



西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

自动控制原理



空间科学与技术学院
吴宪祥 副教授
wuxianxiang@163.com



自动控制原理

- ❖ 必修、专业基础课
- ❖ 学时: 40 (理论) + 16 (实验)
- ❖ 闭卷考试

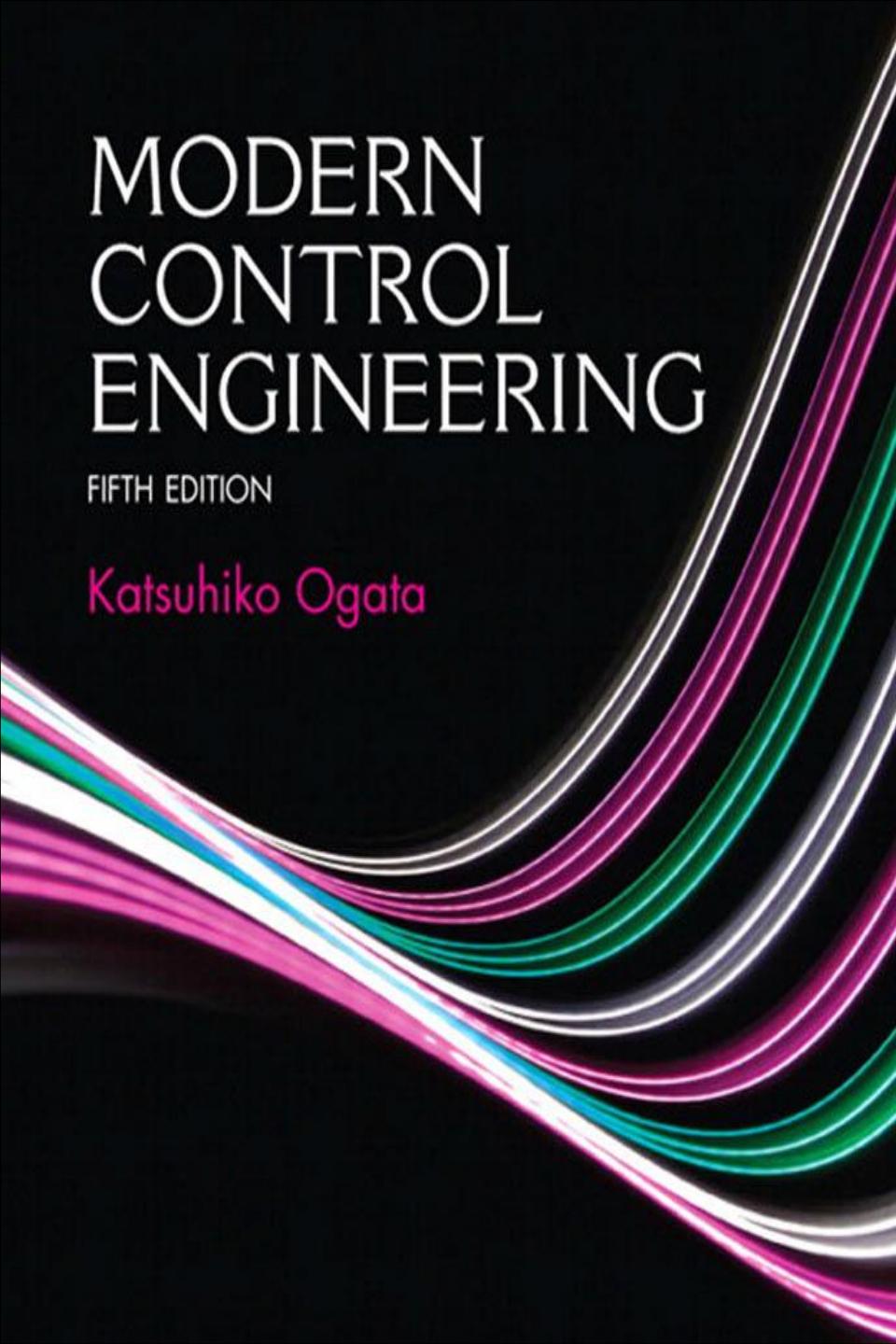
理论成绩: 80% (期末+期中+平时)。

实验成绩: 20%

MODERN CONTROL ENGINEERING

FIFTH EDITION

Katsuhiko Ogata



普通高等教育
“十一五”国家级
规划教材



普通高等教育
电气工程与自动化类
规划教材



刘丁 主编

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



自动控制原理

▶ 参考书目：

- [1] Katsuhiko Ogata (尾形克彦) **Modern control engineering, Fifth Edition**, 电子工业出版社。
- [2] 《自动控制理论》，刘丁主编，机械工业出版社。
- [3] 《自动控制原理》（第6版），胡寿松主编，科学出版社
- [4] 《自动控制原理》（第2版）（上册），吴麒主编，清华大学出版社
- [5] 《自动控制原理》（第2版），千博主编，西安电子科技大学出版社



第一章 绪论

补充知识：自动控制在中国的发展

《中华人民共和国1956—1967科学技术发展远景纲要》，确定自动化为优先发展学科；

清华大学：1956年设自动化专业，1958年建系；

中科院：自动化研究所（1956），沈阳自动化所（1958）；

钱学森《工程控制论》，1955年归国，自动化进修班；

1957年《自动化学报》创刊，1984年《控制与决策》创刊；

1960年 中国自动化学会成立



第一章 绪论

补充知识：自动控制在西电的发展

2011年 控制科学与工程（一级）

- ✓ 检测技术与自动化装置（在空间科学与技术学院）。
- ✓ 导航、制导与控制（在空间科学与技术学院）。
- ✓ 控制理论与控制工程（在机电院）
- ✓ 模式识别与智能系统（在电院，全国排名：13）
- ✓ 系统工程（工程技术学科，在电院）
- ✓ 控制工程（工程技术学科，在机电院）



自动控制原理

课程目录

- ▶ 第一章 绪 论
- ▶ 第二章 控制系统的数学模型
- ▶ 第三章 时域分析法
- ▶ 第四章 根轨迹法
- ▶ 第五章 频域分析法
- ▶ 第六章 控制系统的设计与校正
- ▶ *第七章 非线性控制系统的分析
- ▶ *第八章 采样控制系统的分析与设计



第一章 绪 论

1.1 自动控制发展简史

1.2 自动控制的基本方式

1.3 控制系统的构成

1.4 控制系统的分类

1.5 典型控制系统

1.6 对自动控制系统的要求

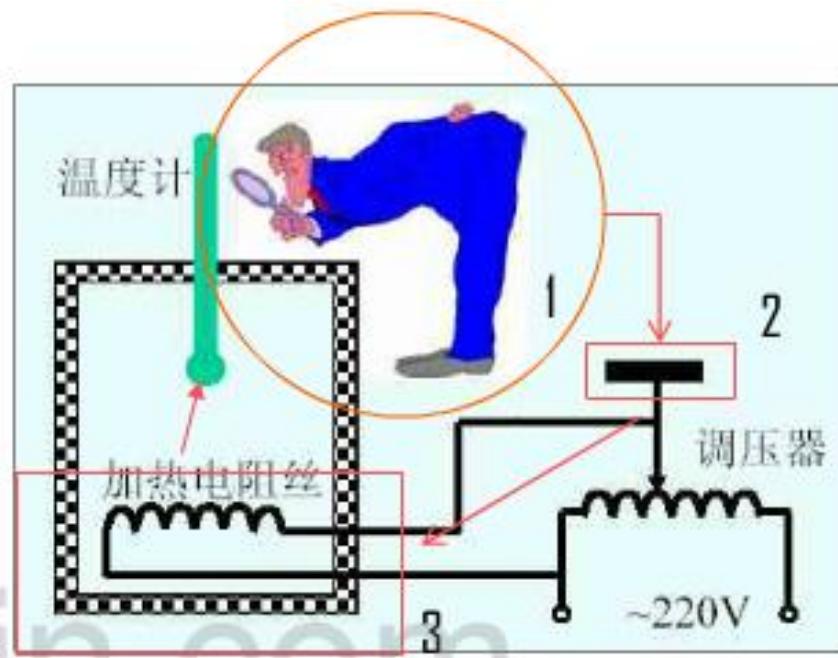
1.7 自动控制理论的两大任务



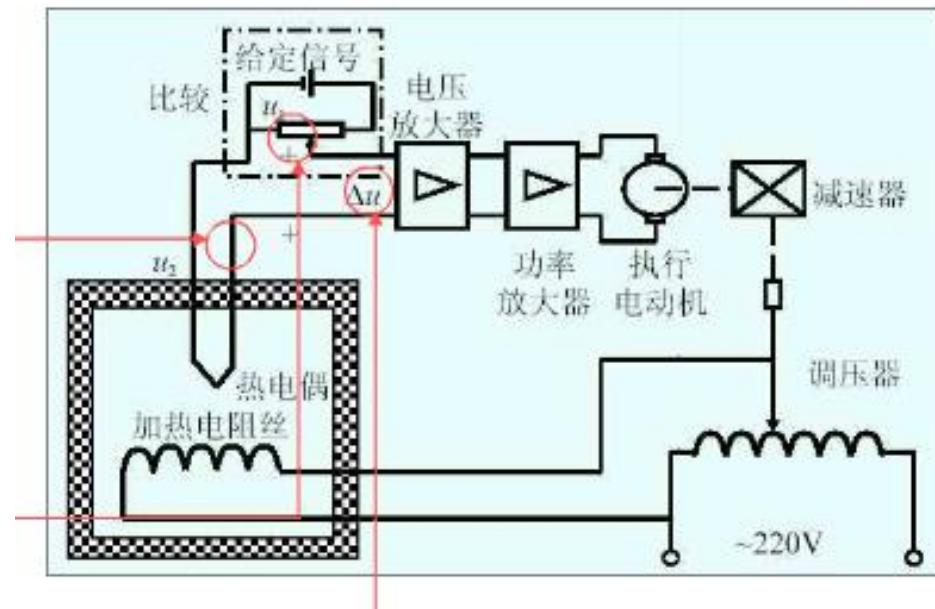
第一章 绪论

控制

人工控制：



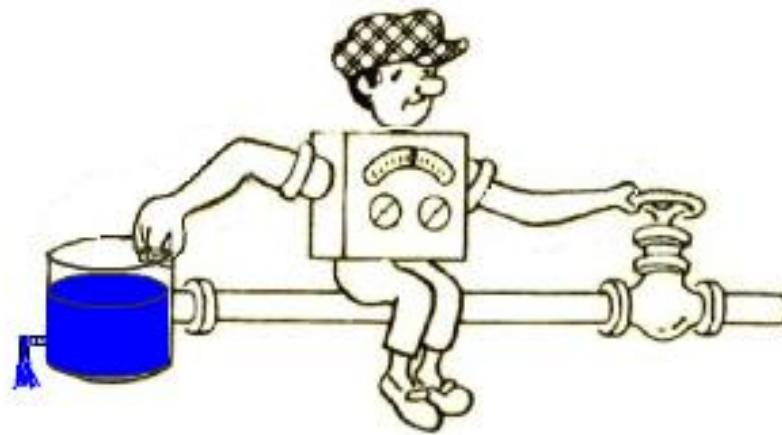
自动控制：





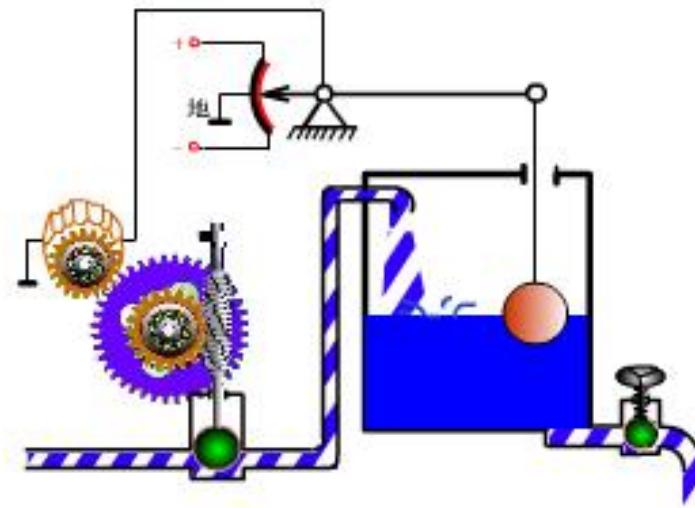
第一章 绪论

人工控制：



(a) 液位手动控制

自动控制：



(b) 液位自动控制



第一章 绪论

基本概念

自动控制：在没有人直接参与的情况下，采用控制装置或机械使被控对象达到预期的目标。

自动控制系统：能够实现自动控制的系统，包括**控制器**和**被控对象**。

日常生活中的自动控制系统有哪些？

空调，电冰箱，电梯，全自动洗衣机，抽水马桶，计算机硬盘，自动取款机（ATM），扫地机器人……



第一章 绪论

1.1 自动控制发展简史

前期控制(1400 BC--1900) 工业机器

经典控制前期(1900--1935)

经典控制(1935--1950) 飞机自动驾驶仪、战术导弹

现代控制(1950--Now) 空间技术

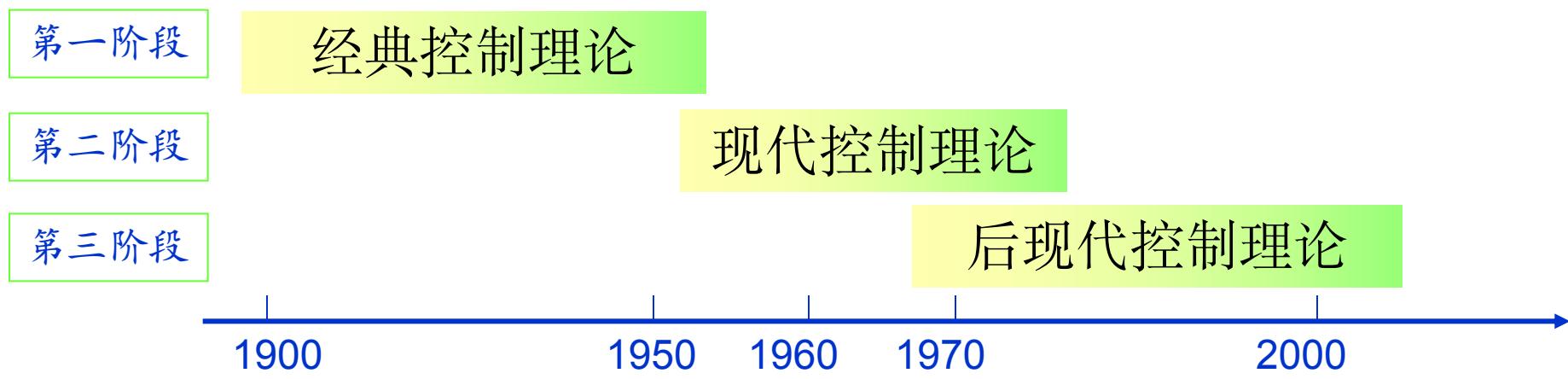
大系统理论阶段与智能控制理论阶段 (1970年代初期-现在)





第一章 绪论

- ❖ 人类科技发展同时也直接催生和发展了自动控制技术。源于实践，服务于实践，在实践中升华。我们的前辈为我们留下了宝贵的科学财富——自动控制理论。
- ❖ 自动控制理论的发展过程一般可分为三个阶段：



	研究对象	数学工具	分析方法	局限性
经典控制理论	SISO 线性定常系统	微分方程 传递函数	时域法 频域法 根轨迹法	对复杂多变量系统、时变和非线性系统无能为力

	研究对象	数学工具	分析方法	局限性
经典控制理论	SISO 线性定常系统	微分方程 传递函数	时域法 频域法 根轨迹法	对复杂多变量系统、时变和非线性系统无能为力
现代控制理论	MIMO 变系数、非线性等系统	线性代数 矩阵理论	状态空间法	基于精确数学模型，实用性、可靠性差

	研究对象	数学工具	分析方法	局限性
经典控制理论	SISO 线性定常系统	微分方程 传递函数	时域法 频域法 根轨迹法	对复杂多变量系统、时变和非线性系统无能为力
现代控制理论	MIMO 变系数、非线性等系统	线性代数 矩阵理论	状态空间法	基于精确数学模型，实用性、可靠性差
后现代控制理论	大系统 鲁棒系统 自适应系统	模糊数学 神经网络 小波变换	变结构 自适应 模糊推理 进化算法	实用性有待进一步发展



第一章 绪论

前期控制(1400 BC--1900)



- ❖ 中国，埃及和巴比伦出现自动计时漏壶(1400B.C. ~1100B.C.)



第一章 绪论

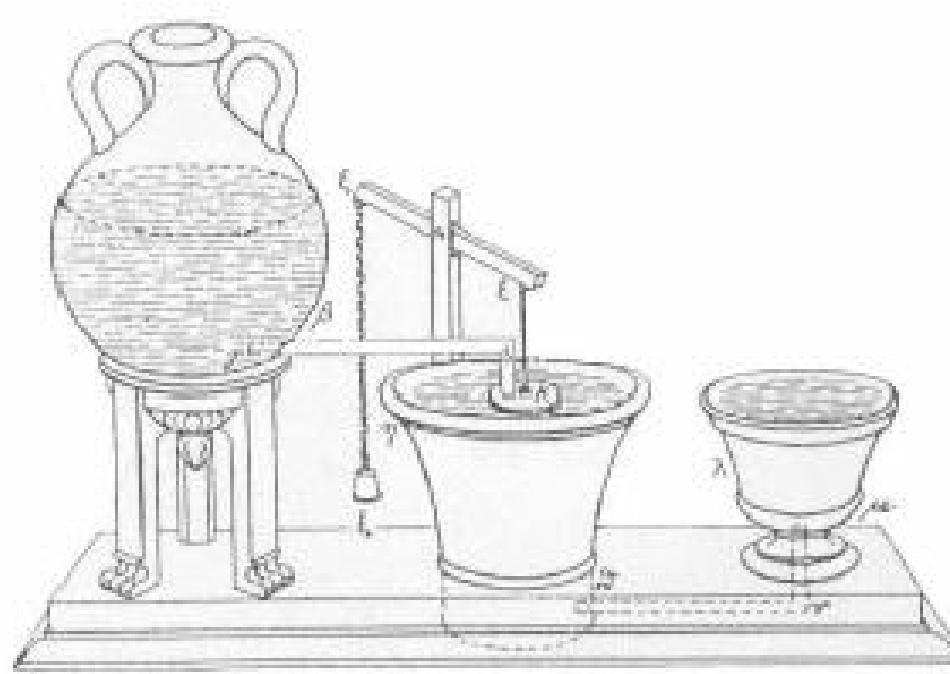


某东上的精美沙漏摆件



第一章 绪论

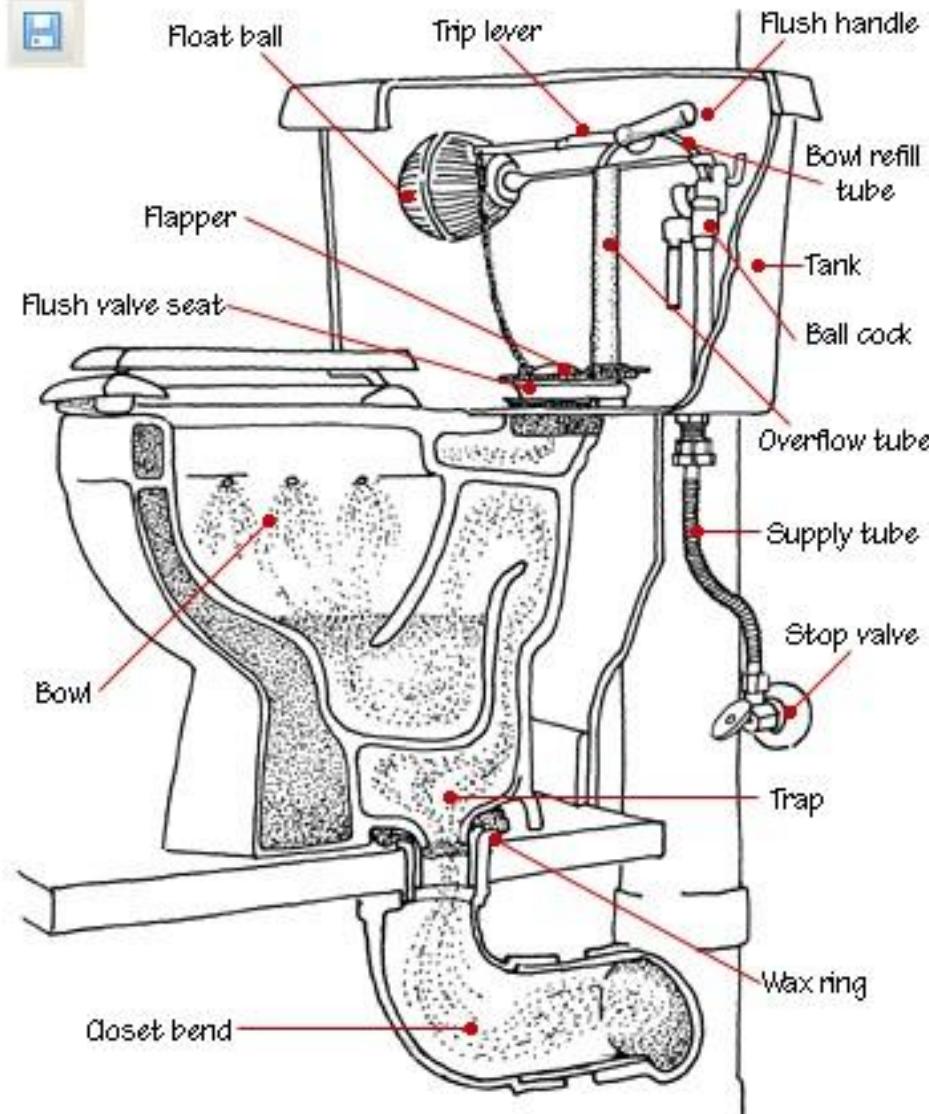
前期控制(1400 BC--1900)



