

智能交通先进技术译丛

INTELLIGENT
TRANSPORTATION

交通运输系统的 可靠性与安全性

Transportation Systems
Reliability and Safety

[加] B.S.迪隆 (B.S.Dhillon) 著
丁川 鲁光泉 王云鹏 译



智能交通先进技术译丛

交通运输系统的可靠性 与安全性

Transportation Systems Reliability and Safety

[加] B. S. 迪隆 (B. S. Dhillon) 著

丁 川 鲁光泉 王云鹏 译



机械工业出版社

Transportation Systems Reliability and Safety / by B. S. Dhillon / ISBN: 9781439846407

Copyright © 2011 by CRC Press.

Authorized translation from English language edition published by CRC Press, part of Taylor & Francis

Group LLC; All rights reserved;

本书原版由 Taylor&Francis 出版集团旗下, CRC 出版公司出版, 并经其授权翻译出版, 版权所有, 侵权必究。

China Machine Press is authorized to publish and distribute exclusively the Chinese Simplified edition. This edition is authorized for sale throughout Mainland of China. No part of the publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

本书中文简体翻译版授权由机械工业出版社独家出版并限在中国大陆地区销售, 未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

Copies of this book sold without a Taylor & Francis Sticker on the cover are unauthorized and illegal.

本书封面贴有 Taylor & Francis 公司防伪标签, 无标签者不得销售。

北京市版权局著作权登记 图字: 01-2016-0494 号。

图书在版编目 (CIP) 数据

交通运输系统的可靠性与安全性 / (加) B. S. 迪隆 (B. S. Dhillon) 著; 丁川, 鲁光泉, 王云鹏译. —北京: 机械工业出版社, 2018. 2

(智能交通先进技术译丛)

书名原文: Transportation Systems Reliability and Safety

ISBN 978-7-111-59007-1

I. ①交… II. ①B…②丁…③鲁…④王… III. ①交通运输系统 - 可靠性②交通运输系统 - 安全性 IV. ①U491

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 014448 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: 孙 鹏 责任编辑: 孙 鹏

责任校对: 佟瑞鑫 封面设计: 鞠 杨

责任印制: 常天培

涿州市京南印刷厂印刷

2018 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 11.25 印张 · 2 插页 · 216 千字

0001-2500 册

标准书号: ISBN 978-7-111-59007-1

定价: 80.00 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

封面防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

本书对交通系统可靠性与安全性的基础知识、分析方法与应对处理等进行了系统性的论述,涵盖了道路、铁路、航空和水运等交通系统可靠性与安全性的基础理论和方法,提供了非常有价值的理论参考,对我国交通系统可靠性与安全性领域的研究和发展具有重要的意义。本书适合交通运输业中可靠性与安全性方面的研究人员、运输系统管理员、交通运输工程本科生与研究生、交通运输领域研究人员与教师,以及工程师阅读使用。

前 言

在全球范围内,每年花费在飞机、轮船、汽车、火车等交通运输系统的开发、制造、运营和维护上的金额达数十亿美元,而这些运输系统的全球影响力也同样是巨大的。例如,仅航空工业对于全球经济的影响(直接、间接、诱导和催化等)大约就有2.96万亿美元。

尽管如此,由于交通运输系统的可靠性与安全性不尽如人意,致使每年都有成千上万人直接或间接死于交通事故。例如在美国,每年仅由汽车引起的交通事故就造成约42000人死亡和数十亿美元的经济损失。

近年来,已经出现了大量关于交通运输系统可靠性和安全性的期刊及会议论文,但在笔者看来,市面上并没有一本涵盖该领域最新研究进展的相关书籍,这使得需要搜集该学科信息的人员不得不查询多种多样的信息源,对信息搜集构成了实质性的障碍。

