第一章　圆飞天梦想，展神箭风采

2003 年 10 月 15 日 9 时整，中国酒泉卫星发射中心，随着运载火箭发动机震天动地的轰鸣声，神箭——CZ－2F “遥五”运载火箭 （Y－5）腾空而起，稳稳地将载有中国第一位航天员杨利伟的神舟五号飞船送入太空，遨游九天。翌日晨，6 时 23 分，杨利伟安全返回。载人航天首次飞行的圆满成功，实现了炎黄子孙数千年飞天梦想，标志着中国成为世界上第三个独立掌握载人航天技术的国家。中国航天发展史揭开了新的、更辉煌的一页。此时此刻，每一位华夏儿女无不为之欢欣鼓舞，每一位中国航天人无不备感骄傲和自豪。

一、任务的由来

自古以来，中华民族就向往飞向太空，遨游宇宙。嫦娥奔月的美丽神话、敦煌石窟的仕女飞天壁画、唐明皇夜游月宫的动人传说、万户飞天的千古壮举无不寄托着华夏子孙的飞天梦想。在漫长的岁月里，对浩瀚无垠的宇宙，中华民族一直有着神秘的遐想和探索的期望。直到 20 世纪 80 年代中期，中国运载火箭技术跻身世界先进行列，尤其是 90 年代初，大推力捆绑火箭登台亮相之后，中华古国数千年飞天梦想的实现，才渐渐变得清晰可见了。

当代载人航天事业起步于 20 世纪 60 年代。1961 年 4 月 12 日，苏联航天员加加林驾驶人类第一艘载人飞船东方号，绕地球一圈并安全返回，揭开了人类进入宇宙空间的新纪元。1969 年 7 月 21 日，美国航天员阿姆斯特朗和奥尔德林乘坐阿波罗 11 号登月飞船，踏上月球，实现了人类登上月球的壮举。 1971 年 4 月，苏联发射了第一个空间站——礼炮号空间站。1981 年 4 月，美国第一架航天飞机哥伦比亚号首次成功飞行等。截至 2003 年 10 月 14 日,苏联／俄罗斯和美国已先后进行了 240 次载人航天飞行，飞天人次达到 951 人次。人类进军宇宙取得了辉煌的成果。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

探索宇宙、开发空间资源是当今世界各先进发达国家十分关注的领域。西方发达国家把宇宙空间视为增强综合国力的宝地，把夺取空间优势作为国家综合国力的体现，作为国家航天事业的首要任务。印度和巴西等第三世界国家，也不惜投入巨资发展本国的航天事业。竞争是激烈的，因为发展航天事业既可以提升国家综合国力、带动科技产业的发展，又是大国构筑陆海空天现代国防战略的需要。

20 世纪 50 年代中到 70 年代初，当新中国的经济和科技还处于相对落后、国家百业待兴之际，以毛泽东主席为核心的党的第一代领导集体，高瞻远瞩、坚定不移地领导中国人民，发扬中华民族的大无畏精神，自力更生，艰苦奋斗，群策群力，集智攻关，夺得了“两弹一星”的伟大胜利，创造了非凡的人间奇迹，大壮了国威，大振了民心。这是确立我国大国地位的基石。

改革开放以来，在邓小平理论指引下，中国经济迅速发展，面貌日新月异，科技长足上进，航天事业跻身世界先进行列。举世瞩目的成就，大大地巩固和提高了我国的国际地位，并为进一步发展载人航天事业奠定了牢固的基础。

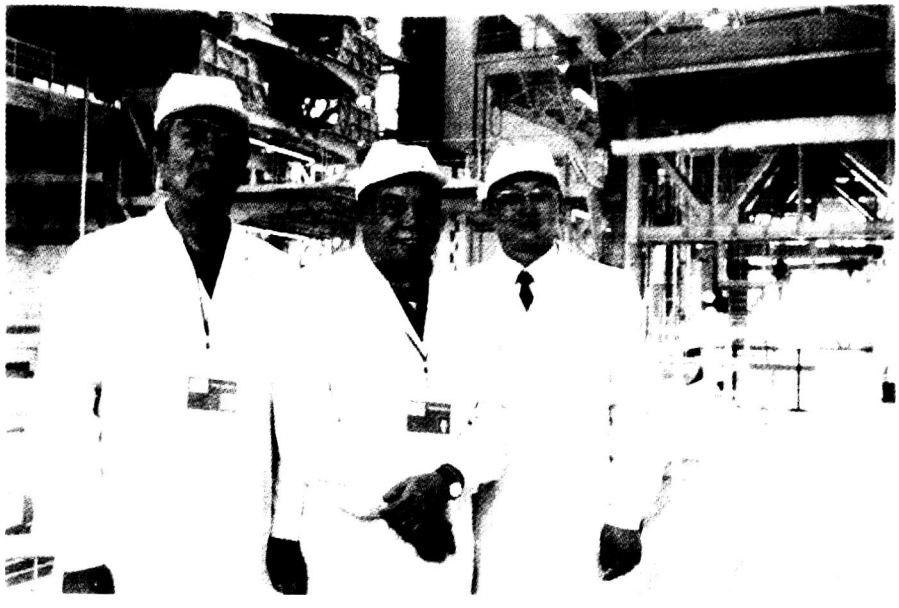
为了缩短与美俄在航天技术领域的差距，加快我国航天事业的发展步伐，党中央、国务院于 1986 年审议并批准了《高技术研究发展计划纲要》，简称“863计划”，其中将大型运载火箭、天地往返运输系统、载人空间系统及应用列为面向 21 世纪国家航天事业发展的重要内容。