公元前250年，浮球调节器，古希腊，Philon



第一章 绪论





第一章 绪论

前期控制(1400 BC--1900)

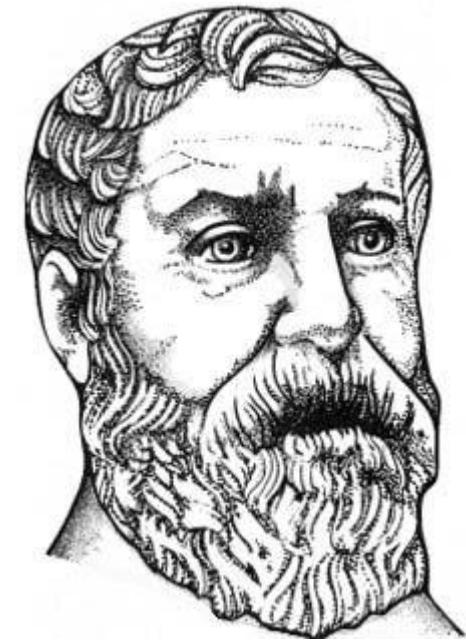
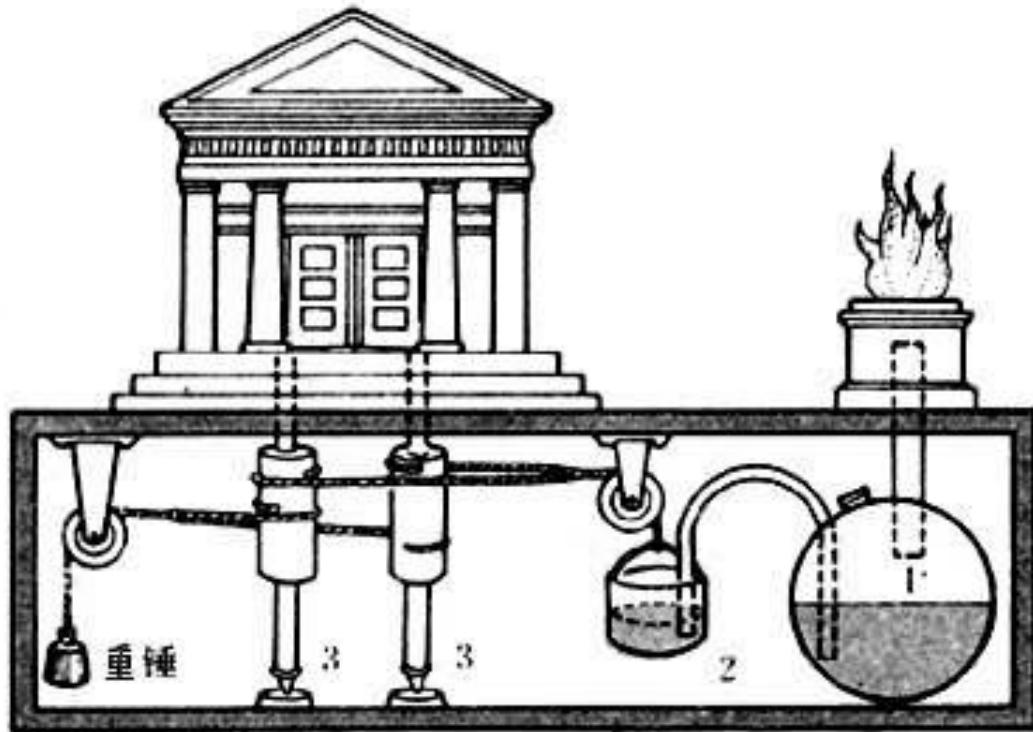


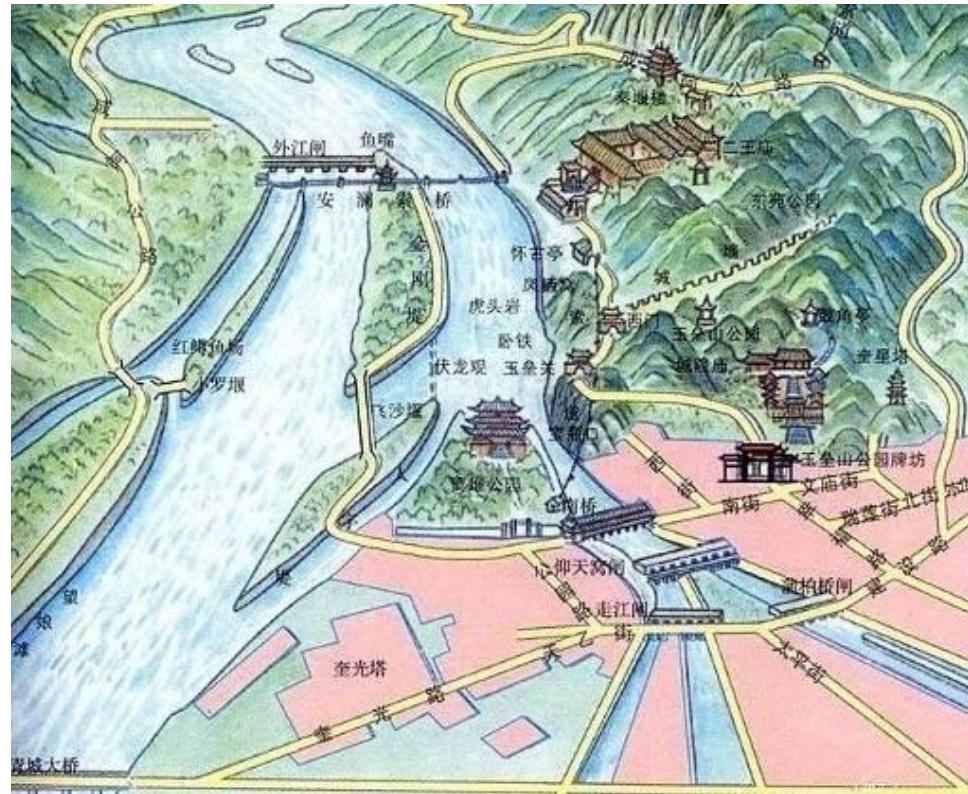
图 1 希罗的自动门

公元1世纪，希罗自动门，古希腊



第一章 絮論

前期控制(1400 BC--1900)



公元前300年，李冰父子，都江堰水利工程，中国



第一章 绪论

前期控制(1400 BC--1900)



中国张衡发明水运浑象，研制出自动测量地震的候风地动仪(132年)



第一章 绪论

前期控制(1400 BC--1900)

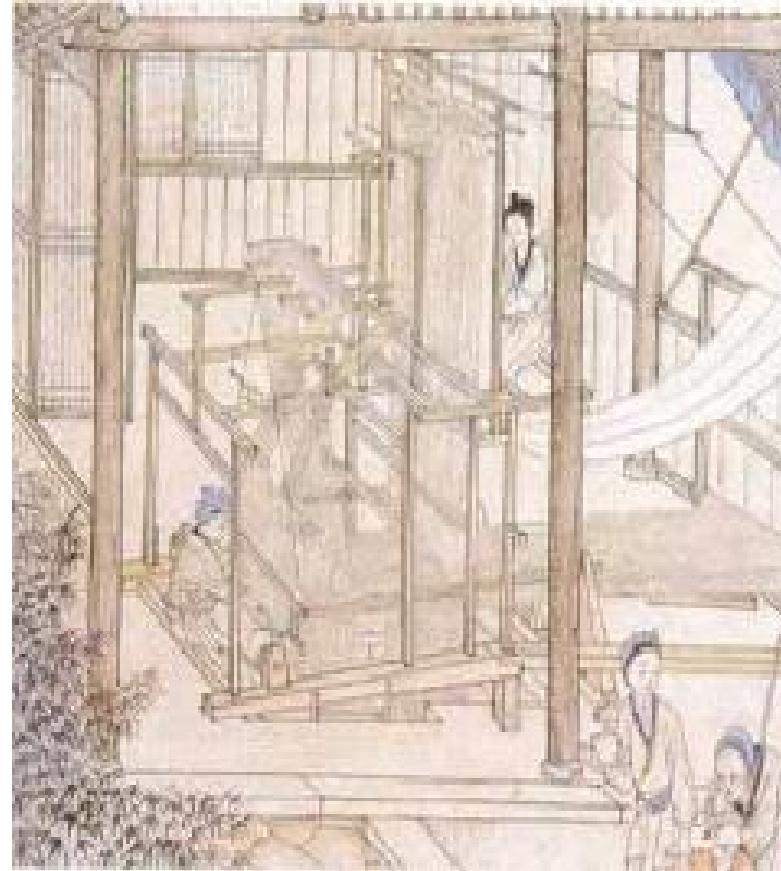


公元236年，马钧，指南车，中国。



第一章 绪论

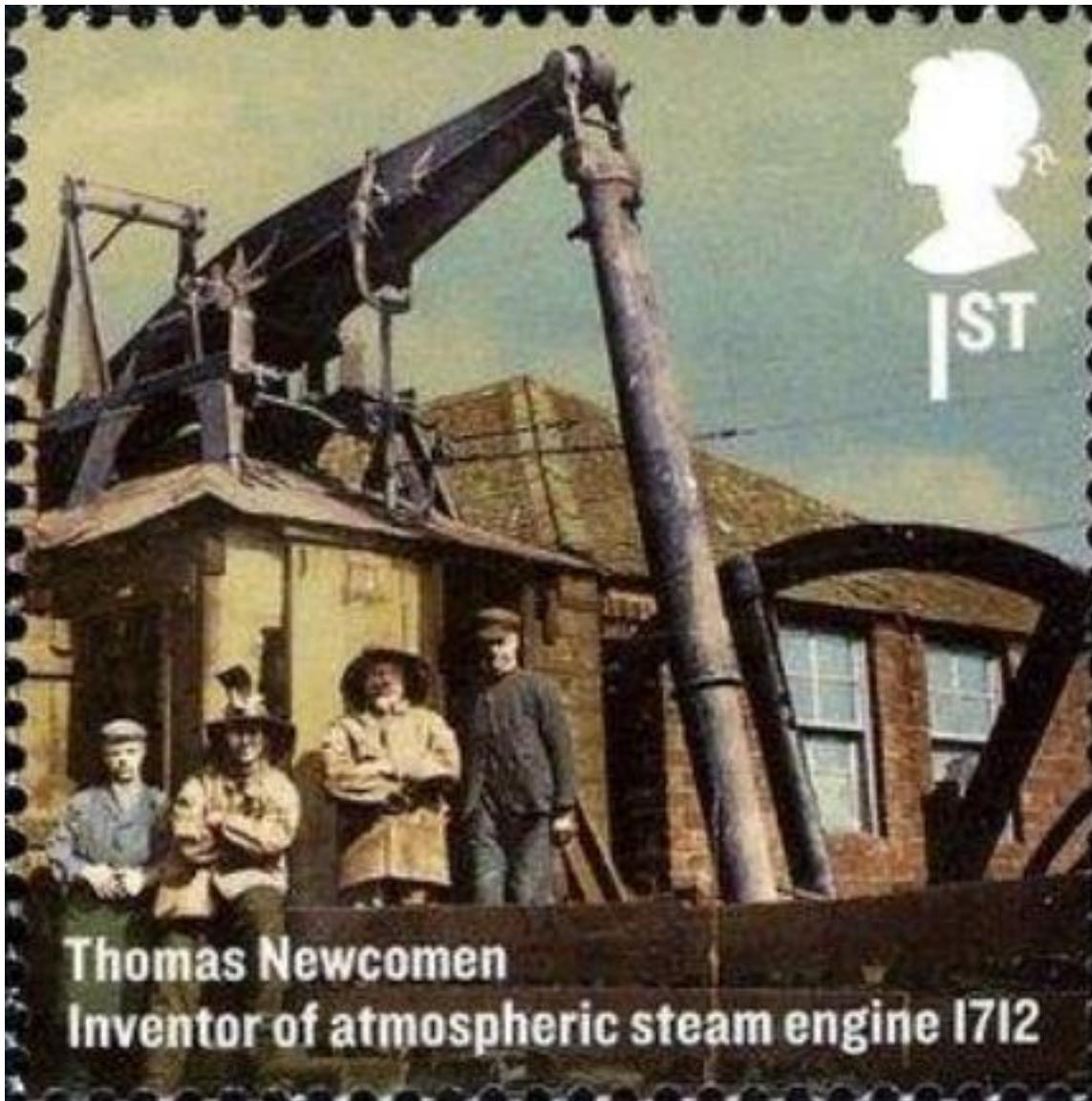
前期控制(1400 BC--1900)



中国明代宋应星所著《天工开物》记载有程序控制思想的提花织机结构图 (1637) ;



第一章 绪论





第一章 绪论

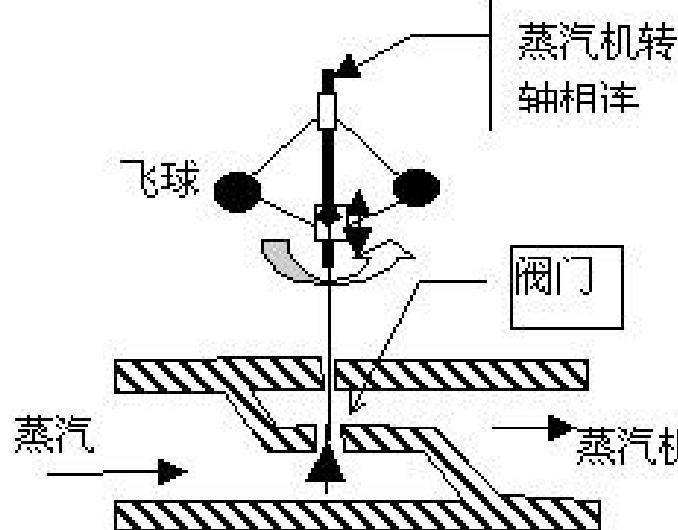


In 1712 Newcomen invented the world's first successful atmospheric steam engine.



第一章 绪论

前期控制(1400 BC--1900)



1788年, James Watt, 离心调节器 (Centrifugal governor) , 也叫飞球调节器, 最早应用于工业控制的反馈控制器 (英国) 。



第一章 绪论

前期控制(1400 BC--1900)

英国J. C. Maxwell发表“论调速器”(On Governors)论文(1868年)

英国E.J. Routh建立Routh判据(Routh-Hurwitz Stability Criteria)(1875年)

俄国A.M. Lyapunov博士论文“论运动稳定性的一般问题”(1892年)



J. C. Maxwell



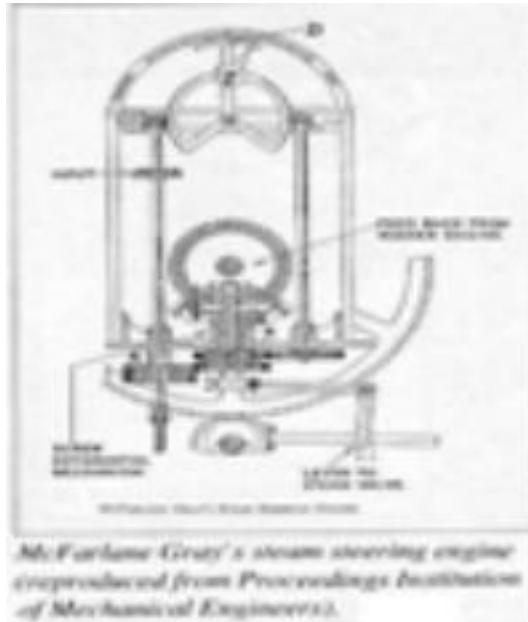
A.M. Lyapunov



第一章 绪论

前期控制(1400 BC--1900)

英国J. M. Gray设计出第一艘全自动蒸汽轮船“东方”号(Great Eastern)(1866年)

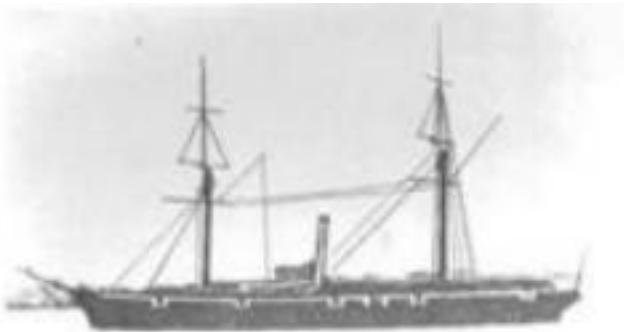




第一章 绪论

前期控制(1400 BC--1900)

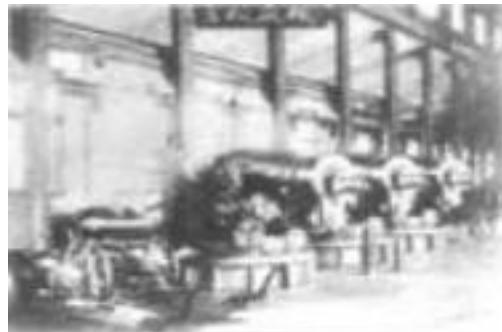
由徐寿设计的中国第一艘蒸汽轮船“黄鹄”号(L20m, 25T, 10km/hr)在安庆内军械所下水(1866)。次年，中国第一艘木质明轮蒸汽舰船“恬古”号在江南造船厂下水



“黄鹄”号蒸汽轮船



徐寿



江南制造总局船厂厂房



陈玉堂



第一章 绪论

经典控制前期(1900--1935)



美国福特(Ford Motor)汽车公司建成最早的汽车装配流水线(1913)

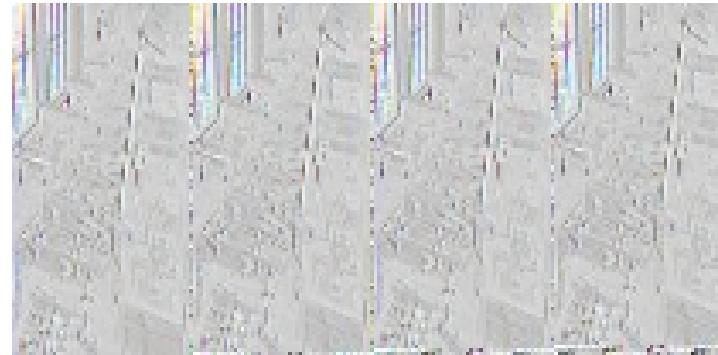
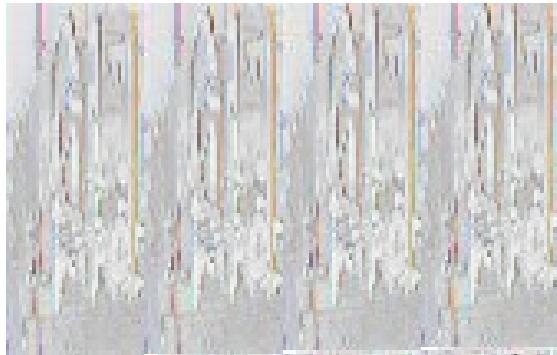


第一章 绪论

经典控制前期(1900--1935)

美国N. Minorsky研制出用于船舶驾驶的伺服结构，提出PID控制方法(1922)

美国MIT的Vannevar Bush研制成第一台大型模拟计算机(Differential Analyzer)(1928)





第一章 绪论

经典控制前期(1900--1935)

美国H.S. Black提出放大器性能的负反馈方法(Negative Feedback Amplifier) (1927)



One of the new vacuum tubes used by Black in his famous negative feedback circuit. (Photo: AGFA Archiv)





第一章 绪论

经典控制前期(1900--1935)

美国E. Sperry以及C. Mason研制出火炮控制器(1925), 气压反馈控制器(1929)

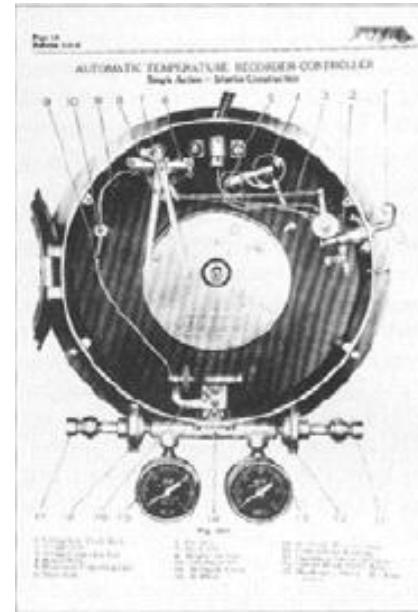
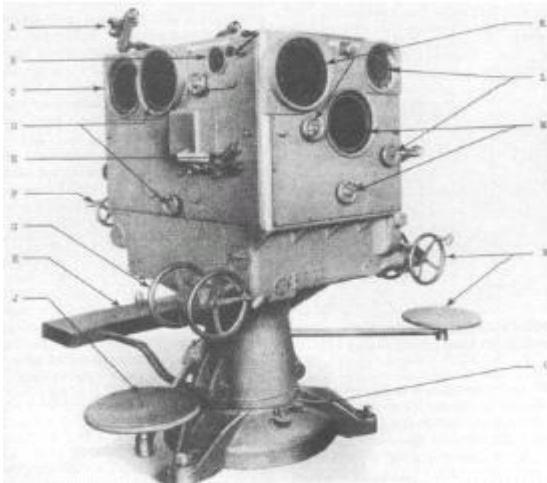


Fig. A Foxboro Company pneumatic recorder-controller of about 1929.