因此,本书的主要目的是为了消除驳杂的信息源,并为渴望获得相关领域信息的人们提供最新的学科信息。本书在每一章的结尾参考部分给出了章节中提到的大部分材料的信息来源,有助于读者在读完本书后寻找相关的资料和书籍,在专业的领域进行更深入的研究。为了帮助读者对后续章节内容的理解,书中介绍了相关的数学概念以及可靠性和安全性的基础知识,并且单独设立了一章来介绍交通运输系统可靠性与安全性分析的实施方法。

本书尽可能让没有过多相关知识储备的读者理解书中叙述的内容,在书中合适的地方加入了相关实例及其解决方案,并在每一章的结尾设置了习题来测试读者的理解程度。本书最后提供了从1968年到本书出版时相关著作的目录清单,其中包括大量的直接或间接介绍交通运输系统可靠性与安全性的材料,希望给读者提供一个更加广阔的学术视野。

本书共有11章。第1章介绍的内容包括:交通运输系统可靠性与安全性的历史发展及其必要性;交通运输系统可靠性和安全性的现实意义、相关数据和典型事例,相关领域的重要术语及定义,获取交通运输系统可靠性与安全性相关信息的有效来源,以及本书涵盖的范围。第2章介绍了一些相关领域的重要数学概念,有助于读者更好地理解后续章节,其内容包括布尔代数、概率性质、概率分布以及一些重要的定义。

第3章介绍了可靠性与安全性相关的基础知识。第4章介绍了一系列有助于交通运输系统可靠性与安全性分析的实施方法,包括:故障模式与效果分析、故障树分析、马尔科夫方法、危险与可操作性分析、接口安全性分析、初

步危害性分析、工作安全性分析和业务审查技术。

第5章介绍了交通运输系统故障,主要包括:机械故障有关的航空事故、车辆故障分类、铁轨缺陷与焊接故障、铁路和公路油罐车的故障模式及故障后果、船舶故障及其后果、海洋环境故障及微观分析技术故障调查。第6章共介绍了11种数学模型,用作不同种类的交通运输系统可靠性分析。

第7章和第8章分别介绍了铁路安全以及货车和公共汽车的安全问题。第七章的主题包括:铁路相关事故事件的原因、基于影响和原因的铁路事故一般分类、铁路脱轨事故事件及其原因、“伸缩式”铁路事故、特定国家的铁路事故、铁路油罐车安全以及铁路安全性分析实施方法。第8章的主题包括:货车和公共汽车安全的热点问题、货车安全相关实例及数据、货车安全的常规问题、货车安全检查提示、公共汽车和长途客车乘员死亡及重伤、公共汽车安全和安全功能领域的关键设计以及车辆安全数据源。

第9章介绍了航空和船舶安全的各种重要层面,包括:美国航空相关的死亡及事故率、航空器空中事故及空难致因、国际航空事故分析、空中安全相关的监察机构及其职能、航空记录与报告系统、值得关注的海洋事故、船舶安全评估和船舶港口相关危险。

第10章致力于介绍铁路及道路运输系统中的人为错误,主题包括:铁路系统中人为错误相关事实和数据及例子、铁路操作相关的典型人为错误发生区域、铁路运营中铁路人员容易犯错的任务及诱因、道路运输系统人为错误相关因素及图表、驾驶人错误分类及常见的驾驶人错误、对商业驾驶人表现的操作性影响、特定发展中国家的公共汽车事故及导致事故的驾驶人错误等。

最后,第11章介绍了航空与海上运输系统中人为错误的各种重要层面。本章包含的话题有:航空相关人为错误的事实和数据及例子、机组人员决策错误诱因、飞行员-交管员通信错误类型及减少通信错误的建议、船舶相关人为错误的事实和数据及例子、海洋工业部门面临的人力因素相关问题、减少人力对船舶系统可靠性的影响及增加可靠性的方法、海上系统中执行风险分析的方法等。

