

诸神的重箭

经典战略弹道导弹

火箭是中国人发明的，我们理应懂得更多，做得更好！

邓涛 著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



诸神的重箭

经典战略弹道导弹

邓涛 著

这是一本系统性讲述战略弹道导弹发展历史、点评经典导弹型号的书。包括美国、苏联、法国、德国在 20 世纪 30 年代到 90 年代期间，各自导弹领域的发展情况。其中既讲到了现代导弹的鼻祖——V-2 火箭，也包括美国著名的潘兴导弹、苏联的 SS-20 导弹，此外还有美、苏以及法国陆基、海基、空基三位一体打击手段等。

本书涉及苏联导弹型号，西里尔字母转英文字母，P 和 R 通用。

图书在版编目 (CIP) 数据

诸神的重箭：经典战略弹道导弹/邓涛著. —北京：机械工业出版社，2017.8

ISBN 978-7-111-57833-8

I. ①诸… II. ①邓… III. ①弹道导弹 IV. ①TJ761.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 205129 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑：杨 源 责任编辑：杨 源

责任校对：杨 源 责任印制：李 昂

北京新华印刷有限公司印刷

2017 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 22.5 印张 · 2 插页 · 577 千字

0001—3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-57833-8

定价：139.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线：010-88361066

机工官网：www.cmpbook.com

读者购书热线：010-68326294

机工官博：weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网：www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网：www.cmpedu.com

推荐语

大卫用投石索击杀巨人歌利亚。古罗马军团仗臂力掷标枪杀敌。冷兵器时代，大型投石器足以破城。火药时代的本质是用化学能发射弹头杀人毁物。火箭把射程延伸到天涯海角，陀螺仪（机电式、激光-光纤式）把精度锁到纤毫，谓战略导弹也。军事科普作家邓涛先生，在航空航天领域耕耘多年，善于把政治、经济、外交风云融入琐细的技术细节中，读来有趣。此书可读可存。有中国火箭军执戈，国人安卧也。

——军事专家 宋宜昌

弹道导弹的诞生为战略武器的投掷提供了重要手段，乃至促成了世界核平衡的总体格局。今天，各国又在以弹道导弹为基础，发展精确打击手段，可能颠覆未来的战场规则。从历史和未来的角度来说，对弹道导弹的发展以及历史性意义进行研究是格外重要和必要的。邓涛先生作为《舰船知识》的优秀作者，视野广阔、知识结构完善，在本书里用精彩的演绎和剖析为读者呈现了专业的观点和有教益的知识，令人钦佩。

——《舰船知识》副主编 苏明

全书从历史维度介绍了弹道导弹的基本知识，对几大国弹道导弹系统的政治性与技术性的剖析可谓深入浅出，独树一帜。如果对弹道导弹一无所知，可以凭借此书窥其全貌；如果想进一步了解这种威力无比的核武器在持有或使用上的利弊及其政治隐喻，你也可以在本书得见一斑。

——《坦克装甲车辆》主编 刘青山

在当前“萨德”备受关注之时完成这本书，确是与人解渴。本书的内容读起来倍感深浅自如、思路滑络，足以映照作者思维的缜密，文字的张弛有度。值得开卷共享。

——《航空知识》主编 王亚男

作为我刊老作者，质疑精神是邓涛作品的一贯风格，这本由机械工业出版社出版，系统讲述战略性弹道导弹的书籍，将给读者带来非常愉悦的阅读体验。

——《坦克装甲车辆》编辑 李元逸

在现代武器装备的大家族中，弹道导弹既是威力最大、射程最远的一种，同时也是最为神秘的。而军事科普作家邓涛的这本专著，就是拉进广大读者与弹道导弹之间距离的最佳途径。无论是专业人士，还是普通的爱好者，都可以从书中找到智慧的启迪，阅读的愉悦。