第一章 绪论

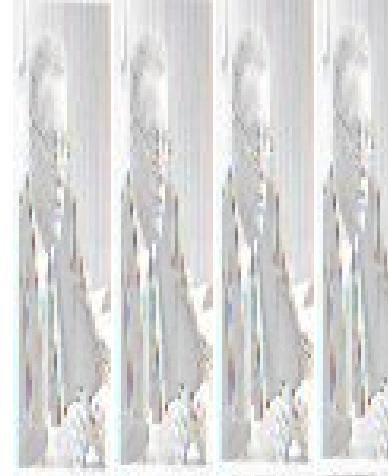
经典控制 (1935--1950)

美国贝尔实验室的荷兰裔科学家H. Bode(1938), 以及瑞典裔科学家H. Nyquist(1940)提出频率响应法。

美国Taylor仪器公司的J. G. Ziegler和N. B. Nichols提出PID参数的最佳调整法(1942)



H. Nyquist

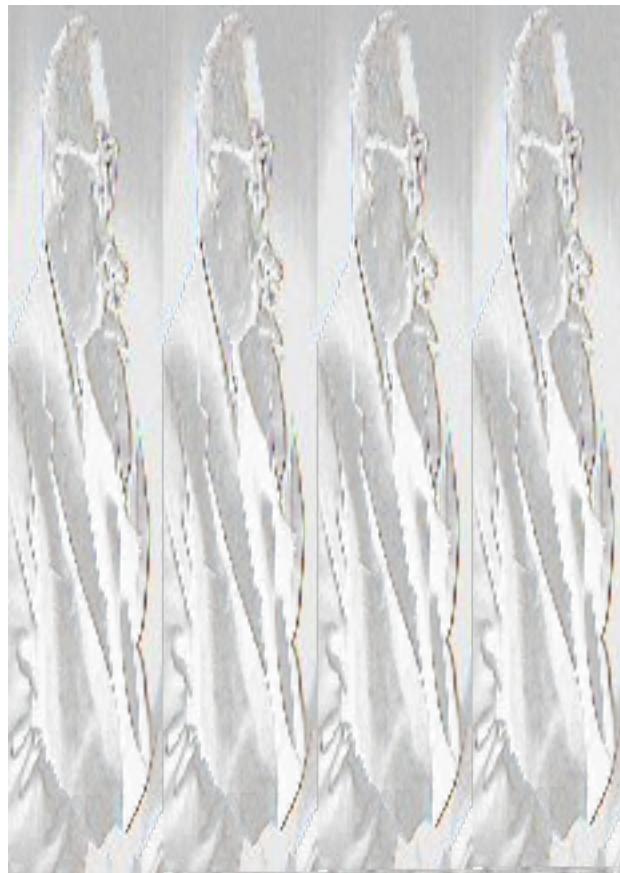


N.B. Nichols



第一章 绪论

控制论之父----维纳



N. Wiener(1894-1964)

二十世纪最天才、最有影响力的科学家之一，控制论的创始人。二战中从事火炮自动化研究，发明了著名的维纳滤波器和随机过程理论。

两部自传：《昔日神童》

Ex-Prodigy: My Childhood and Youth

《我是数学家》

I am a Mathematician

1936年，清华大学访问教授。

1964年，获得总统科学奖。

1948年，《控制论 - 或关于在动物和机器中控制和通信的科学》



第一章 绪论

经典控制 (1935--1950)

美国MIT的N. Wiener研究随机过程的预测(1942)，提出Wiener滤波理论(1942)，发表《控制论》(Cybernetics)一书(1948)，标志着控制论学科的诞生。



N. Wiener





第一章 绪论

经典控制 (1935--1950)

美国的H. Hazen发表“关于伺服结构理论”(Theory of Servomechanism) (1934), 并在MIT建立伺服机构实验室(Servomechanism Laboratory) (1939)



H. Hazen





第一章 绪论

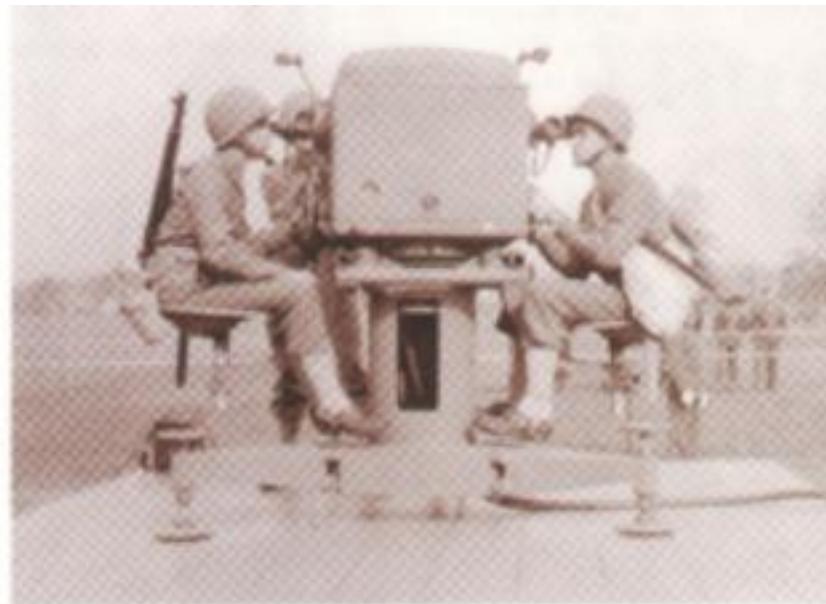
经典控制 (1935--1950)

英国A. M. Turing提出图灵计算机的设想(1937)

在贝尔实验室Bode领导的火炮控制系统研究小组工作的C. Shannon提出继电器逻辑自动化理论(1938)，随后，发表专著《通信的数字理论》(The Mathematical Theory of Communication)，奠定了信息论的基础(1948)



C. E. Shannon



The tracker of the M-9 electrical gun director in action. As one soldier orients the telescopes in elevation, the other orients them in azimuth by turning the entire tracker head.



第一章 绪论

经典控制 (1935--1950)

MIT Radiation Laboratory在研究SCR-584雷达控制系统的过程中，创立了Nichols Chart Design Method, R. S. Philips的工作On Noise in Servomechanisms, 以及Hurwicz (1947)的数字控制系统(Sampled Data System)



Lan J. Chu





第一章 绪论

经典控制 (1935--1950)

美国W. Evans提出根轨迹法(Root Locus Method) (1948), 以单输入线性系统为对象的经典控制研究工作完成。

多本有关经典控制的经典名著相继出版, 包括Ed. S. Smith的Automatic Control Engineering (1942), H. Bode的Network Analysis and Feedback Amplifier(1945), L.A. MacColl的Fundamental Theory of Servomechanisms (1945), 以及钱学森的《工程控制论》(Engineering Cybernetics) (1954)



第一章 绪论

现代控制 (1950--Now)



McDonnell F4 phantom fighter jet with J-79 turbojet engines.



现代控制起源于冷战时期的军备竞赛，如导弹(发射，操纵，指导及跟踪)，卫星，航天器和星球大战，以及计算机技术的出现



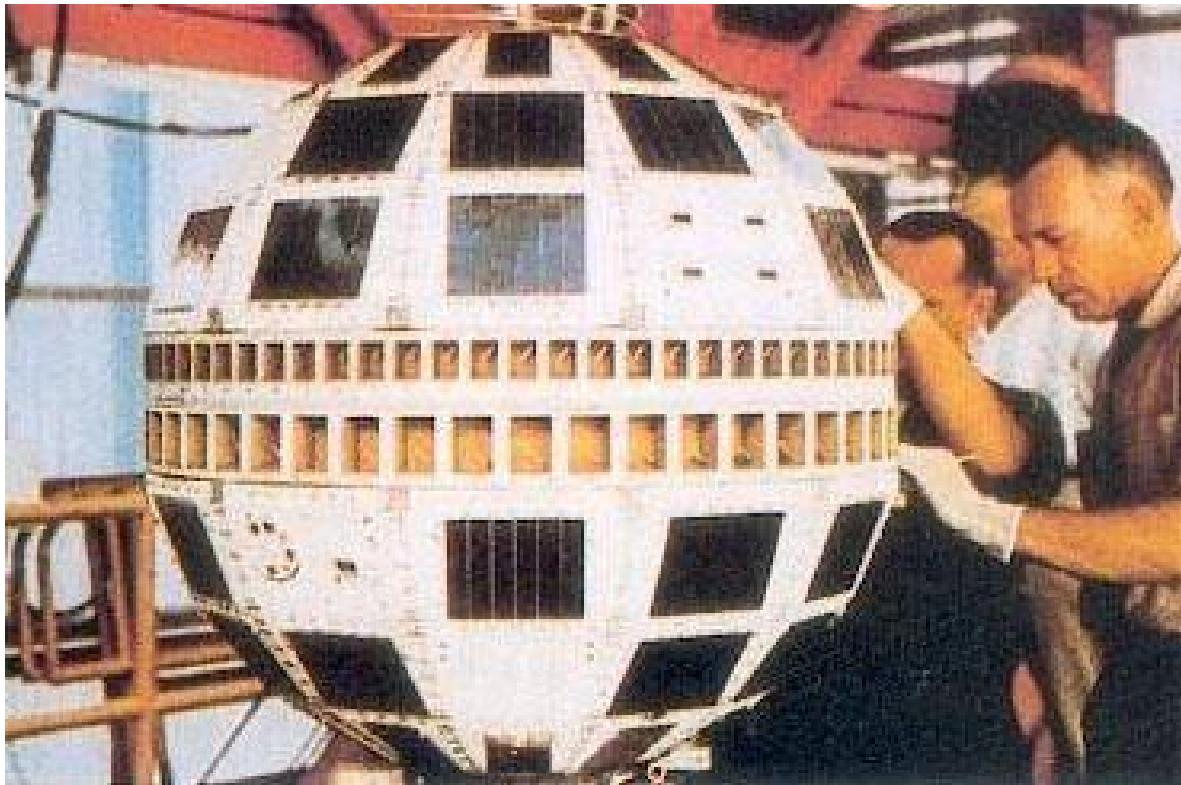
Road ground-to-air missile launcher of the Raytheon Co.).





第一章 绪论

现代控制 (1950--Now)



20世纪，卫星、雷达



第一章 绪论

现代控制 (1950--Now)

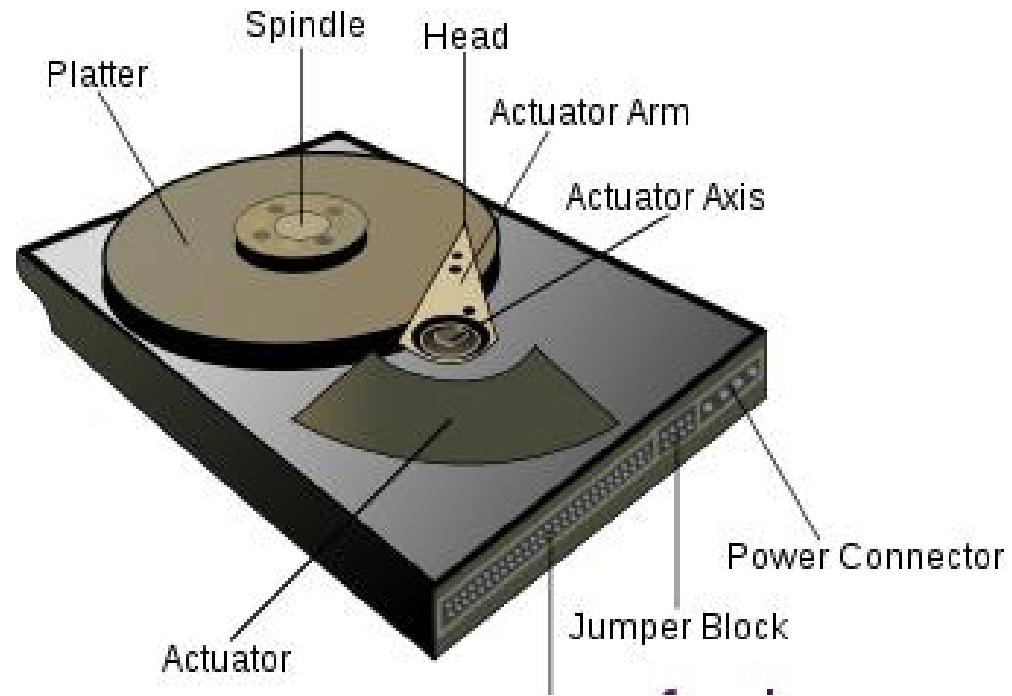


宇宙空间站，航天飞机



第一章 绪论

现代控制 (1950--Now)



计算机磁盘 (硬盘)



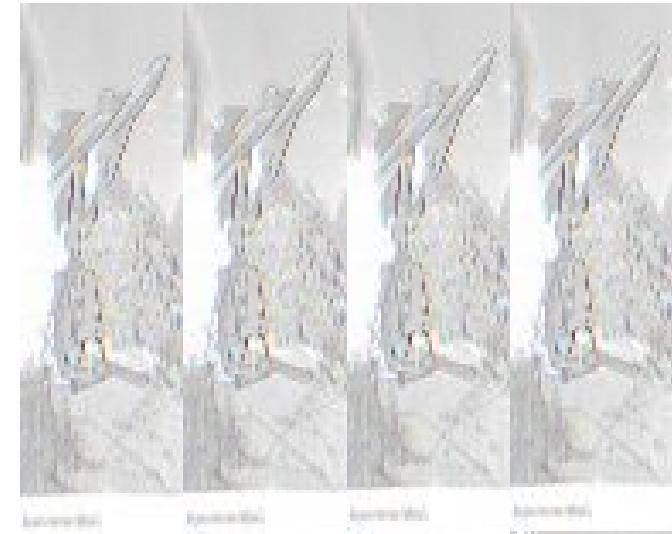
第一章 绪论

现代控制 (1950--)

苏联L.S. Pontryagin发表“最优过程数学理论”，提出极大值原理(Maximum Principle)(1956)



McDonnell F4 phantom aircraft with two General Electric J-79 turbojet engines.





第一章 绪论

现代控制 (1950--)

美国R.Bellman在RAND Corporation数学部的支持下，发表著名的Dynamic Programming，建立最优控制的基础(1957)



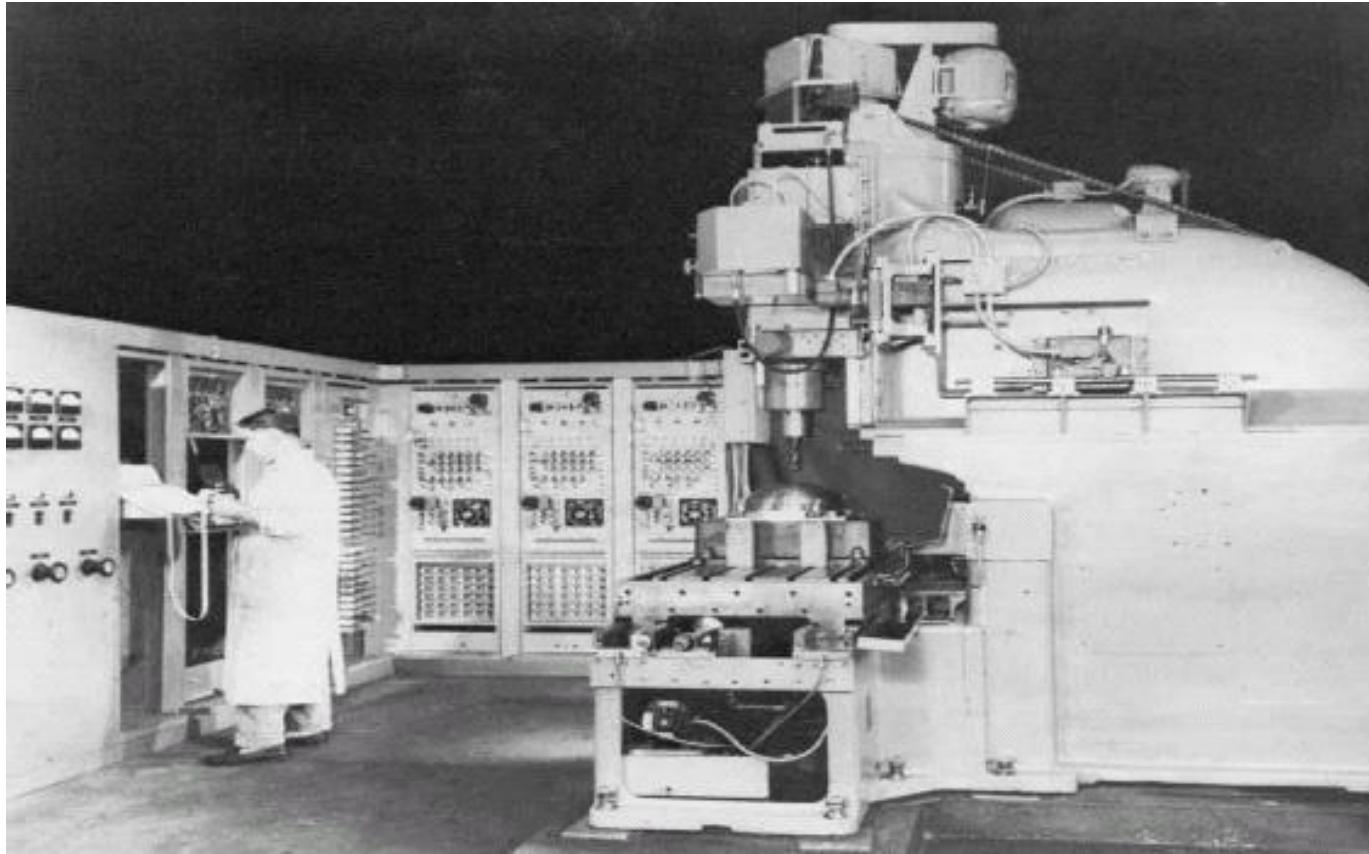
Richard E. Bellman



第一章 绪论

现代控制 (1950--)

美国MIT的Servomechanism Laboratory研制出第一台数控机床(1952)

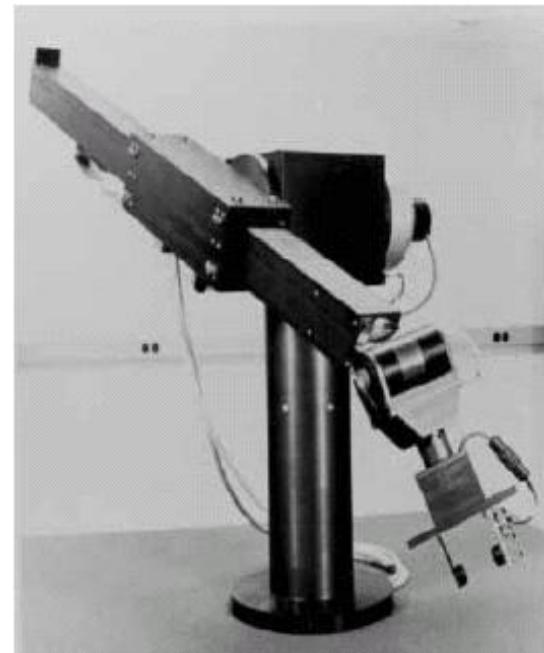




第一章 绪论

现代控制 (1950--)

