

宇宙无限 信使有痕

——在海子山捕获宇宙信使

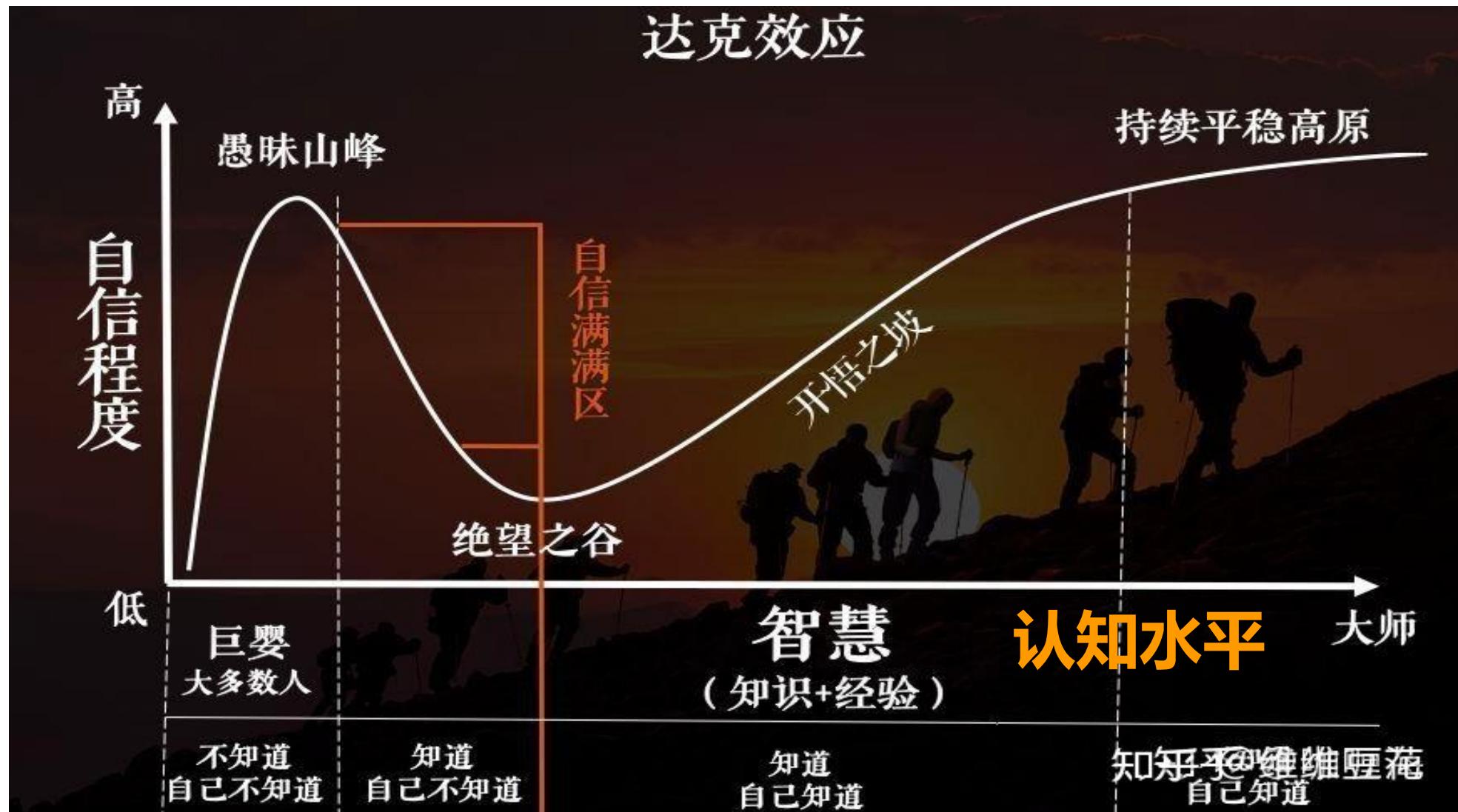


陈松战

中国科学院高能物理研究所

2025-12-7@河南师范大学

个人成长曲线



思维的六个层次



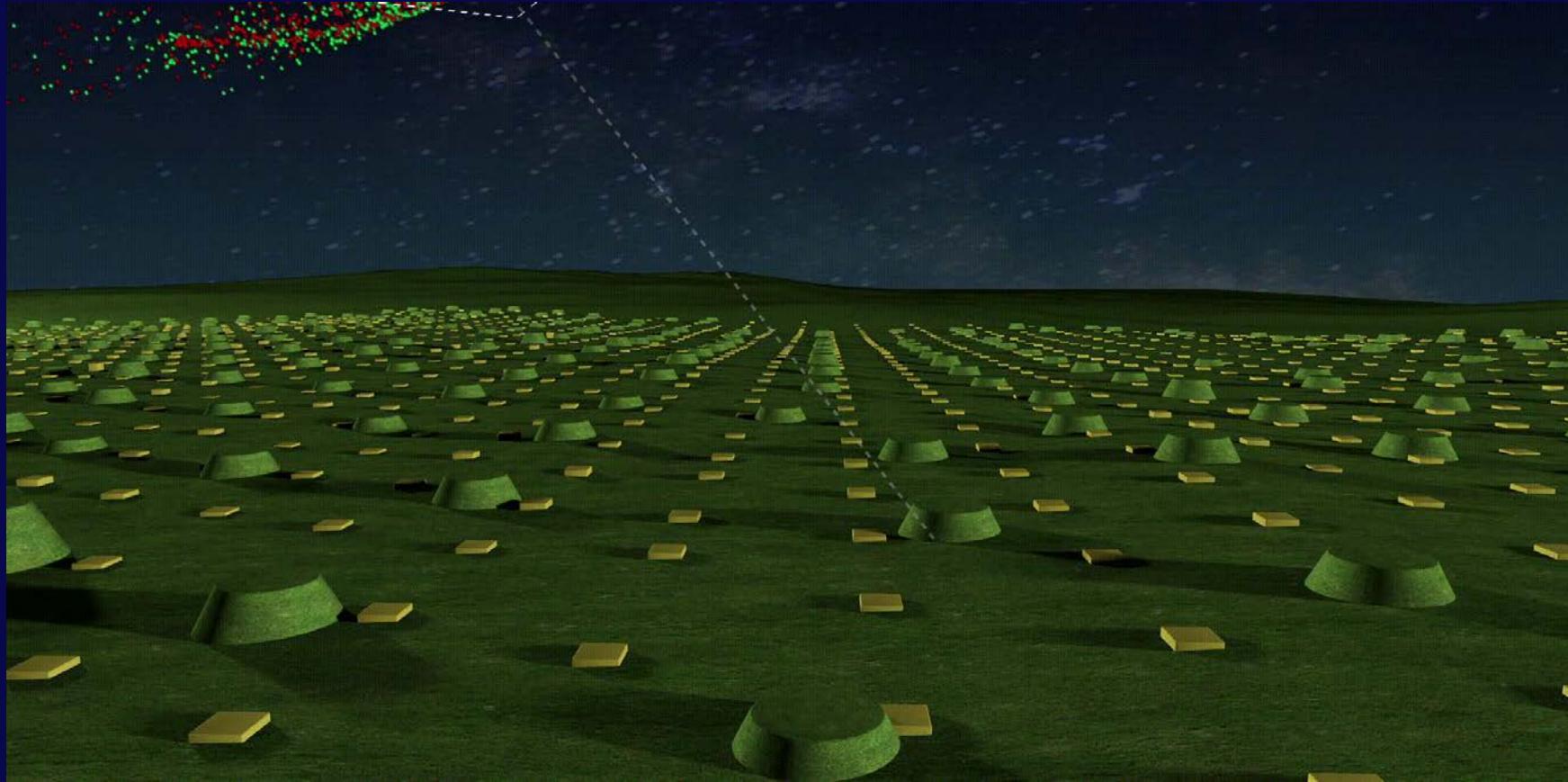
LHAASO如何捕捉宇宙线？

四川省稻城县海子山

海拔4410米

2021年7月全部运行

每天收集30多亿高能宇宙线/伽马射线引发粒子“阵雨”



