

长征系列运载火箭介绍: 长征四号系列 (三)

吴瑞华 顾颂安

长征四号 A

长征四号 A 运载火箭由上海航天局负责研制,从 1979 年至 1988 年历时 10 年,1988 年 9 月 7 日在太原卫星发射中心进行了首次发射,将中国第一颗试验型气象卫星送入 901 公里高度的太阳同步轨道,获得圆满成功。从此,长征四号 A 运载火箭开始进入使用阶段。

长征四号 A 在风暴一号火箭的基础上增加了常规三子级,形成了三级火箭。它全部采用常温推进剂,增大了一子级发动机的推力,加长了一子级贮箱。三子级贮箱采用高强铝单层薄壁共底结构和全程常温氦气定值增压,三子级发动机为双向摇摆式控制,发动机支撑形式采用铝合金铆接化铣混合型短舱结构,使用双向摇摆伺服机构和无水肼表面张力贮箱。长征四号 A 首次采用数字式控制系统,为适应卫星外形尺寸的需要,研制了大直径的卫星整流罩。

作为发射地球同步卫星的长征四号火箭,除了上述特点外,原另有两项较大的改进,一是三子级发动机采用二次点火,二是二子级发动机采用大喷管。这些措施都是为了提高运载能力,但在以后的长征四号 A 研制中均未采用。

长征四号 A 作为常规三级运载火箭的基本型号,主要任务是发射各种对地观测应用卫星系

列。它具有较高的可靠性,成本低廉,使用方便。

长征四号 A 运载火箭相对于各种太阳同步轨道和椭圆轨道高度的运载能力示于图 10。

制导与控制系统、遥测系统、跟踪测量系统、电源配电系统、安全自毁系统等组成。总体布局见图 11。

火箭由一子级、二子级、三子

表 5 长征四号 A 的主要技术性能

级数	3	结构质量	3.08 吨
全长	41.90 米	推进剂质量	35.5 吨
最大直径	3.3 米	发动机	
翼展	6.1 米	主机	YF-22
起飞质量	241.09 吨	游机	YF-23F
起飞推力	2942 千牛	推进剂	四氧化二氮/偏二甲肼
推重比	1.24	真空推力	719.8 千牛(主机)
运载能力	1.5 吨(倾角 99 度、高 910 公里轨道)		46.1 千牛(游机)
入轨精度		真空比冲	283 秒·公斤(主机)
近地点高度偏差	40 公里		274 秒·公斤(游机)
远地点高度偏差	40 公里	工作时间	126.8 秒(主机)
轨道倾角偏差	0.1 度		136.8 秒(游机)
偏心率偏差	0.005 度	三子级	
一子级		级长	4.95 米
级长	24.6 米	直径	2.9 米
直径	3.3 米	起飞质量	13.14 吨
起飞质量	187.2 吨	结构质量	1.8 吨
结构质量	9.8 吨	推进剂质量	11.34 吨
推进剂质量	177.4 吨	发动机	YF-40
发动机	YF-21B	推进剂	四氧化二氮/偏二甲肼
推进剂	四氧化二氮/偏二甲肼	真空推力	98.0 千牛
地面总推力	2942 千牛	真空比冲	294 秒·公斤
比冲	2550 秒·公斤	工作时间	329.8 秒
工作时间	150.6 秒	整流罩	
二子级		长度	4.90 米
级长	10.40 米	直径	2.9 米
直径	3.3 米	质量	612 公斤
起飞质量	38.5 吨	有效容积	10.5 立方米

一、主要技术性能 (表 5)

二、总体布局

长征四号 A 为三级液体运载火箭,由箭体结构、推进系统、

级及有效载荷整流罩组成。一、二子级的布局基本与长征三号火箭相同,三子级的布局为发动机(含保护罩)、氧化剂箱、燃料箱、仪器舱。二、三子级之间通过级间壳段用 6 个爆炸螺栓相连,

