



中学生高科技丛书

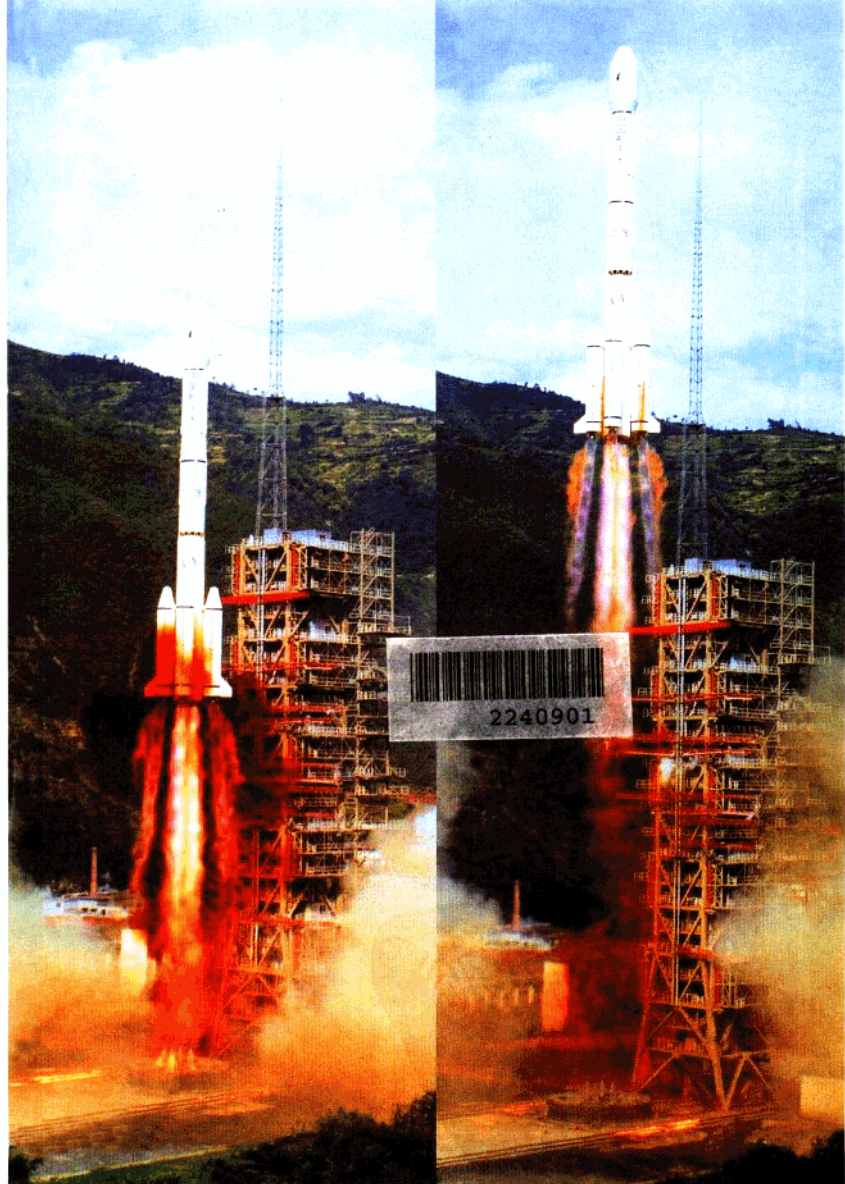
神秘的登天云梯——

王明·编著

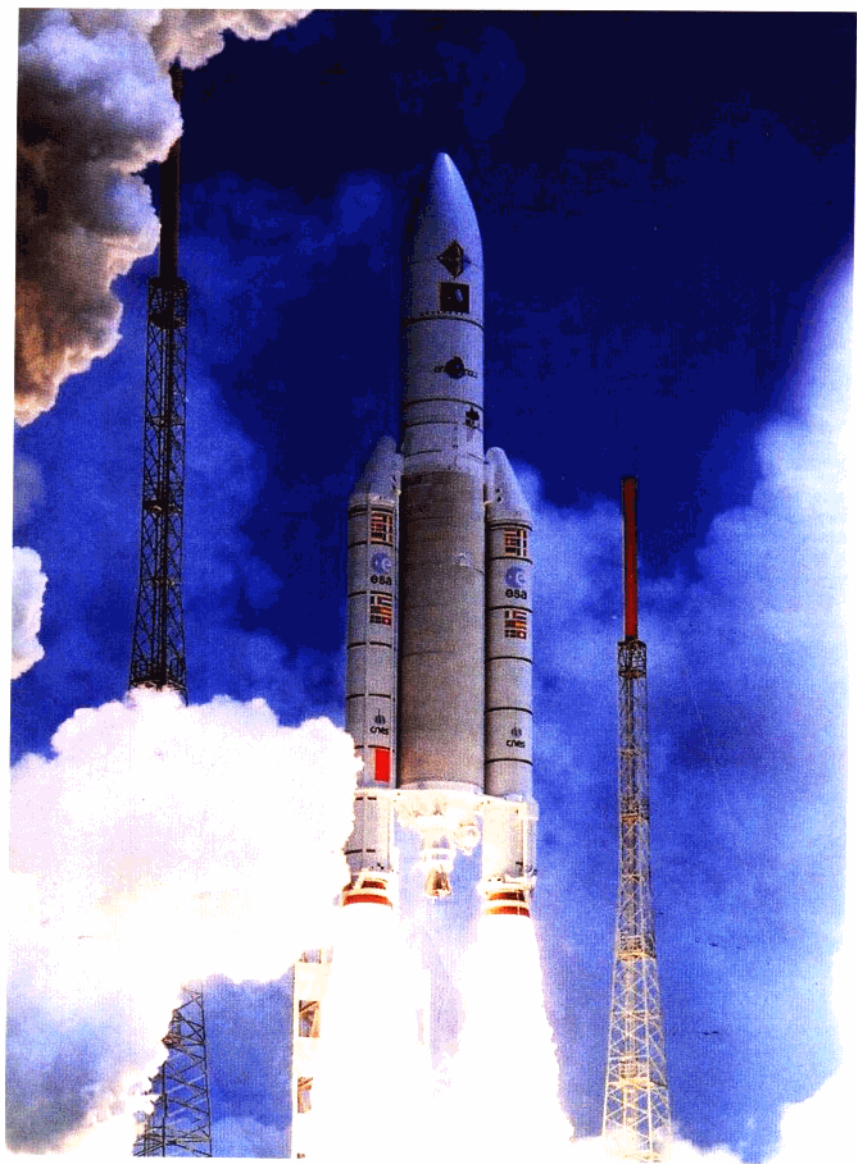
运载火箭技术



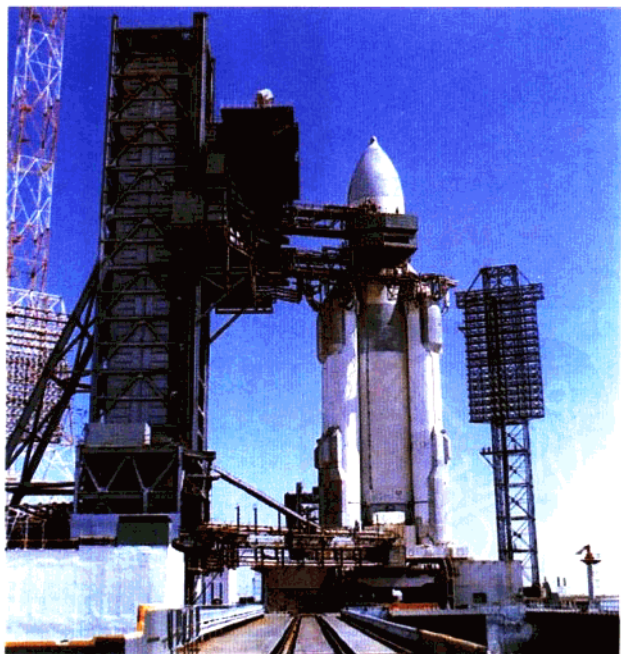
四川教育出版社



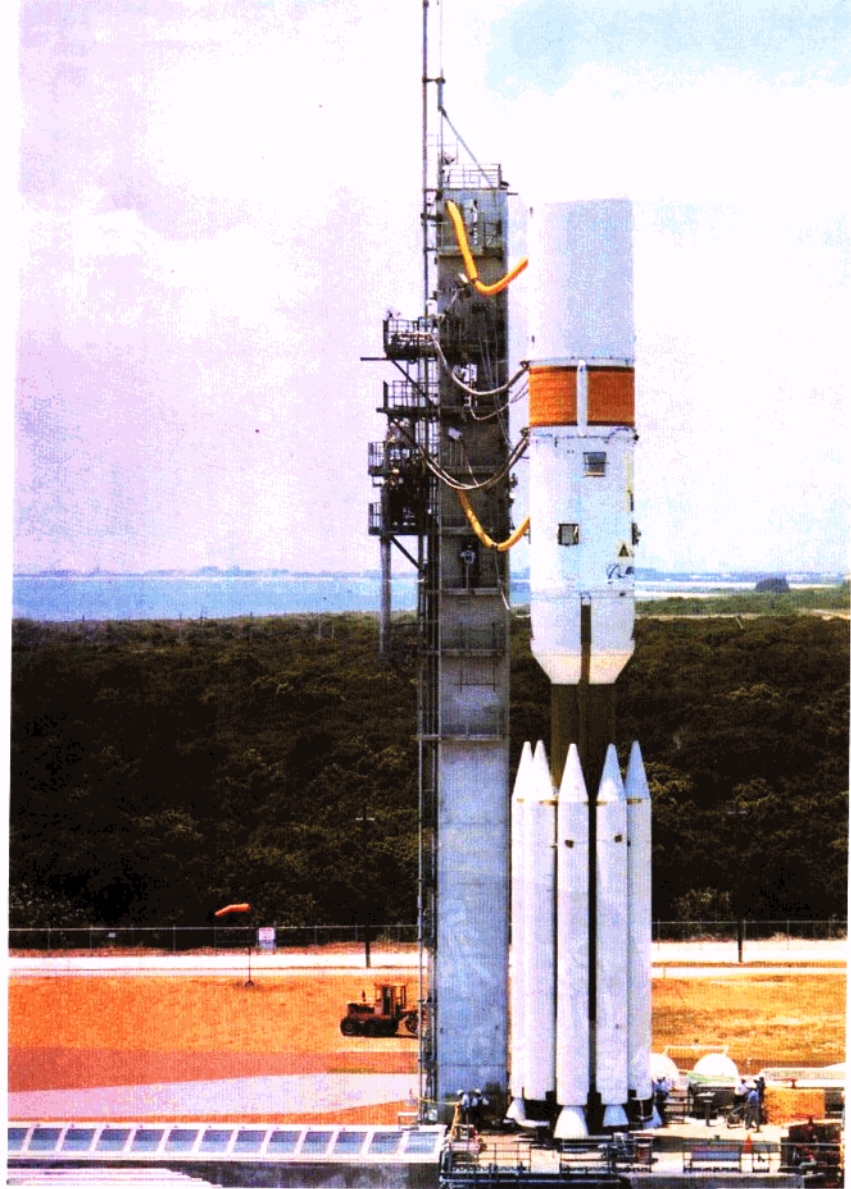
“长征三号乙”发射升空



欧洲空间局“阿里亚娜-5”运载火箭升空



俄罗斯“能源号”运载火箭



美国“德尔塔-3”火箭

“中学生高科技丛书”编委会

主 编:路甬祥