- 美国George Devol研制出第一台工业机器人样机(1954)，两年后，被称为机器人之父的Joseph Engelberger创立了第一家机器人公司，Unimation；

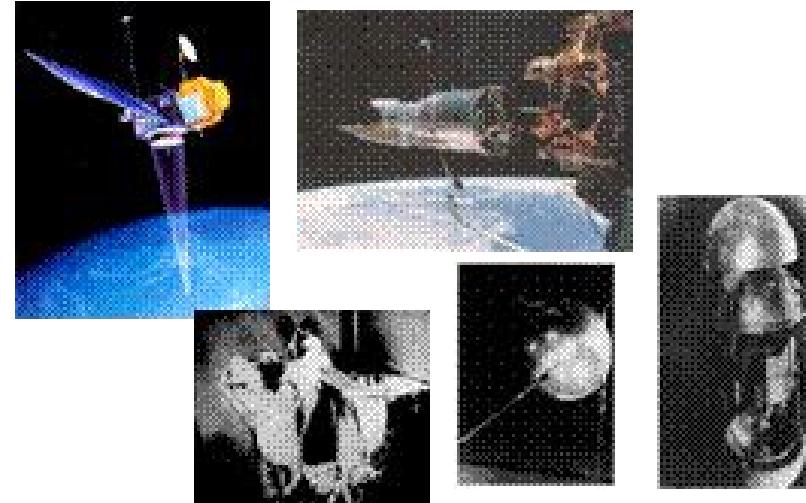
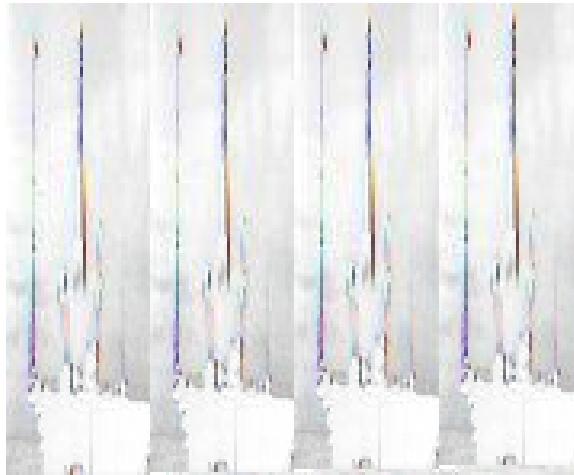




第一章 绪论

现代控制 (1950--)

世界第一颗人造地球卫星(Sputnik)由苏联发射成功(1957)





第一章 绪论

现代控制 (1950--)

美籍匈牙利人R. E. Kalman发表“On the General Theory of Control Systems”等论文，引入状态空间法分析系统，提出能控性，能观测性，最佳调节器和kalman滤波等概念，奠定了现代控制理论的基础(1960)

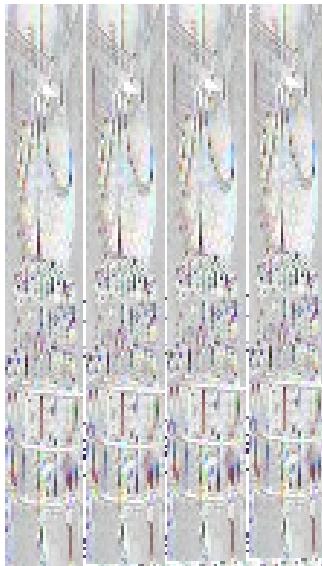




第一章 绪论

现代控制 (1950--)

苏联东方-1号飞船载着加加林进入人造地球卫星轨道，人类宇航时代开始了（1961）



宇宙哥伦布-加加林

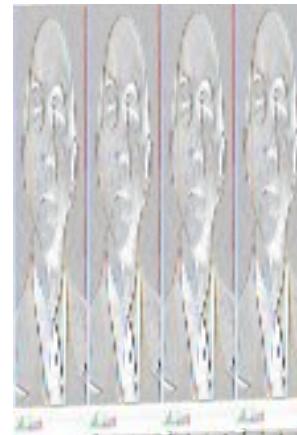


第一章 绪论

现代控制 (1950--)

1963年, 美国的Lofti Zadeh与C. Desoer发表Linear Systems – A State Space Approach.

1965年, Zadeh提出模糊集合和模糊控制概念

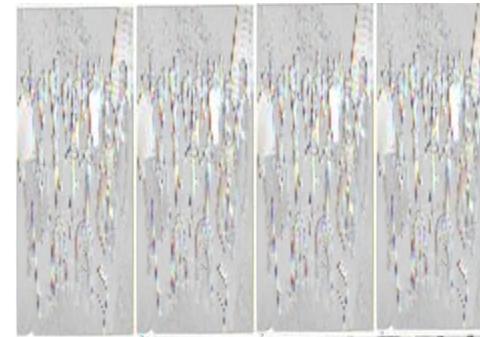
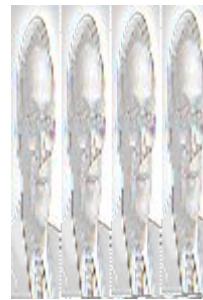




第一章 绪论

现代控制 (1950--)

美国的E.I. Jury 发表“数字控制系统”(Sampled-Data Control System)，建立了数字控制及数字信号处理的基础(1958)





第一章 绪论

现代控制 (1950--)

苏联发射“月球”9号探测器，首次在月面软着陆成功(1966)，三年后(1969)，美国“阿波罗”11号把宇航员N. A. Armstrong送上月球。



N. A. Armstrong



第一章 绪论

现代控制 (1950--)

瑞典Karl J. Astrom提出最小二乘辨识，解决了线性定常系统参数估计问题和定阶方法(1967)，六年后，提出了自启调节器，建立自适应控制的基础。Astrom于1993年获得IEEE Medal of Honor。



Karl J. Astrom

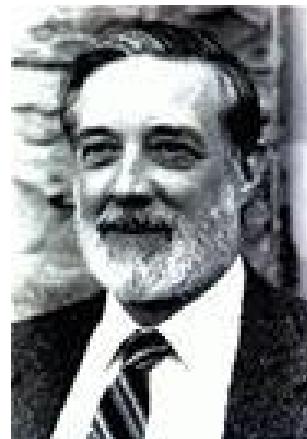


第一章 绪论

现代控制 (1950--)

英国H.H Rosenbrock 发表State Space and Multivariable Theory(1970)。

加拿大W.M Wonham 发表Linear Multivariable Control: A Geometric Approach(1974)。



W.M Wonham



第一章 绪论

现代控制 (1950--)

美国的M. E. Merchant提出计算机集成制造的概念(1969)

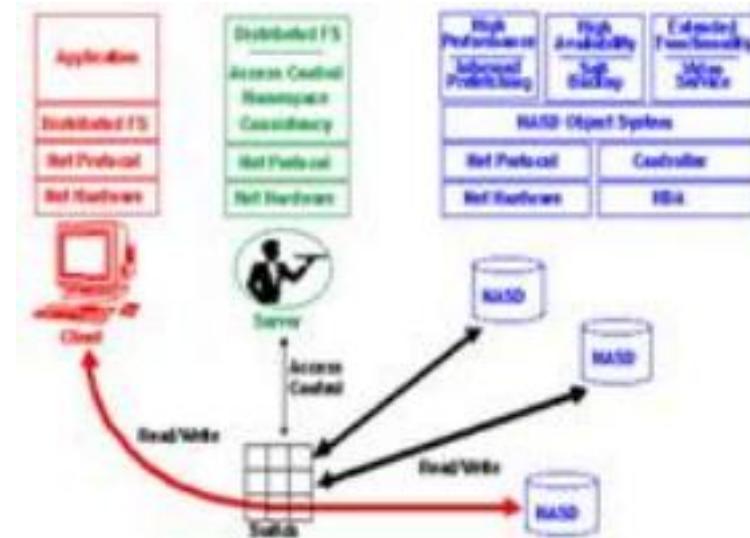




第一章 绪论

现代控制 (1950--)

美国ARPA计算机网络初步建成(1971)

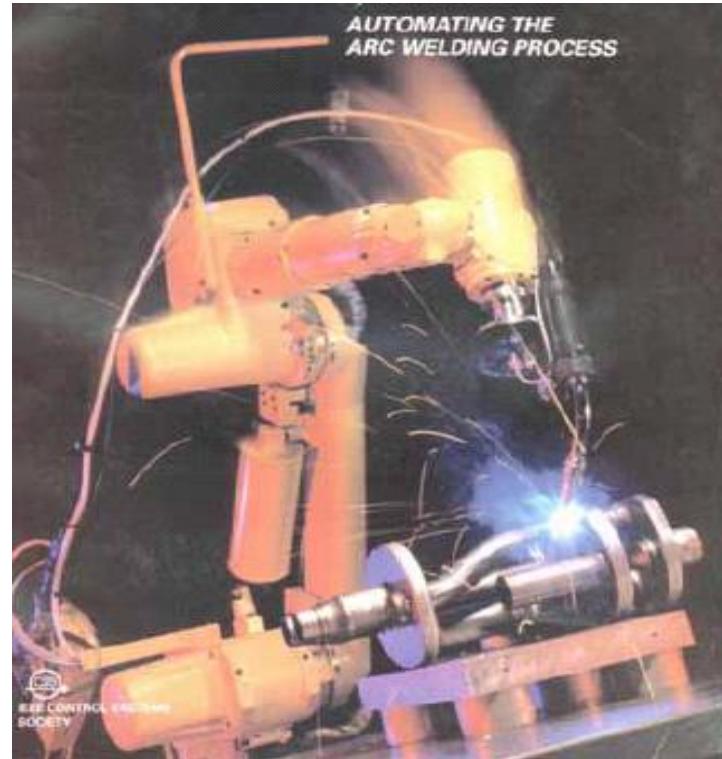




第一章 绪论

现代控制 (1950--)

日本Fanuc公司研制出由加工中心和工业机器人组成的柔性制造单元(1976)

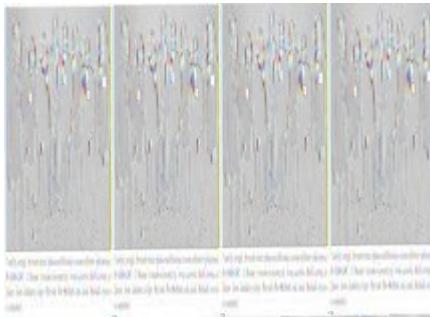




第一章 绪论

现代控制 (1950--)

美国R. Brockett提出用微分几何研究非线性控制系统(1976), 意大利A. Isidori出版(*Nonlinear Control Systems*) (1985)。

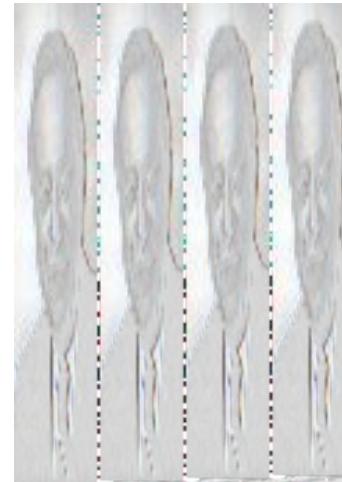




第一章 绪论

现代控制 (1950--)

加拿大G. Zames提出 $H\infty$ 鲁棒控制设计方法(1981年)

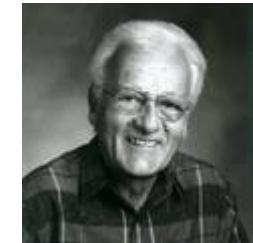
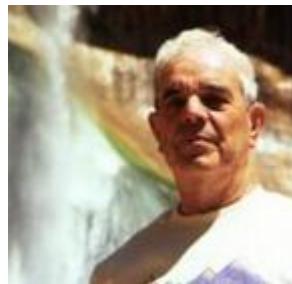




第一章 绪论

现代控制 (1950--)

美国A. Bryson 和Y.C Ho 发表Applied Optimal Control(1969)。 Y.C Ho 和X.R Cao等提出离散事件系统理论(1983)





第一章 绪论

现代控制 (1950--)

美国“哥伦比亚”号航天飞机首次发射成功(1981年)

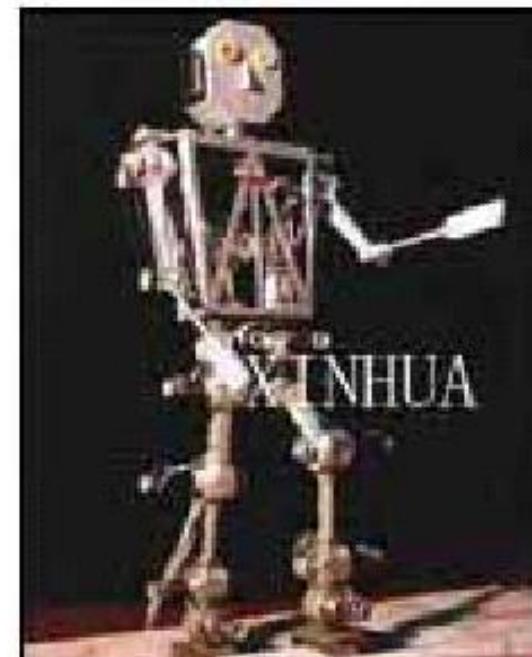




第一章 绪论

现代控制 (1950--)

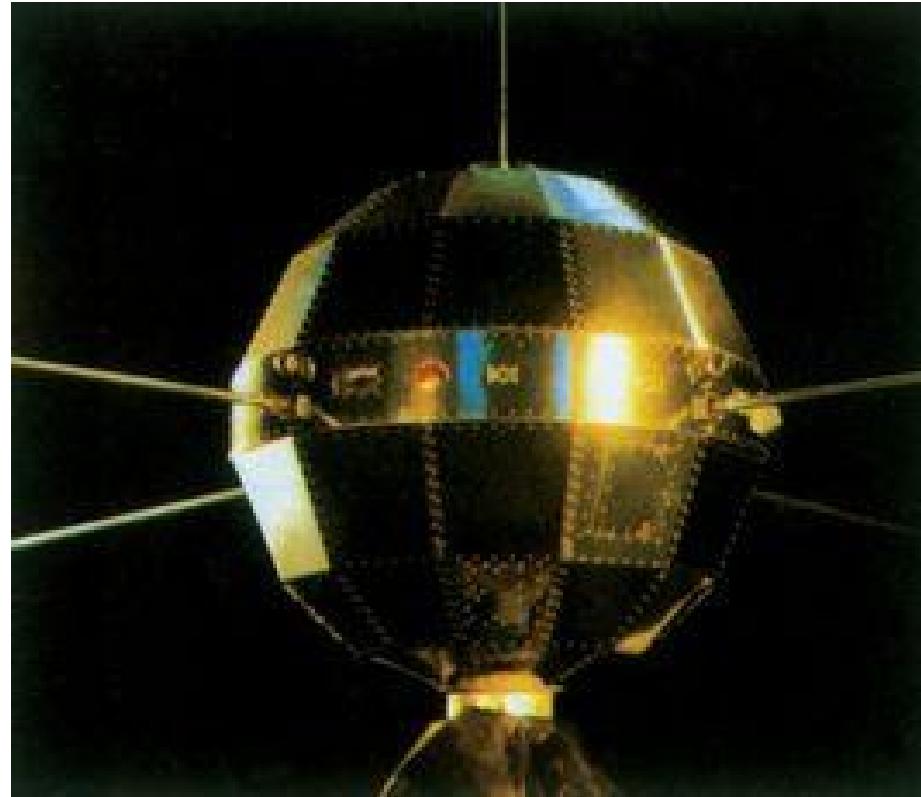
中国批准 863高技术计划，包括自动化领域的计算机集成制造系统和智能机器人两个主题 (1986)。





第一章 绪论

现代控制 (1950--)

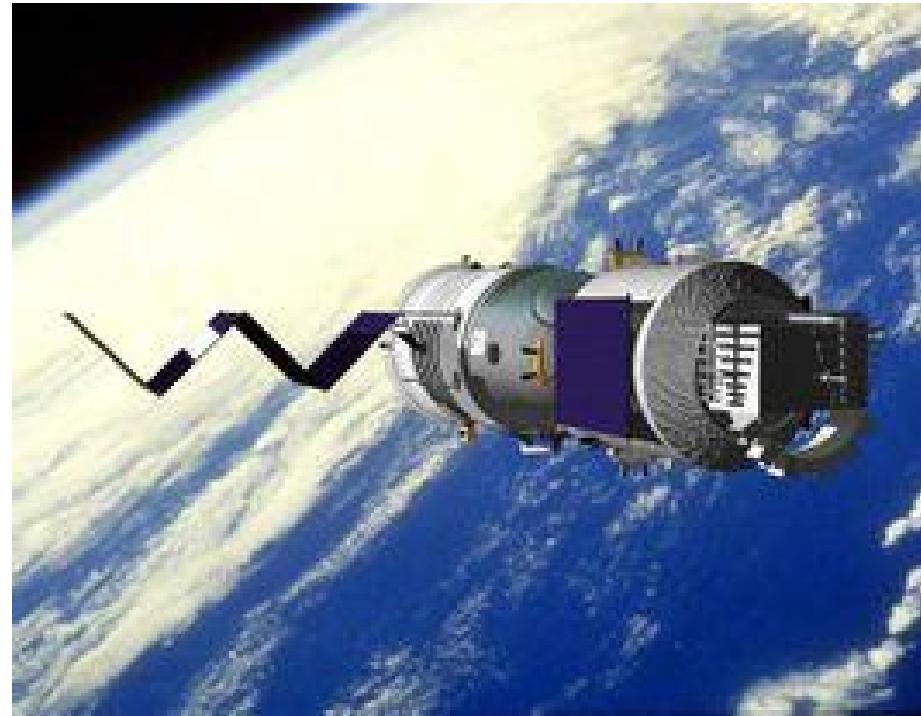


1970年4月24日21时35分发射的中国的第一颗人造卫星“东方红一号”



第一章 绪论

现代控制 (1950--)



1999年11月20日，中国载人航天计划中发射第一艘无人实验飞船“神舟一号”



第一章 绪论

现代控制 (1950--)



2003年10月15日，中国载人航天计划中发射首艘载人实验飞船“神舟五号”



第一章 绪论

现代控制 (1950--)

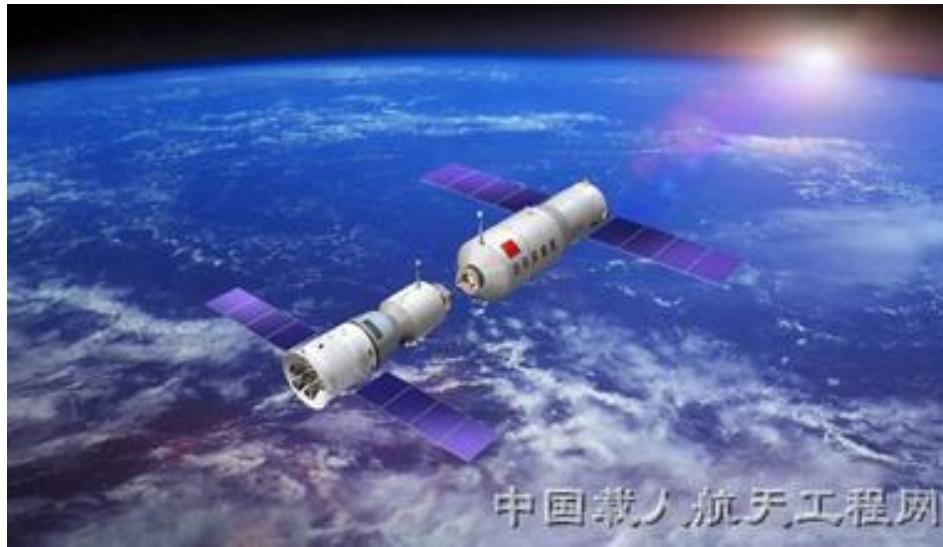


2008年9月27，翟志刚，神舟七号，中国首次实现太空行走



第一章 绪论

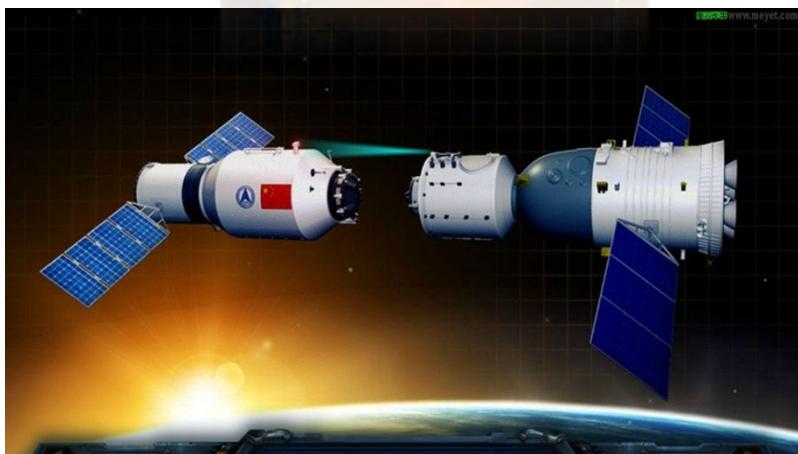
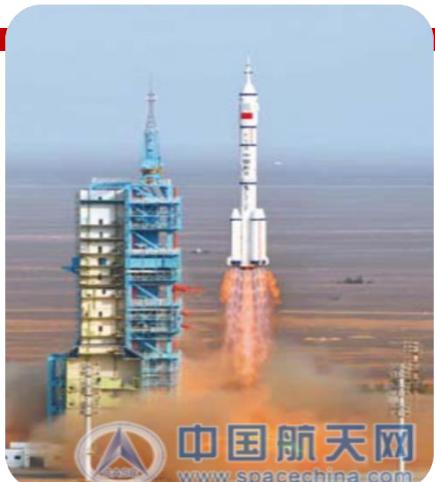
现代控制 (1950--)



