

SANXIA ZIGUI DIQU PUTONG SHENGTAIXUE  
YEWAI SHIXI ZHIDAOSHU

三峡秭归地区普通生态学

# 野外实习指导书

主 编 顾延生 葛继稳

副主编 程丹丹 杨晓菁 冯 亮



中国地质大学出版社  
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

SANXIA ZIGUI DIQU PUTONG SHENGTAIXUE  
YEWAI SHIXI ZHIDAOSHU

# 三峡秭归地区普通生态学 野外实习指导书

主 编 顾延生 葛继稳  
副主编 程丹丹 杨晓菁 冯 亮

## 图书在版编目(CIP)数据

三峡秭归地区普通生态学野外实习指导书/顾延生,葛继稳主编. —武汉:中国地质大学出版社,2016.7

ISBN 978-7-5625-3856-1

I. ①三…

II. ①顾… ②葛…

III. ①生态学-教育实习-秭归县-高等学校-教学参考资料

IV. ①Q14-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 160748 号

---

## 三峡秭归地区普通生态学野外实习指导书

顾延生 葛继稳 主编

责任编辑:王敏 张琰

选题策划:张琰

责任校对:张咏梅

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电 话:(027) 67883511

传 真:67883580

E-mail: cbb @ cug. edu. cn

经 销:全国新华书店

http://www. cugp. cug. edu. cn

开本:787 毫米×1 092 毫米 1/16

字数:263 千字 印张:10.25

版次:2016 年 7 月第 1 版

印次:2016 年 7 月第 1 次印刷

印刷:武汉市籍缘印刷厂

印数:1—2 000 册

---

ISBN 978-7-5625-3856-1

定价:28.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

# 前 言

作为中国西南重要的生态屏障和生态走廊,三峡库区生物多样性丰富,共有维管植物 6000 多种,国家珍稀濒危保护野生植物 37 种,陆生野生脊椎动物 600 余种,国家级重点保护陆生脊椎动物 60 余种。长期以来,自然地质地貌和人类活动对生物多样性有着较大的影响,生态环境正在恶化,突出表现有森林覆盖率降低、水土流失严重和生物多样性下降。三峡工程兴建带来了强大的防洪、发电、航运等效益,同时也带来了不可忽视的生态与环境问题,如库岸消落带—污染带扩大与地质灾害问题等。漫长的地质演化叠加了人类活动的影响,三峡库区地质生态环境已经十分脆弱,开展三峡库区生态环境地质问题调查研究意义重大。生态学科的生命力在于解决人类面临的重大生态环境问题和社会经济发展中的众多生态与可持续发展问题。

本指导书编者系统开展了三峡库区(秭归和大老岭地区)不同地质地貌区植物多样性、植被类型、种群动态、群落生态以及综合生态环境调查研究,详细调查了典型植物群落的组成、动态、分布与地形地貌、岩性、土壤、水文及人类活动的关系,针对有关生态环境问题提出相应的保护和治理措施,这不仅为三峡库区的生态保护与治理提供了重要参考,而且极大地促进了长江经济带生态文明建设。

本指导书涉及的普通生态学调查研究内容较广泛,具有丰富的野外第一手资料,具备较强的野外实践指导性,可供生物、生态、地理、环境、城乡规划、公共管理等领域的师生野外调查实习指导与参考。本指导书编者在中国地质大学(武汉)生物系师生自 2005 年以来开展的野外生态学教学实习成果的基础上,对相关教学研究成果和阶段性认识进行了归纳、整理和出版,希望起到抛砖引玉的作用。敬请广大师生提出宝贵意见,以便今后进一步完善本书。

本指导书前言和第 1、4、7、8、9 章由顾延生编写,第 2 章由程丹丹编写,第 3 章由葛继稳、杨晓菁、程丹丹编写,第 5 章由顾延生、葛继稳编写,第 6 章由杨晓菁编写,附表由葛继稳、程丹丹、杨晓菁编写,鸟类照片由杨晓菁拍摄,图版制作由冯亮完成,最后由顾延生负责统稿。野外一系列教学实践活动得到了校教务处、秭归实习基地、三峡大老岭自然保护区、三峡植物园等单位长期的支持。本书出版得到了中国地质大学(武汉)“生物科学专业综合改革试点”项目资助。其中月亮包植物、土壤重金属数据由彭兆丰教授提供,地貌资料由彭红霞副教授提供,水文地质资料由马传明副教授提供,地层资料由林晓副教授提供,生物系王红梅教授、彭兆丰教授、李继红老师和硕士研究生高媛媛、田忠赛、徐琳等参加了野外调查,硕士研究生吴珂、余舒琪协助完成资料收集和图件清绘工作,在此一并感谢。