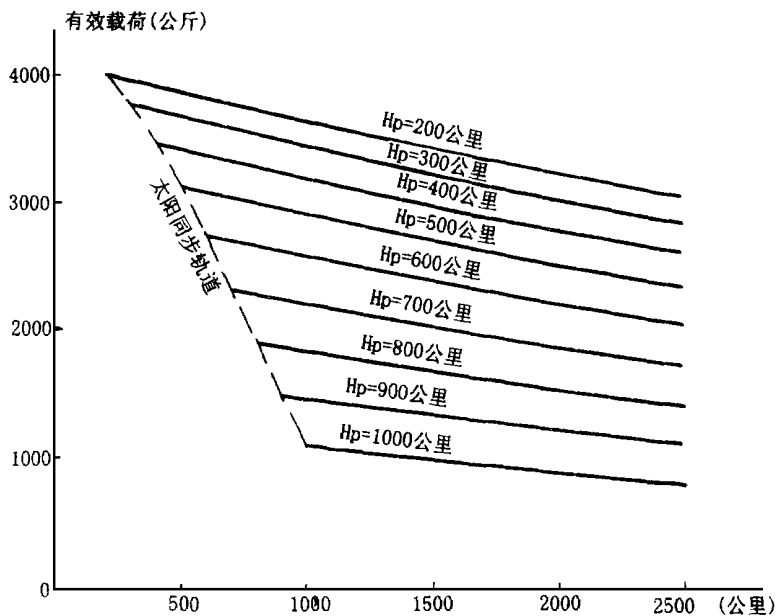


图10 长征四号 A的运载能力

表6 长征四号 A—子级
箭体主要结构一览表

舱段	长度(毫米)	直径(毫米)	主要材料
级间段	3250	3350	LY12
杆系	1400	3370	30CrMnSiA
氧化剂箱	9320	3350	LD10
箱间段	1330	3350	LY12
燃料箱	8229	3350	LD10 LC9
后过渡段	1050	3350	
尾段	2400	3350	LY12
尾翼	翼展 6150 翼弦 2200		LY12

2 二子级箭体结构

为适应三子级直径及三子级发动机的工作需要,在长征三号基础上,将二、三子级级间段的锥角减小,并相应增加了长度,其余结构均同长征三号。主要参数见表7

表7 长征四号 A二子级箭体
主要结构一览表

舱段	长度(毫米)	直径(毫米)	主要材料
级间段	2900	3350/2900	LY12
氧化剂箱	1406	3350	LD10
箱间段	1330	3350	LY12
燃料箱	1521	3350	LD10

3. 三子级箭体结构

三子级箭体结构由仪器舱、共底贮箱和发动机短舱等组成,外形见图12

共底贮箱的共底为薄壁单层铝合金结构,减轻了结构质量。前箱为燃料箱,后箱为氧化剂箱。为解决刚晃交耦问题,箱内装有“米”字形及“十”字形隔板、防晃板和防漩装置。

仪器舱为截锥形,外加桁蒙皮铆接结构,蒙皮上压制了标准的加强槽,以增加结构刚度。

发动机舱采用放射肋壁板和蒙皮混合式结构的铝合金圆筒壳。它与传统的钢质桁架结构比较,具有质量轻、结构紧凑、扭转刚度好及传力路线短等显著优点。

过双向摆动来控制火箭的飞行姿态

三子级火箭的姿控发动机布置在发动机短舱上,主机关机后控制火箭俯仰、偏航、滚动三个方向的飞行姿态并进行末速修正。

三、箭体结构

箭体结构由有效载荷整流罩、仪器舱、氧化剂箱、燃料箱、箱间段、级间段、后过渡段、尾段和尾翼等组成。

推进剂贮箱的主要材料是LD10铝合金,经化铣焊接而成,其它铆接舱段的主要材料是LY12、LC9、LC等铝合金。

1. 一子级箭体结构

为提高运载能力,在长征三号基础上将两只推进剂贮箱共加长4米,将级间杆系加长至1.4米,其余结构均同长征三号。主要参数见表6

并采用冷分离方案,由安装在二子级火箭上的8台反推小火箭产生分离力。有效载荷整流罩与三子级火箭前短壳用6个爆炸螺栓连接。整流罩两半壳用三对爆炸螺栓连接,解锁后,由整流罩两半壳上的火药弹射筒执行平推分离。有效载荷通过转接锥与三子级火箭的仪器舱相连,有效载荷上的包带解锁后,三子级火箭上的两台反推小火箭点火,使星箭分离。三子级火箭后短壳上的两台正推火箭在三子级发动机推力建立之前产生一个附加加速度,以使推进剂沉底,确保三子级发动机正常起动并可靠地工作。