本书将对许多人有所帮助,包括交通运输业中可靠性与安全性方面的研究人员、运输系统管理员、交通运输工程本科生与研究生、交通运输领域研究人员与教师,以及大多数交通运输系统工程师。作者对很多人表示感谢,感谢我的朋友、同事、学生及他们的无形付出。同时,也感激我的孩子贾丝明和马克的无形贡献。最后也是最重要的是,我还要感谢妻子罗茜的协助,感谢她为我排版并校对整本书籍。

B. S. Dhillon

加拿大安大略省渥太华

关于作者

B. S. Dhillon 博士是渥太华大学机械工程系的交通管理教授。他已经在机械工程系/工程管理项目担任主席/主任超过十年时间，在可靠性工程、可维护性、安全性、工程管理等领域发表了超过 350 篇论文（203 篇期刊论文和 147 篇会议论文），并且是 10 家国际科学期刊的编委。此外，Dhillon 博士已经在医疗保健、工程管理、设计、可靠性、安全和质量等各方面由威利（1981）、范诺斯丹（1982）、巴特沃斯（1983）、马塞尔·德克尔（1984）、帕加马（1986）等出版商出版了 37 本书籍。他的书籍被超过 100 个国家使用，并有许多被翻译成外文，譬如德文、俄文、中文和波斯文等。Dhillon 博士还是统计分布的创始人，该分布在世界各地的出版物中被统计研究人员称为 Dhillon 分布。

Dhillon 博士已经连续担任两项可靠性与质量控制国际会议的总主席，他同时也是多个组织机构的顾问，并在工业部门有着多年的工作经验。在渥太华大学期间，他已经教授可靠性、质量管理、工程管理、设计以及相关领域超过 30 年，并且已经在超过 50 个国家授课，包括在北美、欧洲、亚洲以及非洲举办的各种国际科学会议上的主题演讲。2004 年 3 月，Dhillon 成为外科手术错误会议/研讨会上的卓越演讲人，该会议由白宫医疗与安全委员会和五角大楼发起，在华盛顿特区第一宪法大道的国会山庄举办。

Dhillon 教授在威尔士大学取得了电气和电子工程学的学士学位与机械工程学的硕士学位，并在温莎大学取得了工业工程学的博士学位。

译者序

随着城镇化进程的不断加快,以北京、上海等为代表的特大城市的中心地位和区域主导作用持续增强。作为城市健康运行的主动脉,交通系统在城市经济社会发展和居民日常生活中扮演着越来越重要的角色。我国交通系统在高速铁路和高速公路等领域均已位居世界前列,并在积极寻求由“交通大国”向“交通强国”的转变。随着城市规模的持续扩大,与之相对应的是城市交通系统变得越来越复杂,尤其是城市交通系统的可靠性与安全性面临着前所未有的挑战。

为满足居民的基本出行需求,提升出行品质,交通系统的可靠性与安全性可谓是最基本的功能诉求。比如,对于出行者而言,如何安全而又准时地到达目的地,合理规划出发时刻,已成为广大居民日常生活中关注的焦点。对于交通管理者而言,如何保障城市交通系统运行过程中的抗干扰能力和抗毁能力,进而提升城市交通系统可靠性与安全性亦成为其关注的重点。可以说,不断提升交通系统的可靠性与安全性水平已成为社会各阶层的共识性需求,这也是我国迈向“交通强国”的基本要求,更是关乎我国国计民生和国家安全的重要保障。

交通系统可靠性与安全性的研究一直是国内外众多学者关注的热点。B. S. Dhillon对交通系统可靠性与安全性的基础知识、分析方法与应对处理等进行了系统性的论述。本书的翻译出版,对我国交通系统可靠性与安全性领域的研究和发展具有重要的意义,提供了非常有价值的理论参考。