编 者

2016 年 5 月 18 日于南望山下

# 目 录

<b>第1章 区域概况</b> .....	(1)
1.1 实习区基本概况 .....	(1)
1.2 实习区自然地理概况 .....	(2)
1.3 实习区生态与环境调查 .....	(5)
1.4 区域地质概况 .....	(6)
<b>第2章 生态学野外调查工作方法</b> .....	(12)
2.1 生态学野外调查研究的基本方法 .....	(12)
2.2 生态学调查研究的基本内容 .....	(13)
2.3 生态学野外调查的注意事项 .....	(15)
<b>第3章 生物多样性资源调查</b> .....	(16)
3.1 陆生脊椎动物资源 .....	(16)
3.2 植物资源调查 .....	(18)
3.3 国家重点保护野生植物 .....	(26)
<b>第4章 植物种群生态学调查</b> .....	(28)
4.1 植物种群空间分布格局调查 .....	(28)
4.2 种群空间分布格局调查实例分析 .....	(29)
4.3 植物种群年龄结构调查 .....	(31)
<b>第5章 植物群落生态学调查</b> .....	(37)
5.1 群落数量特征调查 .....	(37)
5.2 物种多样性的测定 .....	(38)
5.3 植物种-面积曲线编绘 .....	(41)
5.4 植物群落样方调查及命名 .....	(46)
5.5 太平溪镇消落带植物群落多样性分布格局调查 .....	(60)
5.6 月亮包金矿尾矿地植物群落与环境调查 .....	(66)
5.7 植物群落演替调查分析 .....	(71)
5.8 实习区植被分布调查与植物区系分析 .....	(76)
5.9 植物区系分析 .....	(80)
<b>第6章 动物生态学调查</b> .....	(82)
6.1 动物野外调查的准备工作 .....	(82)

6.2	动物的野外观察与识别 .....	(83)
6.3	动物数量调查 .....	(85)
6.4	动物群落生态学调查 .....	(87)
<b>第7章</b>	<b>综合生态环境地质调查评价 .....</b>	<b>(91)</b>
7.1	脆弱地质环境与灾害 .....	(91)
7.2	实习区主要生态环境地质问题 .....	(92)
7.3	人类活动对坝区生态环境的影响评价 .....	(94)
7.4	生态环境保护 and 重建对策研究 .....	(96)
7.5	秭归历史文化与三峡工程 .....	(98)
<b>第8章</b>	<b>野外实习教学路线介绍 .....</b>	<b>(101)</b>
8.1	路线1 三峡植物园与宜昌中华鲟园路线 .....	(101)
8.2	路线2 泗溪生态园地貌、植被观察路线 .....	(102)
8.3	路线3 秭归夔龙山森林公园观察路线 .....	(103)
8.4	路线4 邓村山地次生植被、库区消落带植被调查 .....	(104)
8.5	路线5 高家溪砂岩风化区植物种群、群落生态调查路线 .....	(104)
8.6	路线6 月亮包金矿尾矿地植物群落与环境调查路线 .....	(105)
8.7	路线7 三峡链子崖、新滩地质灾害与植被分布调查路线 .....	(106)
8.8	路线8 三峡大坝区生态环境综合调查路线 .....	(107)
8.9	路线9 张家冲小流域水土流失与亚热带低山植被调查 .....	(108)
8.10	路线10 大老岭亚热带山地落叶、常绿阔叶林考察 .....	(109)
<b>第9章</b>	<b>实习目的、要求与准备 .....</b>	<b>(111)</b>
9.1	实习目的 .....	(111)
9.2	实习要求 .....	(111)
9.3	准备事项 .....	(111)
9.4	注意事项 .....	(112)
9.5	教学实习进程 .....	(113)
<b>主要参考文献 .....</b>		<b>(115)</b>
<b>附表 .....</b>		<b>(118)</b>
<b>图版说明及图版 .....</b>		<b>(137)</b>

## 第1章 区域概况

### 1.1 实习区基本概况

实习区覆盖秭归县三峡水库周边、宜昌大老岭自然保护区、宜昌三峡植物园等地。下文主要介绍中国地质大学(武汉)秭归实习基地与大老岭自然保护区的概况。秭归县位于湖北省西部、长江三峡之西陵峡畔。中国地质大学(武汉)秭归产学研实习基地坐落在秭归新县城文教小区,距三峡大坝1km(图1-1)。该实习基地于2004年11月26日工程奠基,工程总投资5600万元,一期工程2006年竣工,随后开始投入使用,正式接纳校内外学生进行野外实习。该教学实习基地是中国地质大学继周口店、北戴河之后建立的一个具有多功能、综合性的产学研基地。

实习区地质矿产调查历史悠久。1863—1914年间,先后有美国庞德勒(Pumpelly)、威理士(Willis)、德国人李希霍芬(F. Richthofen)等开展过地质调查。1924—1949年间,李四光对该



