5.1~12.9km，平均 9.4km，与其它金矿的形成深度（约 2km）相差 7km 以上，按照上述成矿模式，在两种成矿深度之间可能还形成了中等深度的金矿床，例如在长安金矿等浅成金矿区可能存在隐伏金矿体，有进一步找矿的潜力。

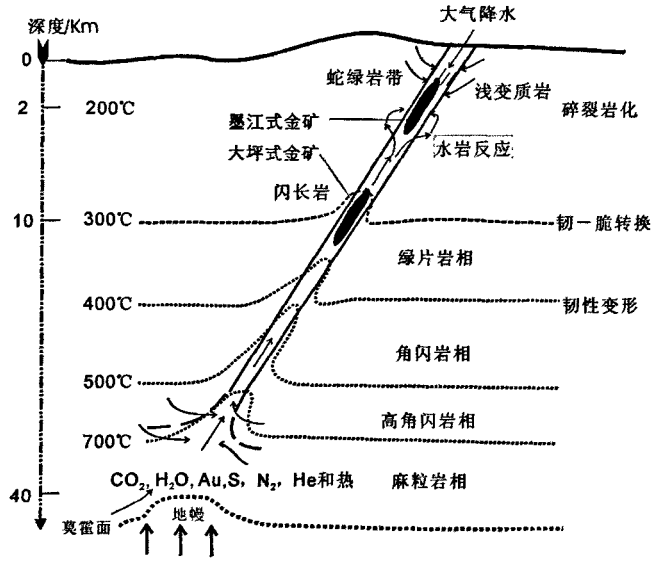


图 7-2 哀牢山金矿带喜山期剪切带控制型金矿成矿模式

7.4 喜山期造山型金矿的主要特征

根据前文的研究结论，本文认为哀牢山喜山期造山型金矿成矿作用有以下主要特征：

(1)成矿时代约为 30~50Ma，为喜山早期。

(2)赋矿围岩为各种原岩成分的低绿片岩相和更低级变质相的古生界变质岩以及浅变质的哀牢山蛇绿混杂岩带，围岩变形从韧脆性到碎裂岩化，近矿围岩发育强烈的碳酸盐化。

(3)矿床主要产于与红河剪切带相关的北西向脆性断裂或断裂破碎带中。

(4)各矿床成矿流体性质类似，均为中－低盐度的富含 CO_2 的 CO_2-H_2O-NaCl 的还原性热液体系，盐度 3.70~14.64wt%NaCl，一般为 7.2~9.0

wt%NaCl，略高于一般剪切带型金矿平均盐度（6.0 wt%NaCl）。

⑸主体成矿温度和深度从 320℃~380℃，5.1~12.9km（平均 9.4km）到 200℃~300℃，2.2~2.6km 或以下，包括中深中温到浅成中一低温的一系列金矿床。

⑹基本为单一 Au 矿种，而 Ag 含量低；载金矿物主要为黄铁矿和石英。

⑺矿化类型：浅层次金矿床为破碎带蚀变岩型＋石英脉型，往深部主要为石英脉型。

⑻成矿流体以深源的壳（下地壳）幔混合的富 CO_2 流体为主导，成矿与本区同时期强烈的壳幔相互作用相关；但浅层次金矿床的成矿流体可能有大气水混合。

⑼矿床均伴随喜山期煌斑岩等基性岩脉的侵入，成矿与喜山期煌斑岩等基性岩浆的活动有成因联系，即成矿流体中幔源物质源于与这些基性岩脉成因相关的上地幔部分熔融产生的岩浆去气作用形成的流体，而其中的下地壳流体源于上地幔部分熔融引起下地壳变质脱水形成的流体。这一点上，西藏马攸木造山型金矿则可能不同，目前的研究既未发现有煌斑岩脉伴生，也未发现深源流体参与成矿的证据，其成矿流体主要为韧性剪切形成的变质流体和大气降水的混合流体[268]。

⑽成矿与中酸性岩浆岩或由其分异的岩浆热液可能关系不大，这一点与雅鲁藏布江缝合带的马攸木造山型金矿类似[268]。陈衍景等(1996) 系统地研究了秦岭碰撞造山带金矿，提出造山型金矿在空间上产于陆内俯冲带与碰撞期花岗岩带之间，时间上形成于碰撞造山期由挤压向伸展的转换过程[269]，侯增谦等（2006）认为这一规律性认识总体上也适用于青藏高原碰撞造山带[268]，本文认为可能也适用于哀牢山造山型金矿带。

⑾区域蛇绿混杂岩带尤其是超基性岩可能在提供成矿物质来源上有着重要贡献（如墨江、老王寨金矿），但整体上区域矿床赋矿围岩无明显的成矿专属性，浅层次矿床成矿流体和成矿物质具有多源性，深层次矿床（如大坪金矿）成矿流体和成矿物质具有深源性，反映了深源流体和成矿物质在区域大规模成矿作用过程中起主导作用。

