

# 第一章 区域地质概况

## 第一节 区域变质岩系的划分及时代

本区变质表壳岩是汞丹山地块的主要组成之一。1:5万沂水幅地质图资料将这些表壳岩统称为沂水群,笔者改称沂水岩群。沂水幅地质报告中按岩性将该岩群由下而上划分为石山官庄组和林家官庄组两个岩组,各岩组再细分出若干岩段。通过详细研究发现,这些表壳岩都呈不规则条带状、透镜体状、团块状等被包于各种花岗质岩体中,且界线清楚。其主体产状呈近NE走向,平均为NE60。左右,倾向SE,倾角40°~60°;至沂水图幅北部走向逐渐转为近EW向,局部见有褶皱,产状有一定变化。总的来说,岩层未因岩浆侵位而遭受到大的扰动,但各个条带和透镜体之间,未见有连续的地层叠置关系,因此难以按地层叠置律进行地层层序的划分,只能根据这些变质表壳岩的岩石类型、岩石组合和分布特征,划分为三个变质岩石组合,简称岩组;这样更符合客观实际,也便于对比和应用。

三个变质岩石组合(或岩组)如下。

### 1. 石山官庄麻粒岩-片麻岩组合

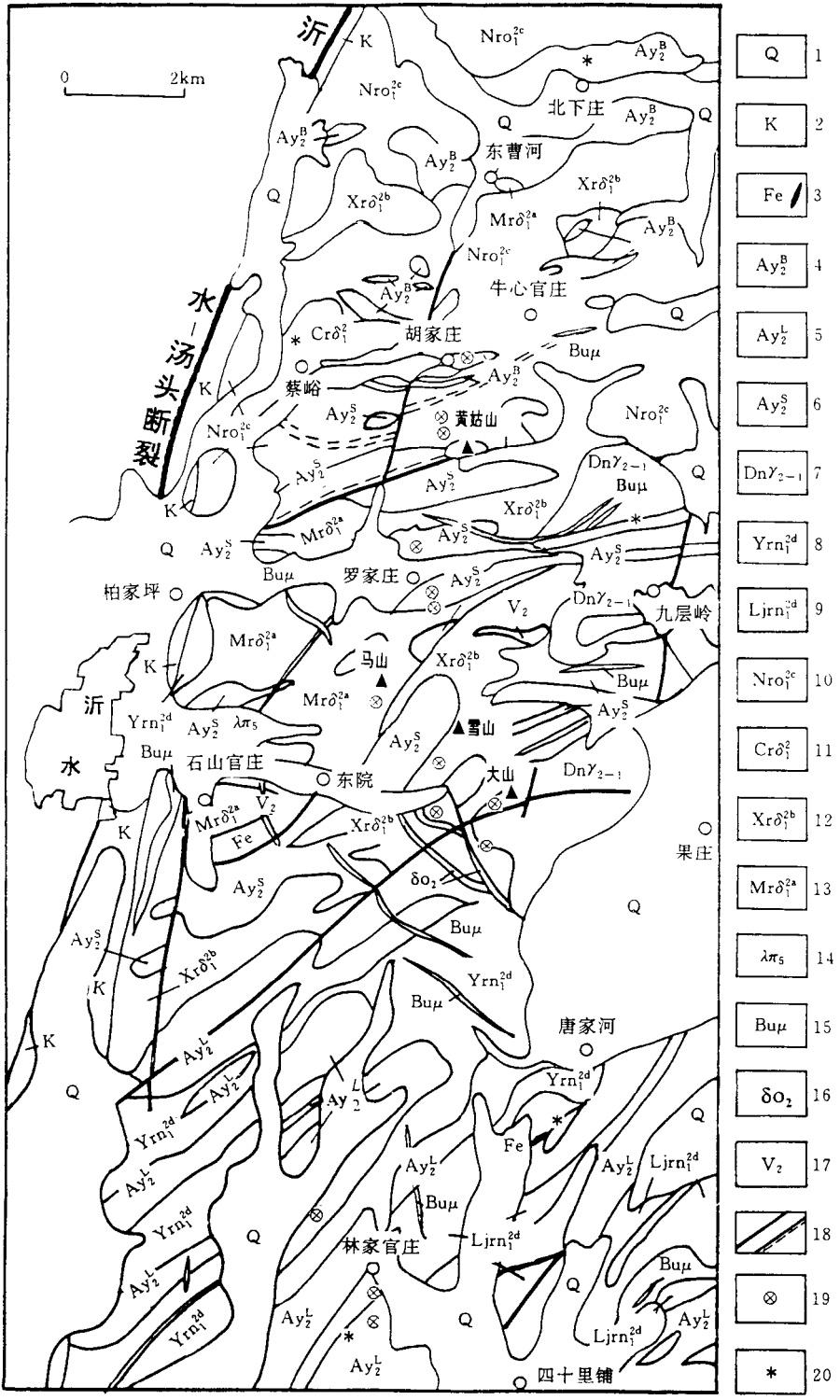
该组合主要分布于沂水图幅的中一北部和高桥幅的南部,多见于以石山官庄、羊圈、蔡峪、胡家庄为中心的范围,以黑云二辉斜长片麻岩、暗色和浅色斜长麻粒岩为主,夹有少量二辉石岩(超镁铁质岩)、透辉石岩和辉石铁英岩等。岩性组合相当于原称的石山官庄组。

### 2. 林家官庄二辉斜长角闪岩(石榴)透辉斜长角闪岩-二辉斜长麻粒岩组合

在北部,该组合主要分布于九层岭一带;在南部,主要分布于林家官庄之南。九层岭一带的岩石组合与前一组合大致在同一走向线上,可能属于同一层位,但岩性组合有所不同;林家官庄以南的岩石组合大致相当于原称林家官庄岩组的下部岩段。本岩石组合中有时夹有少量黑云二辉斜长片麻岩岩层。

### 3. 北下庄(石榴)斜长角闪岩-(石榴)黑云变粒岩为主夹少量角闪变粒岩、黑云石榴夕线钾长片麻岩组合

在北部,该组合主要见于高桥幅的王家上庄、北下庄南北一线,地表露头不好,多在北下庄村北采坑中见到;除斜长角闪岩和石榴黑云变粒岩外,还有较多石榴夕线钾长片麻岩伴生。南部,主要见于连家湖-苍子坡一线(相当于原图幅中的林家官庄组的第二段),总体露头不好,出露的地层很不完整。在唐家河南的冲沟中以及北张家庄公路西的东西向水沟边均可见到风化的小块露头;在后者宽约100余米的露头中,由东向西见有斜长角闪岩、角闪变粒岩、黑云变粒岩夹2~3层斜长角闪岩,其中被许多花岗质脉体穿插,其西部则被黑云石榴花岗质岩石侵入。在吴家沟-刘家沟以及四十里铺东南,露头均不好,花岗质脉体更加发育,仅见到少量黑云斜长片麻岩等表壳岩,前人将其归入混合岩类。



- 1 Q
- 2 K
- 3 Fe
- 4  $Ay_2^B$
- 5  $Ay_2^L$
- 6  $Ay_2^S$
- 7  $Dn\gamma_{2-1}$
- 8  $Yrn_1^{2d}$
- 9  $Ljrn_1^{2d}$
- 10  $Nro_1^{2c}$
- 11  $Cr\delta_1^2$
- 12  $Xr\delta_1^{2b}$
- 13  $Mr\delta_1^{2a}$
- 14  $\lambda\pi_5$
- 15  $Bu\mu$
- 16  $\delta O_2$
- 17  $V_2$
- 18
- 19
- 20 \*

上述各岩石组合的确切厚度，由于褶皱和缺失已难以估计。

关于变质表壳岩的形成时代，可由前两个岩石组合中的全岩 Sm-Nd 同位素年龄（分别为  $2997 \text{ Ma} \pm 78 \text{ Ma}$  和  $2986 \text{ Ma} \pm 36 \text{ Ma}$ ）以及雪山岩体中一组单颗粒锆石蒸发年龄（ $2910 \text{ Ma}$ ）（沈其韩等，1997）来确定，即相当于中太古代（详细论述见第六章）。

## 第二节 区域地质构造轮廓

本区汞丹山地块位于华北陆台的东南部，也就是鲁西新太古代变质绿岩带东缘的沂水-沐水断裂带内；出露面积仅几百平方公里，主要由中太古代的变质岩和新太古代的变质深成岩和古元古代的花岗质岩石组成。变质表壳岩，如前节所述，可分为三个变质岩石组合，变质程度达高角闪岩相至麻粒岩相，其分布有一定的规律性。麻粒岩相岩石的分布区，南部位于严家官庄—陈庄子一线以北，北部大体上位于东槽河庄以南。从麻粒岩相岩石分布区的边部往北和往南，渐变为角闪麻粒岩相至高角闪岩相。麻粒岩相岩石分布的中心大致位于石山官庄—马山—雪山和罗家庄—羊圈一带，且被各种紫苏花岗岩-花岗闪长岩等变质深成岩侵入，形成一个片麻岩-变质深成岩热穹隆；由该穹隆向北、向南和向东，热流逐渐降低。变质表壳岩大都在紫苏花岗质岩石中呈条状、透镜状包裹体产出，另有少部分集中于穹隆的边缘地带，形成复式背向斜。如在石山官庄以东，以马山紫苏花岗岩为中心组成的小楔形穹隆，其四周由麻粒岩-片麻岩等变质岩石组成不对称的倒转复式背斜，褶皱枢纽走向近 EW，东端岩层片麻理转为 SN 向，倾向 E。南翼岩层走向为 NE，倾向 SE $67^\circ$ ；北翼岩层倒转，走向为 NW，向南作  $45^\circ$  倾斜。在毛家窑—东院—马山—罗家庄—荣福山范围内，以马山岩体为主组成另一较大穹隆，其周围的变质岩石组合的褶皱构造特征不明显。

