

第一篇

华北陆块北缘区域地质概况 及地球物理场特征

第一章 华北陆块北缘区域 地质概况与遥感影像特征

第一节 区域地质概况

一、区域地层系统

1. 太古宙—古元古代变质地层

华北地块北缘太古宙中深变质岩系广泛出露于阴山、燕山、辽西、辽东、吉南及相邻的五台、太行、胶东等地区。

古中太古代变质岩系包括阴山地区原划“集宁群”、燕山地区原划“迁西群”与“密云群”、辽东地区原划“下鞍山群”、吉南地区原划“龙岗群”，还包括原划“胶东群”与“赞皇群”部分中深变质岩系。这些变质杂岩系已发生高角闪岩相-麻粒岩相区域变质作用，80年代以前多被当成变质地层研究，并进行群、组、段划分与对比。80年代以来开始对它们进行新一轮详细调研与大比例尺构造-岩石单元填图，发现其原岩建造颇为复杂，多由基性—中酸性火山岩、海相泥砂岩、含铁硅质岩等表壳岩系与英云闪长岩、花岗闪长岩、奥长花岗岩等早期TTG侵入岩体所组成，因多期变质与变形的强烈影响与改造，使早期表壳岩系与TTG岩体空间关系变得颇为复杂；TTG侵入体原生结构、构造、成分及侵入接触关系均被强烈构造置换，其中片理、片麻理非常发育，形成现今似层状结构，难以与变质火山岩系分开，因此早期一直被当成变质地层对待，导致了对古中太古代地壳演化认识上的误解。但TTG岩体尽管变质、变形程度很高，其中大量表壳岩系捕掳体仍保留较好，这些捕掳体虽发生强烈变形、变质与塑性拉长，至今仍较清晰可辨，成为鉴别TTG岩系的重要依据之一^[1~2]，在原划“迁西群”、“下鞍山群”、“集宁群”中均鉴别出大量TTG侵入岩体；其中原划“迁西群”中TTG岩体占很大比例，在迁西太平寨、金厂峪-上营、喜峰口等地区，原划“迁西群”变质杂岩其原岩以TTG岩体为主^[1~3]。

新太古代中深变质岩系包括原划“单塔子群”、“乌拉山群”、“上鞍山群”、“建平群”、“夹皮沟群”、“上集宁群”与“胶东群”大部，阜平群是属于新太古代还是更老的，目前存在不同认识。这套岩系已发生角闪岩相为主的广泛区域变质作用，其原岩建造一般以海相火山-沉积岩系、硅-铁建造、孔兹岩系及中基性岩脉与岩墙群为主，至少在局部地区如阴山地区“乌拉山群”含有一些TTG侵入岩。冀北“单塔子群”包括大量中、基性岩脉与岩墙群，岩脉、岩墙以辉长岩-闪长岩为主，一般厚达30~200cm，呈似层状顺片理分布，其间夹有变质泥砂质岩系，部分岩脉中尚可鉴别出一定数量的捕掳体，图1-1示典型岩脉群的地质产状特点。

古元古代变质火山-沉积岩系广泛出露于阴山、冀北、辽西北部、辽东与吉南地区，

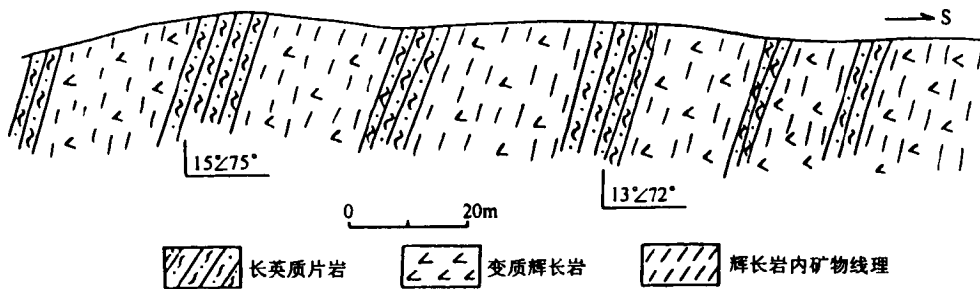


图 1-1 冀北大庙南单塔子群变质基性岩脉群剖面图

与下部太古宙变质岩系呈角度不整合或断层接触，与上部弱变质-未变质盖层沉积之间呈角度不整合接触。古元古界下部包括冀东双山子群、冀北红旗营子群、阴山色尔腾山群、辽东下辽河群、吉南集安群等，至于五台群的时代现仍有争议。这套岩系的原岩建造一般以超基性-基性-中酸性火山-沉积岩系为主，夹条带状硅-铁建造与少量碳酸盐岩层。其上部变质地层包括冀东朱杖子群或青龙河群、阴山二道洼群、胶东粉子山群、辽东上辽河群与吉南老岭群，至于太行山-五台山地区的溥沱群与甘陶河群是划归古元古界上部、还是整个古元古界也有不同看法。这套岩系也已发生低绿片岩相-低角闪岩相区域变质作用，原岩以海相沉积为主，主要为碎屑岩-碳酸盐岩-泥质岩组合，夹数量不等的海底中基性-中酸性火山岩系。

近年来，在吉南、辽东北部、阴山西部、冀东遵化等地区鉴别出多个新太古代绿岩带及一些古元古代绿岩带^[3~5]，成为我国早前寒武纪地质研究的重要进展之一。

2. 中新元古界

中新元古代地层广泛出露于燕山-辽西、辽东、吉南、阴山中北部及太行山、胶东部分地区，在沉积建造方面以巨厚含叠层石礁体的碳酸盐岩层为特色^[5~6]。

中元古界下部包括长城群、白云鄂博群、渣尔泰群及其相当层位，其下部以碎屑岩系为主，中上部以碳酸盐岩与泥质岩为主，中间夹有碱性-偏碱性火山岩系。阴山地区的渣尔泰群与白云鄂博群发生了绿片岩相区域变质作用，而其以东的长城群基本未变质。

中元古界上部包括华北地块北缘中东部地区的蓟县群及阴山地区的什那干群，均以碳酸盐岩-泥质岩为主，夹碎屑岩层，在辽北的泛河地区蓟县群中部尚夹有枕状熔岩层。这套地层基本未变质。

新元古界下部包括燕山-辽西地区的青白口群、辽东-吉南的永宁群与细河群。新元古界上部包括辽东的五行山群、金县群与吉南的浑江群。新元古界地层以碎屑岩、泥质岩与碳酸盐岩层为主，自下而上具有明显碎屑岩-碳酸盐岩-泥质岩沉积旋回。

3. 古生界

古生代地层广泛分布于华北地块北缘及邻区各地，但南部台区与北部槽区古生代具有完全不同的沉积环境与沉积建造类型。

华北地块古生代以稳定的滨浅海相-海陆交互相沉积建造为主，中间缺失志留系与泥盆系；华北地块各地古生代的沉积建造、地层层序与沉积环境都具高度相似性与可对比性。下古生界包括寒武系与中、下奥陶统，以碳酸盐岩地层为主，夹多层碎屑岩与泥质岩系。上古生界的中、上石炭统与下二叠统，以海陆交互相-陆相含碎屑岩-泥质岩的煤系地

