

有人航天器设计原理

Manned Spacecraft Design Principles

[美] Pasquale M. Sforza 著

张育林 王兆魁 译



科学出版社

有人航天器设计原理

Manned Spacecraft Design Principles

[美] Pasquale M. Sforza 著

张育林 王兆魁 译

科学出版社

北京

图字:01-2017-6271号

内 容 简 介

本书系统论述有人航天器的设计原理,介绍太空环境及其对人类太空飞行的影响、轨道力学、大气再入力学、发射力学以及航天器飞行力学等理论基础和技术约束,重点论述发射飞行器、太空飞机、太空舱和返回舱的设计原理,分析伞系统和水平着陆回收的力学问题,关注再入返回的加速度过载和热防护设计;简单介绍典型太空发射系统、太空舱与太空飞机的构型设计;描述有人航天器设计中的可靠性、安全性以及经济成本模型。本书体系完整,理论与实践并重。

本书可以作为太空工程专业高年级本科生和研究生的专业教材,也可作为太空飞行领域的系统工程管理人员和工程技术人员的技术参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

有人航天器设计原理 / (美)帕斯夸莱 M. 斯福尔扎(Pasquale M. Sforza)著; 张育林,王兆魁译. —北京:科学出版社,2019. 5

书名原文:Manned Spacecraft Design Principles

ISBN 978-7-03-056819-9

I. ①有… II. ①帕… ②张… ③王… III. ①航天器-设计 IV. ①V423

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 048446 号

责任编辑:孙伯元 / 责任校对:郭瑞芝

责任印制:师艳茹 / 封面设计:陈 敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

三河市春园印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019年5月第一版 开本:720×1000 1/16

2019年5月第一次印刷 印张:35 1/2 彩插:12

字数:716 000

定价:248.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

Manned Spacecraft Design Principles, 1st edition

Pasquale M. Sforza

ISBN:9780128044254

Copyright ©2014 Elsevier Inc. All rights reserved.

Authorized Chinese translation published by China Science Publishing & Media Ltd. (Science Press)

《有人航天器设计原理》(第1版)(张育林 王兆魁 译)

ISBN:9787030568199

Copyright © Elsevier Inc. and China Science Publishing & Media Ltd. (Science Press). All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or any information storage and retrieval system, without permission in writing from Elsevier (Singapore) Pte Ltd. Details on how to seek permission, further information about the Elsevier's permissions policies and arrangements with organizations such as the Copyright Clearance Center and the Copyright Licensing Agency, can be found at our website: www.elsevier.com/permissions.

This book and the individual contributions contained in it are protected under copyright by Elsevier Inc. and China Science Publishing & Media Ltd. (Science Press) (other than as may be noted herein).

This edition of *Manned Spacecraft Design Principles* is published by China Science Publishing & Media Ltd. (Science Press) under arrangement with Elsevier Inc.

This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong, Macau and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本版由 Elsevier Inc. 授权中国科技出版传媒股份有限公司(科学出版社)在中国大陆地区(不包括香港、澳门以及台湾地区)出版发行。

本版仅限在中国大陆地区(不包括香港、澳门以及台湾地区)出版及销售。未经许可之出口,视为违反著作权法,将受民事及刑事法律之制裁。

本书封底贴有 Elsevier 防伪标签,无标签者不得销售。

注意

本书涉及领域的知识和实践标准在不断变化。新的研究和经验将拓展我们的理解,因此须对研究方法、专业实践或医疗方法作出调整。从业者和研究人员必须始终依靠自身经验和知识来评估和使用本书中提到的所有信息、方法、化合物或实验。在使用这些信息或方法时,他们应注意自身和他人的安全,包括负有专业责任的当事人的安全。在法律允许的最大范围内,Elsevier Inc.、译文的原作者、原文编辑及原文内容提供者均不对使用或操作书中提到的方法、产品、说明或思想而导致的人身伤害或财产损失承担责任。

译者序

太空探索与飞行的根本目的,在于将人类生产与生活的空间拓展到地球之外的广袤太空。有人航天器是这类探索与飞行得以实现的最基本的物质基础。太空飞行的基本原理是太空飞行器在天体中心引力场的约束下进行轨道飞行,轨道飞行的本质是飞行器在保守力场中持续进行动能与势能间的能量守恒转换。在不进行轨道变换的情况下,轨道飞行中作用在飞行器上的只有保守力。因此,只要太空飞行器在飞行过程中所经受的非保守力可以忽略不计,轨道飞行就能够实现。广义的太空飞行器包括在天体大气层外飞行的轨道飞行器、给轨道飞行器赋予特定动能和势能的发射飞行器以及由轨道返回天体表面的进入或再入飞行器。太空飞行器也称为航天器,可以根据其是否承载人类乘员被划分为有人航天器和无人航天器。