1992 年 1 月 8 日，中央专委召开会议，专门研究发展我国载人航天问题。会议听取了航空航天部高级技术顾问任新民代表航空航天部提出的《关于我国载人飞船工程立项的建议》，一致认为“从政治、经济、科技、军事等诸多方面考虑，立即发展我国载人航天是必要的”，“我国发展载人航天，要从载人飞船起步。”会议要求有关部门进一步搞好技术和经济可行性论证。

1992 年 8 月 1 日，中央专委再次听取载人飞船工程技术经济可行性论证工作汇报。会议认为，发展我国的载人航天事业，对于增强我国的综合国力和国防实力、促进科技进步、培养和壮大科技队伍、提高国家威望、增强民族的自豪感和凝聚力等具有十分重要的意义。会议原则同意工程总体技术方案，并确定了我国发展载人航天“三步走”的战略构想。

1992 年 9 月 21 日，中央政治局常委会批准了中央专委《关于开展我国载人飞船工程研制的请示》。至此，代号为 921 工程的我国载人航天工程得到正式批准，并作为国家重点工程列入国家计划。

我国载人航天工程分三步走：第一步，发射两艘无人飞船和一艘载人飞船，建成初步配套的试验性载人飞船工程，开展空间应用实验。第二步，在第一艘载人飞船发射成功后，突破载人飞船和空间飞行器（如轨道舱）的交会对接技术，并利用载人飞船技术改装、发射一个 8t 级的空间实验室，解决有一定规模的、短期有人照料的空间应用问题。第三步，建造 20t 级的空间站，解决有较大规模的、长期有人照料的空间应用问题。



整个工程的任务是，在确保安全、可靠的前提下，从总体上体现中国特色和技术进步，完成四项基本任务：一是突破载人航天基本技术；二是进行空间对地观测、空间科学及技术研究；三是提供初期的天地往返运输工具；四是为空间站工程大系统积累经验。

1992 年 9 月 21 日921 工程立项后，正式任命了 4 位工程负责人：总指挥丁衡高，副总指挥沈荣骏、刘纪原，总设计师王永志。

921 工程作为跨世纪的载人航天工程，其技术含量高，难度大，安全性和可靠性要求高，协调面广，是我国有史以来最为复杂的航天系统工程。整个工程共分为七大系统，即：航天员系统（921－1）；应用系统（921－2）；载人飞船系 统（921－3）；运载火箭系统（921－4）；发射场系统（921－5）；测控通信系 统（921－6）；着陆场系统（921－7）。其中以中国运载火箭技术研究院（以下简称一院）为主负责运载火箭系统的研制，简称 921－4 工程。中国载人航

天，由此掀开了崭新的一页。在党中央、国务院、中央军委的统一领导下，一场实施载人航天工程的伟大战役展开了。

二、方案与计划

1992 年 10 月 23 日，航空航天部召开载人飞船和运载火箭方案论证动员大会，传达了中央批准 921 工程的决定，明确了研制分工，布置了下一阶段的工作计划。一院沈辛荪院长被任命为 921－4 工程行政总指挥（1994 年 5 月黄春平副院长接任）、王德臣副院长被任命为总设计师（1998 年 6月刘竹生接任)。

中国载人航天运载火箭命名为长征二号 F（代号 CZ－2F），是以 CZ－2E 为基础发展起来的新型运载火箭，是目前我国所有运载火箭中起飞质量最大，长度最长，系统最复杂，可靠性、安全性设计指标要求最高的运载火箭。火箭全长 58.34m，起飞质量 480t，芯级直径为 3.35m，4 个助推器直径均为 2.25m，整流罩直径 3.8m。火箭的运载能力为 8000kg，近地点轨道高度为 200km，远地点轨道高度为 450km，轨道倾角 52°，飞行时间约 585s。其理论飞行时序见表 1－1。

表1－1

序　号	项　目	时　间/s
1	起飞	0.000
2	程序转弯	10.000
3	逃逸塔分离	120.000
4	助推器分离	140.646
5	一、二级分离	159.876
6	整流罩分离	200.870
7	二级主机关机	461.206
8	二级游机关机	580.206
9	船箭分离	583.260

CZ－2F 由 4 个液体助推器、芯一级、芯二级、整流罩和逃逸塔组成，包括箭体结构系统、动力装置系统、控制系统、推进剂利用系统、故障检测处理系统、逃逸系统、遥测系统、外测安全系统、附加系统及地面支持系统等 10 个分

系统。

921－4 工程起步时面临着 4 个方面的重大挑战：

1. 要求高。对运载火箭要求高可靠、高安全、高质量，确保航天员绝对安全。

2. 技术新。为保证“三高”，必须采用一系列的关键新技术，尤其是逃逸技术、故障检测技术、“三垂”技术、远距离测发控技术、控制系统冗余技术等。

3. 任务重。研制周期紧，新技术项目多（共 55 项），重大地面试验难度大，如零高度逃逸救生试验、“故检”仿真试验、整流罩热分离试验、最大速度头试验、返回舱分离试验等。这些不仅过去没做过，而且要求必须在短时间内完成。

