



国防科技图书出版基金

“十二五”国家重点出版规划项目

航天器和导弹制导、导航与控制

导弹自主编队 协同制导控制技术

Cooperative Guidance & Control of
Missiles Autonomous Formation

吴森堂 © 著



国防工业出版社

National Defense Industry Press



国防科技图书出版基金

导弹自主编队 协同制导控制技术

Cooperative Guidance & Control of
Missiles Autonomous Formation

Introduction

Basis of Cooperative Guidance & Control

Information Acquisition System of MAF

Decision and Management System of MAF

Flight Control System of MAF

Member Flight Control System

Support Networks System of MAF

Simulation and Verification for the CGCS



国防工业出版社 北京

National Defense Industry Press

图书在版编目(CIP)数据

导弹自主编队协同制导控制技术/吴森堂著. —北京:
国防工业出版社, 2015. 9

(航天器和导弹制导、导航与控制丛书)

ISBN 978 - 7 - 118 - 10109 - 6

I. ①导… II. ①吴… III. ①导弹制导—控制
系统—研究 IV. ①TJ765. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 191132 号

导弹自主编队协同制导控制技术

著 者 吴森堂

责任编辑 王 华 肖 姝

出版发行 国防工业出版社(010 - 88540717 010 - 88540777)

地址邮编 北京市海淀区紫竹院南路 23 号, 100048

经 售 新华书店

印 刷 北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

开 本 710 × 1000 1/16

印 张 22½

印 数 1—2000 册

字 数 336 千字

版 印 次 2015 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

定 价 112.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

致读者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,原国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 在国防科学技术领域中,学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。
4. 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在总装备部的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题

和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由总装备部国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,原国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

国防科技图书出版基金

评审委员会

国防科技图书出版基金 第七届评审委员会组成人员

主任委员 潘银喜

副主任委员 吴有生 傅兴男 杨崇新

秘书长 杨崇新

副秘书长 邢海鹰 谢晓阳

委员（按姓氏笔画排序）

才鸿年 马伟明 王小谟 王群书 甘茂治

甘晓华 卢秉恒 巩水利 刘泽金 孙秀冬

芮筱亭 李言荣 李德仁 李德毅 杨伟

肖志力 吴宏鑫 张文栋 张信威 陆军

陈良惠 房建成 赵万生 赵凤起 郭云飞

唐志共 陶西平 韩祖南 傅惠民 魏炳波

《航天器和导弹制导、导航与控制》 丛书编委会

顾 问 陆元九* 屠善澄* 梁思礼*

主任委员 吴宏鑫*

副主任委员 房建成
(执行主任)

委员 (按姓氏笔画排序)

马广富	王 华	王 辉	王 巍*	王子才*
王晓东	史忠科	包为民*	邢海鹰	任 章
任子西	刘 宇	刘良栋	刘建业	汤国建
孙承启	孙柏林	孙敬良*	孙富春	孙增圻
严卫钢	李俊峰	李济生*	李铁寿	杨树兴
杨维廉	吴 忠	吴宏鑫*	吴森堂	余梦伦*
张广军*	张天序	张为华	张春明	张弈群
张履谦*	陆宇平	陈士橧*	陈义庆	陈定昌*

陈祖贵	周 军	周东华	房建成	孟执中*
段广仁	侯建文	姚 郁	秦子增	夏永江
徐世杰	殷兴良	高晓颖	郭 雷*	郭 雷
唐应恒	黄 琳*	黄培康*	黄瑞松*	曹喜滨
崔平远	梁晋才*	韩 潮	曾广商*	樊尚春
魏春岭				

常务委员 (按姓氏笔画排序)