有人航天器的设计与无人航天器相比,具有许多特殊性。首先,有人航天器不仅要满足太空环境和太空飞行的一般要求,而且为了保证人类乘员的安全,需要更加良好的太空环境保护,同时需要在发射入轨、轨道控制和再入返回过程中满足更加严格的热载荷约束。其次,因为要确保人类乘员的安全,在可靠性与安全性方面,对有人航天器的要求远远高于对无人航天器的要求,而且,有人航天器在发射入轨的过程中要具备逃逸救生的功能。另外,有人航天器必须提供人类太空飞行所必需的生命支持系统和生命维持物资,在飞行器结构布局、舱内环境以及操作控制装置的设计上,都要把人的因素放在突出位置。因此,有人航天器的设计与制造往往代表了航天器设计与制造的最高水平。

本书正是着眼于保障人类太空飞行的突出特点,对有人航天器的设计原理进行系统论述。虽然本书的初衷只是为有人航天器的概念设计提供一个基本的指南,但本书紧紧扣住“有人”所构建的航天器设计原理的知识框架也有可取之处。本书论述太空环境及其对人类太空飞行的影响,从轨道力学、发射力学、再入力学以及飞行力学等方面系统介绍有人航天器设计的理论基础和技术约束;重点介绍发射飞行器、太空飞机、太空舱和返回舱的设计原理,给出相关的气动力与气动热载荷的计算以及纵向与横向稳定性分析的简化模型;分析伞系统和水平着陆回收的力学问题,对再入返回的加速度过载和热防护设计给予重点关注;简要介绍典型太空发射系统和太空舱与太空飞机的构型设计,并且简要描述有人航天器设计中的可靠性、安全性以及经济成本模型。在本书的翻译过程中,为了准确表达原书的概念,对太空飞行和太空工程领域的一些专有名词没有采用中文的习惯译法,对原

书中的个别数据计算和原理表述中存在的疏漏进行了更正。

本书的所有算法与模型虽然只限于有人航天器的概念设计阶段,但为系统理解有人航天器设计的科学原理和基本理论提供了有益的参考,也为有人太空飞行任务的规划论证和系统工程建模以及有人航天器的方案设计提供了有效的工具。

限于译者的水平,书中不足之处在所难免,敬请批评指正。

译 者

2018年2月于清华园

前 言

本书的前身是为期一个学期的高年级本科生课程手册,其目的是向学生介绍有人航天器和相关发射飞行器的初步设计知识。其上一门课程是为期一个学期的商用喷气飞机设计课程。商用飞机设计是比较成熟的,有充分的参考资料可供学生研究和学习使用。有人航天器设计课程对学生提出了更高的要求,因为这个课题没有大量的翔实数据库,其中的内容也是当前教学大纲很少涉猎的。这里采取的是工业式的处理方法,以便把设计过程的精神传授给学生。这种精神就是从一系列的比选方案中作出有依据的选择,然后为选择进行论证。在课堂上,设计工作最后的成果就是编制一份具有专业质量的设计报告,并进行口头汇报,讲述所设计的太空访问飞行器的设计过程。这会培养学生在成功职业生涯中所需的技术、时间管理和交流技巧。

本书内容的编撰形式对于指导团队合作执行标准的行动流程有较大帮助,同时提供了足够的参考,可以让学生进行独立研究中的设计工作。本书强调在设计过程中要采用标准、经验和经典的方法,以提高对基本概念的理解,并在一定程度上熟悉这些实际工作中经常用到的方法。本书没有明确采用具体的计算方法,读者可以选择使用已有的代码。工程课程中通常都要求学习计算机辅助设计(computer aided design, CAD)课程,本书鼓励使用CAD。多年的设计教学经验证明,采用简单的基本分析方法和经验知识,能让学生有机会学习很多空天工程技能;而因为总学时的压缩,这部分空天工程技能已经不包括在现在的教学大纲内。在初步设计过程中,掌握电子表格的使用技能已经足够,这对于学生来说是很宝贵的。大学的课堂上,学生们很少有超过40小时的接触时间来解释设计过程并同老师进行讨论。所以,在设计上必定需要大量的课外时间。