层为主，上二叠统则以陆内河湖相粗碎屑岩为主。

北部槽区即兴蒙-吉黑南部褶皱系古生代主要处于海槽、岛弧带与陆缘海环境，形成多期活动型火山-沉积岩系，发育大陆边缘—岛弧带—半深海—深海相各类火山-沉积建造，包括典型的复理石建造、细碧角斑岩建造、硅质岩建造，还存在有不同时期的蛇绿岩套；早古生代地层已发生绿片岩相-低角闪岩相区域变质作用，晚古生代地层也多发生了低绿片岩相区域变质作用^[7~9]。

兴蒙褶皱系古生界下部为温都尔庙群，以绿片岩夹硅质岩、薄层状碳酸盐岩为主，原岩建造属海相活动型火山-沉积建造，测得其 K-Ar 法年龄为 535.8Ma，相当于寒武系^[7]。早古生代中期包尔汉图群及其上白云山组属浅变质火山-沉积岩系夹大理岩透镜体，原岩建造主要为细碧岩、角斑岩、硅质岩、粉砂岩及碳酸盐岩，其中含丰富的海相化石，时代为奥陶纪。早古生代晚期包括白乃庙组、巴特敖包组、西别河组，皆以海相含丰富化石的碎屑岩、生物碎屑岩及碳酸盐岩建造为主，夹数量不等的海底火山岩及火山碎屑岩系，时代属志留纪。东部吉黑褶皱系南部早古生代地层包括吉林地区的部分呼兰群、延边地区的青龙村群、四平地区的下二台群，也已发生绿片岩相-低角闪岩相区域变质作用，原岩建造为活动型海相火山-沉积岩系，时代主要为寒武纪—奥陶纪。

兴蒙-吉黑槽区南部的晚古生代地层以活动型海相火山-沉积岩系为主，含大量生物碎屑岩，已发生低绿片岩相区域浅变质作用。中西部兴蒙地槽泥盆纪地层包括下泥盆统查干合布组与前坤头沟组含丰富生物碎屑的灰岩与泥砂质岩石、上泥盆统色日巴彦敖包组碎屑岩夹火山岩系；石炭纪地层包括下石炭统沟呼都格组与朝吐沟组海相碎屑岩-泥灰岩-碎屑灰岩夹安山岩，上石炭统本巴图组、阿木山组与白家店组以生物碎屑灰岩-泥灰岩为主，夹砂岩与安山岩层；下二叠统地层广泛分布于西乌珠穆沁旗、林西、赤峰、镶黄旗、四子王旗等地区，以碎屑岩-碳酸盐岩-泥质岩为主，夹基性-中酸性火山岩及火山碎屑岩；上二叠统林西组分布于大兴安岭中南部、西乌珠穆沁旗与林西等地区，以泥质岩、碎屑岩为主，局部夹火山岩系，其中粗碎屑岩具磨拉石建造特点；兴蒙褶皱系晚二叠世沉积皆为陆相河湖相并显示出一定的活动性特点。吉黑地槽南部即四平-吉林-延边地区，发育石炭纪-二叠纪海相火山-沉积岩系，不同地层分区地层单元名称各异但其建造与变质特点类似；以吉林地区为例，晚古生代地层包括下石炭统北通气沟组、鹿圈屯组、中石炭统磨盘山组、上石炭统石嘴子组、下二叠统寿山沟组、范家屯组-拉溪组及上二叠统杨家沟组、马达屯组。各组原岩建造皆以海相碎屑岩-碳酸盐岩-泥质岩为主，复理石建造居主导地位，夹不同比例的海底火山岩与火山碎屑岩^[9]。

4. 中生界

中生代，华北地块北缘及其北侧的兴蒙-吉黑地区广泛发育以陆内河湖相为主的碎屑岩-泥质岩系，夹多层陆相火山岩-火山碎屑岩，岩石未发生区域变质作用^[7~12]。巨厚的中生界主要分布于鄂尔多斯盆地、华北盆地、松辽盆地、二连盆地等大型沉积盆地，其中蕴藏着丰富的油气资源。而在阴山、燕山、辽西、吉南、胶东、辽东、大兴安岭、太行山等地区，中生代多发育一些中小型盆地，其中分布有侏罗纪-白垩纪多期火山-沉积岩系或含煤碎屑岩系，局部地区发育有三叠系；这些中小型中生代盆地含多层煤层与油页岩资源。

三叠系以鄂尔多斯盆地最厚、最为完整，在燕山、辽西、辽东等地区也有零星分布。

鄂尔多斯盆地三叠系自下而上依次为下三叠统刘家沟组、和尚沟组，中三叠统二马营组、铜川组，上三叠统延长组，以河湖相碎屑岩-泥质岩为主；燕山-辽西及辽吉等地区三叠系粗碎屑岩成分增多，局部夹基性-中酸性火山岩系与火山碎屑岩层。

侏罗纪沉积范围扩大，在华北北缘及邻区各主要中生代盆地中多有分布，沉积建造以陆内河湖相碎屑岩-泥质岩为主，夹多层煤层；在大型沉积盆地以泥质岩与细碎屑岩为主，局部夹火山岩系；在山间中小型盆地内粗碎屑成分增多，中东部山间盆地内夹多层厚度很大的基性-中酸性火山岩系。

白垩纪沉积较为广泛分布于中生代盆地内，以河湖相碎屑岩-泥质岩为主。在二连盆地、华北盆地、松辽盆地、下辽河盆地白垩系尤其上白垩统沉积厚度巨大，以细碎屑岩、泥质岩为主，局部发育多层中酸性火山岩系；在燕山、辽西、辽东、吉南、胶东等地区，白垩纪地层中以含多层中酸性-中基性火山岩为特点。白垩系中可含多层生油层与煤层。

5. 新生界

新生界广泛分布于下辽河-渤海湾-华北盆地、内蒙古草原、松辽盆地与鄂尔多斯盆地。在裂谷型盆地内新生代地层厚度较大，沉积物以河湖相碎屑岩-泥质岩为主，局部夹中基性火山岩系。其中在华北-下辽河等大型盆地内，新生代尚发育多层陆表海相的泥质-泥砂质岩系。在山区，尚发育广泛分布的洪积及残、坡积物与河床相砂砾层；在坝上高原、太行山北部、长白山、龙岗山脉及内蒙古集宁等地区，新生代尚发育多期中基性火山岩层。

二、区域岩浆岩类

华北地块北缘及邻区在长达 38 亿年的地质历史时期，发育多期、多种类型侵入岩与多期不同的火山岩。全区岩浆岩类型繁多、数量大、成因类型复杂，出露面积很大；在一些地区侵入岩出露面积可达全区总面积的 80% 以上^[5-13]。