火箭上的电子设备大部分安排在仪器舱中,部分安排在箱间段及级间段和贮箱前、后短壳内。

三子级火箭安排有两台发动机,位于I、III基准对称位置,通

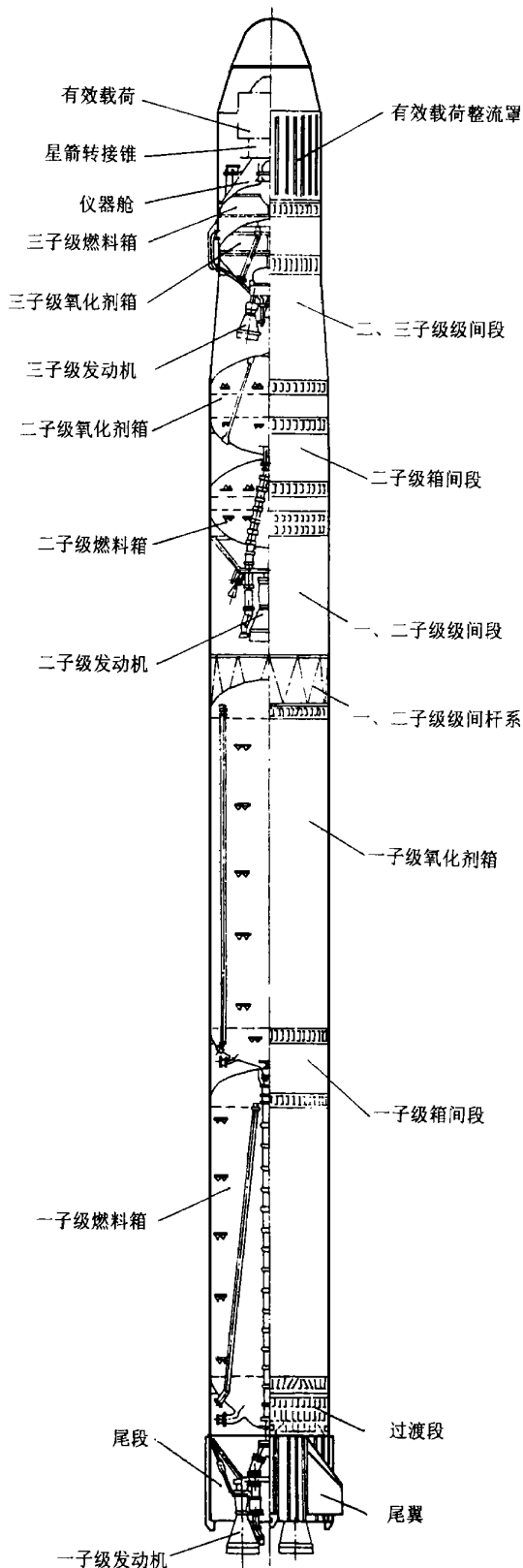


图 11 长征四号 A 的总体布局

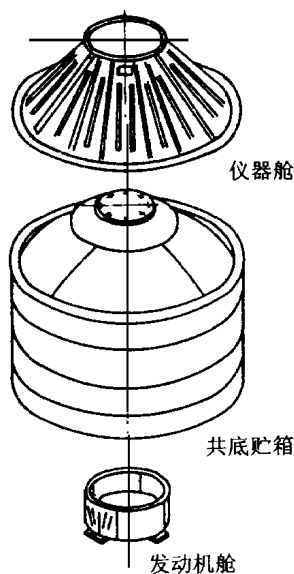


图 12 长征四号 A 三子级箭体结构

和动力系统等主设备的舱体,它将推力、伺服机构作用力及各种质量力传递到贮箱的后底上,并经受发动机工作时恶劣的振动和热辐射环境 三子级箭体主要参数见表 8

表 8 长征四号 A 三子级箭体主要结构一览表

舱段	长度(毫米)	直径(毫米)	主要材料
仪器舱	1150	1060/2896	LY12 LG4
共底贮箱	1920	2900	LD10 LC9
发动机舱	410	1154	LD10 LG4 LY12