本书也是作者多年来在佛罗里达大学以及布鲁克林理工学院(现纽约大学工学院)讲授课程的结晶。由于课程涉及的内容非常广泛,采用的方法很多,疏漏在所难免。请读者指正,我表示感激,并会及时纠正。

第一位宇航员被送入太空时,我刚从布鲁克林理工学院毕业。高超声速飞行和进入太空的科学研究构成了我的大部分职业生涯。我要感谢空天开拓者们富有灵感的研究,尤其要感谢超燃冲压发动机的支持者 Antonio Ferri 教授,他照亮了

我通往星辰的道路。最后,再次感谢我的妻子 Anne,感谢她在我写作期间给予的鼓励和支持。

Pasquale M. Sforza
美国佛罗里达州高地海滩
sforzpm@ufl.edu

目 录

译者序

前言

第 0 章 引言及航天器设计报告大纲	1
0.1 涉及的课题	1
0.2 设计课程的方法	3
0.3 报告编写建议	6
第 1 章 有人太空飞行	8
1.1 太空的起点	8
1.2 太空停留	8
1.3 进入太空	9
1.4 人类太空飞行的前五十年	11
1.5 近期的人类太空飞行	14
参考文献	17
第 2 章 地球大气	18
2.1 大气环境	18
2.2 状态方程与流体静力平衡	20
2.3 1976 年版本美国标准大气模型	20
2.4 使用大气模型的流动性质	31
2.5 大气性质表	36
2.6 其他大气模型	43
参考文献	45
第 3 章 太空环境	46
3.1 重力作用	46
3.2 气体密度和阻力效应	47
3.3 太阳	50
3.4 磁场	51
3.5 范艾伦辐射带	52
3.6 电离层	53
3.7 流星体和轨道残骸	54

3.8	航天器带电	55
3.9	常用常数、缩写和换算关系	55
	参考文献	55
第4章	大气层中的高超声速有人任务	57
4.1	跨大气层有人任务	57
4.2	跨大气层飞行器	58
4.3	大气层中的飞行轨迹	61
4.4	可重复使用太空飞机的设计问题	63
4.5	近期内的跨大气层飞行任务	68
	参考文献	69
第5章	轨道力学	72
5.1	太空任务几何学	72
5.2	轨道上的能量与角动量	79
5.3	大气再入的轨道转移	85
5.4	轨道的地面轨迹	88
5.5	航天器地平线	97
5.6	行星际轨迹	100
5.7	常数与换算系数	106
	参考文献	106
第6章	大气再入力学	107
6.1	一般运动方程	107
6.2	滑翔再入轨迹	109
6.3	再入期间的减速	112
6.4	再入期间的加热	117
6.5	弹道再入	120
6.6	滑翔再入	131
6.7	低速返回与回收:降落伞	151
6.8	低速返回与回收:太空飞机	159
6.9	常数和参数汇总	176
	参考文献	179
第7章	发射力学	182
7.1	发射飞行器的一般方程	182
7.2	简化助推分析中的推力、升力和阻力	184
7.3	无量纲运动方程	191

7.4	定常推力和零升力、零阻力下的简化助推分析	192
7.5	火箭的分级	204
7.6	发射飞行器的纵向稳定性	225
7.7	发射飞行器设计通常要考虑的因素	255
7.8	常数和参数汇总	269
	参考文献	270
第8章	航天器飞行力学	274
8.1	太空飞行器飞行力学与性能分析	274
8.2	高超声速空气动力学	274
8.3	高超声速飞行中的钝体	282
8.4	高超声速飞行中的细长体	296
8.5	空气的热力学性质	310
8.6	航天器动力学	320
8.7	航天器控制系统	339
8.8	常数汇总与系数换算	349
	参考文献	349
第9章	热防护系统	352
9.1	滞止点基本传热关系式	352
9.2	近似空气化学	354
9.3	滞止点热传递	357
9.4	半球头部周围的热传递	360
9.5	球形罩头锥周围的热传递	361
9.6	再入飞行器的热防护层	362
9.7	热传递相似性参数	384
9.8	热防护层研发与实际应用	398
9.9	常数、换算和 TPS 缩略词	402
	参考文献	406
第10章	航天器构型设计	408
10.1	航天器环境及其对设计的影响	408
10.2	环境控制和生命支持系统	426
10.3	结构系统、推进系统、电力系统、控制系统	430
10.4	乘员支持系统	434
	参考文献	435

