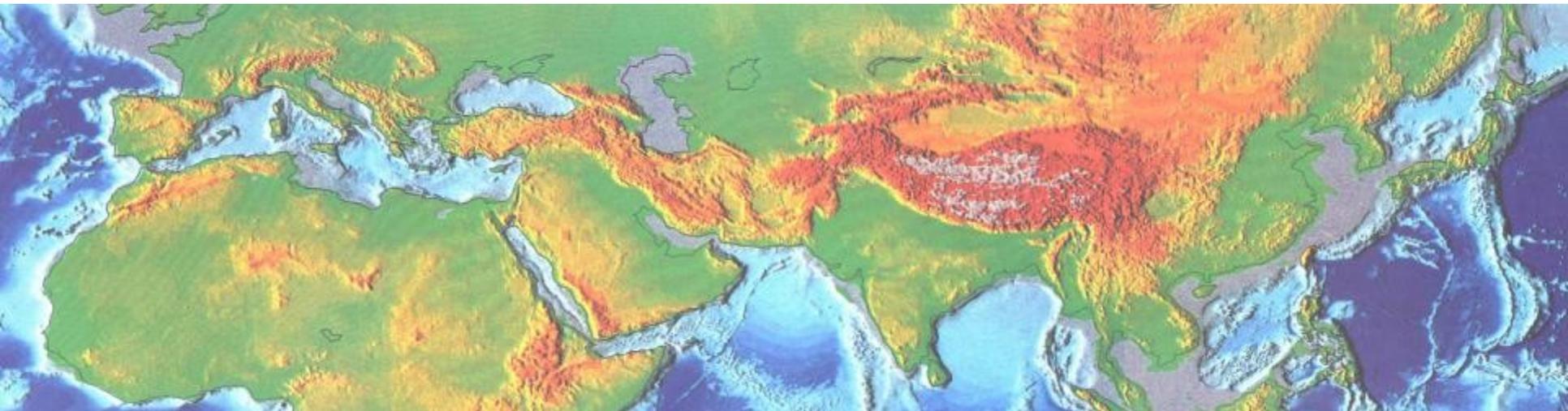




“一带一路”与特提斯成矿成藏



侯增谦 等

中国地质科学院 地质研究所



报告提纲

1. **“一带一路”战略与地质工作机遇**
2. **“一带一路”地域油气与矿产资源**
3. **特提斯构造演化与成矿成藏作用**
4. **几点思考与建议**

“一带一路”战略构想

习近平主席 2013 年出访中亚和东南亚国家提出的重大倡议



“一带一路”贯穿亚欧非大陆，一头是活跃的东亚经济圈，一头是发达的欧洲经济圈，中间广大腹地国家经济发展潜力巨大。“一带一路”地区涵盖 64 个国家和地区，覆盖总人口约 46 亿（超过世界人口 60%），GDP 总量达 20 万亿美元（约占全球 1/3）。“一带一路”有望构筑全球经济贸易新的大循环，成为继大西洋、太平洋之后的第三大经济发展空间。

“一带一路”全球战略新蓝图

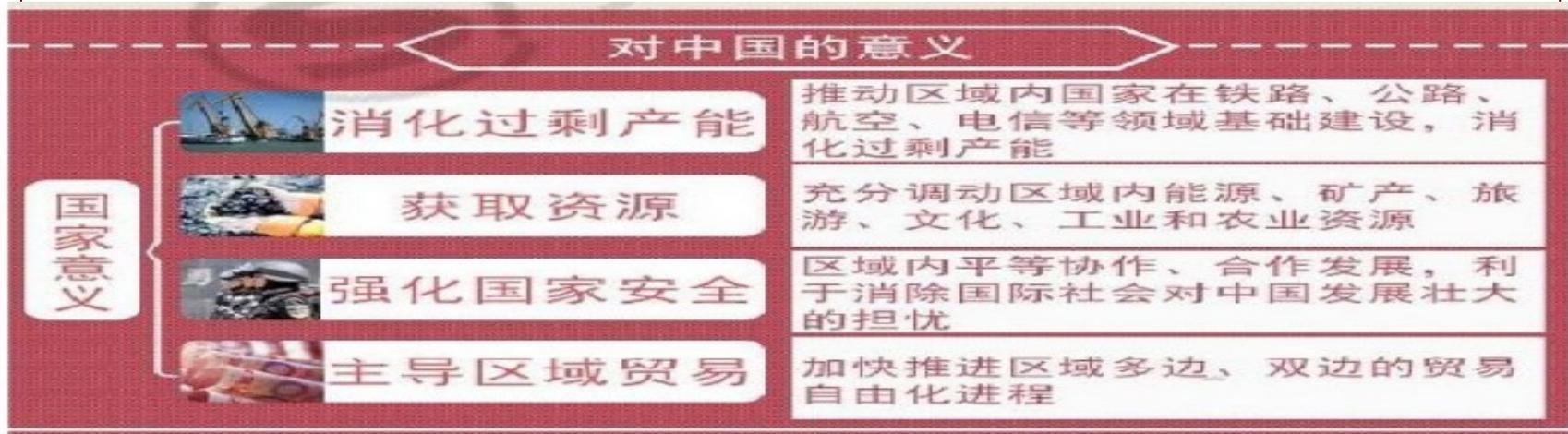
中国近 200 年来首次提出以中国为主导的洲际开发合作框架，是应对全球形势深刻变化、统筹国际国内两个大局做出的重大决策，实现伟大复兴中国梦的重大顶层设计，是世纪强国大战略！



陆路：三个方向；海路：出南海至两大洋

“一带一路”的现实考量与国家意义

“一带一路”作为一项重大的中长期国家发展战略，将解决中国过剩产能的转移、战略资源的获取、战略纵深的开拓和区域贸易的主导等重大战略问题。

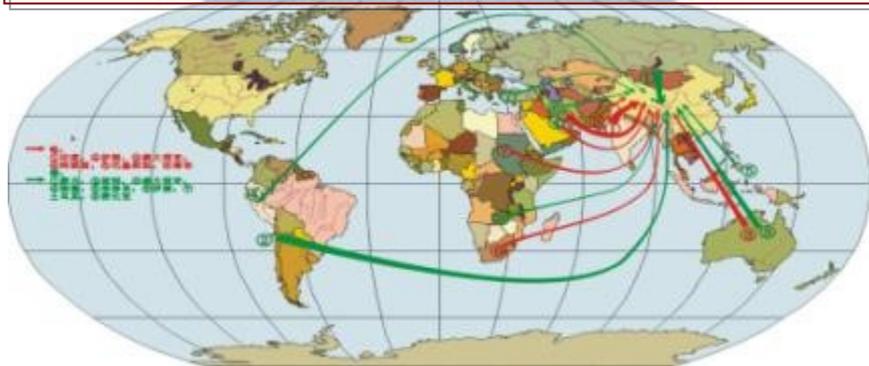


“一带一路”战略与地质工作机遇

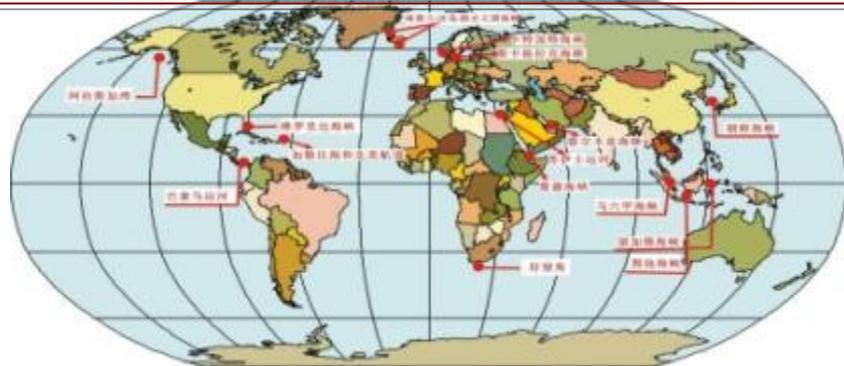
2. 中国的资源获取问题

中国的油气资源、矿产资源对国外的依存度较高，这些资源主要通过沿海海路进入中国，渠道较为单一。中国与其他重要资源国的合作还不深入，经贸合作也未广泛有效的展开，使得资源方面的合作不稳定和牢固。“一带一路”新增了大量有效的陆路资源进入通道，对于资源获取的多样化十分重要。

如何实现战略资源的全球配置，如何强化对战略资源的控制能力
沿线国家地质背景、资源禀赋、资源分布、资源潜力与可获取性



我国战略性矿产资源来源渠道和流入途径



美国全球重要战略要塞军事布署图

“一带一路”战略与地质工作机遇



欧亚铁路网 8.1 万 km



大量港口码头



输油管道 6000km



经济走廊和道路网

沿线国家地壳稳定性、环境承载力、地质灾害评估与预防



报告提纲

1. **“一带一路”战略与地质工作机遇**
2. **“一带一路”沿线油气与矿产资源**
3. **特提斯构造演化与成矿成藏作用**
4. **几点思考与建议**

油气合作是“一带一路”战略的重要内容

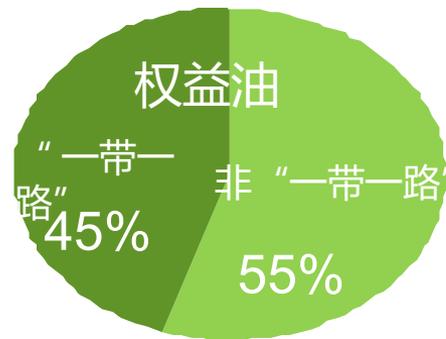
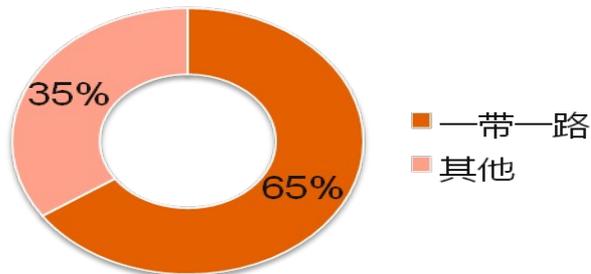
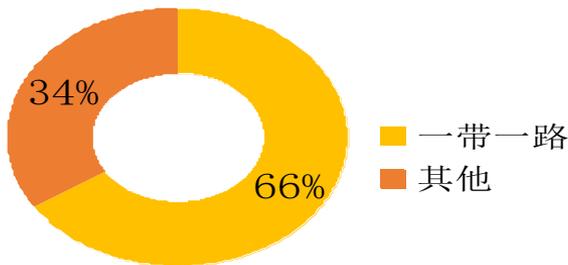
狭义的“一带一路”包括 65 个国家，油气供需两旺
在保障中国能源安全方面具有非同寻常的重要性



- 2013 年，“一带一路”国家原油产量 24.1 亿吨，石油消费量 14.6 亿吨，分别占全球的 58% 和 35%；
- 2013 年，“一带一路”国家天然气产量 18,212 亿立方米，消费量 15,407 亿立方米，分别占全球的 54% 和 46%；

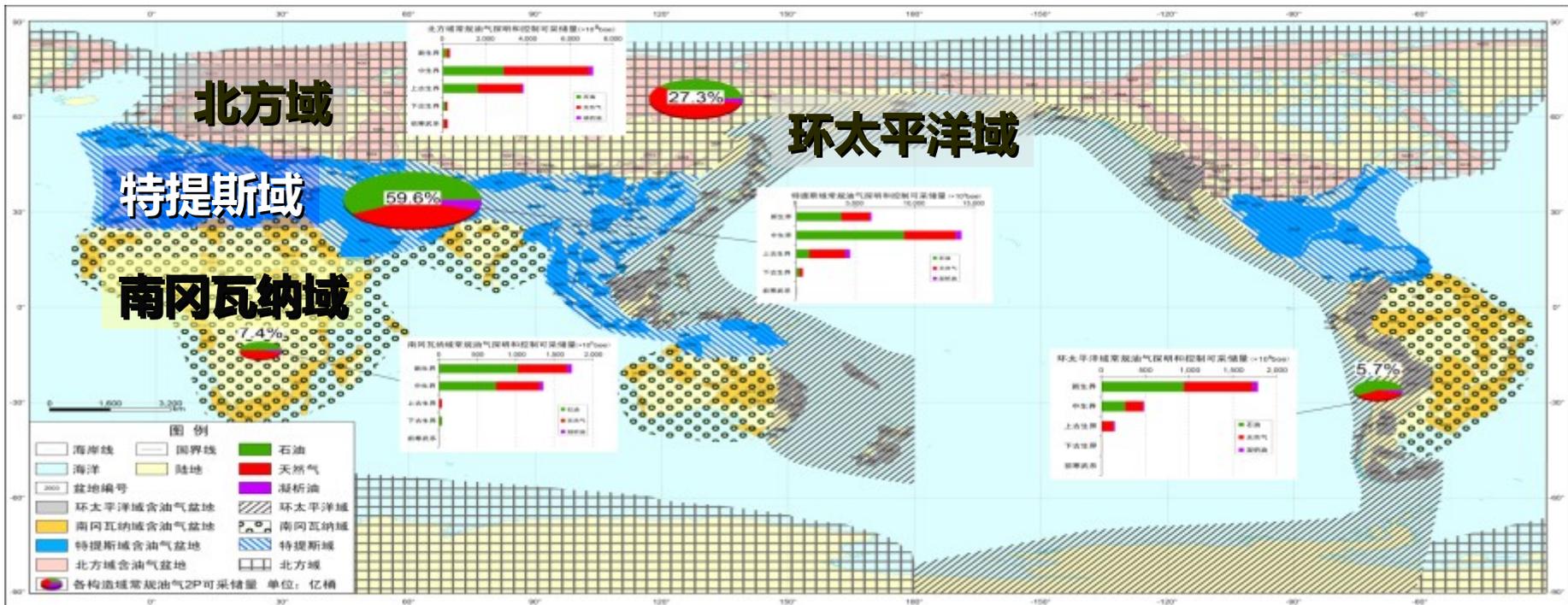
油气合作是“一带一路”战略的重要内容

- 2014年，“一带一路”国家在中国原油进口份额为66%，中东占我国原油进口来源的“半壁江山”；
- 2014年，“一带一路”国家在中国天然气进口份额为86%，陆上天然气管道进口份额占54%，目前土库曼斯坦最多（43.7%），未来俄罗斯天然气是关键。



据石油勘查开发研究院 何治亮

特提斯域：世界最富的油气聚集带



特提斯域油气探明和控制油气储量占全球油气总储量的 60%。油气剩余探明可采储量占全球总量的 70.6%，占全球海相碳酸盐岩层系油气可采储量的 87%。

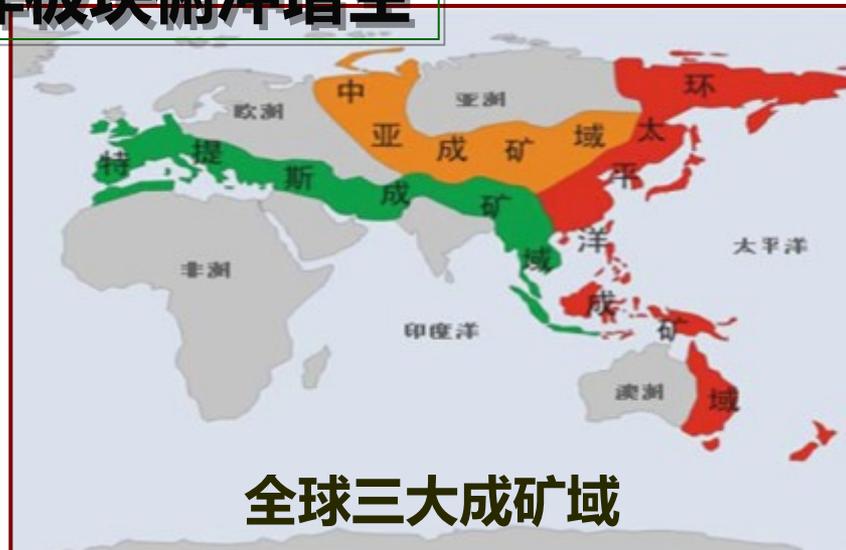
“一带一路” 沿线覆盖全球两大巨型成矿域

中亚成矿域：洋盆消减汇聚增生

特提斯成矿域：增生 + 大陆碰

撞

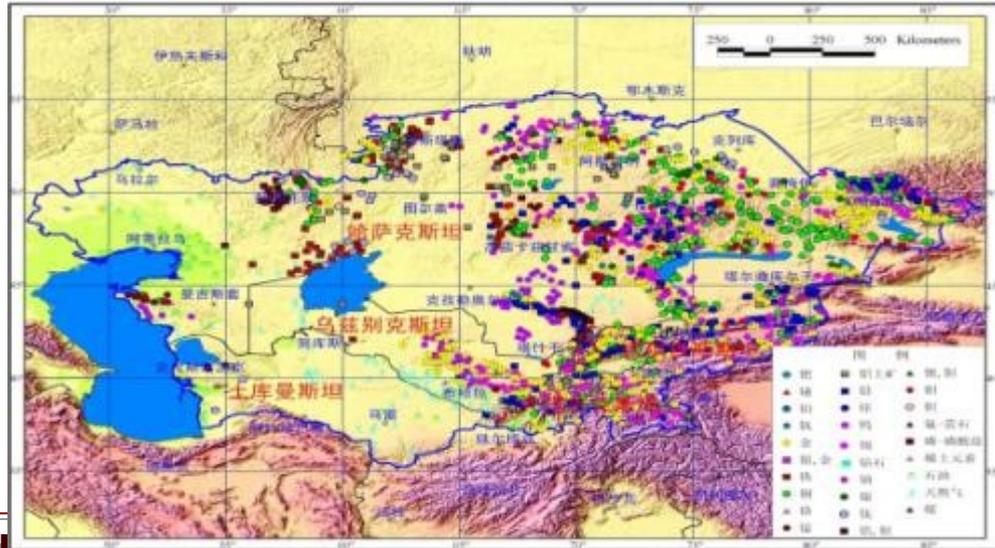
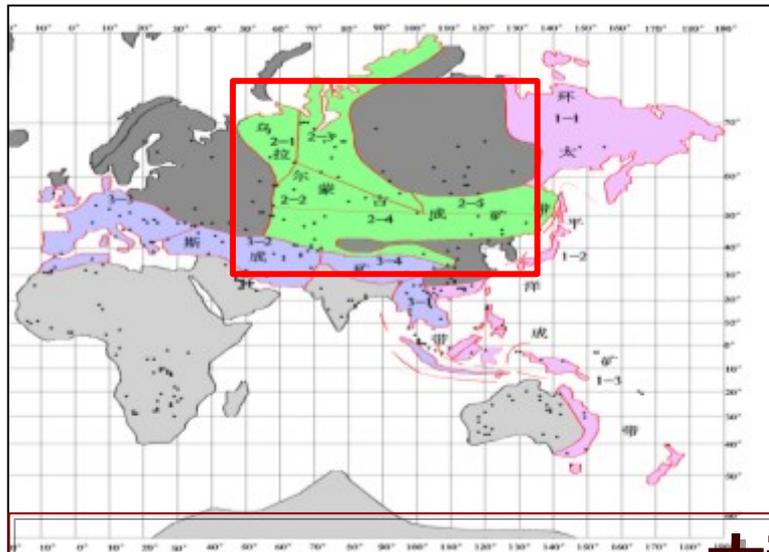
环太平洋域：大洋板块俯冲增生