——《现代兵器》编辑 黄国志



前言

战争是政治的延续，武器则是战争的手段。如果说威慑的基础是一种物质因素：必须有巨大的毁灭能力，高度的精确性和适当的突防能力。那么对弹道导弹这种核武器的投掷工具进行更深程度的探讨，也就脱离了单纯的技术范畴，具有了普遍的政治和社会性意义。要知道，远程弹道导弹是一种不同寻常的武器装备，具有独创性。这其中的原因在于，与这种现代投射工具相结合起来的核武器系统，并不象人们有时所说的，“是一种和其他武器相似的武器，只是威力较大而已”。它的威力和射程使它自成一类，而与我们过去所知道的任何武器都不同。一颗普通大小的2万吨当量原子弹产生的爆炸力，与400万枚大口径炮弹一次齐射的效果相当。一颗普通大小的100万吨当量的热核弹的爆炸力则与2亿枚野战炮弹一次齐射时相当。并且这种爆炸的效果还可以通过放射性微尘扩散。更关键的是，这种投射武器的射程趋近于地球的半个圆周，能以相当高的精确度攻击地球表面上的任何一点。可如此巨大的毁灭能力却又只需极少数人就可以发射。这实在是一次彻底的革命。事实上，第二次世界大战结束后，人们很快觉察到核武器及其投掷系统和战争有着不同以往的关系。但它与战争之间在角色问题上的辩证和内涵，又仍然是模糊不清、令人琢磨不透的。所以在战后的几十年中，人们一边在试验和挫折的迷雾中，不断探索如何掌握战略弹道导弹系统的技术途径；一边也在思考着这种令人们心态复杂的武器系统，在政治和社会层面所具有的现实性意蕴。





推荐语

前 言

第 1 章 好一个佩内明德团伙

——V-2 制导火箭的故事	1
火箭之父——冯·布劳恩的成长历程——V-2 制导火箭	2
概述	3
从痴迷火箭的孩童讲起	5
拜入名师门下	6
开始为军方工作	8
佩内明德火箭中心的建立与 V-2 火箭的诞生	9
A-4 远程火箭的技术攻关	12
“落到了错误的星球上”——V-2 火箭的大规模生产与实战应用	15
野心勃勃的超级 V-2 火箭	18
战争结束了，但火箭还要继续造	26
苏联对 V-2 火箭技术的吸收	30
美国对 V-2 火箭技术的吸收	38
冷战中 V-2 技术的发酵	42
结语	52

第 2 章 撬动地球的支点

——“潘兴”中程弹道导弹的故事	53
以“神祇”的名义！——第一代“潘兴”中程弹道导弹研发服役始末	54
一位“美国神祇”——潘兴将军其人其事	55
从“导弹 D”“红石-S”到“潘兴”的演进	60
“潘兴 I”的定型与部署	64

“潘兴 IA”的技术升级	77
不够成熟的武器	85
并没有结束的故事	88
以“神祇”的名义！——第二代“潘兴”中程弹道导弹系统研发服役始末	89
背景——战术核武器的地位不断上升	90
对“第二代潘兴”的战技性能要求与研制历程	91
“潘兴 II”末制导技术方案的确定	93
“潘兴 II”中程弹道导弹系统结构与技术特点	95
“潘兴 II”导弹系统的试验与部署情况	106
“潘兴 II”导弹与 SS-20 的对比	112
中导谈判——“潘兴 II”导弹的价值与命运	116
对“潘兴 II”导弹的历史性评价	121
结语	124

第3章 大国底气

——美、苏潜射弹道导弹的故事	125
美国潜射弹道导弹发展背后的故事	126
从轻视到重视——美国是如何开始潜射弹道导弹计划的	127
被赋予最高优先权	131
“北极星”系列潜射弹道导弹的发展	139
“海神”系列潜射弹道导弹的发展	148
“三叉戟”系列潜射弹道导弹的发展	163
谈谈“非技术性”经验与“优势”保鲜体制	182
结语	184
九层之台，起于垒土——苏联潜射弹道导弹技术探索的早期历程	186
概述	186
从斯大林的焦虑说起	187
对洲际导弹的不满——苏联海军的机遇	190
从 R-11FM 到 R-13——苏联潜射弹道导弹系统的早期成就	194
水下发射技术的突破与原因复杂的“冻结”时期	200
恢复活力，重新上路	205
R-21——苏联早期潜射弹道导弹计划的收官之作	216
结语	220

第4章 乾坤重剑

——美、苏陆基弹道导弹的故事	221
来自北美的重箭——美国陆基洲际战略导弹小传	222
概述	223
空军主导的背后	223
“以神之名”——美国第一代洲际弹道导弹	225
从液体到固体的过渡——第二代洲际弹道导弹	228
不断成熟的技术——第三代洲际弹道导弹	232
胎死腹中的遗憾——第四代洲际弹道导弹	236
结语	241
乾坤重箭——苏联陆基洲际弹道导弹系统脉络解析	242
概述	243
不只是时间优势——从 R-7 洲际弹道导弹的技术工艺性能谈起	244
被事故毁掉的信任——第一代陆基洲际弹道导弹	247
“液体”与“固体”两个流派的形成——第二代苏联洲际弹道导弹	250
对精度、饱和攻击与机动性的追求——第二代苏联洲际弹道导弹	253
机动成为主旋律——第三代苏联洲际弹道导弹	259
结语	263

