

载人航天出版工程

总主编：周建平  
总策划：邓宁丰

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

 Springer

# 哈勃太空望远镜 从概念到成功

## The Hubble Space Telescope From Concept to Success

[英] 戴维·J. 谢勒 (David J. Shayler) 著

[英] 戴维·M. 哈兰 (David M. Harland)

李伟杰 柴洪友 余 快 石文静 许焕宾 译



中国宇航出版社

载人航天出版工程

总主编：周建平  
总策划：邓宁丰

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

# 哈勃太空望远镜 从概念到成功

## The Hubble Space Telescope: From Concept to Success

[英] 戴维·J. 谢勒 (David J. Shayler)

著

[英] 戴维·M. 哈兰 (David M. Harland)

李伟杰 柴洪友 徐 快 石文静 许焕宾 译



中国宇航出版社

·北京·

Translation from the English language edition:  
*The Hubble Space Telescope: From Concept to Success*  
by David J. Shayler and David M. Harland  
Copyright © Springer Science+Business Media New York 2016  
This Springer imprint is published by Springer Nature  
The registered company is Springer Science+Business Media, LLC  
All Rights Reserved

本书中文简体字版由著作权人授权中国宇航出版社独家出版发行，未经出版者书面许可，不得以任何方式抄袭、复制或节录本书中任何部分。

著作权合同登记号：图字：01-2018-7315号

版权所有 侵权必究

### 图书在版编目 (CIP) 数据

哈勃太空望远镜：从概念到成功 / (英) 戴维·J. 谢勒 (David J. Shayler), (英) 戴维·M. 哈兰 (David M. Harland) 著; 李伟杰等译. -- 北京: 中国宇航出版社, 2018. 12

书名原文: The Hubble Space Telescope : From Concept to Success

ISBN 978 - 7 - 5159 - 1545 - 6

I. ①哈… II. ①戴… ②戴… ③李… III. ①哈勃望远镜—研究 IV. ①V476

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 258752 号

责任编辑 彭晨光

封面设计 宇星文化

出版

中国宇航出版社

发行

社址 北京市阜成路 8 号  
(010)60286808

邮编 100830  
(010)68768548

网址 www.caphbook.com

经销 新华书店

发行部 (010)60286888

(010)68371900

(010)60286887

(010)60286804(传真)

零售店 读者服务部

(010)68371105

承印 河北画中国画印刷科技有限公司

版次 2018 年 12 月第 1 版

2018 年 12 月第 1 次印刷

规格 880 × 1230

开本 1/32

印张 17.25

字数 496 千字

书号 ISBN 978 - 7 - 5159 - 1545 - 6

定价 168.00 元

本书如有印装质量问题，可与发行部联系调换

## 《载人航天出版工程》总序

中国载人航天工程自1992年立项以来，已经走过了20多年的发展历程。经过载人航天工程全体研制人员的锐意创新、刻苦攻关、顽强拼搏，共发射了10艘神舟飞船和1个目标飞行器，完成了从无人飞行到载人飞行、从一人一天到多人多天、从舱内实验到出舱活动、从自动交会对接到载人交会对接、从单船飞行到组合体飞行等一系列技术跨越，拥有了可靠的载人天地往返运输的能力，实现了中华民族的千年飞天梦想，使中国成为世界上第三个独立掌握载人航天技术的国家。我国载人航天工程作为高科技领域最具代表性的科技实践活动之一，承载了中国人民期盼国家富强、民族复兴的伟大梦想，彰显了中华民族探索未知世界、发现科学真理的不懈追求，体现了不畏艰辛、大力协同的精神风貌。航天梦是中国梦的重要组成部分，载人航天事业的成就，充分展示了伟大的中国道路、中国精神、中国力量，坚定了全国各族人民实现中华民族伟大复兴中国梦的决心和信心。

载人航天工程是十分复杂的大系统工程，既有赖于国家的整体科学技术发展水平，也起到了影响、促进和推动着科学技术进步的重要作用。载人航天技术的发展，涉及系统工程管理，自动控制技术，计算机技术，动力技术，材料和结构技术，环控生保技术，通信、遥感及测控技术，以及天文学、物理学、化学、生命科学、力学、地球科学和空间科学等诸多科学技术领域。在我国综合国力不断增强的今天，载人航天工程对促进中国科学技术的发展起到了积极的推动作用，是中国建设创新型国家的标志性工程之一。

