



系列丛书

天穹神箭

TianQiong ShenJian

长征火箭开辟通天之路

中国运载火箭技术研究院 主编



中国宇航出版社



系列丛书

天穹神箭

TianQiong ShenJian

长征火箭开辟通天之路

中国运载火箭技术研究院 主编

天穹神箭



中国宇航出版社

· 北京 ·

版权所有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

天穹神箭：长征火箭开辟通天之路 / 中国运载火箭技术
研究院主编. — 北京：中国宇航出版社，2008.12

(七彩天路)

ISBN 978-7-80218-405-3

I.天… II.中… III.运载火箭—普及读物 IV.V475.1-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 174791 号

策划编辑 石磊 王春河 责任校对 祝延萍
责任编辑 黄萃 装帧设计 03 工舍

出版 中国宇航出版社

社址 北京市阜成路 8 号 邮编 100048
(010)68768548

网址 www.caphbook.com/www.caphbook.com.cn

经销 新华书店

发行部 (010)68371900 (010)88530478(传真)
(010)68768541 (010)68767294(传真)

零售店 读者服务部 北京宇航文苑
(010)68371105 (010)62529336

承印 三河市君旺印装厂

版次 2008 年 12 月第 1 版 2008 年 12 月第 1 次印刷

规格 787 × 960 开本 1/16

印张 12.25 彩插 4 面 字数 220 千字

书号 ISBN 978-7-80218-405-3

定价 28.00 元

本书如有印装质量问题，可与发行部联系调换

序

这是一部以热血和忠诚谱写的中国神箭从摇篮起飞奔向太空的长征凯歌，更是一部以自主创新和奋力拼搏跻身世界一流的英雄传奇。长征火箭的铸造者在艰难困苦的岁月里，透支着生命和心血，奉献着智慧和坚韧，在星河灿烂的浩瀚太空，书写了一个国家和民族自力更生、不懈奋斗的辉煌历程。

人类要利用空间、开发空间，首先必须能够进入空间——这是开展一切航天活动的基本条件。运载火箭是迄今为止人类进入空间的最主要手段，运载火箭的能力，决定了一个国家航天活动的规模。长征系列运载火箭是在党中央的英明领导下，在全国人民和各行各业的大力支持下，几代航天人用拼搏、智慧、奉献乃至生命孕育发展起来的。1958年5月，毛泽东主席发出了“我们也要搞人造地球卫星”的伟大号召，吹响了新中国进军太空的号角。1965年，中央将发射人造地球卫星列入国家计划，批准实施“651”工程，并将运载火箭命名为“长征一号”，我们的运载火箭有了一个响亮的名字——长征。从此，长征系列运载火箭带着中华民族征服宇宙苍穹的雄心壮志，踏上了一条具有中国特色的创新发展之路。

回顾中国航天50多年发展的历史，长征系列运载火箭经历了从无到有，从串连到捆绑，从单星发射到多星发射，从常温推进剂到低温推进剂，从发射卫星到发射载人飞船和月球探测器的技术跨越，具备了发射低、中、高不同轨道、不同类型卫星的能力。在多级火箭、一箭多星、低温高能发动机、捆绑助推、静止轨道卫星发射和测控、故障检测以及发射载人飞船技术等方面已跻身世界先进行列，在可靠性、安全性、成功率和入轨精度等方面达到了国际一流水平，在国际商业卫星发射服务市场上占据了一席之地，成为中国为数不多的具有自主知识产权和较强国际竞争力的高科技产品。自1996年

以来，长征系列运载火箭已连续 70 次发射成功。正在研发的新一代大推力、清洁能源的运载火箭，关键技术已获得重大突破，不久的将来即可以投入使用。如今，长征系列运载火箭的研制生产已经实现了由单件、小批量生产向批量生产，由研制向研制与生产并重的重大转变。按照统筹安排、合理组批、提前投产、适度存储的原则，符合产业化发展要求的组批生产模式正在形成。长征系列运载火箭的产业化发展步伐明显加快，已经具备了一年内进行十余次发射的能力，并且创造了一个月内圆满完成 4 次发射任务的纪录。

长征火箭用一个又一个坚实的脚印，一次又一次成功的发射，托举着我国航天事业不断攀登一座又一座科技高峰。长征火箭的铸造者以实际行动铸造并践行了“热爱祖国、无私奉献，自力更生、艰苦奋斗，大力协同、勇于登攀”的“两弹一星”精神和“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。

