

GNSS 测量原理与应用

李丽华

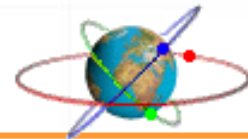
中国地质大学（北京）测量与导航工程系

lihuali@cugb.edu.cn

2020 春



第一章 卫星定位技术简介



- 1. 1 空间定位技术的发展
- 1. 2 GPS定位系统
- 1. 3 GLONASS定位系统
- 1. 4 GALILEO定位系统
- 1. 5 BDS定位系统
- 1. 6 GNSS在国民经济建设中的应用



1.5 北斗卫星导航系统

翱翔星空 惠及全球

■ 三步走

- 2000年年底，建成北斗一号系统，向中国提供服务。
- 2012年完成了北斗二号系统，对亚太大部分地区的覆盖并正式提供卫星导航服务。
- 2020年前后，建成北斗三号系统，届时将实现全球的卫星导航功能。



■ 系统建设过程

- 1994年，我国正式启动建设北斗卫星导航试验系统。
- 2000年发射2颗北斗导航试验卫星，标志试验系统初步建成。
- 2003年发射第3颗北斗导航试验卫星，从而进一步增强北斗卫星导航试验系统性能。
- 2004年启动北斗卫星导航系统工程建设。
- 2007年4月14日成功发射第一颗中圆地球轨道组网卫星，标志着我国自主研发的北斗卫星导航系统迎来新的发展阶段。
- 至2012年底已部署完成了由5颗GEO卫星、5颗倾斜地球同步轨道（Inclined Geosynchronous Satellite Orbit, IGSO）卫星（2颗在轨备份）和4颗中地球轨道（Medium Earth Orbit, MEO）卫星组成的区域星座，初步具备了区域服务能力。



- 2019年底，28颗北斗三号卫星发射成功，其中1颗地球同步卫星，3颗倾斜地球同步轨道卫星，24颗中圆地球轨道卫星为全球服务核心星座。
- 2020年6月底计划发射2颗地球同步卫星。

5



■ 服务性能



位置精度：平面10米，高程10米



测速精度：每秒0.2米



授时精度：单向20纳秒



短报文通信服务



广域差分和地基增强

BEIDOU CONSTELLATION STATUS 08.02.20

Total satellites in constellation	48
SV is included in operational orbital constellation	35
SV is not included in operational orbital constellation	13