图1-1 三峡地区生态实习交通示意图

区作了较详细的地质调查,著有“峡东地质及三峡历史”一文,较详尽论述了地层、构造及第四纪冰川等。随后谢家荣、赵亚曾、王钰、孙云铸、斯行健、尹赞勋等老一辈地质学家陆续进行了调查,为三峡地区的进一步研究奠定了基础。新中国成立后,先后有多个地质调查研究单位对该地区进行了比较深入的地质调查和勘探工作。自三峡工程开工建设以来,先后有长江水利委员会、中国地质大学、中国科学院(简称中科院)南京地质古生物研究所等数十家单位对三峡地区的基础地质、工程地质等进行了详细研究,取得了大量成果。

秭归产学研实习基地周边 5~20km 范围内的地貌、地质、地理、灾害、环境和植被生态现象典型,地层、构造和历史人文地理现象丰富。以闻名遐迩的黄陵岩体(三峡大坝坝基)、震旦纪国际标准层型剖面、新滩滑坡、链子崖危岩体、西陵峡峡谷地貌、泗溪生态园、大老岭森林公园、三峡植物园、宜昌中华鲟园等为代表,使得该实习区成为一个集基础地质、工程地质、地理科学、生物学、生态学、环境科学等多学科实践教学于一体的不可多得综合性产学研基地。

此外,森林生态实习点所在的三峡大老岭自然保护区位于湖北宜昌市境内(图 1-1),地理坐标为: N 30°51'24"—31°07'02", E 110°54'32"—110°59'45",以原宜昌市国营大老岭林场为主体,涵盖夷陵区邓村乡、太平溪镇西部 16 个村,行政区划上属宜昌市夷陵区管辖,包括原大老岭国营林场、夷陵区邓村乡和太平溪镇的一部分。三峡大老岭自然保护区北与著名的昭君故里兴山县峡口镇、水月寺镇毗邻,东与宜昌市夷陵区的下堡坪乡、邓村、太平溪镇相邻,南通过三峡水库与秭归县茅坪镇接壤,西与伟大爱国诗人屈原的故乡秭归县屈原乡相连,位居举世瞩目的葛洲坝和三峡大坝坝首。保护区总面积 222.44km<sup>2</sup>,其中,核心区面积 72.88km<sup>2</sup>,缓冲区面积 58.66km<sup>2</sup>,实验区面积 90.90km<sup>2</sup>。保护区处于我国第二阶梯向第三阶梯的过渡区,为中亚热带向北亚热带过渡地区,自然环境独特,地貌类型多样,野生动植物资源十分丰富,是三峡库区典型生物多样性的关键地区。

## 1.2 实习区自然地理概况

### 1.2.1 地貌

长江由西向东将实习区分为南、北两部分,呈现独特的三峡峡谷地貌(图 1-1)。整个区域地势西高东低,西部山峰耸立、河谷深切,相对高差一般在 500~1300m 之间;主要是岩浆岩、侏罗纪砂页岩、古—中生代灰岩的侵蚀地貌类型。东北部为海拔 500~1000m 的中低山,河流切割密度大,属黄陵岩体分布的区域。东南部为河流宽谷地带,呈低矮丘陵遍布的盆地状,堆积地貌类型多样,但南岸山地高耸,相对高差可达 800m。

长江及其支流河谷地貌以侵蚀为主,堆积较少。河谷呈宽谷、峡谷相间。茅坪至庙河段低山丘陵,宽谷型,阶地发育。庙河至香溪段属西陵峡西段,为中低山峡谷地貌,河谷深切,呈“V”形,阶地不发育,山地高程 1000~1500m。著名的兵书宝剑峡、牛肝马肺峡位于其间。香溪以上至牛口段为西陵峡与巫峡的过渡带,中低山地貌,宽谷型,阶地发育。

秭归县茅坪镇、太平溪镇、乐天溪镇等地岩浆岩分布地区多为低山丘陵地貌,高程 500m 以下,多为浑圆状山顶,水系呈树枝状发育,最大河流为茅坪河,溪沟分布密度为 35 条/千米。郭家坝镇—香溪镇一线以西至水田坝为由侏罗纪砂页岩组成的秭归盆地,山体高程为 500~



1000m,为中低山区,水系发育,主要河流为归州河、香溪河等。香溪河与庙河间山峰高耸,主要由古生代、中生代灰岩组成的单面山等侵蚀地貌类型,其地貌形态主要为中低山,相对高差500~1000m,河谷多呈槽谷型,如九畹溪等。

### 1.2.2 气象与水文

秭归县地处亚热带季风气候区,气候温和湿润,雨量充沛,四季分明,多年平均气温17~19℃,多年平均降水量1493mm。据统计,县内年均温度17.9℃,1月平均温度6.4℃,极端最低温度-8.9℃(1977年1月30日)。7月平均温度28.9℃,极端最高温度42℃(1959年7月12日)。三峡工程建成后,冬季平均增温0.3~1.3℃,夏季平均降温0.9~1.2℃,气候条件更为温和。秭归县因受秦岭与鄂西山地屏障保护,气候比较温和,是湖北省著名的冬暖区和甜橙栽培适宜区。