4. 队伍老化。由于“文化大革命”，研制人员出现严重断层。 20 世纪 60 年代参加工作的人，多数人已是 50 多岁了，亟待新老交替，实现年轻化。

为了飞天圆梦，航天人又一次向祖国展现了决心、勇气和智慧，团结拼搏，谱写新篇。

1993 年 3 月 7～9 日，一院召开了 921－4 工程第一次研制工作会。会上根据 921 工程大总体关于火箭“争 7 保 8”（力争 1997 年、确保 1998 年首飞）的要求，编制了研制计划安排：

1993 年 9 月，完成方案论证；

1994 年 9 月，完成方案设计；

1996 年 3 月完成初样研制；

1997 年 9 月完成试样研制，并进行可靠性飞行试验。

此后，921－4 工程的研制工作全面展开。

研制过程问题很多，处处有拦路虎。从 1995 年 6 月直至 1997 年 12 月，完成初样研制历时两年半（其中发动机系统和逃逸系统分别于 1998 年 6 月和 1999 年 1 月结束初样转入试样研制）；1998 年 6 月，完成了发射场第一次合练；1998 年 10 月，完成逃逸系统第一次零高度飞行试验； 1999 年 11 月 20 日，CZ－2F 首次飞行试验，成功地将我国神舟一号试验飞船送入预定轨道；之后连续于 2000 年 1 月 10 日、2002 年 3 月 25 日和 12 月 30 日，成功地将神舟二号、三号、四号无人飞船送入了太空。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

三、历程与攻关

在运载火箭技术解决之后，载人航天的核心问题是确保航天员的绝对安全，要求运载火箭做到高可靠、高安全、高质量。火箭的各个分系统、各个部件、直到 5 万多只电子元器件等不准出现任何缺陷或其他质量问题。

（一）从火箭的“细胞”元器件抓起

载人航天工程之所以被称为“不败工程”,是因为要载人,人命关天,因此只能成功不能失败。以往在发射卫星时，运载火箭的可靠性达到 0.91 就可以了。而发射载人飞船，可靠性指标要求达到 0.97，安全性指标要达到 0.997。说起来容易做起来很难。火箭上数万只电子元器件，其中只要有一只有隐患、出毛病，就可能功亏一篑，成千上万人的心血汗水就要付之东流；加之运载火箭发射是载人航天工程的“首道工序”，一旦出现问题，不但影响本系统，还会毁了其他六个系统的研制成果。

为了研制高质量的 CZ－2F，我们紧紧把住元器件、原材料的源头，抓住工艺关。按照载人航天工程要求，首次对元器件实施“五统一”管理。为确保元器件的高可靠性，首次提出了“七专”加严或“国军标单批考核”等加严筛选技术要求；制定了元器件的详细验收规范，并首次对元器件实施转阶段评审；加强了对元器件生产厂家的质量监控，首次开展了对全国元器件生产厂家的表格化质量复查；建立了元器件检测中心和计算机辅助管理数据库。

为此，我们不仅组织专题订货会，而且几乎跑遍了成都、西安、贵阳、杭州、哈尔滨等近 60 家元器件生产厂。每到一处都要下到车间，明确要求，参加评审，做到心中有数。实践证明，只有勇于否定，才能在关键时刻肯定，才能做到发射时心不慌，沉着应对，对成功充满信心。

（二）发动机优中选优

发动机是航天器的动力之源。对于运载火箭来说，发动机的可靠与安全，具有决定性的意义。

CZ－2F 火箭发动机是〇六七基地（现为航天科技集团公司第六研究院）研制的。在中国航天史上液体火箭发动机屡创奇迹，确保了每次发射的成功。

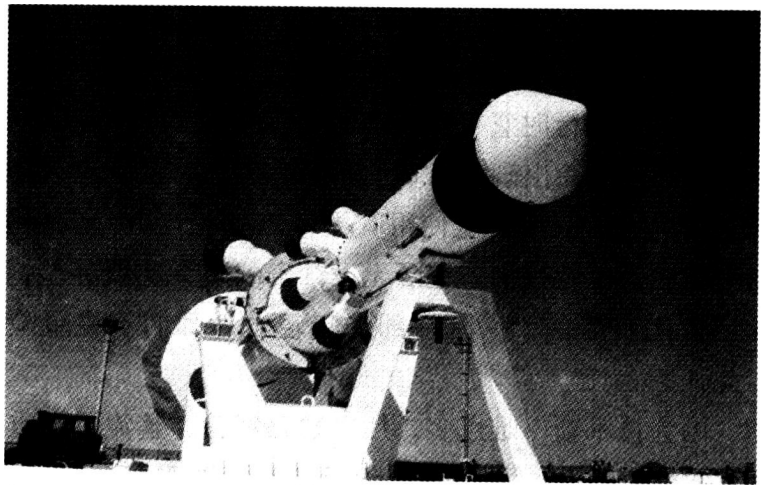
从1992年开始，发动机研制单位适应921－4工程要求，步步深入，进行优化。到1999年把发动机交付火箭总装部门，7年的风雨历程让每位参与研制的人难以忘怀。