1. 侵入岩类

华北地块北缘及邻区，岩浆侵入作用主要发生于太古宙、古元古代、古生代与中生代，而中新元古代与新生代侵入岩较少。

太古宙-古元古代，华北地块北缘发育多期岩浆侵入活动。古中太古代侵入岩以英云闪长岩-花岗闪长岩-奥长花岗岩（TTG）组合为主，如前所述，这些侵入岩多已发生角闪岩相-麻粒岩相区域变质作用，岩体形态与原生结构构造均受到多期变形-变质的强烈影响与置换，易被当成变质地层；近年来在古、中太古代中深变质岩系内鉴别出越来越多的 TTG 岩体，对冀东地区“迁西群”的深入研究揭示出其中存在大量 TTG 侵入岩套，在金厂峪、上营、太平寨、喜峰口等地“迁西群”以变质 TTG 岩套为主^[1]。在辽东、阴山、辽西等地区古中太古代深变质岩系中，也均鉴别出较多的 TTG 侵入岩体。此外，太古宙麻粒岩相变质期尚伴有紫苏花岗岩侵位，如冀东太平寨-金厂峪一带发育多个与麻粒岩时代相近、空间上紧密伴生的紫苏花岗岩侵入体。新太古代早期侵入岩以中基性岩墙、岩脉群为主，单塔子群中已鉴别出大量这类顺片理分布的似层状侵入岩脉（图 1-1）；晚期以中酸性侵入岩为主，形成大量规模较大的花岗质岩体，如山海关-绥中混合花岗岩、鞍山花岗岩、弓长岭花岗岩、摩离山斜长花岗岩等。古元古代早期侵入岩以辉长-闪长岩为主，晚期以中酸性侵入岩为主，包括混合花岗岩、二长岩、钾长花岗岩等岩石类型，典型岩体

如大青山南缘钾长花岗岩带、十二分子钾长花岗岩、都山花岗岩、辽东高丽墩台花岗岩等；在阴山、冀东朱杖子等地尚发育古元古代晚期混合花岗岩与混合岩。

中新元古代侵入岩数量较少，侵入活动微弱，仅在阴山白云鄂博—渣尔泰山、燕山、辽东有零星出露，包括非典型造山期的大庙斜长岩、密云环斑花岗岩等岩体。

古生代侵入岩广泛分布于兴蒙-吉黑褶皱系及其南缘的内蒙古基底隆起带。早古生代侵入岩在内蒙古西南部、白乃庙、吉林与四平等地有出露，但数量较少。晚古生代侵入岩数量、类型与出露面积均多于早古生代，广泛分布于兴蒙褶皱带、吉黑褶皱系及内蒙古基底隆起带。早期以中基性侵入岩为主，晚期以中酸性侵入岩为主，典型岩体如巴音高勒忠义正长岩、康保花岗岩、建平花岗岩、骆驼山花岗岩、崇礼碱性岩带、崇礼-赤城-隆化-阜新华力西期-印支期基性-超基性岩带、吉林-延边大面积华力西期中酸性侵入岩等。

中生代是华北地块北缘及兴蒙-吉黑地区又一个岩浆侵入高峰期，形成数百个大小不等的岩体，以中酸性侵入岩为主，含少量基性-超基性侵入岩。印支期多种侵入岩在辽东、燕山、阴山均有分布，尤其是在辽东地区印支期中酸性岩体广泛出露。本期典型的岩体如冀北红石砬超基性岩、光岭山花岗岩、大光顶花岗闪长岩、高寺台角闪岩、河坎子碱性杂岩、岫岩花岗岩、五龙背花岗岩、赛马碱性杂岩等。燕山期侵入岩广泛分布于阴山、燕山、辽西、辽东、吉南、胶东、兴蒙及吉黑褶皱系等地区；至少发育三期侵入作用，岩浆侵入体数量、类型、分布范围均远大于印支期，达到中生代侵入活动的高峰。岩石类型以花岗岩、花岗闪长岩、闪长岩、二长岩、正长岩为主，多数岩体为多期侵入的杂岩体，典型者如喀喇沁旗花岗岩、房山闪长岩、八达岭中酸性杂岩体、铭山花岗岩、黄岗梁花岗岩、雾灵山碱性杂岩、响山碱性花岗岩、圣宗庙碱性花岗岩、锦西花岗岩、医巫闾山花岗岩、草河掌二长花岗岩、宽甸花岗岩、千山花岗岩、郭家店花岗岩、玲珑花岗岩等。

新生代侵入岩出露极少，仅个别基性小岩体、小岩脉被认为是新生代侵入岩^[13]。

2. 火山岩类

华北地块北缘发育多期火山岩，在太古宙、古元古代、中元古代、早古生代、晚古生代、印支期、燕山期与喜山期均发生过强度不同的火山活动，以太古宙—古元古代、古生代与中生代中晚期岩浆喷发活动最为强烈。各期火山活动强度、火山喷发环境与火山岩类型均有所区别。

太古宙火山岩以海底中基性-中酸性火山岩为主，可含少量超基性的科马提质岩，其中很多火山岩形成于古岛弧带与深海盆地^[7~10]。太古宙火山岩已发生中高级区域变质作用，原岩结构、构造已被强烈改造。新太古代绿岩带发育超基性-基性-中酸性火山岩组合，火山喷发具有显著的旋回性。

古元古代火山岩仍以中基性-中酸性火山岩为主，大部分形成于海底环境；部分与孔兹岩系伴生，可能形成于较稳定的陆棚环境。在冀东朱杖子、阴山、辽东、吉南等地区，古元古代绿岩带火山岩具有明显的超基性-基性-中酸性火山喷发旋回。

中元古代火山活动主要发育于古裂谷带或拗拉槽内，以碱性火山岩与偏碱性火山岩为主；前者如白云鄂博群内的含铁-稀土碳酸岩-碱性玄武岩组合，后者如燕山-辽西地区长城群大红峪组内的玄武岩-安山岩组合，在泛河拗陷尚发育有蓟县群雾迷山组的枕状细碧岩。

古生代火山活动主要发生于兴蒙-吉黑南部槽区，早、晚古生代均发育多期海底基性与中酸性火山喷发作用。温都尔庙群、白乃庙组与下二台群等下古生界均夹有多层海底火

山岩系；在白乃庙—温都尔庙地区尚鉴别出早古生代岛弧型火山岩系^[7]。晚古生代火山活动仍以多期海底火山喷发为主，火山岩组合以中基性火山岩为主；在蛇绿混杂岩内残留有一些超基性火山质岩石；兴蒙褶皱系晚二叠世发育一些陆相火山岩。在锡林浩特—艾力格庙陆块两侧均鉴别出中、晚华力西期岛弧型火山岩^[7]。