副主编:林祥棣 刘建纪

编 委:(以汉语拼音为序)

关晓岗 姜福远 蒋耀忠 李伯刚

李后强 林金桐 刘盛纲 唐瑾怀

涂铭旌 王 俨 解 源 张景中

学习新知识 迎接新世纪

——“中学生高科技丛书”序

我们正处在一个科学技术迅猛发展的时代,知识、信息高速增长,“科学技术是第一生产力”成为无可争议的事实,全球化知识经济正向我们走来。知识经济是发达国家进入后工业社会或者说信息社会之后才逐步形成的,在经济发展日益全球化的今天,对还没有完全实现工业化的中国来说,无疑既是一个巨大的挑战,也是一个新的机会。

发达国家凭借手中的知识与技术优势抢占市场,对发展中国家进行不平等交换,发动经济攻势;而发展中国家要想改变自身的被动地位,就必须提高国民科学文化素质,增强科学技术的自主创新能力。江泽民同志指出:“一个没有创新能力的民族,难以屹立于世界先进民族之林。作为一个独立自主的社会主义大国,我们必须在科技方面掌握自己的命运。”我们国家多年来坚持建设有中国特色的社会主义,已发展成为世界上举足轻重的大国,在全球多极化的格局中占有重要的一席之地,在国际上赢得了很高的声誉。但面对复杂多变的国际形势,中国能否取得更多发展的自主权,将取决于我们知识创新的能力和水平。

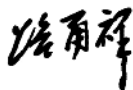
知识创新的基础在于人才,所以从长远的和可持续发展的观点来看,知识创新要从教育抓起,尤其要从青少年的教育抓