从载人航天的特殊要求出发，他们对发动机的内在性能，进行了大量的重要改进，并通过严格的试验考核其可靠性能。为了进一步寻找发动机的隐患，试验中一是严格过程，二是加大难度。同时聘请专家成立可靠性小组，对发动机的可靠性进行评估。一级发动机额定工作160s，他们试验600s；二级发动机额定工作300s，也试验600s；二级四个姿控发动机，实际只需运行480s，但他们均按1100s试验。严格的要求和认真的态度，终于发现二级发动机涡轮泵在长时间工作状态下有质量隐患的问题。他们迅速、彻底搞清原因，并针对暴露的问题，组织专家和技术人员对原有设计进行修改，使发动机的可靠性大大提高。

为了最大限度地保证安全，发动机研制者们通过历史和现实的分析比较，决定采用高安全性的钝感电爆管。进一步又通过试验发现其不足之处，毅然采用方案简单可靠、质量容易保证的新的结构方案。发动机的可靠性安全性又提高了一步。

为了掌握发动机燃烧室的稳定性数据，也就是进一步搞清发动机在推力室的温度高达3000℃和推进剂大流量进入时，推力室的抗干扰能力，○六七基地通过与俄罗斯某科研机构合作，使问题得到了满意的解决。

CZ－2F火箭发动机的研制者就是这样，为确保航天员的绝对安全，对产品的质量、可靠性步步提高，优上加优。



（三）攻克故障检测难关

“用最可靠的火箭，将中国首位航天员安全顺利地送入太空”。这是运载火箭研制者最庄严、最神圣的承诺。为了火箭的高可靠、高安全、高质量，研制者大胆地采用了 55 项新技术，特别是攻克了故障检测处理系统这一载人航天的难题。这个系统的作用是火箭在待发段和上升段发生故障时，能自检测、自诊断，发出故障信息给逃逸系统，并能实施自动逃逸和地面指令逃逸，把航天员带到安全地点。

火箭飞行中随时都有可能出现故障，且故障的种类多种多样。如何判断火箭故障关系重大，既不能漏逃，也不能误逃。漏判了，火箭就有可能爆炸，航天员的生命安全就无法保障；误判了，发射失败，损失难以估量。所以在确定故障判别参数及逃逸门限上必须做到有效和精确，而且必须走自主创新的设计之路。

面对这样一个世界级的难题，总体设计部荆木春同志于 1993 年毅然挑起了故检系统主任设计师的重担，与张智等一班年轻科技人员同心协力、知难而进。他们设想了 310 种的火箭故障模式，并进行了一轮又一轮的筛选，用了 4 年多的时间，进行归纳、整合出 19 种故障模式进行了成千上万次的飞行仿真试验。最后确定了合理的判据，实现了预期的目标。并使这一技术达到了国际先进水平。

（四）为整流罩减重

为了加大 CZ－2F 可靠性、安全性系数，火箭的整流罩比传统火箭整流罩的要求更为苛刻，它是一种全新的金属蒙皮加筋半硬壳式结构。与以往发射卫星的整流罩不同，在正常飞行时它要保护飞船在大气层飞行不遭受气动载荷和气动加热的作用；而一旦火箭出现异常时（39km 以下），上半部整流罩又要充当逃逸系统的承载结构件。双重功能使得其设计难度相当大，其相关联的许多部件的设计和加工都成为关键技术。在既无设计资料更无实践经验，技术难度大，研制周期短的巨大困难面前，一院一部的年轻设计师们不畏艰险，迎难而上，勇敢地承担了此任务。

研制初期，因为技术新、难点多，加之缺乏经验，整流罩超重 972kg。如果重新设计，则从零部件生产、材料供应到工装的更改都需要时间。但当时初样转试样的计划早已排定，牵一发而动全身，时间不允许后延，只有采取给整流

罩“减重”的办法了。

对这样一个结构形式十分复杂、又没有继承性的系统，结构减重的惟一依据只能建立在对结构进行准确和详细的强度分析的基础上。在两总的领导下，在副总设计师的率领下，总体设计部的年轻人连续 3 个月日夜工作，终于拿出了强度计算结果，可减 450kg。四院同志发扬大力协同的精神，以高度的事业心，用增加逃逸主发动机总冲的办法解决了其余超重。

承担这种比飞机舱体结构还复杂的整流罩生产，这在火箭生产总装厂尚属首次。由于结构复杂，精度要求高，工艺状态控制十分困难，难以稳定。面对这样一个没有商量余地而又必须完成的任务， 211 厂的同志没有二话，接手就干。工艺人员、检验人员与设计人员在现场一同分析实际状况，反复核对。调度员往返穿梭于各协作单位，做好中间工序的一切准备。工人们消化技术，探索生产规律，创造了一个月完成三个月任务的新纪录。

（五）突破栅格翼难题

逃逸系统栅格翼是保证无控逃逸飞行器静稳定飞行的特殊装置。一旦运载火箭在 39km 高度以下的大气层中出现应急情况逃逸飞行器实施逃逸时，为保证气动稳定性，需要靠四块展开的栅格翼将逃逸飞行器气动压心后移，以实现稳定飞行。因此，栅格翼是决定逃逸成功的关键因素之一。栅格翼是镶嵌在边框内的一组栅格结构，它是一种方格蜂窝状薄壁桁架结构。

