

第六章 启发性教学阶段的基本技能训练

本教学阶段的目的是通过教师现场有启发性的教学与指导,使学生能够了解和掌握各种类型地下水的赋存条件和富集规律,并能结合地形地貌、气象水文、地层岩性和地质构造等基本条件进行较为深入的分析。

§ 6.1 潮水峪凤山组泥质砾屑灰岩裂隙水赋存条件分析

6.1.1 教学目的

- (1) 掌握凤山组泥质砾屑灰岩地下水形成与富集的基本条件。
- (2) 比较凤山组裂隙地下水的形成条件与东部落府君山组岩溶裂隙水、潘庄张夏组灰岩岩溶裂隙水形成条件有何不同。

6.1.2 背景条件介绍

潮水峪泉位于潮水峪沟的沟头,在两条小溪交汇处的东侧,该泉现已被当地居民开发引用。在泉的补给区分布着大面积寒武系凤山组砾屑灰岩。该灰岩质地坚硬、裂隙比较发育。发育有 NS、EW、NE 向三组裂隙。层面产状 $292^{\circ} \angle 17^{\circ}$,与山坡坡向相近。泉口西侧有一条闪长岩脉,灰黑色,致密坚硬,宽约 1.70~1.80 m,走向 $320^{\circ} \sim 325^{\circ}$,近直立。其附近灰岩裂隙发育,见有小的牵引褶皱。泉水季节变化大,2001 年 8 月尚有泉水流出,2002 年 8 月泉已干涸。据泉南侧民井水位分析,水位比泉口底 3 m 左右,水位下降较大,补给条件不好,含水层渗透、调蓄能力差。

6.1.3 教学内容

- (1) 观察潮水峪村东坡凤山组砾屑灰岩的岩性、分布范围、裂隙的发育状况,并选择典型地段统计裂隙率;
- (2) 观察闪长岩脉的岩性、产状、宽度及其与围岩接触带处的特征,分析其水文地质意义;
- (3) 观察描述泉水出露的地形、地质、水文地质条件;
- (4) 测量泉的流量、水温,访问泉水动态;
- (5) 绘制泉附近的水文地质平面图和剖面图。

6.1.4 讨论

- (1) 试分析泉水的成因;
- (2) 寒武系凤山组砾屑灰岩裂隙水的形成与富集条件是什么?
- (3) 泉水为什么在岩脉东侧出露而不在西侧出露?富水带应如何圈定?
- (4) 泉水的动态变化特点证明哪些水文地质问题?

6.1.5 编写报告

潮水峪凤山组砾屑灰岩裂隙水赋存条件分析报告。

§ 6.2 东部落寒武系府君山组灰岩岩溶裂隙水形成条件分析

6.2.1 教学目的

- (1) 了解寒武系府君山组的岩性特征、分布范围以及灰岩岩溶、裂隙的发展情况。
- (2) 认识府君山组灰岩岩溶含水系统的特征及岩溶水的富集规律。

6.2.2 背景条件介绍

东部落村位于一小型山间盆地中，盆地西部和南部山高坡陡，其东部和北部为平缓丘陵。村庄座落在 3~5 m 厚的第四系沉积、残积层上。寒武系府君山组灰岩分布在该村东侧及西部的低山丘陵区，厚度约 80 m，地层走向近南北，倾角 16° ，其南部 307 高地一带，分布的是寒武系馒头组、毛庄组、徐庄组、张夏组地层，南部 317 高地一带分布着大面积的中生界次火山岩，主要岩性为闪长玢岩。

府君山组地层主要岩性为暗灰色中厚层豹斑状细晶灰岩、白云质灰岩，节理裂隙较发育，岩溶较发育，地表可见各类溶蚀现象，如溶沟、溶槽、溶洞。在村南的山脚下发育一较大溶洞，洞口略近圆形，直径约 3 m，但深度较大，无法探测到，洞中有水出露。

在村庄中有四个主要泉水的出露点，总流量大于 $10\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$ ，均为上升泉，泉水温度 $12\ ^\circ\text{C}$ 。