由于县内受地势和海拔高差的影响,气候类型垂直变化明显。区内降水受地形影响较大,自北向南、由低到高逐步增大,降水量总体随海拔高度增加而增加,海拔900m以下降水明显低于海拔1100m以上地区(图1-2)。春季降水量占27.1%,夏季占43.1%,秋季占23.7%,冬季仅有6.1%。秭归县旱灾多发,有“十年九旱”之称,重旱区集中在秭归西部沿江河谷地区。

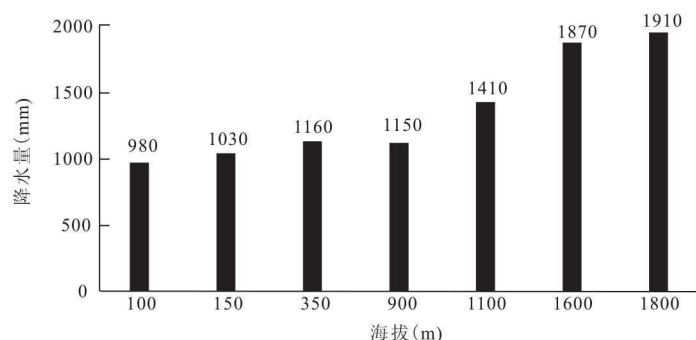


图 1-2 秭归县内降水量随海拔变化分布图  
(据程品运,2002)

秭归县境内河流多为长江一级支流,另有部分为长江支流清江的支流。县内河流水系发育,地表水资源比较丰富。长江为县内主要河流,长江多年平均流量 $14\ 300\text{m}^3/\text{s}$ ,随着三峡水库的运行,水位变幅巨大,可达40m。县内支流水系发育,135条小溪汇成8条水系注入长江,长江南岸自西向东为青干河、童庄河、九畹溪、茅坪河,北岸自西向东为泄滩河、吒溪河、香溪河、龙马溪,总流域面积 $1952.5\text{km}^2$ ,境内流长247.8km,河网干流密度(指八大水系干流,不含长江和135条支流小溪)为 $0.1\text{km}/\text{km}^2$ 。实测多年平均径流量 $18.37 \times 10^8\text{m}^3$ (以上资料均为建库以前的数据,建库后这些面积和长度均有减少)。由于该区山高水急,水能蕴藏丰富。水能理论蕴藏量达 $17.20 \times 10^4\text{kW}$ ,其中可开发量为 $6.06 \times 10^4\text{kW}$ 。县内岩溶地貌发育,地下水资源比较丰富,已探明伏流、岩石裂隙水37处,总流量 $8.57 \times 10^8\text{m}^3/\text{a}$ 。

大老岭自然保护区地表水系隶属长江水系,由于长江偏移西南,两岸水系极不平衡。江南由于距清江较近,分水岭标高低,坡比小,溪河密度比较稀疏,而且溪短谷宽,滞水量小,多为横向河谷,故支流密度小,侧蚀作用大于向流切割,水土流失较重。江北由于距汉水较远,分水岭标高大,坡比大,故溪长谷窄,支流密集,向流切割大于侧蚀,滞水时间长,水力坡度大,其爆落

性相对减弱(上急下缓)。大老岭自然保护区地表水以接受大气降水为补给来源,属淡水,pH值比较稳定,水体质量良好,适宜饮用。整个保护区年产水量在 $9000 \times 10^4 \text{m}^3$ 左右,是三峡库区重要的水源涵养林区。由于下伏基岩的缘故,大老岭自然保护区的地下水资源属于酸性岩裂隙水类型。

### 1.2.3 土壤

实习区主要土壤类型有:①黄壤,酸性,富铝化,海拔1000m以下,母质为岩浆岩、角闪岩,表土 $\text{SiO}_2$ 含量39.18%, $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量32.5%, $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 含量8.30%, $\text{K}_2\text{O}$ 含量1.57%,其他18.50%;②黄棕壤,微酸性,常有铁锰胶膜,海拔1000~1500m,母质同黄壤,表土 $\text{SiO}_2$ 含量42.48%, $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量28.55%, $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 含量11.04%,其他20.00%;③海拔1500~2005m的中山地段为山地棕壤,表土 $\text{SiO}_2$ 含量25.20%, $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量43.08%, $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 含量12.04%,其他19.68%;④紫色土,母岩为紫色砂页岩,海拔低于1000m;⑤石灰土,母质为石灰岩、白云岩、泥灰岩,中性至碱性;⑥砂土,母质为角闪岩;⑦海拔1000m以下分布有小面积的水稻土。