中生代的火山活动皆为陆内火山活动，在华北地块北缘及其北侧的兴蒙—吉黑地区皆十分强烈，其中燕山期火山喷发强度达到高峰，形成了广泛分布的基性—中酸性—碱性火山岩系。印支期火山岩主要分布于冀东北下板城—平泉、辽西地区、吉林的浑江及延边地区，如辽西晚三叠世兴隆沟组中基性火山岩、冀东北下板城地区的下板城组与胡杖子组内夹中酸性火山岩、凝灰岩。燕山期至少发育4~5期强烈的火山喷发活动，包括早侏罗世早期南大岭期基性—中基性火山岩、中晚侏罗世髫髻山期中性—中基性火山岩、早白垩世早期东岭台期中酸性火山岩、早白垩世中期建昌期中基性火山岩及晚白垩世大凌河期基性—中基性火山岩。燕山期火山岩广泛分布于阴山东部、燕山—辽西、辽东、吉南、胶东、太行山及兴蒙—吉黑等地区，在华北平原、松辽平原与渤海湾盆地也有分布。

新生代火山活动仍比较强烈，但其活动强度与分布范围均远小于燕山期。新生代华北北缘及邻区至少存在三期火山活动，即老第三纪、新第三纪与第四纪火山喷发作用，各期火山岩均以玄武岩为主。新第三纪火山岩分布于大兴安岭西缘、坝上高原、集宁等中西段地区，如著名的汉诺坝玄武岩。第四纪火山岩主要分布于郯庐断裂带及其以东地区，如长白山火山岩带；在中西部如内蒙古、大同、张北等地区也发育有一些第四纪火山岩。

三、区域变质作用与变质带

华北地块北缘变质岩系与变质带分布广泛。发育有多期、多种类型变质作用，主要为区域变质作用，另外尚发育构造带动力变质作用与侵入岩接触热变质作用。

1. 区域变质作用与变质带

华北地块北缘发育麻粒岩相、高角闪岩相、低角闪岩相、高绿片岩相与低绿片岩相不同类型的区域变质岩带。麻粒岩相区域变质作用主要发生于古中太古代阶段的迁西期，原划“迁西群”、“密云群”、“集宁群”、“下鞍山群”等发生了广泛的麻粒岩相区域变质作用；新太古代阶段形成的火山—沉积岩系、孔兹岩系局部也可发生麻粒岩相变质作用。高角闪岩相区域变质作用主要发生于新太古代，原划“单塔子群”、“乌拉山群”、“上鞍山群”、“建平群”与“夹皮沟群”发生了广泛的高角闪岩相区域变质作用；部分古中太古代TTG侵入岩与火山—沉积岩系也可发生高角闪岩相区域变质；局部地区古元古代早期形成的火山—沉积岩系的变质程度亦达高角闪岩相，如冀东、阴山、吉南等地区。低角闪岩相—高绿片岩相区域变质作用主要发生于古元古代早期，使这一时期的火山—沉积岩系发生了广泛的低角闪岩相—高绿片岩相区域变质，如双山子群、红旗营子群、色尔腾山群、下辽河群、集安群等；一些早期高角闪岩相—麻粒岩相变质岩在古元古代早期发生绿片岩相—低角闪岩相退变质作用，如冀东金厂峪金矿区原划“迁西群”^[15]。华北地块北缘古元古代晚期火山—沉积岩系与其北侧槽区内早古生代早期褶皱带局部可发生高绿片岩相—低角闪岩相区域变质，如冀东朱杖子盆地朱杖子群下部层位、兴蒙褶皱系温都尔庙群等。低绿片岩相区域变质作用在华北地块北缘主要发生于古元古代晚期，使吕梁期形成的朱杖子群、上辽河群、二道洼群、滹沱群、粉子山群、老岭群火山—沉积岩系发生了广泛的低绿片岩相—

高绿片岩相区域变质。中元古代中期阴山地区的渣尔泰群与白云鄂博群也发生了低绿片岩相区域变质作用。辽东-胶东地区的中新元古代地层如细河群、五行山群等在印支期局部发生低绿片岩相区域动力变质作用。兴蒙-吉黑地区加里东期-华力西期火山沉积岩系也多发生以低绿片岩相为主的区域变质作用，如白乃庙组、西别河组、哲斯敖包组、本巴图组、林西组等地层。

2. 构造带动力变质作用与变质带

华北地块北缘古生代-中生代很多重要的构造带均伴有带状展布的动力变质作用，形成不同规模的动力变质带。古生代动力变质作用主要发生于兴蒙褶皱系西部如温都尔庙-西拉木伦河消减带古生代早期发育高温低压与高压低温双变质带。中生代沿一些重要的EW向与NNE向大断裂带发生了低绿片岩相带状的动力变质作用，如丰宁-隆化断裂带使中新元古代沉积岩系发生动力变质，形成绿片岩与硅质片岩带；崇礼-赤城断裂带内动力变质作用使其早侏罗世门头沟组煤系地层发生低绿片岩相变质作用与广泛片理化。沿NNE向的太行山-紫荆关断裂、郟庐断裂带也都伴有燕山期强烈的动力变质作用，局部形成多硅白云母、硬绿泥石等中高压变质矿物。

3. 接触热变质作用与变质带

华北地块北缘各期侵入体均伴有不同程度的接触热变质作用。太古宙-古元古代接触热变质带受中深变质作用与区域构造变形的强烈改造，大部分难以鉴别。古生代接触热变质作用主要发育于兴蒙-吉黑褶皱系，形成夕卡岩化带、大理岩化带、角岩化带等接触变质带，局部伴有铜多金属矿化，如白乃庙岩体外围含铜夕卡岩带。中生代接触热变质作用与变质带分布于华北地块北缘及邻区各主要构造-岩浆岩带，主要发生于燕山期，与闪长岩、花岗闪长岩、二长岩等岩体侵入有成因联系，常见接触热变质类型有夕卡岩化、大理岩化、角岩化及外围烘烤作用；典型实例如寿王坟花岗闪长岩外围含铜夕卡岩化-大理岩化带、小寺沟岩体外围环状夕卡岩化-大理岩化带、房山闪长岩外围夕线石化、红柱石化与角岩化带等。各期接触热变质作用与变质带均在空间上表现出良好的以岩体为中心的环状分带性；靠近岩体及岩体内部以高温夕卡岩化带为主，向外逐渐变为中温-中低温-低温夕卡岩化带如透辉石夕卡岩化带、蛇纹石化带、叶蜡石化带等，再向外则变为大理岩化带及烘烤带，如小寺沟等地岩体外围存在显著接触热变质分带。

四、区域矿产概况

华北地块北缘及邻区经历了多期不同类型的造山作用历史，发育多期强烈的构造-岩浆活动、多期变质作用、多种不同类型的火山-沉积作用，形成了丰富的矿产资源，构成我国重要的能源、非金属、贵金属等多种有色金属矿产基地。

1. 能源矿产

华北北缘主要能源矿产有石油、天然气与煤炭。华北盆地、松辽盆地、鄂尔多斯盆地、下辽河-渤海拗陷、二连盆地等在中新生代形成了丰富的石油与天然气资源，成为我国最重要的油气高产区。燕山-辽西、吉黑等地区中生代断陷盆地内也发育一些含油气层与油页岩层。煤为华北地块北缘及邻区最重要的能源资源，其中山西与鄂尔多斯盆地石炭-二叠纪煤炭是我国最重要的能源之一，已形成我国最大的煤炭生产基地。侏罗-白垩纪陆相煤系地层广泛分布于各中生代盆地内，在京西、冀北、阴山南部、辽西、辽东、兴