起。我们科技工作者在从事科技创新、为国家经济和社会发展提供更多科技成果的同时,也负有知识普及、传播的社会使命,有责任弘扬科学精神,破除封建迷信,普及科学方法,为社会作出更大贡献。我们对年轻人的教育培养能够做到具备科学精神及科学方法、知识结构合理,树立科学的世界观和正确的人生观,这样培养出的人才,才能够适应知识经济时代的要求。

我国的科普工作,尤其是面向青少年的科普工作,与国外相比还相对薄弱;而专门针对中学生(以及其他中等文化程度的读者)的科普作品则更少。我们很高兴地看到四川教育出版社组织编纂这套“中学生高科技丛书”,中国科学院及其他科研单位、高等学校的专家也应邀积极投入撰写工作,协助四川教育出版社出好这套书,希望从这个方面为科教兴国作出一份贡献。

这套丛书将分批出版,包括了信息技术、生物技术、航天技术、新材料、新能源等高新科技领域。丛书的每一本以上列某领域的一个分支为内容,基本上把有关分支领域的历史沿革、基础知识特别是在科技、经济、社会等方面的主要应用和较前沿的发展趋势都作了深入浅出的介绍,许多资深专家和科技工作者为此付出了辛勤的劳动。希望广大的中学生及读者朋友能够从这套丛书中获得高新技术的启迪,并从对科学知识的汲取中不断充实和提高自己,为在新世纪中为实现祖国和人类社会的新的繁荣贡献智慧和力量。

中国科学院院长



火箭被称为近现代十大科技发明之一一点也不过分，因为火箭的诞生和发展给人类的行为和观念带来了深刻的变化。

火箭的应用首先反映在军事上。火箭携带不同的弹头就是如今最具杀伤力的武器之一，包括各种火箭弹，火箭炮，常规导弹，各种射程的弹道导弹，洲际导弹等。一些远程导弹可以击中地球上任何地方的目标。军事上的应用还不仅这些，如今各种军事卫星包括侦察卫星、军用通信卫星、导航卫星、军用气象卫星、导弹预警卫星等为陆海空三军提供几乎一切他们想要的信息和数据，而这些卫星都是通过运载火箭发射上天的。可以说，火箭技术在军事上具有极高的战术地位和战略地位。

火箭的民用主要体现在用它作运载工具，发射各类人造卫星上。现在，各行各业包括工业、农业、商业、交通运输业和金融保险业都在享受卫星提供的优质服务。实际上，我们就生活在卫星时代。今天，我们可以坐在家里欣赏世界各地的现场直播电视节目；也可以打开电脑，穿梭于信息高速公路；使用移动电话，享受全

前言

球漫游；我们知道出门该不该带上雨具，这只需看一看气象卫星为我们提供的天气预报即可。这些都有火箭的功劳，没有火箭，这一切都无从谈起。

火箭对科学技术的贡献更令人钦佩。火箭技术本身就带动了一系列相关科学和技术，比如化工技术、材料科学、新型工艺的进步和发展。更了不起的是，它使我们飞向太空，实现了人类几千年来梦想。火箭诞生以前，人们只能在地球上，依靠庞大的天文望远镜对宇宙空间进行观察。现在，我们已实现了太空行走，也踏上了月球的土地。至今，我们对宇宙空间进行了大量的探索和研究，甚至建立了空间实验室、空间站和空间工厂，对太阳系九大行星中的八个进行了探测。对这些行星及行星间的物质和奥秘进行了科学研究，取得了重大成果，并已经向太阳系以外的太空深处进发。这些空间科学技术的发展首先就是运载火箭技术的发展。

火箭的魅力还在于它那挣脱地球引力束缚的力量和陌路先锋的勇气以及自我奉献的精神。火箭有一种超凡脱俗的气质。这使得我们不得不去接近它、了解它、熟悉它、追踪它的足迹。

目 录

前言	1
一、火箭原理的奠基人	1
太空旅行之梦	(1)
齐奥尔科夫斯基公式	(3)
二、征服太空不是梦	7
火箭技术的实践者	(7)
著名的 V-2 火箭	(12)
V-2 火箭的意义	(18)
太空飞行呼唤多级火箭	(20)
运载火箭的诞生	(24)
三、运载火箭的基本常识	29
运载火箭的运动原理和构成	(30)
运载火箭的形式	(32)
运载火箭的动力系统	(36)
运载火箭的制导系统	(46)
运载火箭的结构和分离系统	(52)
四、运载火箭的发射	57
火箭发射场	(57)
运载火箭发射的准备工作	(61)
运载火箭的发射轨道	(63)