“阵雨”洒落在“拉索”阵列上，一场“雨”持续的时间只有几十微妙

LHAASO团队相关荣誉



海子山精神形成过程

2024年10月海子山精神作为《中国科学报》“攻坚：弘扬新时代科学家精神”专栏首篇报道



作者：倪思洁 来源：中国科学报 发布时间：2024/10/30 15:33:13

选择字号：小 中 大

从海子山出发！

敢想、敢干、敢当

开栏语

新中国成立以来，广大科技工作者在中国大地上树立起一座座科技创新的丰碑，铸就了爱国、创新、求实、奉献、协同、育人的科学家精神。新时代，在加快建设科技强国、实现高水平科技自立自强、抢占科技制高点的伟大征程中，中国科学院人以爱国奉献为底色，以民族复兴为己任，矢志创新、攻坚克难，不断为科学家精神注入新的时代内涵。

自今日起，本报开设“攻坚：弘扬新时代科学家精神”专栏，挖掘新时代中国科学院人在抢占科技制高点中展现出来的科学家精神，进一步鼓舞并激励广大科技工作者坚守报国初心、追求科学梦想、勇攀科学高峰，为加快实现高水平科技自立自强、建设科技强国再立新功。

2025年6月作为中国科学院“攻坚：弘扬新时代科学家精神”三个主题之一宣讲





海子山精神

高海拔宇宙线站(LHAASO, 简称拉索)

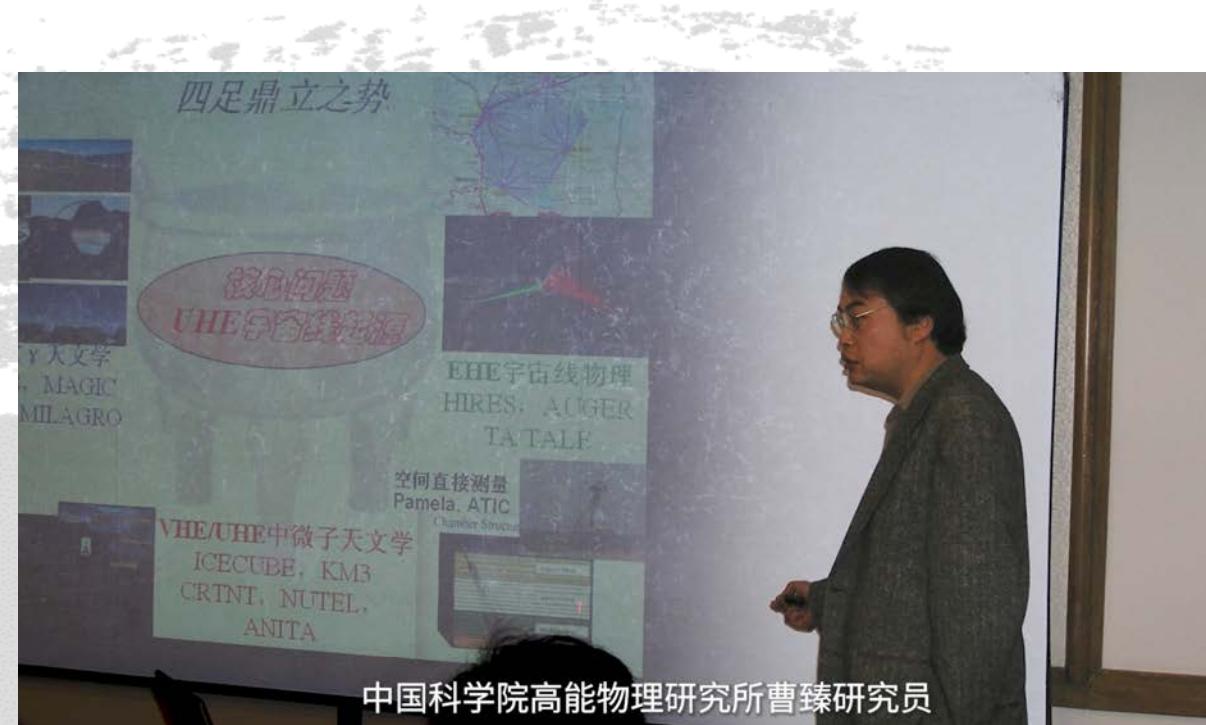
- 拉索是由我国科学家面向世界科技前沿自主提出、设计并建成的国家重大科技基础设施
- 拉索开启了超高能伽马天文学新窗口，使得中国宇宙线研究实现了跨越式发展，达到国际领先水平
- 海子山精神是拉索团队在预研和建设过程中攻坚克难逐步凝练而成