第 11 章 安全、可靠性、风险评估	437
11.1 系统安全与可靠性	437
11.2 任务可靠性分配	439
11.3 可靠性函数	441
11.4 失效率模型与可靠性估计	442
11.5 分配目标	443
11.6 概率风险评估概述	443
11.7 航天器顶层功能失效	448
11.8 航天飞机的 PRA	452
11.9 乘员飞行安全	453
11.10 风险管理中人的因素	460
11.11 韦布尔分布	461
参考文献	463
第 12 章 太空访问的经济因素	465
12.1 航天器成本要素	465
12.2 阿波罗计划的成本	465
12.3 航天飞机计划的成本	466
12.4 每磅入轨价格	468
12.5 发射成本的组成	468
12.6 成本计算关系	474
参考文献	483
附录 A 高超声速空气动力学	485
A.1 一维流关系式	485
A.2 正激波	490
A.3 高超声速流中物体上的滞止压力	494
A.4 斜激波	495
A.5 小扰动理论	499
A.6 普朗特-迈耶尔膨胀	502
A.7 锥形流	507
A.8 牛顿流	510
A.9 物体形状的影响	513
A.10 攻角的影响	514
参考文献	518

附录 B 太空飞机坐标	519
B.1 罗克韦尔航天飞机轨道器	519
B.2 X-24C	523
B.3 X-15	528
B.4 太空飞机 Bor-4	532
B.5 诺思洛普 HL-10 升力体	536
B.6 赫尔姆斯太空飞机	540
B.7 海姆斯太空飞机	544
B.8 几款太空飞机的升力阻力和力矩的估算数据	547
B.9 高超声速太空飞机的相似性	549

彩图

第 0 章 引言及航天器设计报告大纲

本书源自一本为期一个学期的课程手册。在这一学期的学习过程中,学生分为若干小组,需要完成太空运输系统的初步设计,而这套运输系统要求同国际空间站(International Space Station, ISS)对接一段时间,然后把乘员安全送回地球。尽管任务范围有限,但为人类重访月球及其他行星、小行星的访问任务奠定了良好的基础。

0.1 涉及的课题

将卫星送入轨道附带了重大的地缘政治影响,而接下来把人送入太空并安全返回则标志着掌握了高超技术,可激发国民自豪感,提高国家实力。第 1 章简要介绍有人太空飞行的发展情况,首先介绍 1961 年苏联发射的东方号飞船和 1962 年美国作为回敬而发射的水星号飞船。一段时间后,国家间的竞争变为全球性合作,最终形成了 ISS 的合作。未来人类太空飞行前景涵盖了星际探索任务和将太空作为主题公园的旅游产业。

第 2 章介绍地球大气以及地球大气模型的理论基础,这种理论基础也可延伸用于其他星球大气。本书选择了 1976 年版本美国标准大气,并得出了有人航天器飞行走廊上相关数据的计算公式以及有关大气特性的确定方法。为了便于使用,本书给出这些公式编制成的表格,并给出它们的国际单位制数据。本书采用标准的大气模型,以便按相同基准来比较不同小组的研究,同时,还介绍几种实际应用采纳的模型。飞行中常常遇到的大气特性有别于标准模型的情况,在设计中必须考虑到这种情况。

第 3 章介绍太空环境,有人航天器飞出大气后必须要在太空环境中完成一部分任务。经证明,有人太空旅行的主要影响是太阳风、地球重力场和磁场。该章讨论太阳辐射性质以及由高能质子和电子组成的太阳风与地球磁场间的相互影响,说明了重力实现轨道运动的影响,还介绍稀薄大气阻力对轨道维持的影响。范艾伦辐射带的高能粒子、电离层的电子密度、越来越多的太空碎片对宇航员健康、太空对地面通信、航天器的完整性都构成了威胁。

第 4 章讨论能够入轨的高速大气飞行的性质。该章介绍近年研发的瞄准有人太空飞行的太空飞机,介绍可感大气中的飞行轨迹特性,指出在有人太空飞行成功运行过的飞行器;从设计问题方面讨论类似传统飞机运行的可重复使用太空飞机