第5章 法兰西的骄傲

——法国战略弹道导弹系统	264
“可畏”的雄心——法国海基弹道导弹系统发展始末	265
并不甘心的“衰落”	266
从 Q-244 到“鳗鱼”——最初的挫折	266
戴高乐的信条	270
不走寻常路的“可畏”	272
“漫长的婚礼”	273
反应堆的问题	274
热核弹头的问题	275
潜射弹道导弹的问题	277
艰难的成熟	279
关于法国第一代海基核力量建设的思考	286
结语	287
“朴素的重矛”——法国陆基战略核力量的建设	288

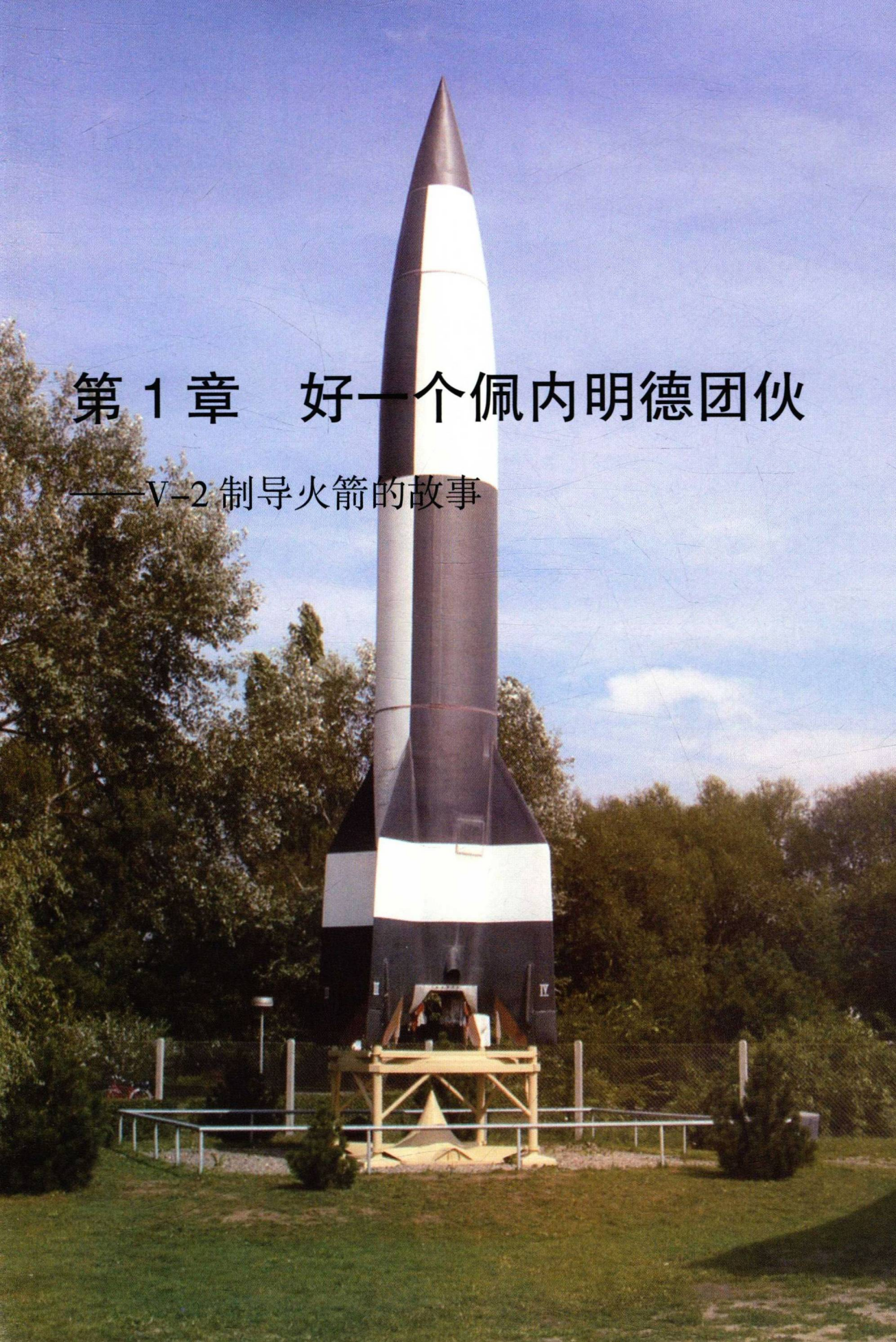
概述	289
背景——陆基核力量，不可或缺的选择	289
法国陆基弹道导弹系统建设的研发布局与投入	294
S1/2 中程（战略）弹道导弹的研发部署	300
S3 中程（战略）弹道导弹的研发部署	304
急流勇退	310
结语	315