全球三大成矿域

中亚巨型成矿域：铜金铀极度富集区

“中亚五国”包括哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦和乌兹别克斯坦、土库曼斯坦，东西长约 3000 公里，南北宽约 2400 公里



大型超大型矿床

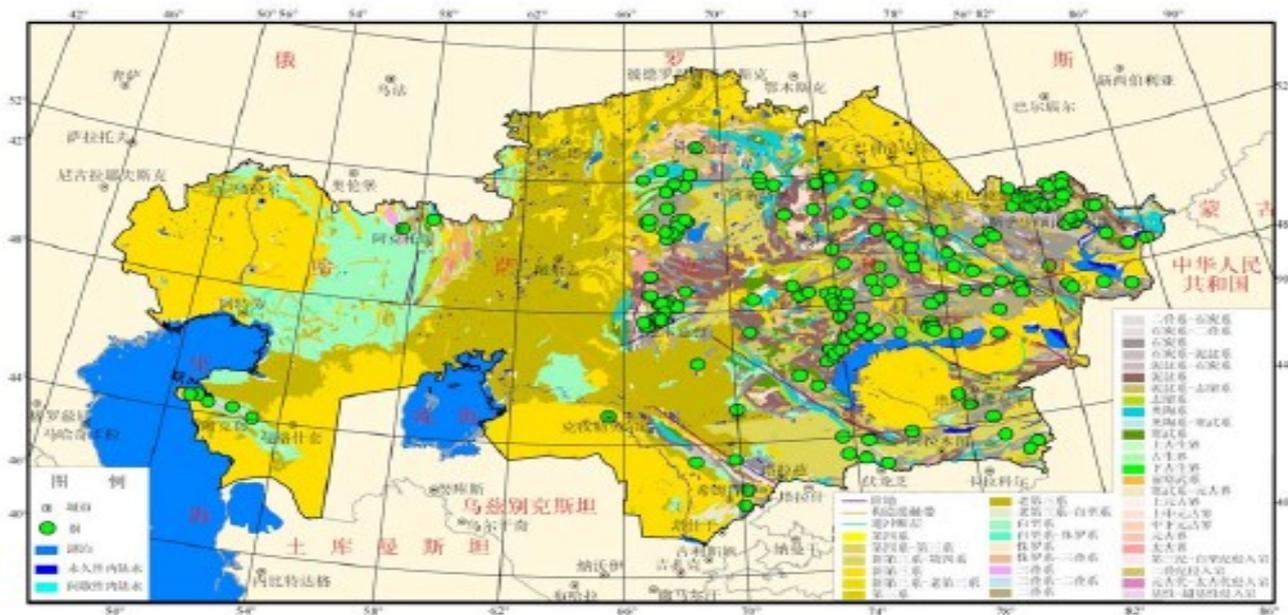
Au25 处; Cu17 处; Fe 14 处; Mo6 处; Pb-Zn 23 处; Hg-Sb

8 处; W-Sn 12 处; REE4 处; U 30 处; 磷、钾盐 10 处

中亚巨型成矿域：铜金铀极度富集区

铜（钼）：

主要分布于哈萨克斯坦环巴尔喀什及吉尔吉斯天山成矿带。主要矿床类型有：斑岩型、砂页岩型、与花岗质岩石有关的脉状型矿床、火山岩型、矽卡岩型。



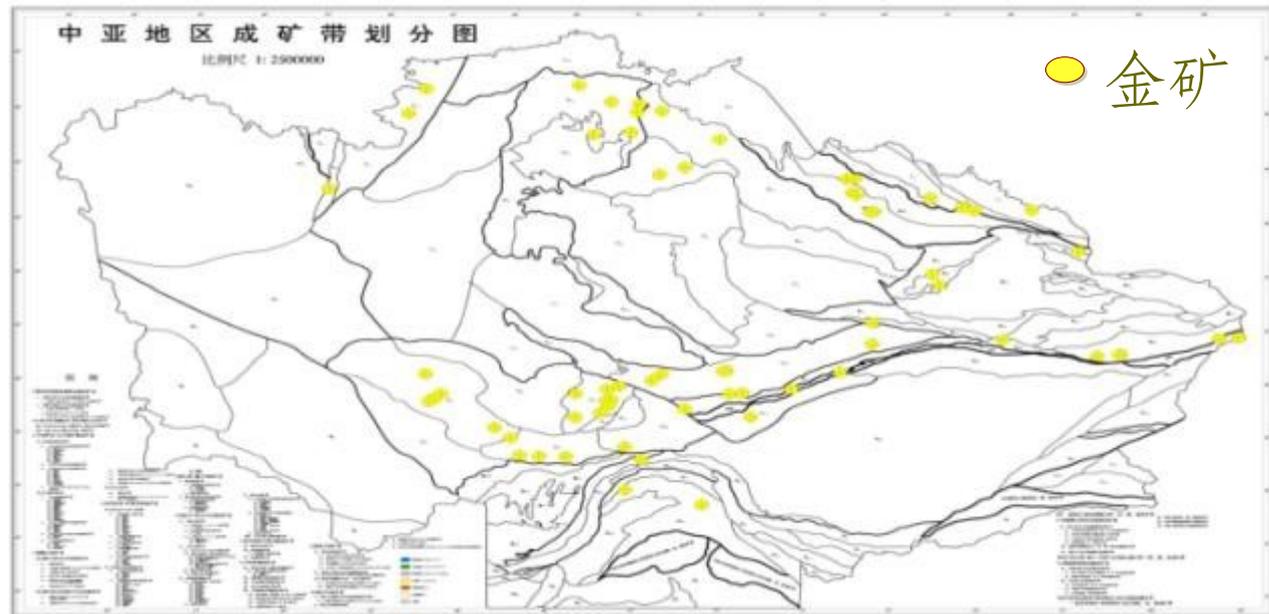
以哈萨克斯坦环巴尔喀什成矿带斑岩型铜（金、钼）矿最为重要。已探明千万吨级以上储量的铜矿就达 17 处。

据西安地调中心资料

中亚巨型成矿域：铜金铀极度富集区

金 (Au)

主要类型有①炭质浅变质岩型，②斑岩型，③矽卡岩型，④火山岩型，⑤构造蚀变岩型，⑥石英脉型。



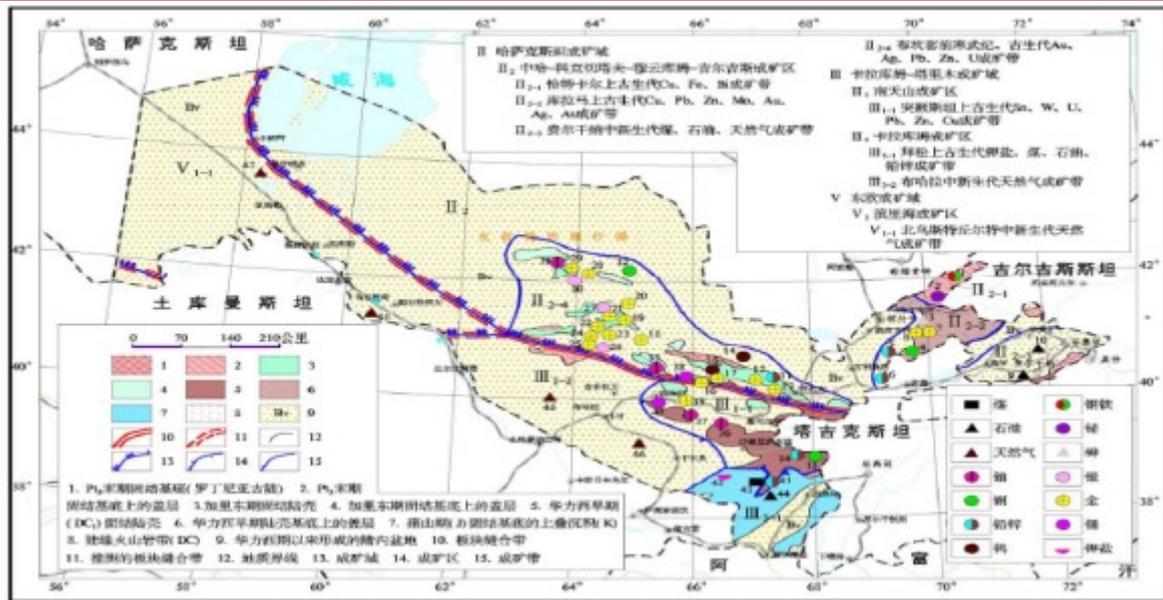
中亚五国有 286 个金矿床，已探明 Au 储量 17910t。主要分布在吉尔吉斯、乌兹别克、哈萨克斯坦。其中 2/3 以上储量集中在中亚天山成矿带。

据西安地调中心资料

中亚巨型成矿域：乌兹别克斯坦

已探明金矿床 51 处，金储量居世界第 4 位，产量世界第 6 位，最大的世界著名穆龙套金矿床，储量达 5000 吨。

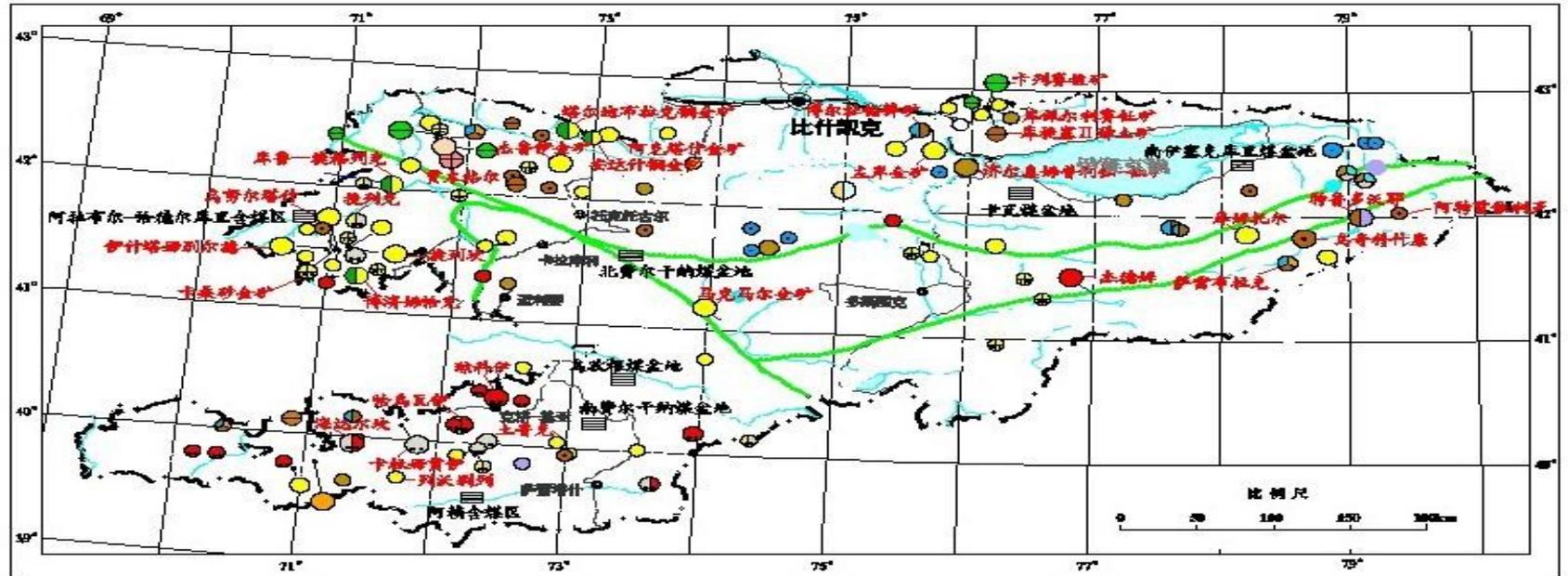
铜矿床探明储量 2500 万吨，仅次于哈萨克斯坦，亚洲最大的阿尔马雷克超大型斑岩铜矿，铜金属储量 2350 万吨。