敢想

勇于挑战重大科学问题



2009年2月LHAASO正式提出



拉索的前世今生

■ 在肖健等前辈科学家的带领下，1954年，在云南海拔3180米的落雪山上建立了中国第一个高山宇宙线观测站（1954-1988）



头顶青天 脚踏云海
胸怀祖国 放眼世界



1965年大云室建成时留影

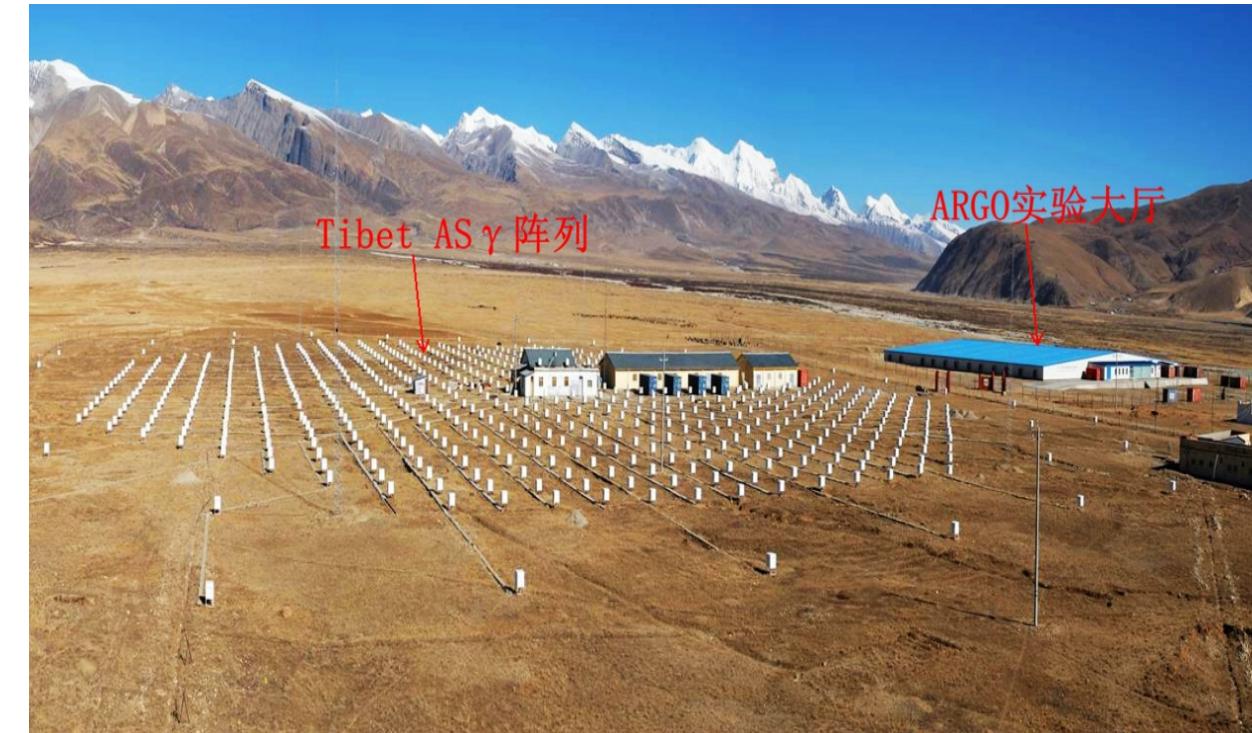


中国现代宇宙线阵列——羊八井宇宙线观测站

- 曹臻在博士期间参加了1992年第一个在站值班
- 曹臻自2004年开始担任中意合作 ARGO实验中方发言人
- 拉索大部分骨干来自ARGO实验

中国宇宙线研究开始国际合作
实现从“跟跑”到“并跑”

海拔4300米





我的第一次高原工作体验

- 2005年7月 加入ARGO合作组
- 2006年6~7月 参加ARGO实验探测器安装

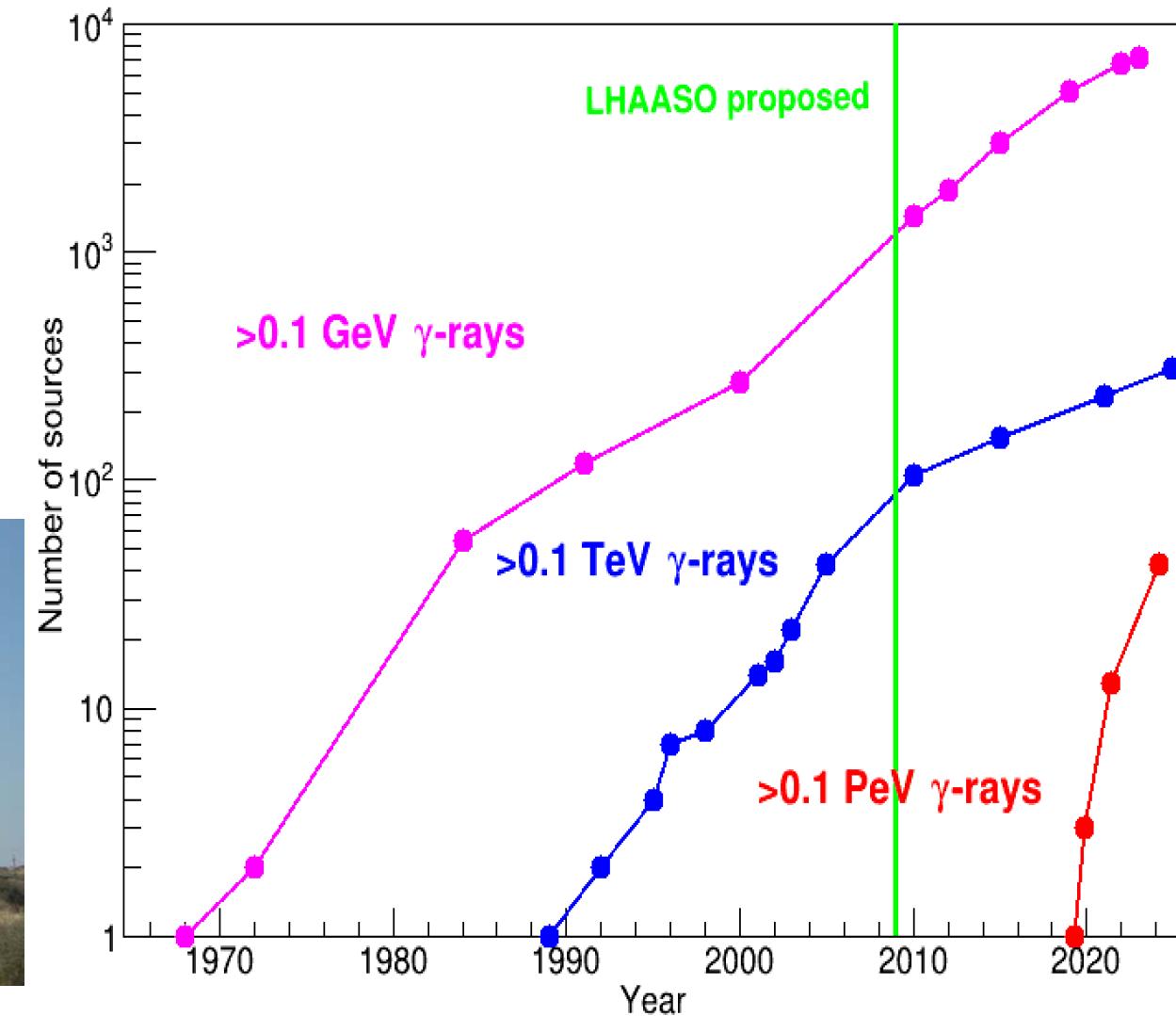
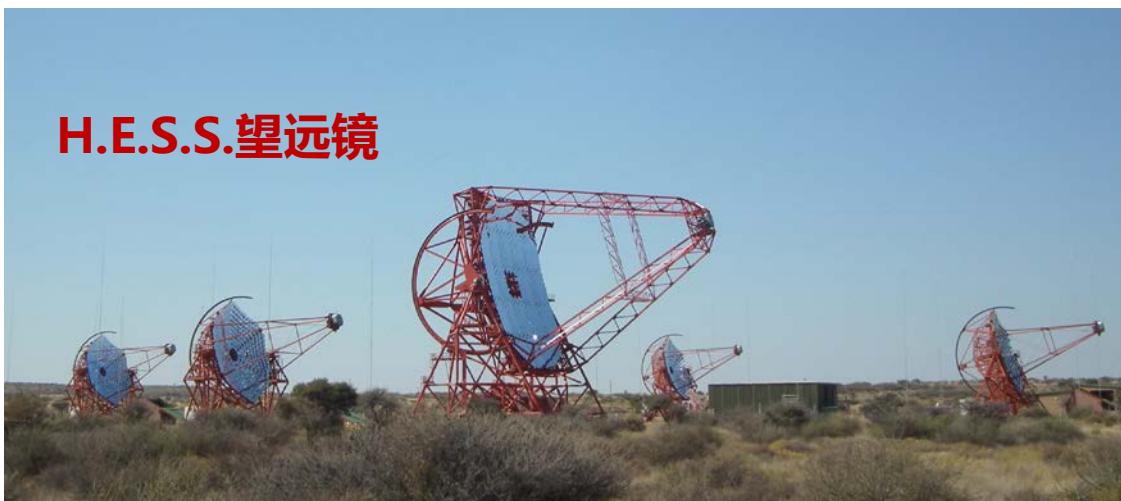
体验了高原反应：头痛、气短、失眠