第6章 矛来盾往

——对前沿反导技术的解析	316
“奈基X”的滥觞——对 THAAD 系统早期技术源头的探究	317
“奈基—宙斯”——THAAD 的技术源头	318
“钻空子”——对“限制损害”的别样解读	320
“卫兵”项目的下马与原因解析	326
结语	330
THAAD 的发展溯源与技术解析	331
早期技术铺垫	332
由 SDI 到 THAAD	332
THAAD 系统的技术难点与性能考量	334
THAAD 系统的架构与作战流程	337
结语	340
THAAD 系统的政治语意	341
有关 THAAD 系统威慑性的伪命题	342
THAAD 系统的政治语意之一——“拒止性威慑”	343
THAAD 系统的政治语意之二——武装劝导	347
结语	351

第 1 章 好一个佩内明德团伙

——V-2 制导火箭的故事



火箭之父——冯·布劳恩的成长历程

V-2 制导火箭

人类自古就有将武器的打击距离和杀伤效能最大化的需求，只是受到所处时代科学技术发展水平的制约，这种需求只能处于隐性的潜在状态——巨型火炮和重型轰炸机都未能使人如愿以偿。不过，随着科学技术的发展及其在军事上的应用，这种需求在 V-2 出现后终于有了转化为现实的可能——拥有精密制导系统的远程火箭的产生，使得人类自古以来对兵器打击距离与杀伤效能最大化的追求在一件武器系统上得到了完美统一。这种新型武器不但射程远，而且一经发射，飞行时间短，难以预警和拦

截，所以从一开始便被视为一种划时代武器。“二战”期间，纳粹德国发射了 3000 多枚 V-2 火箭袭击英国、法国、比利时等国家，尽管造成的人员伤亡和财产损失在那场惨烈的战争中显得“微不足道”，但在民众心目中引起的恐慌却令人印象深刻……不过，作为世界上第一种实用型远程制导火箭武器，V-2 无疑具有举足轻重的地位，但遗憾的是，由于种种原因，对 V-2 来龙去脉进行系统性梳理的文字却相当罕见，而本文写作的目的正在于此。

艺术家笔下的 P-51 “大战” V-2





1945年1月，一枚V-2火箭将安特卫普的一个广场变成了人间炼狱

概述

武器从本质上来说是战场上人类肢体的替代和延伸物。“历史研究发现，兵器从一开始就分为两大类：劈刺式和投掷式。史前人类所用的棍棒是最原始的劈刺式兵器，最早的投掷式兵器则是人类投向敌人或猎物的石块。”当原始战争中人们拾起木棒和石块作为武器作战时，就已经说明了人类对于武器两个基本功能的需求：一个是以劈刺式为代表的近程武器，这是对人类肢体力量的加强，以此来加强打击力度；另一个是以投掷式为代表的远程武器，这是对人类肢体长度的延伸，以此来增大打击范围。在漫长的历史中，人们一直立足于所处的社会生产力水平，不断致力于强化武器这两方面的功能。随着历史的推进，武器的打击距离和杀伤效能也随之不断提升，这是与社会生产力水平不断提高有着直接关联的。但是武器性能的提升，并不是渐进积累式的，而是随着科学技术几次大的飞跃，经历了革命式的发展。

在原始时期，人类社会生产力水平十分低下，用于作战的武器也是用于生产的工具，对此恩格斯早有论述：“根据所发现的史前时期的人的遗物来判断，并且根据最早历史时期的人群和现在最不开化的野蛮人的生活方式来判断，最古老的工具是些什么东西呢？是打猎的工具和捕鱼的工具，而前者同时又是武器。”这些武器或者说工具往往是就地取材而来，最早由树棍、石块构成。随着金属冶炼技术的发展，树棍演化为刀枪剑戟等近身格斗武器，石块则演化为弓弩、抛石机等远程作战武器。火药的大规模军事应用造成了武器的第一次革命，将人类带入热兵器时代。热兵器使得加强肢体力量与延伸肢体长度的要求得到了统一，因而使得远程武器逐渐取代了近程武器。事实上，人类自有战争起，便一直致力于将兵器打击距离与杀伤效能推向极致，但是由于科学技术的发展不是一蹴而就的，因而这种努力所能取得的成就也只能随着科学技术的发展而缓慢进步。与弓箭和投石机相比，火炮的投掷距离和杀伤性已经大大延伸了，而当人类战争由火器时代进一步迈入机械化时代，随着军事航空技术的发展，又出现了多引擎重型轰炸机，这似乎使得人类获得了一种接近于理想的远程武器投掷工具。不过，或许携带大量航空弹药的重型轰炸机确实能够在理论上实现对敌方纵深目标的战略打击，但由于战略