6.2.3 教学内容

- (1) 观察、描述东部落村及其周围泉水出露的地形、地质部位，测量泉的流量、水温，并访问泉水动态。
- (2) 观察、描述东部落村南溶洞发育状况及南侧次火山岩的岩性、产状、与围岩的接触关系及分布状况。
- (3) 从村东的 193.7 高地向西沿途观察府君山组灰岩的岩性、裂隙及岩溶发育状况。
- (4) 绘制东部落泉群出露的水文地质平面图及剖面图。

6.2.4 讨论

- (1) 试分析府君山组灰岩的岩溶发育规律。
- (2) 试分析府君山组岩溶水系统的边界及水循环条件。
- (3) 试述该地岩溶地下水的富集条件。

6.2.5 编写报告

编写寒武系府君山组岩溶裂隙地下水形成与富集条件报告。

§ 6.3 潘庄寒武系张夏组灰岩岩溶裂隙水成因分析

6.3.1 教学目的

- (1) 了解张夏组灰岩的分布、岩性、裂隙、岩溶的发育状况。
- (2) 认识泉水出露的地形、地质、水文地质条件。
- (3) 分析张夏组灰岩岩溶裂隙水的富集条件。

6.3.2 背景条件介绍

潘庄位于石河上游的河谷阶地上，潘庄周围出露了大面积张夏组灰岩。该组灰岩层厚、质纯，主要为中厚层微晶灰岩、鲕状灰岩夹薄层黄绿色页岩。该组灰岩岩溶发育，地表可见溶沟、溶槽、溶洞等岩溶现象。该组灰岩受到燕山晚期侵入岩的穿插切割，沿接触带岩溶发育。

6.3.3 教学内容

- (1) 观察潘庄东南沟张夏组灰岩岩性及裂隙、岩溶发育的状况；
- (2) 观察描述花岗斑岩的岩性、节理裂隙发育情况及其与张夏组灰岩的接触关系；
- (3) 测量泉的流量、水温，访问泉的动态；
- (4) 绘制泉出露的水文地质平面图及剖面图。

6.3.4 讨论

- (1) 泉为什么在潘庄东南沟处出露？
- (2) 泉的动态有何特征，说明什么问题？
- (3) 张夏组岩溶裂隙水的补给、径流、排泄的特点？

6.3.5 编写报告

潘庄张夏组灰岩岩溶裂隙水的成因分析报告。

§ 6.4 亮甲山奥陶系下统灰岩岩溶裂隙水形成条件与富集规律

6.4.1 教学目的

- (1) 认识奥陶系下统灰岩岩溶发育条件及发育规律。
- (2) 了解奥灰岩溶裂隙水储存、运动和富集的特点及形成较大供水水源地的条件。

6.4.2 背景条件

亮甲山为奥陶系亮甲山组地层标准剖面所在地，山下为较宽阔的大石河河谷，山西侧分布着石炭二叠系碎屑岩类地层。亮甲山组地层主要岩性为中厚层豹皮灰岩，下部夹少量砾屑灰岩和薄层钙质页岩。其下伏冶里组地层主要岩性为微晶质纯灰岩夹少量砾屑及虫孔状灰岩、砾屑灰岩夹黄绿色页岩。该组地层节理裂隙发育，在亮甲山东边采石场可见到该组地层发育有3组节理裂隙，延深较远，切割深度较大，裂隙张开性好。

在亮甲山下发育一较大溶洞，洞高约2.5 m，宽3 m，可见深度20 m，洞中蓄积着地下水，在枯水季节当地居民抽水浇地，抽水泵管为12寸（30.48 cm），可见水量之大。在亮甲山下采石场有3条辉绿岩脉，岩脉宽度1~2 m，走向34°。在岩脉两侧有水井分布，岩脉西侧井出水量稍

小一些，单井出水量为 $1\ 200\ \text{m}^3/\text{d}$ ，而岩脉东侧单井出水量可达 $5\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$ 以上。

