

为载人航天探路 ——纪念我国载狗生物火箭成功发射 40 周年

2006年是中国航天事业开始 50 周年, 也是我国成功发射载狗生物火箭 40 周年. 我国的航天事业在 20 世纪 50 年代起步, 经历了艰难曲折的发展历程, 取得了辉煌的成就. 在实现载人航天的探索中, 通过探空火箭或人造卫星将动物运载进入高空进行各种生物学试验是一个重要的阶段, 对安全和成功的载人飞行具有重要意义. 我国在 1966 年 7 月 15 日和 28 日先后 2 次成功发射并回收了载有小狗的生物探空火箭 T-7A(S2), 2 只小狗, 小豹和珊珊, 作为探路先锋, 分别乘坐火箭飞上了 70 公里的高空, 成功完成了首批动物探空实验, 这是我国科学家为了解上天的条件对生物的影响、检验上天的生命支持系统的可靠性所迈出的第一步, 是我国生物探空和宇宙生物学事业发展过程中一个值得纪念的事件.

1 我国生物探空的起步和 20 世纪 60 年代描绘的发展蓝图

1956 年, 我国编制了十二年科学技术发展远景规划, 要发展尖端技术, 酝酿着两弹一星. 同年成立了我国第一个火箭导弹研制机构——国防部第五研究院. 1958 年, 中国科学院在尖端科学技术方面, 以原子能利用和人造卫星上天的研究为重点. 中央书记处同意中国科学院搞人造地球卫星. 中国科学院把卫星研制任务定为中国科学院 1958 年头号重点任务, 代号“581”, 为此, 成立了“581 组”, 并相应成立了三个设计院.

新建立的中国科学院生物物理研究所, 在发展新兴边缘学科、从事基础研究的同时, 也配合国家任务, 开始了放射生物学研究和宇宙生物学研究.

“581 组”成立了生物小组(动物实验小组), 由中国科学院生物物理研究所(实验生物研究所)负责, 中国科学院生理研究所、军事医学科学院、航空医学研究所等单位参加. 经过训练的狗佩戴了用于测量血压、呼吸等生理指标的传感器, 参加了 1958 年 10 月中国科学院自然科学跃进成果展览

会, 在尖端技术馆展出. 毛泽东等党和国家领导人参观了展览.

1965 年 4 月中央专门委员会批准在 1970~1971 年间发射中国第一颗人造卫星的报告. 卫星本体研制任务由中国科学院负责. 代号为 651 任务. 5 月 31 日科学院正式成立了各有关任务组, 651 生物组由生物物理研究所贝时璋所长负责. 1966 年 5 月, 中国科学院召开了卫星系列规划论证预备会, 规划了若干系列应用卫星, 生物卫星叫“跃进”号. 贝时璋主持了我国第一个生物卫星规划的论证. 规划内容包含了有关载人飞船的内容. 1966 年初, 中央专门委员会委托军事医学科学院副院长蔡翘、中国科学院生物物理研究所所长贝时璋、中国医学科学院副院长沈其震三位专家起草宇宙飞船的有关规划. 1966 年 2 月, 编制出“载人宇宙航行规划医学生物学部分”, 由三位专家签署上报. 规划中提出要建立一个宇宙医学的研究中心.

1968 年, 国家抽调生物物理研究所一百余人的宇宙生物学研究技术队伍, 和军事医学科学院、中国医学科学院等单位有关人员组建了航天医学工程研究所. 该研究所后来成为我国的航天员选拔、训练和有关研究的中心.

2 生物探空火箭计划和早期的宇宙生物学研究

1959 年, 根据我国的国力, 中国科学院停止研制大型运载火箭和人造卫星, 把工作重点转移到研制探空火箭上来, 开展高空探测活动. 1963 年中国科学院上海机电设计院制造的 T-7A 气象火箭发射成功. 生物物理研究所不失时机地制定了利用我国已有的 T-7A 改进型火箭将动物和生物样品送入高空进行试验的“生物探空火箭计划”.

1961 年, 根据中国科学院新技术局指示, 在国家探空任务中, 有关宇宙生物学部分的工作由生物物理研究所承担. 宇宙生物研究室在“五定”(定方向、定任务、定编制等)中提出, 要“在最近几

年(1962~1965年)主要完成动物能够进入宇宙空间飞行的地面模拟试验和保证其生命安全等措施的研究.在这以后的期间(1965~1968年)主要完成人能够进入宇宙空间飞行所必需的地面模拟实验和保证人的生命安全措施等问题的研究.”后来,在1963年“三定”中,将关于人的研究方向调整为“根据需要和可能以及全国分工情况,再考虑是否开展以人为对象的研究工作.”