由于加工难度大，工装复杂，曾经历不锈钢、钛合金和铝合金三种方案的技术攻关摸索历程，最终选定由翼片焊接而成的铝合金方案。栅格翼的翼片材料很薄，由长达 150 多米 634 条焊缝交叉焊接组成方格，焊缝数量多，极易产生变形。又由于每个方格很小，手伸进去都难，因而传统手工氩弧焊已经不适用，而必须采用直流氦弧自动焊的方法。焊接的顺序也颇有讲究，尤其是翼片与边框厚度差大，不仅焊接困难，而且焊接变形大。对这个在国内航空、航天、机械部门的权威和厂家都感到棘手的难题，火箭总装厂孙忠绍副总工程师带领着由工艺人员和工人组成的攻关组顽强攻关，在经历了前期技术准备及缩比件焊接工艺摸索之后，终于突破了自动焊接工艺关键，并成功地焊接成型了 1:1 栅格翼试验件。用了近一年半的时间，攻克了栅格翼技术难关，解决了带栅格翼复杂外形无控逃逸飞行器的稳定飞行难题。

为了考核栅格翼在逃逸最大时速时的展开特性、气动特性和力学特性，由

一部负责组织，211 厂等单位参加，于 1998 年 11 月 12 日～12 月 17 日，在湖北襄樊 610 所的滑道试验场，进行了栅格翼最大速度头展开试验。前后共进行了 3 次，取得了圆满成功。参试人员克服野外作业的艰苦条件，精心组织和施工，确保了试验工作按计划圆满完成。

（六）啃下逃逸硬骨头

逃逸系统的任务是在火箭起飞前 900s 到起飞后 200s 时间段内，也就是在航天员进舱到运载火箭点火 200s 时这个飞行高度内，万一运载火箭发生故障，它可以拽着轨道舱和返回舱与火箭分离，并降落在安全地带，使航天员脱离险境。

逃逸系统被公认为载人火箭研制中最难啃的一块硬骨头。

在 CZ－2F 研制初期，一部几位年轻的设计师面对生疏的“逃逸”二字颇感困惑。此前，他们只是在国外的画报上看到过逃逸火箭和一点零星的文章，如今要亲手研制它，难度实在很大。但他们知难而上，自编出一万多条程序，利用容量有限的微机，进行了大规模的数字计算，紧密配合，奋力攻关。

逃逸系统构成复杂，由 5 种固体发动机、整流罩的上半部分、支撑机构、栅格翼及其释放机构以及灭火装置等组成。它必须与其他正常飞行时所使用的系统协同工作才能完成逃逸任务。 5 种发动机分别是逃逸主发动机、分离发动机、偏航俯仰发动机、高空逃逸发动机和高空分离发动机。从 1993 年 5 月开始，第四研究院固体发动机的研制者们，经过选型、论证、研制、试验，经历了近 4 年的艰难攻关，克服了无数困难，彻底解决了固体发动机的难题。并于 1997 年第一季度完成了整个逃逸系统结构的生产交付，保证了火箭全箭研制、试验的顺利进行。

1998 年 10 月，在酒泉卫星发射中心，进行了零高度逃逸救生飞行试验。

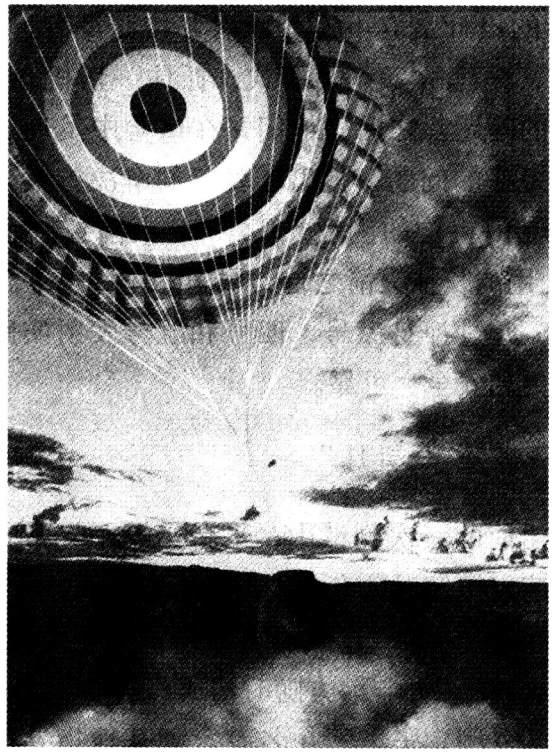
零高度逃逸飞行试验是模拟运载火箭在发射台上出现故障时的逃逸试验。目的是要通过试验检验零高度逃逸系统飞行器的气动特性、逃逸救生系统的救生指标、逃逸飞行器迅速脱离危险区的能力、逃逸程序的合理性、栅格翼释放机构的工作能力等。1998 年 8 月发射队进场。试验准备期间，设计人员在进行设计复核时发现 FG－59 高空逃逸发动机的支座强度不够，需通过静力试验来验证分析结果。而这时距零高度逃逸飞行试验点火时间仅有两周了。为此，紧急组织设计、生产、试验单位于国庆节期间完成了补强设计后的支座强度静力试验，证明先前的支座设计强度上确实存在问题。之后，组织生产单位赶制出加

