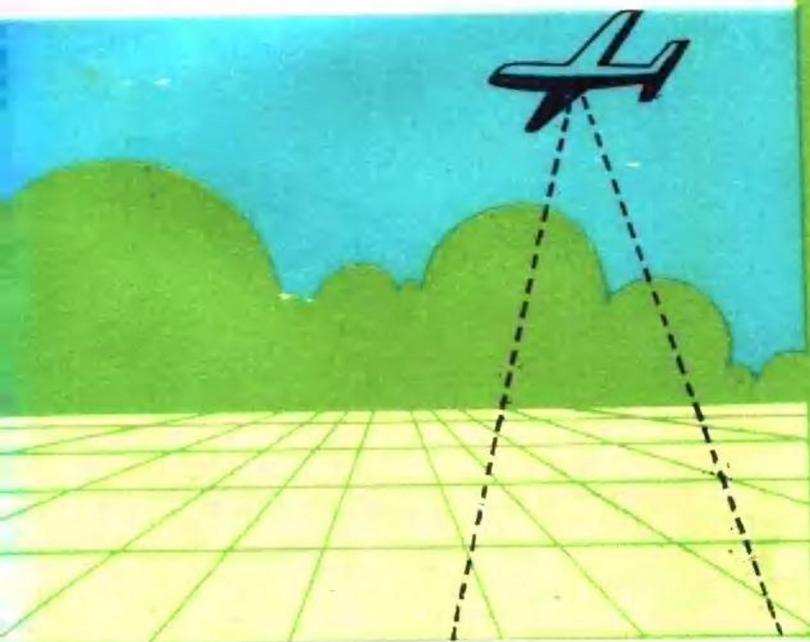


山区找水与遥感水文地质方法

刘光尧 编著

工程勘察新技术丛书



中国建筑工业出版社

11/57/38) LY 7/27

工程勘察新技术丛书

山区找水与遥感 水文地质方法

刘光尧 编著

中国建筑工业出版社

本书分为三大部分。第一部分(1~8章)主要论述红层水、岩溶水和结晶岩裂隙水的赋存规律和特点,储水构造及其富水特征;第二部分(9~13章)简要介绍遥感原理、各种常见遥感影象的性质及影象的判释;第三部分(14~20章)论述岩性、构造的判释,结合许多水文地质勘察工程实例总结了航片、卫片判释基岩裂隙水、岩溶水和山区松散层孔隙水的找水实践。此外,还在第21章叙述了遥感影象水文地质判释作业程序。本书可供从事山区找水和其他研究基岩裂隙水—岩溶水的有关专业人员(如供水勘察、水文地质、工程地质方面的工程技术人员和科研人员)参考。也可作为大专院校这些专业师生的参考书。

工程勘察新技术丛书
山区找水与遥感水文地质方法
刘光尧 编著

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 15⁵/₈ 页插: 3 字数: 350 千字

1987年6月第一版 1987年6月第一次印刷

印数: 1—3,270册 定价: 2.75元

统一书号: 15040·5146

前 言

我国山区面积占全国面积70%以上。山区工农业建设的发展和人民生活饮用对地下水的需求与日俱增。山区找水这一课题远未解决，不少缺水地区的找水任务迫在眉睫，而且非常繁重。由于山区交通不便，地质工作十分艰巨，给任务的完成带来许多困难，造成一些被动局面。但自七十年代遥感技术引进水文地质领域以来，已经引起大家的兴趣，并认为在水文地质勘察中推广应用遥感技术是符合多快好省的原则，能解决一些问题的。国外在六十年代初期就利用遥感影象来找水布井，国内则自七十年代以来在这方面也做了许多工作。国内外都发表了不少文献资料。我国在这方面的进步和取得的成绩也是比较显著的。但还没有一本系统阐述这方面内容的著作。

作者在过去十多年间，在从事供水勘察的生产和研究工作中，曾利用航片、卫片对几十个工程进行过找水实践，积累了一些资料。本书即是将手头的资料，顺理成章，试图提出来作为一个尝试性和阶段性的初步总结，希望在生产中能发挥点作用，为今后的研究提供一些较为系统的资料。本书力求将我国的地质找水理论和先进的遥感技术有机地结合起来，但由于遥感水文地质学在我国的发展历史毕竟很短，书中的有些论述不能认为是成熟的结论，需要更深入的实际工作进一步检验。