蒙-吉黑等地区已探明一批重要煤田，其中煤系主要形成于侏罗纪-白垩纪。新生代尚在一些拗陷和断陷盆地形成一些丰富的煤层、泥炭层与油气层。

2. 金属矿产

华北地块北缘及邻区金属矿产资源十分丰富，种类繁多，产有一批重要的大型-超大型金属矿床。

区内铁矿在我国具有重要地位，主要形成于太古宙-古元古代，最重要的铁矿资源为条带状磁铁石英岩（BIF），其中已探明一些很重要的铁矿床，如迁安铁矿、鞍山铁矿等。中元古代形成了沉积成因宣龙式铁矿、火山-沉积成因白云鄂博式铁-稀土矿床、基性岩型大庙式钒钛铁矿床等。中生代形成一些规模小而品位高的夕卡岩型铁多金属矿床如黄岗梁地区。

金、银与铂贵金属矿产在华北地块北缘及邻区也较为丰富，以金、银矿为主。区内已探明 150 多个大、中型金矿与很多大、中型银矿，这些大、中型金、银矿大部分都形成于中生代，与中生代火山活动、岩浆侵入活动及断裂活动有成因联系^[14]，如胶东玲珑石英脉型超大型金矿、焦家蚀变岩型超大型金矿、金厂峪大型复脉型金矿、后沟-东坪碱性岩型金矿带、奈林沟火山岩型金矿等及丰宁银矿、东山-姑子沟银多金属矿带脉型银矿、满汉土-小扣花营火山岩型银矿等。部分金矿形成于华力西晚期-印支期，如辽西排山楼韧性剪切型金矿、内蒙古哈德沟门石英脉型金矿等；尚有部分金矿与太古宙-古元古代绿岩带形成演化有成因联系，如夹皮沟金矿、五龙金矿^[3-4]等。铂矿化主要与华力西期晚期沿内蒙古基底隆起带近东西向分布的基性-超基性侵入岩有关，如冀北红石砬子铂矿，分布于红石砬含铂超基性岩体内。

铅锌矿是华北北缘及邻区又一重要类型的矿产资源，主要形成于古元古代、中元古代及中生代。古元古代铅锌矿主要分布于辽东-吉南地区的辽河群下部，属变质沉积成因，其中已发现一批中大型铅锌矿床，如青城子、大栗子等矿床。中元古代铅锌矿化与古裂谷期沉积作用有成因联系，主要为层状铅锌矿，如冀东高板河、内蒙古西部霍各气、甲生盘、东升庙等矿床。中生代铅锌矿化主要与燕山期中酸性岩体侵入及其有关的热液活动存在成因联系，形成了脉状铅锌矿床如蔡家营铅锌银金矿与夕卡岩型铅锌矿如八家子铅锌矿等。

铜钼矿在华北地块北缘也较为丰富，以钼矿为主，主要与华力西期-中生代岩浆侵入有成因联系，个别铜矿床与太古宙变质作用有关。主要矿床类型有斑岩型铜矿、斑岩型钼矿、夕卡岩型铜矿、夕卡岩型钼矿及脉型铜、钼矿。斑岩型钼矿如撒岱沟门钼矿、兰家沟钼矿、大庄科钼矿，脉型-夕卡岩型钼矿如杨家杖子钼矿、小寺沟铜相矿等。斑岩型-夕卡岩型铜矿如白乃庙铜矿，夕卡岩型铜矿如寿王坟铜矿，脉型铜矿如产于原划“迁西群”变质杂岩系内的东荒峪铜矿等。大红峪期火山岩内尚发育火山岩型及火山热液型含铜矿化。

其他重要金属矿产尚有稀土矿床（白云鄂博、冀东麻地）、钒钛矿（大庙、高寺台）、铝矿（山西等地铝土矿）、铜-镍矿（红透山、红旗岭）等矿产。

3. 非金属及宝、玉石矿产

华北地块北缘及邻区的非金属矿产包括建材、涂料、陶瓷原料、水泥原料等多种类型矿产资源，如高岭石矿、石灰石矿、滑石矿、硼镁矿、优质石材（大理岩、花岗岩等），

其中辽东的硼镁矿举世闻名。

区内盛产多种宝石与玉石矿床，如著名的辽东复县金刚石矿，冀北张家口地区的宝石级橄榄石矿，燕山-辽西与辽东地区的水晶矿、玛瑙矿、刚玉矿、红宝石矿，一些地区如辽东岫岩等地尚产玉石资源。

第二节 遥感影像特征

华北地块北缘及邻区面积大，沙漠、森林及第四纪沉积覆盖较多。据此特点，课题组决定借助于卫片解译来帮助解决部分构造区带划分有关问题。遥感方法具有一些常规地质方法所难以比拟的优势，如视野的广阔性、宏观性和一定的透视性等^[16~19]。这对追索一些重要构造带的平面分布、对分析断裂构造的复合关系、对剖析构造控矿规律都有不可低估的辅助作用。

在华北地块北缘及邻区范围内，各省、区地矿系统都曾对其所辖地区开展过不同程度的遥感解译工作，地质力学所“七五”燕山项目曾对燕山地区新构造进行过卫片解译^[13]，但对整个地块北缘及邻区的综合遥感解译尚未见报导。

一、依据资料与解译方法

1. 遥感解译依据资料

本次遥感解译工作主要依据不同比例尺的卫片与本项目野外调研资料、区域地质资料；力求做到遥感解译与野外适当检验相结合，多种不同比例尺的遥感影像相结合，遥感资料与地质构造-地球物理资料相结合；以期此项遥感解译工作有较高起点，并使解译结果有较高的真实性与可靠性。

遥感解译过程中应用的资料，包括以下六个方面：

(1) 本课题镶嵌的华北地块北缘全区 1:100 万 MSS 黑白卫片，其所覆盖的地理范围包括内蒙古西南部、河北北部、北京市、天津市、辽宁省、吉林省中南部及山西省北部。

(2) 燕山-辽西地区 1:50 万 MSS 黑白卫片。

(3) 燕山等典型区带，应用中科院地面遥感站提供的最新 1:20 万彩色 TM 卫片，另外局部地区参考大比例尺航空照片。

(4) 地质力学所“七五”—“八五”期间在燕山-辽西地区的调研资料与科研成果。

(5) “八五”以来本课题组在包头-白云鄂博走廊带、北京-房山-张北走廊带、蓟县承德-赤峰-林西走廊带、旅大-铁岭走廊带及长春-龙岗-临江走廊带较为详细的野外观察资料。

(6) 有关省区地矿局的区域地质志及其中 1:50 万与 1:100 万地质构造系列图件等。

2. 遥感解译方法

(1) 解译手段：以目视并借助放大镜分析解译为主。在解译过程中注意不同比例尺与不同类型遥感影像的有机结合与综合解译，将部分典型现象的遥感解译与野外现场验证结合起来。