强件并送往试验现场。

试验准备阶段，现场参试人员全神贯注、高度负责，迅速发现隐患，并在十分艰苦、恶劣的环境条件下及时排除了隐患。从而保证了零高度逃逸救生飞行试验 10 月 19 日如期进行，并获得圆满成功。

（七）冗余为了双保险

影响运载火箭可靠性安全性的主要是发动机、箭体结构和控制三大系统。而控制系统是电子系统，我国由于电子元器件可靠性水平不高，因此提高载人航天运载火箭可靠性，主要要从控制系统上作文章，其中冗余技术的作用至关重要。



设计者在对 CZ－2F 火箭控制系统的深入分析研究中，在平台系统和二级伺服机构的设计中分别找到了单故障点。尽管出现的概率均很小，但一旦发生问题必将导致火箭发射失败。对此，CZ－2F 副总师孙凝生高度重视，认真负责地提出了控制系统全冗余方案的建议。实际上还在研制神舟一号飞船时，他便打报告申请立项，用了数年的时间，对这一全新技术进行深入研究，攻克了多种

需要全本请访问 www.ertongbook.com

形式的冗余结构、判别准则、系统重构方法等关键技术。

孙凝生的积极建议终于得到了同行的支持和领导的重视。在“921”工程总师王永志院士的推动下，经过研究决定，从 Y－3 开始控制系统实现冗余设计有一部分采用三冗余设计方案。2000 年 1 月 12 日，集团公司组织对控制系统冗余设计方案报告进行了评审，提出了修改意见； 4 月 27 日，总装备部、集团公司对 CZ－2F 控制系统冗余设计方案进行了最终评审。至此，控制系统冗余设计、生产、试验工作正式启动。由于时间紧，要求方案实施必须确保一次成功。为此先后组织开展了控制系统冗余综合测试、惯组振动试验及增加惯组之后的二级飞行状态的模态试验、控制系统冗余仿真和故检逃逸仿真试验等。

为保证从发射神舟三号就实现控制系统全冗余，在时间十分紧迫的情况下，由孙凝生带领，12 所的设计员立下军令状。并按照没有退路的思想开展工作，发扬不畏艰险的精神，精练故障判别模式，抓住一切机会提高火箭的可靠性，彻底解决了单故障点的问题。之后，他们又在试验中发现了其他系统因设计缺陷而发生的二次电源短路的问题，提出了妥善的解决方案。进一步提高了整个系统的可靠性。经过专门机构的测评， CZ－2F 火箭控制系统的可靠性已高于 0.999，位在已投入使用的长征火箭之首，属国际先进水平。

有了全冗余技术，经过神舟三号、四号和五号发射实践的改进、完善，我国载人航天运载火箭更加安全、可靠。

（八）为火箭平台除“病灶”

发射神舟二号飞船前的一次测试中，平台出现了异常。这引起了研制人员的高度重视，我们迅速组织发射队有关人员，细查缘由。

为争取尽快解决问题，CZ－2F 火箭总指挥黄春平迅速从发射场飞回北京，连夜紧急请来专家“会诊”，并与前方随时沟通；进而从北京请了徐云锦、石祯耀、尚冬生、谢天怀、夏刚、张华圃 6 名专家到基地指导排故。在具有丰富经验的专家和发射队员的共同努力下，终于查清了产生故障的原因，问题得以彻底归零。12 个日日夜夜的紧张排故，把火箭平台的“病灶”及时除去，确保了火箭的可靠安全。

（九）“世纪抢救”大战

2000 年 12 月 31 日，发生了一件令人震惊的大事故。发射塔内火箭活动平

台异常操作，火箭受到重撞。眼看临近发射，这突如其来的意外事件，使在场的人们惊呆了。

闻讯后，火箭总指挥、总设计师等急忙赶到现场，一口气爬上发射塔架的11层平台，从上到下逐层查看火箭的受伤情况。

惊闻信息，运载火箭技术研究院的主要领导迅速飞到酒泉。经与发射队领导商定，火速调来设计专家组成调查分析小组。新世纪的第一天，在凝重的气氛中，酒泉卫星发射中心任务指挥部召开了紧急会议，商定对策。但是，此时此刻，许多问题尚不清楚。火箭挨撞到底受的是什么力？这个力有多大？火箭的要害部位受没受伤？还能不能发射？鉴于当时仅是看到了火箭表面的伤，与会者都同意先对火箭认真进行的“体检”。会后，两总系统马上向指挥部提出了具体的检查方案，并保证4天内拿出结论报告。

发射队员按照领导的决定和安排各就各位，紧张有序地工作起来。检查、分析工作从火箭的关键部位一步一步全面深入展开。反复测量，认真计算，专家会诊，夜以继日。

白天在现场大家并肩战斗，晚上组织深入研究有关技术问题，编写评审报告。总体设计部主任设计师王小军、张智等，为了确定火箭的碰撞过程和变形程度，对火箭与塔台的间隙认真测量、计算，不厌其烦，付出了大量的心血。