据苏尚国等（1997）研究，九层岭一带残留在花岗质岩石中的变质岩层，组成一个复式向斜，轴面产状为  $100^\circ/65^\circ$ ；林家官庄一带二辉斜长角闪岩组成另一向斜，轴面产状为  $145^\circ\sim 155^\circ/60^\circ$ ；北下庄一带的变质岩组成的向斜，其轴面产状为  $15^\circ/65^\circ$ 。

小型褶皱构造的形态比较复杂，按其先后关系可分出四期： $F_1$  为尖棱褶皱至紧密同斜褶皱，见于在高桥幅胡家庄角闪二辉斜长麻粒岩（图版 I 之 2）和羊圈二辉斜长片麻岩中（图版 I 之 3），在大山岩体中包裹的二辉斜长麻粒岩中也有发现； $F_2$  以平卧褶皱为主； $F_3$  为宽缓褶皱； $F_4$  为剪切带型平卧推覆褶皱。

区内韧性剪切带十分发育，例如大梨行村北东方向的呈 NE 走向延展的剪切带，向西倾斜，倾角大于  $30^\circ$ ， $2300 \text{ Ma}$  时形成的二长花岗岩明显被改造成千糜-糜棱岩，表明这些剪切带至少发生于古元古代，甚至更晚。

晚期脆性断裂，有 NW 向的，有近 SN 向的和 NE 向的，见图 1-1。

图 1-1 沂水地区地质略图

- 1—砂质黄土、含砾亚砂土粉砂粘土、砂砾等； 2—砾岩、砂砾岩、泥质粉砂岩、凝灰质砾岩、火山角砾岩等；  
3—铁硅质建造； 4—北下庄变质岩石组合； 5—林家官庄变质岩石组合； 6—石山官庄变质岩石组合； 7—大山中粒二长花岗岩； 8—英灵山中粗粒奥长花岗岩； 9—林家官庄中粗粒奥长花岗岩； 10—牛心官庄中细粒奥长花岗岩—二长花岗岩； 11—蔡峪中粒紫苏花岗闪长岩； 12—雪山中粒紫苏花岗闪长岩； 13—马山中粒二辉花岗闪长岩-花岗岩； 14—霏细斑岩脉； 15—辉绿岩脉； 16—石英闪长岩脉； 17—辉长岩； 18—断层和韧性剪切带； 19—同位素年龄取样位置； 20—流体包裹体取样位置

### 第三节 岩浆活动

在 1:5 万沂水幅和高桥幅的研究区内 (图 1-1), 太古宙的花岗质岩浆活动十分发育, 并有少部分的古元古代的岩浆活动。二者形成的花岗岩占研究区面积的 70%~80%, 且大多数经历了麻粒岩相到高角闪岩相的变质改造, 表明本区的花岗质岩浆侵位主要发生在区域变质作用之前。大部分变质深成岩体与变质表壳岩系共同组成汞丹山地块。这些花岗质岩石呈多期先后侵入特点, 但时间间隔不长, 总体上形成一个太古宙包括古元古代的大杂岩体, 形成片麻岩-花岗岩穹隆。

在沂水图幅内, 以石山官庄—东院—马山—罗家庄—荣福山为中心, 出露的以紫苏奥长花岗岩-紫苏花岗闪长岩为主的马山岩体, 其时代为 2706 Ma。向外依次见有以紫苏花岗闪长岩-紫苏花岗岩为主的雪山岩体 (时代为 2531 Ma) 和以二长花岗岩和钾质花岗岩为主的大山岩体 (侵入时代为 2490 Ma); 后者呈半环状分布于雪山岩体的外侧。马山岩体和雪山岩体已明显遭受到麻粒岩相变质, 而大山岩体则基本未遭受麻粒岩相变质, 仅遭受到角闪岩相变质。以英云闪长岩为主的英灵山岩体和林家官庄岩体, 主要呈 NE 向条状分布, 前者见于安子沟和大尧以南, 同位素年龄为 2493 Ma (锆石 U-Pb); 后者出露于胡家马庄—林家官庄—唐家河—一线以南 (图 1-1)。

在高桥幅的南部, 马山岩体和雪山岩体多呈大小不一的不规则体, 零星分布于牛心官庄岩体之中。以石榴紫苏花岗闪长岩为主的蔡峪岩体呈  $3.5 \times 0.5 \sim 1 \text{ km}^2$  大小的透镜体, 部分则侵入到变质表壳岩中。高桥幅中的二长花岗岩与沂水图幅中的大山岩体和雪山岩体, 因划分标准不一, 图 1-1 中的界线带有一定的推断性。

各岩体中均有相伴随的伟晶花岗岩或伟晶岩脉穿插; 另见有脉状的石英闪长岩和斜长花岗岩以及辉绿岩的侵入, 时代可能属中元古代。显生宙则有多期脉岩侵入, 不再详述。

## 第二章 变质表壳岩的岩石类型、岩相学与地球化学

### 第一节 主要岩石类型与岩相学

研究区内出露的变质表壳岩的岩石类型较多，计有：黑云变粒岩类；片麻岩类；斜长角闪岩类；角闪变粒岩类；⑤麻粒岩类；⑥二辉石岩类；⑦透辉石岩类；⑧铁英岩类；⑨石榴子石岩类等共九大类。其中，以 、 、 三类最多， 、 、 ⑦、⑧类次之，⑨类很少，分布局限。

#### 一、黑云变粒岩类 (YS95-7, YS95-26, YS95-27)

该类岩石主要见于 1:5 万高桥幅中部北下庄村一带和沂水幅的唐家河以南地区，大都出露于冲沟和人工土坑中。由于大部分地表被第四系覆盖或被花岗质岩石所占据，岩石主要呈残留体状，层序关系不清。

在北下庄村北石坑中所见的黑云变粒岩包括黑云二长变粒岩、石榴黑云变粒岩和含黑云母变粒岩多种亚类，它们常与黑云石榴夕线钾长片麻岩伴生。岩石呈灰色，细粒，略具片状，有时见有团块状重熔花岗质脉体切穿，与围岩界线不清。黑云二长变粒岩的组成矿物以黑云母、斜长石和微斜长石为主，另有少量石英。黑云母呈不规则片状（长 0.15~1.5 mm），顺片理排列，具多色性： $N_p$  呈黄绿色， $N_g$  呈棕色，少部分已绿泥石化。斜长石主要为奥长石，粒状，大部分具细而整齐清晰的钠长石双晶纹，少部分不清晰，部分已绢云母化；晶体中有时包有蚀变的小黑云母片。微斜长石呈粒状，粒度为 0.2~0.8 mm，十字双晶纹发育，晶体中有石英小粒。副矿物主要为少量磁铁矿微粒和帘石。

在北张家庄路西东西向冲沟边见有 40~50 m 的黑云变粒岩，其下部有较厚的斜长角闪岩和角闪变粒岩，接触界线平直。在黑云变粒岩中还见有 2~3 层薄层的斜长角闪岩，上部与石榴子石花岗岩接触。黑云变粒岩中有较多顺层脉状以及紧密揉皱的花岗质脉体。岩石风化后呈黄褐色土状，不易采取标本。

在唐家河村南河边所见的黑云变粒岩，普遍含石榴子石，无钾长石，应属石榴黑云变粒岩(YS95-26)；岩层中有许多白色平行的含石榴子石长英脉穿入。石榴子石呈玫瑰色，圆粒状，粒度为 2~4.5 mm，脉的边部黑云母增多。

石榴黑云变粒岩在镜下呈粒状变晶结构，片状构造，组成矿物主要有斜长石、石英、石榴子石和黑云母；副矿物有少量锆石和磁铁矿。斜长石呈不规则粒状（粒度为 0.6~1.2 mm）且新鲜，部分微显绢云母化，大都具有细的钠长石或（和）肖钠长石双晶，有的微绢云母化。石英呈不规则粒状，粒度大多介于 0.1 与 0.5 mm 之间，少部分可达 0.6~0.8 mm。黑云母片长 0.4~0.8 mm，大部分顺着片理排列， $N_g$  呈红棕色， $N_p$  呈浅棕黄色。石榴子石呈不规则粒状集合体，肉眼所见呈粉色，镜下全消光，晶体中包有粒状石英，薄片中间偶

见次生的方解石和白云母。

## 二、片麻岩类

该类岩石可分为斜长片麻岩和钾长片麻岩两个亚类。

### (一) 斜长片麻岩亚类

由于组成岩石的矿物种类不同,该亚类又可分为:黑云(角闪)二辉斜长(二长)片麻岩(YS97-10)和石榴黑云二辉斜长片麻岩(YS96-20a);黑云透辉斜长片麻岩(YS97-11);(透辉)角闪斜长片麻岩(YS95103,YS95-25)。它们是沂水岩群中麻粒岩-片麻岩变质岩石组合的主要组成岩石,也是原称石山官庄组的主要组成岩石,主要分布于羊圈和石山官庄以及蔡峪一带,常与二辉斜长麻粒岩组成互层。