据西安地调中心资料

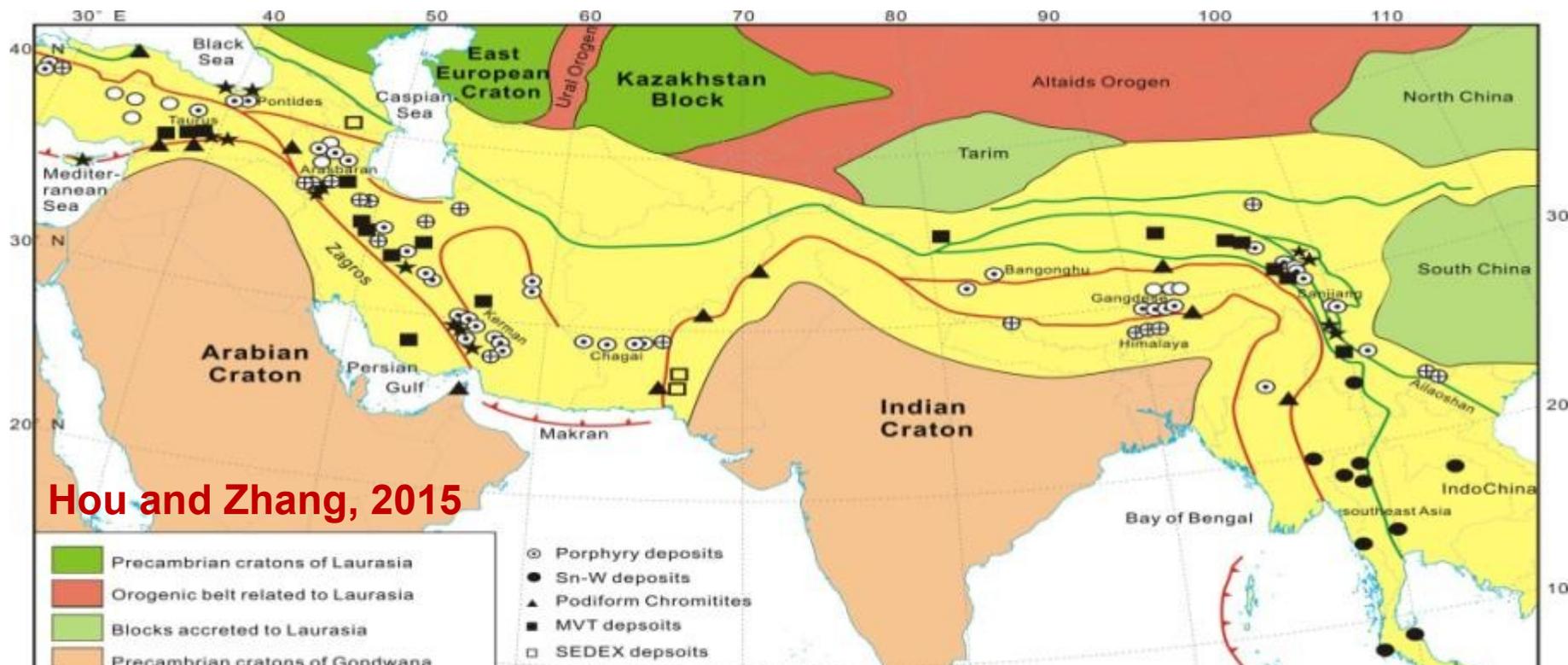
中亚巨型成矿域：吉尔吉斯斯坦

金储量巨大，探明黄金储量 540 吨，库姆托尔是其已知最大的金矿，储量达 360 吨。锡矿和铁矿也是优势矿产，萨雷贾兹超大型锡矿床最为著名。



据西安地调中心资料

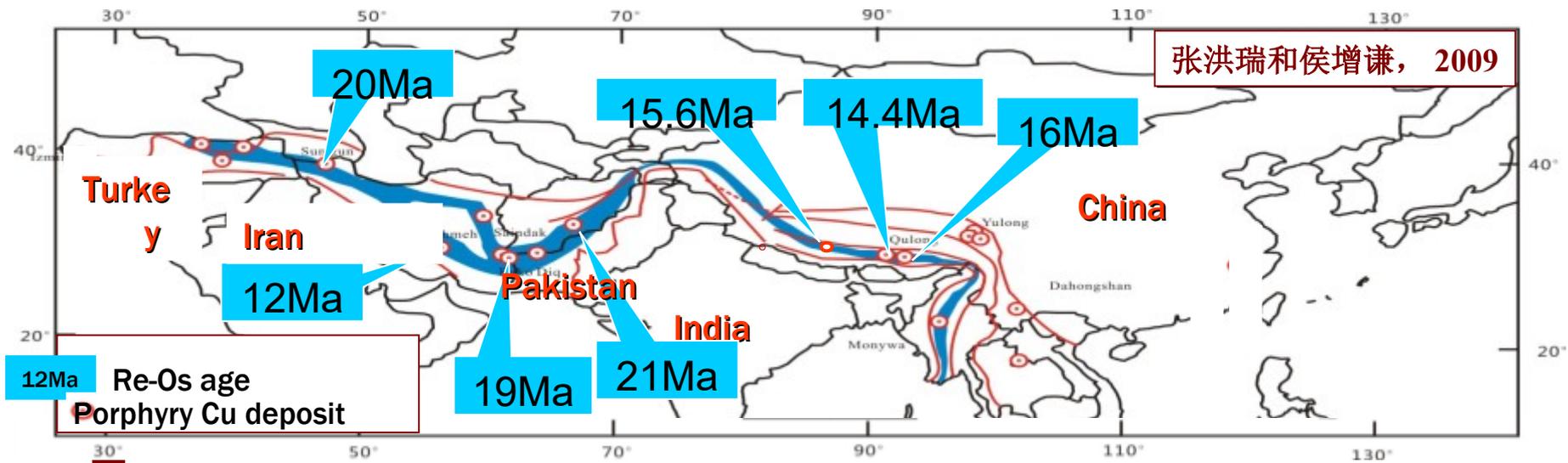
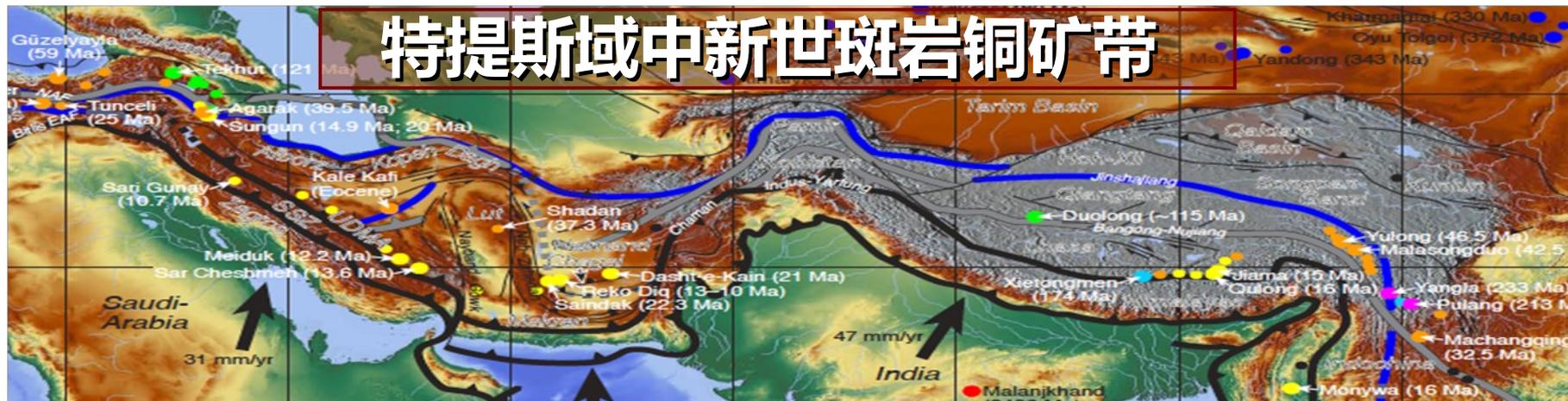
特提斯 - 喜马拉雅巨型成矿域

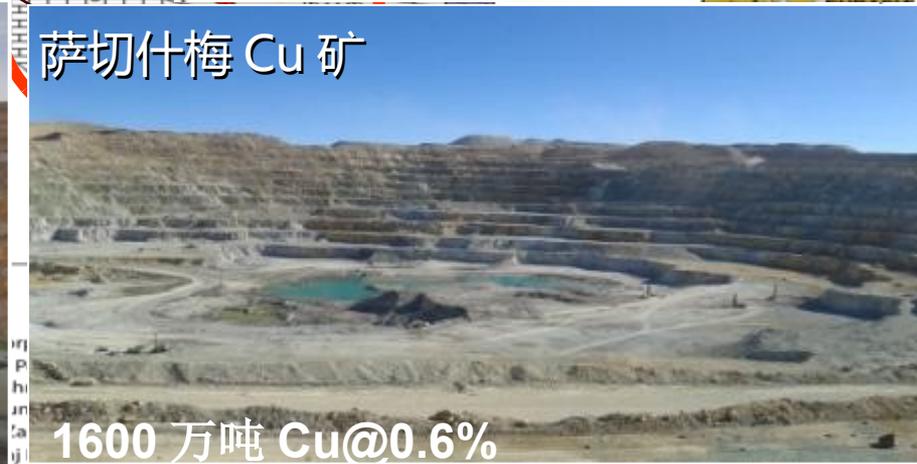
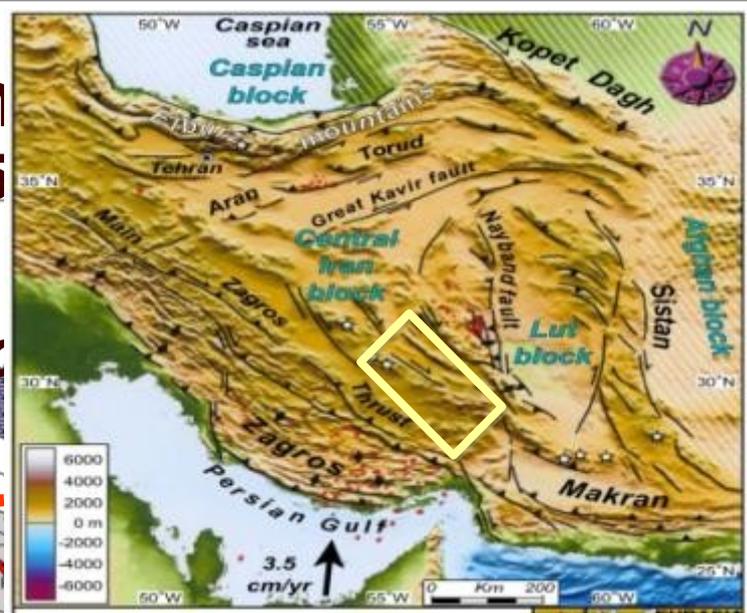
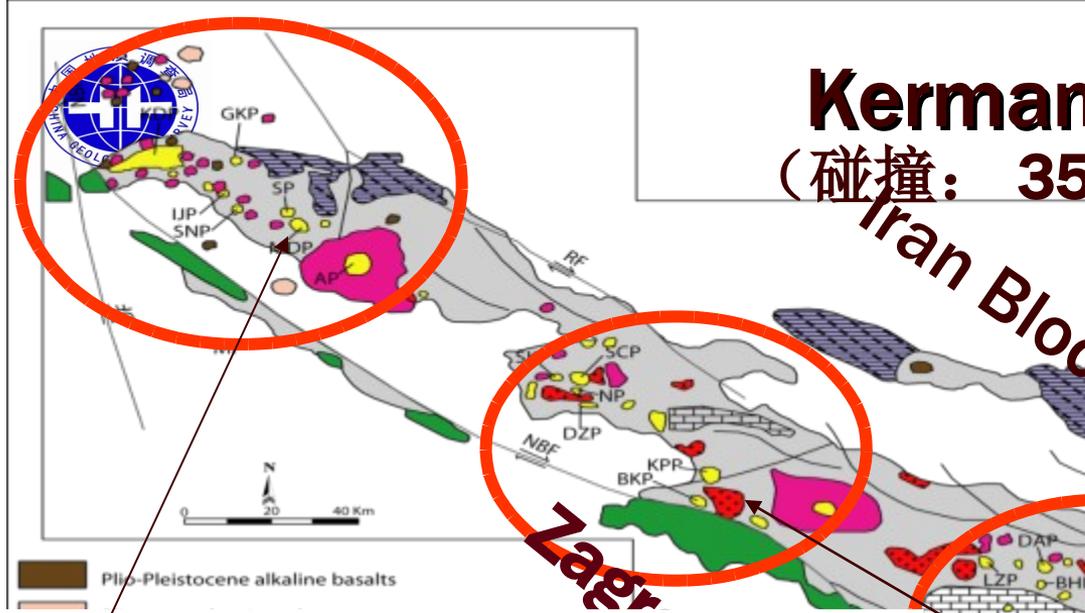


世界规模的斑岩型 Cu 矿、MVT 型 Pb-Zn 矿、花岗岩有关 Sn 矿；

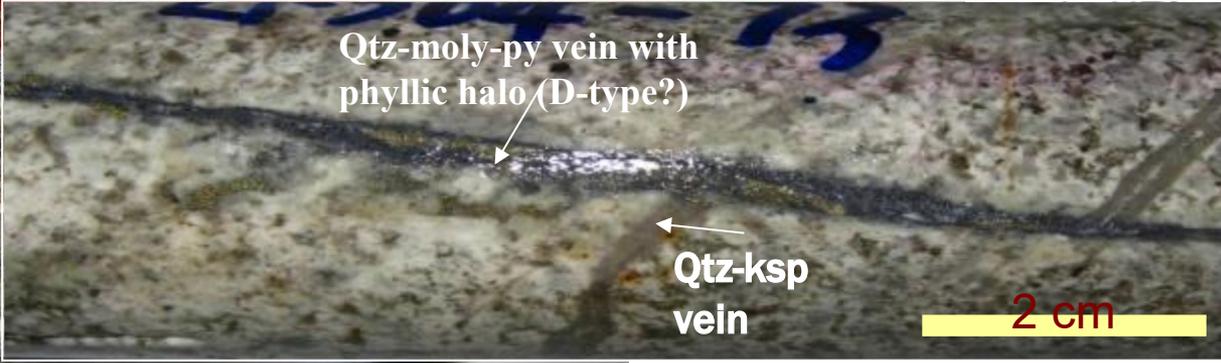
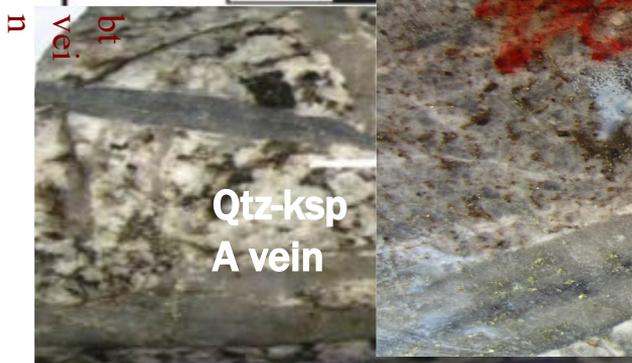
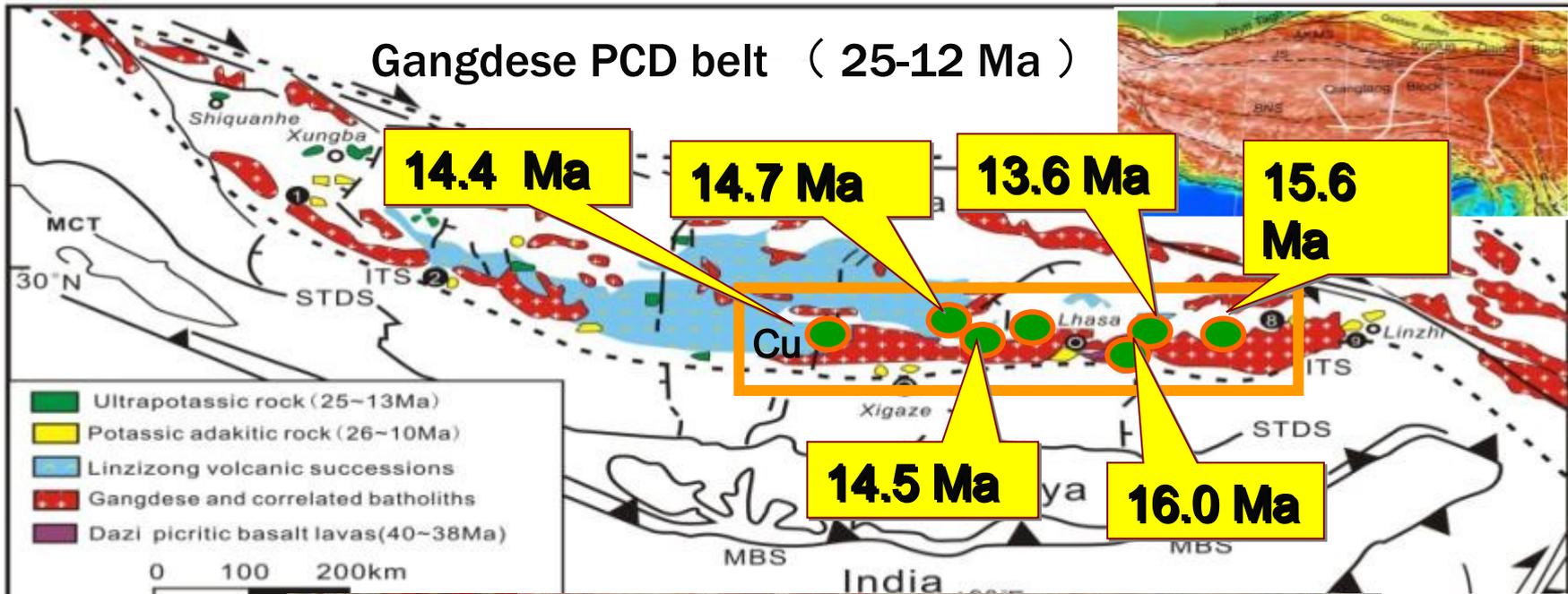
极具特色的矽酸盐型 UREX 矿、层状状 Cu 铁矿、火山型 A

特提斯域中新世斑岩铜矿带

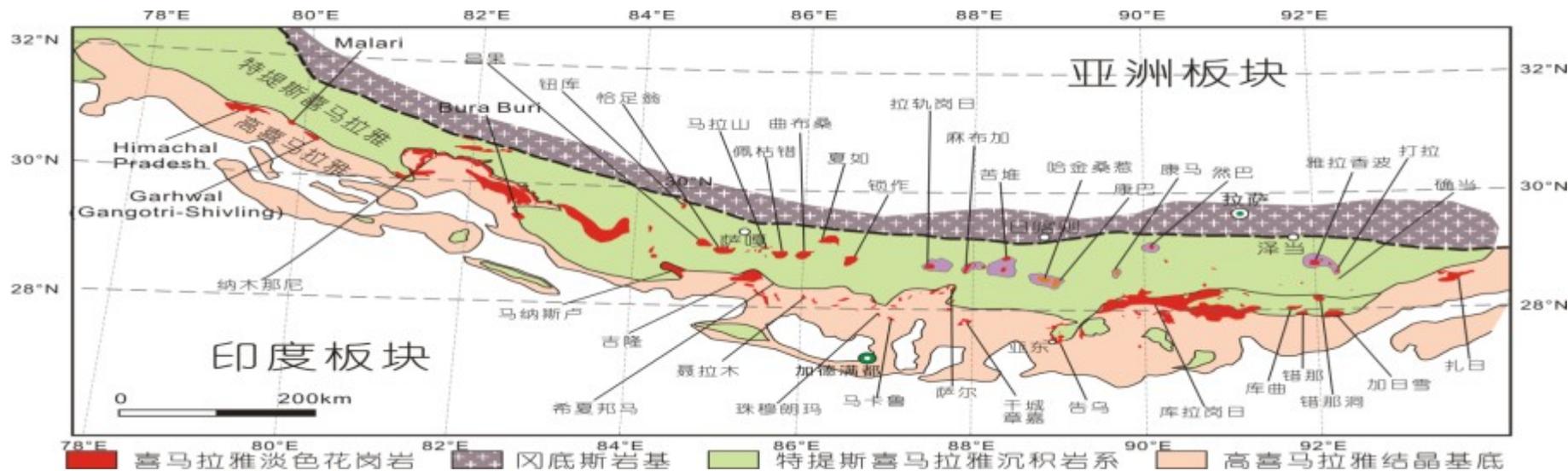




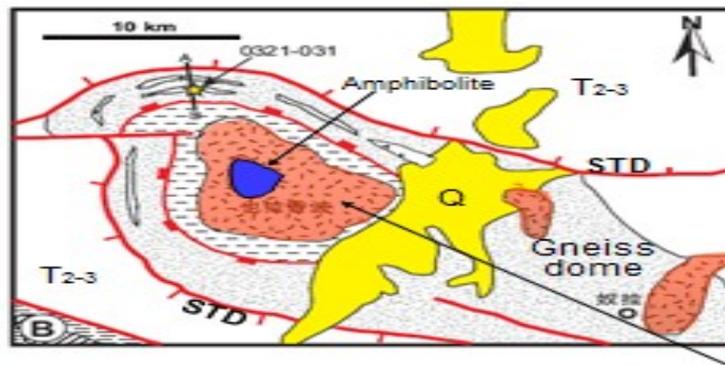
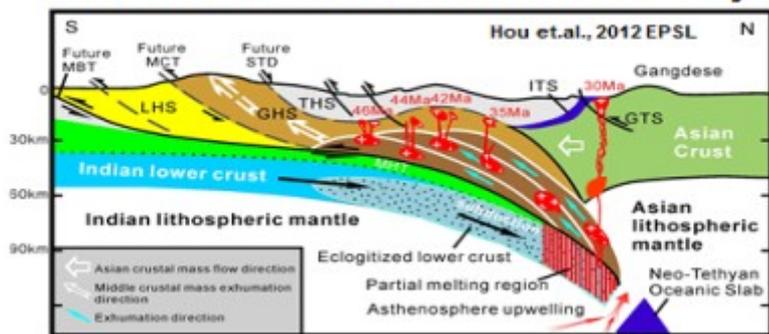
Gangdese PCD belt (25-12 Ma)