2011年11月3日，神舟八号和天宫一号，中国首次实现空间交会对接



第一章 绪论

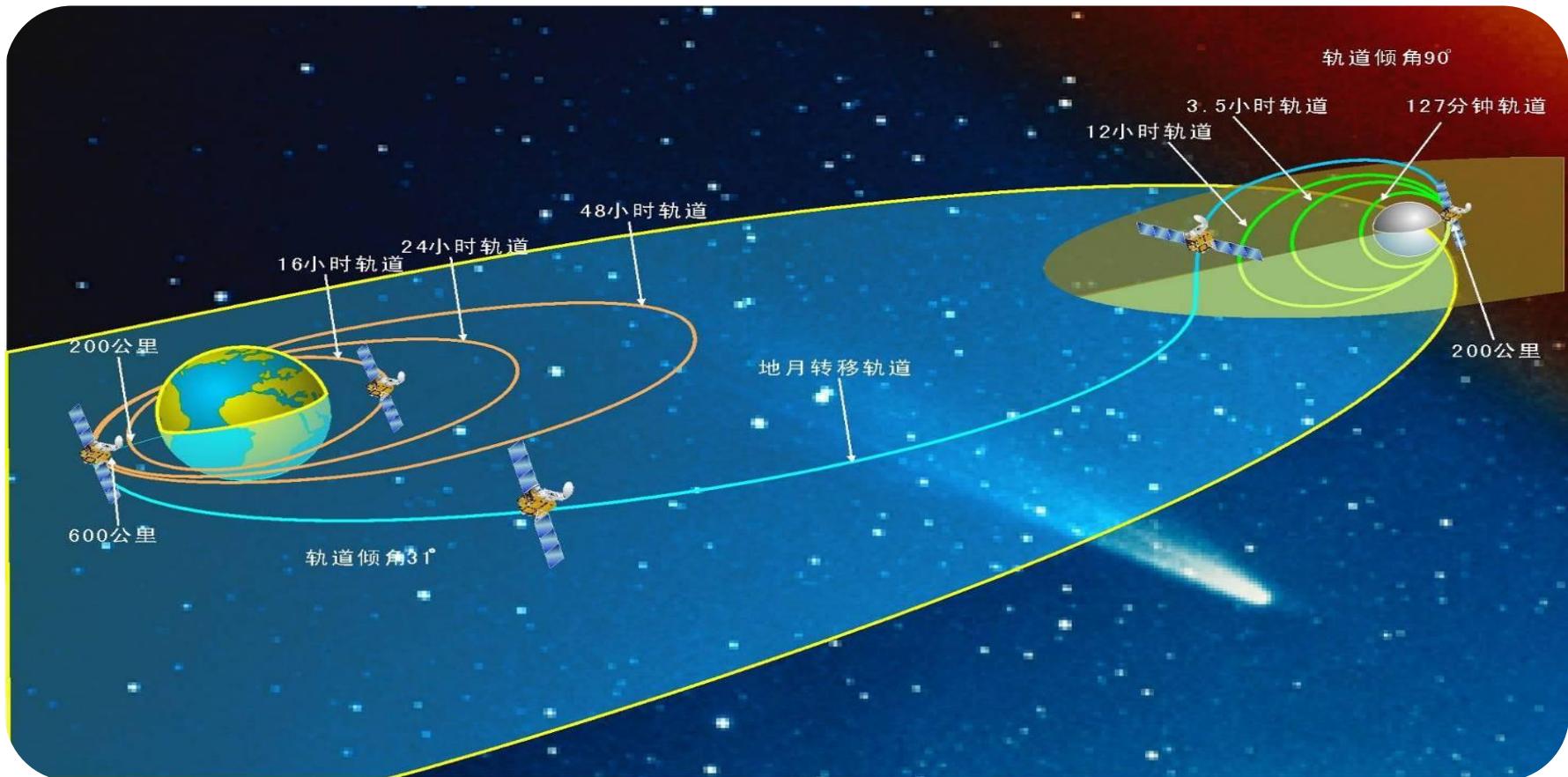


2012年6月，神舟九号载人飞船与天宫一号交会对接、回收成功



第一章 绪论

2004年，中国正式开展月球探测工程，并命名为“嫦娥工程”。





第一章 绪论



2013年12月15日，“玉兔号”月球车搭载嫦娥三号登陆月球



第一章 绪论



1997年7月，美国“火星探路者”释放的索杰纳火星车



2004年1月，美国勇气号火星车登陆火星



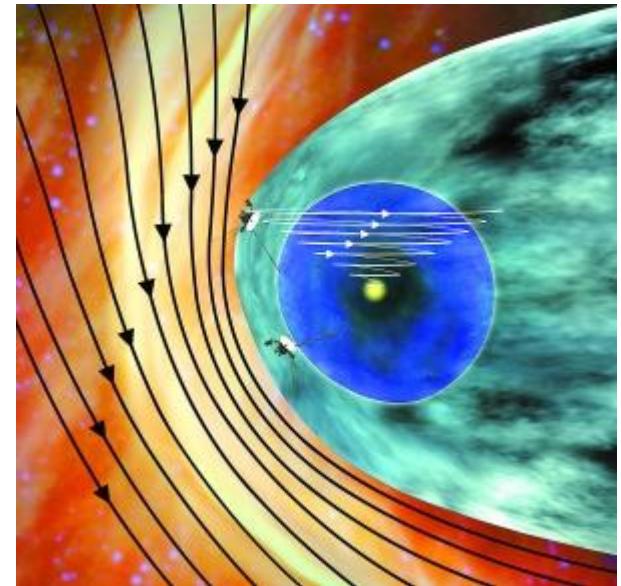
2004年1月，美国机遇号火星车登陆火星



2012年8月，美国好奇号火星车登陆火星



第一章 绪论



2013年9月13日凌晨，美国航空航天局在官网宣布：美国1977年9月5日发射升空的“旅行者”1号正式成为第一个进入星际空间的人造物体。



第一章 绪论

现代控制 (1950--)



欧洲“罗塞塔”探测器2014年8月成功追上“丘留莫夫-格拉西缅科”彗星，然后又于11月释放着陆器“菲莱”登陆彗星表面。



第一章 绪论



2015年11月24日，蓝色起源公司的New Shepard火箭在飞行后成功着陆回收。



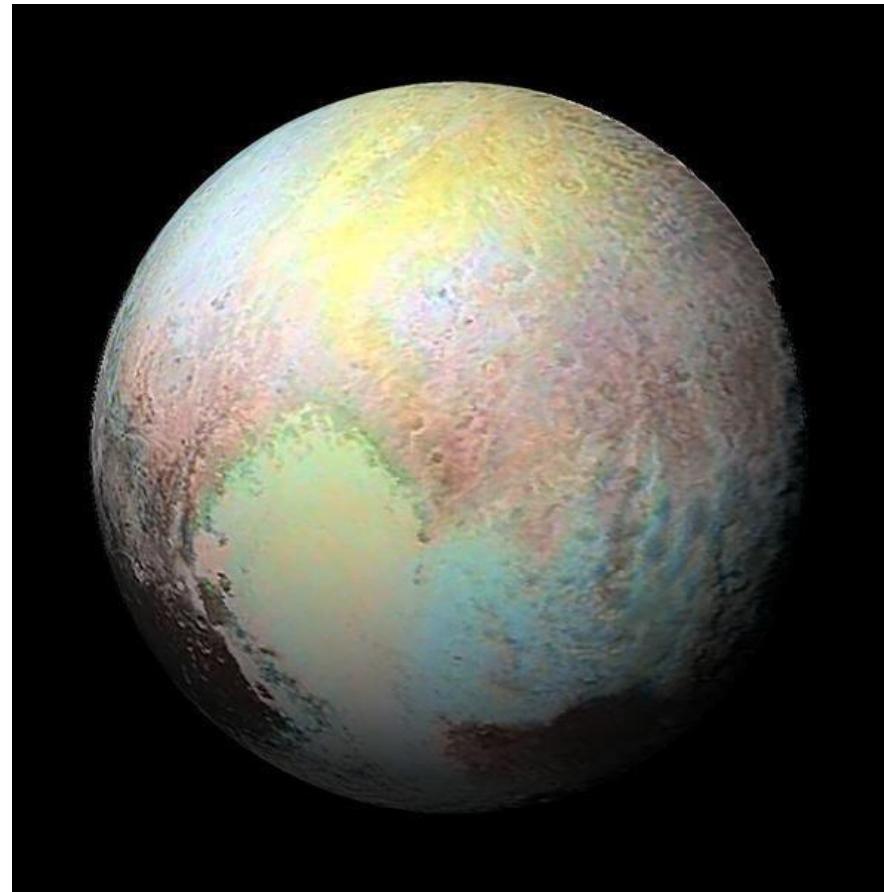
第一章 绪论



2015年12月22日，SpaceX成功实现猎鹰九号火箭回收。



第一章 绪论



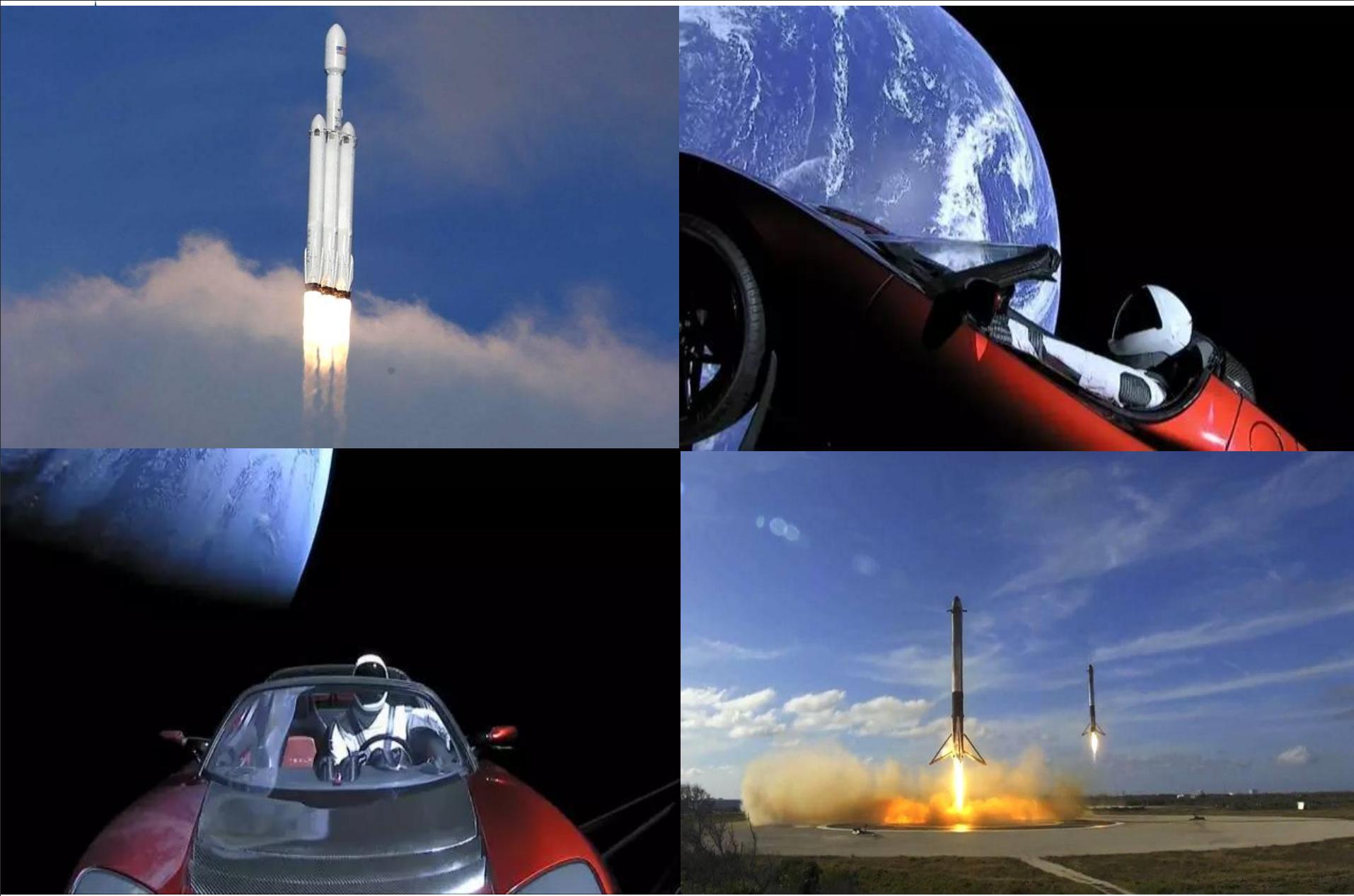
2015年7月14日，在太空中漫游了长达九年的新视野号近距离飞过在太空深处神秘的冥王星（Pluto）。



第一章 绪论



美国东部时间2018年8月12日3时31分，“德尔塔4”重型运载火箭从美国佛罗里达州卡纳维拉尔角空军基地升空，将太阳探测器“帕克”成功送入太空。



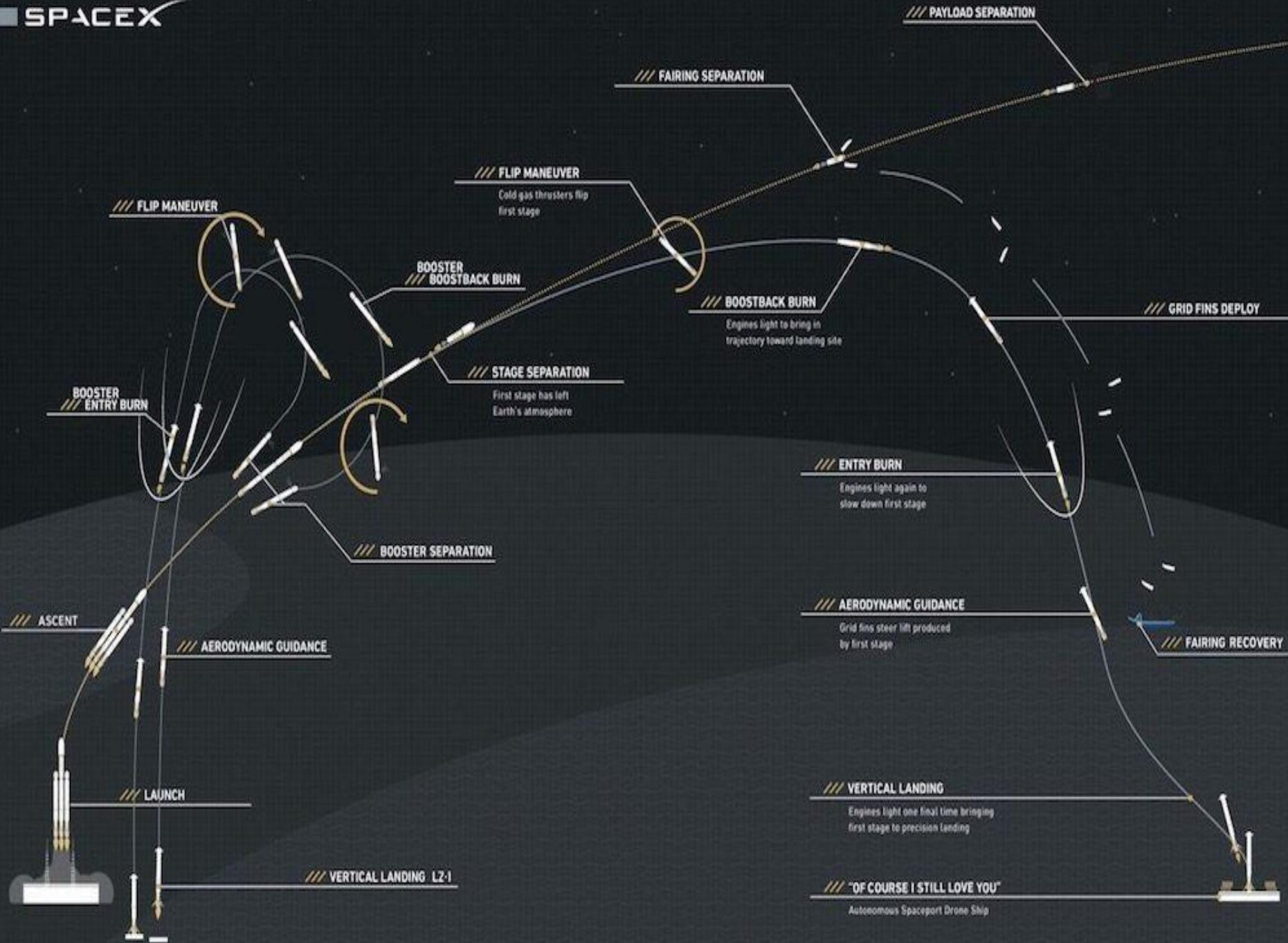
2018.02.07，载重64吨最强火箭重型猎鹰SpaceX火箭升空，Starman特斯拉红色跑车与地球合影



第一章 绪论



2019年4月12日，SpaceX猎鹰重型火箭（Falcon Heavy）在肯尼迪航天中心LC-39A发射台发射成功，这枚人类现役运力最强的火箭完成首单商业发射，并且实现史无前例地三枚一级火箭首次全部回收成功，实现“完美发射”！



B1049.1

回收



公元**2018年9月10日**，一枚猎鹰9号运载火箭把电视之星18V通信卫星送入了预定轨道。



B1049.2



2019年1月11日，翻修之后的**B1049**被赋予新的编号**B1049.2**，执行将10颗下一代铱星送入太空的任务。

然后，**B1049.2**在无人驾驶回收平台上，完成海上回收。

B1049.3



**B1049猎鹰9号
可重复使用运
载火箭第一级
的第3次使用。**

第1次发射，全新的火箭。第一级的成本为3534.2万美元，第二级的成本为812.4万美元，给测控1242万美元，利润为621万美元。

第1次发射报价：6209.6万美元。

第2次发射，检修费用295万美元，第一级成本为1767.1万美元，第二级的成本为812.4万美元，给测控1242万美元。成本为4116.5万美元，利润为457.4万美元（成本的九分之一）。

第2次发射报价：4573.9万美元。（是首次报价的73.3%）

第3次发射，检修费用295万美元，第一级成本为1178.1万美元，第二级的成本为812.4万美元，给测控1242万美元。成本为3527.5万美元，利润为391.9万美元（成本的九分之一）。