轰炸机对航空基地依赖性高、速度相对较慢，存在容易被提前摧毁或被中途拦截等诸多不足，实战表现令人失望。直到 1944 年，V-2 液体动力远程火箭投入实战应用，人类的战争手段才真正克服了这些不足，为实现战争手段的打击距离与杀伤效能最大化提供了理想途径。也正因为如此，V-2 火箭不仅在战后开创了一个“属于自己的时代”，而且其技术发酵的余波至今仍在回荡。

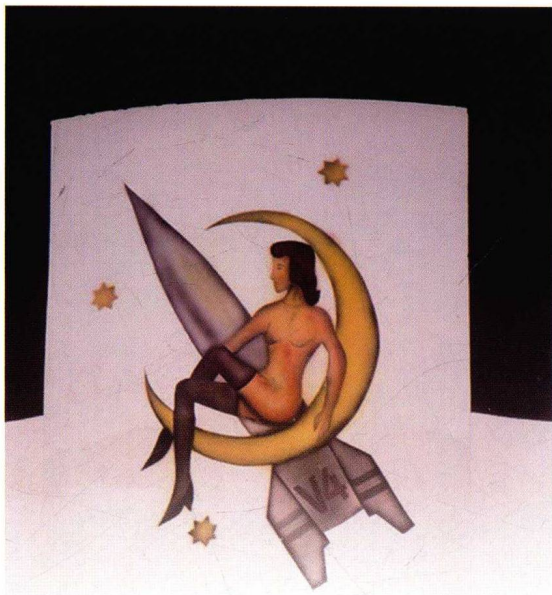


澳大利亚战争博物馆馆藏的一枚 V-2 火箭实物

从痴迷火箭的儿童讲起

如果要谈论 V-2，那沃纳·冯·布劳恩这个人，无论如何不应该也不可能被“绕过”。至于这其中的原因很简单——沃纳·冯·布劳恩正是这枚火箭的缔造者。1912年3月23日，沃纳·冯·布劳恩出生于东普鲁士维尔西茨的一个容克贵族世家，在家排行老二。当时他的父亲马格努斯·冯·布劳恩男爵是省议会议员，以精明强干而出名。后来，马格努斯又成为德国魏玛共和国的农业部长，也是德国储蓄银行的创办者之一。为此，他带着妻儿移居柏林。他的长子西吉斯蒙德1911年出生，次子即沃纳，幼子马格努斯生于1919年。

沃纳·冯·布劳恩征服宇宙的热情可以溯源于母亲的影响。他的母亲埃米·冯·布劳恩男爵夫人出身瑞（典）德（国）贵族世家，是一位很有教养的贵族女士。她酷爱文学和音乐，能熟练地运用6种语言，还是一个业余天文学爱好者。她很注意培养小沃纳的好奇心。当儿子在路德派教堂行坚信礼时，她没有按惯例给他金表，却给了他一具望远镜。“于是，我从此便成了一个天文爱好者，从而对宇宙产生了兴趣。”冯·布劳恩后来回忆说。再后来，冯·布劳恩很自然地对有朝一日能把人类送上月球的飞行器产生了兴趣。



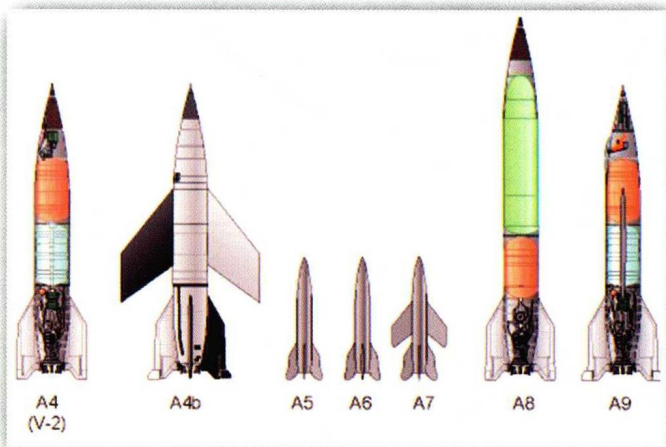
作为一名天文爱好者，沃纳·冯·布劳恩很自然地有朝一日能把人类送上月球的飞行器产生了兴趣