高能伽马天文的发展

- 2008年高能和甚高能伽马天文朝气蓬勃
- 但是国外窄视场的探测器主导了甚高能伽马天文



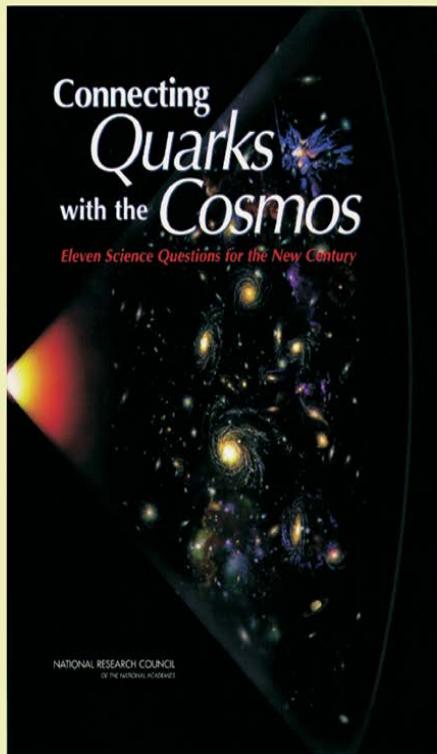


宇宙线起源是21世纪重大科学问题

2002年美国国家研究委员会

《联结夸克和宇宙:11个科学问题》之第6

The Eleven Questions Identified by the *Connecting Quarks with the Cosmos* Report

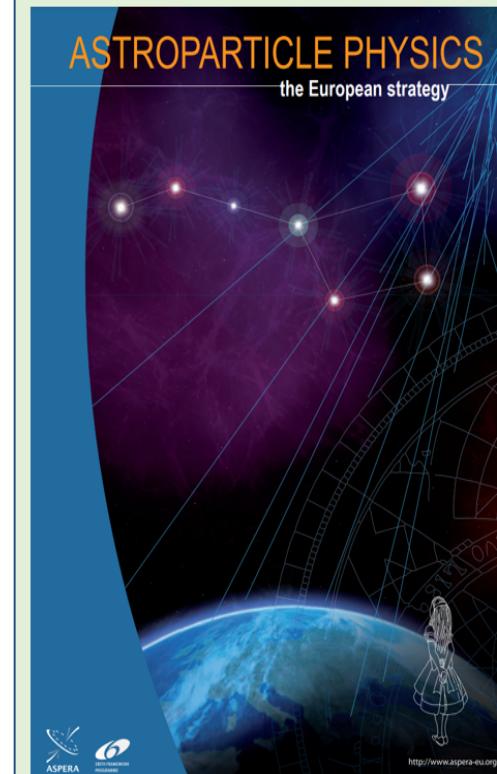


1. What is Dark Matter?
2. What is the Nature of Dark Energy?
3. How Did the Universe Begin?
4. Did Einstein Have the Last Word on Gravity?
5. What are the Masses of the Neutrinos and How Have They Shaped the Evolution of the Universe?
6. How do Cosmic Accelerators Work and What are They Accelerating? (highlighted)
7. Are Protons Unstable?
8. What Are the New States of Matter at Exceedingly High Density and Temperature?
9. Are There Additional Space-Time Dimensions?
10. How Were the Elements from Iron to Uranium Made?
11. Is a New Theory of Light and Matter Needed at the Highest Energies?

2007年欧洲天体粒子联合会

《未来规划围绕的6个基本问题》之第5

Towards a European Strategy for Astroparticle Physics



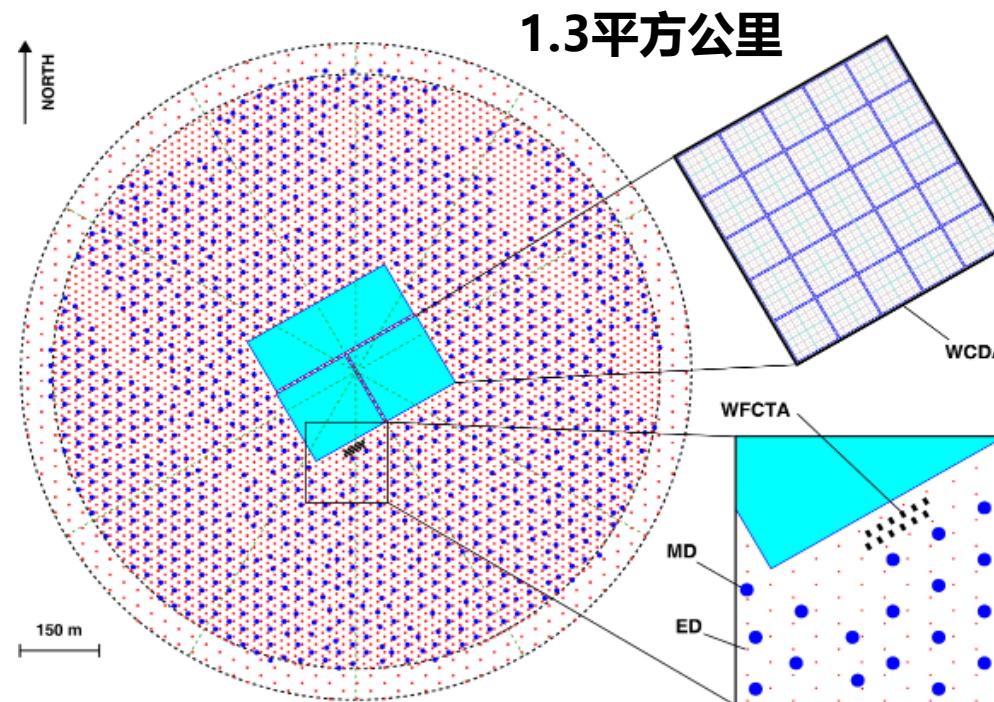
1. What are the constituents of the Universe? In particular: What is dark matter?
2. Do protons have a finite life time?
3. What are the properties of neutrinos? What is their role in cosmic evolution?
4. What do neutrinos tell us about the interior of the Sun and the Earth, and about Supernova explosions?
5. What is the origin of cosmic rays ? What is the view of the sky at extreme energies ? (highlighted)
6. What will gravitational waves they tell us about violent cosmic processes and about the nature of gravity?