第3次发射报价：3919.4万美元。（是首次报价的63.1%）

据报道，实际成本仅为：2140万美元，平摊到每颗卫星上的发射成本，仅35.6万美元（244.8万元人民币）。

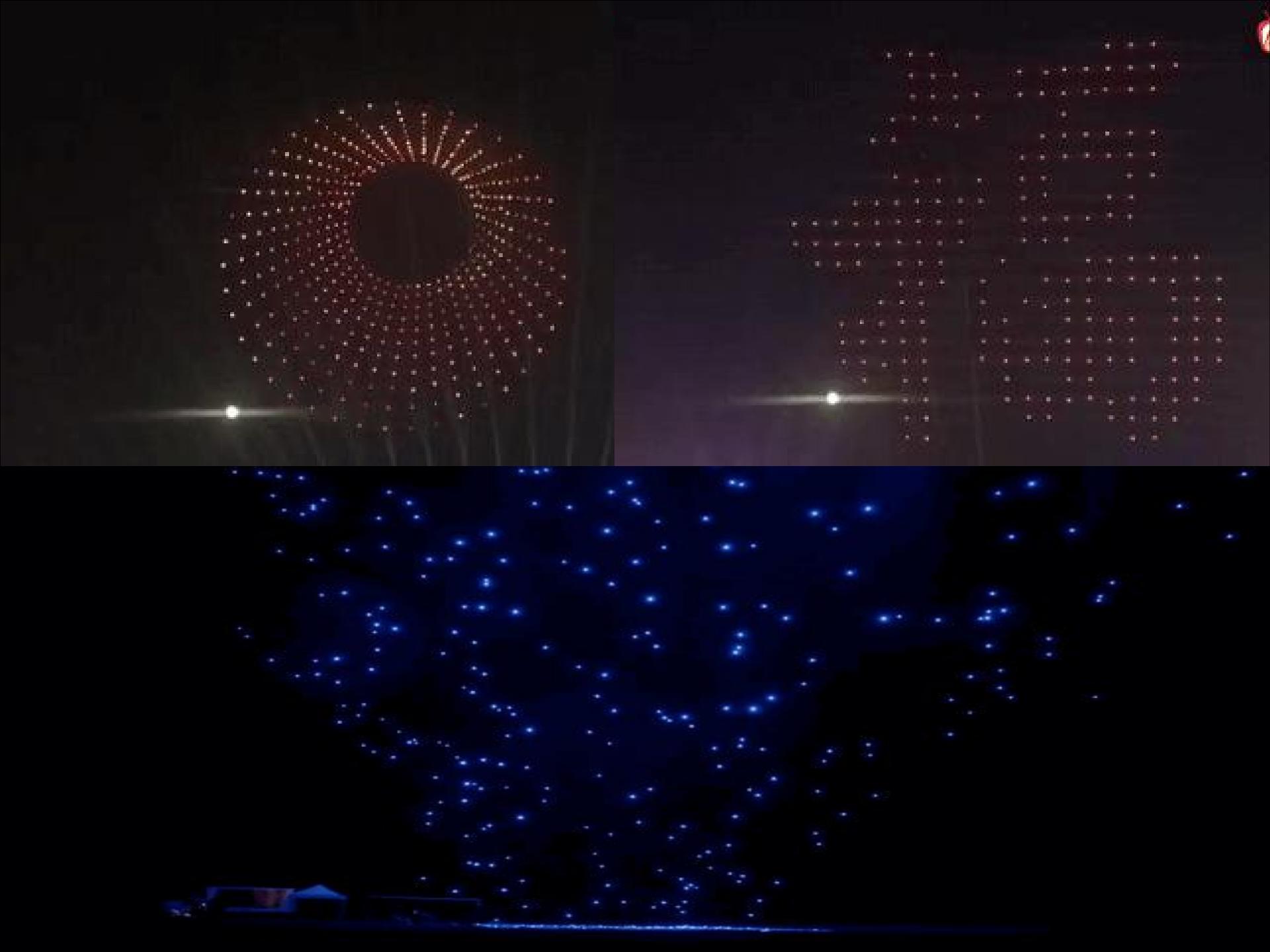


第一章 绪论



2019.08.10民企翎客航天火

2019年8月10日10时35分许，火箭民企翎客航天科技有限公司（下称“翎客航天”）在青海省茫崖市冷湖镇完成RLV-T5可回收火箭第三次低空飞行及回收试验，飞行高度300.2米，落点精度优于7厘米，点火时间50秒。





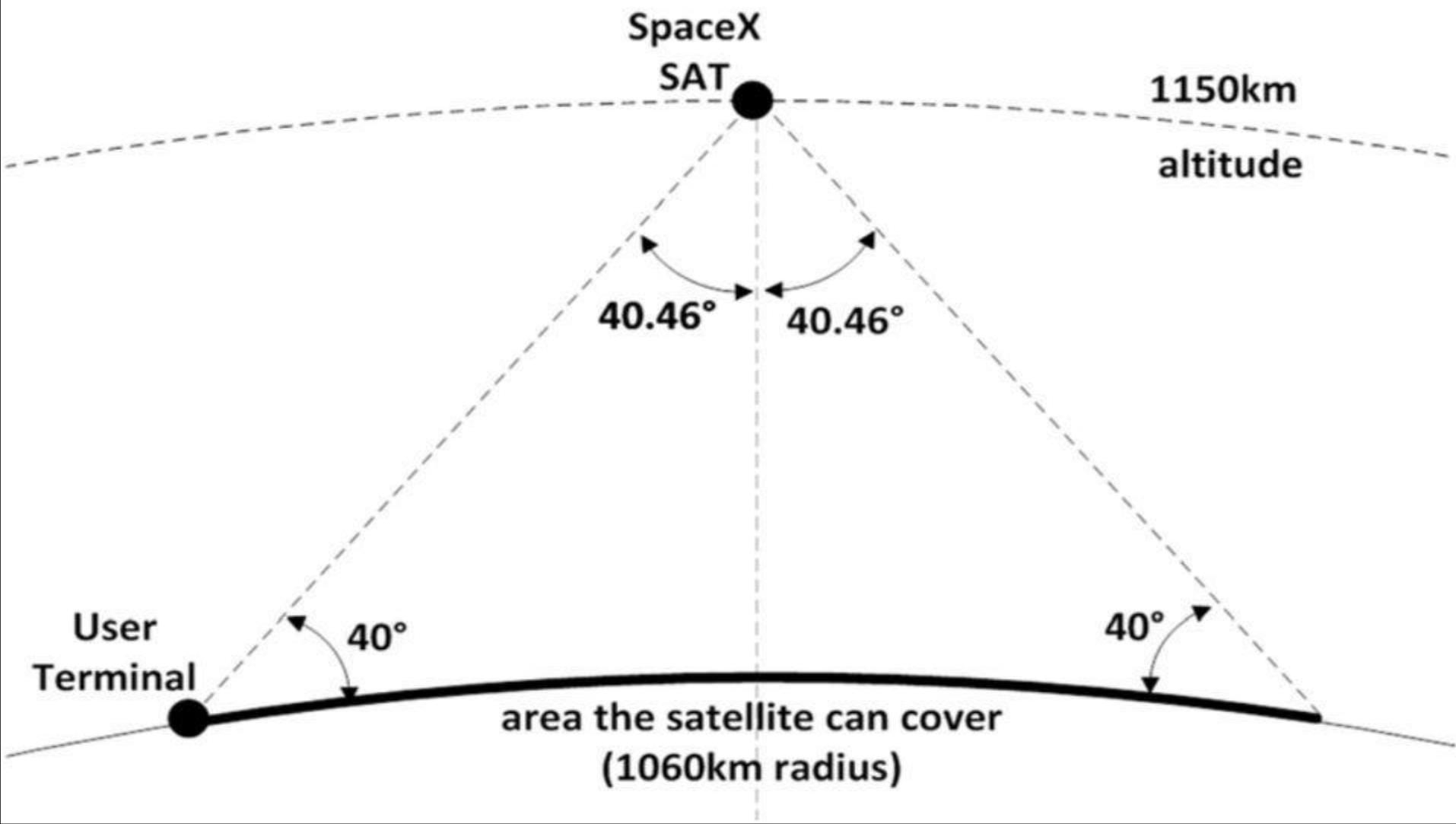
第一章 绪论



2cpfcckep-mobile.flv

8月11日晚，深圳湾上演惊艳一幕。大楼荧幕亮起巨幕五星红旗，600架无人机编队组成“我爱你中国”、“我爱香港”等标语，点亮“最美中国红”。

SpaceX公司计划在2019年-2024年间向1100公里左右的近地轨道发射4425颗小型卫星。下一阶段则是向340公里的近地轨道发射7518个类似的卫星，将网络信号覆盖光线和通信基站难以到达的偏远地区。