#### 1. 黑云(角闪)二辉斜长片麻岩(YS97-10)(图版 I 之 6)

该岩石呈褐灰色,细粒一中粒,具片麻状构造,暗色矿物和浅色矿物沿片理分带明显。组成矿物以斜长石、辉石和石英为主,黑云母次之,角闪石、钾长石和磁铁矿少量。据四个薄片矿物体积百分含量统计,斜长石含量变化于 31.66%~53.52%之间,平均为 40.18%;紫苏辉石含量变化于 13.07%~21.06%之间,平均含量为 15.50%透辉石含量变化于 7.10%~11.92%之间,平均含量为 10.14%;石英含量变化于 7.05%~23.20%之间,平均含量为 16.78%;黑云母含量变化于 7.49%~16.67%之间,平均含量为 11.36%;钾长石的含量变化于 0.59%~9.19%之间,平均含量为 3.99%(样品数  $n=2$ );普通角闪石含量变化于 0.44%~1.15%之间,平均含量为 0.70%(样品数  $n=3$ );磁(钛)铁矿含量变化于 0.98%~2.96%之间,平均含量为 2.19%( $n=3$ )。在石山官庄东部位于倒转背斜核部的同类岩石还含有方柱石;有的岩石中见有不均匀分布的石榴子石,成为石榴二辉斜长片麻岩。

岩石中斜长石呈粒状,粒度为 0.4~0.6 mm,以中、奥长石为主,较早期的  $An=48\sim 52$  稍晚的  $An=28$  左右,最晚的钠长石(量少)  $An<10$ ;沿片理方向呈定向排列,有的具钠长石双晶纹,有的斜长石中发育以钠长石为片晶的条纹长石。石英以它形粒状为主,显示强烈波状消光,发育两组近于垂直的变形纹,其方向分别平行和垂直片麻理。前者接近高温组构,后者趋向于低温组构,滑移方向近于平行 S 面。石英集合体常沿片麻理呈条带状分布。此外,尚有少量呈蠕状石英分布在斜长石边部。紫苏辉石呈粒状,常聚集为条带,条带方向平行片麻理;部分还有出溶条纹,垂直片麻理方向排列,强烈波状消光,发育膝折构造。透辉石呈粒状,粒度为 1~3 mm,可单独聚集成条带状, $c \wedge N_g=41^\circ$ ,除含有角闪石出溶晶片外,尚见有被包裹的定向排列的不规则状角闪石,与透辉石同时消光。有的透辉石边部被蓝绿色的角闪石包围(环带宽 0.1~2 mm)。此种角闪石具多色性: $N_p$  呈浅绿色, $N_g$  呈浅蓝绿色, $c \wedge N_g=18^\circ\sim 20^\circ$ 。黑云母呈片状,多色性明显, $N_p$  呈淡黄色, $N_g$  呈棕红色;从晶体生长关系判断具多期成因,多数穿切其它镁铁矿物。钾长石一般呈粒状,多数显示格子状双晶。

#### 2. 黑云透辉斜长片麻岩(YS97-11)(图版 III 之 3)

该岩石主要见于羊圈北沟采石坑,颜色为黑灰绿色,细粒块状,镜下呈不等粒花岗岩变晶结构,片麻状构造;组成矿物以斜长石、透辉石和石英为主,黑云母次之。斜长石呈长条粒状,大小为 0.4~0.8 mm,部分粒度更细,为 0.2~0.4 mm。其长轴大致顺片麻理排列,已微绢云母化,一般不显示钠长石双晶纹。石英呈不规则小粒至小椭圆状,分布于斜

长石晶体之间。透辉石呈规则至不规则粒状，无色， $c \wedge N_g = 34^\circ$ 。黑云母呈细长片状，长者可达 0.8 mm，具多色性： $N_p$  呈橙黄色， $N_g$  呈红棕色。副矿物主要为磁铁矿。

### 3. (透辉)角闪斜长片麻岩 (YS95103, YS95-25)

该岩石主要见于果庄西和安庄等地。在果庄西所见，岩石主要呈团块状包于大山花岗岩质岩石中。岩石 (YS95103) 呈黑绿色并带杂色，块状并具片状构造。组成矿物以普通角闪石、斜长石和透辉石为主，黑云母次之。普通角闪石呈柱状至粒状，且以柱状为主，大小一般为 1~3 mm，大者可达 2 mm × 3 mm；干涉色比一般普通角闪石低， $c \wedge N_g = 15^\circ \sim 20^\circ$ ；具多色性： $N_p$  呈浅黄绿色， $N_g$  呈蓝绿色。斜长石呈粒状，粒度为 1~2 mm，风化后呈肉红色；在镜下见有部分分布不均匀的钠长石双晶纹和两组互相垂直的复杂双晶；部分钠长石双晶已微显弯曲，晶体中常见有细针状磷灰石。透辉石呈浅绿色的粒状和粒状集合体，其形成似稍早于普通角闪石。透辉石和黑云母的光性与“黑云斜长片麻岩”部分所述相同。

产于安庄的岩石 (YS95-25) 呈灰色，中粒 (粒度 2~3 mm)，显片麻状；主要由黑绿色柱状角闪石和肉红色长条状斜长石组成。前者大的可达 3~5 mm，镜下呈柱粒状变晶结构，组成矿物如前述，副矿物主要有楣石、绿帘石、磷灰石和磁铁矿等。普通角闪石和斜长石的含量近乎相等。斜长石部分具钠长石双晶纹，个别具肖钠长石双晶，沿解理微绢云母化。普通角闪石具多色性： $N_p$  呈浅黄绿色， $N_g$  呈绿—蓝绿， $N_m$  呈棕绿， $c \wedge N_g = 16^\circ \sim 18^\circ$ ，个别显示与 010 解理斜交的双晶纹。角闪石晶体中常有磁铁矿伴生。黑云母呈片状，长 0.3~0.4 mm，片的长轴平行片麻理，形成稍晚；具多色性： $N_p$  呈浅黄色， $N_g$  呈火黄色。

### (二) 钾长片麻岩亚类 (YS9508, YS9512, YS9513, YS9616a, YS97-24)

该亚类主要见于王家上庄、北下庄一带。据苏尚国等 (1993) 研究，在蔡峪石榴紫苏花岗闪长岩中此亚类有呈包裹体产出的。这种岩石常与石榴黑云变粒岩 (有的含石榴子石)、斜长角闪岩及少量铁英岩等组成沂水岩群的另一种变质岩石组合，层位可能偏上。由这种岩石组合构成的岩带，在 1:5 万高桥图幅中呈东西向分布，东西断续延长约 2 km 多，宽约 300 余米，大部分被第四系覆盖，露头很差，仅能在石坑中见到；四周已被大片牛心官庄岩体所包围。由于组成矿物含量的差别，可细分出石榴夕线钾长片麻岩、黑云夕线钾长 (或二长) 片麻岩和黑云钾长夕线片麻岩等 (图版 IV 之 1 和 2)；但总的岩性相近，故综合进行描述。

该亚类岩石呈灰—灰白色，细粒，片状至片麻状构造。组成岩石的主矿物为石榴子石 (0%~15%)、夕线石 (10%~15%)、微斜长石 (15%~30%)、斜长石 (一般很少，个别可达 30%) (苏尚国等, 1997; 顾德林等, 1997)、石英 (30%左右)，有的岩石中还有一定量的黑云母和少量尖晶石；副矿物以磁铁矿、磷灰石和锆石为代表。岩石中偶见顺层或斜切片麻理的小条肉红色长英质脉体，由微斜长石和石英组成，有时伴生石榴子石 (图版 IV 之 1 和 2)。

石榴子石呈红褐色—玫瑰色的不规则小粒状，镜下无色，全消光。夕线石为细小柱状晶体或聚合成条带或透镜状，顺片麻理稀疏或密集排列。条状体，长的可达 4~5 mm，最长的可达 3~4 cm 短的为 0.5~1.5 mm，有的显示弯曲和波状起伏。每个条带的间隔约为 1~3 mm。晶体具平行消光，干涉色为二级蓝紫，突起高，正延性。微斜长石呈新鲜的粒状，粒度为 0.4~1.4 mm，1 mm 以下的较多，大都具十字双晶纹，少部分具波状消光。斜长石含量少，不具双晶纹。石英常呈粒状，粒度为 0.1~0.5 mm，与微斜长石具有不同的分层

性，即有的层微斜长石多，有的则石英多。黑云母呈片状，长 0.3~0.4 mm，具多色性： $N_p$  呈橙黄， $N_g$  呈棕黑色。尖晶石为深绿色细粒状，在夕线石和石榴子石中呈包裹体产出。据苏尚国等（1997）研究，含较多斜长石的岩石中，斜长石的形成有两个世代：第一个世代为中长石（ $An=33\sim39$ ），具明显的钠长石双晶纹，周边被微斜长石交代；第二个世代为细粒更长石（ $An=20$ ），表面干净，与微斜长石、小颗粒石英形成粒状共生体。