2009年提出拉索：高能伽马天文的跨越式发展

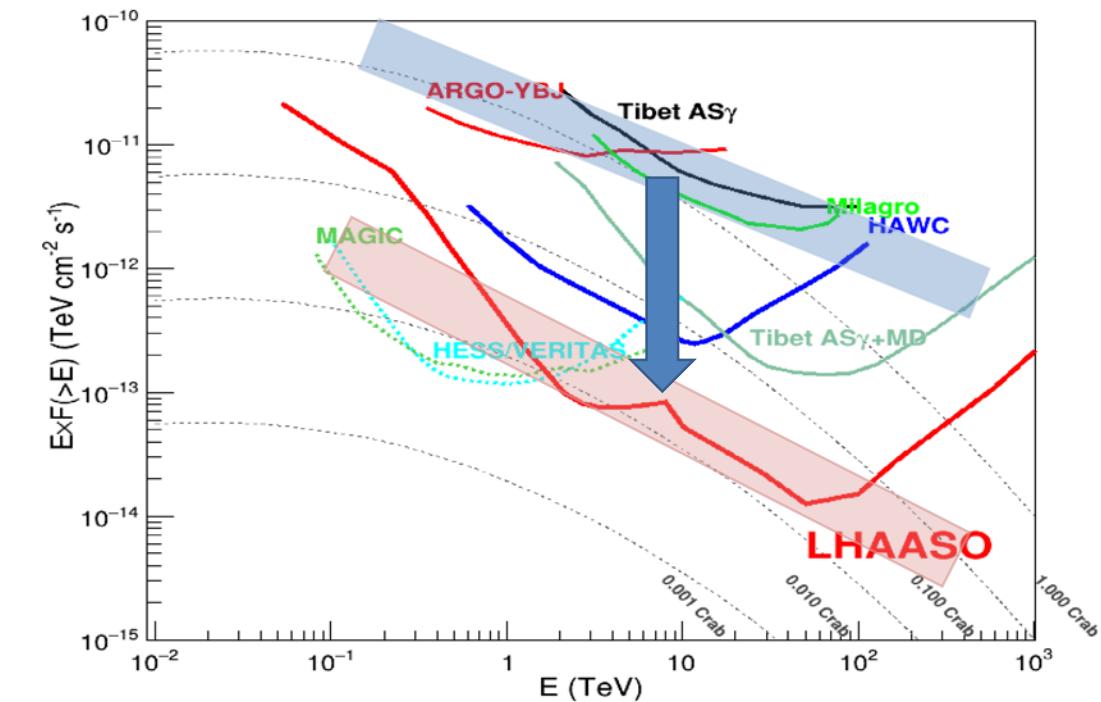
挑战一

- 高海拔艰苦条件能否按时完成大规模探测器建设？
- 超大规模实验所需关键技术能否攻克？



挑战二

- 超高能区是否有伽马射线辐射天体？
 - 银河系内天体是否有加速能力？





感谢国家的支持

■ 2013年1月，拉索项目被列入《国家重大科技基础设施建设中长期规划》，为实现伽马天文领域的跨越式发展插上了飞翔的翅膀

CCTV 1 CNTV

温家宝主持召开国务院常务会议

- 讨论通过《国家重大科技基础设施建设中长期规划》

《国家重大科技基础设施建设中长期规划》明确了未来20年我国重大科技基础设施发展方向和“十二五”时期建设重点。未来20年，要以提升原始创新能力、支撑重大科技突破和经济社会发展为目

新闻联播 XINWEN LIANJIUBO

2013年1月



攻坚：
弘扬新时代
科学家精神

敢干

奋力打造国之重器 科学实验精益求精





历时6年的艰辛选址

- 天时：无积雪、长期气候
- 地利：高海拔、平坦、交通、水资源
- 人和：地方政府大力支持

感谢四川省和甘孜州政府
大力支持





面对复杂地形的KM2A-ED

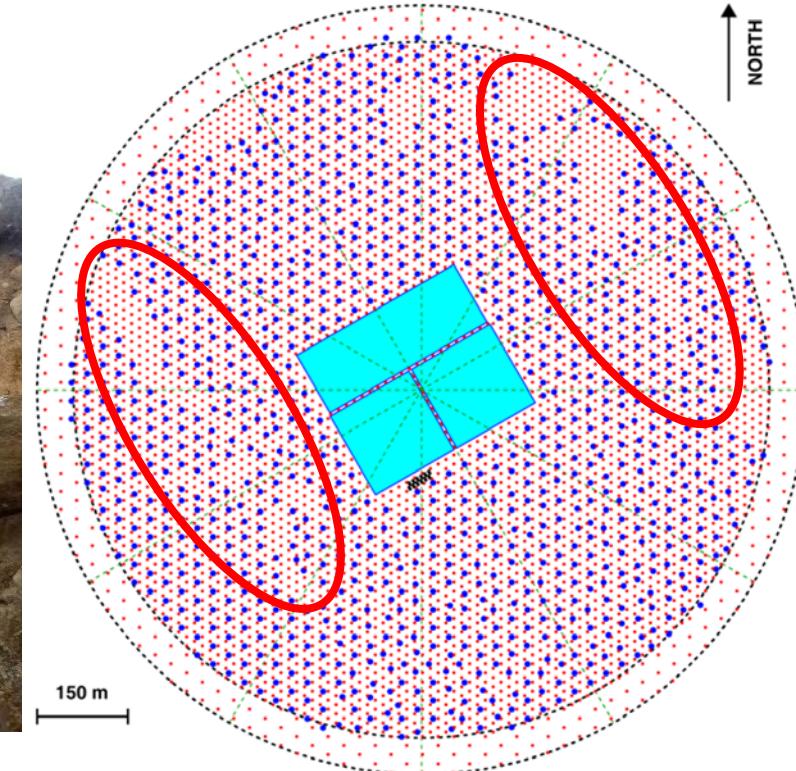
- 复杂地形：岩石、泥土、草丛、河流、沼泽
- 工作条件：风吹、日晒、边建设、边运行





精益求精的KM2A-MD

- 35°C环境下自然防冻、20年超纯水保持、高反射率水袋
- 克服“不可能”安装的地况，弥补设计之初的遗憾





2019年初上海子山

2019年4月

高原反应最严重的人



2019年8月参与MD的安装与测试

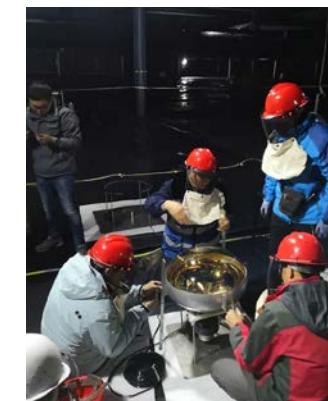
高原反应: 头痛、气短、失眠、腰疼





啃硬骨头的WCDA

- 国产替代升级：建设过程中，采用国产20英寸 MCP，进一步提升性能
- 净化水系统：35万吨水体净化
- 六重防护：防光 / 防渗 / 防尘 / 防污 / 防腐 / 防冻，性能超越行业标准，保障设备长效稳定
- 安装：科研团队带领工人克服密闭、昏暗、阴冷等不利环境，圆满完成关键设备安装





敢吃“第一只螃蟹”的WFCTA

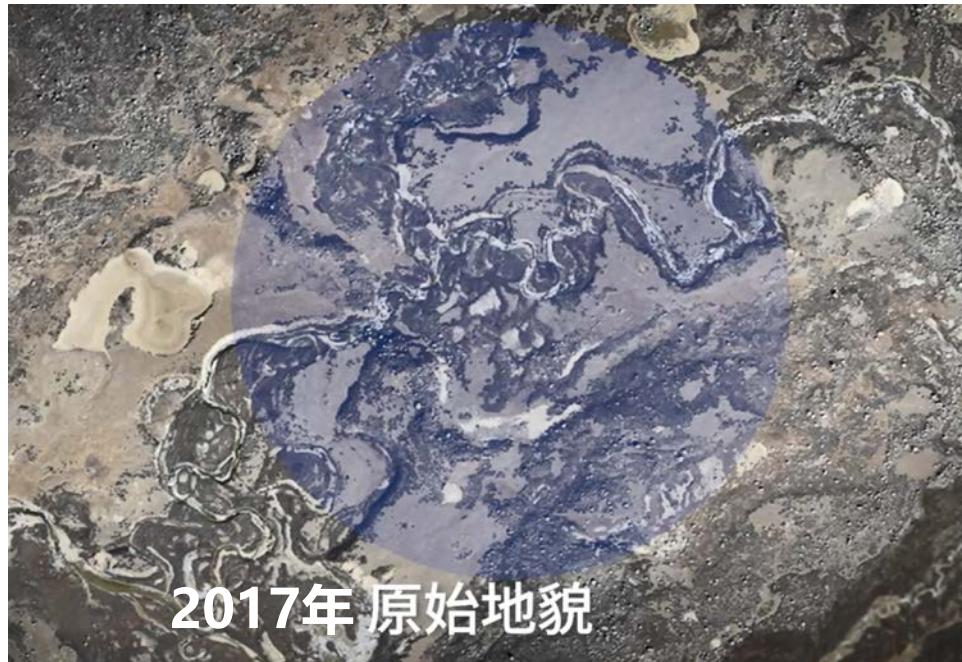
- “临阵换将”用硅光电倍增管替换原设计的光电倍增管
- 克服高噪声和温漂问题，使得观测时间翻倍