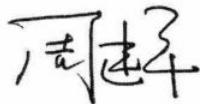
我国航天事业已经进入了承前启后、继往开来、加速发展的关键时期。我国载人航天工程已经完成了三步走战略的第一步和第二步

步第一阶段的研制和飞行任务，突破了载人天地往返、空间出舱和空间交会对接技术，建立了比较完善的载人航天研发技术体系，形成了完整配套的研制、生产、试验能力。现在，我们正在进行空间站工程的研制工作。2020年前后，我国将建造由20吨级舱段为基本模块构成的空间站，这将使我国载人航天工程进入一个新的发展阶段。建造具有中国特色和时代特征的中国空间站，和平开发和利用太空，为人类文明发展和进步做出新的贡献，是我们航天人肩负的责任和历史使命。要实现这一宏伟目标，无论是在科学技术方面，还是在工程组织方面，都对我们提出了新的挑战。

以图书为代表的文献资料既是载人航天工程的经验总结，也是后续任务研发的重要支撑。为了顺利实施这项国家重大科技工程，实现我国载人航天三步走的战略目标，我们必须充分总结实践成果，并充分借鉴国际同行的经验，形成具有系统性、前瞻性和实用性的，具有中国特色的理论与实践相结合的载人航天工程知识文献体系。

《载人航天出版工程》的编辑和出版就是要致力于建设这样的知识文献体系。书目的选择是在广泛听取参与我国载人航天工程的各专业领域的专家意见和建议的基础上确定的，其中专著内容涉及我国载人航天科研生产的最新技术成果，译著源于世界著名的出版机构，力图反映载人航天工程相关技术领域的当前水平和发展方向。

《载人航天出版工程》凝结了国内外载人航天专家学者的智慧和成果，具有较强的工程实用性和技术前瞻性，既可作为从事载人航天工程科研、生产、试验工作的参考用书，亦可供相关专业领域人员学习借鉴。期望这套丛书有助于载人航天工程的顺利实施，有利于中国航天事业的进一步发展，有益于航天科技领域的人才培养，为促进航天科技发展、建设创新型国家做出贡献。



2013年10月

## 译者序

人类对于浩瀚星空的向往可追溯至1609年，当时的“追星人”是意大利科学家伽利略，他用自制的简易装置首次尝试去揭开宇宙的神秘面纱。

1923年，科学家埃尔曼·奥伯特首次提出在太空建立天文观测站，原因是没有地球大气层的影响可确保“外面世界的星星不闪烁”。

1946年，天文学家莱曼·斯皮策提出在太空建造15米口径太空望远镜的概念。

1968年，NASA首个太空望远镜项目正式启动。

1983年，太空望远镜项目正式以美国天文学家埃德温·鲍威尔·哈勃的名字命名。

1990年，哈勃太空望远镜通过发现号航天飞机发射升空。

1993年，哈勃太空望远镜通过奋进号航天飞机完成首次在轨服务，成功修复主镜缺陷。NASA认为这次任务是可以与阿波罗11号登月飞行相媲美的巨大成功。

从概念到成功，所代表的不仅是从哈勃太空望远镜项目工程研制到望远镜成功在轨飞行，更是人类从认知太空、构建设想、迭代概念，到确定系统边界并最终工程实现的一系列艰苦卓绝的不懈探索。哈勃太空望远镜是在轨服务航天器的杰出代表，它对该领域的技术与工程研制的指导价值体现在诸多方面，且影响深远。值得一提的是，《2016中国的航天》白皮书中明确“启动空间飞行器在轨服务与维护系统建设”，因此，我国的在轨服务定将不再遥远。