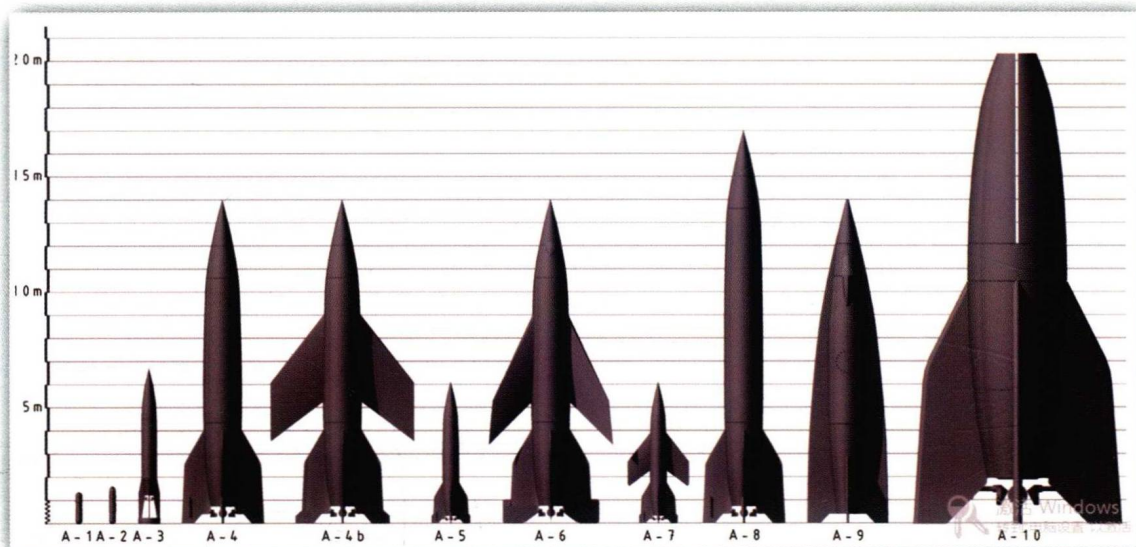
沃纳·冯·布劳恩 13 岁时在柏林豪华的使馆区街道上进行了第一次火箭试验。他从一个焰火商那里买到了 6 支特大号的焰火，绑在自己的滑板车上。暮年的冯·布劳恩不无得意地回忆道：“车子完全脱离了控制，拖着彗星尾巴似的火焰冲出去了。我万万没有想到我的火箭会有这么大的威力。最后，焰火在雷鸣般的一声巨响中燃烧干净，车子也停了下来。警察很快就把我抓住。幸好没有人受伤，所以我就被释放了，交给了农业部长——我的父亲去管教。”事实上，当时冯·布劳恩发现，有许多东西值得探究，但是这些在他上的法国人办的大学预科学校课程里几乎都没有。在十分关键的一个学年，冯·布劳恩打定主意要在父亲的汽车房里自己动手造汽车。但是这位年轻发明家的汽车没造好，却耽误了他复习功课的时间，结果冯·布劳恩的数学和物理两门功课都不及格。他的父亲决定让他转往另一所风格不同的学校。1925 年，冯·布劳恩读到了赫尔曼·奥伯特（H. J. Oberth）写的《通向星际空间之路》一书。从此，他毫不犹豫地选定了自己的终身事业：征服宇宙空间。后来他回忆：“把书打开

一看，我吓呆了，满页都是五花八门的数学公式，叫人莫名其妙。我跑去找数学老师，问他怎样才能弄懂赫尔曼·奥伯特说的话。他要我好好学习数学和物理，那恰恰是我最差的两门功课！”冯·布劳恩决心要取得成功。他全力攻读这两门叫人头痛的学科，成绩逐渐提高。1928 年，他转学到北海施皮克罗格岛上的赫尔曼·利茨学校。这所学校的学生上午上完 6 小时课以后，把下午的时间花在木工、石工或农事方面。这比起将拉丁文散文翻译成法文来，更对他的胃口。因为渴望弄懂奥伯特航天书里的各种符号，他知难而进，不久就成了班上功课最好的学生。