的目的;讨论不久的将来可能会发展起来的跨大气层有人任务。

第5章介绍轨道运动方程,尤其是地球轨道的特征和地球轨道变轨方式。该章介绍闭轨道和开轨道的能量守恒与角动量守恒原理,借此说明轨道保持以及星际任务的轨道逃逸方法;分析轨道的地面轨迹、地球自转和进动的影响、经度的计算、航天器地平及其对通信的影响;讨论星际轨迹以及大气再入的轨道转移过程。

有人太空飞行中最有压力的部分是大气再入,第6章的研究内容就是大气再入力学。该章推导航天器大气再入的运动方程,讨论滑翔轨迹的一般特征。在控制减速对人体生理影响方面,重要的因素有航天器弹道系数和地球大气密度剖面。综合考虑这些因素,就得到一条再入轨迹走廊,这条走廊位于狭窄的容许动压力水平内。该章还给出一条类似的确保再入航天器安全加热水平的走廊。再入动力学的详细研究可分为三个类别:弹道(零升力)、低升阻比(L/D)、中等升阻比。这种区分可分别用流星体和早期太空舱(如水星号飞船)、下一代太空舱(如阿波罗号飞船和猎户座号飞船)和太空飞机(如航天飞机轨道器)加以说明。低速返回与回收分为降落伞型系统(如太空舱回收)和飞机型系统(如航天飞机轨道器)两部分来分析。

只有确信能把人安全地从太空中返回,才可能设想把他们送入太空。第7章提出航天器入轨发射的一般方程,并讨论推力、升力和阻力的影响;求解适用于初步设计的恒定推力和可忽略升力阻力情况下的方程,这些方程可用来计算助推轨迹、燃尽速度、燃尽后助推轨迹。特定质量的航天器发射系统的选择需要考虑是采用一级、二级还是三级,而且每一级都需要详细的分析。设计方案的选择取决于结构以及发动机重量方面的假设,在初步设计时也是如此。因为发射系统属于大型结构,所以必须将它们当作刚体对待;而弹性变形的影响通常要推迟到后期的设计阶段。在发射系统构型和尺寸设计中,要考虑到转动惯量、力和力矩计算、静态纵向稳定性要求,还要对推力向量控制要求进行分析。该章讨论了液体和固体推进剂火箭,计算了推进剂储箱的尺寸和重量。

第8章介绍的是有人航天器在高超声速再入期间的飞行力学。法向应力的牛顿理论和剪应力的平板参考焓(flat plate reference enthalpy, FPRE)法都是航天器的简单而可靠的设计方法。由于牛顿理论与局部流偏转有关,可以定义局部表面压力的单位问题,其中涉及元表面和冲击速度向量。因此,较复杂的航天器设计可以表示为一组表面面板,然后简单相加就得到各种压力和相关的力矩。FPRE也表示为单位问题,这样就可以计算层流和湍流条件下的摩擦力。该章还给出边界层过渡的简单准则;比较详细地分析钝体太空舱和细长体太空飞机。高超声速飞行会产生高温,因此,该章推导了大气再入的空气热力学和传输特性,还介绍了有用的近似处理方法;把太空舱和太空飞机都当成刚体对待,计算它们的纵向和横向静态稳定特性,介绍它们的动态稳定特性评估情况,还介绍再入航天器的空气动力和反作

用力控制系统。

第9章的内容是对安全可靠有人太空飞行至关重要的热防护系统。热防护中的首要决定因素是滞止点热传递,该章介绍设计中最有用的一些关系式。高温使空气分子出现了离解和电离化,所以该章介绍空气化学的近似处理;说明钝体半球体和球形罩头锥的热传递,以重点说明不同的作用机制;把展开的讨论推广应用在再入飞行器的热防护层设计上,分析热沉、熔化烧蚀体、碳化烧蚀体,也分析冷却剂表面注入的主动热防护系统;介绍热传递效应的关键相似性参数。

第10章的内容是航天器构型设计。该章讨论航天器环境及其对设计的影响,对比航天器乘员所需的容积要求和商业、商务及战斗机上乘员所需的容积要求;考虑任务持续时间对座舱构造的影响;探讨成功的有人航天器的质量特性以及相应的弹道系数;讨论航天器设计中作为温度控制和可居用空间重要内容的人因设计;讨论环境控制和生命支持系统,包括制热、通风和空调以及水净化、废物管理,还讨论消防和应急控制系统以及通信;介绍基本的结构设计问题以及太空推进与能源系统。