3天后，一份厚达50页的《碰撞后火箭受损结果分析及处理措施》报告呈送到任务指挥部各位领导面前。据此，火箭两总系统向指挥部庄严保证：火箭可以发射！

2001年1月10日凌晨1时整，经受过特殊“洗礼”的CZ－2F，将神舟二号飞船准确送入预定轨道，发射获得圆满成功，喜夺新世纪中国航天的开门红。

（十）超低温发射

2002年12月，一场下了3天的大雪，使酒泉卫星发射中心的气温降到－27℃。二三十年未遇的低温，对竖立在发射塔架上的CZ－2F火箭和发射队全体人员，都是一次极为严峻的考验。

按发射条件规定，低于－20℃时火箭不能发射。因为低温有诸多不利影响，容易导致密封件失效，引起推进剂泄漏，容易引发管路堵塞、影响电缆插头接触效果等意想不到的问题。

12月28日，离神舟四号原定的发射日期临近了。能否按预定的发射日期起

航？关键是火箭能否经受住超低温的考验。如何保证火箭安全发射，从早上直到深夜，围绕战胜低温问题，发射中心各路决策者们开了大大小小 7 个会，研究、制定对火箭的保温方案。在总师系统带领下，深入分析低温对推进剂、密封圈、电子元器件、电池、仪表、特别是对火箭结构可能造成的影响，提出了解决措施。在晚上 10 点发射队干部会上，领导专门进行了动员并详细布置为火箭保温的工作。会后，队员们连夜加班，各系统对薄弱环节又一次进行详查，严防漏项。

29 日，一项项为抗低温而采取的措施写进了技术文件。一切能让火箭保温的办法都用上了。包裹火箭的密封塔架内，空调设备满负荷运转；固体发动机被粘贴上泡沫塑料；用棉被包裹输送管路；对电缆管进行包扎。同时，对供气、加注系统进行认真细致的气密检查，还对低温状况下推进剂作了模拟试验。实践证明，以上措施效果良好。箭船功能联合检查的结果，一切正常！

2002 年 12 月 30 日零时 40 分，CZ－2F 不负众望将神舟四号飞船送上太空，胜利完成了任务。

在 2002 年这一年中，CZ－2F 连续两次成功发射，为载人航天工程无人飞船试验计划画上了圆满的句号，为首次载人飞行打下了坚实的基础。至此，载人航天飞行，一切准备就绪。

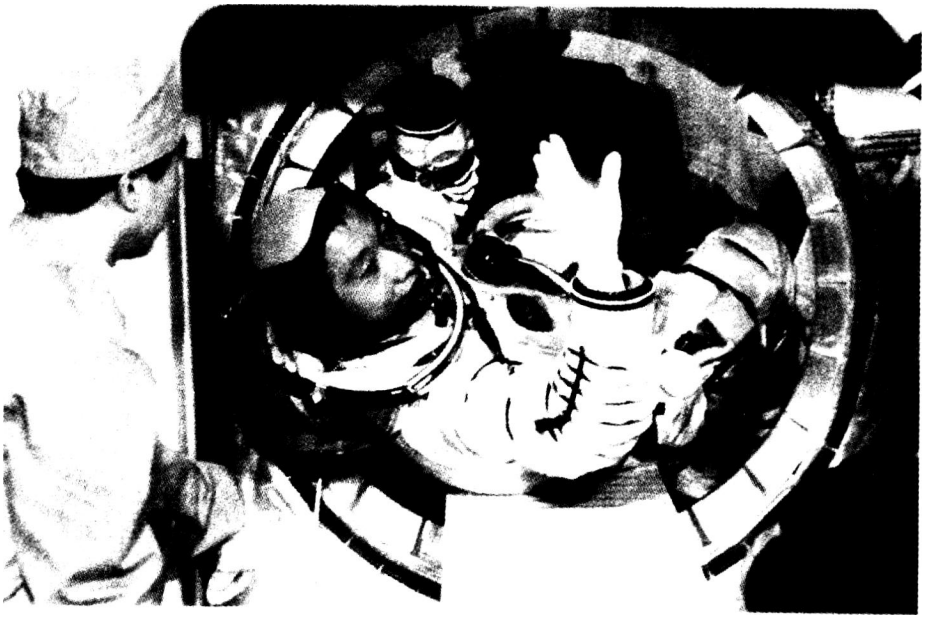
（十一）成功跨越，扬威太空

921 工程飞行试验的连续成功，得到了中央领导同志首肯和各界的广泛赞扬。江泽民总书记高度评价航天科技队伍是一支“特别能吃苦、特别能战斗、特别能攻关、特别能奉献”的队伍，并在 Y－3 发射前为 CZ－2F 题名“神箭”。这是对全体航天将士，尤其是对 921－4 系统的研制、试验人员的巨大鼓舞和鞭策。

2002 年 11 月 17 日，中央专委会上对实施首次载人飞行任务进行了审议，并明确将于 2003 年 10 月进行首次载人飞行。

2003 年 1 月 21 日，总装备部部长、921 工程总指挥李继耐主持召开了 921 工程工作会，军委副主席曹刚川、集团公司总经理张庆伟等领导参加了会议。会上强调：一定要贯彻落实 921 工程第 29 次两总联席会精神，乘胜前进，牢记使命，不负重托，以高度事业心和责任感做好载人首飞的各项工作。全力以赴，确保成功。