本书的翻译工作由北京航空航天大学的丁川、鲁光泉和王云鹏负责。参与翻译的人员主要包括潘日佩、戴荣健、龙文民、段金肖、许晓彤、童睿、赵鹏云、杨刚、任航。作为一本学术专著,本书涵盖了道路、铁路、航空和水运等交通系统可靠性与安全性的基础理论和方法。在翻译的过程中,我们尽可能保留原著的写作风格,但由于自身水平有限,本书在翻译过程中难免存在不足之处,也请各位读者谅解。

译者

北京航空航天大学

目 录

前言	
关于作者	
译者序	

第1章 概述 1

1.1 背景	1
1.2 交通运输系统可靠性和安全性事实、数据和案例	1
1.3 术语和定义	3
1.4 交通运输系统可靠性与安全性分析中获取信息的常用来源	4
1.4.1 组织机构	4
1.4.2 数据来源	4
1.4.3 标准	5
1.4.4 相关期刊	6
1.4.5 会议论文集	7
1.4.6 相关参考书	7
1.5 本书范围	8
习题	8
参考文献	9

第2章 可靠性与安全性算法 11

2.1 简介	11
2.2 算术平均值、平均偏差和标准偏差	11
2.2.1 算术平均值	11
2.2.2 平均偏差	12
2.2.3 标准偏差	12
2.3 布尔代数	13
2.4 概率的定义与性质	14
2.5 常用定义	14
2.5.1 累积分布函数	14

2.5.2	概率密度函数	15
2.5.3	期望值	15
2.5.4	方差	15
2.5.5	拉普拉斯变换: 定义	15
2.5.6	拉普拉斯变换: 终值定理	16
2.6	概率分布	17
2.6.1	二项式分布	17
2.6.2	指数分布	18
2.6.3	瑞利分布	18
2.6.4	韦伯分布	18
2.6.5	正态分布	19
2.6.6	一般分布	19
2.7	用拉普拉斯变换式求解一阶微分方程	20
	习题	21
	参考文献	22

第3章 可靠性与安全性基础知识 23

3.1	简介	23
3.2	浴缸故障率曲线	23
3.3	一般可靠性相关公式	24
3.3.1	故障(或概率)密度函数	24
3.3.2	故障率函数	25
3.3.3	一般可靠性函数	25
3.3.4	平均失效时间	26
3.4	路网可靠性	27
3.4.1	串联网络	27
3.4.2	并联网络	28
3.4.3	k -out-of- m 路网	30
3.4.4	备用系统	31
3.4.5	桥接路网	32
3.5	事故发生的人为错误和职业压力	33
3.6	人为错误的后果和分类	34
3.7	工程师与安全	35
3.8	生产事故类别、常见的机械损伤和造成工作中受伤的原因	36
3.9	事故致因理论	37
3.9.1	多米诺事故因果关系理论	37
3.9.2	人为因素事故因果关系理论	38
	习题	39
	参考文献	39

第4章 交通运输系统可靠性和安全性分析实施方法 41

4.1 简介	41
4.2 故障模式与效果分析 (FMEA)	41
4.3 故障树分析 (FTA)	43
4.3.1 故障树的概率评估	45
4.3.2 故障树分析 (FTA) 的优点和缺点	46
4.4 马尔科夫法	47
4.5 危险与可操作性分析 (HAZOP)	49
4.6 接口安全性分析	50
4.7 初步危害性分析 (PHA)	51
4.8 工作安全性分析 (JSA)	51
4.9 业务审查技术 (TOR)	51
习题	52
参考文献	53

第5章 交通运输系统故障 54

5.1 简介	54
5.2 机械故障有关的航空事故	54
5.3 车辆故障分类及汽车零件缺陷	56
5.4 铁轨缺陷与铁轨焊接故障	57
5.5 通勤铁路服务延误相关的机械故障	57
5.6 铁路及公路油罐车的故障模式及故障后果	58
5.7 船舶故障及其原因	59
5.8 海洋环境故障及微观分析技术故障调查	60
5.8.1 差示扫描量热法	60
5.8.2 热机械分析法	60
5.8.3 傅里叶变换红外光谱法	61
5.8.4 热重分析法	61
5.9 潜艇船舶控制系统的性能监控和故障定位过程及优点	61
习题	62
参考文献	62