### 三、斜长角闪岩类

该岩石可分为：（石榴、透辉、黑云）斜长角闪岩亚类，变质相以高角闪岩相为主，常见的岩石有斜长角闪岩、透辉斜长角闪岩、石榴透辉斜长角闪岩、黑云透辉斜长角闪岩等，有时有帘石化和不同程度的混合岩化；二辉斜长角闪岩亚类，以角闪麻粒岩相为主，在不同的变质岩石组合中均可见到。

1.（石榴、透辉、黑云）斜长角闪岩亚类 YS9542、YS95104、YS9628c、YS9509、YS9523、YS9525、YS96-1、YS95-2、YS9628a、YS9628c、YS9597、YS95102、YS95103、YS28、YS97-1）（图版Ⅲ之3）

产于高桥幅北下庄北石坑中的斜长角闪岩（YS9509）呈黑绿色、块状，与黑云变粒岩共生，风化后呈黄褐色，常见有长英质小脉穿入。组成矿物主要是普通角闪石（约占 2/3）和斜长石（约 1/3）。前者主要呈柱状和粒状，柱体一般长 4~10 mm，具多色性： $N_p$  呈黄绿色， $N_g$  呈浅蓝绿， $c \wedge N_g = 24^\circ$ 。后者呈不规则粒状，粒度为 0.2~0.3 mm，少数具有细钠长石双晶纹；见有少量褐帘石，已蚀变。

在北下庄以北汤家官庄一带的牛心官庄岩体中有透镜状的斜长角闪岩和石榴斜长角闪岩包裹体；小的只有 4~5 cm，稍大的达 20 cm，最大的不规则体可达 40~50 cm。其原始产状已不清楚，岩性特征与北下庄所见相似。

石榴斜长角闪岩为暗灰绿色细粒块状岩石，具棕色小圆斑点（风化后的石榴子石），镜下呈花岗粒状变晶结构、片状构造（图版Ⅲ之1）。组成矿物以石榴子石、普通角闪石和斜长石为主，副矿物有微粒磁铁矿。石榴子石呈不规则粒状至椭圆粒状，分布不均，大小一般为 0.6~1.3 mm，无色，全消光；晶体中包有不规则磁铁矿和石英小粒，表面有褐黄色物质污染。普通角闪石主要呈粒状，少量为柱状，大小介于 0.05~0.15 mm 之间，具多色性： $N_p$  呈浅黄绿色， $N_g$  呈浅绿色，消光角小。斜长石的粒度和含量均与普通角闪石同，个别呈长柱状，具卡式双晶，有的中间呈雾状，四周洁净无色，似原为环带，边部不规则。磁铁矿粒度很细，一般都在 0.1 mm 以下，有的仅 0.01 mm。

出露于沂水幅九层岭北 1 km 冲沟的透辉斜长角闪岩（YS9542、YS9628c）和石榴透辉斜长角闪岩（YS9628a）与角闪二辉斜长麻粒岩、二辉斜长角闪岩等呈互层产出，分界不清楚，出露总厚度为 40 余米，周围被花岗质岩石包围，实际上也是一个大的包裹体。

上述岩石呈黑灰绿色，细粒，芝麻点状；常有厚层和薄层之分，前者粒稍粗，后者粒细显层纹状；组成矿物主要为普通角闪石和斜长石，其次为透辉石，有的还有不均匀分布的石榴子石以及次生的绿帘石。岩石中普遍见有较多细小的白色至肉红色的斜长花岗质脉（重熔岩脉）穿插（图 2-1）。

石榴子石的产出状态有：产于白色一肉红色斜长花岗质小脉中，有的未见石榴子石却见重熔增大的紫苏辉石；产于斜长花岗质脉体边部的围岩片理面上；有的较大的石榴子石晶体横切围岩片理；④密集石榴子石晶体产于透辉斜长角闪岩的劈理面上；呈

脉状集合体，斜切片麻理。

上述石榴子石的产出特征说明，石榴子石与重熔岩脉的形成时间基本一致，相对于变质岩中其它组成矿物的生成时间稍晚。现着重对透辉斜长角闪岩的岩相学进行描述。

岩石在镜下呈柱粒状变晶结构，略显片理，粒度为 0.2~1 mm，以 0.4~0.8 mm 为常见。副矿物有磁铁矿和磷灰石。普通角闪石（45%±）呈柱状，具多色性： $N_p$  呈浅黄绿色， $N_m$  呈暗黄绿， $N_g$  呈深绿—蓝绿， $c \wedge N_g = 15^\circ \sim 20^\circ$ 。晶体中包有小的透辉石、磁铁矿和斜长石粒。此外，局部岩石中有达 4 mm×10 mm~4 mm×5 mm 大小的角闪石晶体，多色性等与上述稍有差别， $N_p$  呈暗绿色， $N_g$  呈墨绿—暗蓝绿色， $c \wedge N_g = 22^\circ$ ；晶体中还包有斜长石、石英粒和成堆的铁的氧化物微粒，有的沿裂隙分布。此种大角闪石晶体经重结晶增大而成。斜长石（35%~40%）呈多边形粒状，大部分具有宽窄不一的钠长石双晶纹，少部分具肖钠长石双晶。晶体表面略显雾状或轻微绢云母化，绢云母有的集中于晶体中心。透辉石（15%~20%）呈粒—柱状，浅灰绿色，粒度为 0.1~0.5 mm，个别稍大， $c \wedge N_g = 40^\circ$ 。晶体中包有普通角闪石和磁铁矿。石榴子石（0~5%）呈粒状，粉色，分布不均，偏光镜下全消光。晶体中有不规则石英和角闪石小粒分布。

在果庄以西去采石坑的小道下见有混合岩化的黑云透辉斜长角闪岩包于二长花岗岩之中，接触带混合岩化显著。此种岩石具有如下不同特点。

岩石粒度比一般的斜长角闪岩粗，大多为 2~3 mm 局部也有小于 1 mm 的，整个岩石粗细不均，不同的组成矿物分布不匀。

角闪石呈不规则柱状，具多色性： $N_p$  呈翠黄绿， $N_g$  呈墨绿—蓝绿， $c \wedge N_g = 20^\circ$ ，边部有小黑云母片（ $N_p$  呈浅黄， $N_g$  呈棕红）；晶体中包有较多透辉石、斜长石、石英和一些磁铁矿；石英多时，组成筛状结构。

斜长石呈板状或粒状，大的可达 2 mm 小的 0.8~1.2 mm，既有钠长石双晶，又有肖钠长石双晶，局部斜长石特别多。

①透辉石呈小粒状或粒状集合体，有的透辉石晶体较大，被不规则的普通角闪石包围或穿插。可见，透辉石形成早于普通角闪石。

2. 二辉斜长角闪岩（YS9533-1, YS9534, YS9584, YS-5a, YS-39, YS-25a, YS-25b, YS-35）（图版 III 之 6）

该类岩石主要见于沂水幅林家官庄以南、石山官庄和罗家庄东北羊圈一带，以及九层岭北冲沟中，且在林家官庄以南常与透辉斜长角闪岩伴生，而在石山官庄一带，常与黑云斜长片麻岩互层；在高桥幅南部也有所见。该类岩石是石山官庄变质岩石组合和林家官庄变质岩石组合的主要组成岩石之一。

该类岩石中普遍见有不规则或大致平行片理的白色花岗质小脉（宽 1~2 mm，常为数厘米至 10 余厘米）和细小石英脉。在前一种脉中，常见有稍粗大的紫苏辉石和粉红色细小

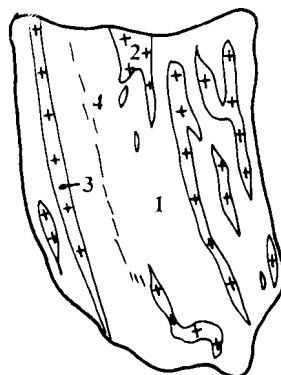


图 2-1 透辉斜长角闪岩中穿插的含石榴斜长花岗质细脉（沂水九层岭北 1 km）

1—透辉斜长角闪岩；2—含石榴子石斜长花岗质细脉；3—石榴子石；4—黑云母

粒状的石榴子石晶体，粒度较岩石中所含矿物的粒度大（达 2~3 mm），系重结晶增大而成。石英细脉一般较纯，长可达数十厘米至 2 m，也有仅 4~5 mm 的无根脉体。

岩石呈黑绿色，细粒块状，多数具片状构造，矿物沿片理定向排列明显。其组成矿物主要为透辉石、紫苏辉石、斜长石、黑云母、石榴子石和石英，在个别薄片中有钾长石。据六个样品薄片的矿物体积分数统计，主要组成矿物的平均体积百分含量如表 2-1 所示。

表 2-1 二辉斜长角闪岩中矿物体积百分数 ( $\varphi_B/\%$ )

|      | Opx        | Cpx        | Hb          | Bi       | Pl         | Kf       | Q         | Mt        |
|------|------------|------------|-------------|----------|------------|----------|-----------|-----------|
| 变化范围 | 4.39~21.54 | 3.11~17.18 | 45.07~67.54 | 0.1~5.65 | 7.67~32.47 | 0.0~0.19 | 0.61~6.88 | 0.08~1.56 |
| 平均   | 12.96(6)   | 6.90(6)    | 53.62(6)    | 2.17(3)  | 23.06(6)   | -        | 2.42(5)   | 0.94(6)   |