《哈勃太空望远镜系统设计与在轨服务丛书》共包括两册，分别

为《哈勃太空望远镜：从概念到成功》、《功能升级 & 拓展视野：哈勃太空望远镜在轨服务》。本书详细介绍了哈勃太空望远镜从概念提出到最终工程实现的全过程，包括望远镜概念论证与演进、系统设计、在轨服务工具开发、地面模拟训练系统开发等。同时，由于哈勃太空望远镜入轨不久即发现主镜存在球面像差的严重缺陷，因此，本书把针对修复主镜缺陷所实施的第一次在轨服务任务也纳入其中，包括服务任务的详细规划与具体实施等。此外，本书还介绍了哈勃太空望远镜通过发现号航天飞机在轨部署的详细过程，以及整个任务背后的强大支撑体系，包括项目组织架构、各航天中心配套分工等。

中国空间技术研究院总体部李伟杰组织了本书的翻译、统稿及审校工作。全书由李伟杰、柴洪友进行统稿和审校。第1章由李伟杰翻译，第2、3、6章由余快翻译，第4、5章由石文静翻译，第7、8章由许焕宾翻译，前言、致谢、序、结束语等由李伟杰翻译。

本书在翻译过程中得到了军委科技委吕跃广院士、中国空间技术研究院张柏楠总师，以及李大明、王永富、范含林、张加迅、程大义、陈新龙、谭春林、从强、杨建中、肖涛等领导 and 资深专家的指导，特别是吕跃广院士和张柏楠总师在百忙中为本书申请航天科技图书出版基金提出了宝贵的推荐意见。在编校及出版过程中，得到了中国宇航出版社的帮助。在本书出版过程中，总体部科技委梁晓珩和梁秀娟等领导和同事，总体室高振良和何宗波等领导，机械系统事业部李潇、唐自新、高峰、罗成、袁宝峰、潘博、成志忠、王光远、梁东平等领导和刘华伟、王菡等同事给予了具体指导。在相关文献调研以辅助翻译过程中，得到了崔慧永、张鹏、黄天翔、刘国青等同行好友的悉心帮助。同时，本书出版恰逢研究团队撰写的5.3万字长篇综述研究论文“On-orbit service (OOS) of spacecraft: A review of engineering developments”顺利通过国际航天领域知名期刊 *Progress in Aerospace Sciences* 第二轮审稿，借此，谨对长期以来关心、支持和帮助我们开展在轨服务航天器相关技术研

究的各位领导和专家致以诚挚的感谢，同时也感谢家人及亲友在背后的默默支持和辛苦付出。最后，感谢在德国亚琛工业大学的访学经历，译者在此期间调研到原著，并萌生了翻译出版的愿望。

本书所有的翻译、译校、统稿工作，均是在繁重的航天科研工作之余完成的。由于译者水平有限，翻译过程中疏漏在所难免，如有给读者带来不便之处，敬请批评指正，欢迎对我们的研究工作提出宝贵意见。

李伟杰

2018年11月于北京航天城

## 前 言

把各种想法形成一本本书，这总是令我着迷，这些想法有时会回溯几年甚至几十年。在 20 世纪 60 年代末期，我和许多同时代的人一样，着迷于太空探索和登月竞赛。年少的我在“太空时代”第二个十年开始的时候，就全身心迷恋其中。早在阿波罗任务到达月球之初，我就对相关事物越发感兴趣：航天员将在月面做什么？使用什么样的设备以及采用何种方法能够让航天员们冒险穿越那个异域世界？黑白电视机里的粗糙图像，关于月球研究基地的艺术想象，还有对遥远未来（20 世纪 80 年代）的预测，以及激动人心的火星远征，我想那个时候给我的感觉就是奇妙和不可思议。

记忆中也正是在这一时期，我开始对舱外活动（EVA，即太空行走）产生浓厚的兴趣。除了追随登月计划的进展，我在 1969 年年年初开始关注苏联的航天飞行（进行了从联盟 5 号向联盟 4 号转移的舱外活动），随后当然就是阿波罗的首次 EVA 了。此时，据媒体预测，20 世纪后续太空计划将有大量的舱外活动，还有航天飞机的新型航天器、大型空间站，以及对卫星在轨实施维修与服务等。哇，未来太空探险值得期待！