在《天穹神箭——长征火箭开辟通天之路》出版之际，我很高兴地为本书写序。我要说，辉煌成就的取得，归功于党中央高瞻远瞩的英明决策，归功于全国各行各业的大力协作，归功于几代科技工作者和全体干部职工为之付出的艰辛努力。对我们自己来说，长征没有终点，每一次跨越都是一个新的起点，我们永远站在新长征的起跑线上。

科学的道路永无止境，攀登的精神永不懈怠。长征火箭虽然取得了巨大的进步，但与国外先进的新型火箭相比还存在一定的差距。面对党和国家对航天事业发展提出的新要求，我们必须持续改进现有的长征火箭，加快研制新一代运载火箭，实现运载火箭技术的跨越式发展和中国航天的可持续发展，保持我国运载技术在世界航天领域先进行列的地位。

让我们一起深深地祝福，预祝长征系列运载火箭在新的长征路上继续辉煌地腾飞，祝福祖国航天事业的明天更加美好。

中国科学院院士 谢光选

2008 年 12 月



目 录

第一章 东方神剑——“1059”导弹	1
决策 1956 年	2
仿制就像爬楼梯	4
打倒四只“拦路虎”	5
别人办得到我们也能办到	10
逼上梁山自己干	14
第一枚导弹编号 000360	16
庆功宴会只有四菜一汤	18
走自行设计之路	21
谁说中国“有弹无枪”	23
第二章 中国第一箭——长征一号火箭	29
毛主席号令向太空进军	30
周总理开特别公函保火箭进度	31
火箭发射就在 4 月	33
节外生枝临阵换枪	36
两颗红色信号弹腾空而起	38
“五一”劳动节的晚上	41
第三章 飞向太平洋——远程运载火箭	43
掀开远程运载火箭研制的序幕	44
吹响冲锋的号角	46
精兵强将上靶场	49
乘风破浪黄海练兵	50



师出东海决胜太平洋	51
第四章 优质火箭——长征二号系列火箭	59
4年谋划方案成熟	60
长征万里遣尖兵	63
首度国际合作	68
摩托罗拉公司慧眼嫁铱星	71
“优质火箭”挂金牌	73
享誉海内外	77
第五章 功勋载入史册——长征三号火箭	81
进军，向着地球静止轨道	82
突破低温技术难关	87
登顶，8年攻关终成功	89
70天闪电行动	92
“长征”首度跃出国门	98
功勋永载史册	106
第六章 跨越发展——长征三号甲系列火箭	109
新思路、新方案	110
新成就、新台阶	113
痛楚后的奋起	117
PK世界名牌	120
中国特色的运营方式	122
金牌，第一百次发射	126
我送嫦娥舞飞天	129
第七章 龙头永远高昂——长征二号捆绑火箭	133
你们是不是吸了鸦片	134
决战1989	139
星箭和鸣	142
踏平坎坷成大道	143

第八章 载人天梯——长征二号 F 火箭	149
解密载人火箭	150
三场硬仗	156
为火箭装上“千里眼”	160
新型蓄压器制服 8 赫兹振动	163
故检系统为航天员“保驾护航”	165
第九章 开拓天疆——新一代长征五号火箭	171
50 年硕果累累	172
走向航天强国	176
“长征五号”指日可待	178
天津生产，海南发射	182
后 记	187



第一章 东方神剑

——“1059”导弹

一阵寒风袭来，夜空中的几颗星星冷得直眨眼睛，树枝上仅剩的几片枯叶随之无声地飘落下来，瑟瑟地落在两条发出寒光的铁轨上。

这是1957年12月的一个神秘冬夜，一列满载苏军士兵和装备的军列悄然驶进北京西南郊的一个站台。这列编号23770次的军列是从中苏边境的满洲里车站开来的，由30节车箱组成。站台周围漆黑一片，四处见不到明亮的灯光，只能看到一些晃动的手电筒的微光。四周也听不到大声的喧哗，只有偶尔传来的几句用俄语或华语发出的口令。所有这些现象告诉人们，在这个站台里正进行着一个极为秘密的行动。