在1961年“五定”中,宇宙生物研究室设立了以下六个研究组:即宇宙力学组、低压供氧温度组、宇宙辐射组、工程技术组、动物训练及挑选组和生化化验组.后来又增加了形态组(组织解剖学与组织化学)和飞行综合效应组.按照以任务带学科,将基础与应用相结合、生物学与工程技术相结合的方针,围绕生物探空火箭任务,开展宇宙生物学研究.

生物物理研究所从1963年起与中国科学院上海机电设计院(后更名为第七机械工业部第八设计院)合作,准备利用T-7A火箭将大、小白鼠和狗与多种生物样品送入高空进行试验.

生物火箭的设计、制造、发射由上海机电设计院承担;生物学实验、生理信号测量等由生物物理研究所承担.

生物物理研究所进行了对于动物(狗、大白鼠)的选拔与训练,涉及:体重,尺寸,外观;行为;健康指标,如心、肺功能、体液生化指标等;高级神经活动类型;飞行物理因素(加速度、振动、噪声、高温、低压、缺氧等)的训练和生物舱小环境的适应性训练.心理学研究所参与了工作.

生物物理研究所开展了宇宙生物学方面的早期基础研究,包括:横加速度对大白鼠心率、呼吸、血象的影响;振动对大白鼠心率、呼吸的影响;噪音对大白鼠心率、呼吸的影响及姿态观察;低气压对大白鼠心率、呼吸、脑电的影响;大白鼠在20~50℃环境中的心率、呼吸、体温变化及致死时间;化学吸收剂吸收性能的测定以及小型密闭容器的再生循环模拟实验.这些研究为火箭设计提供了所需的生物依据和数据.例如:利用离心机来进行的试验表明,超重对体位为头尾向或尾头向的动物血液动力学的影响较大,而胸背向的方向承受超重,影响就小得多.经过挑选大部分狗能耐受横加速度10g,作用时间5min.根据减压试验的结果,建议在不供氧的条件下,动物舱内的气压须维持在0.8atm(相当于海拔2000m的气压),最低不低于

0.7atm(相当于海拔3000m的气压).

上海机电设计院按照生物物理研究所提供的要求与数据,在“T-7A”火箭主发动机与助推器的基础上,重新设计了箭头,包括:箭尖、密封生物舱上段、密封生物舱下段、遥测舱与回收舱等五段结构,成为“T-7A(S1)”生物试验火箭.箭体总长10.81m,起飞总重1165kg,飞行高度可达60~70km.

生物物理研究所与上海机电设计院一起进行发射前的地面联合模拟测试,考核了密封生物舱、生命保障系统、摄影系统、心电遥测数据获取系统以及安全返回救生装置等工程设计的合理性与可靠性,发现与解决了生物舱的振动和电磁干扰问题,从而确保了获取高空心电图数据的质量.

3 生物探空火箭发射成功及其意义

在国防科学技术委员会和中国科学院的大力支持和领导下,经过中国科学院生物物理研究所和上海机电设计院的共同努力以及兄弟单位的协助,1964年7月19日,成功发射和回收了中国第一枚生物火箭(T-7A(S1)型).飞行高度为70km.1965年6月1日和5日,又相继成功地发射和回收了2枚T-7A(S1)型生物火箭.火箭头部的密封生物舱内载有4只大白鼠、4只小白鼠和多种生物样品试管.试管中分别放有:果蝇、须霉、细胞、大肠杆菌、青霉菌、溶菌酶、噬菌体、核糖核酸和脱氧核糖核酸酶、胰蛋白酶结晶、胃蛋白酶结晶和葡萄糖氧化酶等.飞行中遥测了大白鼠的心电;摄影机记录了自由活动大白鼠从超重状态过渡到失重状态以及失重期间的姿态变化.回收后研究:大白鼠血液理化分析;空间辐射对大白鼠的影响;对小白鼠各组织器官的影响;对大、小白鼠和果蝇遗传的影响;观察须霉及其他生物样品,分析高空环境对生物的影响.此外还考核密封生物舱、生物生命保障系统、摄影、测量系统及安全返回救生装置等工程设计的合理性和可靠性.

宇宙生物研究室在完成任务的准备中,逐渐建成重力生理、密闭生态、辐射遗传、生化与化验、形态、飞行综合效应、动物训练及选拔等研究组和技术组、设备组.为适应形势和任务的发展,1965年,宇宙生物研究室发展成为三个研究室.第六研究室,进行宇宙生物学实验研究(包括特殊环境对生物的影响,生命保障等课题);第七研究室,负责实验动物的培育、保健与选拔训练工作;

第八研究室为总体室,从事生物火箭及未来研究的整体规划设想、协调、对外联系等.到 1966 年,已经形成了多种专业互相配合的一百余人的队伍.