注：六个薄片号分别为 YS-5a, YS-39, YS-25A, YS-25B, YS-35 和 85411；据沈其韩等 1992 年资料。石榴子石在这六个薄片中均未出现

普通角闪石呈不规则柱状和粒状，粒径为 0.8~1 mm，有些 > 1 mm，一般比斜长石大；具多色性： $N_p$  呈浅黄绿色， $N_m$  呈绿褐色， $N_g$  呈蓝绿—褐绿色， $c \wedge N_g = 20^\circ$ ；晶体中常有透辉石和（或）斜长石，多数具波状消光和环带构造。有的普通角闪石包于紫苏辉石晶体中，可能生成较早；有的则与两种辉石接触平直，具共生特点；还有一些细粒（< 0.1 mm）的角闪石穿切了两种辉石，推断应是最晚形成的角闪石。由此可见，普通角闪石可能有三个世代。

斜长石半自形粒状，粒径为 0.3~1 mm，且以 0.3~0.5 mm 者为主；大部分具钠式和肖钠长石双晶，前者晶纹细而不均匀，有的呈断线状，可能为次生的机械双晶。根据斜长石与其它矿物的共生和穿切关系，可将其分为三个世代：早期  $Pl_1$  ( $An=67\sim70$ ) 显示弱的反环带，强烈变形，晶形弯曲，有的呈膝折构造，斑杂状波状消光，局部具明显的环带消光；第二期  $Pl_2$  ( $An=40\pm$ )，略具聚片双晶， $N_p \wedge (010) = 20^\circ$ ；晚期 ( $Pl_3$ )， $An=27$ ，个别为 15，细粒它形，粒径 < 0.3 mm，具清晰的聚片双晶。透辉石（属次透辉石类）粒状，呈极浅的绿色，干涉色为一级蓝紫， $c \wedge N_g = 35^\circ$ ，与早期斜长石共生；有的集中呈不规则大晶体 (> 2 mm)。紫苏辉石呈粒状，粒径为 0.2~0.8 mm，具多色性： $N_p$  呈粉色， $N_g$  呈浅绿色，干涉色低，平行消光，有的具波状消光，解理呈弯曲状，少部分包裹角闪石，大部分则被角闪石所包裹。黑云母呈片状， $N_p$  呈浅黄色， $N_g$  呈红棕色，常与磁铁矿伴生，且常切过角闪石或包围角闪石，故生成更晚。副矿物主要为微粒磁铁矿和极少量磷灰石晶体。

#### 四、角闪变粒岩类

该岩类在斜长角闪岩-黑云变粒岩变质岩组合中比较常见，而在麻粒岩-片麻岩变质岩石组合中则比较少见，正如前述，在北张家庄北路西侧冲沟中见有数十米的角闪变粒岩与斜长角闪岩和黑云变粒岩互层。该岩类主要与二辉斜长角闪岩伴生，岩石中含有少量紫苏辉石。在镜下，其特征与斜长角闪岩相同，只是组成矿物斜长石的含量远比普通角闪石为多，有时还含有少量石英。

五、麻粒岩类 (YS9553, YS9620B, S8837, YS-40, YS9544, Pm14-ccl. Pm26-YQ3, YS9555)

该岩类是石山官庄麻粒岩-片麻岩变质岩石组合中最主要的岩石类型，即原称沂水岩群

石山官庄组中的主要岩石；主要分布于沂水幅的前龙家庄—罗家庄—羊圈一线和石山官庄—苇园—九层岭一线之间的广大区域和高桥幅的胡家庄—蔡峪一带；一般呈层状、透镜状或条带状产于各类花岗岩岩石中。

该类岩石普遍含有不等量的角闪石而成为角闪二辉斜长麻粒岩，有的还含有少量黑云母或石榴子石而分别称为黑云角闪二辉斜长麻粒岩和石榴二辉斜长麻粒岩，个别岩石中还见有少量钾长石或石英而称为长英麻粒岩。一般而言，根据麻粒岩中镁铁矿物和长英矿物的多少所反映出的色调，分为暗色和浅色两种；前者偏基性，后者偏中性或中酸性。

#### 1. 二辉斜长麻粒岩（图版 I 之 7；II 之 2, 4；III 之 2, 4, 8）

在高桥幅南部胡家庄所见的二辉斜长麻粒岩（YS9552, YS9553），除主要组成矿物外，都含有黑云母和普通角闪石。岩石呈黑绿色，细粒具条带状，界线清楚至模糊；镜下都呈粒状变晶结构，片麻状构造，粒度相近；条带由不同的成分所组成。现将所分的二层分别称为 A 层和 B 层。

A 层 组成矿物主要为普通角闪石和斜长石，其次为紫苏辉石和透辉石，副矿物为磁铁矿、磷灰石和锆石。普通角闪石呈多边形粒状至柱状，粒径为 0.2~2.0 mm，0.4~0.8 mm 者较普遍，长轴的排列与片理方向一致；具多色性： $N_p$  呈黄绿色， $N_g$  呈暗蓝绿色， $N_m$  呈暗绿色， $c \wedge N_g = 15^\circ$ ；晶体中包裹有磁铁矿和磷灰石。透辉石（ $Cpx_1$ ）呈粒状至柱状，粒度小于普通角闪石，呈浅灰绿色， $c \wedge N_g = 42^\circ$ ，解理发育，部分包于角闪石晶体中，且与主体斜长石共生。在普通角闪石晶体的边部，有时见有蠕虫状透辉石小晶体（ $Cpx_2$ ）其基质为另一种斜长石（ $Pl_2$ ）；主体斜长石的光性特征同 B 层。

B 层 组成矿物以透辉石、紫苏辉石和斜长石为主，也有少量普通角闪石，副矿物有磁铁矿（粒径最大的达 0.6 mm，一般为 0.1~0.2 mm）和磷灰石（细长柱状至粒状），含量均多于 A 层。斜长石（粒径为 0.3~1.0 mm）大部分具钠长石双晶纹，少部分具肖钠长石双晶，个别晶体略显弯曲；其含量与紫苏辉石和透辉石的总量相等。紫苏辉石和透辉石以及普通角闪石的光性均同 A 层。

在羊圈北沟一带所见的黑云角闪二辉斜长麻粒岩，主要产于沟边的采石坑，出露不全，厚度不详，略具条带状，有长英质脉体穿入。岩石呈黑灰绿色，细粒块状，略具片理，呈花岗粒状变晶结构；组成矿物以斜长石（>50%）、透辉石和紫苏辉石为主，黑云母、普通角闪石和石英次之；副矿物主要为磁铁矿和磷灰石（柱状）。斜长石呈粒状，粒径为 0.35~0.8 mm，部分长轴与片理方向一致，部分具不清晰的钠长石双晶纹，常与石英伴生；晶体中包有磷灰石柱体。透辉石呈粒状，粒径与紫苏辉石一致，浅灰色， $c \wedge N_g = 38^\circ$ ，含量变化较大。紫苏辉石除核心部分尚有保存外，大部分已蚀变为次生黑云母和绿泥石。普通角闪石呈粒状，粒径为 0.1~0.5 mm，具多色性： $N_p$  呈黄绿， $N_m$  呈黑绿， $N_g$  呈棕绿， $c \wedge N_g = 18^\circ$ ，与透辉石共生。黑云母呈片状或片状集合体，大的可达 0.8~4 mm，具多色性： $N_p$  呈火黄， $N_g$  呈棕黑色。部分岩石中缺乏透辉石和石英，按矿物成分则称为黑云紫苏斜长麻粒岩。

在罗家庄村东南和高桥幅南部黄姑山地区，该类岩石（YS9565）常呈包裹体产于马山岩体之中，岩性完全相同。

在沂水幅罗家庄之南大山北坡山腰采石公路边见有多个暗灰绿色细层纹状角闪二辉斜长麻粒岩包裹体分布于大山岩体中。包裹体一般宽 0.5~1 m 最宽处达 4 m 延长 2~3 m，

与花岗质岩体的边界清楚，沿东西走向呈透镜状分布，向南陡倾（ $70^{\circ}\pm$ ）其中有小条花岗质脉体顺片理或劈理穿插。岩石（YS9713）呈黑绿色，细粒块状，具纹层，风化面呈褐黄色。镜下呈花岗粒状变晶结构，片状构造，粒径为0.2~0.6 mm。组成矿物主要为斜长石、透辉石、普通角闪石和紫苏辉石，偶见少量黑云母；副矿物主要为磁铁矿，量较多。斜长石呈粒状，大部分具钠长石双晶纹，有时伴生卡式双晶，个别有肖钠长石双晶；有的钠长石双晶只有半截，一头尖灭，可能属于机械双晶。透辉石呈不规则粒状，浅绿色， $c \wedge N_g = 40^{\circ}$ ，有的具有不清晰的席勒结构，晶体中包有石英小圆粒。普通角闪石呈柱一粒状，最大可达1 mm，柱体平行片理排列；具多色性： $N_p$ 呈浅黄绿色， $N_m$ 呈暗绿色， $N_g$ 呈绿色， $c \wedge N_g = 17^{\circ}$ ；晶体中包有较多透辉石和较少的紫苏辉石，常与磁铁矿伴生；有一些较小的普通角闪石颗粒产于磁铁矿的边部。紫苏辉石粒状，多色性明显，显示平行消光，含量少于透辉石。岩石不同的层纹中其矿物组合和含量稍有不同，如有的层纹中含较多的斜长石和透辉石（+少量紫苏辉石），有的层纹中则普通角闪石含量较多，显示一定的成分分层。