拜入名师门下

在完成了赫尔曼·利茨学校的课程后，冯·布劳恩回到柏林，在夏洛滕堡工学院注册入学。按照学校严格的校规和极其注重实践的条例，他必须同时在博尔西西机器厂当学徒。进厂头一天，一个工头给了他一块和茶壶一样大的铁块和一把锉刀，要求把它做成一个完好的立方体。布劳恩最初锉出来的东西无论如何也不能让工头满意。后来他回忆说：“5 个星期过去了，铁块一天天越来越小，我的手指却越来越粗糙。但是我决心磨出一个他挑不出毛病的立方体。最后，我把费尽全力做出来的成品交给他，只比胡桃略大一点。他透过布满灰尘的眼镜凝视着，对每一面都做了检查，我的心直跳。全部辛苦所得到的报偿只是他说了一声——好！”冯·布劳恩不仅当过钳工学徒，还开过车床和牛头刨



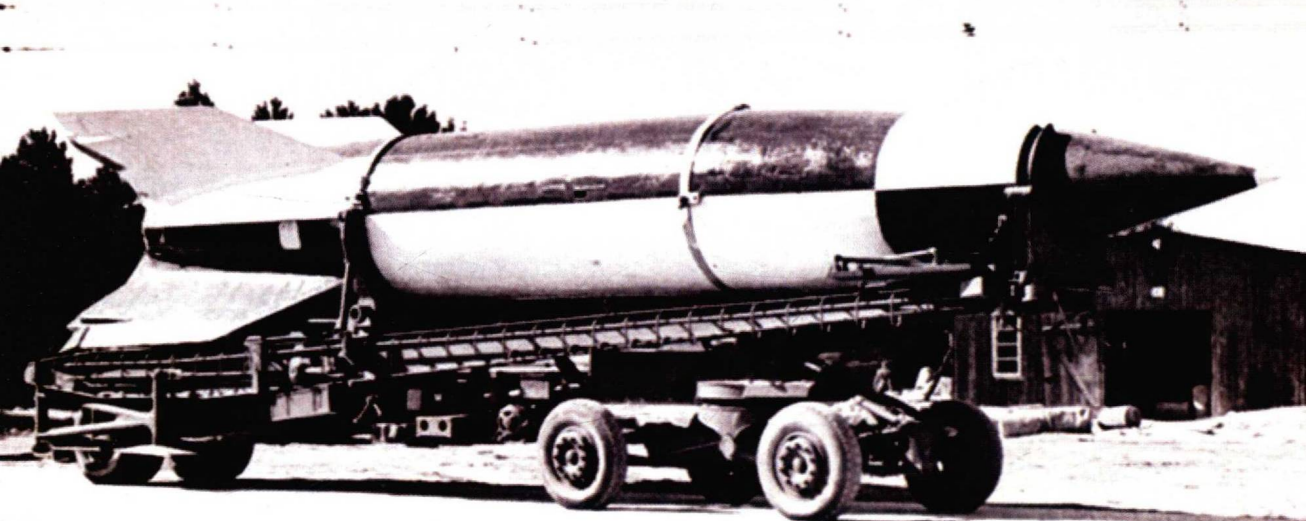


冯·布劳恩的火箭家族谱系

床，并且在铸工车间和锻工车间干过3个月。学徒期满后，他还在机车装配库工作过。后来的事实表明，这段在工厂的实习经历，对冯·布劳恩日后的事业影响极大——他养成了凡事亲力亲为的习惯。

冯·布劳恩进入工学院之时，德国正处于业余爱好者研究火箭技术的热潮。不断有人把火药火箭用于驱动雪橇、车辆甚至飞机，打破了若干个世界纪录。但是影响最大的还是赫尔曼·奥伯特教授，由于他写的理论与实践相结合的宇航著作，常常被人们称为“现代火箭技术的先驱”。1930年春，奥伯特从罗马尼亚老家回到德国，准备开始进行

试验，以证实他的论点：火箭动力的最佳来源是液体而不是火药。就在这个时候，冯·布劳恩通过朋友的帮助，幸运地见到了久仰的奥伯特教授。冯·布劳恩对奥伯特说：“我还在技校学习，除了业余时间和热情以外一无所有，但是我能帮助做点什么事吗？”教授说：“你马上就来吧。”就这样，冯·布劳恩拜入了奥伯特门下，成为其弟子，并参加了奥伯特创建的德国空间旅行协会，很快又成为理事会成员。奥伯特还得到其他的助手鲁道夫·内贝尔（Rudolf Nebel）和克劳斯·里德尔（Klaus Riedel）等人的帮助。他们的微型液体火箭发动机试验在1930年7月终于获