关注太空计划之后，我很快学会了一件事：耐心和乐观——耐心地等待事情发生，并乐观地相信它们会成为现实。最终，在更深入地研究 EVA 的同时，我逐渐了解了阿波罗的宏伟计划、空间站的舱外活动技术，以及航天飞机如何支持航天员对各种有效载荷和卫星的维修和维护，包括被称为大型太空望远镜的在轨天文台。在接下来的 20 年里，我进一步了解了航天飞机的 EVA 以及由航天员借此重访望远镜这一早已期待的事情。1971—1981 年期间，我对舱外

活动的认识发生了许多变化，从年少时的兴奋到真正了解太空计划的复杂性及高风险性。航天飞机研制计划遭遇了诸多挑战，比如计划不断被推迟，其上的有效载荷也遭遇了诸多挑战，包括大型太空望远镜，该望远镜直到1983年才正式以著名天文学家埃德温·哈勃的名字命名。

到了20世纪80年代中期，关于航天飞机计划和太空望远镜的研制细节已经有了更多的报道，包括关于航天员如何维护和服务望远镜等，尤其是将望远镜维修工作由地面搬到了在轨飞行的过程中——这引起了我的注意！我问自己，没有人执行过舱外活动，那么维修哈勃的任务如何实现？实际上，美国人在Skylab（天空实验室）任务以来并未实施舱外活动，也就是说在航天飞机之前并没有航天员EVA的经验，但目前航天员团队将要开展“太空时代在轨小家的改造升级”，并以5英里/秒的速度在地球上方便几百英里的高度上持续飞行，这显然需要进行更多的研究。所以，研究开始于如何实现对哈勃太空望远镜实施在轨服务，这也正是本书的起源。

在接下来的30年中，我的研究伴随着许多与此相关的轨道计划。同时，我也很快意识到，人类要利用航天飞机对望远镜开展有效的在轨维修和服务，特别是穿着笨重的压力服和非常厚实但十分不便的操作手套，虽然改善或修复的是望远镜中很小的一部分，但却要求对整个望远镜所实现的科学探索任务不产生负面影响，这些都需要巨大的基础设施和技术进步来予以支持。

这台望远镜首先需要成功发射，而且需要确定其存在的问题甚至缺陷，当然这并不是说望远镜要带着问题上天（与随后出现的问题并无关联），而是要通过在轨服务对其不断进行维护与升级。在研究如何具体实施服务任务时，必须进行大量的研究工作，从而在系统设计角度把每一次舱外活动联系在一起。然而这不仅仅涉及舱外活动，在实施舱外活动之前，需充分准备和测试具体进行更换的项目，确定航天员所需要的操作工具，以及为实现这些目标应对航天员进行哪些特殊训练。这些研究也让我逐渐进入其他技术领域，包

括在维修望远镜时如何拆装设备，如何在任何情况下确保航天员、硬件和其他设备的安全，如何组织地面团队协同工作，还包括把握望远镜飞行环境与飞行状态以确定航天员工作时机等。同时，关于舱外活动的研究也使得我不断接触以下专业领域，包括材料科学、人因工程学、飞行控制动力学、在轨操作以及系统工程等。

我很快就决定不打算成为一名天文学家，而且会将哈勃望远镜纯科学研究留给其他人。此外，多年来有许多关于哈勃从产生想法到实现的书籍出版，包括其相关的政策、管理等多个方面。当我决定执笔时，虽然我知道也会涉及上述话题，但我不会深入研究，因为关于哈勃在轨服务实施过程中的犹如网络般的诸多细节需要我进行整理总结。这些诸多细节并未一一涵盖在此书中，但它们对于最终实施在轨服务任务必不可少，例如，在地面上所进行的长达数百小时的准备工作，每一位参与者的付出、奉献、信念和百折不挠的精神，包括组装最小零部件的工人，以及准备和测试硬件的团队，如发射团队、飞行控制团队、管理者、科学家、工程师、技术人员，此外还有航天员团队。据统计，有数千人参与了哈勃研制、发射及其后续在轨服务任务实施的全过程，尽管其中有很多人并没有直接参与，但是他们中的每一个人都在自己的岗位上努力工作，确保哈勃太空望远镜在轨正常飞行，他们应该自豪于自己所承担的伟大工作。所以关于哈勃的故事，我想讲述的并不仅仅是航天员及其在轨操作这些事。