(2) 解译程序：首先在研究程度较高的燕山地区建立解译标志，然后逐步向外推广至全区，解译过程中注意检验与修正解译标志。

依据从易到难的解译顺序：先从熟悉的燕山地区开始，后至不太熟悉的邻区；先新构造与活动构造，后老构造；先基岩区后覆盖区。

(3) 解译重点：侧重于解译不同级别的线性构造与不同类型的环状构造，局部重要部位应用 1:20 万彩色 TM 卫片与适当的航片详细解译规模较大的褶皱构造。

二、主要解译标志

华北地块北缘及邻区不同构造类型、不同种类的遥感图像的具体解译标志不尽相同，但解译标志的类型相近，包括色调标志、地貌标志、水系标志与地物标志等。

1. 本区线性构造（断裂构造）的主要解译标志

(1) 断裂本身是一条线性的特征影像带，尤其是主干活动断裂，在卫片上常表现为明显的线性浅色或深色带，如郟庐断裂、敦密断裂、鸭绿江断裂、大同盆地西缘的七峰山-鹅毛口断裂等。

(2) 断裂两盘色调存在较明显的差别。

(3) 断裂两盘水系特征明显不同。

(4) 沿断裂带线性分布的断崖、断层三角面、阶地、沟谷以及冲积锥或洪积扇群等。

(5) 水系与沟谷的方向在断裂带线性拐弯与取直。

(6) 断裂带两侧地貌、地物特征截然不同。

(7) 当长距离直线状展布的水系与沟谷切割不同地貌单元时，常为规模较大的断裂带。

(8) 线性含水破碎带常表现为连续或断续分布的深色调，是较大规模断裂带存在的标志，如西拉木伦河断裂带。

2. 本区环状构造的主要解译标志

(1) 环状影像带，如单一或复式的浅色或深色的环或环形条带，如蓟县盘山由中生代侵入体引起的环状构造系统等。

(2) 环状展布的沟谷，如多伦闪电河环状构造沿环形的闪电河河流分布。

(3) 环状或穹状的洼地、隆起，如长白山天池表现为椭圆形洼陷，中心部位有积水；都山为椭圆形隆起，水系向四周发散状分布。

(4) 放射状沟谷与水系常与环状构造伴生，是辅助性解译标志。

(5) 环形或椭圆形深色或浅色环，与周围色调明显不同。

(6) 环状构造内外的地貌特征有较大不同。

三、线性构造分级与环状构造分类

1. 本区线性构造分级

线性（断裂）构造带据其规模、影像特征的清晰程度与其在区域构造演化中的作用分为三个级别：一级、二级与三级。

(1) 一级线性构造带：常为全区主干断裂与重要构造区划的分界线，规模为数百至 1000km 以上；本身线性影像标志十分醒目，两侧地貌、地物景观以及水系特点明显不同，如西拉木伦河断裂、郟庐断裂、密山-敦化断裂、太行山山前断裂、大青山山前断裂及呼和浩特-包头断裂等。

(2) 二级线性构造带：常为区域性大断裂带，规模为 100 到数百公里；线性影像特征醒目，两侧地块的地貌、地物景观及水系特征明显有别；这是区内数量较多的断裂构造带。

(3) 三级线性构造带：常为主要断裂带或构造单元内的局部性断层，规模多为数公里至数十公里；线性影像标志比较清晰，如北西向配套小断层、环状构造带内伴生的放射状断裂等。

2. 本区环状构造分类

全区的环状构造根据其可能成因与影像特点，可分为下列几种类型：

- (1) 新生代与中生代火山口；
- (2) 新生代火山机制环状构造；
- (3) 中生代火山机制环状构造；
- (4) 中生代侵入机制环状构造；
- (5) 前中生代侵入机制环状构造；
- (6) 新生代穹状隆起；
- (7) 新生代环状凹陷；
- (8) 中生代旋卷环状构造；
- (9) 性质不明环状构造。

对解译标志和特征不够明显推断性的线性与环状构造，在解译图件上设专门图例与比较可靠的线性及环状构造区分开来。

四、华北陆块北缘重要线性构造、环状构造及其展布规律

1. 重要线性构造及其复合关系

遥感解译结果表明，华北地块北缘及邻区存在多组线性构造。最重要的线性构造有 EW 向线性构造、NE 向线性构造、NNE 向线性构造、NW 向线性构造及 SN 向线性构造。各组线性构造之间存在颇为复杂的复合关系（图 1-2）。

(1) 重要 EW 向线性构造

EW 向线性构造遍布全区，尤其在中、西段地区，EW 向线性构造密度大，其中一些为区域性大断裂带。

最重要的一级 EW 向线性构造有：白云鄂博-四子王旗断裂带、固阳-呼和浩特-集宁线性构造带、大青山山前断裂带、西拉木伦河断裂带、尚义-崇礼-赤城断裂带、下板城-锦西断裂带、兴隆-青龙断裂带、盘山-昌黎隐伏断裂等。其中大青山山前断裂带、西拉木伦河断裂带以及下板城-锦西、四子王旗-白云鄂博、兴隆-青龙等断裂带，在各类卫片中均有良好的显示：断层崖与断层三角面呈线性展布，控制现今河流、水系或盆地的分布，或成为现今地貌单元的重要分界线，多属区域性活动断裂带。

(2) 重要 NE 向线性构造

NE 向线性构造不仅在中、东段密集分布，在大兴安岭-太行山以西的西段地区也普遍存在，但西段 NE 向线性构造在已出版的 1:20 万等地质图中没有得到充分反映。

区域一级 NE 向线性构造主要分布于东段与中段地区。最重要的 NE 向大型线性构造包括密山-敦化断裂带与依兰-伊通断裂带。这两条线性构造带都在卫片上表现出非常显著