■ 北斗的特点

- 具有生成位置报告和短报文功能，使用户之间能够相互交流。



■ 北斗的特点

- 具有生成位置报告和短报文功能，使用户间能够相互交流。
- 集纳多种轨道设计于一身。

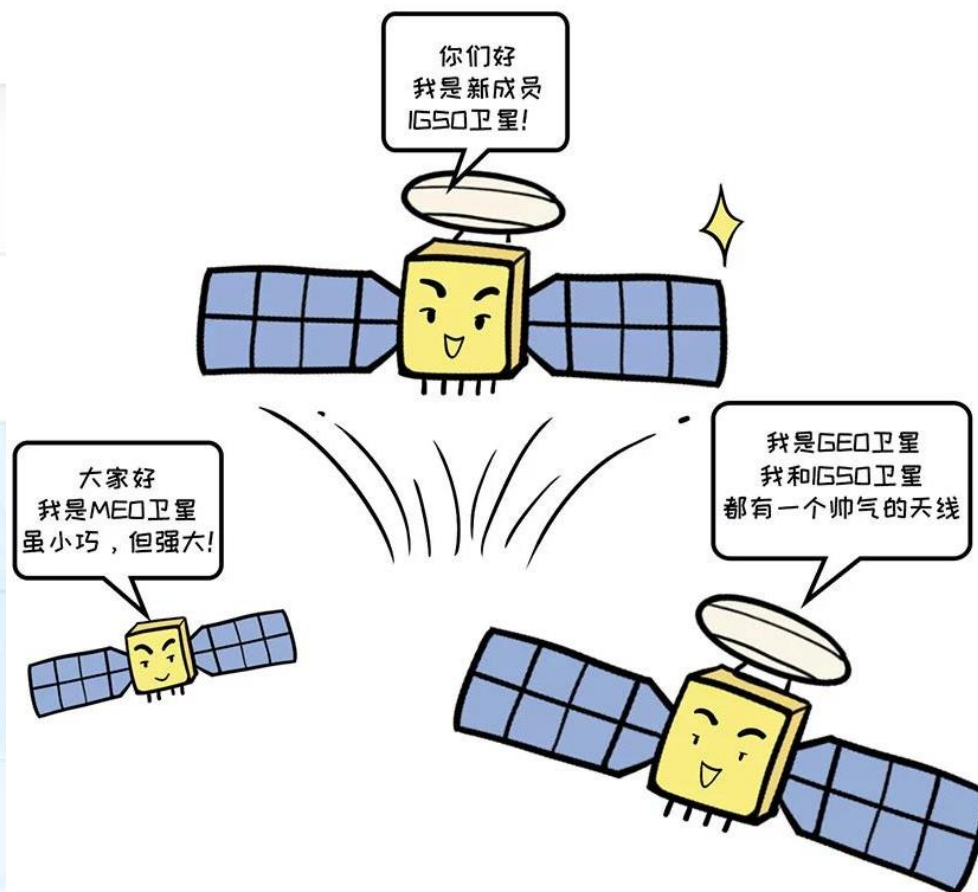
GEO : 赤道面上3万6千千米，与地球同步转动

IGSO: 高度相同，但轨道与赤道有一个倾角

ME0: 绕地球运动



目前世界上提供导航服务的卫星
主要有三种——中圆地球轨道卫星（MEO卫星）
地球静止轨道卫星（GEO卫星）和IGSO卫星
至此，北斗三号家族三兄弟全部登场啦！

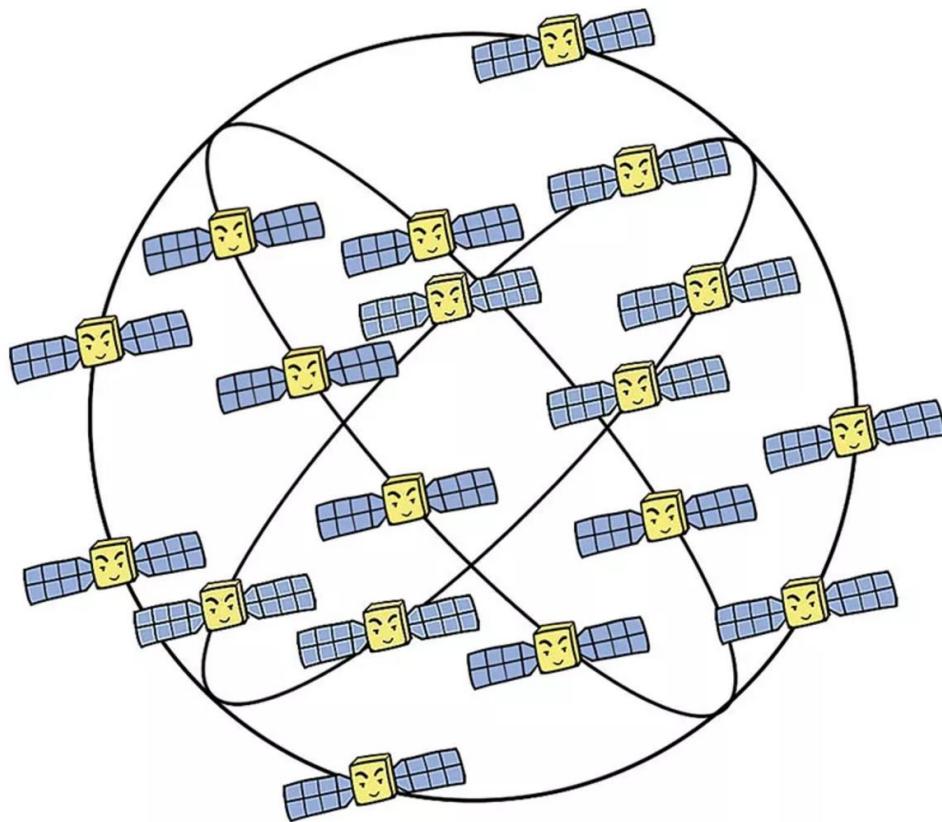
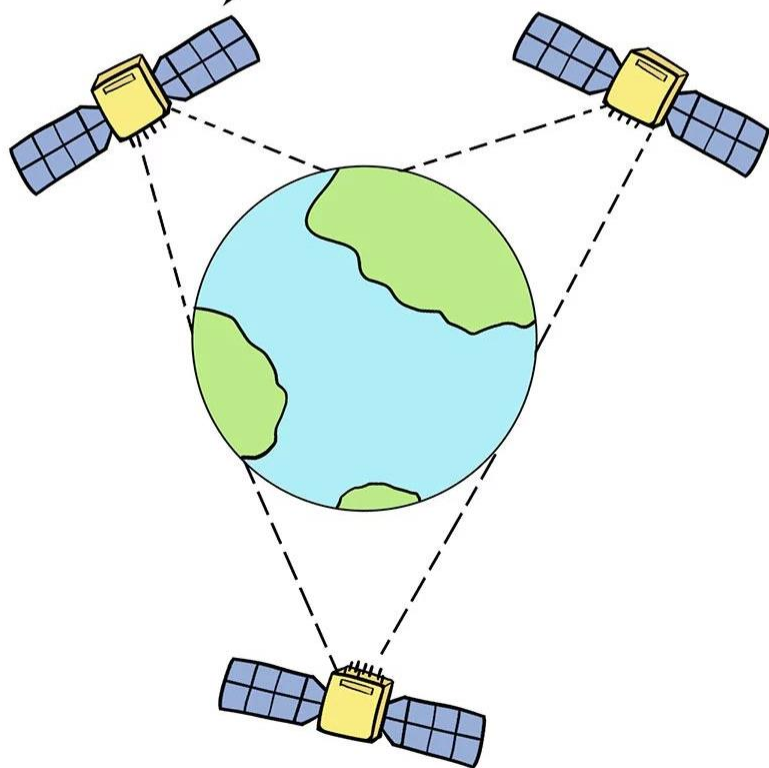