第6章 交通系统可靠性模型 64

6.1 简介	64
6.2 模型一	64
6.3 模型二	66

6.4 模型三	69
6.5 模型四	71
6.6 模型五	73
6.7 模型六	75
6.8 模型七	77
6.9 模型八	79
6.10 模型九	82
6.11 模型十	84
6.12 模型十一	86
习题	89
参考文献	90

第7章 铁路安全 91

7.1 简介	91
7.2 铁路相关事故和事件的原因及具体实例	91
7.3 依据产生原因和事故影响的铁路事故分类方法	92
7.4 铁路脱轨事故和事件及其原因	93
7.5 “伸缩式”铁路事故	94
7.6 特定国家的铁路事故	94
7.6.1 英国	94
7.6.2 爱尔兰	95
7.6.3 新西兰	95
7.6.4 澳大利亚	96
7.7 铁路罐车安全	96
7.8 轻轨运输系统安全问题	97
7.9 铁路安全性分析实施方法	97
习题	100
参考文献	101

第8章 货车与公共汽车安全 102

8.1 简介	102
8.2 货车与公共汽车安全的热点问题	102
8.3 货车安全相关实例及数据	103
8.4 货车安全常规问题、重型车辆事故相关因素、货运行业安全文化	103
8.5 货车安全检查提示、货车驾驶员安全提示、对改善货车安全的建议	105
8.6 公共汽车与长途客车乘员死亡及重伤数据	106
8.7 公共汽车运输安全以及安全功能领域的关键设计	106

8.8 车辆安全数据源	107
8.8.1 美国国家公路交通安全管理局 (NHTSA)	107
8.8.2 美国国家运输安全委员会 (NTSB)	108
8.8.3 美国联邦公路管理局 (FHWA)	108
8.8.4 密歇根大学交通运输研究所 (UMTRI)	108
8.8.5 保险行业	109
8.9 特定国家的机动车交通事故	109
习题	110
参考文献	110

第9章 航空与船舶安全

9.1 简介	112
9.2 美国航空相关的死亡率与事故率	112
9.3 航空器事故及空难致因	113
9.4 国际航空事故分析	114
9.5 空中安全相关的监察机构及其职能	114
9.5.1 美国联邦航空管理局职能	114
9.5.2 美国国家运输安全委员会职能	114
9.6 航空记录与报告系统	115
9.6.1 事故/事件数据系统 (AIDS)	116
9.6.2 航空安全分析系统	116
9.6.3 航空运输监察系统 (ATOS)	117
9.6.4 事故/事件报告系统	117
9.6.5 航空安全报告系统	117
9.6.6 ICAO 的 ADERP 系统	118
9.7 重大海洋事故	118
9.7.1 “爱沙尼亚”号事故	118
9.7.2 “德比郡”号事故	118
9.7.3 “声望”号事故	119
9.7.4 “自由企业使者”号事故	119
9.8 船舶安全评估	119
9.9 船舶港口相关危险	120
9.10 全球海上安全预警系统 (GMDSS)	120
习题	121
参考文献	122

第10章 铁路与公路运输系统中的人为错误

10.1 简介	124
---------------	-----

10.2 铁路系统中人为错误相关的事实、数据和案例	124
10.3 铁路操作相关的典型人为错误发生区域	125
10.3.1 火车速度	125
10.3.2 信号传递	125
10.3.3 调度或发信号	126
10.4 铁路运营中铁路人员易于犯错的任務及诱因	126
10.5 铁路运营中利用状态检查表来减少人为错误	127
10.6 公路运输系统人为错误相关因素	128
10.7 驾驶人错误分类、常见的驾驶人错误及驾驶人错误排行	128
10.8 商务车驾驶员的操作影响	129
10.9 特定发展中国家的公共汽车事故及导致事故的驾驶员错误	129
习题	131
参考文献	131