的确如此。谁也不会想到，就在这个平静的夜晚，两枚从苏联远道运来的P-2型弹道导弹，已经神不知鬼不觉地从这个站台踏上了中国的土地……



决策 1956 年

或许有人会感到奇怪，苏联的导弹怎么会来到中国？这个话题还要从新中国成立之初说起。

1949年10月1日，毛泽东主席在天安门城楼上升起了第一面五星红旗，人民的新中国从此登上了国际舞台。然而，当时新中国面对的国际环境十分严峻，战争的阴霾笼罩着共和国的天空：盘踞在台湾的国民党军队不断派遣飞机和武装特务骚扰大陆，妄图实现反攻大陆的迷梦；以美国为首的联合国军武装干涉朝鲜事务，将战火烧到了鸭绿江边，直接威胁着新中国的安全。另外，周边复杂的国际环境也对新生的人民共和国形成了严重的威胁。

饱受兵燹之灾的中国渴望和平，但是和平需要先进的武器装备来保卫。因此，新中国成立不久，我国党和政府在决定大力发展常规武器的同时，也开始考虑发展自己的导弹技术。

1955年，在我国政府的严正交涉下，在美国已有赫赫声名的导弹专家钱学森，冲破重重阻挠回到祖国。钱学森的回国，加快了党中央决定发展我国导弹技术的步伐。1956年2月1日晚，毛泽东设宴招待出席政协第二届全国委员会第二次全体会议的委员们。席间，毛泽东特别安排钱学森同自己坐在一起，并同他进行了亲切谈话。毛泽东的态度，表达了党和政府对发展导弹技术的坚定意志。

1956年2月17日，钱学森在周恩来的鼓励下，向国务院报送了《建立我国国防航空工业的意见书》。《意见书》题目中提到的“国防航空工业”，其实指的就是导弹武器工业，之所以避开“导弹”的字眼，完全是出于保密的考虑。

钱学森的意见书，引起了党和国家决策层的高度重视。1956年，我国政府作出了一系列有关导弹技术发展的重大决策，这一年理所当然地成为我国导弹技术和航天事业发展史上一个具有重要意义的年份。当年的5月10日，国务院副总理聂荣臻元帅代表航空工业委员会，向国务院和中央军委提出了《建立我国导弹研究工作的初步意见》。5月26日，周恩来主持中央军委会议，讨论了聂荣臻提出的报告。就在这次会议上，周恩来代表党中央宣布了发展我国导弹技术的决定。10月8日，我国的第一个导弹研究机构——国防部第五研究院在北



1956年2月，毛泽东宴请钱学森

京正式成立。回国不久的导弹专家钱学森被任命为第一任院长。

在当天召开的成立大会上，聂荣臻元帅到会表示热烈祝贺。他勉励研究院的全体人员以自力更生、奋发图强的精神进行学习和研究，毕生致力于祖国的导弹事业。聂荣臻的讲话，极大地鼓舞了全院三十多名专家、技术人员和一百余名应届大学毕业生，他们热血沸腾，暗下决心，一定要努力工作，争取早一天用自己的双手研制出我国的导弹武器。

俗话说“万事开头难”。要想在一个科学技术水平落后，工业基础薄弱的国家，白手起家发展导弹技术是非常困难的。我国的导弹技术究竟应该选择一条什么样的发展道路？是靠自己从零开始，还是完全依赖国外的援助？当时主管我国国防科研的聂荣臻元帅早就认真思考了这个问题，在国防部五院成立的大会上，他阐述了“自力更生为主，力争外援和利用资本主义国家已有的科学成果”的指导思想，大会后的第七天，他向中央建议，把这个思想作为国防部五院的建院方针。两天后，毛泽东和周恩来批准了这个建议。

为了缩短我国导弹技术起步阶段的摸索过程，早在1956年8月，国务院副总理李富春就曾致函苏联部长会议主席布尔加宁，希望苏联政府“在建立和发展导弹制造事业方面给中国以全面援助”。1957年9月7日，以聂荣臻为团长，陈赓、宋任穷为副团长的中国政府代表团前往苏联，就寻求导弹援助

等问题同苏方谈判。经过一个多月的谈判，10月15日，中苏双方在莫斯科签订了《关于生产新式武器和军事技术装备以及在中国建立综合性的原子工业的协定》（简称《国防新技术协定》）。这个协定规定，从1957年至1961年底，苏联将在原子能技术、导弹武器、作战飞机、雷达无线电技术、靶场建设等方面向中国提供技术援助，其中包括向中国提供几种导弹样品和有关技术资料，并派遣专家帮助中国仿制导弹。