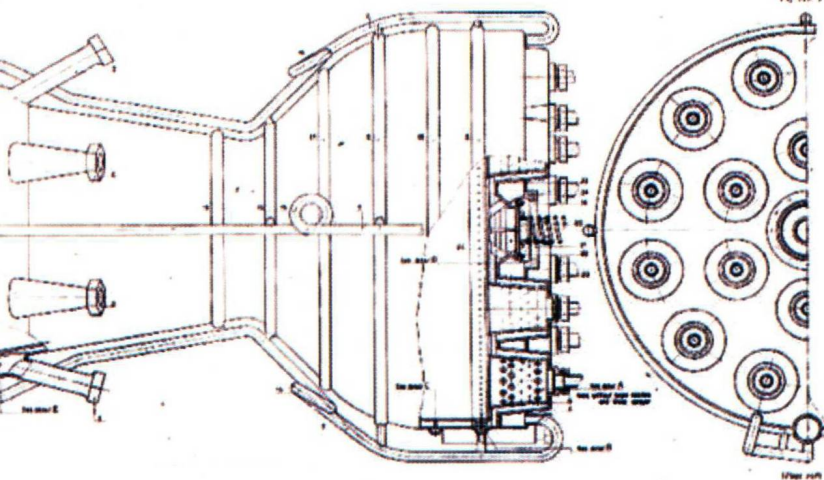
V-2 火箭不仅在战后开创了一个“属于自己的时代”，而且其技术发酵的余波至今仍在回荡

得了部分成功。他请来了国立化工研究室的一位里特尔博士，证明发动机在 90 秒内产生出 7 千克推力。在这一过程中，消耗汽油和液氧 4.79 千克。可惜的是，奥伯特由于经济上的原因，不久以后重新被迫在罗马尼亚任教。但是他的助手鲁道夫·内贝尔带领大家继续研究液体燃料火箭技术。

冯·布劳恩后来回忆说：“回顾过去，我们的事业主要是基于乐观主义和一片痴迷，但是这并不妨碍我们在火箭发动机设计方面取得十分可观的进展。但是我们还是必须把第一枚火箭射上天。没有这种看得见摸得着的成就来为我们自己增光，就很难指望我们自命不凡的火箭飞行场在经济上能生存下去。”1931 年夏天，冯·布劳恩暂时到瑞士苏黎世的联邦工学院去深造。10 月份他

回国正赶上内贝尔小组头一次公开表演发射微型火箭“米拉克 1 号”。由于推力不足，在发射导轨中上升不到一半的距离，就因燃料耗尽又悄悄地落到原来的位置上。经过改进后，没过几个星期，这种火箭终于成功上升到 304.8 米以上的高度。显然，目睹“米拉克 1 号”的成功对冯·布劳恩的冲击是巨大的。冯·布劳恩于 1932 年春从夏洛滕堡工学院毕业，并获得航空工程学士学位，本应继续深造，但他却决定转入柏林大学。事实上，在奥伯特以及内贝尔火箭小组的研制实践使他认识到，要掌握火箭和宇航技术征服外层空间，仅有工学知识是不够的。必须精通更多的包括物理、化学和天文学在内的理论科学，才能透彻地理解相关问题的所有方面，并建立新的火箭发动机理论，而柏林大学

恰恰具备这样的学习条件——当时，杰出的物理学家马克斯·冯·劳厄（M. T. F. Von Laue, 1879—1960）和埃尔温·薛定谔（E. Schrodinger, 1887—1961）都在柏林大学任教。这就使得冯·布劳恩的学术根基开始变得丰满起来。



冯·布劳恩后来回忆说：“回顾过去，我们的事业主要是基于乐观主义和一片痴迷，但是这并不妨碍我们在火箭发动机设计方面取得十分可观的进展。”

开始为军方工作

无论是奥伯特小组还是内贝尔火箭小组都没有像样的经费来源，只能依靠宇航爱好者的捐助和义务劳动以及通过宣传和发射表演获得其他一些社会赞助，小打小闹，眼看就要难以维持下去。不过到了 1932 年春天，德国火箭小组的工作终于引起了德国陆军武器局的注意，这使事情有了根本性的转机。由于《凡尔赛条约》的限制，战后德军的武器发展，尤其是火炮数量和口径受到严格限制，为寻找发展出路和摆脱受制于人的困境，

德军将目光投向了不受条约限制的火箭武器。1930 年 12 月 17 日德国陆军部（HWA）召开正式的火箭武器研制会议，标志着德国官方军用火箭计划的开始。1930 年至 1932 年底，在柏林西南部 40 千米处的库默斯多夫（Kummersdorf）建设了“西部试验站”（Versuchsstelle West），其首要任务是测试和开发远程火箭。德国陆军武器局希望德国能发展一种液体推进剂火箭，可以用工业方法生产，射程比任何大炮都远。经过几次接触，德国陆军武器局发射技术及军火弹药（第