书中引用了一些同志未公开发表的内部交流资料，这类

资料未列入参考文献中，有的用脚注指出来源，有的查不清来源的，则未具体指出。谨对本书引用资料的所有作者、单位及有关人员在此一并致谢。

在本书写作以前，书中的部分章节（主要是第三部分）曾写成《航片判释裂隙——岩溶水的找水实践》讲义（内部资料），向刘国昌教授、常士骝和陈雨孙高级工程师、以及刘光亚副教授请教，承蒙他们的鼓励和提供宝贵意见，在此表示感谢。

在整个书稿整理过程中，方鸿慈高级工程师对书稿进行了详细审阅，提出了许多非常宝贵的意见，这些意见几乎全部被采纳，在此对方鸿慈高级工程师表示感谢。

由于水平所限，有不妥和错误的地方，希读者给予指正，将不胜感谢！

作者

1986年1月

目 录

前言

第一章 红层和红层的控水条件	1
一、红层的概念	1
二、红层地下水研究的意义	2
三、含水层、含水带、储水构造和控水因素	4
四、岩性和构造对储水性的作用	6
(一) 岩性控水	6
(二) 构造及风化裂隙的控水作用	7
(三) 岩性与裂隙发育的关系	17
五、红层储集层与隔水和透水边界的关系	20
第二章 红层砂岩体的含水特征	23
一、补给条件与砂岩体含水特征的关系	23
(一) 降水补给与砂岩体边界的关系	23
(二) 河水补给与砂岩层的接触关系	27
二、红层含水层钻孔出水量与砂岩体分布的关系	29
三、湖泊沉积砂岩体的一般状况	31
第三章 红层含水层分类	38
一、红层含水层分类的因素	38
二、红层含水层分类	39
三、红层含水层的富水性	45
第四章 红层中褶皱型储水构造的富水特征	48
一、红层中背斜型储水构造的富水特征	48
(一) 裂隙在背斜构造中的平面分布	48

(二) 背斜储水构造的富水特征·····	54
(三) 在背斜储水构造中寻找地下水的实例·····	56
二、红层中向斜型储水构造的富水特征·····	65
(一) 向斜构造的裂隙分布·····	65
(二) 向斜储水构造的富水特征·····	66
(三) 在向斜储水构造中寻找地下水的实例·····	68
三、红层中单斜型储水构造的富水特征·····	75
(一) 缓倾型单斜储水构造·····	76
(二) 陡倾型单斜储水构造·····	81
第五章 岩溶发育的一般规律和岩溶水系统·····	89
一、岩溶发育的一般规律·····	89
(一) 影响岩溶发育的因素·····	90
(二) 岩溶发育的分布规律·····	102
二、岩溶深度和深部岩溶问题·····	105
三、可溶岩含水层和岩溶水系统·····	114
第六章 可溶岩的含水条件和岩溶水的基本特征·····	117
一、可溶岩的含水条件·····	117
(一) 岩性组构的作用·····	118
(二) 构造节理的作用·····	121
(三) 均匀石灰岩剖面的地下水动力分带的作用·····	123
二、岩溶水的基本特征·····	127
(一) 岩溶水分布的不均匀性和相对均匀地段·····	127
(二) 岩溶水的埋藏特征·····	130
(三) 岩溶水的补给、径流和排泄特征·····	132
(四) 岩溶水的运动特征·····	134
三、南方岩溶和北方岩溶·····	137
第七章 岩溶储水构造的富水特征·····	141
一、关于岩溶储水构造的一些特点·····	141
二、褶皱型岩溶储水构造的某些富水特征·····	144

(一) 向斜轴部富水问题	144
(二) 背斜倾伏端岩溶水的富集	147
三、断层带在岩溶储水构造中的作用	149
(一) 阻水带和导水带	149
(二) 压性断层的阻水性和岩溶水对它的穿透性	151
(三) 地层或断层的隔水性和岩溶水的向深性	154
第八章 结晶岩裂隙水及其富水特征	159
一、风化裂隙水	159
二、断裂裂隙水	163
三、侵入接触裂隙水	169
四、喷发岩孔洞裂隙水	172
(一) 喷发岩孔洞裂隙水类型	172
(二) 不同类型孔洞裂隙水的富水规律	173
五、岩脉裂隙水	176
(一) 岩脉本身含水	177
(二) 岩脉本身不含水	179
(三) 影响脉岩裂隙水富水的因素	179
第九章 遥感及其水文地质应用概述	181
一、遥感的基本概念	181
(一) 遥感与遥感技术	181
(二) 现代遥感技术系统	184
(三) 遥感技术分类	187
二、遥感水文地质的形成	188
(一) 航空地质与象片地质	188
(二) 遥感影象地质	189
(三) 遥感水文地质	191
三、用于山区找水的航片判释	192
(一) 山区找水与航片判释	192
(二) 发展中的找水方法	194