目 录

五、可重复使用的运载器——航天飞机	70
美国航天飞机计划的背景	(73)
航天飞机的总体方案	(76)
航天飞机的结构	(80)
外贮箱	(85)
固体火箭助推器	(86)
航天飞机的关键技术	(87)
航天飞机的飞行试验	(95)
航天飞机的意义	(101)
六、中国运载火箭一瞥	105
艰难起步	(106)
形成系列	(111)
走向世界	(117)
正视现实	(120)
七、运载火箭的现状和未来	122
当今世界,谁执运载火箭的牛耳?	(123)
新世纪的运载火箭	(138)

一、火箭原理的奠基人

太空旅行之梦

千百年来，人们一直梦想有朝一日去漫游太空，到月球去旅行。很多民间故事都在讲述这样一个美好的愿望，有关太空旅行的科幻小说也十分畅销。但是那些描写太空旅行的科幻作家，在很长时间里并没有意识到真实的太空几乎接近真空，因而没有一个人能对在大气层中与大气层以外的飞行作出明显的区分。他们认为地球上的空气是一直延伸到月球上的，所以认为前往月球，比前往美洲或别的什么地方所需的技术并无区别，只不过得多耽误些时间而已。

到了1783年第一个载人气球升向从未到过的太空去从事探险时，这种天真的想法就不攻自破了。因为人们很快发现垂直朝上的旅行是极其有限的，在只不过是奔向月球的几十万分之一的高空，空气就异常稀薄了。现在我们知道，这正是英国科学家牛顿发现的万有引力定律在起作用。在地球引力的作用下，地球周围我们赖以生存的空气并非均匀分布，它的密度是随高度的增加而逐渐降低的。比如，在离地面30千米的高空，

大气的密度只有海平面的 1.5%，而在 100 千米的高空，就只有海平面的百万分之一了。事实上，在离地面 6 千米的范围内，空气质量约占整个大气质量的一半，在 16 千米的范围内，约包含了整个大气质量的 3/4。

当然，那时的人们对地球大气层的了解并没有这样详细，但用气球作太空旅行的失败至少使人明白，太空旅行并非易事，用普通交通工具大概行不通。

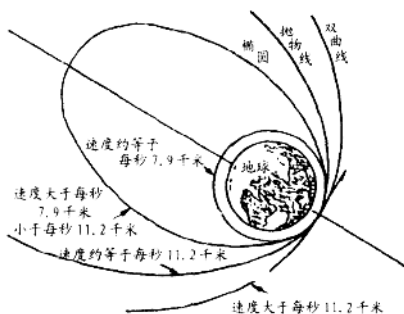


图 1-1 物体的速度与其轨道形状间的关系

尽管如此，人们并未停止对太空的幻想。在 1865 年，一个叫朱尔斯·维恩的人出版了《从地球到月球》和《月球旅行》两本科幻小说，他在小说里对太空旅行的技术问题，作了大胆的设计。他设计了一种被称之为“太空炮”的发射工具，想象让人坐在用其发射的炮弹中进行宇宙航行。虽然航天技术的发展证明，这种巨炮并非解决问题的好办法，但维恩在小说中提出的另外两个建议却证明他是一位天才的幻想家。一是他选择巨炮的发射地点，竟与现在美国肯尼迪航天中心相距不过 200 千米，这说明他已意识到发射场所是应该有所选择的；二是他认为充分了解太空旅行的根本问题，在于如何能够获得足以脱离地球的飞行初速。这就引出了后来广为人知的中学物理课本

上写明的三个宇宙速度的概念。即当我们站在地球大气层外某一点平抛物体时，当平抛速度达到 7.9 千米/秒时，物体将沿圆形轨道绕地球运行，该速度为第一宇宙速度或逃逸速度，此时物体的惯性离心力等于重力。当平抛速度达到 11.2 千米/秒时，物体将沿抛物线脱离地球引力场，一去不复返，变成绕太阳运行的人造卫星，这个速度就是第二宇宙速度。当平抛速度达到 16.7 千米/秒时，物体将飞出太阳系的引力场，进入银河系，这叫第三宇宙速度(如图 1—1 为三个宇宙速度示意图)。

以后的科幻小说依然不断出版，这些故事不仅对太空航行工具作出了想象，甚至提及了人造卫星的概念以及航天材料的选择等技术问题。但是直到 20 世纪初，俄国的齐奥尔科夫斯基发现了火箭可以用来脱离地球，并发表了火箭推进的基本公式以后，空间时代才宣告真正来临。