在亮甲山东侧山脚下共分布有 6 口开采井，其中有秦皇岛市自来水公司供水井 2 口，北山电厂供水井 2 口，赵庄化工厂供水井 1 口，北河村供水井 1 口。

6.4.3 教学内容

- (1) 在石门寨北沿亮甲山东坡坡脚观察灰岩节理、裂隙发育状况，溶蚀程度及充填程度；
- (2) 观察亮甲山下溶洞发育情况并分析其发育的条件；
- (3) 观察辉绿岩床及岩脉的岩性、产状及其与岩溶发育及岩溶水富集的关系；
- (4) 调查亮甲山下 6 口机井的分布位置，所处的地形地貌及地质部位，并分析其地下水的富集条件；
- (5) 调查机井的井深，地层剖面，水质、水量及开采动态；
- (6) 绘制亮甲山附近的水文地质平面图（1:2 000）及剖面图。

6.4.4 讨论题

- (1) 奥陶系下统灰岩岩溶裂隙水的形成与富集的条件与规律是什么？富水带如何圈定？
- (2) 试分析本区的岩溶发育条件及规律；
- (3) 试分析形成大中型供水水源地应具备的条件；
- (4) 亮甲山下供水井的布置是否合理，为什么？
- (5) 根据该处供水井的开采动态资料能说明哪些水文地质问题？

6.4.5 编写报告

亮甲山水源地灰岩岩溶裂隙水富集规律分析报告。

§ 6.5 黑山嘴断裂构造低温热水泉的成因分析

6.5.1 教学目的

- (1) 认识黑山嘴断裂构造裂隙水的形成和出露条件。
- (2) 认识断裂含水系统的基本特征。

6.5.2 背景条件

黑山嘴低温热水泉（又称 408 医院温泉）位于柳江向斜西翼的东南角，黑嘴子村附近。该区山势陡峻、风景秀丽。泉位于汤河一东西向支流的北岸，高出河床 2~3 m，泉水流量较大，约为 $8\ 000\sim 10\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$ ，温度为 $25\sim 30\ ^\circ\text{C}$ 。

泉水的东侧出露的是晚元古界青白口群下马岭组的灰黑色页岩、粉砂岩及中粗粒石英净砂岩。泉的西侧为寒武系府君山组灰岩，由于断层作用，该组灰岩仅出露很少一部分，从泉往西走约 110 m 见一断层，该断层是柳观峪——秋子峪断裂的一支、连绵延续十几千米。该断层产状为 $120^\circ \angle 72^\circ$ ，上盘为府君山组灰岩，下盘为燕山期(γ_5)花岗岩。断层的西盘大面积出露的是 γ_5 花岗岩，构成了陡峭的山峰。沿泉附近河岸观察，泉西侧的河岸及河床中分布的也是 γ_5 的花岗岩。

6.5.3 教学内容

- (1) 观察温泉出露的地形地貌及地质构造条件。
- (2) 测量泉水流量、温度，调查访问泉水水温及水质变化特点。
- (3) 顺河方向观测河床及左岸的地层、岩石及地质构造。
- (4) 垂直河流方向观测两岸山坡的地层、岩石及地质构造。
- (5) 调查附近是否还有其它温泉及水温变化特点。

6.5.4 讨论问题

- (1) 温泉形成机制。
- (2) 泉水温度变化的特点及其影响因素。

6.5.5 编写报告

黑山嘴断裂构造低温热水泉成因分析报告。

§ 6.6 大石河河谷地表水、地下水形成与分布的调查分析

6.6.1 教学目的

- (1) 掌握丘陵山区河谷中河水测流的基本方法和径流特征。
- (2) 掌握河谷孔隙潜水的形成特点和分布规律。
- (3) 了解河谷地貌、地质结构及其与地表水、地下水的关系。