在沂水幅东北部九层岭北所见的角闪斜长二辉麻粒岩呈层状与（石榴）二辉斜长麻粒岩、透辉斜长角闪岩等呈互层，但界线难以分清。岩性特征与上述基本相同，成分分层也很明显。

## 2. 石榴紫苏长英质麻粒岩（YS9555）

该岩石主要见于高桥幅蔡峪村北，呈包体产于蔡峪石榴花岗闪长质岩石中。岩石呈灰色至深灰色，细粒块状，具稀疏分布的黑褐色紫苏辉石（2 mm大小）和粉色石榴子石散布于斜长石和石英组成的基质中（粒径小于1 mm），镜下显示不等粒粒状变晶结构，微晶片麻状构造。组成矿物主要是斜长石、石英、紫苏辉石和石榴子石，偶见微量黑云母，副矿物有磁铁矿和磷灰石。斜长石呈不规则粒状，粒径一般为0.4~0.8 mm，个别可达1 mm，大部分具细粒纹状钠长石双晶，少部分具肖钠长石双晶，微绢云母化。石英呈极不规则的粒状，粒径0.15~1.4 mm，晶体中有时包有小粒斜长石。紫苏辉石粒状至不规则粒状，粒径一般为0.1~0.4 mm，大者可达1~1.4 mm，具多色性（ $N_g$ 呈浅灰绿色， $N_p$ 呈粉色）和平行消光；晶体中包有磁铁矿和其它铁氧化物。石榴子石呈粒径为0.1~0.5 mm的长方形或圆粒状晶体，分布不均匀，有时集中于一处；全消光是其特点。边部见有黑云母，呈小片状聚合体， $N_p$ 呈火黄， $N_g$ 呈黑红棕。磷灰石呈小柱状，长者可达0.15 mm。

## 六、二辉石岩类和尖晶石二辉角闪岩类（超镁铁质岩）

该岩类主要出露于石山官庄、严家官庄和羊圈一带以及高桥幅的曹河庄地区，其次见于马山和雪山山坡上，呈间层状夹于其它麻粒岩相表壳岩中或呈孤立的小包裹体产于紫苏花岗质岩体中。根据矿物组合的种类和含量的不同可分别命名为紫苏透辉石岩或二辉石岩（YS9516，YS9586）、角闪二辉石岩（YS-1）和黑云斜长辉石岩（85395）<sup>①</sup>。

典型的二辉石岩出露于曹河庄东南石坑中，岩石黑绿色，细粒块状，粒径0.15~0.5 mm，镜下呈花岗粒状变晶结构；组成矿物以透辉石和紫苏辉石为主，含少量普通角闪石，无斜长石是其特色，副矿物主要为磁铁矿，含量稍多。透辉石粒状，粒径0.2~0.5 mm，干涉色一级蓝紫， $c \wedge N_g = 37^{\circ}$ 。紫苏辉石呈多边形粒状，粒径0.15~0.4 mm，具多色性： $N_p$ 呈粉色， $N_g$ 呈浅绿色，平行消光。角闪石呈微粒状，量很少，粒径0.04~0.1 mm，呈暗

① 据金隆玉 1988 年资料。

蓝绿色，多色性不明显；且包于二种辉石晶体中，有的四周被磁铁矿包围。

角闪二辉石岩（YS-1）呈绿黑色—黑绿色，细粒（1 mm±），致密块状，花岗粒状变晶结构，片状构造。主要组成矿物为紫苏辉石（40.0%）、普通角闪石（45.0%）、透辉石（13.0%），偶含石英和尖晶石；无斜长石和角闪石多是其特点。随着两种辉石和普通角闪石含量的变化，可以出现普通角闪石与两种辉石之间的一些过渡岩石。紫苏辉石、透辉石、普通角闪石颗粒相接触常呈 120° 交角，说明三者均为共生关系；其光性同上述，不赘述。

据顾德林等（1997）研究，在高桥幅中出露有尖晶石二辉角闪岩类。该类岩石的主要组成矿物为角闪石（45%~50%）、透辉石（25%）和紫苏辉石（25%）及少量尖晶石，无斜长石是其特点；其结构和矿物特点与前述相同。

在紫苏花岗闪长质岩体中呈包裹体产出的上述前三种矿物一般粒度变化大，最大的可达 5 mm 以上，且相互包裹，说明仍具共生特点。

另据金隆玉（1988）描述的黑云斜长二辉石岩（原称黑云母辉石岩）的矿物组成与上述的二辉石岩有较大的不同，即含较多斜长石而无普通角闪石，但含一定量黑云母，其具体矿物成分体积百分比为：斜长石 41.56%，紫苏辉石 34.9%，单斜辉石 9.17%，黑云母 7.17%，石英 4.42%，磁铁矿 1.11%，钾长石 0.58%，其它 1.03%。按此成分，不能归入辉石岩类，因未见其化学成分，暂列于此。

### 七、透辉石岩类

该类岩石分布不广，主要见于石山官庄东南，安子沟北沟，果庄西石坑等地。一般呈小条状或透镜状产出，常与黑云二辉斜长片麻岩等伴生。

在石山官庄东南所见的岩石为石榴斜长透辉岩（YS9585），呈暗灰黄色，细粒块状，粒径一般介于 0.5~1 mm 之间，局部与围岩界线不清；岩石中有花岗质脉体穿入。风化后略显片理，片理面上有黑云母片，镜下观察呈花岗粒状变晶结构；组成矿物主要有斜长石、透辉石和少量石榴子石和黑云母，副矿物以磁（钛）铁矿和磷灰石为主。斜长石粒径以 0.3~0.8 mm 为最多，边部不整齐，除少数微绢云母化外，大部分新鲜，显示细纹状钠长石双晶，少部分具肖钠长石双晶，有的钠长石双晶已被弯曲而呈波状消光。透辉石呈粒状至粒状连晶，粒径 0.2~0.6 mm，呈浅灰绿色，一组解理发育，干涉色一级蓝紫， $c \wedge N_g = 38^\circ$ ；晶体中包有斜长石和尘点状铁氧化物，边部见有黑云母小片（ $N_p$  呈黄， $N_g$  呈棕色）与不规则粒状（粒径 0.02~0.4 mm）磁铁矿伴生。石榴子石呈圆粒状，粒径 0.1~0.3 mm，分布不均匀，稍具裂纹，镜下无色，十字镜下全消光。磷灰石呈圆粒状至微小透镜状，个别具六面体状，粒径 0.3~0.6 mm，无色，具裂纹，突起高，干涉色低。

在安子沟东北沟所见主要为角闪透辉岩—斜长透辉岩（YS9591, YS9592）薄层状，已片理化。岩石中常见有白色长英质细脉穿入，因比较坚硬，风化后常凸出如骨状，与风化围岩相互成层。岩石呈暗灰色，细粒块状，镜下观察呈粒状变晶结构；主要由透辉石和少量普通角闪石组成，有的薄片中间见有一定量的斜长石（粒状，粒径 0.4~0.7 mm，个别稍大），副矿物主要为磷灰石，偶见少量黑云母。透辉石为椭圆形粒状至条状，呈无色至极浅的绿色，一组解理发育， $c \wedge N_g = 32^\circ$ ，有的已蚀变为透闪石。普通角闪石呈浅黄绿色，多色性不明显， $c \wedge N_g = 15^\circ$ 。斜长石稍有绢云母化和泥化，部分具不清晰的钠长石双晶纹。

在果庄西石坑所见的岩石（YS95101）为黑云角闪斜长透辉石岩，在大山岩体中以包裹体形式出现。岩石呈黑灰色，细粒块状；具有灰色斜长石斑块，且分布不均匀，大者可达

3 mm×5 mm；镜下观察呈花岗粒状变晶结构。组成矿物以斜长石、透辉石为主，角闪石和黑云母次之，前者呈不规则粒状，粒径 0.05~0.5 mm，后者呈细粒柱状；副矿物见有磁铁矿和磷灰石。斜长石有两种：一种为不规则粒状，粒径 0.15~0.7 mm，少数具有不清晰的细钠长石双晶纹和肖钠长石双晶，少数钠长石双晶已被弯曲；另一种含量较多的板状体（1~1.6 mm）分布较集中，即肉眼所见的斜长石斑块。透辉石呈小粒状和粒状集合体， $c \wedge N_g = 40^\circ$ ，常与较多的磁铁矿伴生。普通角闪石呈小粒和较大的柱状或柱状集合体，具多色性： $N_p$  呈绿色， $N_m$  呈黄绿色， $N_g$  呈墨绿色， $c \wedge N_g = 22^\circ$ ，常将透辉石包围呈半环状。黑云母呈片状，常聚合成平行的带状，有的分布于普通角闪石的边部，具多色性： $N_p$  呈火黄， $N_g$  呈暗红棕。

