

2025年底,随着最后一批航天员顺利走出重庆武隆的一处天然洞穴,航天员洞穴训练圆满完成。

这是我国首次组织航天员洞穴训练。28名航天员分为4组,在一个平均温度只有8摄氏度、湿度高达99%的天然洞穴中驻留了6天5夜。其间,他们完成了环境监测、洞穴测绘、模拟天地沟通、团队心理行为训练等10余项科目。洞穴训练为后续航天员执行空间站更长时间飞行以及载人登月等任务提供了有力支持。

训练成功组织的背后,是中国航天员科研训练中心航天员选拔训练团队近10年路访7省市、行程超过2万公里的艰辛探索。这些“探洞先锋”以敢为人先、甘当人梯的担当,在鲜有人迹的原始洞穴,为航天员铺就了通往太空的练兵之路。

如何从众多洞穴中寻找最适合航天员训练的那一个?如何为航天员设计科学、合理的洞穴训练科目?本期,“科技前沿”为您带来我国首次航天员洞穴训练背后的故事。

我国首次航天员洞穴训练背后的故事

■本报特约记者 占 康

特别关注

2万多公里的探洞之旅,每一步都充满艰辛

提到洞穴,很多人或许会想到影视作品常常出现的场景,那里结构复杂、幽暗封闭、暗流涌动,是主角克服内心恐惧、挑战自我的地方。对于航天员来说,他们也需要在洞穴中实现自我挑战。

洞穴与太空极端条件有相似之处,都有着隔离、幽闭、物资受限等特征。开展洞穴训练,能有效增强航天员心理韧性,对航天员长期在轨飞行和执行载人登月任务有着重要作用。

很多年前,洞穴训练已经是国际空间站航天员的训练项目之一。彼时,我国在该领域尚无成熟经验。面对这一航天员极端环境训练的重要课题,中国航天员科研训练中心航天员选拔训练团队决定攻关突破。“什么样的洞穴更贴近太空极端环境对人的挑战?”“如何兼顾训练挑战性与安全性?”……场地标准、科目设计全部都要从零摸索,挑战接踵而至。

从2016年开始,一支数十人的团队开启了跨越多省的寻洞历程:北京房山的岩溶洞、贵州遵义的野山洞、广西桂林的地下河洞……他们路访7省市,累计行程超过2万公里。勘察的备选洞穴中,许多是人迹罕至的原始区域。

初期勘察时,考察团队没有经验。“一次探洞,我们低估了难度,没带专业头盔和保护绳,仅靠手电筒照明就进洞了。”航天员教员赵阳回忆说,那是一个野洞,两个巨大的洞厅间仅有一个极小的缝隙可以爬行。完成勘察返回时,因光线昏暗与视觉偏差,团队在满是岩石的洞厅中迷了路。

手电筒光照逐渐减弱,大家心里不由有些发怵。危急时刻,团队冷静决策,让一名女队员在高处接应,赵阳与另一名队员沿着洞壁一点点摸索。两小时后,他们终于找到了出口缝隙,安全脱险。此后,考察团队对这项训练更加敬畏,也充分意识到了安全的重要性。

2万多公里的探洞之旅,每一步都充满艰辛。在寻找适合航天员训练洞穴的过程中,由于走了太多路,有的队员运动鞋的鞋底脱落,只能用鞋带绑着鞋底走完剩下的路。有时从洞里出



在我国首次航天员洞穴训练期间,航天员还同步开展了丛林训练。丛林训练的内容是在野外从林复杂环境下,开展救生物品使用、丛林生存技能等训练。训练目的是使受训航天员熟悉丛林环境和生存特点,进一步掌握从林生存的基本知识和技能,从而提高野外恶劣环境下的生存能力,锤炼坚忍不拔、吃苦耐劳的意志品质,以及团队密切协作战胜困难的能力。

图①:2025年12月,我国首次开展航天员洞穴训练。图为洞穴训练主营地。

图②:2025年12月,我国航天员开展丛林训练。

图片由航天员科研训练中心提供



扫描二维码
观看航天员丛林训练视频

人恢复通信,有人寻找安全区域,最终成功完成既定任务。

在地下深处的黑暗里,为航天员开辟“第三训练空间”

2016年,航天员叶光富首次参加并完成国际洞穴训练。2025年,他作为我国首次航天员洞穴训练的指挥之一,参加了预训练。“与我在欧洲参加的洞穴训练相比,我们的洞穴训练有自己的特色和创新。”叶光富说。