4年时间高效和高质量建设

拉索团队在极端艰难困苦的环境下，接连突破多项技术瓶颈，攻克一道道难关，用实际行动诠释了拉索的词典没有“不可能”的攻坚精神



2017年 原始地貌

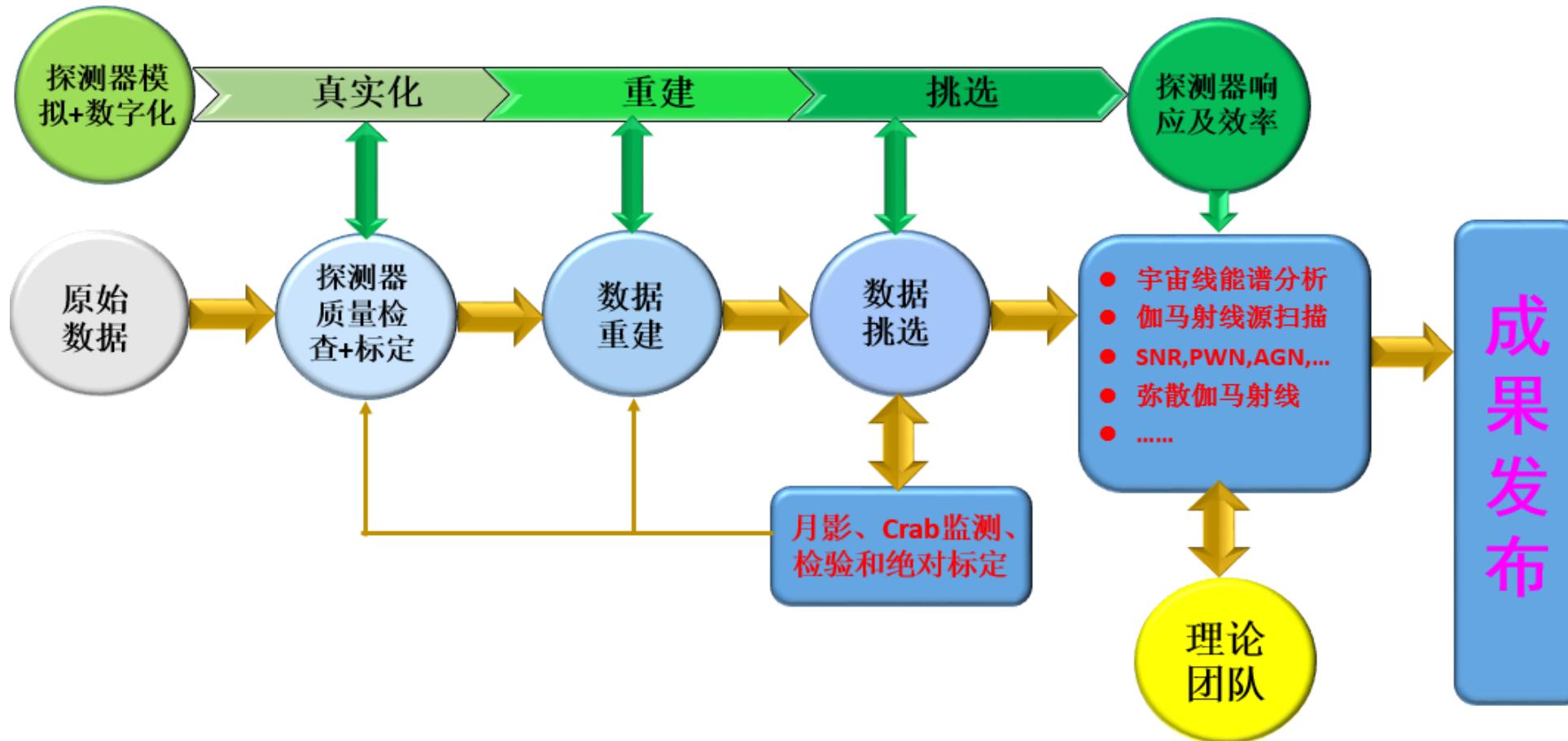


2021年11月



拉索的数据分析同样不负众望

- 边建设、边运行，实现了实验取数即取得物理成果
- 对比国际同类实验一般建成2年后才出物理成果





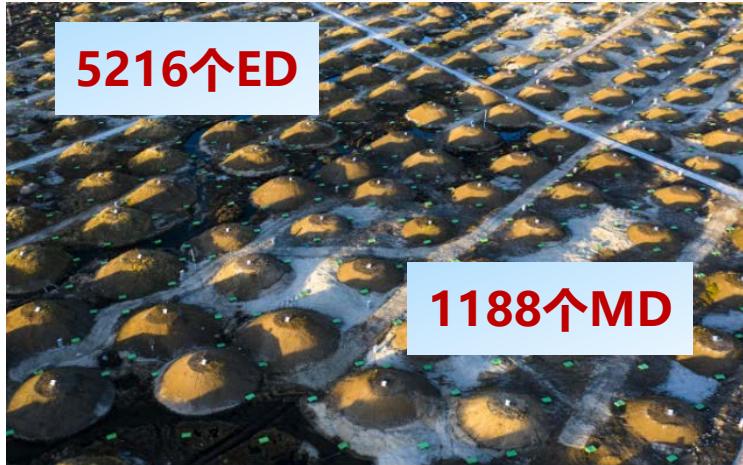
LHAASO探测器

三大国际领先阵列

美国《Astro-2020》国际领先的实验，未来的10年追赶对象！

地面粒子探测器阵列(KM2A)

技术突破：新型时钟分配系统



最灵敏的超高能伽马探测装置

水切伦科夫探测器阵列(WCDA)

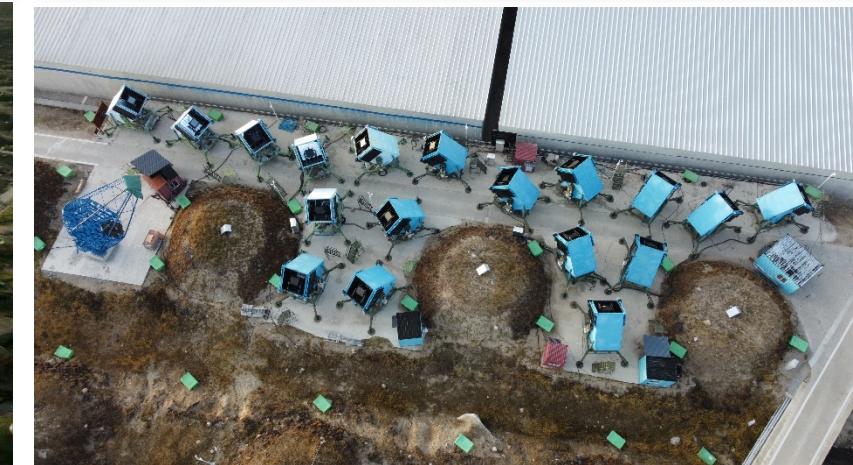
技术突破：超大型光电倍增管
海量数据获取及数据传输



最灵敏的甚高能伽马巡天望远镜

广角切伦科夫望远镜阵列(WFCTA)