于是，根据《国防新技术协定》规定，1957年12月24日，苏军一个缩编的导弹营连同两枚P-2近程导弹和一套地面设备秘密抵达北京。此前，苏联13名专家和两枚P-1导弹已先期交付中方。P-1导弹是苏联二战时缴获的德国V-2导弹的改称。



1956年12月29日，国防部五院总设计室主任任新民代表中方在苏联援助的P-1导弹实物交接协议上签字

仿制就像爬楼梯

P-2导弹全长17.7米，最大直径1.65米，起飞重量20.5吨，射程590千米。全弹由头部、稳定裙、酒精贮箱、液氧贮箱、中段壳体、仪器舱、尾段和发动机等几大部分组成。导弹的尾部装有4个梯形尾翼，推进剂为液氧

和酒精，弹头采用常规装药。它是苏联利用二战中被俘的德国导弹技术人员，在德制 V-2 导弹的基础上加以改进，于 1950 年研制成功的地地近程导弹。P-2 导弹运抵北京后，钱学森、任新民和梁守槃等我国专家通过其外形和技术指标，确认这是一种已经被淘汰的初级导弹型号。

正如专家们判断的一样，就在苏联同意向我国提供 P-2 导弹的 1957 年，苏联已经研制成功了射程为 8 000 千米的 P-7 洲际导弹，美国也首次发射成功了射程为 2 400 千米的雷神中程导弹，射程 10 000 千米的宇宙神导弹也已经箭在弦上。基于这种情况，再加上受“大跃进”运动“高指标”和“浮夸风”的影响，仿制之初，我国的一些同志产生了“与其仿制，不如自行设计”的思想，甚至提出了“3 年打到太平洋，5 年放个‘小月亮’”等不切实际的口号。

针对这种情况，聂荣臻耐心地告诫大家，要先学会走路，然后再跑步。仿制就像爬楼梯，爬完了第一层，再爬第二层。他还说，苏联给的东西虽然不是最先进的，但却是我们没有的，应当好好学习。经过认真讨论，科研人员很快端正了对仿制的态度。

1958 年 6 月，苏联提供的第一批 P-2 导弹武器的图纸资料运抵我国。国防部五院立即组织技术人员投入了紧张的翻译和复制工作。北京的 7 月正是盛夏季节，酷热难当，翻译人员在十分艰苦的条件下，夜以继日地赶译。留学回国的材料专家姚桐斌当时正患感冒，咳嗽得非常厉害，他找了一些甘草片含在嘴里止咳，坚持审稿。一个忙碌的夜晚，钱学森和机关人员带着西瓜赶来慰问译制人员，大家倦意顿消，精神倍增。

经过突击译制，第一批 P-2 导弹的图纸资料很快翻译完成，并下发到承制工厂。8 月底，苏联导弹专家陆续来华，具体指导导弹仿制工作。

一个月后，国防部五院正式将 P-2 导弹在我国的仿制型号命名为“1059”，意思是要争取在 1959 年 10 月 1 日前完成仿制，并进行首次飞行试验。

打倒四只“拦路虎”

导弹技术是现代科学技术和基础工业成就的高度集成，是国家规模的庞大系统工程，它涉及到诸多国民经济部门和技术领域。而刚刚成立不久的新中国，科学技术的落后面貌还未改变，工业基础十分薄弱。因此，尽管 P-2

导弹在当时已经是苏联的退役型号，但我国在仿制过程中仍遇到了重重困难。面对困难，参加仿制的所有人员没有退缩，他们百折不挠，用自己的聪明才智和忘我工作的精神，把一个又一个“拦路虎”踩在了脚下。

仿制遇到的第一只“拦路虎”是缺少一个研究和生产基地。为了能在仿制过程中有一个导弹试制厂，经过反复论证，国家投资对北京南郊一座建于清朝宣统年间的飞机修理厂进行改扩建，使这座飞机修理厂成为仿制导弹的摇篮。这项改扩建工程被列为建国初期重大工程之一。

在抢建导弹研制基地的同时，导弹的仿制开展了全国性大协作。当时，全国直接和间接参加仿制的单位有一千四百多个，其中主要承制厂有六十多个。这些单位涉及航空、电子、兵器、冶金、建材、轻工、纺织和商业等领域。像“1059”的发动机是在沈阳仿制的，其他如裙部、箱底、尾段蒙皮、环形气瓶、过氧化氢箱等大型钣金件都是依靠兄弟单位完成的。