此外,三峡地区部分土壤母质为各类花岗岩风化壳,土壤层较疏松、深厚,一般为200~600cm,在植被遭破坏或干燥生境中,土壤有一定的粗骨性,由于细粒物质和有机质流失,易发水土流失和崩塌等灾害。但大老岭自然保护区内森林植被覆盖度高,土层具有较厚的枯枝落叶层、腐殖质层和壤土层,有机质含量较高,水土流失和崩塌等灾害发生的几率较低。

### 1.2.4 资源与矿产

秭归境内土地资源匮乏,呈零星分布。2009年末全县耕地总资源267.4 $\text{km}^2$ ,其中常用耕地面积190.5 $\text{km}^2$ ,包括水田34.5 $\text{km}^2$ 和旱地156 $\text{km}^2$ 。

秭归境内生物资源非常丰富。有野生动物4纲19目52科126种,其中属国家二级野生保护动物16种。森林覆盖率达49.8%,有松、杉、柑橘、油桐等,尤以脐橙、柑橘闻名,有500年以上历史的国家一级保护古树44株,还有三峡库区特有的濒危植物——疏花水柏枝。

大老岭自然保护区森林生态系统拥有丰富的生物多样性,以21 $\text{km}^2$ 的原始森林和大面积分布的珍稀植物群落而驰名中外,具有特殊的生物多样性保护价值,是中外学者研究的热点地区之一。其中,维管植物167科803属2085种,兽类7目18科34属38种,鸟类16目34科88属123种,爬行类动物1目3科7属11种,两栖类动物2目4科5属13种。国家珍稀濒危保护野生植物37种,其中,国家重点保护野生植物20种(一级5种、二级15种),国家珍贵野生树种15种(一级5种、二级10种),国家珍稀濒危野生植物29种(一级1种、二级12种、三级16种);国家重点保护陆生脊椎动物26种(一级3种、二级23种),湖北省重点保护陆生脊椎动物58种;国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值的鸟兽110种。

秭归境内已经探明有一定储量的矿种达10余种,矿床(点)50个。其中金属矿有金、银、铜、铅、铁、锰、锌等;非金属矿有硅石、石灰石、重晶石、大理石、石英石等;能源矿有煤、石煤、地热等。

实习区内旅游资源十分丰富,有风景秀丽的西陵峡、泗溪风景区,有惊险刺激的九畹溪漂流、神奇的大老岭原始森林,以及丰富的历史人文旅游资源。古代四大美人之一王昭君出生地位于秭归香溪河宝坪村。伟大浪漫主义爱国诗人屈原的故乡位于香溪河中游。千百年来,秭归人民为纪念屈原形成了独特的节令习俗,即屈原故里端午习俗,已被列入全国非物质文化遗产保护名录。目前,境内现存许多关于屈原的遗迹和传说,如归州的屈原祠、衣冠冢、屈原故里

牌坊和乐平里的“三间八景”等。

### 1.3 实习区生态与环境调查

1980—1990年,国家计划在三峡地区兴建三峡水电工程。三峡工程建设过程中,大规模的移民和城镇整体搬迁导致三峡库区土地利用/覆盖发生了重大变化。范月娇(2002)、王鹏(2004)对三峡库区的土地利用变化进行了研究和探讨。许其功(2007)运用GIS分析了1980—2004年三峡库区土地利用变化趋势。研究表明,近24年来建设用地和旱耕地分别增加了57.59%和3.93%,水田减少了8.16%,库区林地和草地的总面积下降了196.41km<sup>2</sup>,主要转化为建设用地和耕地。三峡库区土壤侵蚀、水土流失严重,造成大量的泥沙淤积,面源污染和水体富营养化问题较严重。吴昌广(2012)研究表明,库区年均土壤侵蚀量为 $1.84 \times 10^8 \text{ t/a}$ ,平均土壤侵蚀模数为 $3185 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ,且库区发生土壤侵蚀的主要区域分布在500~1500m高程区、15°以上的坡度带以及阴坡,是水土流失严重及需要治理的重点区域。为控制三峡库区水土流失、增加土壤肥力,众多学者提出了改善方案和措施。许峰等(2000)针对三峡库区紫色土陡坡地研究表明,高植物篱-农作系统施用有机肥和配施有机、无机肥-带间麦秆覆盖两种处理效果最佳。刘窑军等(2012)发现草灌结合措施对土壤容量和导水率改善最明显,草灌+梯坎结合的抗侵蚀能力最强。坡改梯有利于改善土壤肥力状况,提高土壤氮磷养分含量,但随着土壤供钾能力的降低,必须重视钾肥施用,做到因土种植、地尽其利,通过定向培育改变土壤肥力(马力等,2012;李培霞等,2013)。三峡库区全面开展天然林保护与退耕还林生态工程以来,水土流失得到了有效控制,三峡库区退耕还林模式中,涵养水源效益较好的是竹林和柑橘林模式,固土效益较好的是落叶阔叶林模式等(刘勇等,2014;曾立雄等,2014)。