(三) 全色航片的判释效果和某些局限性	195
四、遥感影象用于水文地质填图	197
(一) 利用遥感影象填图的国内外状况	197
(二) 遥感影象与地质填图	199
(三) 遥感影象水文地质填图	199
五、遥感水文地质发展趋势	205
第十章 电磁辐射的基本特征	207
一、电磁波的基本概念	207
(一) 电磁波及其本性	207
(二) 电磁波谱	213
二、电磁辐射与物体的相互作用	215
(一) 关于辐射源的概念	216
(二) 电磁辐射与物体的反射和发射	219
三、电磁辐射的大气传输	229
第十一章 航空摄影遥感	233
一、摄影遥感的基本原理	233
(一) 航空摄影的一般概念	233
(二) 航摄机的成象原理	238
(三) 摄影探测器(感光片)的工作原理	239
二、航空摄影象片	243
(一) 黑白航空象片	243
(二) 天然彩色航空象片	244
(三) 红外彩色航空象片	245
三、航空象片的几何特性和判释时的基本计算	246
(一) 航摄象片的比例尺	246
(二) 航片的高差量测	250
(三) 航片的方位测定	254
四、航片的立体观察	255
(一) 人的视觉机能	255

(二) 立体视觉和人工立体视觉效应	257
(三) 立体镜的构造和立体观察方法	260
(四) 立体影象的歪斜	263
(五) 立体观察中的垂直夸大	264
五、航片的判释标志	266
(一) 直接判释标志	266
(二) 间接判释标志	274
第十二章 航空热红外遥感	278
一、热红外遥感的成象	278
(一) 热红外遥感利用的电磁波段	278
(二) 红外探测成象	278
(三) 扫描图象的构成	281
二、热红外扫描图象的几何特征	282
(一) 热红外扫描图象的投影性质	282
(二) 热红外扫描图象的地面分辨力	282
(三) 扫描图象的比例尺	284
三、热红外图象的物理特征	286
(一) 热的作用和特性	286
(二) 热红外图象的物理意义	290
四、热图象的判释	292
(一) 热图象的判释标志	292
(二) 地面热平衡方程	293
(三) 热图象上地面温度场的定性、定量判释	294
第十三章 多波段卫星遥感	298
一、陆地卫星和多波段遥感技术	298
(一) 遥感测试系统	299
(二) 星载系统	299
(三) 地面控制处理系统	301
二、陆地卫星多波段扫描粗制图象	303

(一) 陆地卫星多波段扫描图象的种类	303
(二) 陆地卫星粗制图象的符号与注记	304
(三) 陆地卫星多波段扫描图象的投影性质	307
(四) 我国境内陆地卫星图象的定位精度	308
三、陆地卫星多波段扫描图象的判释	308
(一) 陆地卫星图象的判释原理	308
(二) 陆地卫星多波段扫描图象的判释方法	311
(三) 卫片判释在指导寻找地下水中的应用实例	312
(四) 陆地卫星图象技术上的先进性和局限性	313
第十四章 找水中常见岩层的岩性判释	315
一、沉积岩的判释	316
(一) 砂岩	316
(二) 页岩	320
(三) 石灰岩	323
(四) 具厚夹层的沉积岩	327
(五) 具薄夹层的沉积岩	329
(六) 具夹层的倾斜沉积岩	330
二、火成岩的判释	336
(一) 花岗岩大块体	336
(二) 火成岩岩脉	339
(三) 年青的火山形成物和玄武岩流	340
三、变质岩的判释	345
(一) 板岩	345
(二) 片岩	346
(三) 片麻岩	348
第十五章 光迹线及其水文地质意义	350
一、块状构造	351
(一) 构造复合地块的形态分类	352
(二) 构造复合地块的活动类型	357