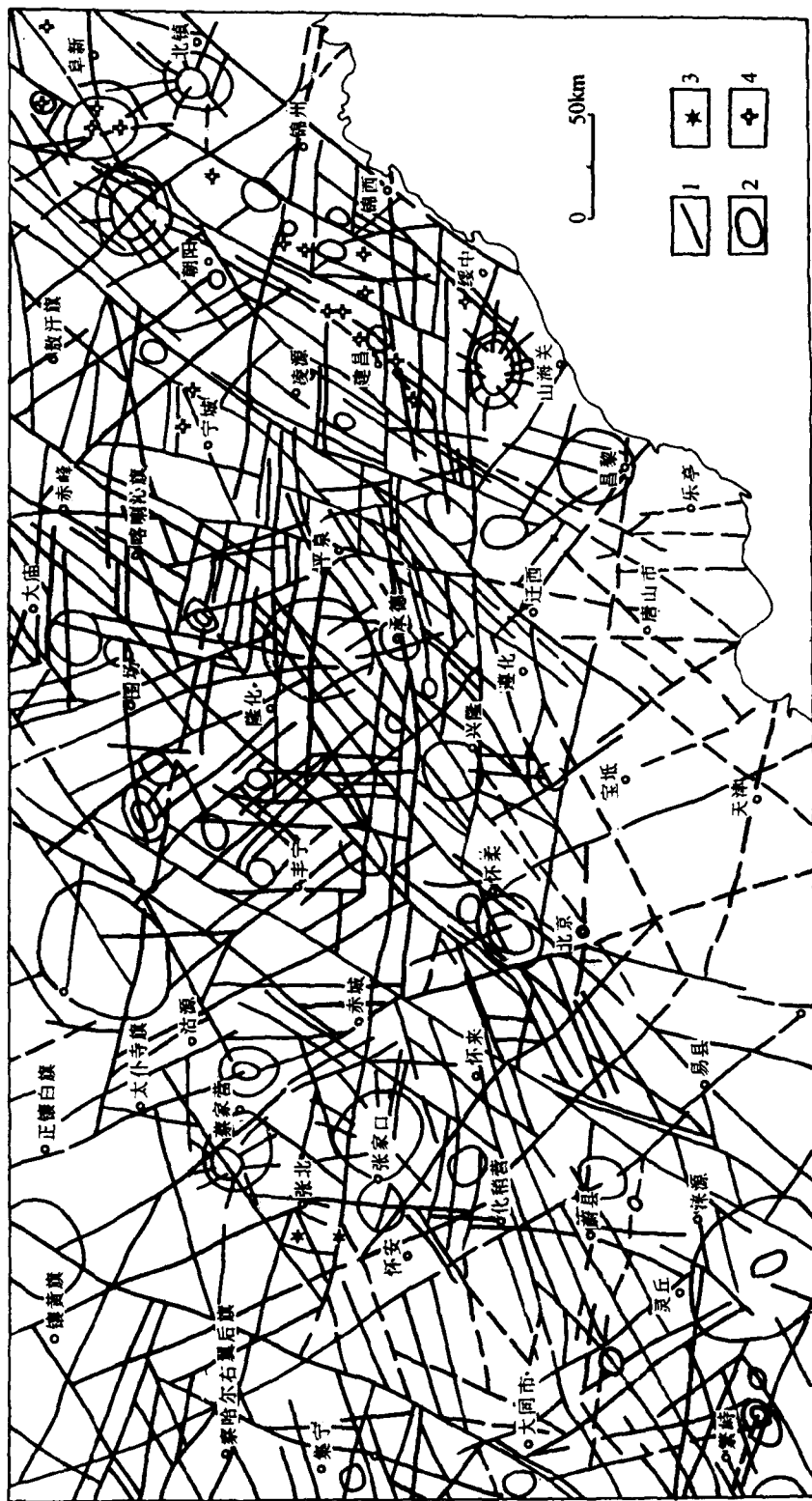


图 1-2 华北陆块北缘中段 1:20 万彩色 TM 卫片解译图

1. 断裂; 2. 环状构造; 3. 新生代火山口; 4. 中生代火山口

的线性影像条带，并明显切割了其他方向的线性构造，尚控制了第四纪线性断陷盆地与地震、火山分布，是东段地区最重要的现今活动构造之一。

较大规模的 NE 向线性构造尚有宽城-平泉断裂带、朝阳-北票断裂带、易县-周口店断裂带、山阴-化稍营-延庆断裂、代县-繁峙断裂、香河-遵化断裂、卓资-集宁线性构造、本溪-新宾断裂带、包头-四子王旗线性构造等。这些 NE 向线性构造多为中生代形成的断裂带，部分在新生代仍有继承性活动，在卫片上有较明显的线性影像特点，常表现为平直的沟谷，伴有线性展布的断层崖或断层三角面；在区域上属二级线性构造带。

(3) 重要 NNE 向线性构造

NNE 向线性构造广泛分布于华北地块北缘中、东段地区，在西段地区也有一定分布。

最重要的一级 NNE 向大型线性构造带包括：丹东-松江断裂（其南部为著名的鸭绿江断裂）宽甸-浑江（八道江）断裂、庄河-新宾-盘石断裂带、郑庐断裂、迁西-凌源-叶柏寿断裂、紫荆关-丰宁-林西线性构造带、朔县-大同-化德线性构造带、府谷-和林格尔-苏尼特左旗线性构造带等。这些 NNE 向一级线性构造带大部分为区内大断裂带，横贯全区，在卫片上标志明显。其中长春-四平-铁岭断裂、鸭绿江断裂、朔县-大同断裂、紫荆关-丰宁断裂及宽甸-浑江断裂均伴有线性展布的断层崖、显著的线性浅色或深色影像带，部分为平原或盆地与山区地貌分界线，有的还控制第四纪火山与地震分布，多属重要的大型活动断裂带。

规模较小的二级 NNE 向断裂在中东段地区密度较大，数量很多；典型者如宁河-唐山-迁安隐伏活动断裂、卢龙-喀左断裂、平鲁-右玉线性构造、八道沟-白头山断裂等。在松辽平原、下辽河平原与华北平原范围内均解译出多条规模较大的 NNE 向线性构造带，它们多数可能属隐伏断裂。

(4) 重要 NW 向线性构造

NW 向线性构造分布于华北地块北缘东、中、西各段；自西向东，NW 向线性构造的密度、规模具有不断增大的趋势。

重要的大型 NW 向线性构造包括临江-辉南-伊通断裂带、开鲁-彰武-新民-宽甸线性构造带、巴林右旗-敖汉旗-锦州线性构造带、正镶白旗-赤城-北京-天津线性构造带、商都-易县线性构造带等。这些 NW 向大型线性构造带绝大部分都表现出平直的沟谷、线性浅色或深色带，多数对应于隐伏断裂；很多水系明显沿这些 NW 向线性构造带展布。在吉南地区，NW 向线性构造带尚对第四纪火山口分布表现出一定的控制作用。

(5) SN 向线性构造

SN 向线性构造主要分布于中、东段地区，数量相对较少，规模一般较小。较为重要的 SN 向线性构造有东丰-双阳-卡伦南北向线性构造带、青城子-白清寨 SN 向断裂带、唐山-平泉-赤峰南北向线性构造带、蓟县-滦平南北向线性构造带、延庆-赤城 SN 向线性构造带、化稍营-张北线性构造带等。

(6) 不同方向线性构造的复合关系

EW 向、NE 向、NNE 向、NW 向与 SN 向几组线性构造在平面上交织在一起，相互限制、相互切错，形成颇为复杂的构造复合关系。

区内 EW 向的西拉木伦河断裂、NE 向的密山-敦化断裂与依兰-伊通断裂、NNE 向的郑庐北延断裂、丹东-松江断裂、紫荆关-丰宁断裂与朔县-大同-化德断裂及 NW 向的开鲁-彰武