4. 整流罩

有效载荷整流罩为蚌壳形纵向两半可分离结构,由球头、前锥、后锥、圆筒段和分离元件等组成,其外形见图 13

球头、前锥、后锥为玻璃钢材

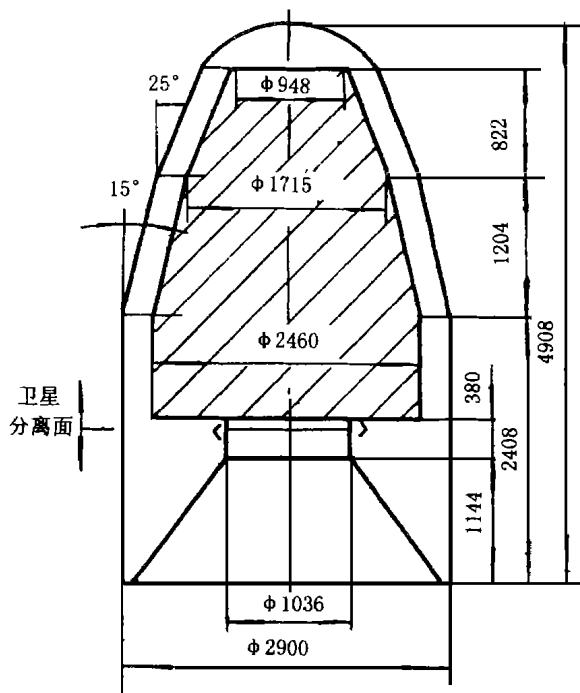


图 13 长征四号 A 整流罩有效空间及外形图

发动机舱是三子级火箭安装主发动机、姿态控制发动机、伺服机构、胼瓶、气瓶

料,筒段材料为铝合金,筒段两半球壳连接及与三子级火箭连接均用爆炸螺栓。两半球壳分离用火药弹射筒产生分离力 (下转第 26 页)