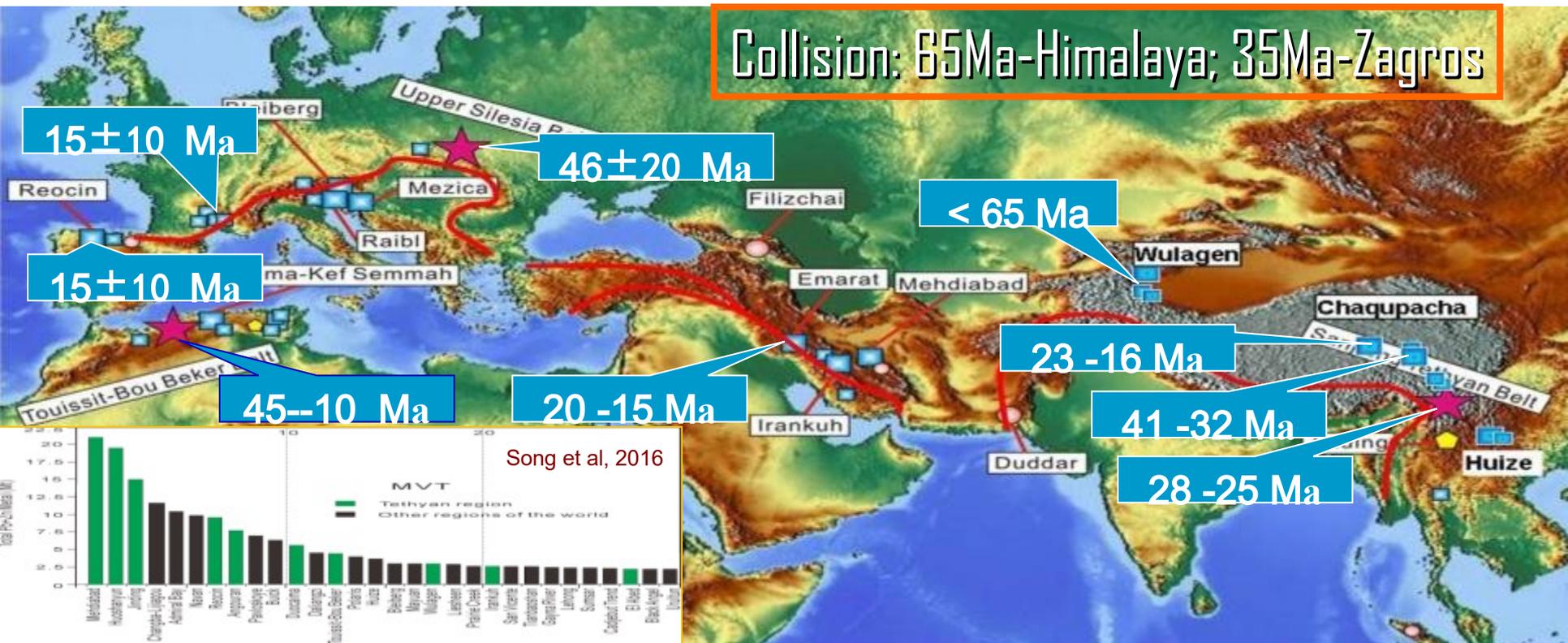
藏南双花岗岩带与 Li-Be-Nb-Ta 矿化



A new model for tectonic evolution of Himalaya

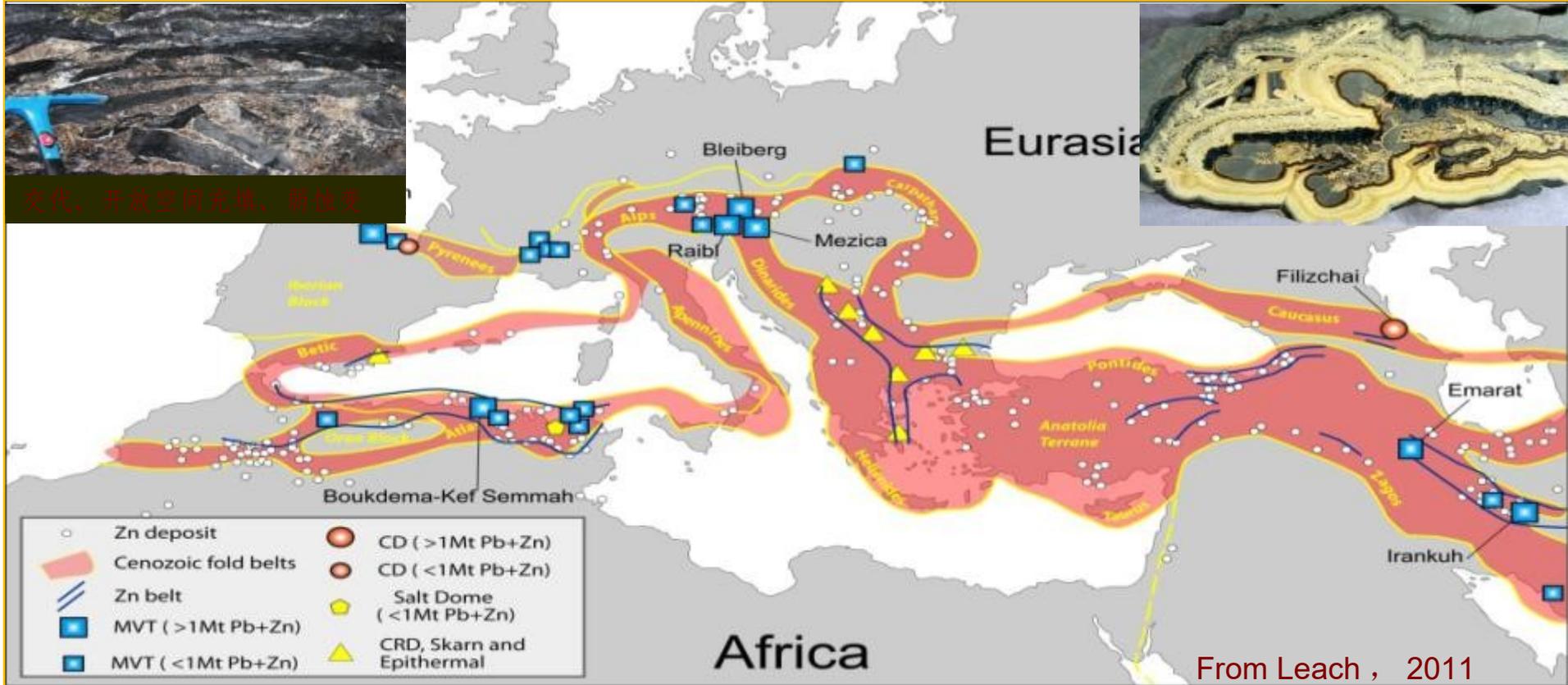


全球最大的 MVT 铅锌成矿省 (4 个超大型)



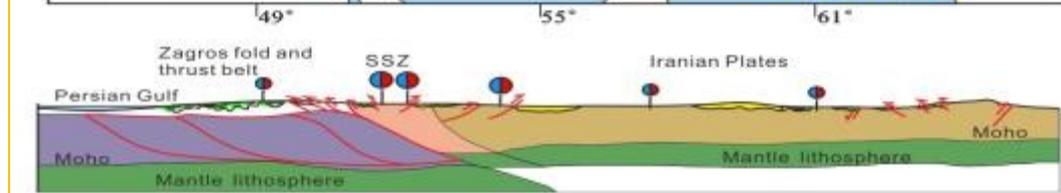
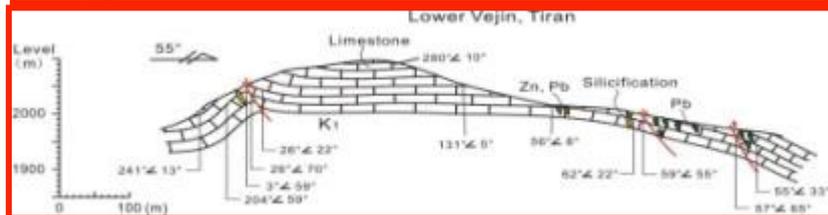
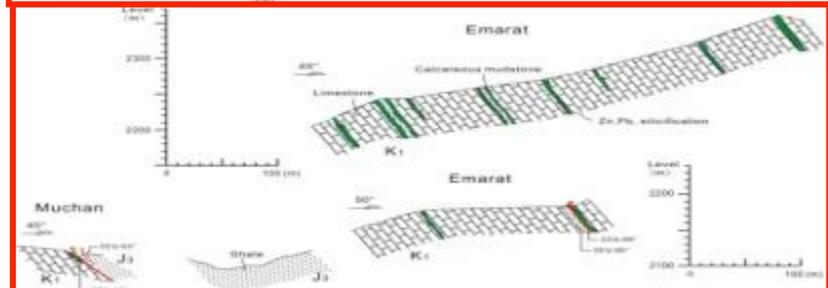
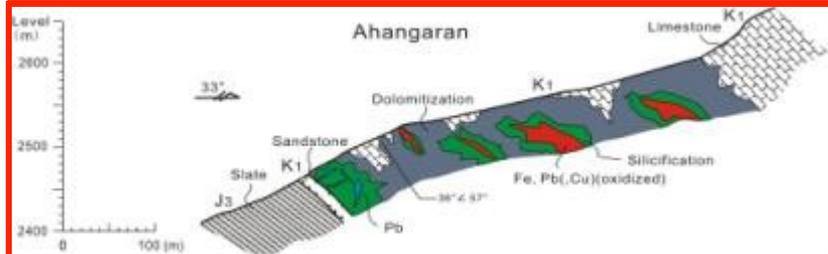
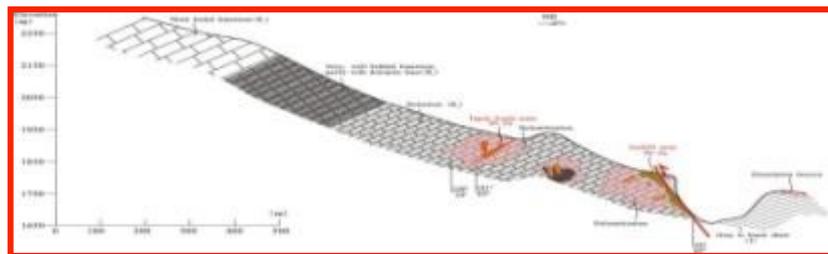
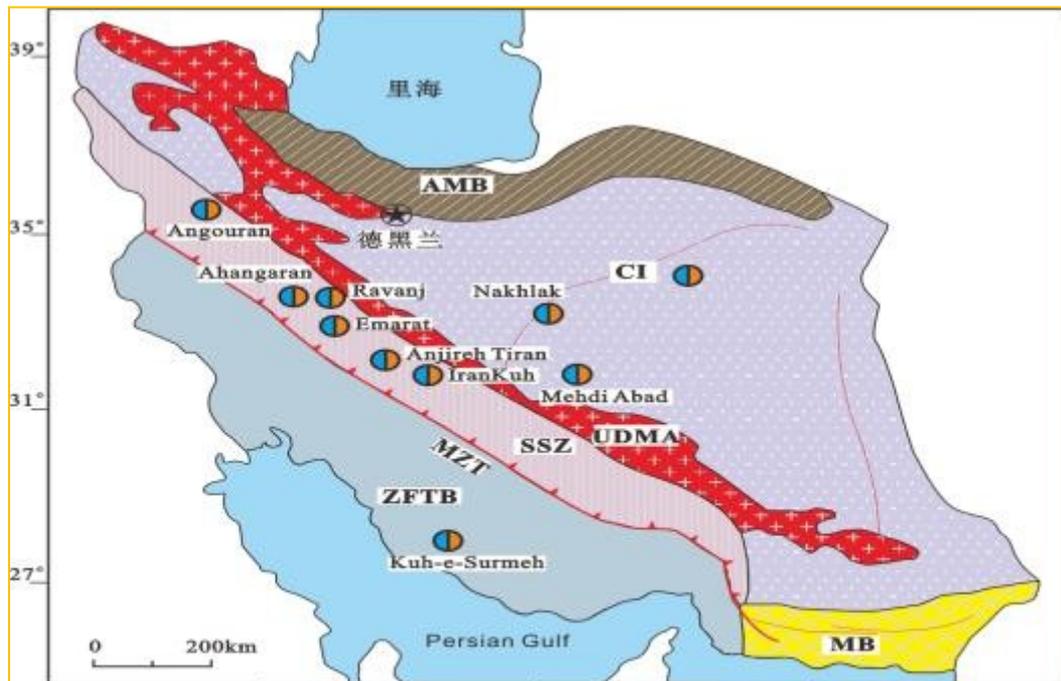
创建 MVT 成矿新理论、实现重大找矿突破理想场所

MVT deposits in fold-thrust belt in w. Tethys

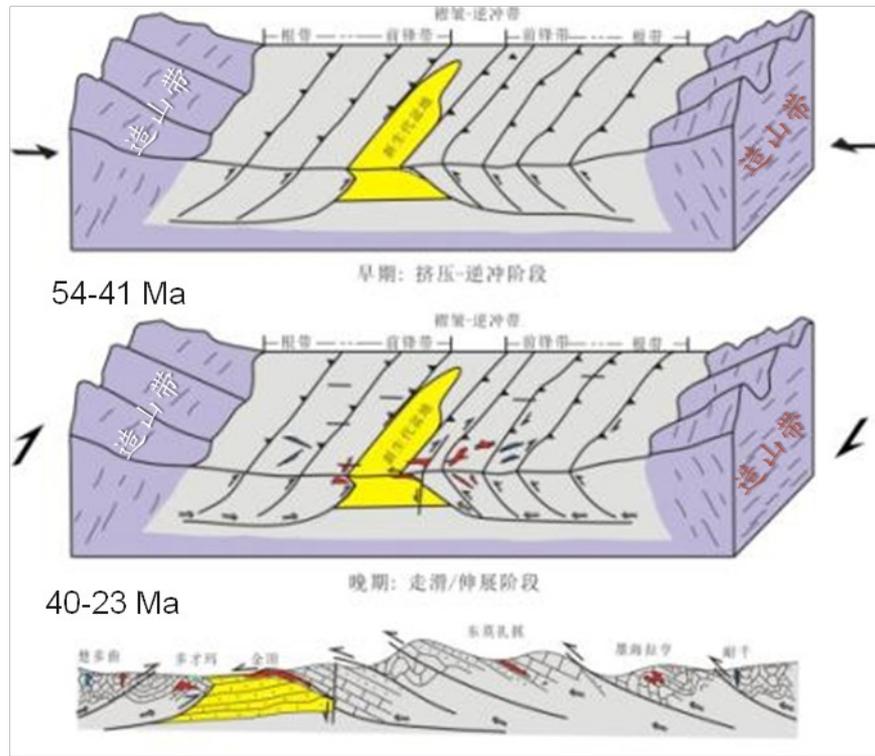
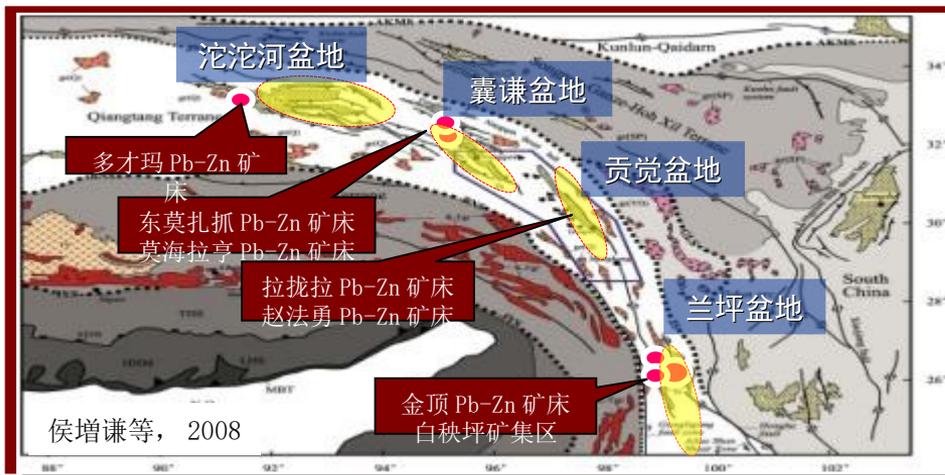