#### 八、铁英岩类（条带状贫铁矿）（图版 III 之 3）

该岩类主要见于麻粒岩-片麻岩变质岩石组合中，即相当于原称的石山官庄岩组，少数见于原称的林家庄岩组或呈捕虏体产于牛心官庄岩体中。

在麻粒岩-片麻岩变质岩组合中所见的铁英岩主要分布于石山官庄南前晏家铺村和东院之间（图 1-1），呈 NE 向延展，长约 2 km 多，宽约 2~3 m，有的由两层组成，向 SEE 倾斜，倾角约  $60^\circ$ ，地表已被采掘，残留采坑，属一小型矿点。根据组成矿物之不同，可分为紫苏铁英岩、铁英岩和镁铁闪石铁英岩等（YS9588，YS9589，YS9590），具条纹条带状构造。紫苏铁英岩（YS-7）在镜下呈中细粒粒状变晶结构，粒径 0.1~2.0 mm，一般石英粒偏细，为 0.1~0.5 mm，含量可达 60% 以上，具波状消光和波形纹；磁铁矿以它形粒状为主，粒径比石英大。紫苏辉石半自形—它形粒状，粒径介于石英和磁铁矿之间，常聚集成条带，穿切磁铁矿。铁英岩呈片麻状或灰色斑点状，组成矿物只有磁铁矿和石英，石英含量大于磁铁矿；磁铁矿褐铁矿化后呈土黄色；镜下见石英粒长轴呈平行排列，粒度变化较大（0.01~0.4 mm）互相杂乱分布；磁铁矿呈不规则树枝状和条状或条状集合体（粒径 1.5~2 mm），具一定的定向性。镁铁闪石铁英岩（YS9589）呈细纹状，组成矿物主要是石英、磁铁矿和少量镁铁闪石；石英粒略具定向排列，磁铁矿多呈条状或极不规则的粒状，总体定向。镁铁闪石呈粒状，无色，平行消光，干涉色高。

在唐家河村西南、西艾家庄东头和北部，均有小条铁英岩出露，有的呈包裹体分布于林家庄岩体内，有的产于混合岩化的表壳岩中；延长数十米至近百米，厚数十厘米至一米多。

在高桥幅的吴家庄以北的牛心官庄岩体中，也零星见有小条层状透辉石铁英岩呈透镜体产出，宽数十厘米，长 2~3 m，均为残留体，附近还有少量斜长角闪岩伴生。岩石（矿石）（YS95-4）略显条带—条纹状构造；组成矿物以石英和磁铁矿为主，另有少量透辉石以及次生绢云母；镜下呈粒状变晶结构，粒径 0.4~1.8 mm。磁铁矿呈极不规则粒状，有的组成链状或条状，大致顺层分布，晶体中包有石英和已蚀变的透辉石。石英呈不规则粒状，颗粒互相镶嵌。副矿物见有少量磷灰石。

#### 九、石榴子石岩类

该岩类既见于麻粒岩-片麻岩的变质岩石组合中，也见于斜长角闪岩-黑云变粒岩组合中；但均作为小条透镜体出现，规模极小。

麻粒岩-片麻岩变质岩石组合中的石榴子石岩主要见于高桥幅的蔡峪村北，样品（YS9621）采于采石场石堆，未见生根露头；且主要为黑云长英石榴子石岩，其成分以石榴

子石为主 (>50%)，其次有少量斜长石、石英和黑云母；镜下呈花岗粒状变晶结构，块状构造；副矿物见有磁铁矿、黄铁矿和褐帘石等。石榴子石按其形状和大小，可分为三组：第一组呈圆形—椭圆形，颗粒最大粒径 7~8 mm，晶体中包有黑云母和石英；第二组呈椭圆形，粒径 2~3 mm；第三组粒状，粒径小于 2 mm，镜下无色至粉色，突起高。颗粒之间被斜长石和石英或黑云母和黄铁矿充填。斜长石呈粒状，粒径 3~4 mm，部分具细而均匀的钠长石双晶纹，部分具肖钠长石双晶；有的较大晶体外围有更小的斜长石粒与黑云母和石英伴生，粒径为 0.05 mm 左右。石英呈粒状或粒状集合体，颗粒间呈花边状镶嵌。黑云母呈不规则片状，最长的可达 1 mm 以上，小的只有 0.1~0.05 mm，有的充填于很窄的石榴子石裂隙中，具多色性： $N_p$  = 橙黄色， $N_g$  = 红棕色。

一般石榴子石含量变化较大，如含量减少，岩石即变为黑云石榴长英片麻岩。

在斜长角闪岩-黑云变粒岩变质岩石组合中的石榴子石岩与上述石榴子石岩具有不同的特点，如见于高桥福北下村石坑中的为黑云石榴子石岩 (YS9616b) 或含黑云母石英石榴子石岩 (YS9725)。

黑云石榴子石岩由 85% 以上的圆粒状石榴子石组成，其余为黑云母，分布于石榴子石颗粒之间，此外偶见少量石英。石榴子石粒径 2~10 mm，最小的为 2~3 mm，大部分为 4~5 mm；镜下呈粒状变晶结构，在常光下呈无色—粉色，正交偏光全消光；晶体中包有黑云母 ( $N_p$  呈浅黄绿色， $N_g$  呈棕黄色) 和不规则圆形石英小粒 (0.01~0.2 mm，最大 0.8 mm)，个别见有钾长石 (其中还包有小柱状夕线石)。黑云母片状，最长可达 4 mm，具多色性： $N_p$  呈浅绿黄， $N_g$  呈深黄绿，一些云母片已显弯曲，晶体中有的包有石榴子石小粒，偶见次生方解石和白云母 (量很少)。

含黑云母石英石榴子石岩 (YS9725) 呈灰紫色细粒块状，比较坚硬，常呈宽 3 cm，长 10~15 cm 的长条状，产于黑云变粒岩与花岗质岩石之间，与花岗质岩石分界基本清楚 (图 2-2)，且与花岗质岩石接触处石英粒增大，形成一个较窄的带。岩石薄片在镜下呈花岗粒状变晶结构，组成矿物以石榴子石和石英为主 (石榴子石含量大于石英)，黑云母和磁铁矿少

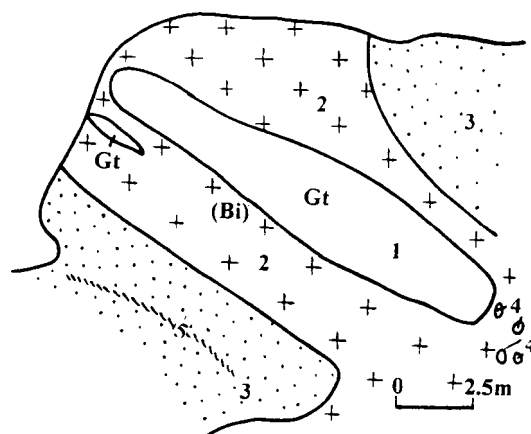


图 2-2 北下村石坑中所见的含黑云母石英石榴子石岩的产出状态

1—含黑云母石英石榴子石岩；2—花岗质岩石；3—黑云变粒岩；4—石榴子石晶体 (Gt)

量。石榴子石呈粒状，粒径 0.1~1 mm，薄片呈粉色，正交偏光全消光；大部分晶体中包有 0.1~0.2 mm 不规则粒状的石英粒（有时与磁铁矿伴生）；在石榴子石颗粒之间有不规则多边形粒状石英充填并伴生磁铁矿和黑云母，后者呈小片状，粒径小于 0.3 mm，个别大者可达 1 mm，具多色性： $N_p$  呈浅黄， $N_g$  呈棕色—暗棕绿色。

在西艾家庄和北张家庄以西，见有角闪直闪石榴子石岩（YS9532）产于由石榴斜长角闪岩和黑云变粒岩为主组成的岩系中，呈小条状。整个岩系又被含较多石榴子石的黑云斜长花岗质片麻岩（岩体）所包围。岩石呈黑棕色，比重大，细粒块状，肉眼所见由黑色石榴子石和浅棕色柱状矿物组成，镜下呈不规则柱粒状变晶结构；组成矿物主要为石榴子石、角闪石和直闪石，其次有少量石英，副矿物有磁铁矿和褐铁矿。石榴子石在透射光下为无色，正交偏光下全消光，晶体中包有角闪石和直闪石。角闪石柱状，干涉色低呈暗灰色，解理发育， $N_g \wedge c \approx 20^\circ$ ，沿裂隙和晶体四周蚀变为直闪石，平行消光；有的角闪石中包有石英和（或）磁铁矿。

## 第二节 主要岩石类型的地球化学特征

沂水岩群中的变质表壳岩经历了麻粒岩相的变质改造，其原岩的结构特征已被破坏。如前所述，根据岩石的组合关系、野外产出特点，仍可分辨出黑云变粒岩、角闪变粒岩、含辉石斜长角闪岩、辉石片麻岩以及部分二辉麻粒岩等的原岩为变质表壳岩。本节将在岩相学研究的基础上，根据本课题组已取得的资料和前人资料，重点讨论变质表壳岩的地球化学特征及其所反映的原岩特点。

### 一、常量元素所反映的原岩性质

沂水岩群中变质表壳岩的主要岩石类型的常量元素分析结果如表 2-2 所示。除紫苏铁英岩外，其它各类变质表壳岩的  $w(\text{SiO}_2)$  变化于 45% 与 70% 之间，可见它们的原岩从超镁铁质到具中酸性成分均有出露；但以基性和酸性成分为主，中性成分较少。这种情况类似于太古宙双峰式火山岩的特点（沈其韩，1992）。

