattering Novel of Disaster in Space*)。现代技术在这本书中依然是主题。书中的哥伦比亚号航天飞机计划由名为约克郡的有人驾驶超声速喷气式运输机从空中发射。这个方案最初也是实际建议的航天飞机发射方式之一，利用大型返回式助推器将轨道器送入太空，随后返回。由于技术难题和成本问题，最初的设计方案有所改动，由一对固体火箭助推器和一个外贮箱代替了返回式推进器。但是在昂利的书中，这个最初的设计方案成为导致航天事故、潜在的灾难和有希望的救援行动的原因。约克郡助推器出现重大故障，唯一的解决办法就是哥伦比亚号携带故障推力器进入太空。随后，书中讲述了如何发射另一架航天飞机，并营救两名受困航天员的故事。

两年后，一部由李·梅杰斯(Lee Majors) [因出演《六百万美元先生》(*Six Million Dollar Man*)而闻名] 出演的电影也讲述了超声速飞机受困于太空、利用航天飞机实施救援的故事。影片名为《星际巡航号：不能着陆的飞机》(*Starflight: The Plane that Couldn't Land*) (影片中飞船名为星际巡航1号)，“参演”的航天飞机同样名为哥伦比亚号。

在这部影片中，星际巡航号首次超声速飞行是从洛杉矶飞往澳大利亚悉尼，花了2个小时的时间。发射之后，星际巡航号撞上了运载火箭的碎片，该火箭在运载通信卫星时发生故障并爆炸，碎片遗留在超声速飞机的航线上。由于无法清除碎片，超声速飞机的燃

烧冲压喷气发动机发生故障，导致引擎无法关闭，而星际巡航号飞行方向也偏离了预定轨道。随着燃料一点点消耗，飞机困在轨道中。地面人员发射了哥伦比亚号，对航天员实施救援。两次航天飞机发射之间的周转时间较短，有可能在数小时内发射多个轨道器实施救援，但是必须赶在大气阻力将超声速飞机高度拉低、并导致最终被摧毁之前。因此，可以采用由一个轨道器作为保护、飞机跟在其后的方案，利用空气阻力和跳跃式再入，最终实现安全着陆。

3年后，真实的挑战者号航天飞机失事。具有讽刺意味的是，哥伦比亚号在《星际巡航》中担任配角的20年后，真实的哥伦比亚号航天飞机在STS-107任务中也失事了。尽管此次任务过后，人们利用亚特兰蒂斯号作为模型，对救援方案进行了研究，但是其中许多假设的救援任务还是让我们联想起了1981年小说和1983年电影中的情节。

20世纪60年代中期，美国提出了许多空间援救概念，马丁公司的（美国）国家轨道救援服务（National Orbital Rescue Service, NORS）概念就是其中之一。1965年，马丁公司建议NORS应立即着手，以分阶段的方式实施，带头建议的是前美国退伍军人协会指挥官——咨询师厄尔·科克（Earl Cocke）。马丁公司建议，项目开发时间为10年，预计每年预算为5000万美元（以1965年美元价值计算），其中包括一个临时性救援系统，在常规系统处于开发中时服役。这份建议首先递交给国家航空航天委员会，然后再转给时任国防部长的塞勒斯·万斯（Cyrus Vance），以便总统审阅。NASA局长詹姆斯·韦伯（James Webb）当时认为，尽管未来任务中应当考虑空间救援问题，但是开发一个实用的空间救援系统为时尚早（Welsh, 1965; Vance, 1965）。

在给总统特别助理比尔·莫耶斯（Bill Moyers）的简报中，塞勒斯·万斯称，就马丁公司的建议而言，如果美国空军的载人轨道实验室项目按当时计划进度进行，那么航天员的安全性就要比早先的任务高得多。双子星座号飞船可作为“空间救生艇”，在选择优先

的高轨和着陆序列之前有大约 6 h 的在轨运行能力。此外，载人轨道实验室拥有与双子星座号和阿波罗号相同的设计冗余，而且经过了大量的质量检验，并且在飞行的各个阶段都设置了航天员异常中止模式。

对于单独的空间救援服务来说（即与基础飞行硬件相分离），只有具备了快速发射能力时才有价值。此外，还必须在不确定条件下确保交会对接顺利完成，救援航天器的可靠性要比被救援航天器的可靠性高。这些技术在双子星座号、阿波罗号和载人轨道实验室任务中都已开发，但是在实际验证之前，单独的空间救援项目都不存在合理且真实的目标。

塞勒斯·万斯还称：“未来某天，我们的航天员有可能困在轨道中。而航天员也很有可能因此牺牲，尽管采取放任不管的处理方式的可能性比较小，但国家在航天项目中必须预见到生命的损失。在我们的运载火箭发展历史中已经牺牲了多条生命。如果说，要我们的航天历史上没有牺牲，那么就是对民众撒谎。”

很明显，只要载人航天项目的能力和水平发展的速度足够快，那么未来就一定会发展空间救援计划，而且国防部将在常规行动以及救援行动中发挥更大的作用。人们过去已经对商业航空和商业航海的救援行动进行了比较。航空和航海领域都采用了各种实际预防措施以降低灾难发生的概率，并且确保无论何处发生重大事故，都具备有效且可行的救援设施营救乘客。针对每一次载人航天任务，美国国防部在全球各地都部署了大量的飞机和舰艇，这就是典型的救援行动。万斯还提出，（当时的）水下救援仅能达到 400 ft（1 ft = 0.304 8 m）的深度，与广袤的海洋相比，这个区域只占很小的比例，如果在这个深度以外发生事故，那么将和受困于太空的情况相似，难以实施救援。

塞勒斯·万斯称，在当时，并没有发现专门研究面向独立的空间救援服务有何好处，但是他也承认，航天员安全一直以来都是极其重要的，而且在军事项目中，航天员安全和其他危险的飞机试验