这就是我准备讲述的故事，它不仅仅是哈勃发射和在轨服务及其涉及六架航天飞机的详细历程，同时也是每一位参与其中的科研人员的努力过程。我希望通过材料整理，努力讲述望远镜从研制到发射，再到在轨服务任务实施所涉及的主要情况，因为正是每一项具体任务的完成，才最终确保哈勃为我们工作了25年。正是因为哈勃太空望远镜，改变了我们看待宇宙的方式，同时也加深了我们对宇宙的理解，并重新审视作为无垠宇宙中极小部分的人类自己。

这个故事包括两大部分，分别在两部专著中讲述。《哈勃太空望远镜：从概念到成功》一书，从1990年4月通过航天飞机STS-31飞行任务部署哈勃开始，详细回顾了哈勃在轨部署过程，逐步展开了哈勃故事的背景，讲述了从卫星在轨服务概念的提出到实现的详细过程，特别是针对哈勃所实现的各种在轨服务操作，涵盖技术开发和工具研制，以及支撑如此宏伟工程所需的地面基础研究。这本书的结尾描述了哈勃首次在轨维修任务的巨大成功，其观测能力得到恢复。

第二部专著——《功能升级 & 拓展视野：哈勃太空望远镜在轨服务》，讲述了为确保哈勃正常在轨飞行、升级各种设备以提升哈勃观测能力所成功实施的其余四次在轨服务任务，同时也带我们回顾了哈勃首次飞行的故障以及航天飞机第二次失事的悲剧。本书以关注哈勃观测成果及其分析研究为结尾，同时也祝贺哈勃成功在轨飞行25周年。

尽管著书涉及的各种整理和编撰工作十分复杂，但我依然很享受这个过程，同时我也将继续迷恋于哈勃研制及其在轨服务任务的每一项工作。我想后续我还会以著书的形式将这些新的想法诉诸于世，因为这个特殊旅程对我的诱惑实在无法抵挡。

戴维·J. 谢勒，FBIS  
天文信息服务有限公司主任  
www.astroinfoservice.co.uk  
英国西米德兰兹郡哈利素文市  
2015年5月

## 致 谢

这是一个周期漫长的项目，归功于许多人的支持与共同努力，他们的名字会和哈勃太空望远镜一道铭记于历史。

首先，我必须向所有为这两本书的编撰提供帮助和支持的人表示感谢，有些人提供了资料或贡献了他们的回忆和经历，有些人则为我指明了正确的方向。此外，还要感谢那些在图书出版方面不知疲倦地工作的人，因为出版图书也不是一件容易的事。

我要感谢很多航天员同仁，他们尽心地提供了在哈勃太空望远镜任务过程中一些非常珍贵的个人回忆，以及他们对一名航天员“真实”工作的深刻见解，以及成为航天员所需具备的一切。特别是哈勃任务，我要感谢史蒂夫·霍利，他除了为“成为一名机械臂操作师”做出了有价值的诠释之外，还为本书撰写了序。霍利与布鲁斯·麦坎德利斯一起，还共同追忆了哈勃部署任务的全过程。在STS-61航天员乘组中，我要感谢迪克·科维、汤姆·埃克斯、杰夫·奥夫曼和斯托里·马斯格雷夫，对于STS-82飞行梯队成员，我要感谢史蒂夫·史密斯、乔·坦纳和史蒂夫·霍利，他们对于我的各种咨询都给予了耐心细致的答复。此外，迈克·福尔和欧空局航天员让-弗朗索瓦·克莱瓦（昵称比利·鲍勃）提供了慷慨的支持。来自STS-109航天员团队的吉姆·纽曼和卡赖（昵称迪热）对他们第三次和第四次哈勃在轨服务任务中的角色和经验提供了独到的见解。还要感谢斯托里·马斯格雷夫，他在百忙中为本书撰写了后记。