任子西	孙柏林	吴 忠	吴宏鑫*	吴森堂
张天序	陈定昌*	周 军	房建成	孟执中*
姚 郁	夏永江	高晓颖	郭 雷	黄瑞松*
魏春岭				

秘 书 全 伟 宁晓琳 崔培玲 孙津济 郑 丹

注:人名有*者均为院士。

总 序

航天器(Spacecraft)是指在地球大气层以外的宇宙空间(太空),按照天体力学的规律运行,执行探索、开发或利用太空及天体等特定任务的飞行器,例如人造地球卫星、飞船、深空探测器等。导弹(Guided Missile)是指携带有效载荷,依靠自身动力装置推进,由制导和导航系统导引控制飞行航迹,导向目标的飞行器,如战略/战术导弹、运载火箭等。

航天器和导弹技术是现代科学技术中发展最快,最引人注目的高新技术之一。它们的出现使人类的活动领域从地球扩展到太空,无论是从军事还是从和平利用空间的角度都使人类的认识发生了极其重大的变化。

制导、导航与控制(Guidance Navigation and Control,GNC)是实现航天器和导弹飞行性能的系统技术,是飞行器技术最复杂的核心技术之一,是集自动控制、计算机、精密机械、仪器仪表以及数学、力学、光学和电子学等多领域于一体的前沿交叉科学技术。

中国航天事业历经50多年的努力,在航天器和导弹的制导、导航与控制技术领域取得了辉煌的成就,达到了世界先进水平。这些成就不仅为增强国防实力和促进经济发展起了重大作用,而且也促进了相关领域科学技术的进步和发展。

1987年出版的《导弹与航天丛书》以工程应用为主,体现了工程的系统性和实用性,是我国航天科技队伍30年心血凝聚的精神和智慧成果,是多种专业技术工作者通力合作的产物。此后20余年,我国航天器和导弹的制导、导航与控制技术又有了突飞猛进的发展,取得了许多创新性成果,这些成果是航天器和导弹的制导、导航与控制领域的新理论、新方法和新技术的集中体现。为适应新形势的需要,我们决定组织撰写出版《航天器

和导弹制导、导航与控制》丛书。本丛书以基础性、前瞻性和创新性研究成果为主,突出工程应用中的关键技术。这套丛书不仅是新理论、新方法、新技术的总结与提炼,而且希望推动这些理论、方法和技术在工程中推广应用,更希望通过“产、学、研、用”相结合的方式使我国制导、导航与控制技术研究取得更大进步。

本丛书分两部分:第一部分是制导、导航与控制的理论和方法;第二部分是制导、导航与控制的系统和器部件技术。

本丛书的作者主要来自北京航空航天大学、哈尔滨工业大学、西北工业大学、国防科学技术大学、清华大学、北京理工大学、华中科技大学和南京航空航天大学等高等学校,中国航天科技集团公司和中国航天科工集团公司所属的科研院所,以及“宇航智能控制技术”“空间智能控制技术”“飞行控制一体化技术”“惯性技术”和“航天飞行力学技术”等国家级重点实验室,而且大多为该领域的优秀中青年学术带头人及其创新团队的成员。他们根据丛书编委会总体设计要求,从不同角度将自己研究的创新成果,包括一批获国家和省部级发明奖与科技进步奖的成果撰写成书,每本书均具有鲜明的创新特色和前瞻性。本丛书既可为从事相关专业技术研究和应用领域的工程技术人员提供参考,也可作为相关专业的高年级本科生和研究生的教材及参考书。

为了撰写好该丛书,特别聘请了本领域德高望重的陆元九院士、屠善澄院士和梁思礼院士担任丛书编委会顾问。编委会由本领域各方面的知名专家和学者组成,编著人员在组织和技术工作上付出了很多心血。本丛书得到了中国人民解放军总装备部国防科技图书出版基金资助和国防工业出版社的大力支持。在此一并表示衷心感谢!