二、线状构造	359
三、光迹线的水文地质意义	364
第十六章 破裂迹与岩性构造的关系及其判释	369
一、破裂迹的形成	370
(一) 岩层的拉张状态和破裂	370
(二) 岩层上任意一点拉张的有效性	371
(三) 岩块最大临界大小和节理密集带	372
(四) 压断裂和剪断裂	372
(五) 容积力产生的裂隙	372
二、破裂迹与地层岩性的关系	373
三、破裂迹与构造的关系	375
四、破裂迹的密度、丰度和优势走向方位及其控制因素	377
五、地形、岩层产状的变化在中心投影航片上对破裂迹量测的影响	379
六、破裂迹的表现形态和判释方法	380
(一) 破裂迹的表现形态	380
(二) 判释方法	389
第十七章 破裂迹图象上X型和 ϕ 型裂隙水网络模式的研究	391
一、破裂迹与裂隙水网络的关系	391
二、裂隙水网络模式	392
(一) X型裂隙水网络模式	393
(二) ϕ 型裂隙水网络模式	399
三、裂隙水网络模式的水文地质意义	403
第十八章 航片判释褶皱型储水构造的找水实践	406
一、褶皱构造的判释	406
(一) 对称褶皱的判释	407
(二) 不对称褶皱的判释	407

(三) 倒转褶皱	407
(四) 褶皱的倾伏端	407
二、判释褶皱型储水构造的找水实践	408
(一) 在背斜轴部寻找张裂隙带的地下水	408
(二) 在背斜核部寻找灰岩裂隙溶洞水	411
(三) 在背斜翼部寻找砂岩裂隙水	414
(四) 在向斜核部寻找砂岩裂隙水	415
(五) 在背斜倾伏端寻找砂岩裂隙水	420
第十九章 航片判释断层型储水构造的找水实践	423
一、断层型储水构造的富水特征	423
(一) 断层带型储水构造的富水特征	424
(二) 断层交汇型储水构造的富水特征	426
(三) 断层围堵型储水构造的富水特征	427
二、断层的判释标志	431
三、判释断层型储水构造的找水实践	433
(一) 在压性断层堵截的张性断层导水带中寻 找溶蚀裂隙水	433
(二) 在压扭性断层枢纽, 一对张扭性断层与 其交切部位寻找岩溶水	433
(三) 在压扭性断层拦截的 π 型网络交汇处寻 找裂隙水	437
(四) 在花岗岩区 π 型破裂迹中寻找裂隙水	438
第二十章 航、卫片判释在山区河谷松散层找水的 实践	445
一、在山间河谷松散层找水	445
(一) 山间河谷地下水的判释重点	445
(二) 在山间河谷松散层找水的应用	447
二、在山前冲洪积扇和冰水扇松散层找水	458
(一) 山前冲洪积扇松散层的判释重点	458

(二) 在山前冲洪积扇和冰水扇找水的应用	462
第二十一章 遥感影象水文地质判释作业	472
一、准备工作	472
(一) 资料的收集	472
(二) 我国遥感资料供应渠道	474
(三) 航摄资料的整理	474
(四) 仪器和工具的准备	475
(五) 象片的勾绘	475
(六) 分析既有资料和对航、卫片进行一般观察	476
二、室内判释	478
(一) 判释标志的建立	478
(二) 对地质体判释精度的要求	478
(三) 详细判释步骤	479
(四) 判释先后程序	480
三、野外检验	480
(一) 野外检验一般注意事项	480
(二) 野外检验的工作量和工作重点	481
四、整理成图	482
名词索引	483

第一章 红层和红层的控水条件

一、红层的概念

红层即红色岩层，也就是红色、紫红色、褐红色、褐黄色的砂砾岩、砂岩、粉砂岩和泥（页）岩交互沉积的陆源碎屑岩。红层也夹有浅色岩层，有时夹有淡水灰岩或含盐层组。

据研究，沉积物沉积时，由于沉淀了含水的氧化铁作为色素而使沉积物呈现褐黄色，随着时间的消逝，在成岩后期含水氧化铁逐渐脱水，而过渡为砖红色——红色——紫红色。

红色与岩层所含 Fe_2O_3 的绝对含量及 Fe_2O_3 和 FeO 的相对含量有关。有些地区岩样的化学分析资料说明：当 $\text{Fe}^{3+} \geq 2\%$ ， $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} > 1$ 时，岩层即呈红色。