1 月 29 日，在一院召开的 CZ－2F 载人首飞动员会上，及时传达了上级的有关指示精神。吴院长和梁书记分别提出了“最严、最细、最慎、最实，确保载人首飞试验绝对成功”和“时刻保持‘如履薄冰’的清醒头脑”的要求。结合形势和美国哥伦比亚号航天飞机失事的警示，我们及时组织研制队伍认真学习和领会上级领导的指示精神，对照自身工作查找问题和不足。为确保 CZ－2F（Y－5）的高质量，提出了“靶场箭上质量问题为零，确保 Y－5 发射圆满成功”的质量工作总目标和 9 项具体的质量要求，并制定了 12 条质量控制加严措施。根据这些要求、措施，各研制单位加强了对 Y－5 的质量控制力度，开展了全方位、深入细致的质量复查工作，取得了积极效果。



为了确保 CZ－2F（Y－5）研制工作的顺利进行和保质、按时出厂，指挥调度系统加强了工作力度。并根据研制工作的进展和不同产品的具体情况和特点，实施动态管理和调度，建立了周报制度，及时了解、掌握情况；及时发现、解决问题。对个别受客观因素制约的产品，深入一线，积极开展协调工作，并从系统和全局出发找出最佳的解决办法，面对“非典”疫情努力做到既保产品质量，又保总的进度不受影响。

8 月 19 日上午，中国运载火箭技术研究院召开了载人首飞“神箭”发射工作队出征誓师大会。全体发射队员面对国旗，举起右手，庄严宣誓：我决心发

扬“两弹一星”精神，以“如履薄冰、如临深渊”的质量意识，以“最严、最细、最慎、最实”的工作态度和标准，确保所承担的工作达到最优标准，确保把中国首位航天员安全、顺利地送入太空。

8月20日中午，“神箭”发射队专列满载着全院职工的深情和良好祝愿缓缓地驶离院站台，奔赴酒泉卫星发射中心执行中国首次载人飞船的发射任务。经过50余天紧张、细致的发射场测试、准备工作，CZ-2F（Y-5）于10月15日成功地将载有中国第一位航天员的神舟五号飞船准确送入预定轨道，并安全顺利返回。中华民族飞天圆梦，扬威太空。

四、神箭的技术成就

在中国航天运载火箭发展史上，CZ-2F实现了多个“首次”。

1）首次提出并实现了可靠性指标0.97、安全性指标0.997的要求。

国际上载人航天火箭的可靠性指标一般要求在0.995以上。而我国非载人火箭可靠指标仅为0.91，没有任何保证载人安全的措施，与高可靠、高安全的载人要求有很大的差距，见表1-2。

表1-2

型　号	可靠性指标 （载人发射成功率/%）	安全性指标
联盟	0.97（97.1）	0.997
阿里安V	0.99（未载人）	0.999
双子星	0.95（100）	0.995
水星	-（100）	0.996
土星V	-（100）	0.999
非载人长征火箭	0.91（未载人）	无（不载人）

2）首次实现“三垂”发射模式，即技术阵地垂直总装、垂直测试和垂直转运到发射阵地。

3）首次实现1500m的远距离测发控技术。

4）首次研制成功故障检测处理系统，并初步建成第一个故障检测仿真试验室。具备实时对火箭状态进行诊断和逃逸控制的能力。为了保证航天员的可靠

逃逸，具有箭上自动逃逸和地面指令逃逸两种方式。

5）首次研制成功逃逸系统。

6）首次研制成功全冗余控制系统，并研制成功双稳定回路平台、双 CPU 箭载计算机和三冗余的一、二级伺服机构等技术。

7 首次研制成功大容量高可靠实时参与逃逸救生的遥测系统。

8）首次研制成功大型、无级变速、多点调平、两用的运输发射平台。

9）首次研制成功前置弯喷管的四种逃逸发动机，解决了前置弯喷管固体发动机的燃气流冲刷和喷管的热防护问题，解决了用于无控逃逸飞行器的推力方向偏斜的调整问题。

10）首次研制成功用于气动整流和逃逸两用的、正常飞行时弹性连结而逃逸时能锁住飞船的整流罩。攻克了十分复杂的栅格翼和上下支撑技术及无控逃逸飞行器的气动特性研究。

11）首次进行了几项独具特色的大型地面试验：

零高度逃逸救生试验；

整流罩最大速度头的火箭橇试验；

整流罩热分离试验；

船／罩分离试验。

四大试验的顺利进行，对关键技术的突破起到了重要的作用。

以上这些技术成就达到了国际先进水平。

五、921－4 工程的管理创新

（一）以人为本，加强队伍建设

加强思想教育。牢固树立“不败工程”的载人航天意识，建立健全制度规范，自觉培养，认真弘扬“特别能吃苦，特别能战斗，特别能攻关，特别能奉献”的载人航天精神。型号研制工作在高安全、高可靠、高质量上下工夫，确保成功，万无一失。

加强年轻人才培养。为了实现中华民族的飞天梦想，培养一批跨世纪的航天科技人才，以院“三二○○”工程跨世纪人力资源开发计划为依据，在 921－4 工程中制定了“以老带新，新老结合”育才措施，充分发挥老专家作用，放

需要全本请访问 www.ertongbook.com