10

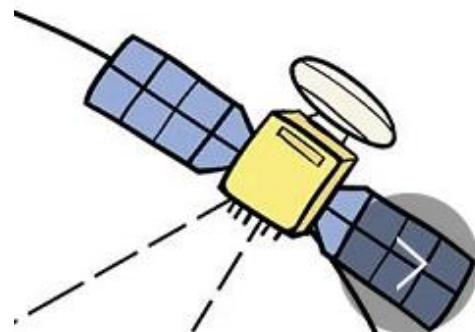
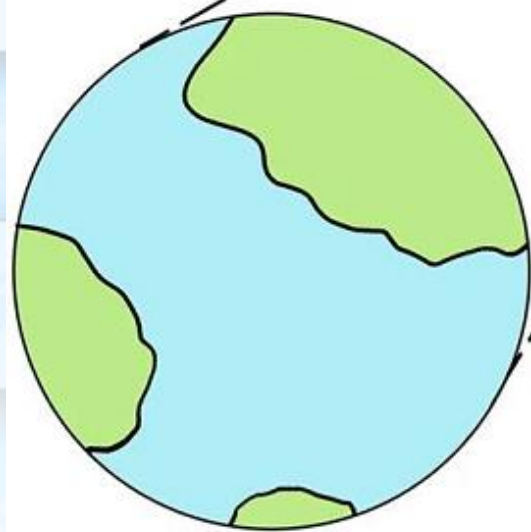
不同于其他卫星，北斗是一个“系统”
单星并不能提供服务
需要多星组网才能够发挥导航卫星的效能



我是MEO卫星
一般运行在距离地面约
22000千米的轨道面上
运行周期一般在2至12个小时之间
由于我和地球的自转周期存在时间差
随着我们之间的相对运动
理论上
二十几个我的兄弟就可以覆盖全球