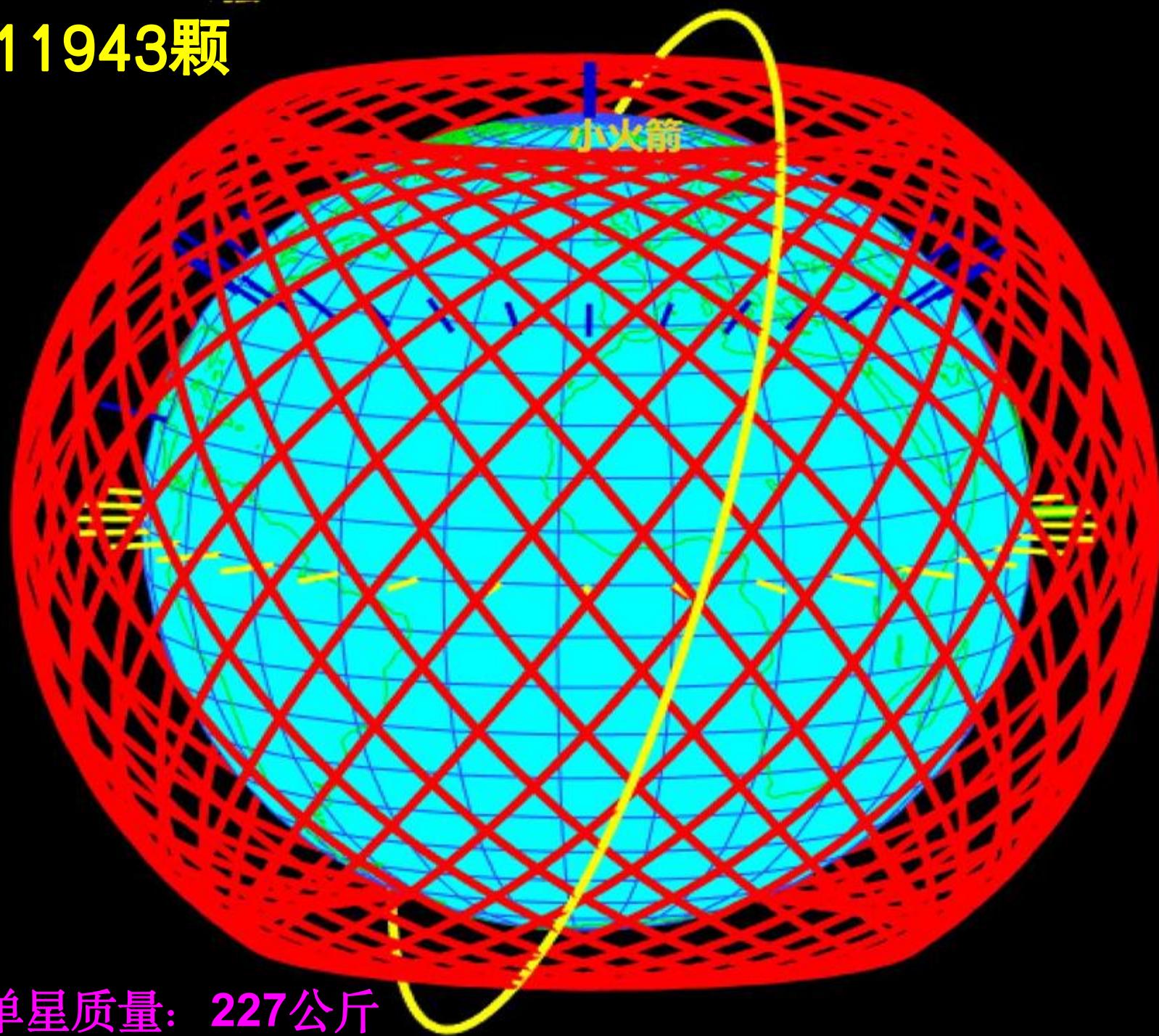




第一章 绪论



11943颗

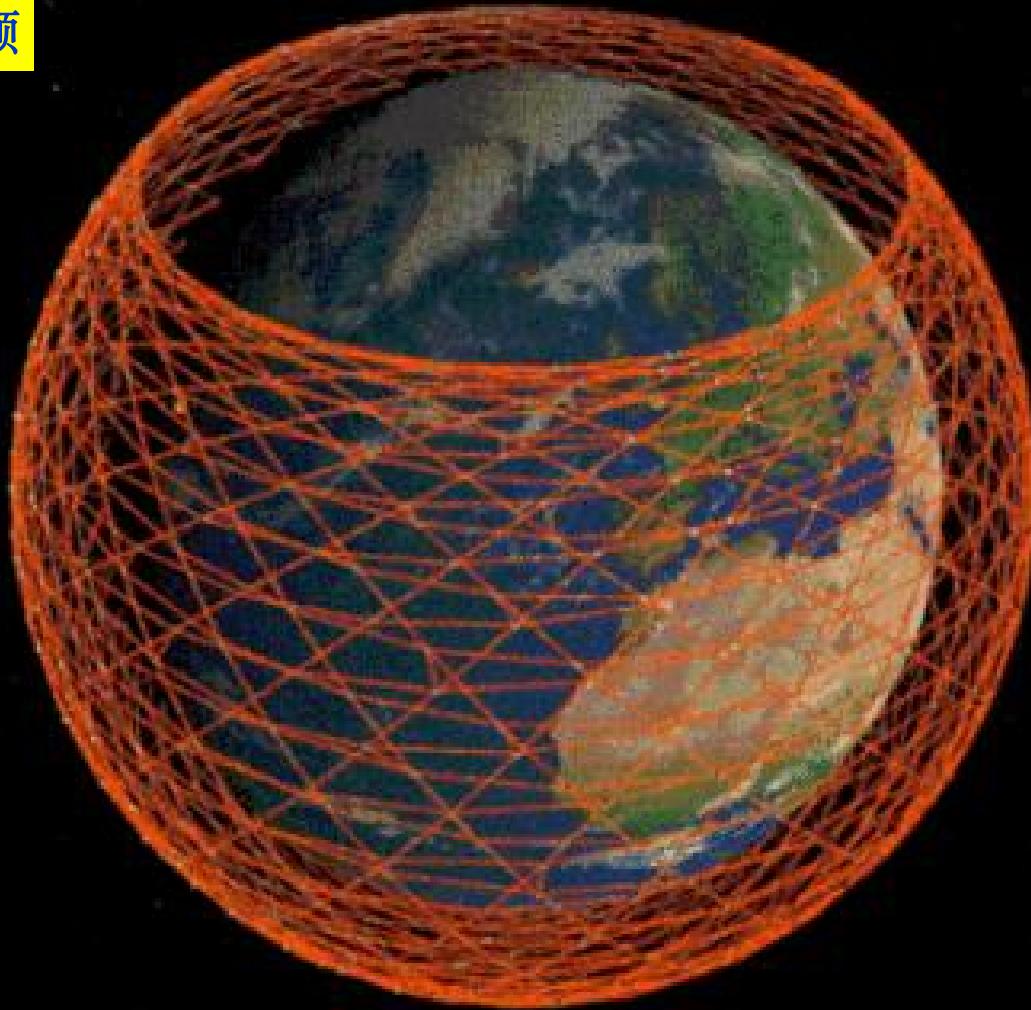


小火箭



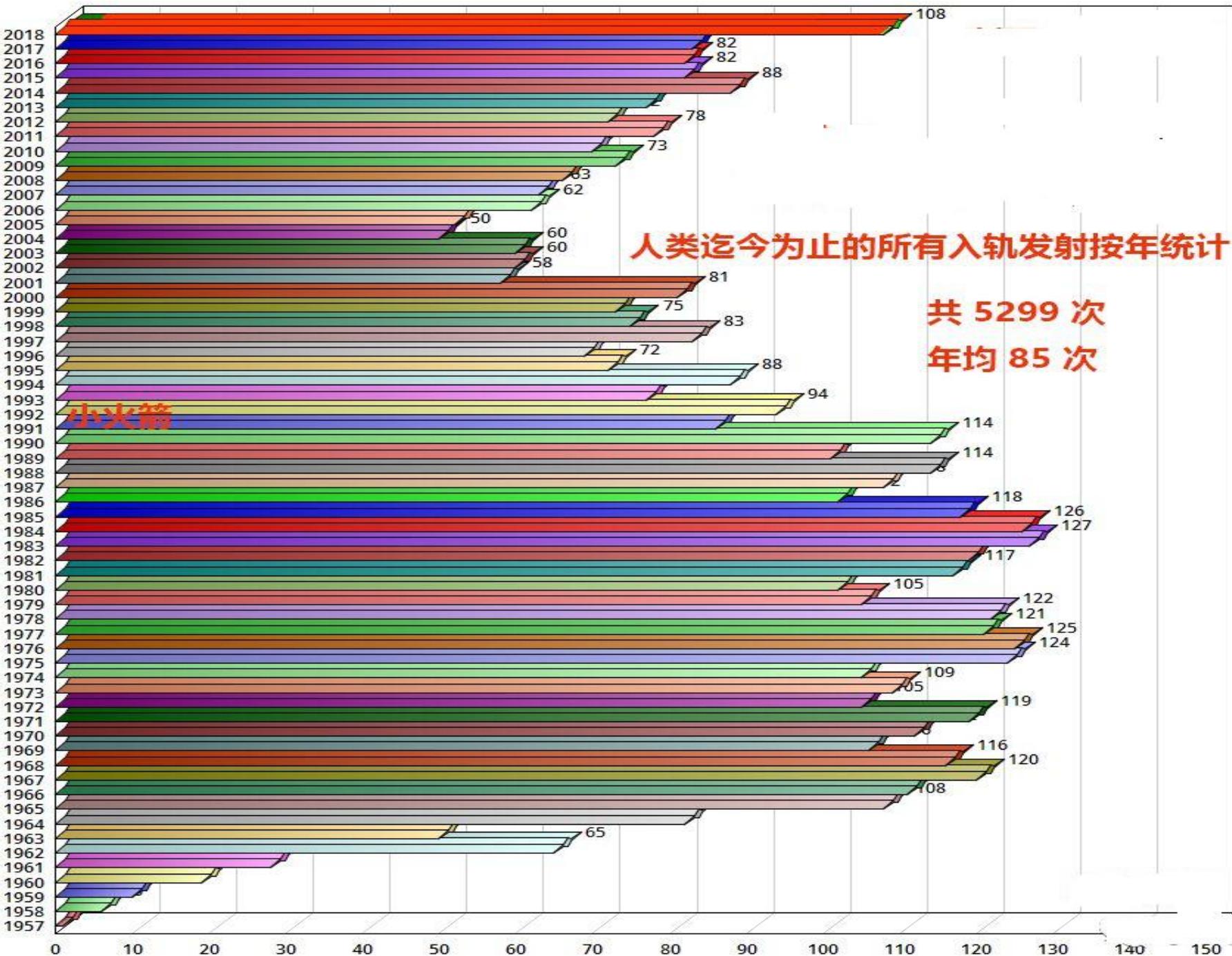
第一章 绪论

最新数据：11927颗



美国华盛顿州拍到的星链计划
的移动式测试用地面站







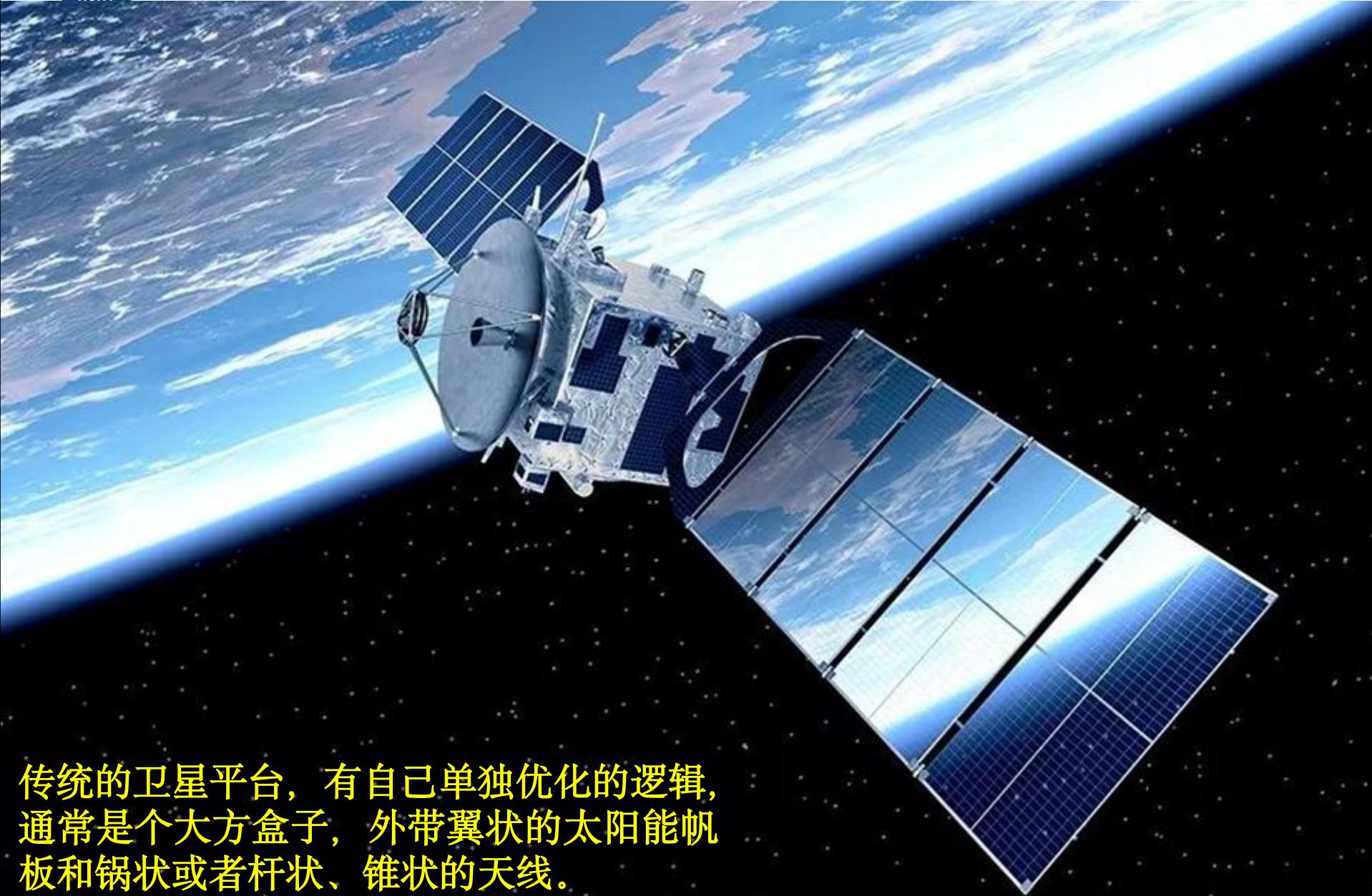
第一章 绪论



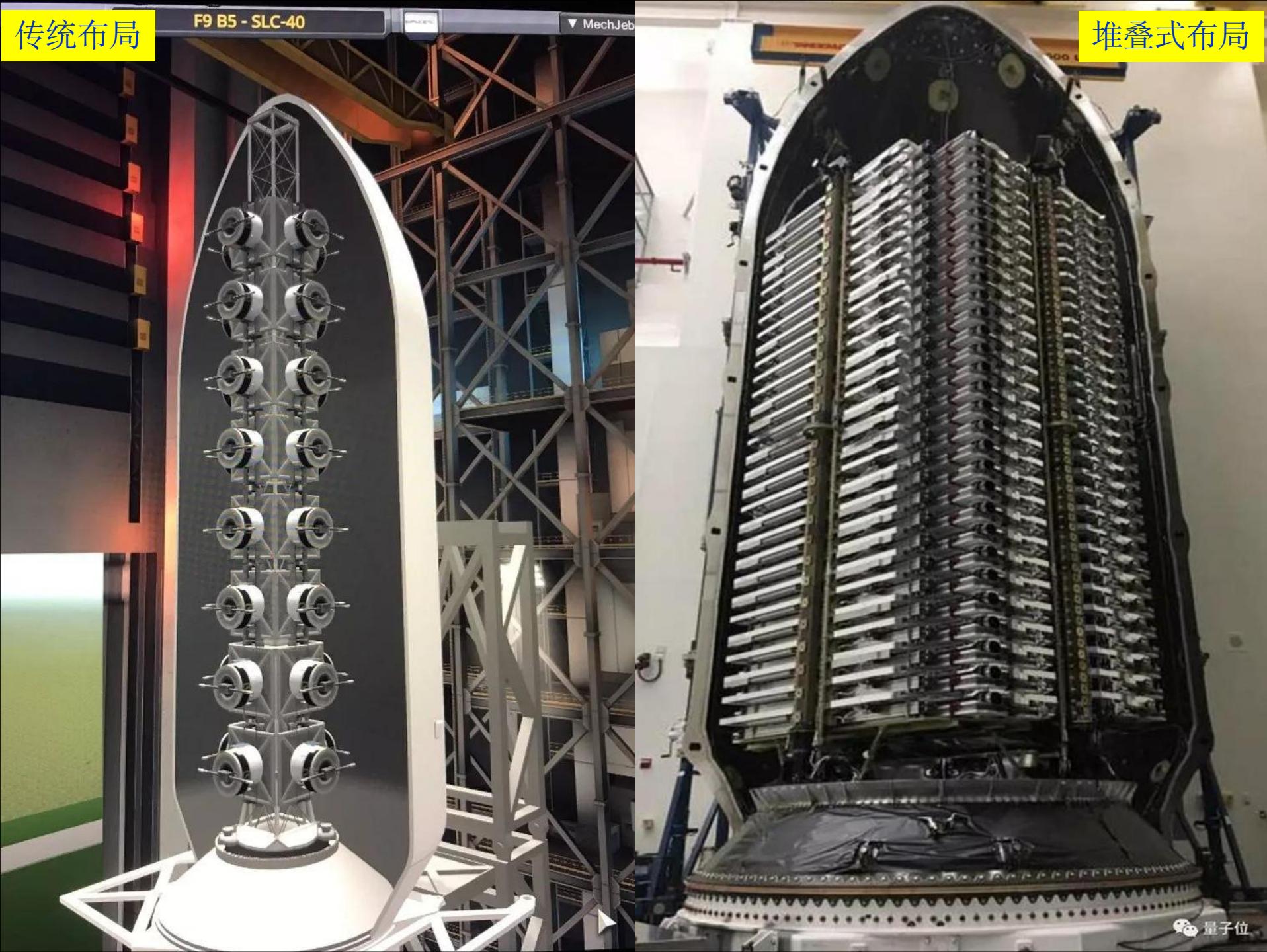
2019年1-5月全球发射次数实时统计:36次
数据更新时间: 2019/05/29



第一章 绪论



传统的卫星平台，有自己单独优化的逻辑，
通常是个大方盒子，外带翼状的太阳能帆
板和锅状或者杆状、锥状的天线。



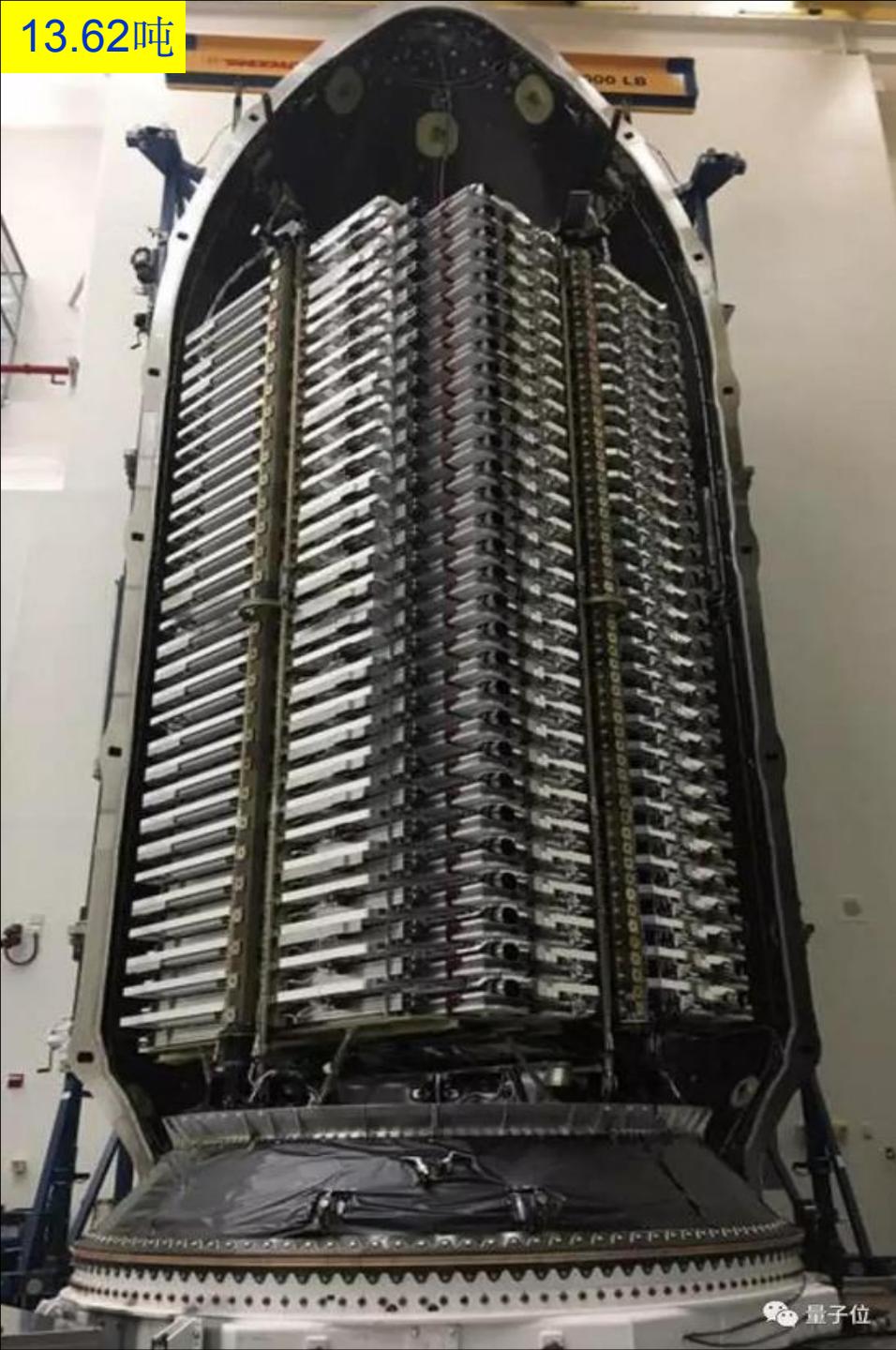
传统布局

F9 B5 - SLC-40

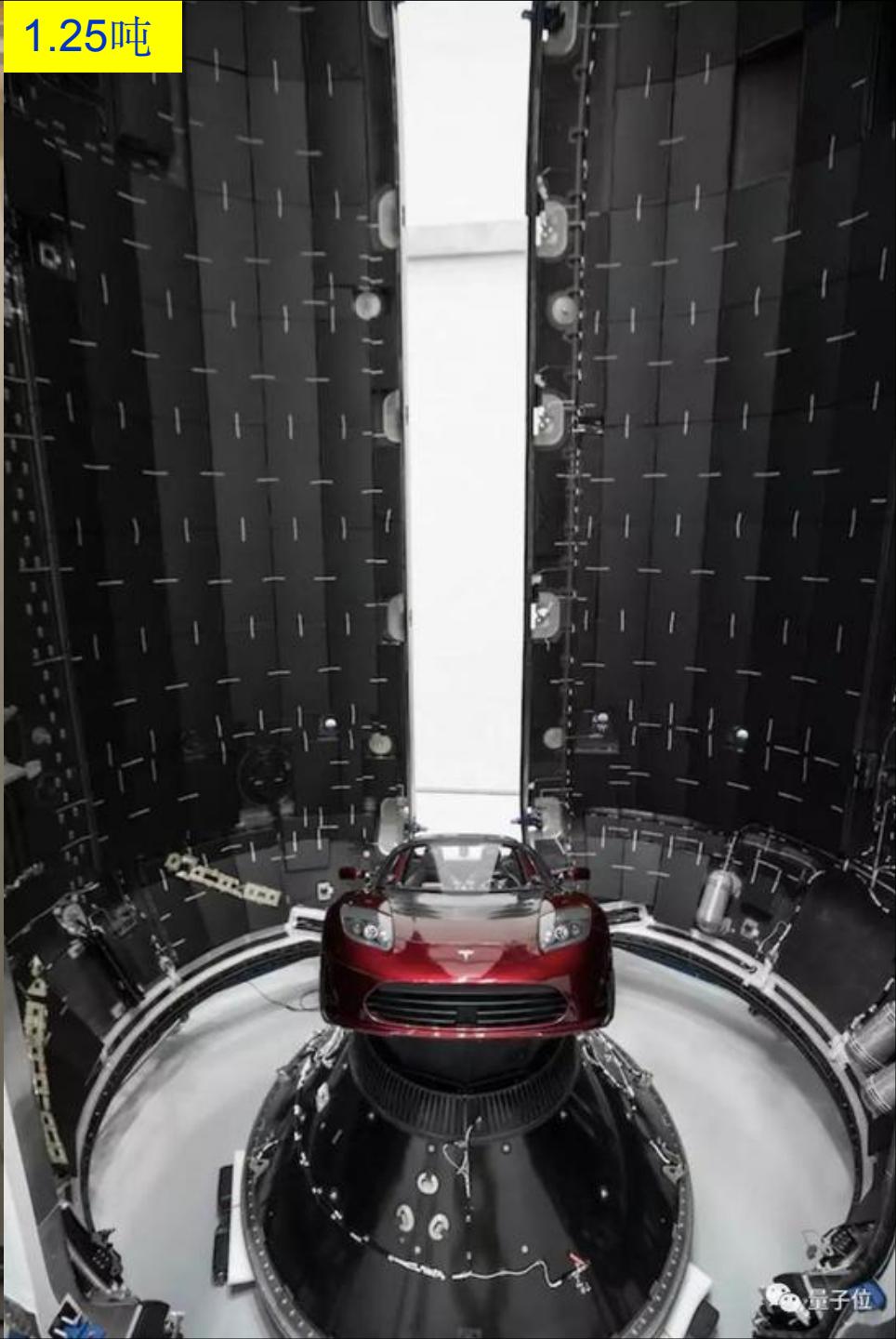
Mech.Jeb

堆叠式布局

13.62吨



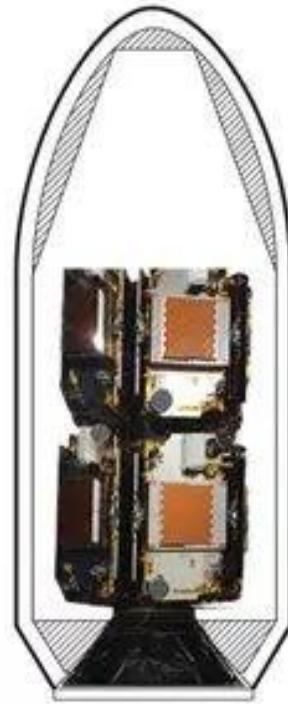
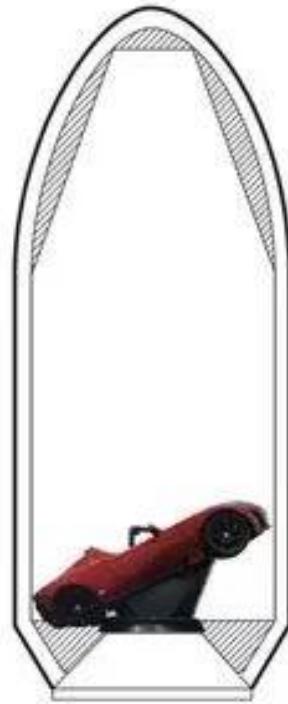
1.25吨





第一章 绪论

starlink



龙飞船

特斯拉跑车 10颗下一代铱星 60颗星链卫星

铱星，每层5颗

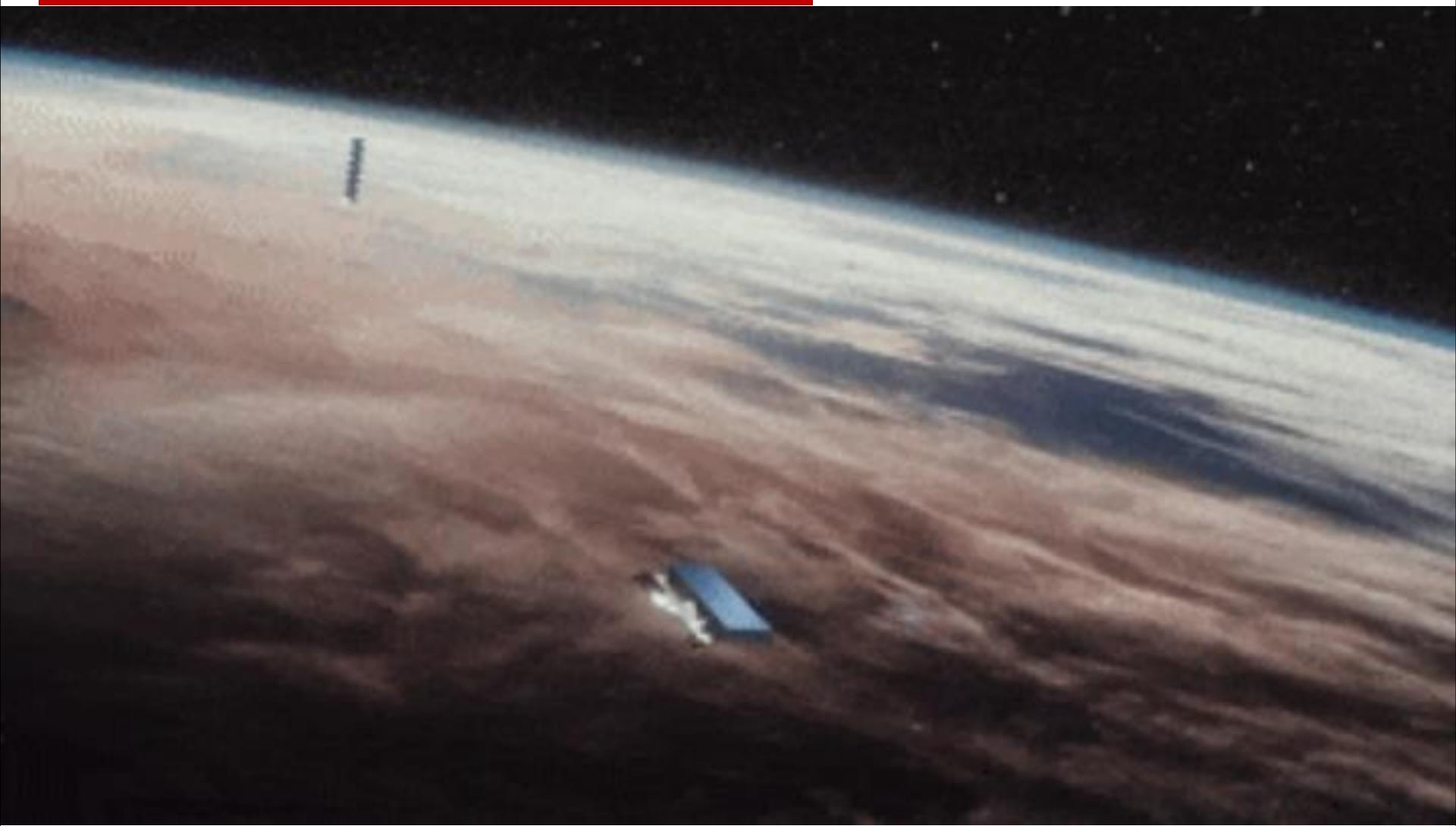




小火箭



第一章 绪论



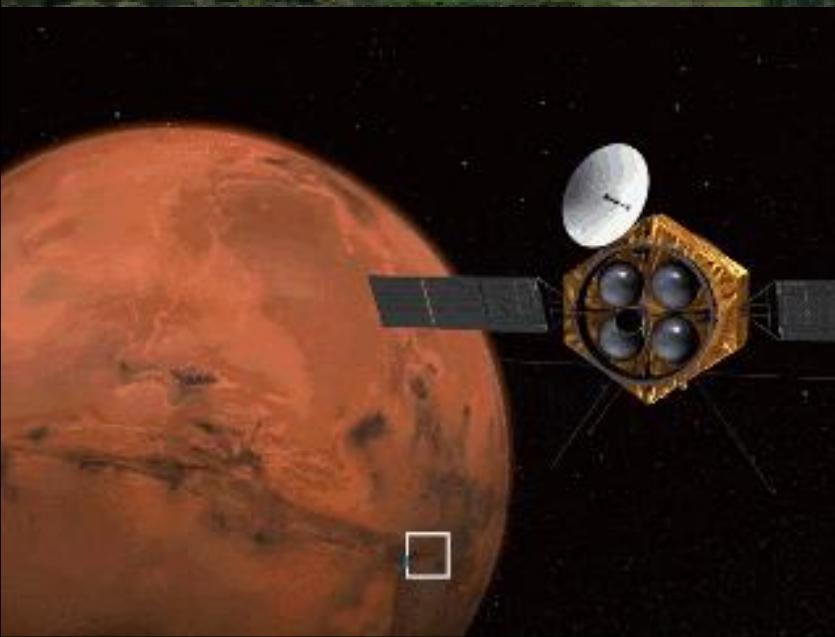


第一章 绪论

近期，国外有网友目睹了“星星排队从天空中划过”的壮观景象。



2020年7月23日12时41分，我国在中国文昌航天发射场，用长征五号遥四运载火箭成功发射首次火星探测任务天问一号探测器





2019年7月14日的法国阅兵式上，Franky Zapata在法国总统马克龙与
其他欧洲领导人的见证下，手持一支步枪，驾驶着飞行滑板在香榭丽舍大街上空飞过。



2019年8月5日，Franky Zapata乘着他的Flyboard Air(飞行悬浮滑板)成功飞越英吉利海峡。Zapata在22分钟内完成飞越，最高速度达177公里/小时，离海面高度约为15-20米。



第一章 绪论

现代控制 (1950--)