技术突破：新型硅光电管相机



能量覆盖范围最宽的高能宇宙线探测装置



拉索的战斗堡垒：稻城临时党支部

在工程建设中
55个建设单位
数以千计的建设者们
以“挑战高海拔，战胜不可能”的意志
以“缺氧不缺精神”的决心
凝聚成了强大的攻坚克难力量
铸就海子山精神





攻坚：
弘扬新时代
科学家精神

敢当

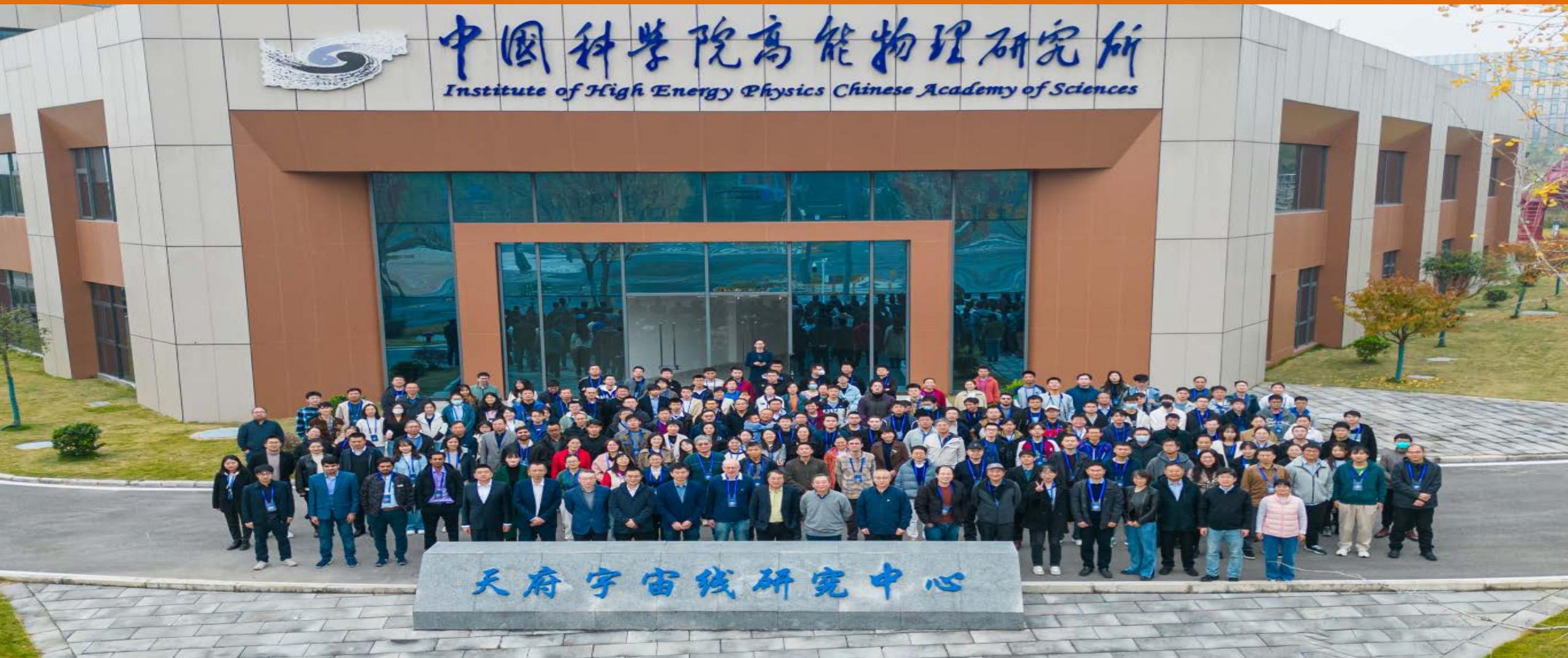
海纳百川冲破极限，引领国际前沿





LHAASO国际合作组

5个国家，31家国内外高校和研究所，316名科研人员





主要学术成绩

发现首批“拍电子伏加速器”和最高能量光子，开启
“超高能伽马天文学”时代

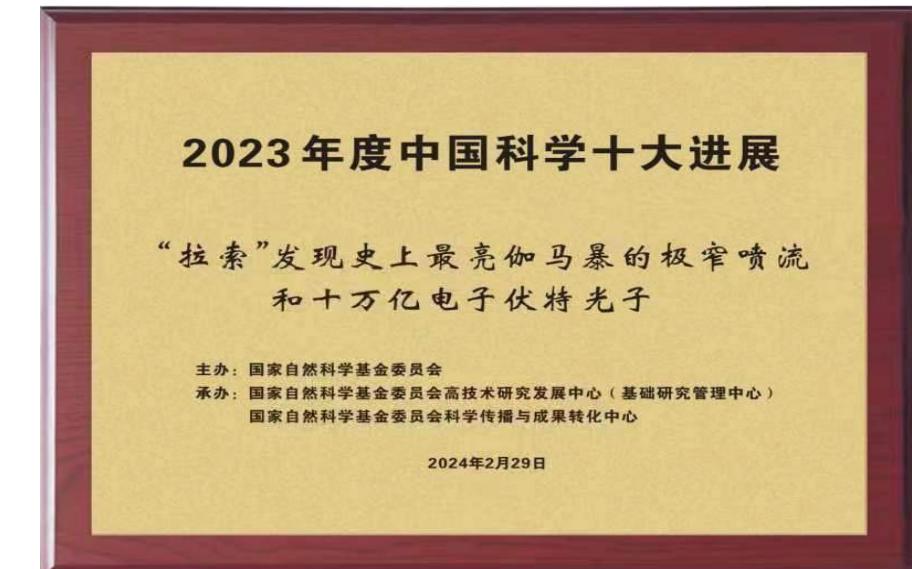
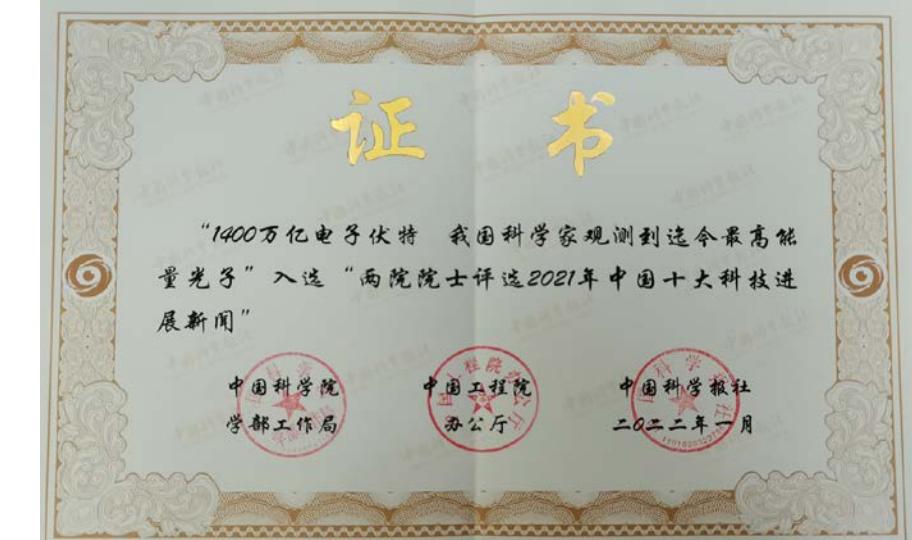
两院院士评选2021年中国十大科技进展新闻