6.6.2 背景条件

石河河谷地貌类型有河床浅滩、河漫滩及各类阶地。漫滩高出河床 1~2 m；一级阶地为冲积阶地，高出漫滩 2~3 m；二级阶地陡坎高 5~10 m，为基座阶地；三级阶地为侵蚀阶地。孔隙潜水主要赋存于一级阶地的砂砾石层中，层厚 8~10 m，富水性较好，单井涌水量大于 500 m³/d，水位浅埋，水质较好，有较大的开发利用价值。

6.6.3 教学内容

- (1) 观察石河河谷地貌特征、地层岩性，绘制河谷地貌剖面图。
- (2) 选取断面实测河水流速、横断面、水深、河床岩性。
- (3) 调查访问民井、泉、坑，了解地层结构、水位、井泉流量。
- (4) 测量河水位、潜水位，确定地表水、地下水转化关系。
- (5) 选择典型地段绘制河谷平原横向地质剖面图。

6.6.4 讨论问题

- (1) 河谷孔隙潜水的埋藏、分布及其形成有何特点？
- (2) 石河河谷孔隙潜水的分布规律及富集条件。
- (3) 试分析河水、潜水变化特点及补排关系。

(4) 分析河水径流变化的影响因素。

6.6.5 编写报告

石河河谷孔隙潜水分布规律与形成特征的报告。

§ 6.7 吴庄背斜、花厂峪北沟溶洞成因分析

6.7.1 教学目的

- (1) 认识吴庄背斜的地层、特征及其水文地质意义。
- (2) 了解花厂峪北沟溶洞形成条件、地下水富集规律。

6.7.2 背景介绍

从 258 高地 W100 m 山梁鞍部起观察，先见 C_{3t} 、 C_{2b} 、 O_{1m} ，再见 O_{1L} 、 O_{1y} 、 E_{3f} 、 E_{3c} 、 E_{3g} 、 E_{2z} ，产状依次为 $100^\circ \angle 30^\circ$ 、 $95^\circ \angle 47^\circ$ 、 $70^\circ \angle 46^\circ$ 、 $69^\circ \angle 30^\circ$ ，近山顶处见一 NE 向花岗岩脉岩，为吴庄背斜东翼。在刘家房 W500 m 山坳处，向西为 E_{2z} 鲕状灰岩，在背斜转折端，产状东翼为 $85^\circ \angle 24^\circ$ ，西翼为 $270^\circ \angle 75^\circ$ 。在吴庄垭口的背斜核部有更多的小褶皱、逆断层、花岗岩岩床，被挤压破碎的背斜顶部的滑塌角砾，地层产状多变，剖面终止处地层产状 $257^\circ \angle 40^\circ$ 、 $231^\circ \angle 34^\circ$ 。

花厂峪北沟溶洞见于花厂峪北沟屯中两沟汇合处下游侧，地层为 E_{3f} 中薄层灰岩/ O_{1y} 中厚层灰岩，洞口见一条岩脉，洞中有水，洞中可容数百人。溶洞北侧有一大口井，2001 年 8 月水位埋深 9.07 m，2002 年 9 月 1 日为 10.30 m，水位下降 1.27 m。

6.7.3 教学内容

- (1) 观察吴庄北侧垭口处的吴庄背斜形态、出露地层、构造形迹，测量不同部位地层产状，绘制素描图和地质剖面图。
- (2) 观察垭口西侧的岩浆岩及围岩特征，分析背斜形成与岩浆活动的关系、接触变质。
- (3) 观察花厂峪北沟溶洞形成的地形、地质和构造条件，访问洞中地下水动态，观测溶洞北侧大口井的水位、水温。
- (4) 了解岩溶水的分布及富集规律。

6.7.4 讨论问题

- (1) 吴庄背斜的成因与岩溶活动的关系。
- (2) 花厂峪北沟溶洞发育特点及其地下水富集规律。

§ 6.8 大石河谷冲积层渗水试验

6.8.1 教学目的

- (1) 掌握渗水试验的操作方法。

(2) 利用渗水试验数据分析计算渗透系数。

6.8.2 背景条件

大石河在上庄坨南西发育有一级阶地、漫滩，在左岸发育。漫滩在地形上因采砂挖坑而起伏不平，岩性以卵砾石为主，含有较多砂砾。卵石多在 5~15 cm，含量在 50%以上；成分主要为岩浆岩。砂粒充填于卵砾石空隙中，较致密。一级阶地较平坦，上部为浅黄色粉质粘土，稍湿，塑性差，密实。种植玉米。