齐奥尔科夫斯基公式

1. 齐奥尔科夫斯基与火箭原理

1857 年，康斯坦丁·爱德瓦多维奇·齐奥尔科夫斯基诞生在莫斯科西南一个叫卡卢加的小镇上。在他 10 岁时因为得了一场猩红热而使双耳失聪，无法继续上学，所以他的学识全部来自自修，后来他在一所中学任教。他起先热衷于航空学，并在数学及物理方面颇有造诣。有一次他看完一本叫做《作为星际航行工具的火箭原理》的小册子后，发现书中许多概念都是错误的，于是他就对火箭原理进行了系统研究。他认为，作为火箭的工作环境——星际空间，肯定是处于绝对真空状态的。经过广泛的研究，他得出的结论是，只有火箭才是宇宙航行的最理想的交通工具。因为即使在真空中，牛顿第三定律——作用力与反作用力定律仍然成立，即只要有作用力(如火箭喷气)就

会存在大小相等而方向相反的反作用力(反冲力或推力)。早在1898年他便创建了火箭运动的基本数学定律,即使现在,火箭的设计都以此为依据。1903年,他发表了那篇具有历史意义的论文,题为“用反作用装置探索宇宙空间”。在这篇论文中,他提出了火箭推进的速度公式:

$$v = u \ln \frac{M_0}{M_A}$$

式中 v 为火箭最终达到的速度; M_0 为火箭的原始质量(装满推进剂^①的火箭质量), M_A 为推进剂用完后火箭的质量(最后质量); U 为火箭的喷气速度。

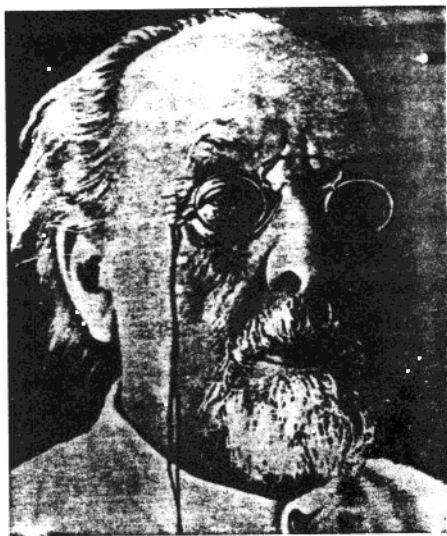


图 1-2 宇宙科学的奠基人

①推进剂:火箭发动机所使用的燃料和氧化剂的总称

齐奥尔科夫斯基的公式说明，火箭的最终速度只取决于火箭起始质量对最终质量的比(质量比)和火箭发动机的喷气速度。火箭的喷气速度越大，火箭所能达到的速度也越大；质量比越高，即火箭的结构重量所占的比例越小，火箭所能达到的速度也就越大。

齐奥尔科夫斯基的一生著述颇丰，在他的各种著作里，他甚至提出了实现宇宙飞行的技术途径，以及宇航科学的其他方面如卫星、太空衣、向太阳系拓展等等内容。起初人们对他的理论和行为都不理解，俄国皇家技术协会曾把他的著作视为“异端邪说”，斥责他“企图把青少年引向邪路”。但他最终还算幸运，在他晚年的时候，他的才识名重一时，著作畅销。20世纪30年代他成为全国的偶像，圣彼得堡在1928年至1932年出版了一大套有关星际旅行的百科全书，其中有一整册即为齐奥尔科夫斯基的专辑。他在1935年去世时享受了国葬的殊荣。

2. 齐奥尔科夫斯基的解决之道

齐奥尔科夫斯基的伟大之处，不仅在于他提出了火箭的飞行原理，而且还在于他提出了实现火箭飞行的技术途径。

齐奥尔科夫斯基为了进行火箭飞行的研究，自制了俄国第一座风洞(一种进行空气动力试验研究的设备)和火箭缩比模型，用以研究空气动力特征。

他发现，虽然采用液体燃料的火箭比采用固体燃料的火箭的效率高，但就当时最好的推进剂和最优质的结构材料，即使采用液体燃料，单级火箭仍然达不到第一宇宙速度，所以应该使用多级火箭，即所谓“火箭列车”。这种多级火箭在飞行途中可以抛掉燃尽燃料的那一级，末端火箭就像接力赛跑一样奔向太空。

他提出了多种可供选择的燃料，其中包括汽油、煤油、酒精和甲烷。他认为液氢和液氧组成的推进剂效能最高。