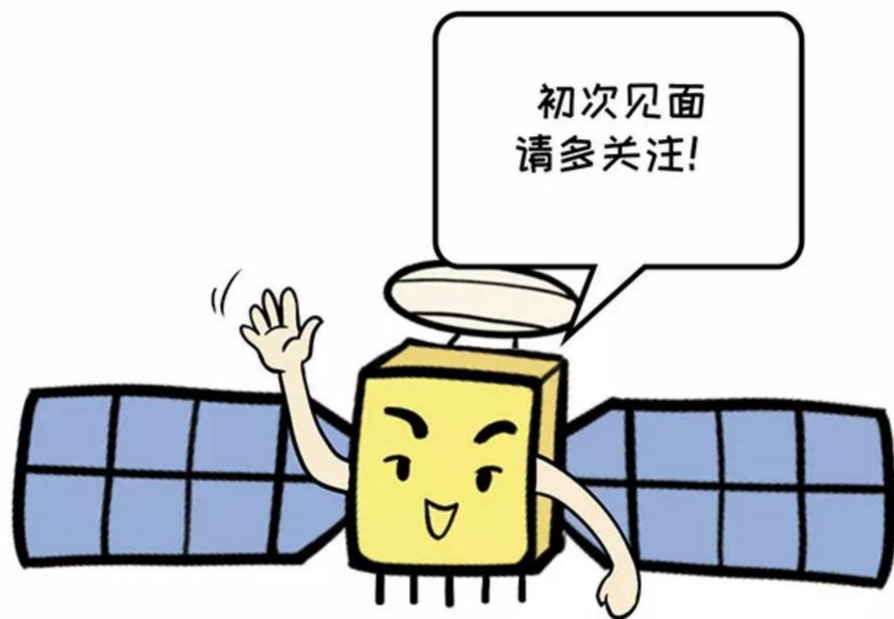
我是GEO卫星
运行在位于赤道上方35800千米的同步轨道上
所谓“站得高望得远”
在这个高度上，我几乎可以看清楚整个半球