6.8.3 教学内容

(1) 选择漫滩、阶地分别进行渗水试验工作，水柱高 10 cm。

(2) 描述实验场地的地形、地貌、地层岩性，作好渗水实验记录（时间、间隔、注入水量 W 、流量 Q 、流速 v ）；

(3) 平均渗透速度 $v = Q/F$ ，做 $Q-t$ 、 $v-t$ 曲线，稳定时 $K = v$ 。

6.8.4 讨论问题

(1) 渗透系数的影响因素；本区渗透系数的变化特点。

(2) 渗透系数与给水度有什么关系？

6.8.3 编写报告

大石河谷冲积层渗水试验报告。

§ 6.9 燕塞湖水库调查

6.9.1 教学目的

(1) 了解燕塞湖（石河）水库坝区主要建筑物布局、水库经济技术指标和主要功能；观察库首区地形地貌、地质构造和岩石。

(2) 了解水库库尾水位变化、河流作用、断层、滑坡等。

6.9.2 背景介绍

石河洪水峰高量大，常给下游造成较大危害。自清道光 29 年（1849）至 1985 年共发生较大洪水 6 次，1959 年 7 月 21~22 日， $Q_{\max}=4\ 750\ \text{m}^3/\text{s}$ （小陈庄），洪水淹没农田 5 000 亩，冲毁铁路路基，威胁山海关。大石河为山区性河流，河床总高差 400 m，平均坡降 6%，山神庙以上 20%，大桥河口 1.3%。河床主要为卵砾石，含漂石和中粗砂；砾卵石主要为火山岩、花岗岩（据天津地质矿产研究所李凤林）。石河有较大支流 5 条，即二道河、西石河、花厂峪河、北沙河和鸭水河，多年平均径流量 1.68 亿 m^3/a ，最大为 3.85 亿 m^3/a （1959），最小 0.292 亿 m^3/a （1957）。石河洪水期具有洪峰高、流量大、来势猛、历时短、泥沙多等特点。输沙量主要集中于 7~9 月，以 7 月为最；月均输沙率为 26.7 kg/s，14 年平均输沙量为 $1.041 \times 10^5\ \text{t}$ ；而 1~5 月和 10~12 月几乎无沙入海。大石河水量丰富，以降水补给为主，平均流量很小，为 0.3~0.6 m^3/s ，枯水期最

小为 $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ ，近年局部断流。7~8 月雨季时，径流量占全年的 70~80%，7 月多年平均流量为 $25.4 \text{ m}^3/\text{s}$ （小陈庄站）。石河大汛周期为 20 年，小汛 5 年。1959 年 7 月 21~22 日普降暴雨、大暴雨，中心在青龙县高杖子，一日降雨 321.1 mm，24 h 雨量 469.8 mm，山洪爆发，河水猛涨，石河小陈庄站流量 $4750 \text{ m}^3/\text{s}$ 。1962 年 7 月 24~26 日，普遍降雨，7 月 24 日起，连续降雨 50 h，27 日 2 时，石河流量 $1410 \text{ m}^3/\text{s}$ 。1984 年石河水库最大入库流量为 $4250 \text{ m}^3/\text{s}$ ，最大出库流量为 $4180 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

石河水库（又名燕塞湖）位于山海关区西北部小陈庄山口以北 700 m 处的石河上，坝上控制流域面积 560 km^2 （占石河流域面积的 93%）。1972 年 4 月 16 日动工，1975 年 6 月 28 日建成使用，是一座以供水为主，兼顾防洪、灌溉、发电等综合效能的中型水库。因风景秀美，20 世纪 80 年代初辟为旅游景点，称“燕塞湖”。