测定标准烛光蟹状星云的超高能亮度，发现拍电子伏电
子加速器，挑战理论极限

2021年中国科学院科技创新亮点成果

发现史上最亮伽马暴的极窄喷流和十万亿电子伏特光子
基金委评选2023年中国科学十大进展

发现巨型超高能伽马射线泡，认证第一个超级宇宙线加速源
科技日报评选2024年国内十大科技新闻





引领粒子天体物理的研究

■ 2023年和2025年召开两次国际研讨会

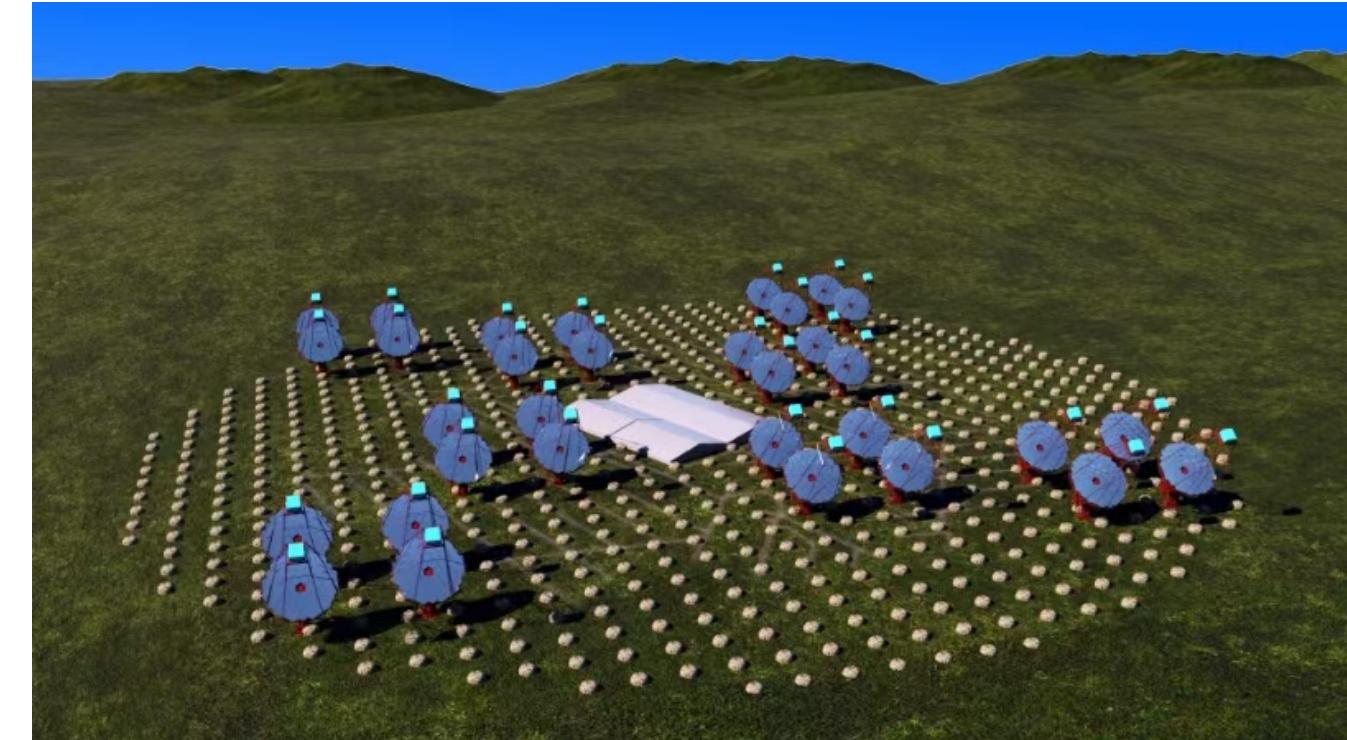
吸引国际同行围绕LHAASO开展粒子天体物理前沿研究





追求卓越、精益求精

大型超高能伽马源立体跟踪观测设备 (LACT) (2025.01-2028.12)
将LHAASO的角分辨提升5倍





再出发：开拓宇宙线起源研究新信使

高能水下中微子望远镜 (HUNT)

开启高能中微子天文研究窗口

一锤定音解决高能宇宙线起源的百年难题

2025年1月在中国南海样机工作



2025年3月在贝加尔湖样机工作



30立方公里超大探测装置





总结：四代人70年持续高山宇宙线研究

2019 –至今
稻城海子山
LHAASO



国际
领先

1980s – 2020s
西藏羊八井
 AS_γ
ARGO-YBJ



并跑
跟跑

1970s – 1980s
西藏甘巴拉山
乳胶室



起步

1960s – 1970s
云南东川落雪山
大型云雾室



瞄准科学前沿的问题
抢占科技制高点

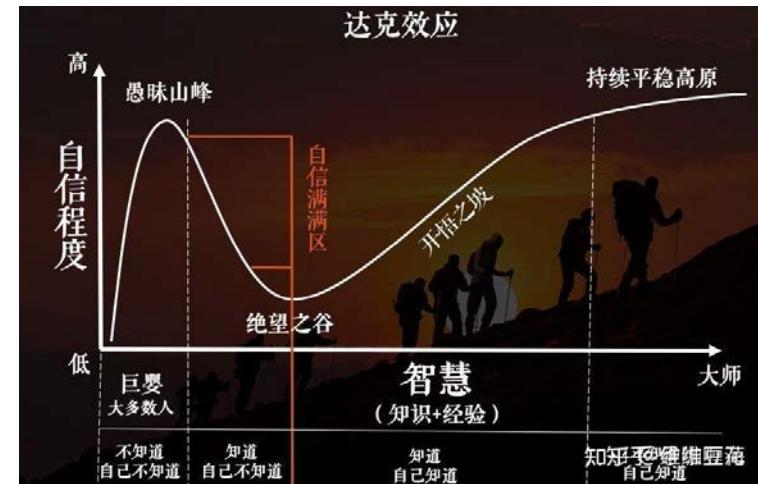
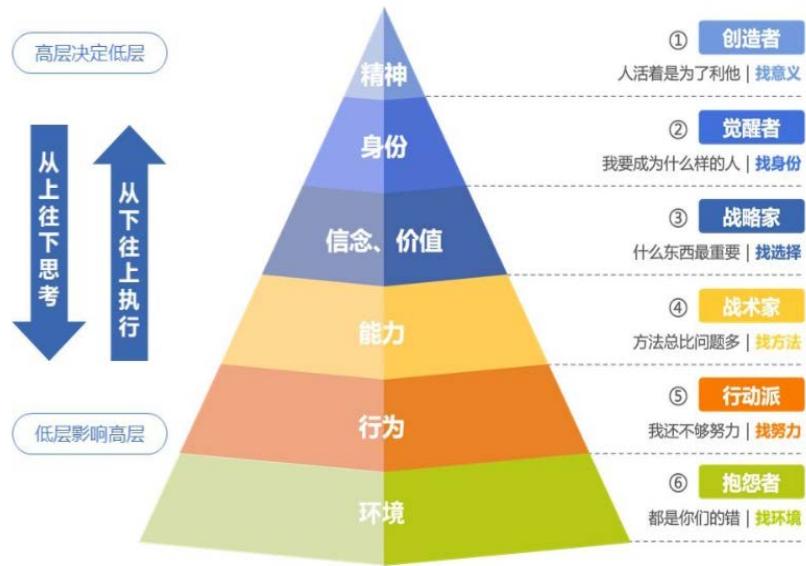
以海子山精神为新起点
继续前行！

海子山精神：
勇于挑战重大科学问题。
奋力打造国之重器。
科学实验精益求精。
海纳百川，突破极限。

2023.4.25
33

海子山精神启示

- 不忘科研初心，敢想
- 勇于突破自我，敢干
- 勇于承担责任，敢当





谢谢！