在我所参与的各项研究中，鲍勃·克里平和乔治·纳尔逊等航天员给予了我宝贵的帮助，包括介绍了早期航天飞机在对太阳峰年卫星实施服务过程中的详细对接及服务实施情况，而这次在轨服务

任务给予了哈勃望远镜最为宝贵的借鉴。还要感谢保罗·理查兹，他介绍了他在为哈勃研发工具的工作中发挥的作用，此后他成为了一名航天员，并于2001年在ISS上使用了相同的工具。

还有来自马里兰州的戈达德航天飞行中心公共事务部门所给予的重要支持，特别是苏珊·亨德里克斯、林恩·钱德勒和阿德里安娜·亚历山德罗。另外，我要感谢几位同样来自戈达德航天飞行中心提供哈勃望远镜在轨服务背景的同仁，他们是普雷斯顿·伯奇、乔伊斯·金、本·里德、艾德·雷扎克、阿尔·韦尔纳基亚和拉斯·韦内特。

在约翰逊航天中心，我要感谢罗伯特·特维诺，他详细介绍了舱外活动支持团队的工作情况。前飞行主任和哈勃任务主任查克·肖则非常详细地介绍了在休斯敦的飞行控制工作经历，以及他们在哈勃在轨服务任务中发挥的作用。

我同样要感谢约翰逊航天中心公共事务部门的工作人员以及曾在历史办公室的各位同仁，另外还有克利尔莱克大学、Rice大学收藏馆、位于得州沃斯堡的国家档案与文件管理局（NARA），以及肯尼迪航天中心图片摄影资料室和声像资料室、约翰逊航天中心媒体服务中心等，感谢大家一直以来对我研究工作的支持与帮助，他们分别是艾琳·霍利、芭芭拉·施瓦茨、戴夫·波特里、格伦·斯旺森、杰夫·卡尔、詹姆斯·哈茨菲尔德、珍妮特·科瓦塞维奇、乔伊·佩尔兰、琼·费里、玛格丽特·伯辛格、莉萨·巴斯克斯、戴安娜·奥姆斯比、乔迪·罗素、迈克·金特里和凯·格林特。感谢艾德·亨格费尔德提供的相关补充说明。此外，我要感谢NASA历史办公室的李·赛格斯尔、罗杰·劳尼厄斯和比尔·巴里多年来对我工作的支持。

感谢洛克希德公司的安德烈亚·格里纳、巴迪·纳尔逊和罗恩·谢菲尔德。感谢欧洲空间局（ESA）的卡尔·沃克和拉瑟·格拉克，以及克劳德·尼科尔。我还要感谢BAe系统公司的约翰·戴维斯，他在轨道天文观测领域提供了大量帮助。我得再次感谢苏珊·帕里和英国伦敦星际协会的工作人员，使我能够查阅他们图书

馆的档案。我还要向 Spacefacts. de 网站的乔基姆·贝克尔和 Astronautix. com 网站的马克·韦德表示感谢，是他们允许我使用网站上的相关图片。除非另有说明，本书中所有图片均由 NASA 和 AIS 负责收集整理。

在图书出版方面，我要感谢英国 Praxis 出版社的克莱夫·霍伍德以及纽约斯普林格 (Springer) 出版社的诺拉·罗恩和莫里·所罗门，以及项目编辑戴维·M. 哈兰所给予的专业指导，尤其是出版过程中的耐心帮助。这些工作皆非易事。我也必须感谢吉姆·威尔基，他将我关于封面的设计想法变成了现实。

感谢我亲爱的妻子，谢谢她很努力地记录大量采访音频和扫描大量的书籍。我还要感谢我的母亲，读完了整本书并提供了宝贵的建议来改进手稿。我还必须向她们两位致以诚挚的歉意，在数星期内，她们为了我的工作而放弃了房子装修、外出游玩和家庭聚餐等活动。最后，还要跟我们可爱的牧羊犬詹纳说声抱歉，因为我错过了好多次跟它出去散步的机会。