该水库设计洪水为百年一遇，校核标准为千年一遇。按供水保证率 $P=50\%$ ，总库容 6800 万 m^3 ，防洪 4700 万 m^3 ，兴利 5163 万 m^3 ，年调节水量 1.01 亿 m^3 。水库主体工程由大坝及其附属建筑物溢洪道、放水洞、泄洪洞、发电洞和一座坝后式电站组成。大坝坝型为浆砌石重力坝，坝顶高 60.6 m，最大坝高 44.6 m，坝长 365.0 m，其中溢流坝段长 90 m，为实用堰，堰顶高程 47.0 m，上设高 10.2 m、宽 8 m 升卧式平板钢闸门 9 扇，最大泄洪能力为 $7000 \text{ m}^3/\text{s}$ 。坝体上游设有混凝土防渗墙，大坝东西两侧挡水坝段，高程 34 m 处，垂直坝轴线方向各设一条观测廊道。泄洪洞位于大坝左侧主河槽处， $2 \times 2 \text{ m}$ 方洞，进口底高程 25.95 m，用于泻洪、冲砂、放空库容，最大泻量 $57.3 \text{ m}^3/\text{s}$ 。放水洞位于大坝右侧， $2 \times 2 \text{ m}$ 方洞，进口底高程 32.0 m，供城区用水，最大输水量 $10.88 \text{ m}^3/\text{s}$ ，目前供水 $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 。发电洞位于大坝左侧，为一直径 1.5 m 圆洞，进口底高程 35.0 m，引水流量 $7.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 。电站位于坝后，装机容量 960 kW，设计年发电 296 万 kWh。

石河水库清风亭（pavilion）地质地貌景观：燕塞湖周边山体主要由燕山期火山喷发岩和花岗岩组成（年代距今 2.08~0.65 亿年）。在此可见有流纹构造的安山岩、奇特别致的火山集块岩和岩盘、岩珠、岩脉等。同位素年龄为 1.4 亿年。远眺对岸（东岸）石壁，陡峭高峻，其南侧火山喷发岩与北侧花岗岩的分界线如削如刻，清晰可见。库尾蟠桃峪村一带，可见石河弯曲于峻岭之间，河流凸岸堆积，凹岸侵蚀并伴有崩积物，峡谷出口见有洪积扇，库水位变动带清晰可见，草木稀少，另在鸭水河向石河入口处上游右岸（南侧）见有一处岩质滑坡。

石河水库水文站观测项目有：坝上、坝下水位；坝上冰情、冰厚、水温；岸上气温；主渠道流量、坝下流量；降雨量、蒸发量、风向、风力；渠道沙量（1982）、电洞测流（1985）、坝下含沙量及输沙率、坝上水化学及污染监测等。水库上游有 6 个雨量站：驻操营（国家级）、石门寨、刘家房、山神庙、城子峪、平房峪，另外坝址、马顶沟、蟠桃峪各有一处。

石河水库 1983 年总收入 58 万元，1984 年仅旅游收入就达 24.44 万元；1985 年总收入 130.82 万元，其中接待游客 90 万人次，收入 52 万元。1976 年利用水面养鱼，当年产鱼 3000 kg；1978 年渔业收入 1800.0 元；1979 年经营收入 49.45 万元，达到经费自给。

6.9.3 教学内容

- （1）请石河水库管理处工程技术人员介绍石河水库的建筑物、各项经济技术指标。
- （2）观察库首区地形、地貌、地质条件，了解筑坝条件和选址依据。
- （3）到库尾蟠桃峪北山观看石河河谷地貌、河流侵蚀、堆积作用、库岸崩塌、冲积扇和小

型滑坡、库尾水位变化。

6.9.4 讨论问题

- (1) 石河水文状况有何时空变化特征？
- (2) 选择坝址考虑那些主要因素？水库有那些功能？
- (3) 河流侵蚀与堆积作用有何特点？