期望这套丛书能对我国航天器和导弹的制导、导航与控制技术的人才培养及创新性成果的工程应用发挥积极作用,进一步促进我国航天事业迈向新的更高的目标。

丛书编委会

2010年8月

前 言

20世纪90年代美军相继提出了“网络中心战”和“Cyber战”概念,旨在利用强大的计算机信息网络,将分布的各类传感器和各种武器合成一个统一高效的大系统。该系统可实现作战单位实时地综合来自侦察卫星、预警机、无人/有人侦察机、舰艇、情报系统和地面侦察部队获得的各种目标信息,能够迅速、全面、可靠地洞察整个战场的局势并且互相协同指挥本平台以及其他平台的武器,以更快的反应速度、更高的作战效能实施连续作战。导弹以一定的数量规模自主编队进行协同作战是“网络中心战”的重要模式之一,其与单枚导弹或者无协同关系的多枚导弹作战相比,不仅可以提高突防能力、电子对抗能力、对低可探测运动目标的搜索能力和识别能力,而且可以减小作战消耗,从而提高导弹的综合作战效能。导弹自主编队(Missiles Autonomous Formation, MAF)协同作战是对高防御能力和高军事价值目标,尤其对航母战斗群与大范围分布的重要军事设施等,在复杂的强电子对抗条件下,实施高密集和高强度精确打击的重要手段,也是未来突发性地区冲突和 Cyberspace 对抗的主要作战样式。

导弹自主编队协同制导控制(Cooperative Guidance & Control of Missiles Autonomous Formation, CGC - of - MAF)技术涉及无线自组织网络与导弹制导控制等多个领域和学科的交叉融合,可实现由各类平台发射的具有编队能力的导弹之间,通过基于无线通信网络技术的自主编队支撑网络组成具备群体意识能力的编队。CGC - of - MAF 技术可支撑导弹编队依据整体作战效能最优原则,自主地完成编队决策与管理,优化配备编队的攻击火力和梯次,能够成组地规划编队的任务和航路,有效地分散敌方的防御系统能力,实施高强度的协同突防和饱和攻击作战。随着协同制导控制理论

和技术的迅速发展和完善,自主编队协同攻击武器系统必将成为未来新一代智能精确制导武器发展的主要方向。

自2000年开始,本书作者在国防科工委和总装备部“十一五”“十二五”国防基础科研以及武器装备预研重点项目、重大项目的支持下,对导弹自主编队协同制导控制基本原理、系统设计方法以及技术实现与验证进行了深入研究,并通过应用大量的风洞试验数据对所设计的导弹自主编队协同制导控制系统进行了数字仿真分析、硬件在环(HIL)仿真测试以及嵌入式等效系统试飞验证,部分研究成果已申请了20多项国家发明专利,先后出版了3部专著和发表了若干学术论文,培养了20余名工学博士和硕士,这对于促进导弹自主编队协同制导控制理论发展与技术应用无疑具有重要意义。

鉴于国内目前尚无此类较为系统全面地论述导弹自主编队协同制导控制理论与技术方面的专著,在总装备部国防科技图书出版基金的资助下,有必要把近10余年来的研究成果撰写成专著出版。为进一步提高飞行器协同制导控制技术水平,促进国防科技和武器装备发展尽绵薄之力,作者感到不胜荣幸。对本书撰写过程中北京航空航天大学张森老师在文献资料整理和图表编制方面给予的大力帮助,以及给予作者很大支持的中国航天科工集团公司第三研究院黄瑞松院士、张险峰研究员,中国电子科技集团公司第五十四研究所吴巍研究员、骆连合研究员、郝志安研究员,中国航天科技集团公司第十二研究所高晓颖研究员和第八〇二研究所蔡昆研究员,还有北京航空航天大学刘星博士、穆晓敏博士、彭琛博士、孙健博士、杜阳博士、胡楠希博士、贾翔、吴晓龙、蔡达、文永明和吴钟博等同行们表示诚挚的感谢。