为进一步准备人的空间飞行,在重复进行大白鼠试验的同时,又积极准备了狗的飞行试验.载狗生物火箭飞行试验目的在于观察 70 公里火箭飞行综合因素对狗等动物的影响,为“和平一号”生物火箭试验(载猴)积累资料与经验,为将来人进行宇宙飞行做必要的基础准备.1966 年 7 月 15 日和 28 日,又成功地发射和回收了 2 枚专门为小狗上天设计的 T-7A(S2)型生物探空火箭,记录了狗的心电、血压、呼吸和体温,连续拍摄了狗在超重、失重、再超重情况下的行为变化.有条件反射实验装置,可以观察在失重条件下狗的高级神经活动的反应.

T-7A(S2)生物火箭两次发射,在火箭箭头的生物舱内分别乘载一只小狗,4 只大白鼠与 12 只生物样品试管.在狗的头部有条件反射装置,狗的尾部有粪便收容器,舱内还有在飞行中 10 min 连续拍摄狗行为反应的摄影系统、生命保障系统以及大白鼠箱等.生命保障系统在火箭起飞前 5 min 开始工作,整个工作时间约 1 h,当生物舱返回着陆后能自动打开 3 个通风窗与外界通气. T-7A(S2)飞行高度 70 km,飞行时间约 25 min,部分失重与失重的时间共计 2.2 min.生物舱采用开放式供氧,舱压 1atm,舱温 24℃,CO₂ 浓度不大于 1%.返回时,生物舱准确到达预定着陆地区的上空,在距离发射场 40 公里的山区安全着陆.圆满地结束了整个飞行试验.

对飞行实验动物和生物样品分别进行了生理、生化、细菌、免疫、遗传、组织化学、细胞及亚细胞水平形态学的生物医学研究.通过飞行试验,获得了我国首批生物空间飞行的可贵资料.此外,还

进行了:无线电电子学研究和工程技术研究,研制和应用了特殊条件下生物遥测装置中的传感器、放大器等,为工程设计提供有关生物参数,设计了舱内动物专用的特殊定位装置.

美国的宇宙生物学研究始于 1947~1948 年,但早期生物火箭回收大都失败,直到 1951~1952 年才实现了空蜂Ⅱ和空蜂Ⅲ的成功回收,其飞行高度为 71 km.我国五发火箭都成功地发射和回收,实验研究内容多,飞行高度 70 km,与美、苏相比,当时差距仅为 13 年左右.

通过生物火箭飞行实践及地面模拟实验研究,对今后的宇宙医学问题进行了探讨,积累了科学数据,试验了生物遥测系统装置,研究发现了一些实际问题,目的均是为进一步配合更复杂的火箭或轨道飞行做准备.随着火箭及控制技术的发展和为进一步实现人的轨道飞行进行了先期探索. T-7A(S2)生物火箭试验的成功,不仅起到向“和平一号”生物探空火箭过渡的桥梁作用,也使中国在生物火箭领域跨上了一个新的台阶,特别是通过实际任务培养了一批专业人才,以任务带学科并向着载人航天迈出了重要的一步.生物火箭的初步实验,为我们了解航天飞行条件对人类健康的可能影响,以及进一步规划载人宇宙航行提供了有价值的资料.

在紧张准备 T-7A(S2)发射的同时,生物物理研究所与八院(原上海机电设计院)还开展了“和平一号”生物火箭方案的论证与落实.准备将退役的东风 2 号导弹,改装成为更大的生物火箭——“和平一号”.垂直发射高度将可达到 280 km,生物舱容量扩大为 1 m³,可以乘载一只猴、两只小狗以及多种生物样品.当时计划 1968 年在酒泉发射,并且在发射场选定了生物试验室的地址.



生物火箭升空



小狗小豹安全返回后出舱

4 动物实验的必要性和重要作用

1961与1962年,苏、美相继将人送入地球轨道,此前,他们都进行了多年一系列的高空生物火箭试验(包括发射狗、猴、及黑猩猩等动物),这些试验对于初期载人航天的安全是必不可少的。目前,虽然已经实现了载人航天,但是,由于非损伤性指标的限制,不可能在人体进行深入的研究,以动物为实验对象则可以进行损伤性测量和解剖动物进行组织、器官的形态学和生物化学等研究,并且还可

以选择生命周期短的动物进行遗传特性实验。此外,某些航天因素,如长期失重、高能重粒子辐射等,在地面尚无法模拟,还必须在实际飞行中应用动物进行实验。正是这些因素决定了空间载动物实验研究在今天仍然有着强烈的必要性和重要性。至今,俄罗斯仍然在不断地进行生物卫星实验。在载人航天进一步发展的今天,特别是在长期深空飞行进行太空探索的计划中,动物飞行试验必然继续发挥重要作用。

(中国科学院生物物理研究所史小组)