第 11 章 航空与海上运输系统中的人为错误 133

11.1 简介	133
11.2 航空运输系统	133
11.2.1 航空中的人为错误：事实、数据和案例	133
11.2.2 商业航空事故中与飞行员错误相关的组织因素	134
11.2.3 机组人员决策错误诱因	134
11.2.4 飞行员 - 空管员通信错误类型及减少通信错误的建议	136
11.3 海上运输系统	137
11.3.1 海上运输中的人为错误：事实、数据和案例	137
11.3.2 海洋工业部门面临的人力因素相关问题	138
11.3.3 减少人力对船舶系统可靠性的影响及增加可靠性的方法	138
11.3.4 海上系统中执行风险分析的方法	139
习题	140
参考文献	140

附录 143

文献目录：交通运输系统可靠性与安全性相关文献 143

1

第 1 章

概 述

1.1 背景

每年，全球对交通运输系统如飞机、船只、火车和汽车的开发、制造、运行和维护都要花费数十亿美元，而这些运输系统每年在全世界范围内也运送了数十亿吨的货物和数十亿的乘客。例如，按照国际航空运输协会（IATA）的统计，全球 900 家航空公司约 22000 架飞机，每年都会运送因公出差或者休闲旅游而出行的 16 亿名乘客。

在交通运输系统运行的过程中，全世界每年有成千上万的人因为各种类型的故障和事故失去了生命。例如，仅在美国，每年在高速公路上因发生汽车事故造成死亡的人数就有约 42000 人。就经济损失而言，1994 年，美国经济因机动车事故所造成的损失就高达 1500 亿美元左右。

交通运输系统可以直接或间接地影响全球经济和环境，因此交通运输系统发生故障已成为一个重要的全球性问题。虽然对可靠性和安全性领域研究的历史可以分别追溯到 20 世纪 40 年代和 19 世纪 60 年代，但是仅仅从 20 世纪 70 年代起，人们才开始认真地思考交通运输系统可靠性和安全性的问题。自 20 世纪 60 年代末以来，大量与交通运输系统可靠性和安全性相关的刊物相继出现，在本书的附录中列出了超过 400 个这样的刊物。

1.2 交通运输系统可靠性和安全性事实、数据和案例

下面我们先列出一些直接或间接涉及交通运输系统可靠性和安全性的事实、数据和案例。

1) 1990 年，全世界约有 4000 万起交通事故发生，约 100 万人死于起交通事故。根据世界卫生组织的预测，到 2020 年，全世界由交通事故造成的死亡人数可能会增加到 230 万以上。

2) 根据 Odera 的说法，全球每年仅由道路交通事故造成的经济损失就超过了约五千亿美元。

3) 在 1993 年，美国有约 4500 辆货车被卷入严重交通事故中，每起严重事故

至少造成了一人死亡。

4) 1950—2008 年, 全球每 10 年由于机械故障而造成的商用飞机事故数量如下:

21 (1950—1959)

20 (1960—1969)

23 (1970—1979)

21 (1980—1989)

21 (1990—1999)

28 (2000—2008)

5) 根据波音公司的研究, 在全世界超过 73% 的飞机事故中, 驾驶舱机组人员的操作失误是一项重要的影响因素。

6) 对 1888—2000 年瑞典 666 起铁路交通事故的研究表明, 事故的原因主要可以归为以下三类: 铁路机车 (47%), 轨道 (39%), 信息不足 (14%)。

7) 人为错误直接或间接地导致了 84% ~ 88% 的油罐车事故。

8) 在美国, 1980 年、1986 年、1989 年、1992 年、1995 年、1997 年和 2000 年与货车有关的引起死亡的交通事故分别约为 5400 起、5100 起、5000 起、4000 起、4500 起、4900 起、5000 起。