我国首次航天员洞穴训练,是在借鉴欧洲洞穴训练的基础上,结合我国载人航天工程发展需要而设计的。其核心理念是结合载人登月任务需求,将月球地质科考能力培养、前沿科学实验与洞穴训练深度融合,构建起独具特色的“训研一体”新模式,推动整个训练体系更加完善、更有前瞻性。

洞穴训练就是要将参训者暴露在环境压力中,在安全可控的前提下,环境压力越大,训练效果越好。在确保安全底线的基础上,尽量提高训练难度。

“极限距离测试”是一个极具代表性的抗压测试科目。只身一人在黑暗通道中行进,寂静、黑暗与压抑的环境会催生各种恐惧念头,多数人行进的极限距离仅30米。“我们通过心理状态跟踪测评,研究类似太空极端环境中人的心理变化规律,从而提升未来太空飞行中航天员的心理韧性。”教员江源说。

叶光富告诉记者,此次洞穴训练,洞内保障团队减少了对队员工作的干预,更多发挥他们的工作自主性,从而进一步激发团队与个人的任务潜能。同时,保障团队采用了先进的音视频通信技术以及无线通信技术,任务中可以通过画面监测到洞内人员的活动情况,增强了洞内外的通信保障能力和对洞内参训人员的安全保障水平。

中国航天员科研训练中心牵头与当地有关部门及专业搜救队伍组建多单位联合工作组,抽调精干力量,采取现场保障和远程技术支持相结合的协同模式,确保训练集效高效。

“除了地面和水下之外,我们在地下深处的黑暗里,为航天员开辟了‘第三训练空间’。”中国航天员科研训练中心航天员选拔训练团队负责人王焰磊说。这支“探洞先锋”团队用无畏、坚持与创新,在黑暗的洞穴中凿开了一束光。这束光,承载着每一名航天人的汗水与梦想,照亮飞天勇士们迈向更遥远的太空之路。

来后,队员们的腿上青一块、紫一块,满是磕碰的痕迹。

历经波折,考察团队终于在2024年选择了重庆武隆区一处地质稳定且环境与太空契合的洞穴,作为最终的地下训练场。

航天员要闯的险,我们先闯;航天员要走的路,我们先探

每一项训练,航天员教员都是第一

批受训者。“航天员要闯的险,我们先闯;航天员要走的路,我们先探。”这是他们的共识。

2025年5月,为验证训练方案的安全性与可行性,6名教员组成预训练团队,携带生活装备与科研设备进入洞穴,开展了为期6天5夜的“一比一”预训练。

洞穴内的挑战远超预期。狭窄崎岖的洞道,让物资转运与人员行动变得极为困难。夜晚,洞穴内的低温与潮湿持续侵蚀着肌肤,教员江源感到心跳加快、喘不上气。她下意识打开帐篷透透气,帐篷外的黑暗瞬间吞噬了她。“那一刻,旁边帐篷里队友的

呼噜声给了我安全感,让我逐渐平静下来。”她说。

洞穴中,常有一些极为狭窄的通道,探险者们称之为“狗洞”。一次训练前,探洞专家对洞穴中的一处“狗洞”评估后直言:“你们6个人里最多3个人能过,其余3个人的体型绝对过不去。”

队员们没有放弃,决定按体型从小到大的顺序逐一通过。他们卸下背包和绳索,身体紧紧贴住坚硬的洞壁,头侧向一边,像蚯蚓一样在狭小的通道中缓慢蠕动。通道长达9米,他们的脸颊蹭着凹凸不平的地面,每蠕动一寸都伴随着身体的压痛感。当团队最后一名队员从“狗洞”另一端出来

时,大家忍不住相拥欢呼。队员们脸上满是泥浆,衣服被岩石划破,却没有一人掉队。

预训练进行到第4天,考验再次升级。那天,洞外突降大雨,洞内面临雨水漫灌风险;测氧仪报警声不断加快,洞内氧浓度持续升高;洞内外通信突然中断……多重危机让训练岌岌可危。训练决策组将是否中止训练的选择权交到每位教员手中。

“我要继续训练!”为了这个训练,团队已经准备了多年,不能因为我们中途出洞而付之东流!年轻教员沈柏霖率先表明态度。队员们讨论后决定继续训练,他们迅速分工,有人监测氧浓度,有

对话中国航天员科研训练中心有关专家——

我国航天员训练体系不断创新发展的

■本报特约记者 占 康

我国首次航天员洞穴训练日前在重庆武隆的一处天然洞穴圆满完成。洞穴如何选定?此次训练效果如何……日前,记者采访了中国航天员科研训练中心有关专家。

问:我国组织首次航天员洞穴训练的目的是什么?在完善航天员训练体系上,具有怎样的意义?