三峡水库自2003年6月蓄水以来,水位升高导致库区支流回水区水流缓滞,从而影响污染物的扩散、降解,使水质发生显著变化,库区支流库湾存在不同程度的富营养化现象。郭劲松等(2010)于2007年5月—2008年5月对三峡彭溪河回水区藻类跟踪观测,分析了水库蓄水运行初期小江回水区藻类的群落结构组成和演替特点,结果显示藻类的细胞密度和生物量春季最高,说明小江回水区处于富营养化状态;而冬季藻类细胞密度和生物量处于较低水平,此时水体处于贫营养状态。导致水体富营养化和水华现象的影响因素是水动力条件、营养盐以及光照、水温等环境因子(杨正健等,2012;梁培瑜等,2013),其中水动力条件是支流水华爆发的主要诱导因子(Liu et al., 2012; Yang et al., 2013)。马骏等(2015)提出通过水库调度的方法,改变支流库湾水动力条件,从而防控水华。王晓青(2015)通过分析彭溪河回水区高锰酸盐指数(COD<sub>Mn</sub>)、氨氮(NH<sub>3</sub>-N)及总磷(TP)综合衰减系数的变化,发现三峡工程蓄水后,回水区污染物的综合衰减系数仅为蓄水前的1/20~1/10,认为污染物衰减速率的减小,是三峡蓄水后春夏之交彭溪河水域容易发生水污染和水体富营养化的重要原因之一。

2005年以来,中国科学院武汉植物园重建了三峡水库消落带植被,研究了三峡水库运行过程中消落带可能产生的一系列生态与环境问题,并提出针对性的防治措施。近年来,三峡地区植被调查研究主要集中在库区消落带和长江三峡干流的河岸带,主要调查内容包括物种组成、物种多样性、群落结构等(江明喜等,2000;陈春娣等,2014;朱妮妮等,2015)。程瑞梅、肖文发(2008)应用TWINSpan详细研究了三峡库区33种森林植物群落,DCA排序反映了植物

群落所在环境的温度、海拔和土壤水分梯度(王鹏程等,2009;孙晓娟等,2014)。沈泽昊等(2001)对三峡大老岭森林物种多样性空间分布格局调查表明,低海拔植被退化严重,群落结构简单,多样性偏低;海拔1200~1700m为常绿落叶阔叶混交林带,群落类型多样,物种组成复杂;海拔1700m以上群落类型较少,分布集中,生境趋同。甘娟等(2015)对大老岭保护区2000—2010年间的森林生态系统的年际变化进行研究表明,植物地上生物量(AGB)总体呈较小幅度下降趋势,年均叶面积指数(LAI)呈增加趋势,净初级生产力(NPP)缓慢增加。

三峡库区野生动植物资源本底及三峡工程对其影响研究的文献比较多。早期的研究主要有:三峡工程对长江鱼类资源影响(曹文宣等,1987)、三峡水库库区渔业环境和渔业现状(丁瑞华,1987)、三峡库区种子植物的中国特有分布(郑重,1994)、三峡库区特有植物及三峡工程对其影响(谢宗强等,1994)、石灰岩灌丛植被特征及其合理利用(谢宗强和江明喜,1995)、三峡库区残存的常绿阔叶林及其意义(谢宗强和陈伟烈,1998)。在中国三峡工程总公司的资助下,通过1996—1999年的本底调查,基本查明了三峡库区的陆生动植物生态本底(肖文发等,2000)、三峡湖北库区的珍稀濒危保护植物(葛继稳等,1999)、三峡湖北库区陆生野生动物资源(张德春等,1998)、三峡库区水禽资源(卢卫民等,1998)、三峡库区鸟类区系及类群多样性(苏化龙等,2007)、三峡库区珍稀濒危陆生脊椎动物现状(林英华等,2003)等。后期的研究主要有:长江三峡干流河岸植物群落(江明喜等,2000)、长江三峡库区鱼类资源现状(段辛斌等,2002)、长江三峡库区蓄水后鱼类资源现状(吴强,2007)、常绿落叶阔叶混交林的监测(张谧等,2004)、珍稀特有植物保护生态学(谢宗强等,2006)、三峡工程生态与环境监测系统(黄真理等,2006)、三峡库区谷地的植物与植被(陈伟烈等,2008)、三峡库区陆栖野生脊椎动物监测(苏化龙等,2007)、三峡库区珍稀濒危保护植物彩色图谱(吴金清等,2009)、中国长江三峡植物大全(彭镇华,2005)、中国长江三峡动物大全(刘先新,2010)等。

此外,中国地质大学、三峡植物园、秭归林业局、三峡大学、华中农业大学、武汉大学、长江科学院、水利部水土保持植物开发管理中心、湖北省水利厅、湖北省国土资源厅等单位连续对秭归地区的生态、水利、灾害与环境保护等开展了多学科的调查研究。