9) 2004 年, 美国发生在调车场的交通事故 (即不包括公路和铁路交叉处的列车事故), 约有 53% 是由于人为因素造成的。

10) 在 1993—2003 年, 美国的大型货车的致命事故率下降了 20%。

11) 在 1983—1996 年, 全世界发生了 371 起主要的航空事故、29798 起通用航空事故和 1735 起通勤飞机或短程飞机事故。

12) 1966 年、1970 年、1975 年、1980 年、1985 年、1990 年和 1991 年英国的公共汽车和长途客车乘客事故死亡人数分别为 76 人、74 人、115 人、29 人、32 人、19 人和 25 人。

13) 超过 80% 的海上事故都源于或受到人为因素或组织相关因素的影响。

14) 2003 年, 在美国因大型货车交通事故造成的 4986 名死者中, 14% 为大型货车乘客, 78% 为其他车辆乘客, 8% 为非乘客。

15) 1979 年, 一架 DC-10 飞机由于维修人员的维修程序不当, 造成了 272 人死亡。

16) 1974 年, 土耳其航空公司 981 航班 (飞机机型: 麦克唐纳-道格拉斯 DC-10-10) 由于货物舱口和控制面板故障坠毁, 造成 346 人死亡。

17) 美国宇航局 (NASA) 进行的一项研究指出, 自从喷气式大型客机在 20 世纪 50 年代后期投入使用以来, 有超过 70% 的航空事故都涉及某种程度的人为错误。

18) 2002 年, 美国国家铁路公司的一辆火车由于车辆故障和铁路维护不良,

在佛罗里达州新月市附近脱轨，造成4人死亡、142人受伤。

19) 1994年，美国航空公司427航班（飞机机型：波音737-387）由于方向舵故障而坠毁，造成132人死亡。

20) 2004年，联合太平洋铁路公司的一辆火车由于在信号灯处没有停车，与另一辆火车在德克萨斯州麦多纳市碰撞，造成3人死亡、51人受伤。

21) 1991年，联合航空公司585航班（飞机机型：波音737-291）由于方向舵设备故障而坠毁，造成25人死亡。

1.3 术语和定义

在交通运输系统可靠性和安全性领域，有大量的术语和定义。下面列举出其中的一部分：

- 1) 可靠性：在一定的条件和一定的时间内完成既定任务的概率。
- 2) 安全性：根据每项任务的特定要求，保护人类生命，防止物品遭到损坏。
- 3) 交通运输系统：由乘客或货物运动所必需的装置和设备组成的设施。
- 4) 事故：计划外不希望发生的事件。
- 5) 失效：项目无法根据规定的准则实现其功能。
- 6) 人为错误：操作人员未能执行指定的任务（或采取了禁止的动作），该行为可能会导致中断预定的操作，或造成设备和性能的损坏。
- 7) 任务时间：执行一项特定任务所需要的正常运行时间。
- 8) 冗余：完成一项特定功能时，存在一种以上的方法。
- 9) 人为错误后果：人为错误产生的不希望发生的后果。
- 10) 安全管理：通过其他方面（例如人）的作用来保证安全。
- 11) 可靠性模型：一个用于评估、预测、估算可靠性的模型。
- 12) 不安全状态：在相应的条件下，任何能引起事故的状态。
- 13) 不安全行为：对群体或者个人不安全的行为。
- 14) 保障措施：为所要保护的人开发的防护装置、设备或程序。
- 15) 失效模式：使项目（或系统）被认为是失效的，项目（或系统）性能的异常表现。
- 16) 伤害：受伤或其他特定的损害。
- 17) 危害控制：减少风险的手段。
- 18) 人因可靠性：在系统运行中的任何所需的阶段成功完成一个任务的概率。在某些情况下，任务必须在规定的时间内完成。
- 19) 连续任务：一项涉及某种追踪活动的任务（例如监测一个不断变化的环境）。