From Leach, 2011

伊朗 SSZ 带 Pb-Zn 矿床



三江造山带：大型逆冲褶皱带 + 小型前陆盆地

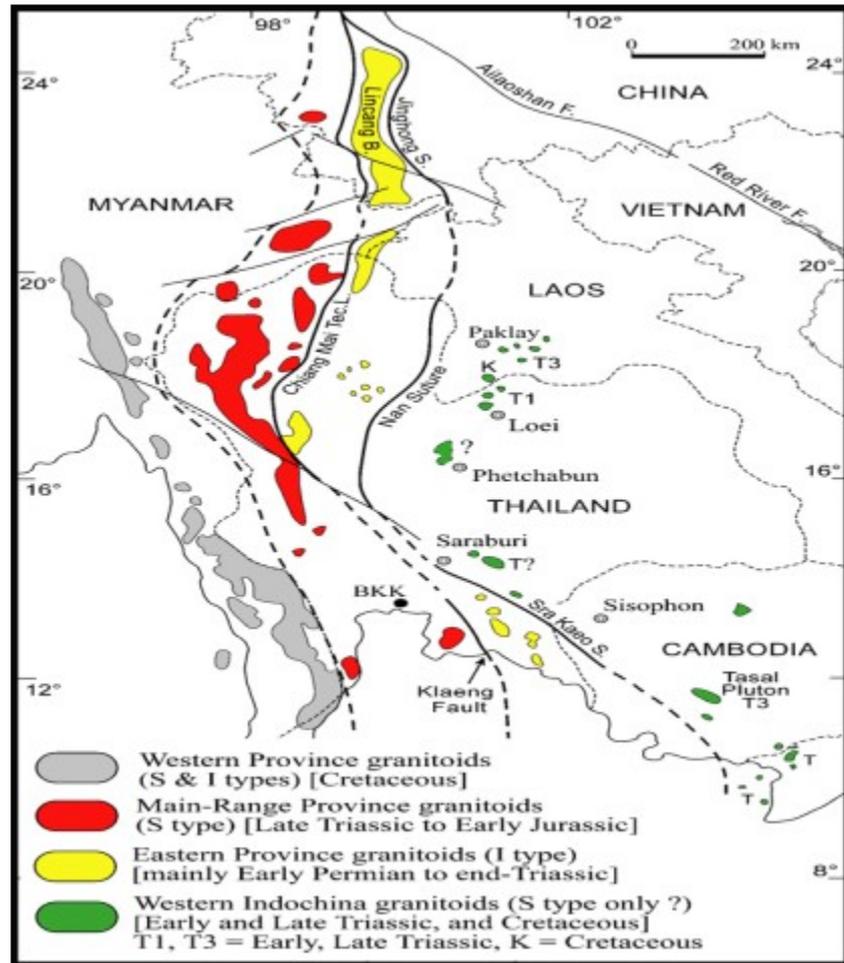
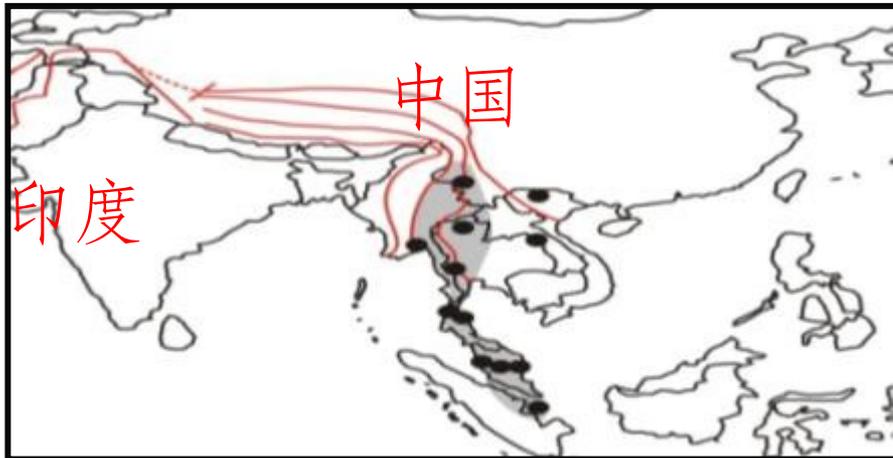


有利于成矿的盆山结构

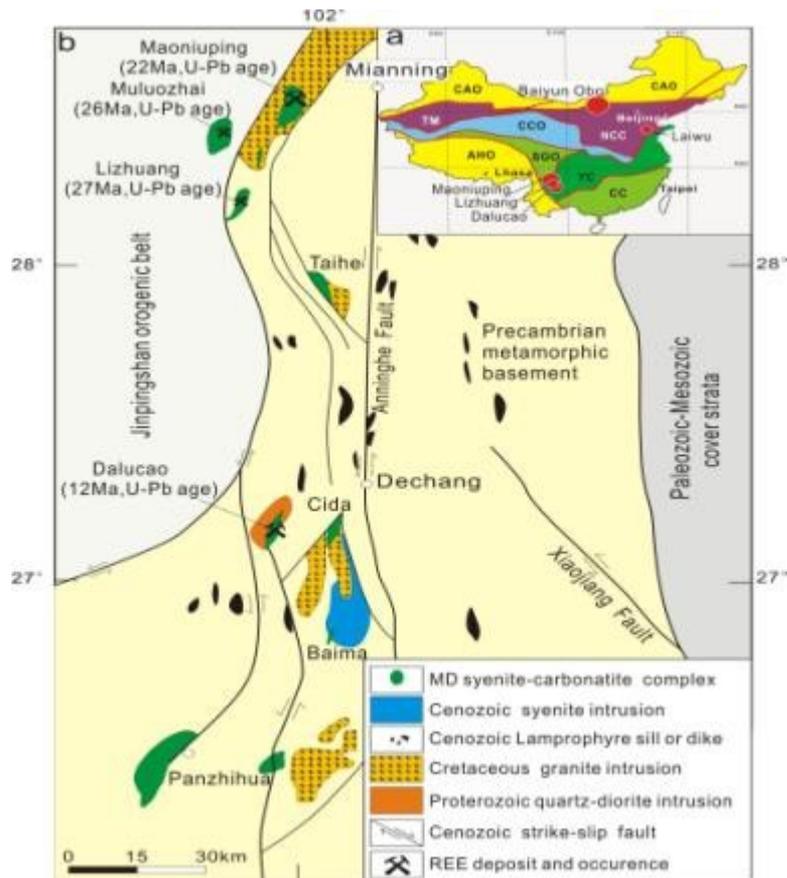
- ★ 碰撞造山驱动地壳流体侧向汇聚
- ★ 统一拆离带为流体提供迁移通道

全球最大的东南亚锡矿带

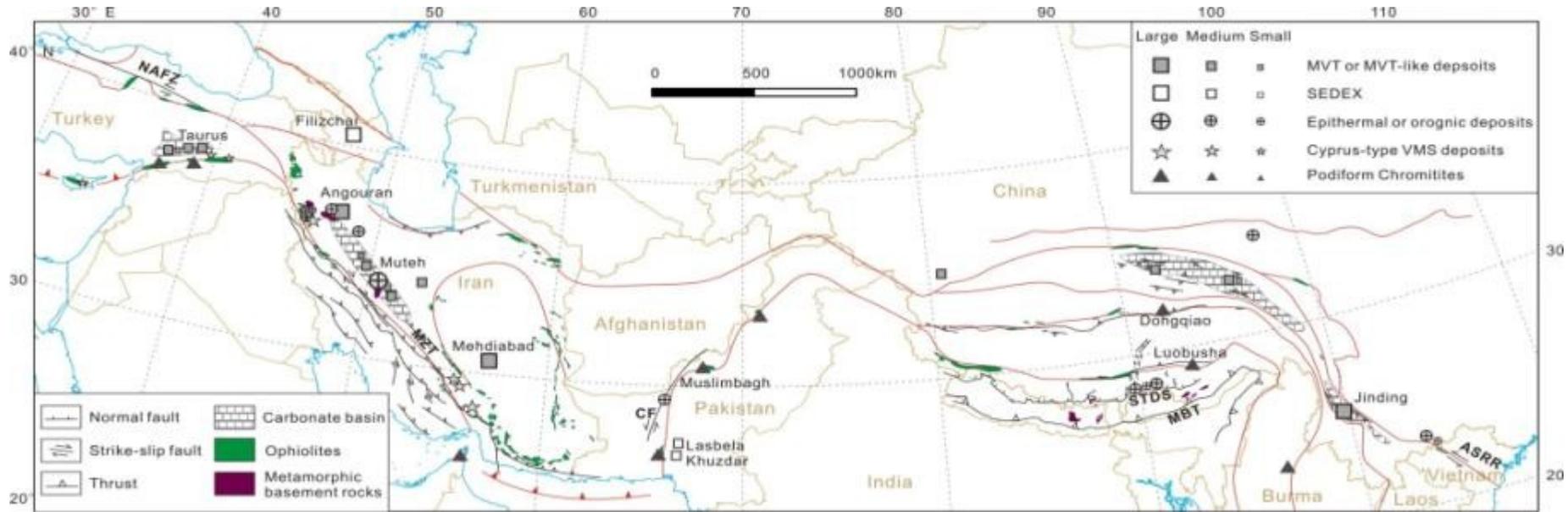
- 3800km 长、800km 宽，含 9.6Mt 锡，占世界总储量的 54 %
- 是世界上锡资源最丰富、产锡量最大的矿带
- 锡矿化与 P-E 的花岗岩有关，
- 锡矿化与弧 - 陆碰撞密切相关



全球第三大 REE 矿带 (冕宁 - 德昌矿带)



特提斯成矿域的铬铁矿带



Significant podiform chromitites occur in residual dunites and harzburgites, or the top of dunite or the contact zone between dunite and harzburgite. Two epochs, i.e., mid-Jurassic (175-162Ma) and late Cretaceous (100-80Ma), corresponding to the timing of intra-oceanic subduction of Neo-Tethys. Chromitite is commonly regarded to be concentrated in the upper mantle, precipitated in the magma channels, and finally emplaced with ophiolite sequence in collision suture zone



报告提纲

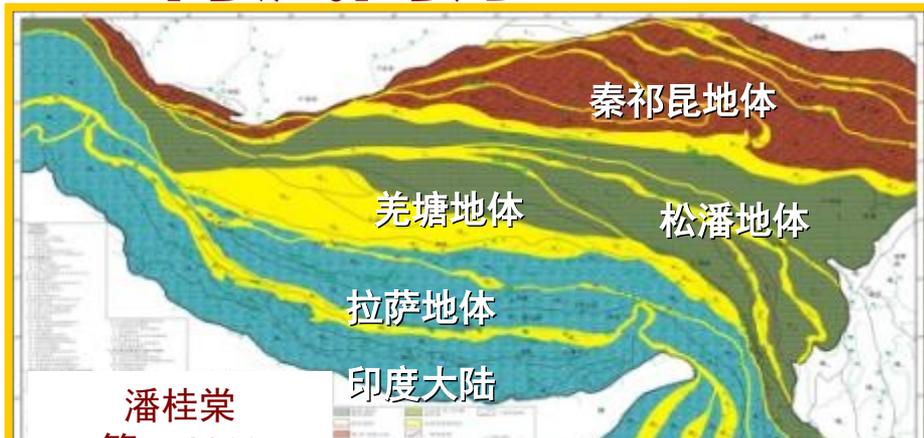
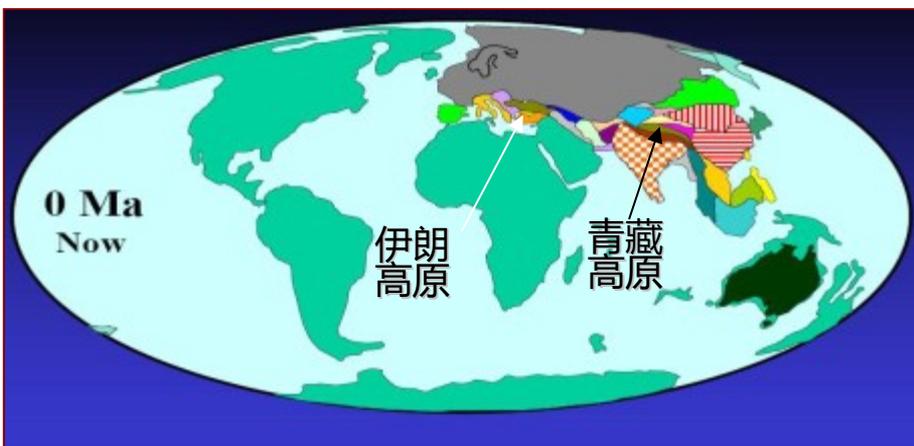
1. **“一带一路”战略与地质工作机遇**
2. **“一带一路”沿线油气与矿产资源**
3. **特提斯构造演化与成矿成藏作用**
——大陆碰撞与金属成矿作用

特提斯构造域与大陆碰撞山系

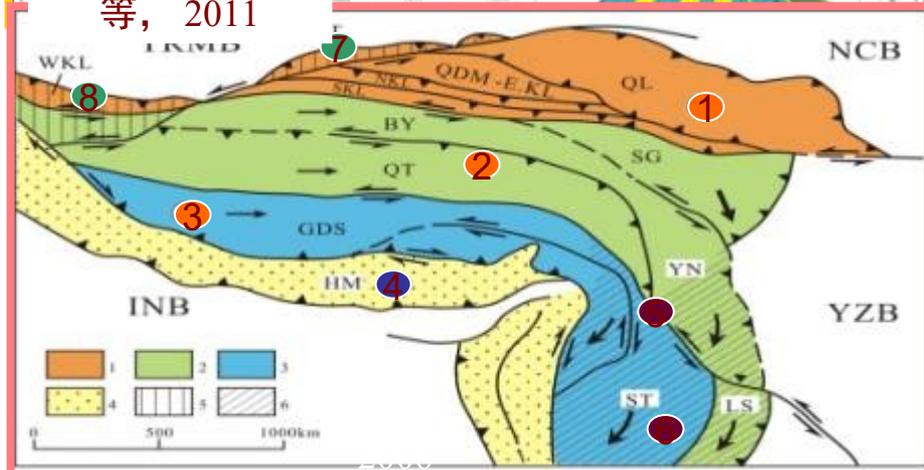


两类造山：比利牛斯 - 阿尔卑斯；喜马拉雅 - 扎格罗斯

大陆碰撞过程：青藏高原



潘桂棠
等, 2011



青藏高原：三段式碰撞过程

● 主碰撞陆陆汇聚（65-41Ma）

a)