## 1.4 区域地质概况

### 1.4.1 地层

实习区地层出露齐全,自前震旦系至第四系,除缺失上、下石炭统,下泥盆统、上三叠统、古近系和新近系外,其他地层皆有出露,其中很多层位为我国或世界标准层位,该区是我国南方标准地层区之一。自前震旦系至侏罗系,大致呈同心圆状分布。

前震旦系主要分布于太平溪至茅坪一带,岩性为岩浆岩、变质岩、混合岩等,总称结晶杂岩。岩浆岩属中酸性,以岩基、岩株产出为主,次为中至超基性的小型侵入体和脉体。变质岩属于中深部区域变质作用和混合岩化作用形成的副变质岩,岩性为片岩、片麻岩类岩石。混合岩以条带状混合岩为主,次为脉体混合岩。

震旦系至三叠系为一套滨海-浅海相碳酸盐类岩石及碎屑岩,以灰岩、白云岩为主,岩相岩性变化不大,广布于秭归县全境,为该区中高山区的主体构成地层,总厚度约3000m。碎屑岩

以砂岩、页岩为主,呈条带状分布在香炉山等背斜四周,总厚度约 3200m。

侏罗系至白垩系主要为内陆河、湖相沉积,岩性为砂岩、泥岩和砾岩,前者主要分布在童庄河下游一带(秭归盆地),后者主要分布在仙女山等地,总厚度约 1000m。

第四纪松散堆积物零星分布于茅坪、平阳坝等长江及其支流两岸和山间洼地,多为坡积或冲洪积物。更新统岩性为黏土夹砾石,全新统岩性为黏质砂土、砾石层。各时代的岩石地层单位特征如表 1-4。

表 1-4 三峡地区地层岩性特征表

界	系	统	组	地层代号	厚度(m)	岩性特征	
新生界	第四系	全新统		Qh	5 ~ 20	上部为粉质黏土;下部为砾石层	
		更新统		Qp	> 30	黏土夹砾石,底部为新滩砾岩	
中生界	白垩系	下统	石门组	$K_1s$	380.2	上、下部为砾岩;中部为石英砂岩与泥质砂岩互层	
		上统	蓬莱镇组	$J_3p$	1224 ~ 1943	下部为黏土质粉砂岩、粉砂质泥岩与石英砂岩等厚互层;上部以长石石英砂岩为主	
	遂宁组		$J_3s$	572 ~ 1065	下部为粉砂岩、粉砂质泥岩;上部以长石石英砂岩为主		
	侏罗系	中统	沙溪庙组	上组	$J_2s^2$	1060 ~ 1244	粉砂岩、黏土质粉砂岩、灰质粉砂岩与细粒长石砂岩、岩屑长石砂岩、长石石英砂岩互层
				下组	$J_2s^1$	945 ~ 1139	下部为粉砂质泥岩、泥质粉砂岩,夹长石砂岩、岩屑长石砂岩,底部为砂质砾岩,上部为紫粉砂岩、含灰质泥质粉砂岩与长石砂岩、岩屑长石砂岩,不等厚互层
			聂家山组	$J_2n$	678 ~ 1066	下部为粉砂质黏土岩、粉砂岩、长石石英砂岩;中部为粉砂岩与长石石英砂岩不等厚互层;上部以粉砂岩、含砾黏土质粉砂岩为主	
			下统	香溪组	$J_1x$	374 ~ 547	上部为泥岩、黏土岩;下部为粉砂岩、砂岩
	三叠系	上统	沙镇溪组	$T_3s$	0 ~ 158	砂岩夹页岩和煤层	
		中统	巴东组	$T_2b^5$	0 ~ 18	以白云岩为主	
				$T_2b^4$	0 ~ 469	以黏土岩为主	
				$T_2b^3$	0 ~ 392	灰岩夹泥灰岩	
				$T_2b^2$	0 ~ 417	粉砂岩、黏土岩互层	
				$T_2b^1$	94 ~ 116	白云岩、页岩互层	
嘉陵江组			$T_2j^3$	125 ~ 185	白云岩、灰岩互层		
		$T_2j^2$	179 ~ 323	生物屑、砂屑灰岩			
		$T_2j^1$	120 ~ 313	结晶灰岩,角砾状灰岩数层			
下统	大冶组	$T_1d$	476 ~ 882	中厚层灰岩,下部为泥质条带灰岩页岩互层			