19世纪末，世界上第一辆汽车
(奔驰)，德国。



20世纪，汽车曾是一个国家工业水平发展程度的标志



21世纪，机器人取代汽车成为国家工业发展水平的标志



第一章 绪论



1975年，比尔·盖茨毅然弃学，创立微软，成为个人电脑普及革命的领军人物；30年后，他预言，机器人即将重复个人电脑崛起的道路，点燃机器人普及的“导火索”。这场革命必将与个人电脑一样，彻底改变这个时代的生活方式。



Microsoft Robotics Studio





第一章 绪论





第一章 绪论



¥1998.00

【京东自营品质保证】小米 (MI) 定制版Ninebot 九号平衡车 智能代步电动体感



¥759.00

阿尔郎 成人智能双轮电动平衡车思维车体感车独轮车代步车迷你自平衡车火星车儿



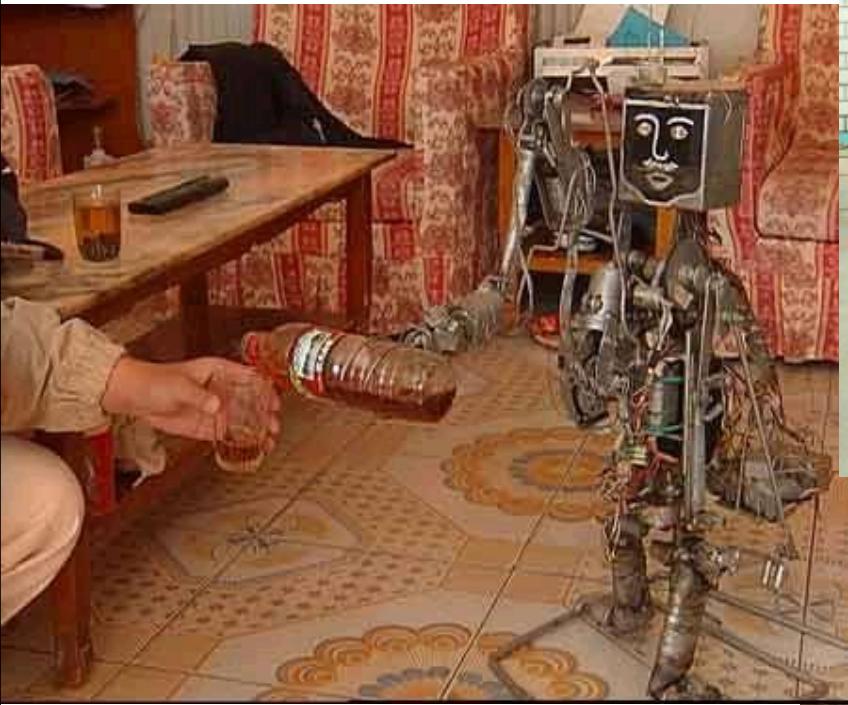
¥1599.00

Ninebot One A1 九号单轮平衡车 电动独轮车 代步体感车 智能电动车 【京东自

各式各样的平衡车



第一章 绪论

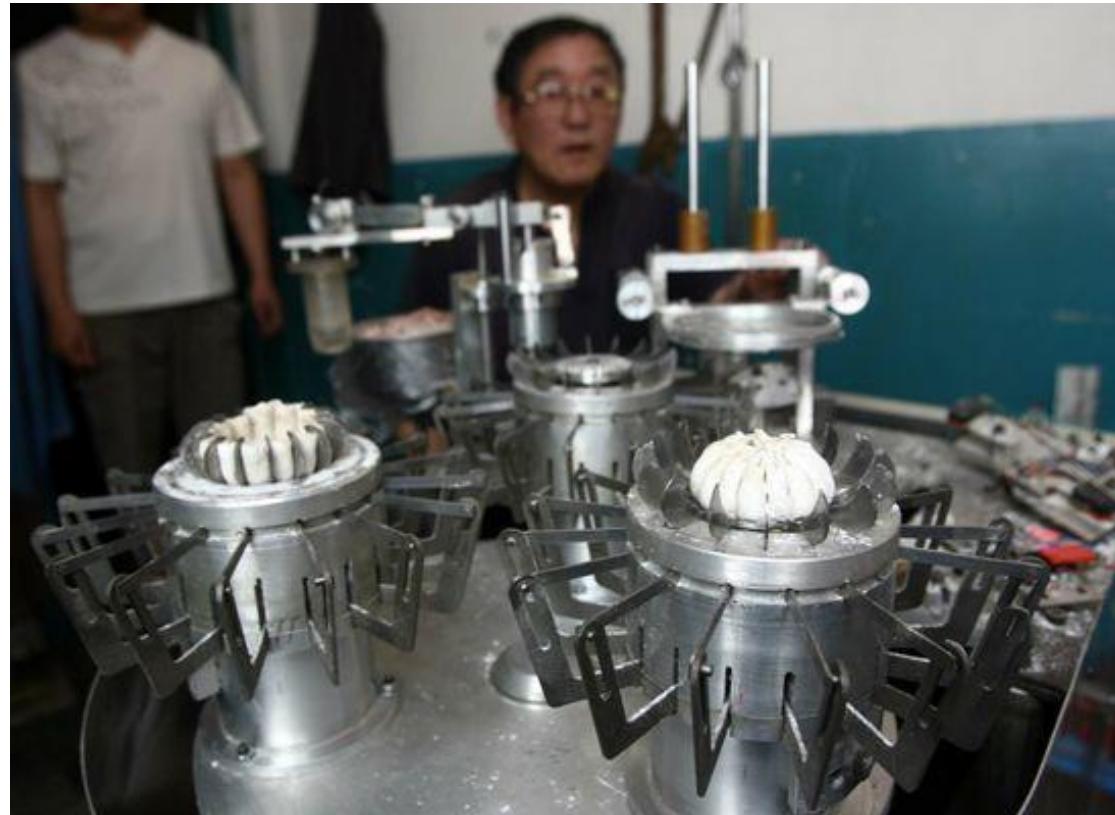


❖ 吴玉禄(1962-)

北京市通州区漷县马务村农民
“机器人老爹”



第一章 绪论



包子机器人 (Baozi robot)

72岁的邢连业大爷用6年时间于2009年6月14日研制成功，能先后完成擀皮、装馅、包制、出褶等步骤，总共只需花12秒就能“捏”出一个小笼包子。



第一章 绪论



英国《电讯报》报道，中国厨师崔润全已组建批量生产“奥特曼”刀削面机器人的公司，已售出约3000个这样的奥特曼。他指出，经过数月研究和反复试验，他自主设计并造出削面机器人，它每分钟削面130根，明显快于人类，且不用休息不要工资。



第一章 绪论



徐家庄（西电北校区）奥特曼 削面机器人(2011)



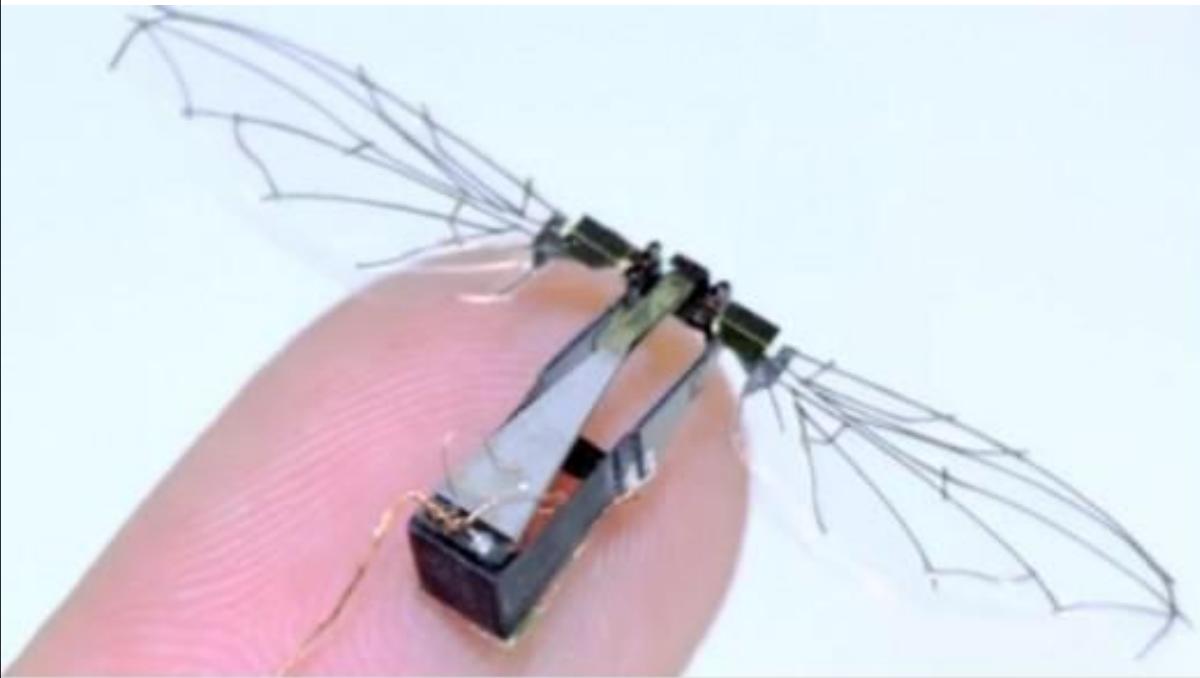
第一章 绪论



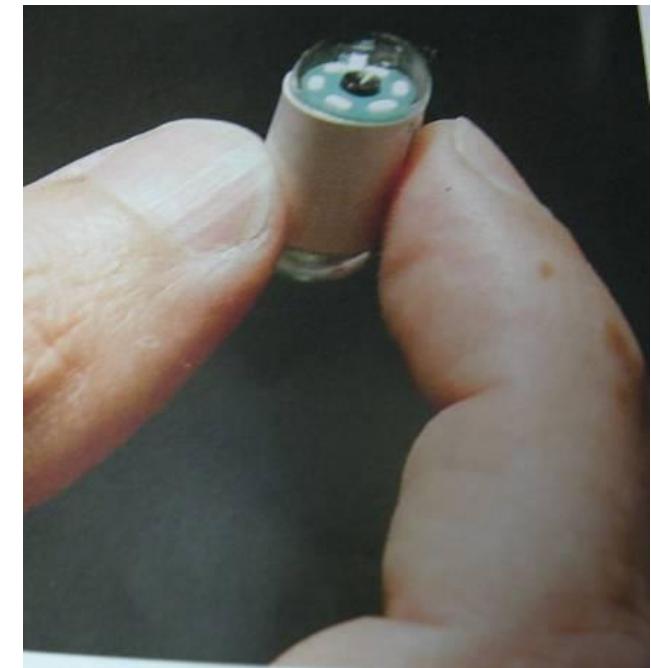
中国首例售楼美女机器人，2009，西安。



第一章 绪论



“微型鸟舍”飞行机器人，2012



微型机器人



第一章 绪论



2008, 深圳高交会，北大研制的机器鱼



第一章 绪论



多种形式的工业机器人、机器狗，爬管机器人，侦察机器人



第一章 绪论

“大狗” (Bigdog) , 由波士顿动力学工程公司 (Boston Dynamics) 专门为美国军队研究设计。



军事机器人



第一章 绪论



军事机器人



第一章 绪论



美国RQ-11B
“渡鸦” 无人侦察机



美国MQ-1
“捕食者” 无人侦察机



美国RQ-4
“全球鹰” 无人侦察机



以色列 “苍鹭” 无人侦查机



美国 “秃鹰” 无人侦察机



第一章 绪论



彩虹802



翼龙-2



彩虹5



第一章 绪论



美国X-37b



美国X-
43



美国X-
51



美国htv-1



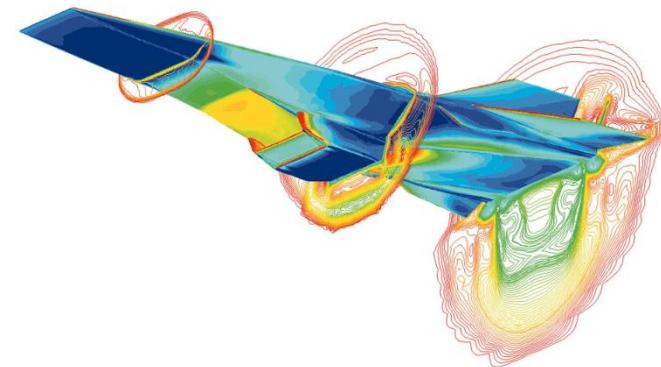
美国htv-2



第一章 绪论



中国神龙



超燃冲压发动机为动力的高超声速飞行器



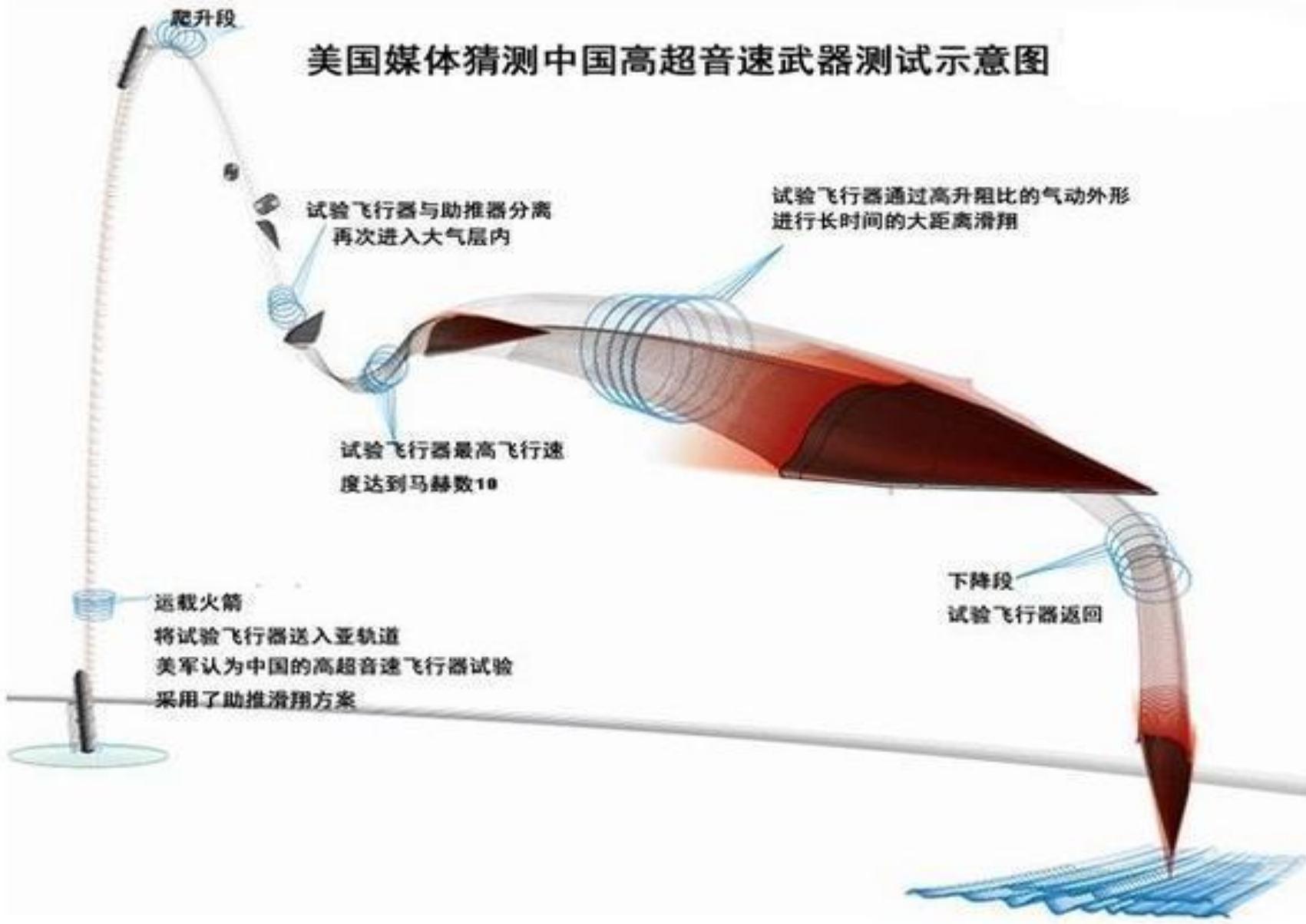
腾云工程



中国腾云



美国媒体猜测中国高超音速武器测试示意图



美称中国进行高超音速武器试验 速度达音速10倍



第一章 绪论



Sony公司的“Qrio”，世界上首款会跑步的机器人，2003年



第一章 绪论



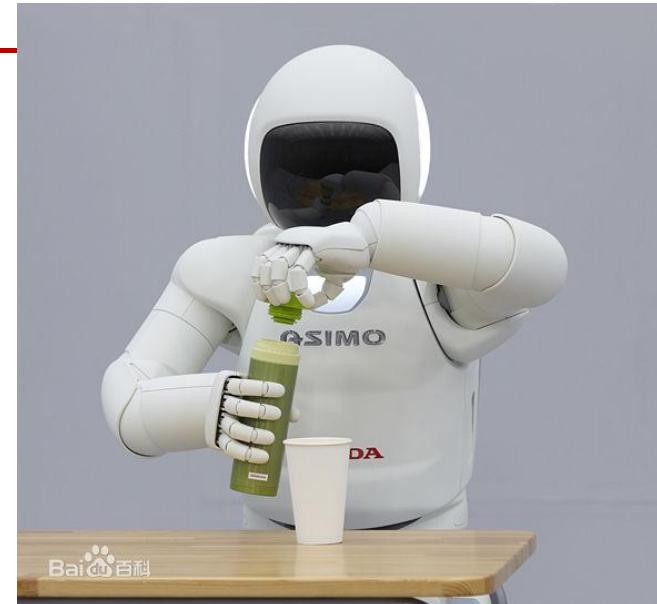
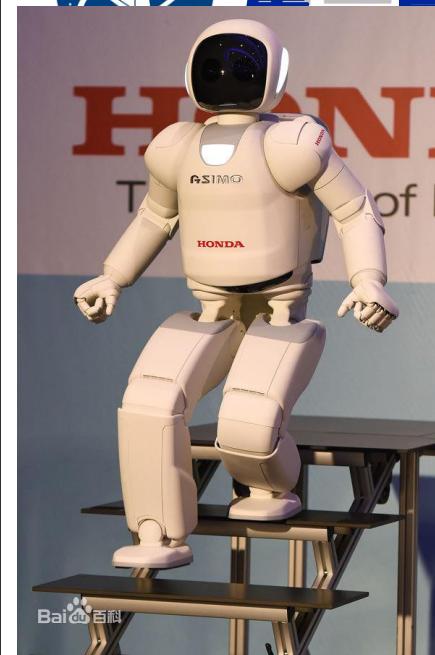
索尼机器狗爱宝 (Aibo)
1999年-2006年



法国Aldebaran Robotics
公司 NAO机器人，2007年



第一章 绪论



本田公司的机器人“阿西莫”,2000年-2014年



第一章 绪论





第一章 绪论



汇童（北理工）等国产机器人



第一章 绪论



2006年，日本村田顽童现身北京。



第一章 绪论



2007深圳高交会乐手机器人和具有交流能力的汉服机器人



第一章 绪论



The doctors in **New York**

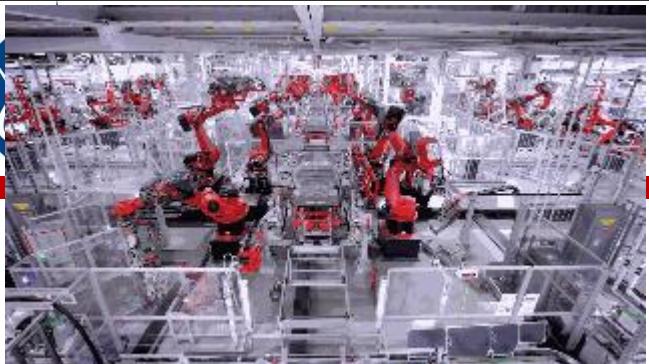
The patient and the robots
in Strasbourg, **France**.



第一章 绪论



达芬奇（da Vinci）手术机器人



组装中心



组装车间，安装座椅



组装中心



组装车间，按装挡风玻璃



喷漆烤漆车间



6秒钟完成一个发动机盖的冲压

最先进的特斯拉无人工厂，只有150个机器人



第一章 绪论



广东长盈无人工厂(东莞2017)



秦皇岛某速冻水饺工厂



第一章 绪论



美国亚马逊仓储机器人Kiva



第一章 绪论



上海快仓Quicktron机器人



第一章 绪论

**想拼过机器人？
关键看你够不够努力！**



第一章 绪论

“仪器科学和技术”一级学科
共设五个学科方向学科

学科方向一：

学科方向二：

学科方向三：

学科方向四：

学科方向五：



第一章 绪论

Thank You !