作者

2015年8月

目 录

CONTENTS

第 1 章 概论	1	Chapter 1 Introduction	1
1.1 应用背景与意义	1	1.1 Background	1
1.2 相关研究状态	5	1.2 Summary	5
1.2.1 无线自组织网络	5	1.2.1 Wireless Mobile Ad-Hoc Network	5
1.2.2 战术数据链	7	1.2.2 Tactical Data Link	7
1.2.3 动态航路规划	8	1.2.3 Dynamic Route Planning	8
1.2.4 任务规划/目标动态分配	9	1.2.4 Task Planning and Dynamic Weapon-target Assignment	9
1.2.5 编队队形控制	11	1.2.5 Formation Control	11
1.2.6 网络控制系统	11	1.2.6 Network Control System	11
1.2.7 技术应用现状	14	1.2.7 Summary of Technique Application	14
1.3 导弹自主编队协同制导控制概述	16	1.3 Summary of Cooperative Guidance & Control of Missiles Autonomous Formation	16
1.4 本书的主要内容和特色	18	1.4 The main Contents	18
第 2 章 自主编队协同制导控制基础	20	Chapter 2 Basis of Cooperative Guidance & Control	20
2.1 基本概念与定义	20	2.1 Basic Concepts and Definitions	20
2.1.1 自主性的定义	20	2.1.1 The Concept of Autonomy	20
2.1.2 协同性基本原则	22	2.1.2 Basic Principle of Cooperativity	22
2.1.3 导弹自主编队基本概念和定义	23	2.1.3 Basic Concepts and Definitions of MAF	23
2.1.4 飞航导弹自主编队典型飞行区	45	2.1.4 Typical Flight Area of Winged Missile Autonomous Formation	45
2.2 协同制导控制系统	49	2.2 Cooperative Guidance & Control System	49
2.2.1 协同制导控制系统体系结构	49	2.2.1 Architecture of CGCS	49
2.2.2 编队信息获取系统	52	2.2.2 Information Acquisition System of MAF	52
2.2.3 编队决策与管理系统	52	2.2.3 Decision and Management System of MAF	52
2.2.4 编队飞行控制系统	54	2.2.4 Flight Control System of MAF	54
2.2.5 成员飞行控制系统	56	2.2.5 Member Flight Control System	56

2.2.6	编队支撑网络系统	56	2.2.6	Support Networks System of MAF	56
2.2.7	导弹自主编队作战效能评估	57	2.2.7	Combat Effectiveness Assessment of MAF	57
第3章 编队信息获取系统			Chapter 3 Information Acquisition System of MAF		
3.1	系统的结构组成	59	3.1	Compositions of IAS	59
3.1.1	局部节点信息	60	3.1.1	Node Local Information	60
3.1.2	网络特征信息	60	3.1.2	Characteristic Information of SNS	60
3.1.3	任务环境信息	60	3.1.3	Task and Battlefield Information	60
3.2	系统的时空配准	60	3.2	Space-time Registration for IAS	60
3.2.1	时空配准的任务	61	3.2.1	Task of Space-time Registration	61
3.2.2	偏差估计与补偿	61	3.2.2	Deviation Estimation and Compensation	61
3.2.3	空间配准方法	61	3.2.3	Space Registration Method	61
3.2.4	空间配准方法评价与选择	65	3.2.4	Assessment and Selection of Space Registration Methods	65
3.2.5	多传感器的时间配准	66	3.2.5	Multi-sensors Time Registration	66
3.2.6	时间配准方法评价与选择	68	3.2.6	Assessment and Selection of Multi-sensors Time Registration	68
3.3	自主编队的相对导航	69	3.3	Relative Navigation for MAF	69
3.3.1	相对导航的任务	69	3.3.1	Task of Relative Navigation	69
3.3.2	相对导航的技术要求	70	3.3.2	Technical Requirements of Relative Navigation	70
3.3.3	基于卫星全球定位系统的相对导航方法	70	3.3.3	Relative Navigation Method based on the GPS	70
第4章 编队决策与管理系统			Chapter 4 Decision and Management System of MAF		
4.1	系统的结构组成	81	4.1	Compositions of DMS	81
4.2	导弹编队的基本原则	82	4.2	Basic Principle of MAF	82
4.3	作战效能指标	82	4.3	Combat Effectiveness Indication of MAF	82
4.3.1	导弹武器系统效能基本指标	82	4.3.1	Combat Effectiveness Indication of Missile Weapon System	82
4.3.2	飞航导弹的综合作战效能指标	87	4.3.2	Combat Effectiveness Indication of Winged Missile	87
4.4	任务规划与目标动态分配	88	4.4	Task Planning and Dynamic Weapon-target Assignment	88
4.4.1	概述	88	4.4.1	Summary	88
4.4.2	任务规划的数学模型	89	4.4.2	Mathematical Models for Task Planning	89
4.4.3	静态任务规划方法	99	4.4.3	Task Static Planning Methods	99
4.4.4	动态任务规划方法	109	4.4.4	Task Dynamic Planning Methods	109
4.5	协同航路规划	119	4.5	Cooperative Route Planning	119
4.5.1	航路规划方法	120	4.5.1	Route Planning Methods	120
4.5.2	协同航路规划方法	127	4.5.2	Cooperative Route Planning Methods	127