如上文及表 7-1 所述，哀牢山喜山期造山型金矿带与雅鲁藏布江缝合带马

表 7-1 哀牢山造山型金矿带与典型造山型金矿的对比

一般特征	哀牢山造山型金矿带	西藏马攸木金矿	典型造山型金矿
成矿背景	碰撞造山带	碰撞造山带	增生型造山带
控矿构造	韧性—脆性剪切带	韧性—脆性剪切带	韧性—脆性剪切带
赋矿围岩	蛇绿混杂岩带、闪长岩、沉积变质岩，发育低绿片岩相变质或浅变质	绿泥石英片岩、绢云石英片岩、绢云绿泥方解石片岩	基性—超基性火山岩、BIF、沉积变质岩，一般为绿片岩相变质岩，少浅变质岩
同时代岩浆岩	煌斑岩、辉长岩等基性岩脉及中、酸性岩脉	后侵入花岗岩等中、酸性岩	基性岩及中、酸性岩
矿化类型	石英脉型、破碎带蚀变岩型	破碎带蚀变岩型、石英脉型	破碎带蚀变岩型、石英脉型、糜棱岩型
围岩蚀变	碳酸盐化、绢云母化、硅化、黄铁矿化等	碳酸盐化、硅化、绢云母化、绿泥石化、黄铁矿化等	碳酸盐化、绿泥石化、黄铁矿化、绢云母化、硅化、电气石化
载金矿物	石英＋黄铁矿	石英＋黄铁矿	石英＋黄铁矿
成矿时代	30~50Ma，主碰撞期后	44.08Ma，主碰撞期后	较老，一般在峰期变质之后。
成矿流体	含 N_2 的 CO_2-H_2O-NaCl 体系，盐度 3.70~14.64%，一般为 7.2~9.0%，X_{CO2} 常≥50%	CO_2-H_2O-NaCl 体系，盐度一般为 3~4%，富 CO_2。	CO_2-H_2O-NaCl ± CH_4 体系，盐度 3~10%，一般低于 6%；X_{CO2} 为 5%~30%
成矿 P、T 条件	320~380℃；1.335~440Gpa（以大坪金矿为例）	170℃~290℃；	220℃~500℃，0.05~4GPa
流体来源	以深源壳幔混合流体为主	变质热液和大气水的混合流体	以变质热液为主，一些矿床有岩浆水、深源流体加入。
主要 Au 迁移形式	$Au(HS)_2^-$	$Au(HS)_2^-$	$Au(HS)_2^-$
成矿元素组合	Au+（W+As+Sb）	Au	Au+Ag+ As+ Te+ Sb+ W+ Bi
参考文献	本文	[268]	[190,269~270,273~279]

攸木喜山期造山型金矿床相比，在基本成矿特征上是一致的，但是壳幔相互作用对成矿的影响程度以及作用形式有明显差异，可能与两地区的壳幔结构的差异有关，值得进一步研究。

如表 7-1，将哀牢山喜山期造山型金矿带与世界典型造山型金矿进行对比可知，虽然哀牢山喜山期造山型金矿具有与喜山期以前的典型造山型金矿类似的基本特征（如成矿背景、控矿构造、围岩蚀变、围岩无成矿专属性、矿化类型、流体特征等），但它们的成矿作用也有较明显的差别，主要差别在于：①前者的金成矿作用受强烈壳幔相互作用控制，成矿过程以强烈的垂直物质交换为特点，而后者一般以剪切生成的变质热液的横向迁移为主要特点；②前者的的金成矿作用均伴随强烈基性岩（如煌斑岩）浆活动，在成矿物质来源上它们具有成因联系，而后者与同时代的岩浆岩无或不一定有物源关系；③比较而言，前者的成矿流体更富 CO_2、盐度较高，且金矿石中金属元素组合较简单;④相比其它年老的造山带，哀牢山喜山期造山带金的成矿规模较小。这些均表明哀牢山喜山期造山型金矿带可能是一类新的造山型金矿带。

喜山期造山型金矿并不多见，国内主要见于雅鲁藏布江和哀牢山地区，本文从一定程度上诠释了哀牢山喜山期造山型金矿带的成矿作用特征和成矿机制，为研究喜山期金的成矿作用作了有益的探索并提供了有价值的数据。喜山期造山型金矿是否存在成矿作用的多样性，与其它时代的造山带金矿在壳幔相互作用与成矿的机制上有何差异等诸多问题尚待深入研究。作者认为哀牢山金矿带仍有以下问题值得进一步探讨，如：本区喜山期韧性剪切应变带的划分、活动特征及其与成矿的关系，与本区成矿作用相关的基性岩浆活动事件、与成矿背景相关的中酸性岩浆活动事件在本区喜山期壳幔演化过程中时序和活动特征，长安金矿的成矿作用，等。