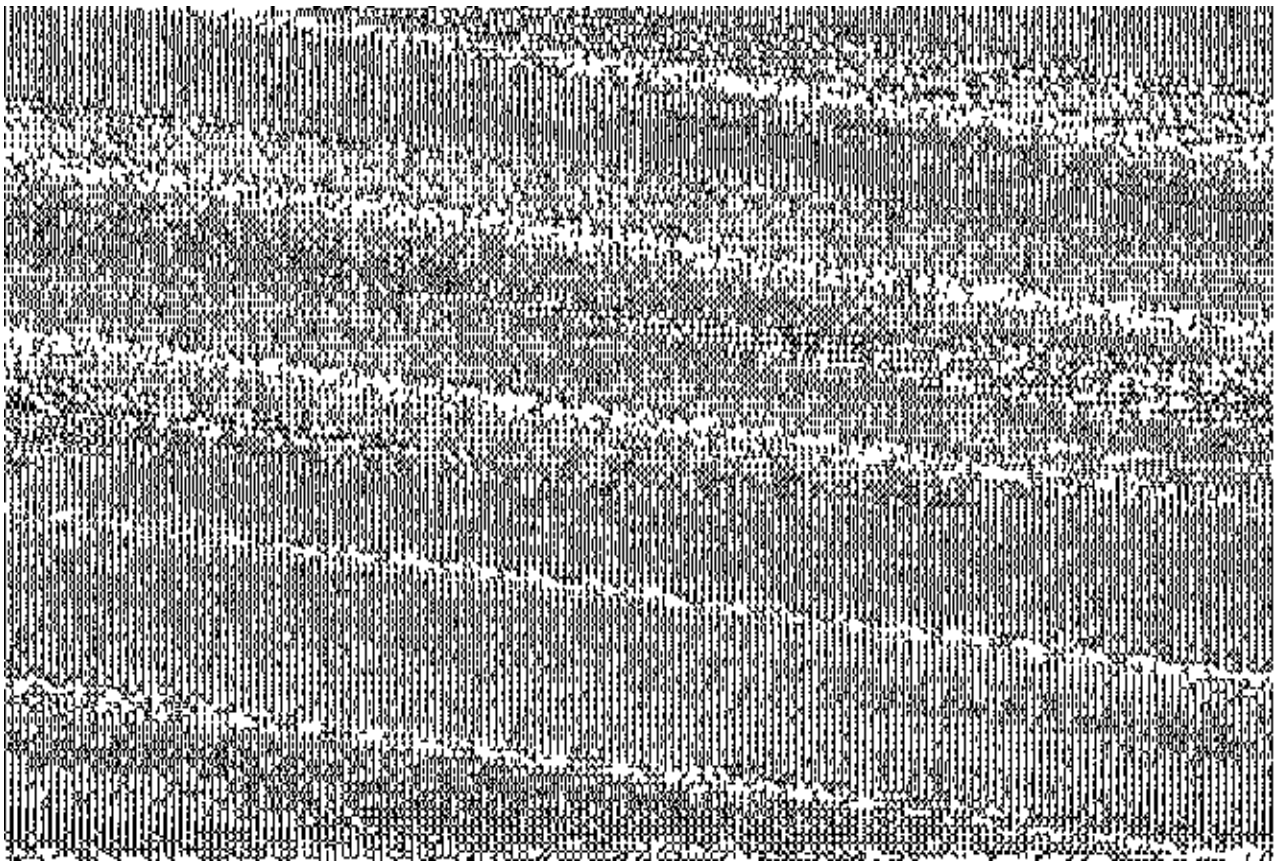


图2 联盟号火箭新研制的伊卡尔上面级

图3 联盟号火箭发射全球星时使用一专用分配器。

4颗卫星有 1 颗垂直安装, 1 颗水平安装 -

运载能力可比当前型号高 10%~20%。改进措施包括加大第一和第三级, 安装新型电气和数字式飞行控制设备以及采用新型整流罩。新罩直径比联盟-伊卡尔型火箭大 300 毫米, 并有长短之分。

(3) 采用新的上面级方案 正在考虑的一种设计方案是在联盟号的头两级之上加装阿里安 4 的 HM7B 低温第三级。这将把阿里安 4 轨道精度高的优点与联盟号成本低、可靠性高和适于载人的

加速过载水平结合起来, 做到优势互补。如从库鲁发射, 这种组合型火箭的静地转移轨道运载能力可达 3.9 吨, 发射价格有可能在 6000 万美元之下 (联盟号为 3500~4000 万美元)。这将使斯达西姆和阿里安公司在发射价格为 9500 万美元、适于进行双星发射的阿里安 4 之外, 向用户再提供一个高效费比的选择方案。

联盟号用于发射全球星的分

配器重 400 公斤, 由法国宇航公司研制, 有 3 个垂直和 1 个水平安装点, 可安装和发放 4 颗 450 公斤重的卫星。

斯达西姆公司迄今已订购了大约 10 枚联盟号运载火箭以及 6 个分配器。萨马拉航天中心现在每年要生产约 12 枚联盟号火箭, 但其生产能力可达每年 30 枚以上。

(广)

(上接第 2 页)

为满足有效载荷无线电波透波要求, 在筒段局部开有必要的透波口 (玻璃钢结构)。

筒段后部开有 14 个通气孔, 以平衡第一级火箭飞行段罩内、外的压力。为防止飞行时的气流沿着对接缝进入罩内, 在整

流罩对接面处装有金属挡风板。

(转自《世界航天运载器大全》, 待续)