下一张

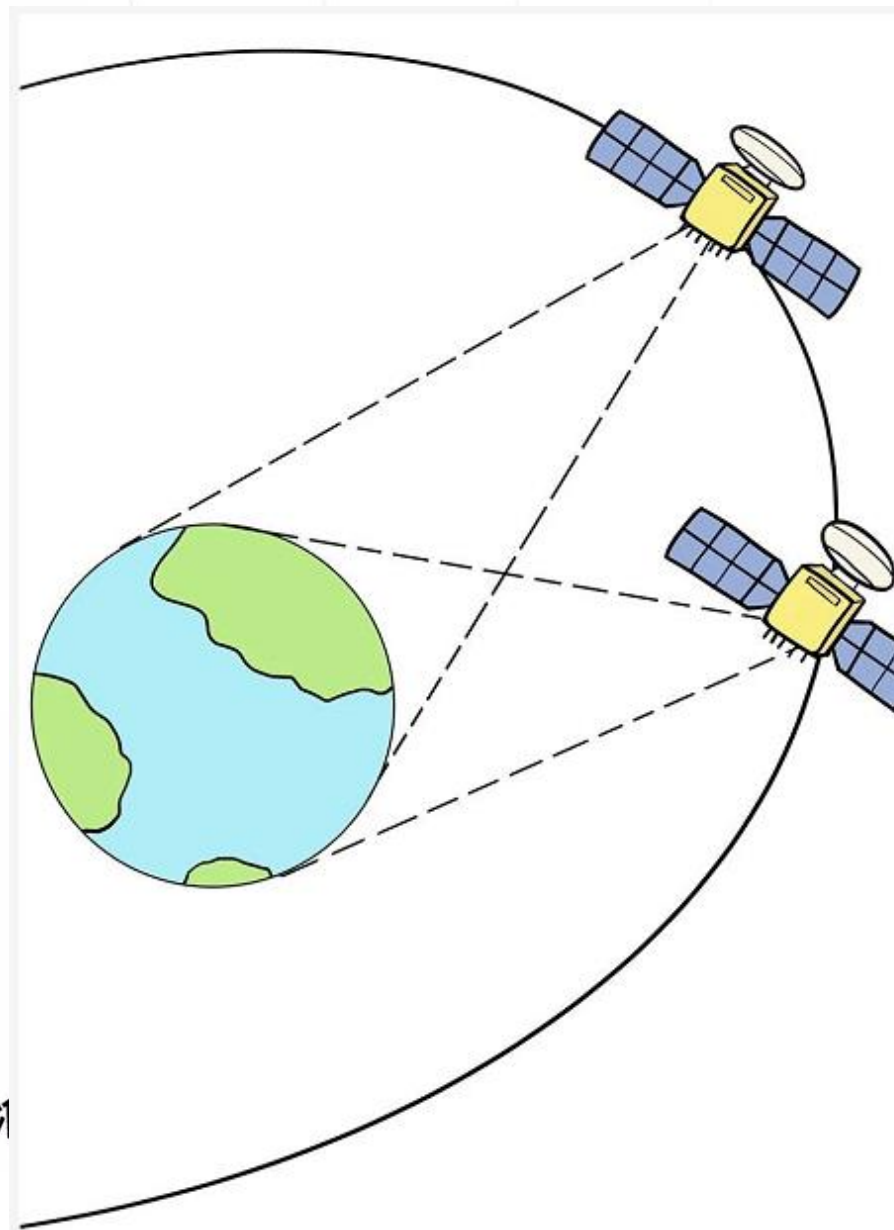


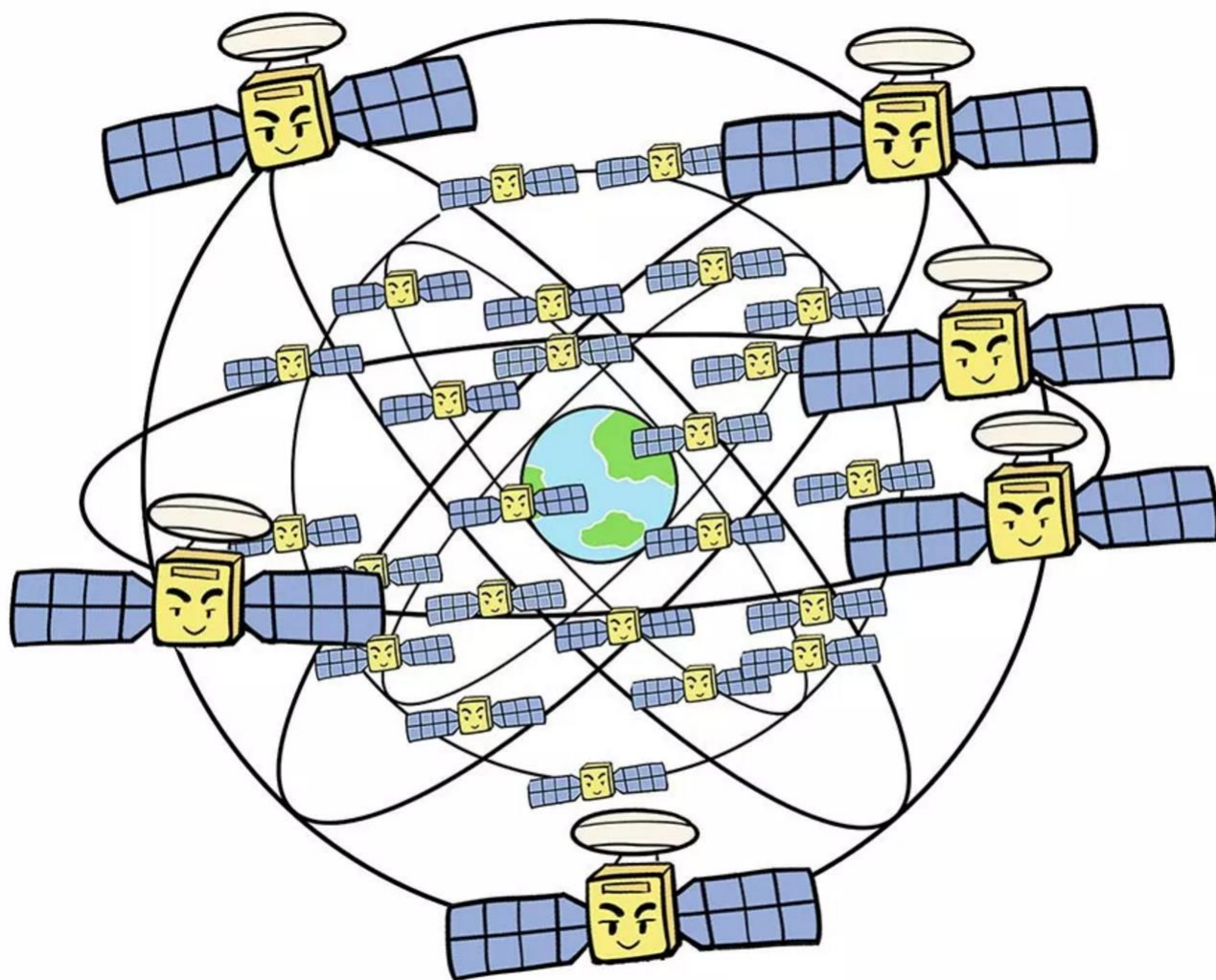
我是IGSO卫星 在北斗三号系统中第一次与大家见面



我和GEO哥哥在相同的轨道高度
但是因为我有一些倾角
所以可以看得更广

我和GEO哥哥一起，把关键位置描述得更加精准





14

多种轨道设计于一身



■ 北斗的特点

- 具有短报文功能，使用户之间能够相互交流。
- 集纳多种轨道设计于一身。
- 三频信号的使用。



■ 北斗的特点

原子钟稳定度提高

- 星载铷原子钟稳定度是E-14量级
- 氢原子钟稳定度是E-15量级（提高了一个量级）
- 星地，星间和站间的同步精度维持在0.14ns
- 卫星钟差2小时的预报精度0.4ns
- 卫星授时精度为10ns