在 Simonen（1953）的  $(al+fm) - (c+alk)$  对  $si$  的图解上（图 2-3），辉石岩类（即超镁铁质岩类）的投点位于火山岩区的左上方，与泥质沉积岩区重叠。由于超镁铁质岩石的  $fm$  值高， $c$  和  $alk$  值低，因此不适合采用该图进行原岩恢复（王仁民等，1987），也不能以此图来说明超镁铁质岩类的原岩性质。根据它们与斜长角闪岩有时共生的特点，可以说它们的原岩为岩浆成因；但它们是喷出岩还是侵入体尚需进一步研究。除此之外，斜长角闪岩、角闪变粒岩、斜长片麻岩在该图中几乎全部位于火山岩区，二辉麻粒岩大部分位于火山岩区，少部分位于火山岩区的上方，介于典型的泥质沉积岩和火山岩区之间；而黑云变粒岩则多位于泥砂质沉积岩和火山岩区之间，少部分位于火山岩区。值得注意的是，位于沉积岩区的二辉麻粒岩和黑云变粒岩的样品，其  $(al+fm) - (c+alk)$  值较低；而位于沉积岩区靠近火山岩区的部位，则与典型沉积变质的夕线钾长片麻岩远离火山岩区的特点有明显区别，这种区别表明，位于沉积岩区的二辉麻粒岩和黑云变粒岩的原岩有较多的火山物质加入。以上讨论表明，本区的斜长角闪岩、斜长片麻岩、角闪变粒岩以及大部分二辉麻粒岩的原岩属于火山成因，而黑云变粒岩与少部分二辉麻粒岩的原岩则为有部分火山物质加入的火山沉积岩；夕线石榴钾长片麻岩的样品位于典型的泥砂质沉积岩区。

表 2-2 沂水地区太古宙表壳岩主要岩石类型的化学成分表(w<sub>B</sub>/%)

| 序号 | 样品号       | 岩石名称       | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO   | MnO  | MgO   | CaO   | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | H <sub>2</sub> O | CO <sub>2</sub> | 总量     |
|----|-----------|------------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|-------|-------|-------------------|------------------|-------------------------------|------------------|-----------------|--------|
| 1  | Pm7yq3    | 紫苏黑云变粒岩    | 67.44            | 0.50             | 13.17                          | 2.44                           | 4.65  | 0.04 | 2.42  | 2.99  | 3.08              | 1.62             | 0.12                          | 1.94             | 0.06            | 100.47 |
| 2  | Pm22yq3   | 紫苏黑云变粒岩    | 60.80            | 0.54             | 16.33                          | 2.89                           | 4.67  | 0.11 | 3.05  | 4.17  | 3.76              | 1.89             | 0.35                          | 1.00             | 0.11            | 99.69  |
| 3  | Pm23yq4   | 紫苏黑云变粒岩    | 60.12            | 0.65             | 15.65                          | 2.25                           | 6.34  | 0.16 | 4.58  | 7.03  | 1.75              | 0.38             | 0.51                          | 0.97             | 0.14            | 100.53 |
| 4  | Pm23yq5   | 紫苏黑云变粒岩    | 62.86            | 0.53             | 15.39                          | 1.50                           | 5.29  | 0.06 | 2.19  | 2.93  | 3.08              | 3.09             | 0.17                          | 3.14             | 0.08            | 100.31 |
| 5  | Pm13yq3   | 黑云变粒岩      | 64.20            | 0.56             | 14.84                          | 0.87                           | 5.19  | 0.06 | 2.10  | 2.14  | 3.95              | 2.30             | 0.32                          |                  |                 | 96.53  |
| 6  | Pm30yq5   | 角闪变粒岩      | 61.54            | 0.67             | 15.56                          | 2.19                           | 5.92  | 0.08 | 2.93  | 4.29  | 3.50              | 1.33             | 0.24                          |                  |                 | 98.25  |
| 7  | Pm15yq5   | 含紫苏辉石角闪变粒岩 | 64.34            | 0.39             | 14.75                          | 2.17                           | 3.26  | 0.08 | 2.70  | 3.63  | 3.87              | 3.55             | 0.19                          | 1.05             | 0.12            | 100.10 |
| 8  | Pm14yq1   | 含紫苏辉石角闪变粒岩 | 63.97            | 0.60             | 15.63                          | 2.22                           | 3.47  | 0.15 | 2.02  | 2.23  | 3.28              | 1.40             | 0.34                          | 3.20             | 0.08            | 98.59  |
| 9  | Pm25yq3   | 角闪紫苏变粒岩    | 56.12            | 0.49             | 14.35                          | 3.80                           | 4.84  | 0.18 | 5.43  | 5.42  | 3.24              | 3.78             | 0.27                          | 1.93             | 0.10            | 99.95  |
| 10 | YS-28     | 含透辉石斜长角闪岩  | 48.76            | 0.68             | 16.52                          | 1.73                           | 7.92  | 0.16 | 9.52  | 11.04 | 2.46              | 0.62             | 0.08                          | 1.17             | 0.09            | 100.68 |
| 11 | YS-5a     | 二辉斜长角闪岩    | 50.46            | 0.45             | 15.55                          | 3.37                           | 6.27  | 0.13 | 7.83  | 10.51 | 2.97              | 0.93             | 0.10                          | 0.61             | 0.27            | 99.44  |
| 12 | YS-25a    | 二辉斜长角闪岩    | 48.98            | 0.99             | 14.33                          | 2.32                           | 10.53 | 0.20 | 6.94  | 11.79 | 2.49              | 0.44             | 0.08                          | 0.83             | 0.17            | 99.99  |
| 13 | YS9542    | 透辉斜长角闪岩    | 50.09            | 0.97             | 14.29                          | 2.97                           | 8.95  | 0.23 | 5.61  | 10.90 | 3.29              | 0.92             | 0.08                          | 1.14             | 0.05            | 99.54  |
| 14 | P35-12Gsl | 石榴二辉斜长角闪岩  | 47.42            | 0.94             | 14.89                          | 2.65                           | 9.85  | 0.18 | 8.41  | 10.63 | 2.30              | 0.62             | 1.12                          | 0.21             | 0.40            | 99.73  |
| 15 | P35-11Gsl | 黑云二辉斜长角闪岩  | 52.78            | 0.94             | 16.46                          | 1.19                           | 9.08  | 0.15 | 7.73  | 4.01  | 3.50              | 2.50             | 1.07                          | 0.09             | 0.02            | 99.71  |
| 16 | Pm11yq6   | 石榴斜长角闪岩    | 48.45            | 1.56             | 14.01                          | 2.52                           | 12.17 | 0.24 | 4.93  | 11.22 | 1.42              | 0.26             | 0.47                          | 1.35             | 0.75            | 99.35  |
| 17 | Pm30yq4   | 细粒斜长角闪岩    | 54.34            | 0.50             | 11.56                          | 3.01                           | 7.91  | 0.12 | 7.03  | 8.73  | 3.38              | 0.86             | 0.23                          |                  |                 | 97.67  |
| 18 | Pm13yq1   | 含透辉石斜长角闪岩  | 48.16            | 0.98             | 14.64                          | 2.64                           | 9.83  | 0.23 | 6.92  | 10.32 | 2.16              | 0.40             | 0.23                          |                  |                 | 96.58  |
| 19 | Pm13yq2   | 含紫苏辉石斜长角闪岩 | 52.16            | 0.80             | 13.66                          | 1.29                           | 8.50  | 0.09 | 9.14  | 5.36  | 3.20              | 3.33             | 0.93                          |                  | 0.10            | 98.56  |
| 20 | Pm30yq1   | 含透辉石斜长角闪岩  | 50.08            | 0.78             | 15.35                          | 2.77                           | 8.92  | 0.17 | 7.29  | 10.18 | 2.70              | 0.80             | 0.16                          |                  |                 | 99.20  |
| 21 | S88-37    | 角闪二辉斜长麻粒岩  | 54.39            | 0.75             | 10.09                          | 2.46                           | 8.53  | 0.21 | 8.27  | 9.38  | 2.62              | 0.83             | 0.42                          | 1.44             | 0.05            | 99.40  |
| 22 | YS9553    | 角闪二辉斜长麻粒岩  | 48.10            | 1.04             | 14.56                          | 4.15                           | 9.23  | 0.17 | 7.03  | 10.14 | 2.75              | 0.64             | 0.12                          | 0.62             | 0.62            | 99.41  |
| 23 | YS9594    | 黑云斜长紫苏麻粒岩  | 51.96            | 0.78             | 13.76                          | 1.53                           | 8.29  | 0.17 | 9.64  | 9.48  | 1.62              | 1.18             | 0.39                          |                  | 0.40            | 99.20  |
| 24 | YS9620b   | 黑云二辉斜长麻粒岩  | 53.73            | 0.78             | 11.99                          | 0.80                           | 11.80 | 0.25 | 10.39 | 6.95  | 1.68              | 0.20             | 0.36                          | 0.42             | 0.19            | 99.54  |
| 25 | YS-40     | 黑云角闪二辉麻粒岩  | 57.17            | 0.66             | 17.14                          | 0.11                           | 9.68  | 0.15 | 4.75  | 6.58  | 2.43              | 0.88             | 0.25                          | 0.58             | 0.27            | 100.49 |