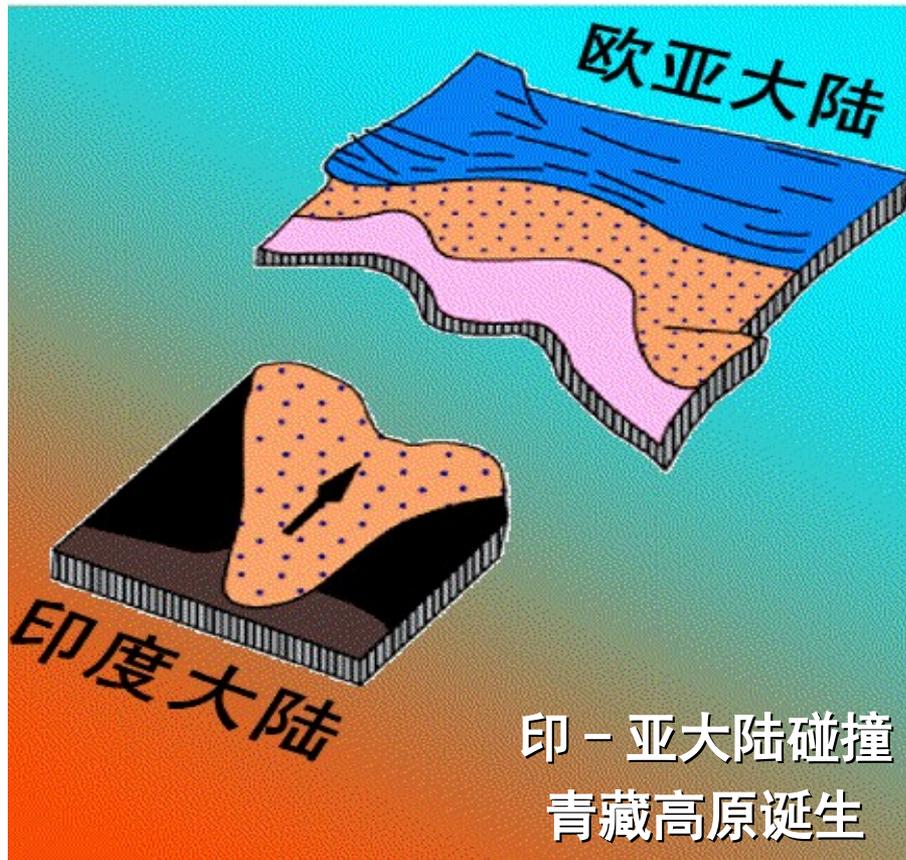
- 地壳缩短加厚
- 同碰撞的岩浆
- 峰期变质作用

● 晚碰撞构造转换（40-26Ma）

- 推覆 / 走滑 / 剪切
- 钾质壳 / 幔岩浆
- 盆地 - 流体活动

● 后碰撞地壳伸展（25-0 Ma）

- 正断层 / STD
- 钾质超钾岩浆
- 淡色花岗岩



青藏高原碰撞造山过程

● 主碰撞陆陆汇聚

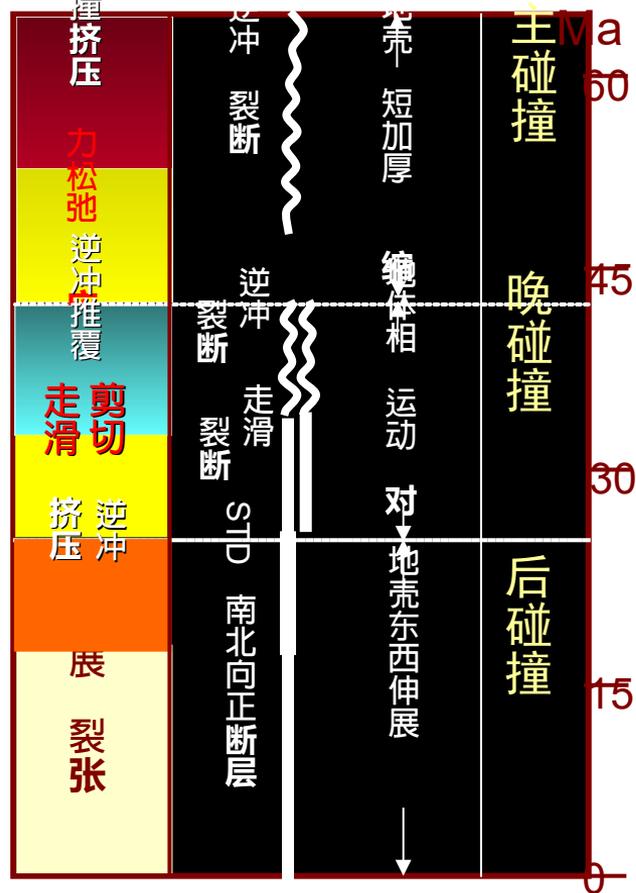
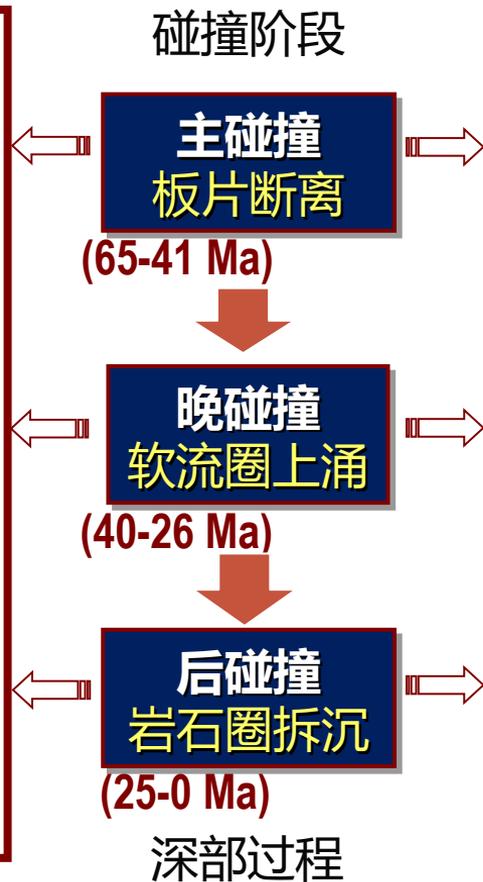
- 地壳缩短加厚
- 同碰撞的岩浆
- 峰期变质作用

● 晚碰撞构造转换

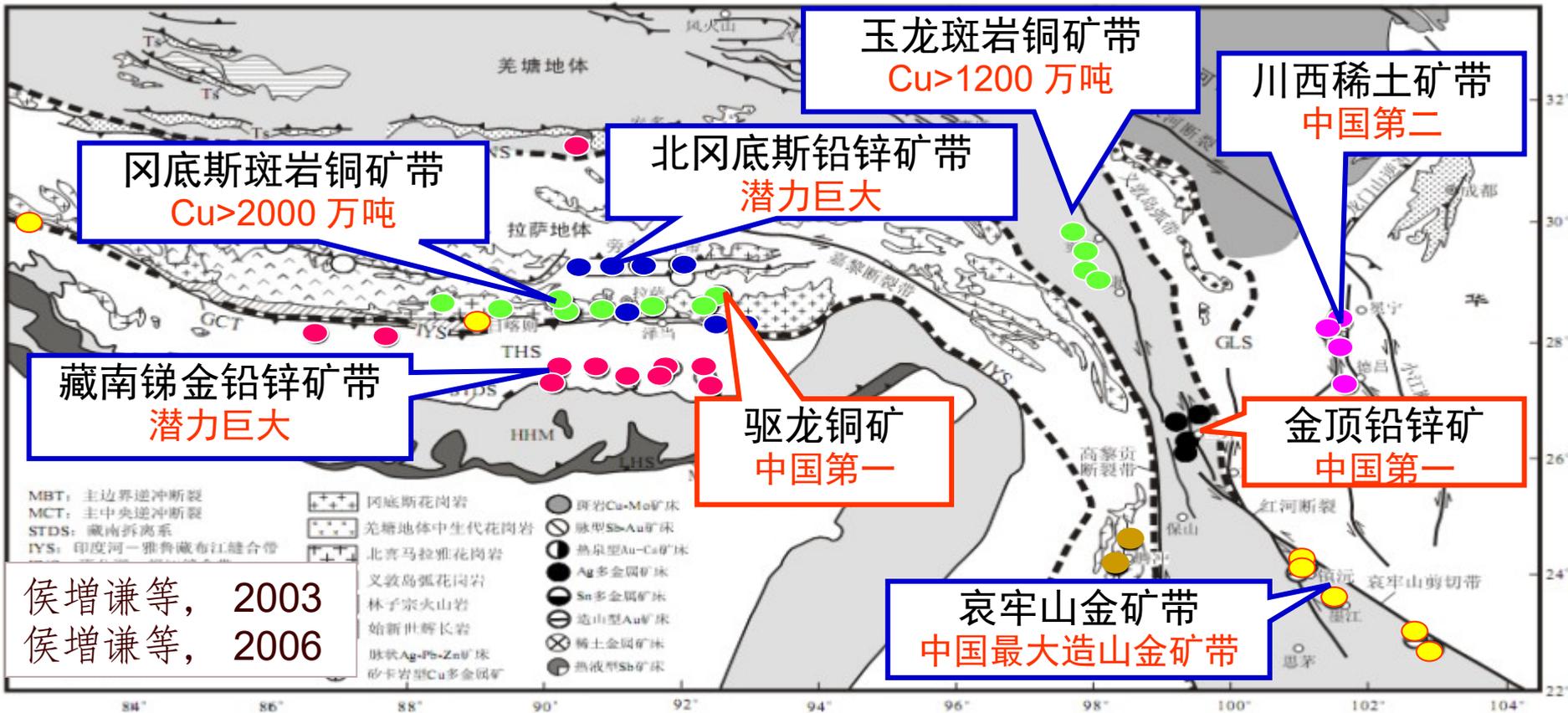
- 推覆 / 走滑 / 剪切
- 钾质壳 / 幔岩浆
- 盆地 - 流体活动

● 后碰撞地壳伸展

- 正断层 / STD
- 钾质超钾岩浆
- 淡色花岗岩

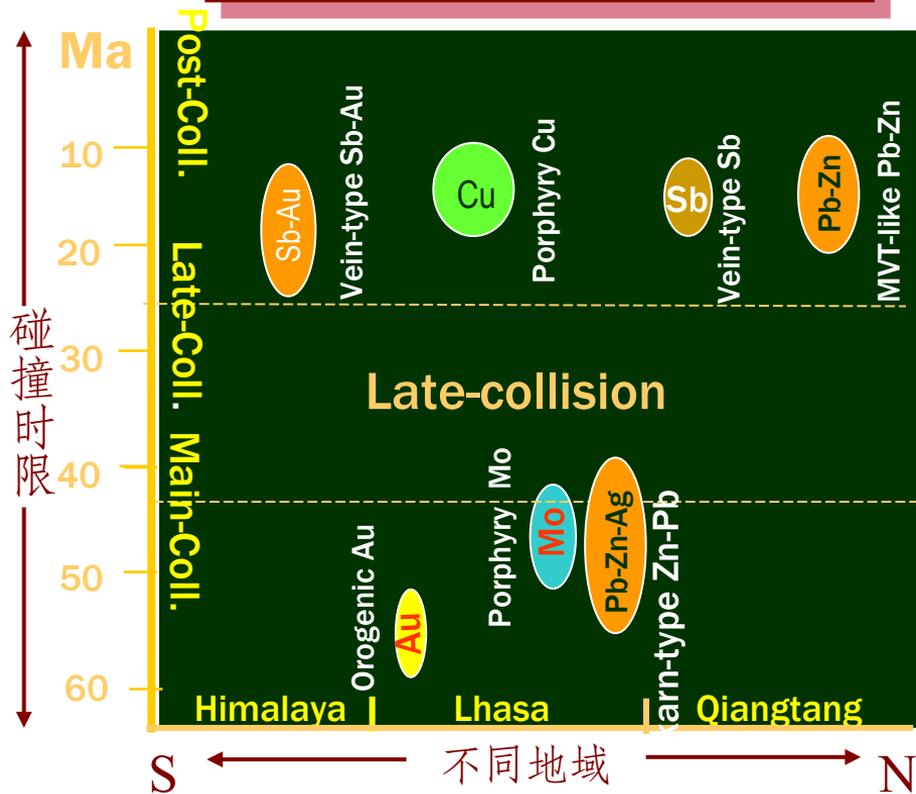


青藏高原新生代 (<65Ma) 主要碰撞成矿带

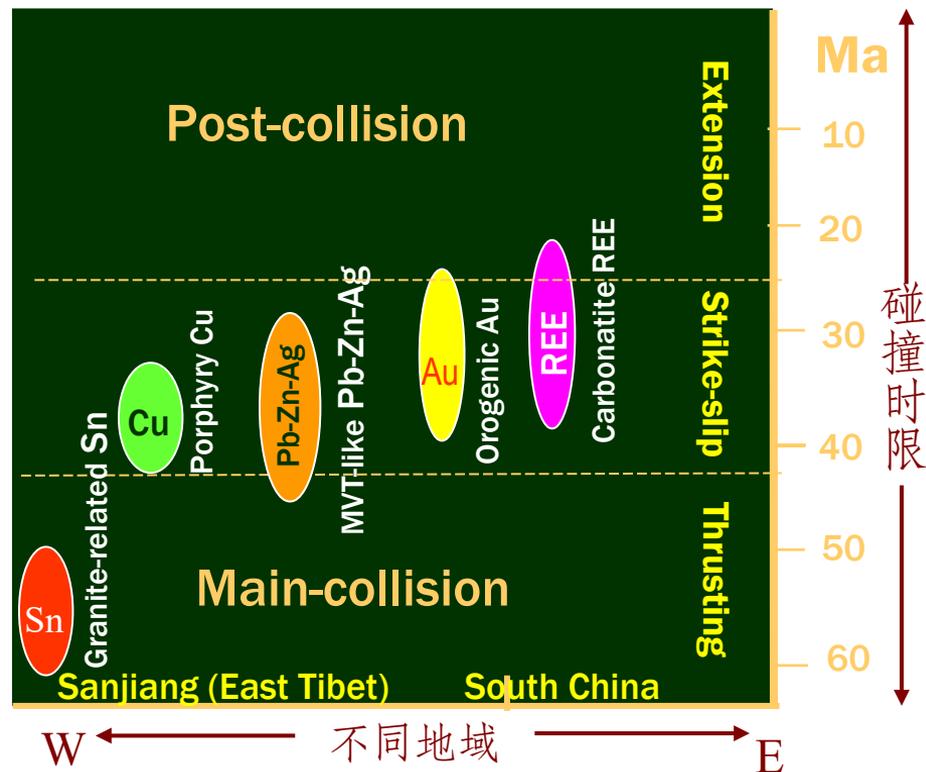


青藏高原碰撞造山带成矿时间格架

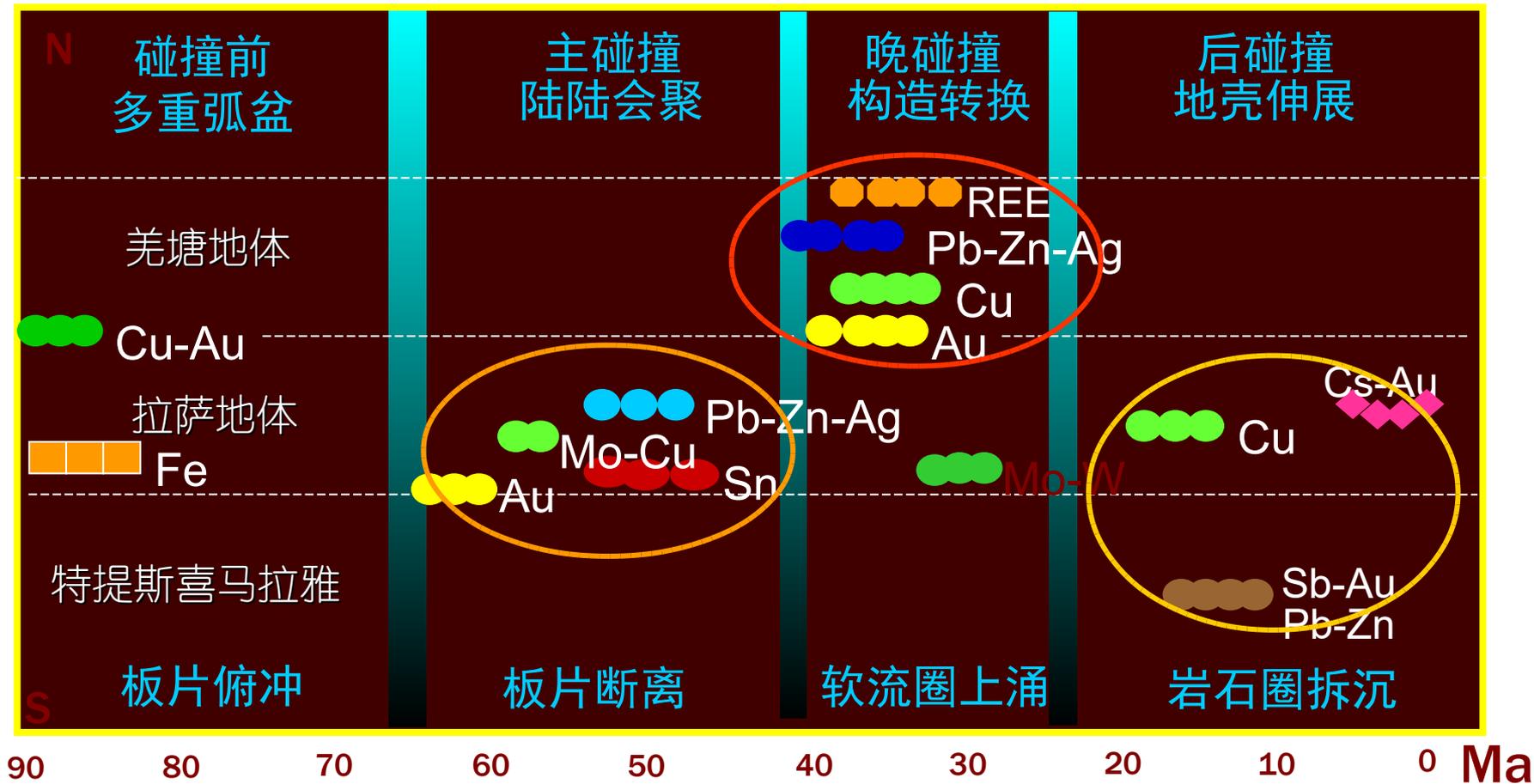
Main Collision Zone In Tibet (S-N)



Structural Transform Zone In Sanjiang (W-E)



大陆碰撞：三大成矿系统



主碰撞会聚成矿系统 (65-41 Ma)

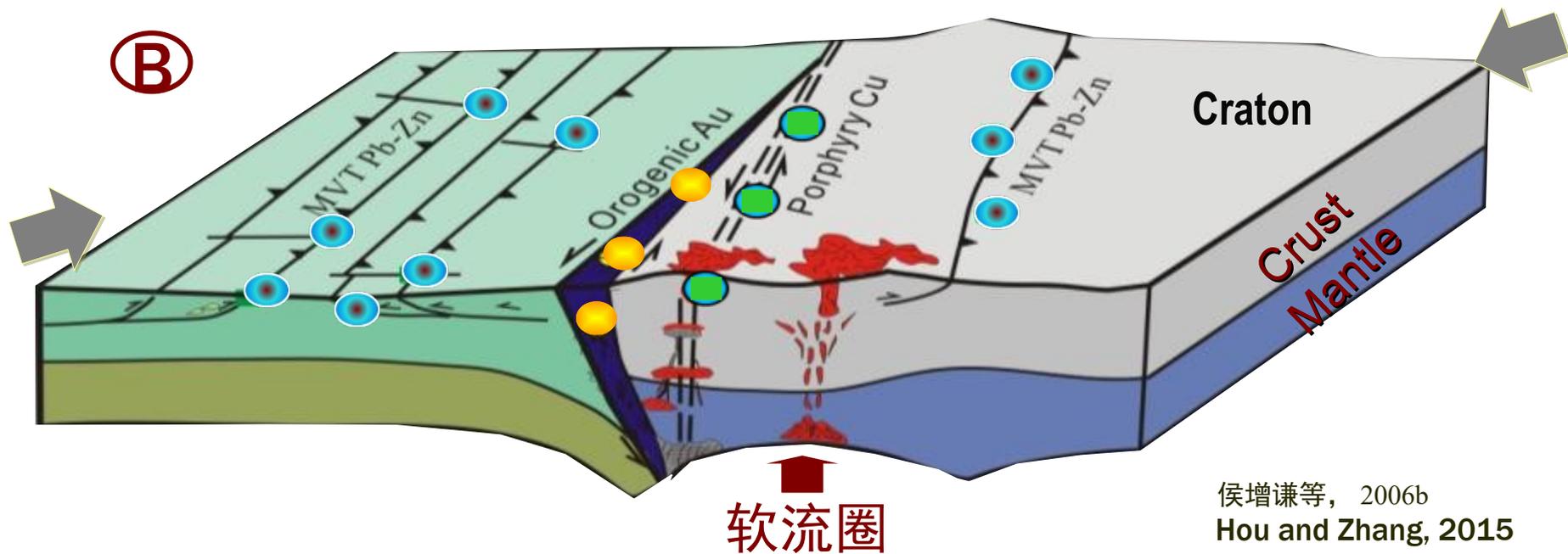
a



侯增谦等, 2006b
Hou and Zhang, 2015

- 碰撞引起峰期变质: 富 CO₂ 变质流体 (造山 Au)
- 大陆碰撞与地壳加厚; 上地壳重熔 -S 型花岗岩 (Sn-W)
- 板片断离与软流圈上涌; 壳 / 幔混源 I 型花岗岩浆 (Fe-Cu)
- 热异常诱发地壳熔融; I 型 (Mo), S 型花岗岩 (Pb-Zn)