4.5.3	TF/TA ² 航路平滑与指令转换	136	4.5.3	Route Smoothing and Instruction Transformation for TF/TA ²	136
4.6	制导交班与协同制导	144	4.6	Handover Guidance and Cooperative Guidance	144
4.6.1	制导交班边界设计与分析	144	4.6.1	Design and Analysis of Guidance Handover Boundary	144
4.6.2	分布式协同制导时间一致性	148	4.6.2	Time Consistence of Distributed Cooperative Guidance	148
4.6.3	协同末制导仿真实验	157	4.6.3	Simulation of Cooperative Guidance	157
4.7	自主编队离入队管理	165	4.7	Management of Leaving and Joining Formation	165
4.7.1	离入队管理方法	166	4.7.1	Management Methods of Leaving and Joining Formation	166
4.7.2	离入队管理策略	167	4.7.2	Management Strategy of Leaving and Joining Formation	167
4.7.3	离入队管理仿真实验	170	4.7.3	Simulation for Management of Leaving and Joining Formation	170
第5章 编队飞行控制系统			Chapter 5 Flight Control System of MAF		
5.1	编队飞行控制系统的结构	173	5.1	Compositions of FCSCM	173
5.2	编队队形生成与导引	174	5.2	Formation Generation and Guidance	174
5.2.1	多智能体系统的群集基础	174	5.2.1	Flocking for Multi-Agent Dynamic Systems	174
5.2.2	编队队形生成与导引仿真实验	179	5.2.2	Simulation for the Airbreathing Hypersonic Vehicles Formation	179
5.3	疏松编队飞行控制	183	5.3	Loose Formation Control	183
5.3.1	导弹编队运动模型	186	5.3.1	Models of MAF	186
5.3.2	基于MPC的编队飞行控制器设计	188	5.3.2	MPC Controllers Design of MAF	188
5.3.3	MPC编队飞行控制器仿真实验	193	5.3.3	Simulation for MPC Controllers	193
5.3.4	自主编队避障控制	195	5.3.4	Avoidance Obstacles Control of MAF	195
5.4	密集编队飞行控制	201	5.4	Dense Formation Control	201
5.4.1	动物群体运动行为分析	202	5.4.1	Analysis of Animal Groups Movement Behaviors	202
5.4.2	编队飞行控制的避障方法	206	5.4.2	Collision Avoidance Methods of FCSCM	206
5.4.3	密集编队避障问题分析	207	5.4.3	Analysis of Collision Avoidance Problem of Dense Formation	207
5.4.4	密集编队避障的透光性假说	211	5.4.4	Light Passing Hypothesis for Collision Avoidance Mechanism	211
5.4.5	密集编队LMPC控制器设计	214	5.4.5	LMPC Controllers of Dense Formation	214
5.4.6	密集编队LMPC控制器避障仿真实验	220	5.4.6	Collision Avoidance Simulation for LMPC Controllers of Dense Formation	220
5.4.7	编队队形变换方法	224	5.4.7	Formation Changing Methods	224
5.4.8	编队转弯方式与队形拆分方法	231	5.4.8	Formation Turning Flight and Formation Split Methods	231