断裂等大型活动断裂均切错其他线性构造带，构成很多大小不一地块的构造-地貌边界。这些线性构造带自身连续性好，很少被其他线性构造所错断。

除上述线性构造带外，华北地块北缘 NW 向线性构造与 NNE 向线性构造对其他几组线性构造常具有明显的错断效应，它们的连续性良好，较少被其他几组线性构造所错断。本区其他的 EW 向、NE 向及 SN 向三组线性构造，大部分都被 NNE 向与 NW 向线性构造所分割、错断，而上述三组线性构造相互之间也存在较为复杂的相互切割关系。

前述线性构造的不同复合关系在很大程度上反映出它们在形成与活动时期方面的显著差异性。

2. 典型环状构造

通过卫片综合解译，在华北地块北缘鉴别出一百多个环状影像特征明显的多种类型环状构造，其中规模较大的环状构造达 80 个，规模较小的中、新生代火山机制环状构造达 47 个。

(1) 多伦环状构造

多伦环状构造在各类遥感照片中均有明显显示，环状展布的闪电河沿该环状构造发育。该环状构造中心为一低洼地貌，沉积了较厚的新生代泥砂层；外围地势较高，新生代沉积薄。新生界之下为白垩纪火山—沉积岩系。据吴思本等人的研究，认为多伦环状构造为陨击成因，是 35Ma 陨石撞击的结果，已在该陨击坑周缘找到了高压快速冲击变质岩石（引自任振球学术报告，1995）。

(2) 蓟县盘山中生代侵入机制环状构造系统

盘山环状构造系统由环状展布的褶皱、断裂与放射状分布的裂隙所组成。其中心为盘山中酸性杂岩体，属印支期—燕山早期多次侵位的复式岩体；外围为中元古代白云岩；接触带发育厚度不等、近环状分布的大理岩化热变质带。环状展布的褶皱、断裂以压性-压扭性为主；其配套放射状裂隙则以张性-张扭性为主，常表现为直而平的沟谷；它们均环绕盘山岩体展布，显示出与岩体侵位有显著的成因联系（图 1-3）。类似的环状构造尚有寿王坟地区控制铜矿化的旋卷环状构造系统（图 1-4）、雾灵山环状构造系统、山海关后石胡山环状构造等。

(3) 奈林沟白垩纪火山机制环状构造

奈林沟环状构造规模比较小，主要由环状展布的含金硫化物石英脉所构成，对应于环状裂隙系统；中心为火山角砾岩系，对应于早白垩世古火山机构中心。

类似的环状构造在东岭台、建昌、北票及辽东地区均有分布。

(4) 松辽平原南部性质不明的弧形（半环状）构造系统

该弧形构造系统展布于昆都-库伦旗-四平一带，由 30 多条密集分布的弧形构造所组成，规模巨大；总体上具有向东北收敛、向西南撒开的趋势。其成因尚有待于进一步研究。

(5) 承德与北票隐伏中生代岩体侵位成因环状构造系统

承德环状构造系统与北票环状构造系统皆规模很大，由环状与放射状裂隙系统所组成。沿环状与放射状裂隙及其交叉部位有很多燕山晚期规模较小的中酸性斑岩体、岩脉分布，推断其与深部中酸性侵入体相连通；此种类型环状构造系统的形成似应与隐伏岩体的侵位存在着成因联系。

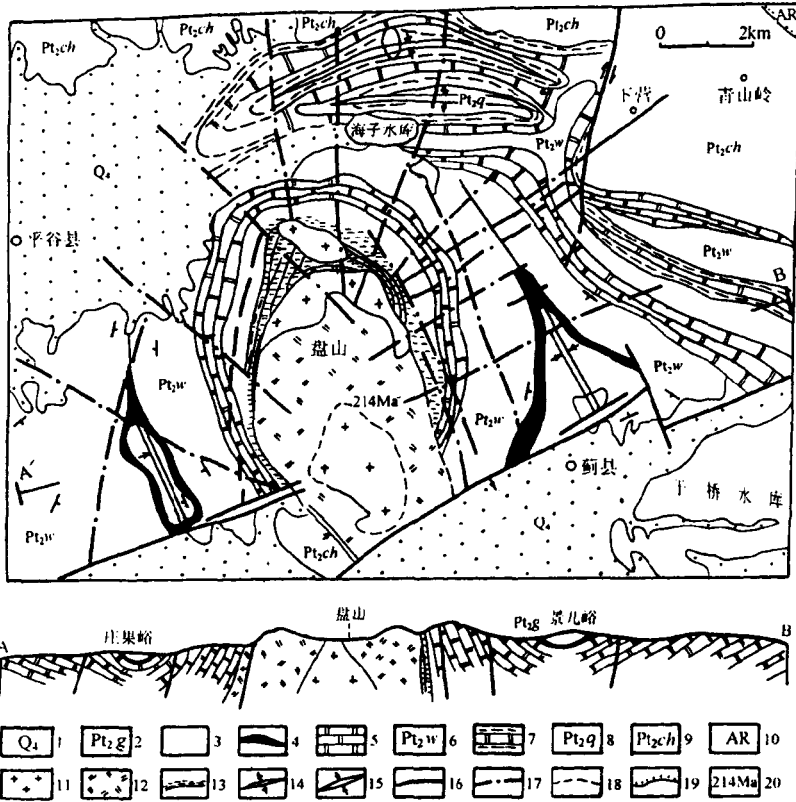


图 1-3 蓟县盘山中生代侵入机制环状构造系统 TM卫片解译图

1. 第四系; 2. 青白口群; 3. 铁岭组; 4. 洪水庄组; 5. 雾迷山组二段; 6. 雾迷山组; 7. 杨庄组;
8. 高于庄组; 9. 长城群; 10. 太古宙变质岩; 11. 花岗岩; 12. 含斑石英二长岩; 13. 大理岩化带;
14. 背斜; 15. 向斜; 16. 断裂(据地质资料); 17. 卫片解译断裂; 18. 推断地质界线; 19. 角度不整合; 20. 同位素年龄

类似的环状构造系统尚有阜新西环状构造、张家口-宣化-崇礼环状构造、青城子环状构造、兴隆环状构造等，其中环状与放射状裂隙中常伴有含金硫化物石英脉；隐伏岩体；顶部有利于金矿化，因此这类环状构造常构成金矿化集中区。

(6) 白头山第四纪火山机制环状构造

白头山环状构造系统位于长白山区，整体为一由第四纪火山喷发造成的锥状山体，由玄武岩及基性火山碎屑岩堆积而成。顶峰上发育一个近圆形洼陷区，其中积水形成白头山天池；塌陷区受环状裂隙控制，对应于火山通道。白头山天池四周，尚发育放射状分布的裂隙系统。环状裂隙与放射状裂隙共同构成白头山环状构造系统，属于白头山第四纪火山机构的重要组成部分。

类似的第四纪火山机制环状构造在长白县与松江县境内尚有多。在长春以南伊通县境内东尖山、西尖山附近、大同黑山、狼窝山等第四纪火山群一带也发育有类似的环状构造系统。

(7) 都山穹状隆起

都山环状构造位于冀东青龙县西侧，环绕前燕山期都山花岗岩体分布，在地貌上表现