第11章介绍安全性和可靠性的定义、任务可靠性分配方法以及可靠性函数。可靠性计算中采用了失效率模型,评估了分配目标。该章将推进系统可靠性作为例子,介绍如何计算任务成功率;对概率风险评估进行概括介绍,以航天飞机为例介绍了功能失效的问题;介绍韦布尔分布及其在风险和可靠性研究中的作用。

第12章讨论有人太空飞行经济方面的内容,包括之前的有人太空项目(如阿波罗号飞船和航天飞机)的成本;从在轨有效载荷方面评估太空飞行的一般成本;按组成部分对太空飞行成本进行分析,包括开发、生产、飞行运行、翻修、回收、保险等组成部分;介绍发射飞行器不同组成部分成本的一般特征。

附录A介绍正文中的大气层中上升和再入高超声速飞行的技术基础知识,包括正激波和斜激波、小扰动理论、普朗特-迈耶流、牛顿理论、锥形流等。附录B给出几款飞行过的或者经过风洞测试的太空飞机的详细构型数据。其中几款飞行器的飞行特性是采用第8章介绍的方法算得的。这些资料还无法在其他同一出处全部获取到。

0.2 设计课程的方法

在一学期课程中曾成功用到过一个基本的任务剖面,其包括以下内容:

- (1) 搭载特定数量的乘员从地面升空;
- (2) 穿过大气上升/加速,进入400km高度的轨道;
- (3) 在轨道上完整运行两圈;
- (4) 同国际空间站对接并停留规定的时长;

- (5) 分离,然后离开 400km 高度的轨道;
- (6) 在 100km 高度处开始大气再入,下降减速;
- (7) 接近地面,在地面着陆。

六个人的设计小组是最有效的。其中有一名项目经理和五名专家,各负责以下领域:空气动力学、推进、轨迹与轨道、热防护、构型设计。每名学生根据自己的喜好提交一份这几个专业的申请。根据申请,指导教师为每位学生指定一个具体的角色,然后把他们分派给某个设计小组。这样,学生在开始工程职业生涯之前就会体验在由一群陌生人组成的团队内工作。今后他们的首份工作也将是这样的。团队是需要合作的,让学生认识到这一点也是设计教育的内容之一。阅读本书的学生都处在最后一个学期,已经学习或正在学习所列领域的分析课程。所以,所有学生都曾接触过相关方面的资料,而本书就是要把这方面的大量资料更好地用起来。本过程的主要成果就是设计报告,采用研讨会的形式,邀请老师和专业人士,在研讨会上作口头报告也是重要的辅助形式。

0.2.1 设计报告的编写

对于每位工程师来说,一项最重要的任务就是编写技术报告。可以是一份建议报告,目的是吸引资助方的兴趣,以便为报告的技术项目争取到资金支持,也可以是一份项目完成的工作报告。工程师一般喜欢从事解决具体问题的技术工作,而畏惧规划、编写、编制介绍工作的技术文件。

报告需要清晰传递信息,报告的形式既要完整,又要有吸引力。从概念上看,报告编制是很简单的,本质上就是对完成的工作进行日志编辑,或是对提议的或待完成的工作进行编辑。因此,不妨对工作和相关背景及所用的说明资料进行记录。对于天天从事技术工作的工程师来说,这些技术工作是最容易理解的,但是对于需要了解这些技术工作的其他人来说未必如此。如果报告编制得不完善,让读者觉得报告难以理解,那么工程师就浪费了所做的全部技术工作,因为信息不能从这些技术人员那里传递出去。设计报告需要满足一些基本要求,例如,读者不必自己查找重要的事实,不因行文糟糕而使技术内容晦涩难懂,要避免歧义。

报告的读者对象是需要关心的。对于设计报告来说,一般有三类读者:业务与销售高层管理人员、技术经理、技术主管工程师。同一份报告要针对这样广泛的群体,通常就需要包含执行摘要、正文、详细附录。业务与销售高层管理人员一般阅读简要的执行摘要,对研究的总体方法和结构有明确了解。技术经理会阅读执行摘要和正文,以便必要时对执行小组进行指导。技术主管工程师则需要阅读全部内容,因为其他两个群体在进行重大商业决策时可能要求技术主管工程师查看具体的问题。