由于把岩层染成红色的细而分散的赤铁矿和针铁矿的反射光谱特征及其物质结构中的电子过程（电荷传输和三价铁的导带跃迁）造成可见光短波方向上的吸收、反射能力下跌而形成红色。

红层中常可看到灰绿色岩石或岩层，它们大多是沉积物埋藏后， Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+} 的结果。原生色的特点是在一层内常常是稳定均匀的，而次生色则呈斑点状。因此这种红层又称为杂色岩系。

古生代红层的红色比中生代——新生代红层在色调上更

深一些，这是因为把前者染成红色的铁的氧化物的脱水程度更大一些。

自震旦纪以来我国大部分省份在不同地质时期断续有红层分布，主要为温暖和炎热气候环境的陆相沉积，其中中生代——新生代湖盆沉积最为广泛。

红层的起始时代尚未取得一致的认识。苏联的一些红层研究者^{〔1〕}认为从泥盆纪到晚第三纪这段时间的陆源红层的主要标志彼此相似。我国的一些红层研究者常把燕山运动期间，中国地台东部形成的内陆盆地从中生代（华南地区主要从侏罗纪，有的认为从白垩纪）至新生代接受的河湖相碎屑岩沉积称做红层。并认为它们有几个共同点：（1）盆地地貌形态受地质构造控制；（2）各盆地的红层，均以泥岩、页岩、砂岩为主，间夹石膏薄层，可溶盐细晶呈分散状普遍分布，大部归半坚硬岩石类；（3）一般说来，盆地中部红层的产状较平缓，构造以缓褶皱为主；规模较大的断裂，常发育在红盆的边缘地带，使岩层产状局部变化较大。

但是，喜马拉雅运动对我国红盆的保存及对地貌发育的影响是很大的。隆起的青藏高原外力作用以冰川、融冻作用为主，红盆不可能成为主要地貌形态。昆仑——秦岭以北始于二叠系石千峰组的红色岩系多为后来地层所披覆，又因雨量少，流水作用不强，红盆地貌不突出。而在我国东南部，主要分布在断陷和拗陷盆地中的中生代——新生代红层，在强烈的流水作用下，却发育了广泛的红盆地貌。

二、红层地下水研究的意义

我国中生代——新生代的构造盆地大小不下二、三

百个，总面积约二百余万平方公里。大多数盆地都是由两种或几种建造组成。例如陕甘宁盆地下部是早、中三叠纪的红色建造，中部是晚三叠纪——中侏罗纪的含煤建造，上部则是晚侏罗纪和白垩纪的红色岩建造。总的看来，我国东部的盆地以砂页岩建造、含煤建造和火山岩碎屑岩建造为主，时夹红色岩建造；西北、西南及中南的一些盆地，多半以含煤建造、红色岩建造和碎屑岩建造为主。

据粗略统计，我国红层面积有46万平方公里。仅四川红盆就有15万4千平方公里。中南地区白垩纪——第三纪大小红盆二百多个，占全区陆地总面积五分之一。很多红色盆地含油气田，如四川、陕甘宁、松嫩等盆地。红层分布区也是我国工农业经济发展的重要区域，工农业的不断发展对地下水的需求越来越大，在红层中每年都要钻凿成千上万眼水井，以供发展工农业之用。尤其在一些缺水山区，生活饮用更为迫切。

众所周知，与松散层孔隙水和可溶岩溶洞水相比，一般来说，红层地下水较为贫弱。据大量钻孔揭露，钻孔的见水率几乎百分之百，但钻孔的富水率则不太高。从钻凿在红层中的563个测定过出水量的钻孔统计：单孔出水量小于50米³/日的占46.4%，如按小于100米³/日计算则占60%；而大于1000米³/日的孔很少，只占3.2%，如按大于500米³/日计算也只占10%左右。

从冶金部成都勘察公司七十年代在川、贵两省的红层、石灰岩、冲积层中做的53个工程（189个钻孔）统计来看，在红层中找到的地下水只占总地下水量的15%，但投入的钻探量（进尺米数）却占总钻探量的63%。由此可见在红层中找水布孔，有很强的选择性，有相当大的难度，而付出的代