缺乏导弹知识，不懂导弹技术是仿制人员遇到的第二只“拦路虎”。苏联提供的导弹实物，使我国的导弹仿制人员第一次亲眼见到了这种现代战争的“宠儿”。但是，除了少数几名专家外，其他参加仿制的年轻人差不多都是刚刚毕业不久的大学生，制造导弹对他们来说几乎都是“门外汉”。为了及时补上导弹理论这一课，这些刚放下书本不久的年轻人再一次捧起了书本。图书馆、办公室的灯光经常亮到深夜，领导干部们赶都赶不走这些埋头学习的年轻人。专家们对年轻人的学习给予了极大支持和帮助。院长钱学森



20世纪五六十年代，科研人员利用手摇计算机攻克技术难关

亲自讲授了《导弹概论》，庄逢甘讲授了《空气动力学》，梁守槃讲授了《火箭发动机》。院党委还及时发出了虚心向苏联专家学习的《紧急通知》，要求仿制人员务必把导弹资料学深学透，包括每个字、每句话，每根线条、每个符号，凡是不会的、有疑问的必须虚心向苏联专家学

习和请教。同时，技术人员还要下厂配合生产，并在仿制实践中学习。

和学习导弹理论相比，导弹制造技术的学习要困难得多。导弹仿制之初，试制厂只有3名焊接技术人员和4台落后的焊接设备，专业焊接工人不足10名。而焊接工艺却是导弹制造的基础工艺之一，推进剂贮箱、尾段、尾翼等部段都需要焊接完成。可以毫不夸张地这样说，缺乏焊接人员，导弹的仿制就无法进行。

困难不言而喻。然而，困难阻挡不住航天创业者们的坚定脚步。

为了满足仿制生产的需要，工厂将铆接车间改成了焊接车间，240名铆工为此放弃了原来的技术，从头学习焊接知识。当时国内不能生产氩气，为了尽快培养出氩弧焊工，工厂以昂贵的价格从国外进口。后来国内也可以生产了，可是一开始每瓶的价格却高达20万元，而且一瓶使用不了几天。所以，当时培养一名氩弧焊工的费用超过培养一名战斗机驾驶员。因此，人们把氩弧焊工的手叫做“金手”。

高昂的付出得到了应有的回报。经过严格培训，没过多久，导弹试制厂就培养出一批技术过硬的焊工，他们分别掌握了埋弧自动焊、手工自动氩弧焊等技术，焊出了一批又一批合格产品，满足了导弹仿制的需要，并在后来其他型号导弹的研制中发挥了重要作用。

除了学习焊接工艺技术，为全面掌握导弹的制造技术，导弹试制厂从1958年开始，先后派出千余人次到兄弟单位学习不锈钢精加工、大型钣金冲压、表面处理和精密铸造等技术，发动机燃烧室车间和导弹总装车间甚至全班人马拉出去学习、“取经”。同时，工厂对P-2导弹进行了4次拆装练习，完善了工艺装备和工艺规程，提高了技术人员和工人的技术水平。

通过认真学习，仿制人员很快掌握了导弹的基本知识和制造技术，为下一步仿制奠定了扎实的技术基础。

材料短缺是导弹仿制中遇到的第三只“拦路虎”。俗话说“巧妇难为无米之炊”。当时，弹上采用的许多材料国内从未生产过，有的虽然能生产，但是品种、规格不能配套，有的质量也满足不了技术要求。多方面原因加在一起，使仿制工作无法顺利进行，原定1959年7月开始的零组件生产不得不停工待料。对此，聂荣臻在国防部五院的报告上批示说：“我意，外料未到，应用国料试制，不要专赖外援。在试验过程中可能遇到失败，决不可怕。只有在不断试验中才能取得经验，材料也可能在试验过程中找到出路。”



不久，国防部五院党委作出决定，经过分析、试验，以技术条件相同的材料代用苏制材料，以解燃眉之急。同时，建议国家尽快安排有关工厂积极试制。经过反复摸索，技术人员找到了多种代用材料，确保了导弹的仿制进度。据不完全统计，在整个仿制中，仅弹体结构的材料代换率就达40%，在376种辅助材料中，有80%以上是用代料方法解决的。