第 6 章 成员飞行控制系统	236	Chapter 6 Member Flight Control System	236
6.1 系统结构与与设计	236	6.1 Configuration Design of MFCS	236
6.1.1 系统的结构组成	236	6.1.1 Compositions of MFCS	236
6.1.2 系统建模与设计方法	236	6.1.2 Modeling and Design Methods for MFCS	236
6.1.3 基于马尔可夫跳变模型的网络控制系统	238	6.1.3 Network Control System Based on the Markov Jump Models	238
6.1.4 基于马尔可夫跳变模型的网络控制系统稳定性	241	6.1.4 Stability of Network Control System Based on the Markov Jump Models	241
6.1.5 成员飞行控制器鲁棒设计方法	242	6.1.5 Robustness Design Methods for MFCS	242
6.2 成员飞行控制系统鲁棒设计实例	245	6.2 The Example of Robustness Design for MFCS	245
6.2.1 导弹过载控制器设计	245	6.2.1 Overload Controller Design of the Missile	245
6.2.2 导弹成员网络化飞行控制器设计	248	6.2.2 Networked Flight Controller Design of the Missile	248
第 7 章 编队支撑网络系统	254	Chapter 7 Support Networks System of MAF	254
7.1 引言	254	7.1 Foreword	254
7.2 自主编队支撑网络系统	255	7.2 Support Networks System	255
7.2.1 自主编队支撑网络分析	255	7.2.1 Analysis of Support Networks	255
7.2.2 自主编队支撑网络系统结构	257	7.2.2 Compositions of SNS	257
7.3 自主编队支撑网络协议	262	7.3 Protocols for Support Networks of MAF	262
7.3.1 网络支撑协议的概念	263	7.3.1 Concept of Support Protocols for SNS	263
7.3.2 网络通信协议总体设计	265	7.3.2 Communication Protocols Design of Support Networks	265
7.3.3 自组织时分多址(STDMA)访问技术	271	7.3.3 Media Access Control of STDMA	271
7.3.4 基于 STDMA 的时隙分配协议	272	7.3.4 Time Slot Allocation Protocols based on STDMA	272
7.3.5 基于 STDMA 的网络管理协议	279	7.3.5 Network Management Protocols based on STDMA	279
7.3.6 分布式冗余簇首决策协议	285	7.3.6 Distributed Redundant Cluster Heads Selection Protocol	285
7.3.7 分布式边界决策协议	288	7.3.7 Distributed Border Decision Protocol	288
第 8 章 协同制导控制系统仿真与验证	296	Chapter 8 Simulation and Verification for the CGCS	296
8.1 引言	296	8.1 Foreword	296
8.2 协同制导控制系统仿真验证环境	297	8.2 The Simulation and Verification Environment for the CGCS	297
8.2.1 CGCS of IPCLab 功能体系框架	297	8.2.1 The CGCS's Architecture of the IPCLab	297
8.2.2 CGCS of IPCLab 数字仿真系统	297	8.2.2 The CGCS's Mathematical Simulation System of the IPCLab	297

8.2.3 CGCS of IPCLab 硬件在 环仿真测试系统	304	8.2.3 The CGCS's Simulation and Test System Based on HIL of the IPCLab	304
8.2.4 CGCS of IPCLab 嵌入式等效 试飞验证系统	304	8.2.4 The Embedded Platform for Equivalent Flight Test Verification of the CGCS	304
8.3 等效试飞验证	318	8.3 The Equivalent Flight Test Verification	318
参考文献	320	References	320
主要符号表	333	List of Main Symbols	333