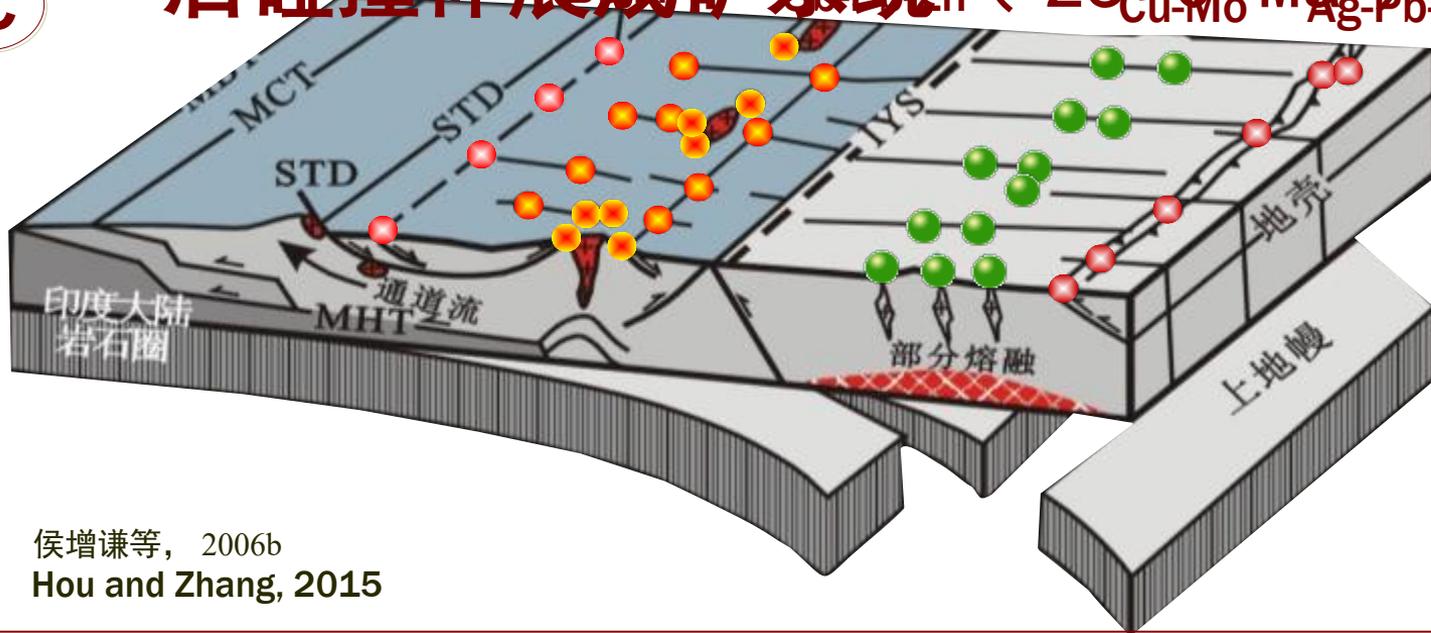
晚碰撞转换成矿系统(40-26Ma)



- 逆冲推覆与流体迁移 + 走滑拉分与流体排泄: Zn-Pb-Cu-Ag ;
- 强烈剪切与幔源物质注入 + 构造后变质 + 变质流体: Au ;
- 走滑断裂与 SCLM 熔融 + 岩浆房发育与流体分凝: Cu-Mo ; REE

C

后碰撞伸展成矿系统 (25-0 Ma)



侯增谦等, 2006b

Hou and Zhang, 2015

- 新生下地壳熔融与斑岩岩浆 - 热液系统: 斑岩型 Cu 矿
- 壳源岩浆驱动循环流体系统: Sb-Au 和 Pb-Zn-Sb 矿
- 地壳流体迁移 - 排泄与金属清扫: Ag-Pb-Zn 矿



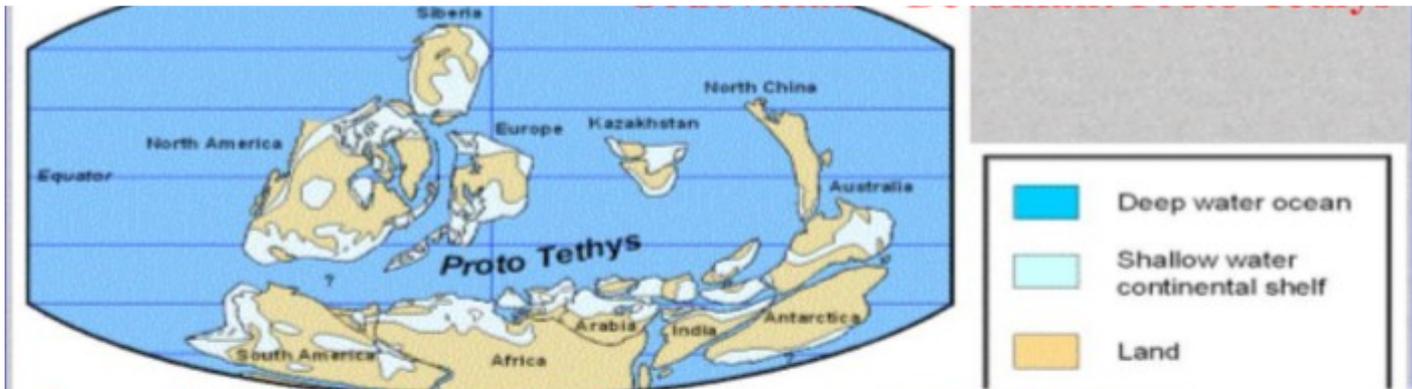
报告提纲

- 1. “一带一路”战略与地质工作机遇**
- 2. “一带一路”沿线油气与矿产资源**
- 3. 特提斯构造演化与成矿成藏作用**
 - 大陆碰撞与金属成矿作用**
 - 特提斯演化与油气富集成藏**

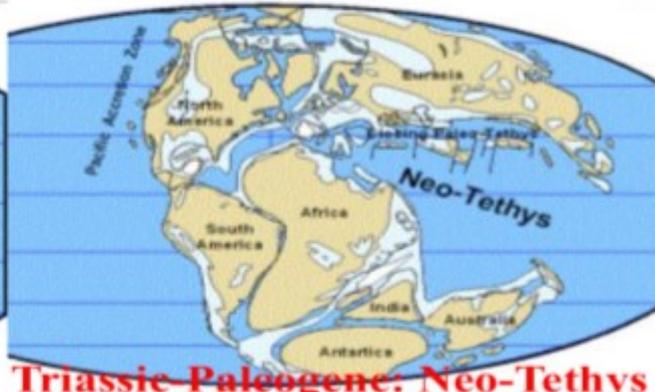
特提斯油气成藏作用

- **特提斯洋的富庶——优越的古环境（古构造、古气候、古水文条件）造就了形成油气得天独厚的物质基础（古生产力、好烃源、好储层、好盖层）；**
- **油气成藏过程与富集规律 -- 地球动力学演化过程中能量的有效组合让一切优越条件在时空上有机地匹配在一起，恰到好处叠加改造过程导致油气大规模聚集与有效保存。**

两期超级大陆聚 - 散 (Rodina → Pangea → 现今)



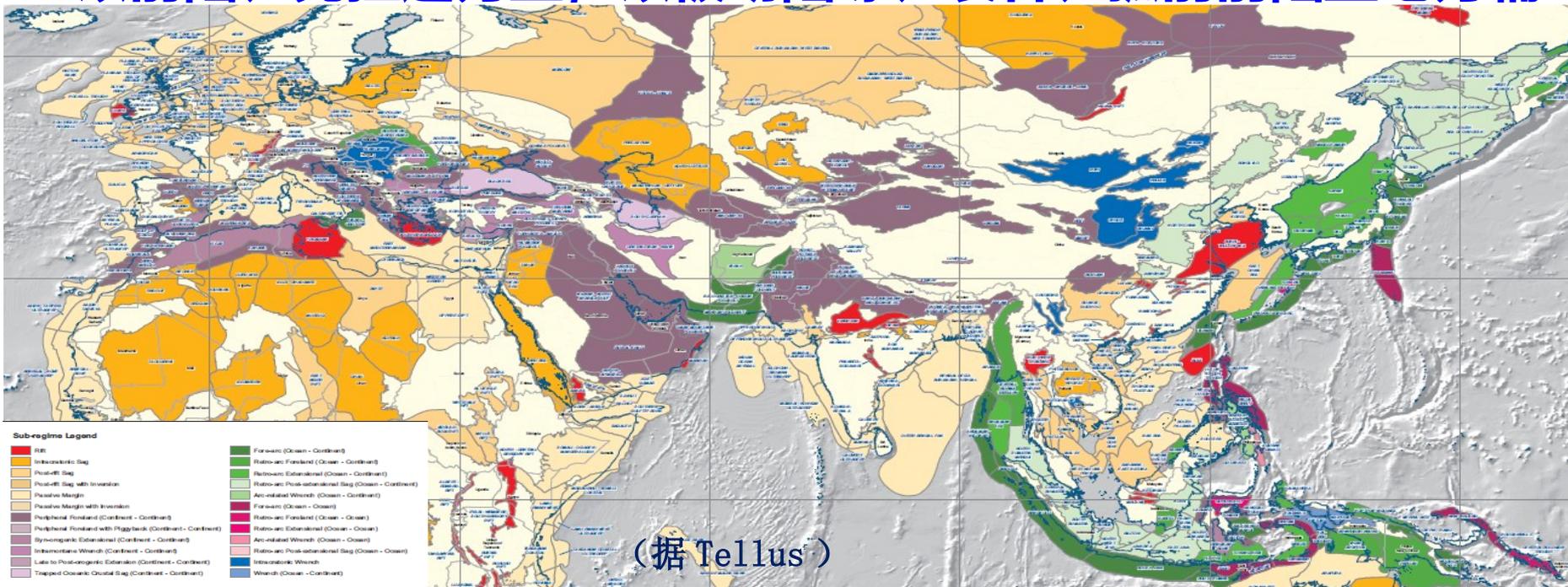
Devonian – Triassic: Paleo Tethys



Triassic – Paleogene: Neo-Tethys

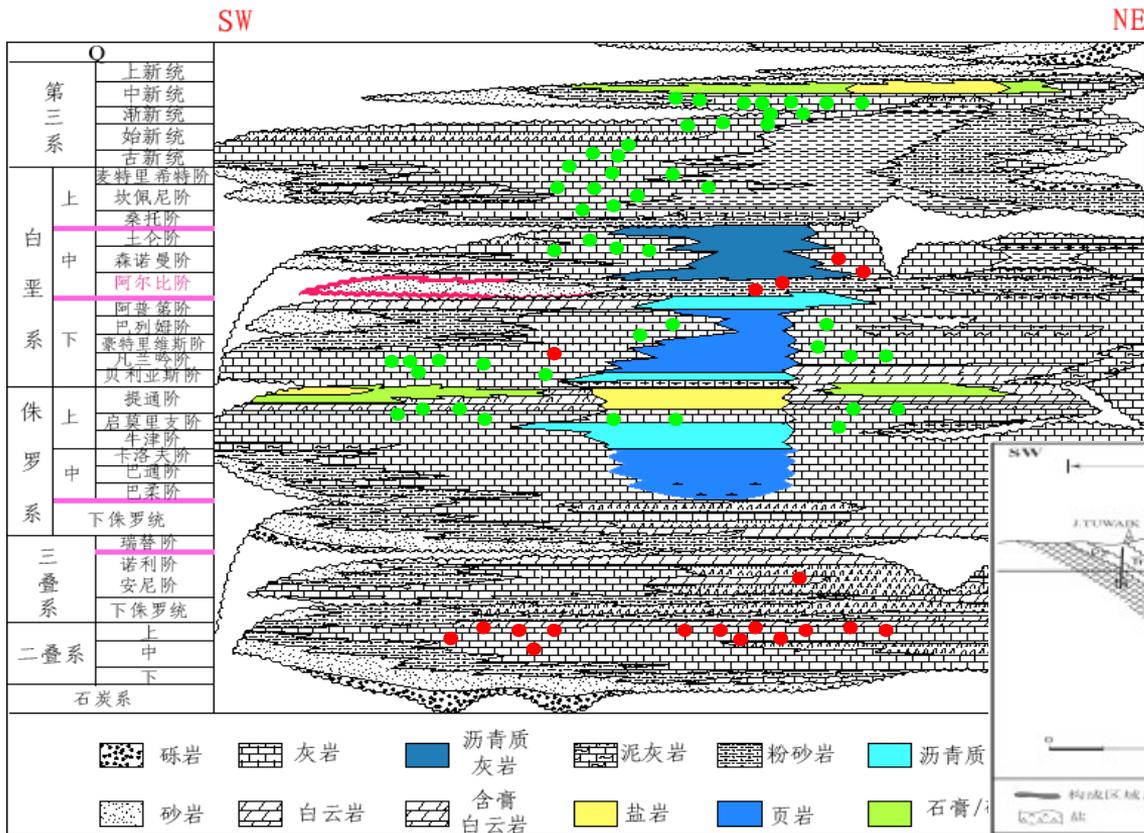
特提斯构造域盆地分布图

以前陆、克拉通为主，以被动陆缘、裂谷、弧前前陆盆地为辅

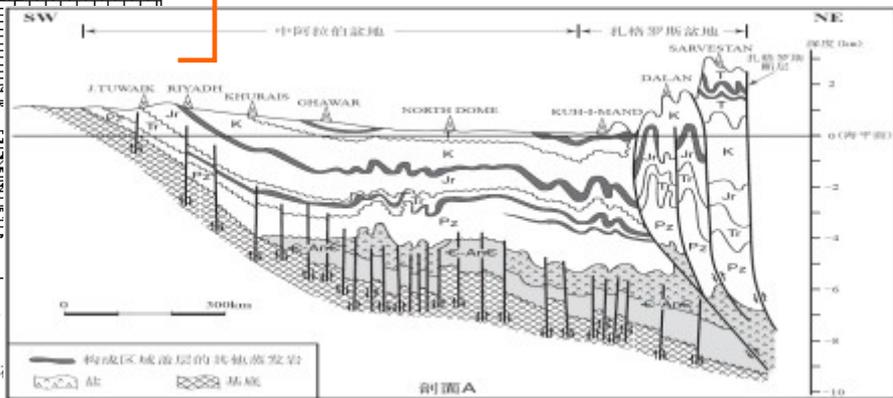


中东地区的扎格罗斯油气省、鲁卜哈利盆地、中阿拉伯油气省、美索布达米亚油气省、西阿拉伯油气省等五大主要盆地，发育多套含油气层系

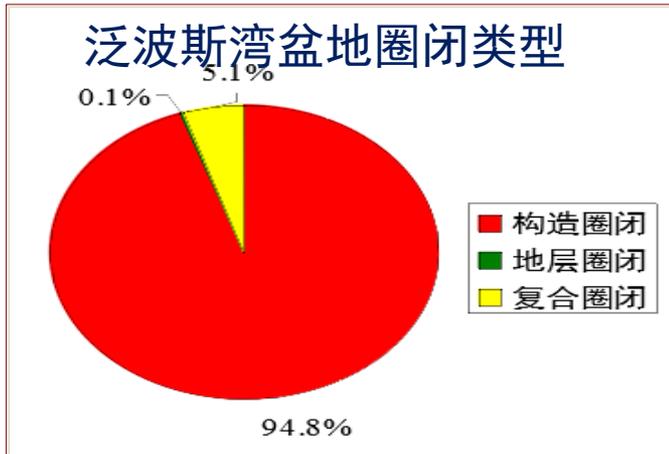
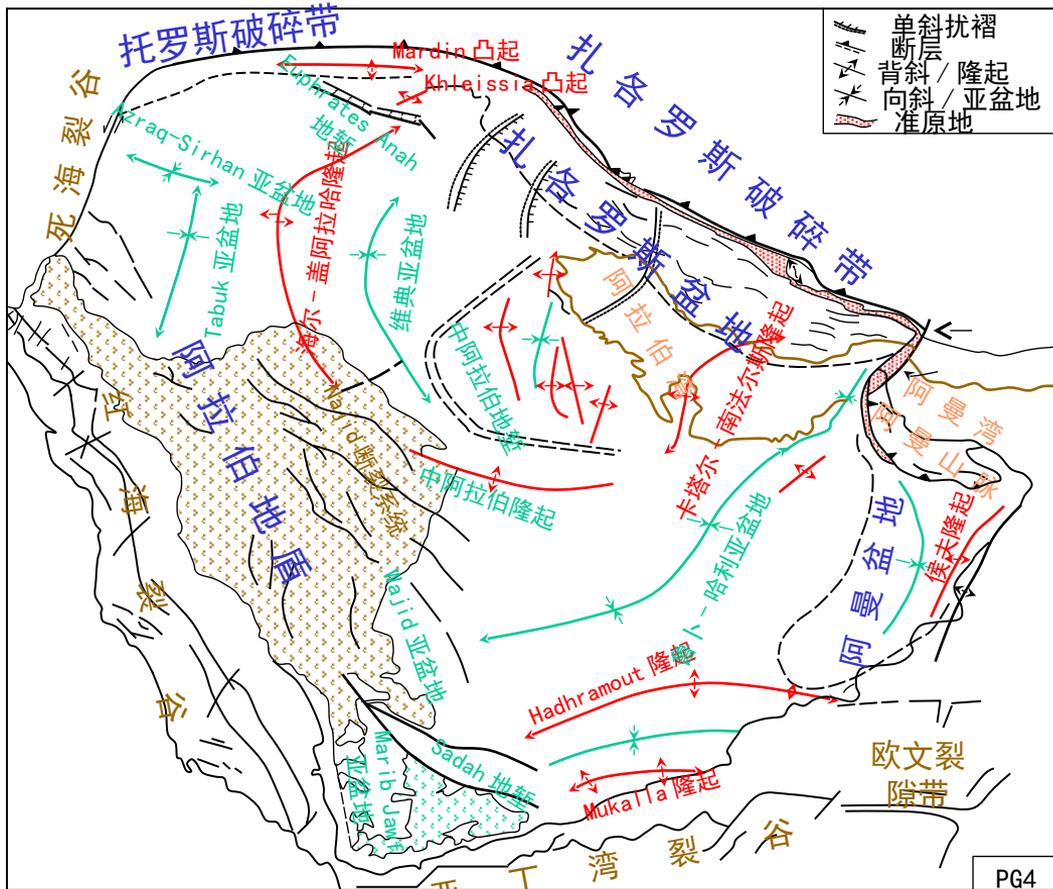
古地貌、古气候条件形成了几套优质的膏盐岩盖层