对于所有帮助过我的人，在此由衷表示感谢！

## 序

哈勃太空望远镜无疑是有史以来最重要的科学仪器。天文学家知道，空间轨道上的大型望远镜将从根本上改变我们对宇宙的认识。然而，在过去 20 年间，伴随着快速发展的地面望远镜技术，哈勃已经发起了一场自伽利略时代以来人类对于宇宙疯狂的认知革命。举例来说，天文学家已经知道此前对于宇宙年龄的认识仅仅是其真实年龄的百分之几，同时也确定了黑洞的存在。在哈勃超远距离观测过程中，发现了大量不同类型且具有不同年龄的星系，其中一些星系的年龄显然在大爆炸后仅仅不到 10 亿年。此外，哈勃观测结果证明了“暗物质”和“暗能量”的存在，它们共同构成了大约 96% 的宇宙空间。可以说，哈勃帮助我们认识了几乎所有的宇宙特征。正如一位智者曾经指出的那样，在哈勃的帮助下，虽然如今我们仍然困惑，但至少是困惑于一个更为复杂的层面。

哈勃成功至关重要的一点是，整个望远镜系统从一开始设计就设想未来将在轨道上对望远镜进行修复和升级，即系统最初设计就具备了可接受在轨服务的功能，这是与常规航天器的最大区别。航天飞机和航天员则通过系统复杂的机器人和舱外活动技术帮助哈勃实现了这种能力。1993 年第一次服务任务是当时最复杂的航天飞行任务，可能是阿波罗 11 号以来最重要的航天任务。当时的危机不仅仅关系到哈勃的未来，同时也影响着 NASA 在全世界的声誉。第一次在轨服务任务的内容主要是更换原来的太阳电池阵，从而消除其对系统指向稳定性的影响，同时针对主镜缺陷安装了相关硬件设备，从而可以对主镜缺陷所产生的球面像差进行有效补偿，获得满足最初设计要求的成像灵敏度和空间分辨率。此后，通过航天飞机先后完成了四次更有挑战性但都逐一成功的哈勃在轨服务任务，更换了

部分失效的设备，同时也升级了部分科学仪器。

哈勃除了对空间探测及科学的影响外，我认为其在研制过程中所采用的各种设计方法值得后来人学习，特别是通过在轨服务任务的成功实施，在载荷在轨部署、具体服务操作等方面，为后来国际空间站在轨组装构建提供了宝贵的经验——这很可能是有史以来最伟大的工程成就。例如，在1990年我们借助航天飞机通过机械臂进行哈勃部署任务时的经验与教训，已直接应用于依靠航天飞机机械臂系统来处理大型有效载荷的相关工作，可以说哈勃任务的实施对舱外活动技术发展起到了重要的促进作用。不仅可以提高舱外活动（包括维修和装配）的工作效率，帮助航天员提升设备捕获对接以及在轨操作过程中的态势感知能力，也可为整合机器人系统和航天员舱外活动设计更为行之有效的地面训练。

关于哈勃观测数据不为人所知的是，它们被详细整理并且最终服务于世界上可能最普通的研究群体。可以说，哈勃观测数据通过分析、研究，其贡献远大于其原始数据，因为先进的计算机处理技术可以帮助我们揭示当前宇宙中更多未知的领域。例如，通过增强数据处理技术和改进后稳定的哈勃数据图像，可以直接分析得出某行星绕着某恒星运行。目前已知通过哈勃新观测的数据发表的论文数量，显著低于利用前期存档数据处理、分析及研究所发表的论文。因此科学家预测，当有一天哈勃使命结束后，其科学遗产将继续为人类奉献长达几十年。

在我的航天员生涯中，我遇到了许多人，他们普遍认为航天飞机是从休斯敦发射升空，并且会飞往月球。相比而言，他们中的绝大多数人都能翔实地表述哈勃太空望远镜，并对哈勃获得的图像感到惊讶不已。如今，哈勃空间观测的各种图片在普通课堂上都能看得到，它鼓舞了新一代的科学家、工程师和航天探险家。我很荣幸成为两次在轨开展与哈勃相关工作的航天员，同时也有机会使用哈勃观测结果开展研究。我能够同时作为航天员和天文学家完全归功于哈勃太空望远镜。尽管现在航天飞机和我都陆续“退役”，但在相当长时间内我们终将被记住的最重要的成就，一定是哈勃太空望远