在仿制过程中，仿制人员从实际出发，在理解图纸资料的基础上敢于创新。至今，参加过“1059”导弹仿制的一辈航天人中仍流传着这样一个故事：“1059”导弹发动机液氧活门的密封垫圈要求很高，苏联图纸规定只能用3岁公牛臀部上没有鞭伤的牛皮制作。对此，我国的导弹仿制人员没有简单地照抄照搬，而是结合我国的国情，在吃透技术文件的基础上，经过反复试验，合理地制定了新的技术标准，解决了材料的来源，满足了发动机的设计要求。

当时，安装在弹体前部、为推进剂箱体增压的一种代号为“A3-7”的气瓶成为仿制中的关键项目之一。如果完全按照苏联的技术要求，根本仿制不出来。一是它的设计要求高，工艺难度大；二是它要用一种大直径的薄壁无缝钢管制造，而当时国内只能生产大直径的厚壁无缝钢管，无法满足产品的重量要求；三是国内当时没有制造气瓶的旋压设备和对它进行热处理的重油正火炉。为此，仿制人员征求一位苏联专家的意见。这位苏联专家听完汇报后耸耸肩膀摇着头说，目前中国没有条件生产“A3-7”气瓶。他要求，为了不影响“1059”导弹的仿制进度，这种气瓶必须从苏联订购，或者从苏联进口薄壁无缝钢管。但是，我国的技术人员没有被此困难吓倒。在研究室主任的带领下，技术人员冒着-30℃的严寒在沈阳和抚顺等地进行实地考察，最后确定了合适的仿制工厂。接着，他们在苏联气瓶资料的基础上，结合仿制工厂的工艺特点编制了气瓶制造、试验和验收规程，并大胆采用国产厚壁无缝钢管代料，依靠老工人丰富的实践经验和高超的技术，用车加工的方法加工出薄壁钢管，然后采用自由锻造成型工艺代替旋压的方法，改造原有热处理设备，制造出了完全符合技术要求的气瓶，其中的破坏试验压力甚至超过了苏联的技术要求。

由于当时工业技术条件的限制，一批多种规格的薄钢板和部分铝合金板内部出现了分层问题，原因是板材在轧制过程中存在夹渣、气泡和非金属夹杂物。如果将这批板材全部报废重新订货，时间来不及了，因为当时弹头、弹体以及其他系统的零组件已经无法继续生产。经过认真研究，仿制人员决

定从板材中挑选合格的使用。可是，板材中哪些没有分层呢？这个关键问题摆在了冶金试验人员和总体设计人员面前。开始，他们用X光、 γ 射线、磁力等方法探伤都无济于事，为此，他们组成了攻关小组，在材料工艺研究人员的协助下，经过多种方案的比较试验，终于找到了合适的解决方法，利用超声波探伤技术解决了难题，挽救了一大批零件和板材，使仿制生产得以继续进行。



工人们在艰苦卓绝的环境中，钻研技术

“1059”导弹发动机的材料品种和规格多达上百种。这些材料不仅技术要求高，生产难度大，而且不少材料都是第一次试制。为了解决这些材料的生产问题，国防部五院副院长王净亲自出马，深入沈阳的橡胶厂和铜材加工车间、工段和生产班组，与技术人员一起研究，及时解决了橡胶件的生产、铜材供应，以及轧制1.5米宽的钢板等问题，满足了发动机生产的急需。

设备短缺是导弹仿制中遇到的第四只“拦路虎”。当时，许多仿制工厂可用于加工导弹零件的设备寥寥无几，急需焊接设备、装配夹具、大型模具和精密机床。这些设备虽然苏联援助了一些，可像大型水压机和坐标镗床等大型设备，苏联却表示希望中国自己解决。为此，仿制过程中，我国的科技人员和工人们因陋就简、土法上马，自制简易设备，或者想方设法利用国内现有设备。

导弹的弹体结构主要是由许多钣金件组成的，而大型钣金件成型的关键是要有大吨位和大台面的水压机。没有设备，使得大型钣金件的成型成了仿制的燃眉之急。为此，导弹试制厂的技术人员和苏联专家一起跑了许多地方和单位实地调查，发现只有武汉和哈尔滨的锅炉厂有这样的设备，可要么厂里的环境不符合要求，要么就是设备存在问题。眼看设备问题解决不了，技术人员心急火燎。苏联专家绝望地说：“中国没有条件制造箱底零件，建议赶快向苏联申请订货。”

关键时刻，技术人员急中生智，提出在武汉锅炉厂设备的基础上增加过