波斯湾盆地盖层以硬石膏为主，蒸发岩出现在几套沉积层系内，除此之外，页岩和致密的碳酸盐岩也可以构成有效的盖层。



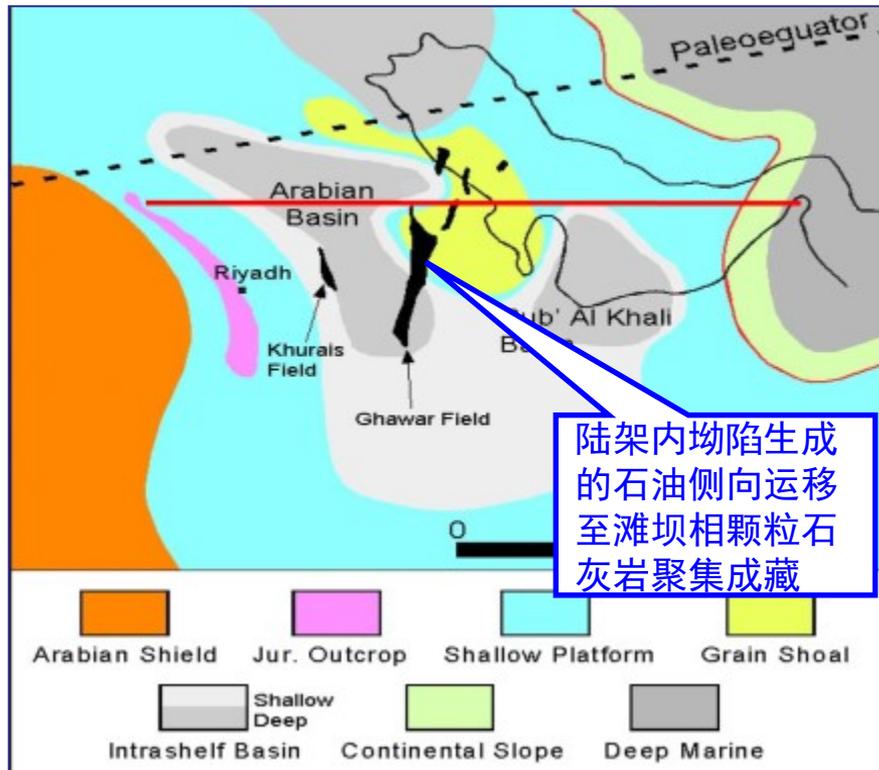
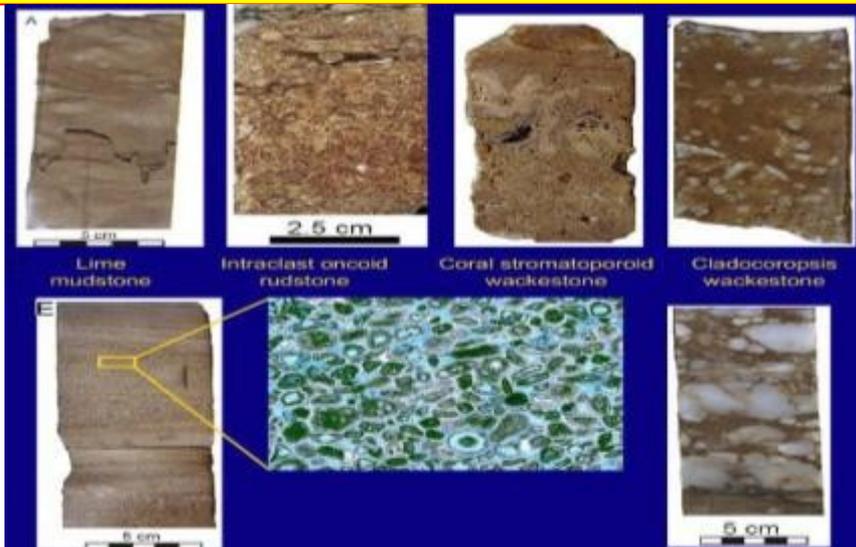
改造与变形导致油气富集或贫化



已发现油气藏中，构造油气藏占绝对优势。与其他盆地相比，波斯湾盆地构造圈闭类型比较简单，主要受基底运动、侧向挤压及盐流动三种机制形成

多种有利因素的叠加效应形成了几个巨型油气富集区

- 继承性的古隆起控制了滩坝相带储层的发育
- 大型古隆起紧邻生油坳陷
- 长期发育的构造高部位是油气运聚的指向区
- 区域性膏岩盖层提供了良好的封闭条件
- 后期构造活动弱，没有被破坏，保存好



波斯湾盆地阿拉伯组 D 段沉积时期沉积环境图
波斯湾盆地阿拉伯组 D 段沉积时期沉积环境图



报告提纲

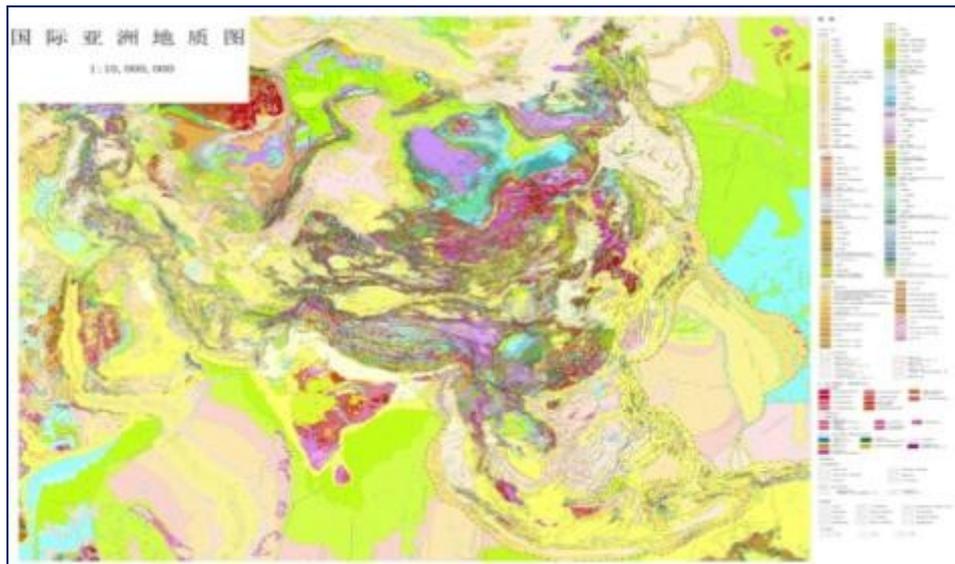
1. **“一带一路”战略与地质工作机遇**
2. **“一带一路”地域油气与矿产资源**
3. **特提斯构造演化与成矿成藏作用**
4. **几点思考和建议**

亚欧地质图、亚洲地质图覆盖整个一带一路地域，初步为“一带一路”战略提供了地质资料基础，搭建了国际合作平台

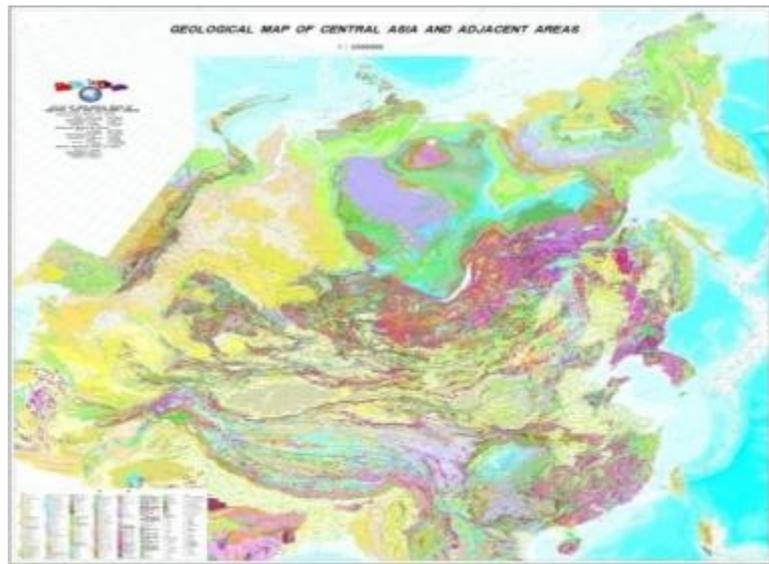


亚欧地质图、亚洲地质图覆盖整个一带一路地域，初步为“一带一路”战略提供了地质资料基础，搭建了国际合作平台

综合数据库多元信息相对欠缺

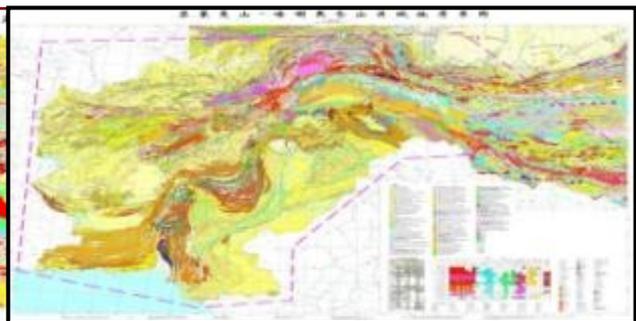
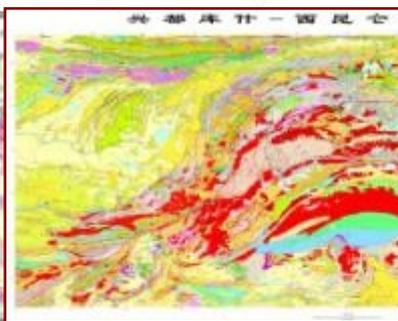
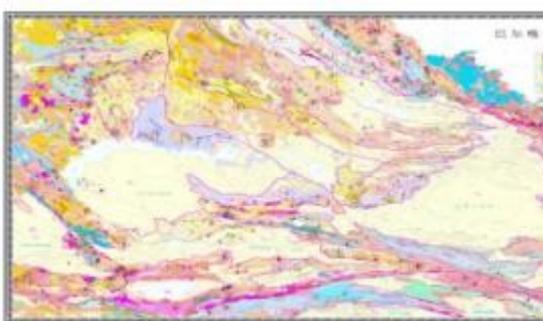


重大关键地质问题有待解决



以国家目标为导向，以重大问题为牵引，开展“地质编图—科学研究—数据库建设”三位一体式的综合研究，势在必行。

围绕重要大通道与经济大走廊的综合地质调查研究 应整体规划，有序推进



围绕不同目标，来自不同机构，部署实施了多个不同类型的科研 - 调查项目

1. 国际地科联：特提斯构造域的 3 项 IGCP 项目
2. 国际地科联：中亚造山带的 3 项 IGCP 项目
3. 国家基金委：特提斯地球动力学（新启动）
4. 科技部：支持一带一路的国际合作
5. 中国地调局：一带一路与境外地质调查

问题与建议

1) 迫切需要加强国家层面的统一领导和统筹协调

目前，缺少国家层面上对工作整体研究部署及各渠道资金的有效统筹考虑和规划。如何有效组织各方力量，发挥各方优势，减少重复工作，有效使用资金，使各单位有效沟通与协作，形成合力，成为进一步推进一带一路国家地学合作向更宽更广领域发展的一项重要问题。

建议部委联合设立“一带一路”战略联合行动委员会

2) 迫切需要加强国家层面的科学规划，顶层设计，联合实施大科学计划实施

建议设立大科学计划：**亚欧大陆增生 - 碰撞与资源能源**



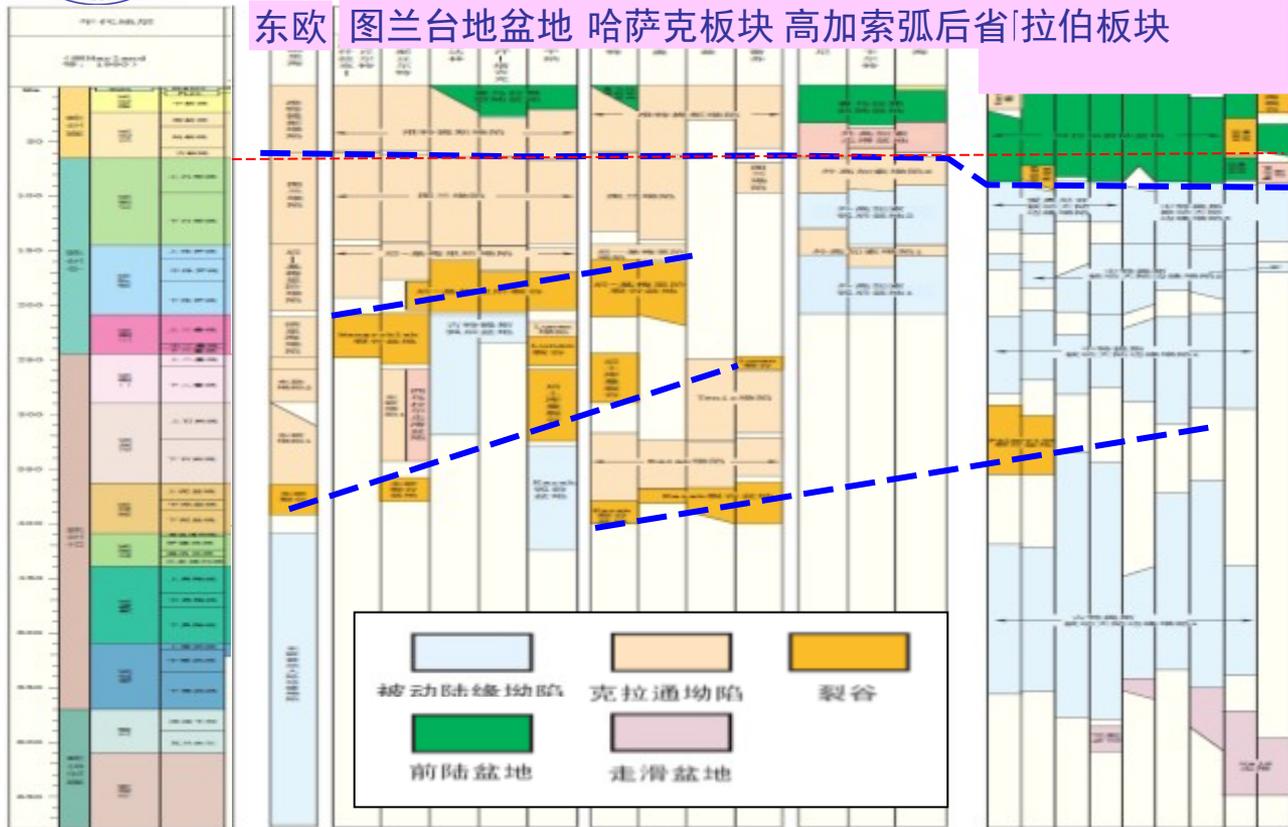
**谢谢
请指正**



大地构造演化控制原型盆地形成与演化

东西分段、南北分带

东欧 图兰台地盆地 哈萨克板块 高加索弧后省 拉伯板块



新生代：断陷—坳陷—前陆（以南里海盆地为代表）

中生代：断陷—坳陷（以阿姆达林、曼格什拉克等为代表）

晚古生代：断陷—坳陷—前陆（以滨里海盆地为代表）