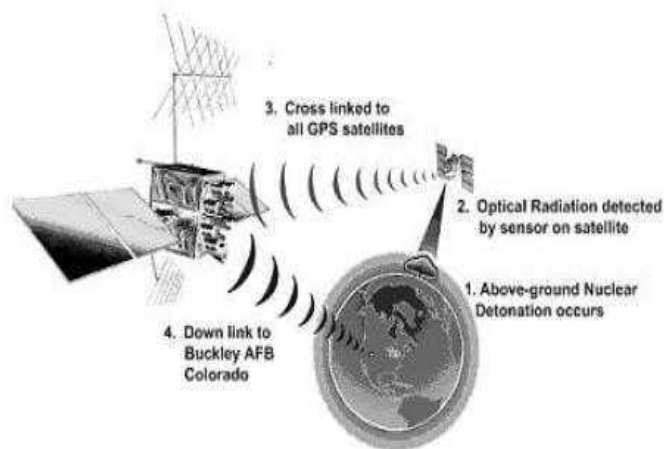


■ 北斗的特点

星间链路支持下得卫星定轨精度得到明显提升。

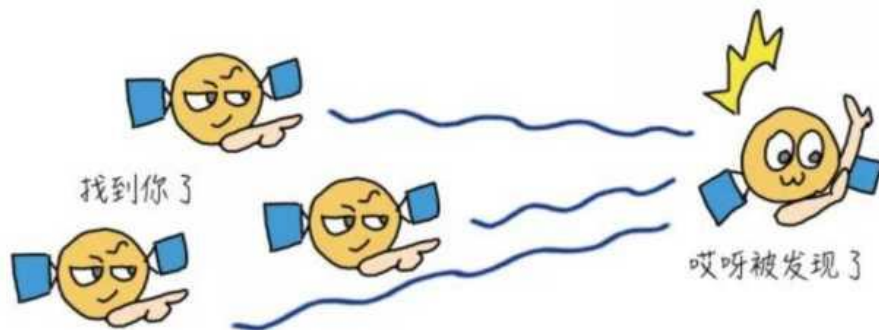


星间链路

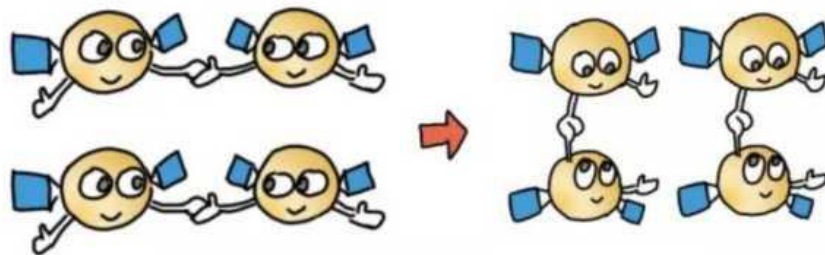


通过卫星间的位置相互定位，假如某一些卫星的位置定的比较准确了，就把它的位置也作为观测点，联合其他地面观测点去定位其他的卫星。这样一来，卫星的位置精度就能够得到大幅提高。

同样，三颗卫星也能确定另外一颗卫星的精准位置



于是，北斗导航卫星手拉着手，彼此保持相对位置固定



有了“星间链路”

我们不依赖全球建站

就可以跟星座中的**所有卫星**相连



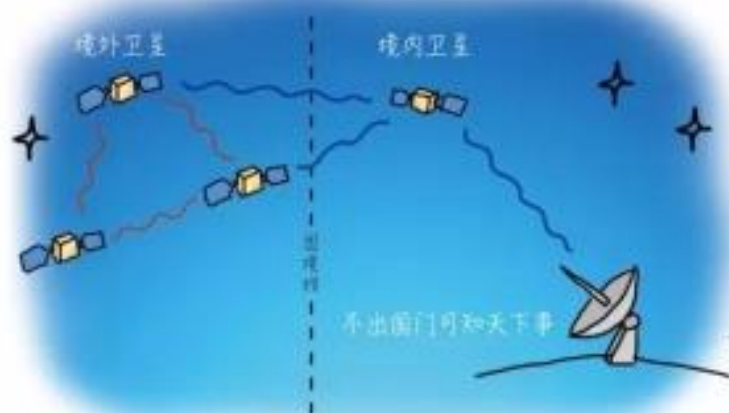
中国地质大学
UNIVERSITY OF GEOLOGICAL SCIENCES



有了“星间链路”

我们不依赖全球建站

就可以跟星座中的**所有卫星**相连

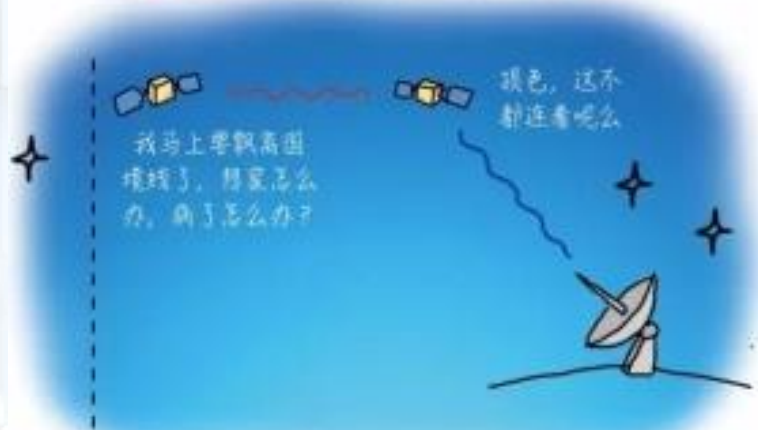


即使和地面**中断**联系，卫星也能继续提供服务



有了“星间链路”

依靠**境内**的地面站，我们就能管理**全球**的卫星



总而言之

“星间链路”是我国自主研制的北斗三号全球组网卫星最突出的亮点之一