答:我们从后续载人航天任务实际需求出发,考虑到洞穴与太空极端环境的相似性,比如隔离、幽闭、黑暗、物资受限等,组织开展了首次航天员洞穴训练。在洞穴这样的极端环境中,按照太空飞行工作模式,组织航天员完成既定的洞穴探索、科学研究、物资管理、生活保障等任务,从而提升航天员的危险应对能力、自主工作能力、团队协作能力、应急决策能力、科学考察能力、身体耐受能力和极端环境心理韧性,为未来航天员执行空间站更长时间飞行以及载人登月等任务提供强有力的支持。同时,洞穴训练对航天员来说也是一次综合性的考核。

我国首次航天员洞穴训练是在借鉴国外洞穴训练的基础上,结合我国

载人航天工程发展需要而设计的一门综合性训练课程,具有我们自己的特色,也创新丰富了我国航天员选拔训练体系。

问:洞穴是如何选定的,在此期间遇到什么样的困难挑战?

答:从2016年开始,我们的考察团队跋山涉水,先后奔赴广西、贵州、湖南、安徽、重庆等7个省市,对十几个洞穴进行了细致而深入的考察。这一过程充满挑战和危险:遭遇落石、洞内灌水等。这些经历不仅考验着我们的毅力,也让我们深刻认识到选择一个合适洞穴的重要性。

我们选择洞穴,既要洞内内部环

境有足够的挑战性,让航天员真实感受到压力和风险,确保达到训练目的。同时,我们还要保证洞内环境的安全性,要考虑地质结构稳定、氧浓度安全、水源等基本生存环境安全。我们持续监测洞穴环境,并组织国内专业机构权威专家进行研讨论证。

另外,航天员在洞内工作生活6天,需要大量物资和设备。在狭窄陡峭、崎岖幽长的洞道内,如何将物资和设备转运进洞,并将样本、样品以及生活垃圾转运出洞,这是我们面临的另一个挑战。

经过多次实地考察、反复评估和综合考量,我们最终选定重庆市武隆

区的一处洞穴作为较为理想的训练场地。

洞穴的一处洞口附近有个天坑,我们就把洞内主营地设置在离天坑不远处。我们设计用无人机把物资先吊运到天坑,再搬进洞内,大大减少了人力消耗和安全风险,提高了组训效率。

问:此次洞穴训练已完成,训练成果是否达到预期目标?

答:训练达到了预期目的。对于航天员而言,他们收获很大,充分挖掘了个人潜能,应对复杂困难环境的能力有了进一步提升,不同年龄段、不同类别的队员之间得到了很好的融合;对于教

员而言,积累了组织实施这类大型外场训练的经验。除此之外,我们还结合训练围绕人与环境的相互作用开展了7项科学研究,获取了大量样本和宝贵数据,后续将进一步分析研究。

问:这次是我国首次组织航天员洞穴训练,以后会不会定期训练?未来会不会考虑邀请国外航天员参加洞穴训练?

答:从这次训练看,效果是很显著的。未来,我们将结合洞穴训练,开展载人深空探测技术的研发验证,如机器人探索技术、人机合作技术等,继续组织未参训航天员及未来新加入的航天员开展洞穴训练。

航天探索是全人类的共同事业,我

们愿将洞穴训练打造为开放包容的国际航天交流平台,诚挚欢迎国外航天机构参与我国洞穴训练。

问:针对近几年任务实际需要,航天员训练有哪些创新和特色?

答:我们根据载人航天发展任务新需求,突出航天员能力培养,优化完善航天员训练体系。立足科学高效训练导向,不断拓展训练项目与内容,持续研发新的训练方法和技术;在出舱活动在轨训练中加入了混合现实训练设备,在地面训练中研发了视动矛盾跑台训练技术、视觉频闪训练技术、深空极限心理耐受能力训练系统等,并积极推动人工智能技术在航天员训练中的应用研究,以更全面、更高效地锻炼提高航天员执行更长时间飞行和更深远探索任务的能力。

此外,我们充分发挥了飞天经验的航天员传帮带作用。通过专项培训、严格考核和资格认证,选拔一批经验丰富、能力过硬的航天员担任飞行教官,承担部分航天员训练授课工作,将太空飞行中的实践经验、应急处置技巧与个人感悟,融入理论教学与实操指导,推动训练质量和水平持续提升。