续表 14

界	系	统	组	地层代号	厚度(m)	岩性特征	
上古生界	二叠系	上统	大隆组/长兴组	$P_2d/P_2c$	12 ~ 36/3 ~ 6	上部为硅质层与页岩互层; 下部含燧石结核灰岩夹少许页岩	
			吴家坪组	$P_2w$	82 ~ 278	砂岩、页岩夹煤层相变为灰含燧石结核灰岩	
		下统	茅口组	$P_1m$	145 ~ 282	以灰岩为主, 含燧石结核	
			栖霞组	灰岩段	$P_1q^h$	100 ~ 253	含燧石结核疙瘩状夹钙质灰岩
				马鞍段	$P_1q^m$	0 ~ 36	页岩、砂岩夹煤层
	石炭系	上统	黄龙组	$C_2h$	0 ~ 67	下部为页岩及含生物屑灰岩; 上部为砂岩、页岩	
		下统	岩关组	$C_1y$	0 ~ 25	厚层白云岩、灰质白云岩	
	泥盆系	上统	写经寺组	$D_3x$	0 ~ 34	以灰岩、钙质泥岩为主	
			黄家磴组	$D_3h$	0 ~ 16	石英砂岩夹页岩及铁矿	
		中统	云台观组	$D_2y$	0 ~ 81	厚层石英砂岩	
	下古生界	志留系	中统	纱帽组	$S_3s$	91 ~ 182	石英细砂岩夹页岩
			下统	罗惹坪组	$S_2lr^2$	87 ~ 542	灰绿色页岩夹粉砂岩
					$S_2lr^1$	298 ~ 492	以灰绿色粉砂岩为主
		龙马溪组	$S_1l$	496 ~ 610	上部为页岩夹粉砂岩; 下部为黏土岩、页岩		
奥陶系		上统	五峰组	$O_3w$	7	以碳质、硅质页岩为主	
			临湘组	$O_3l$	3 ~ 5	中厚层泥质瘤状灰岩	
		中统	宝塔组	$O_2b$	19	泥质灰岩、龟裂灰岩	
			庙坡组	$O_2m$	1 ~ 2	页岩、灰岩互层	
		下统	牯牛潭组	$O_1g$	18	中厚层瘤状灰岩	
			大湾组	$O_1d$	41 ~ 45	泥质条带灰岩、瘤状灰岩与页岩互层	
			红花园组	$O_1h$	17 ~ 28	灰岩夹生物碎屑灰岩	
			分乡组	$O_1f$	28 ~ 52	灰岩、生物碎屑灰岩与页岩互层	
			南津关组	$O_1n$	66 ~ 134	以厚层灰岩、白云岩为主, 富含三叶虫、腕足等	
		寒武系	上统	娄山关组	$\epsilon_3O_1$	110 ~ 420	灰色厚层白云岩、白云质灰岩, 含燧石结核
中统			覃家庙组	$\epsilon_2q$	132 ~ 211	以白云岩为主	
下统			石龙洞组	$\epsilon_2sl$	60 ~ 106	以白云岩为主	
			天河板组	$\epsilon_2t$	88	泥质条带灰岩、灰岩夹鲕状灰岩	
			石牌组	$\epsilon_1sh$	205 ~ 291	页岩砂岩夹灰岩	
	水井沱组		$\epsilon_1s$	88 ~ 114	以碳质页岩为主		
	岩家河组		$\epsilon_1y$	0 ~ 63	以碳质、硅质页岩为主		

续表 1-1

界	系	统	组	地层代号	厚度(m)	岩性特征	
元古界太古界	震旦系	上统	灯影组	$Z_2 dy$	61 ~ 245	厚层白云质灰岩夹灰岩	
			陡山沱组	$Z_2 d$	39 ~ 176	灰岩与碳质页岩互层,含燧石结核	
		下统	南沱组	$Z_1 n$	0 ~ 91	灰绿色含砂冰碛泥岩	
			大唐坡组	$Z_1 d$	0 ~ 7	含碳质水云母黏土岩,含锰质结核	
			坪阡组	$Z_1 p$	0 ~ 241	灰绿色中厚层冰碛泥岩、冰碛砾岩	
			莲沱组	$Z_1 l$	0 ~ 80	黄绿或紫红色中厚层石英砂岩	
	前震旦系	神农架群	上亚群	瓦钢溪组	$Ptw$	> 190	由 3 层叠层石礁体白云岩组成,中间夹粒屑和硅质白云岩,顶部有灰绿至紫红色泥质粉砂质薄层白云岩
				送子园组	$Ptsz$	> 350.6	下部为含硅质碳质粉砂岩;中部为夹铁矿层;上部为白云质粉砂岩夹砂岩
			中亚群	石槽河组	$Pts$	> 1852.3	岩性以白云岩为主,夹有紫红色白云质粉砂岩和粉砂质白云岩
		崆岭群	上组	$PtKl_3$	> 587.2	以黑云角闪片岩、石英角闪片岩为主	
			中组	$PtKl_2$	543 ~ 685	上部为角闪片岩、石英角闪片岩与二云母片岩互层;下部为大理岩、石英岩与二云斜长片麻岩互层	
			下组	$PtKl_1^2$	> 1553.3	上部为云母片岩与云母石英片岩互层夹角闪片岩;下部为细粒黑云角闪斜长片麻岩、斜长角闪片麻岩、花岗片麻岩夹云母片岩、角闪斜长角砾状混合岩,夹黑、角闪片岩	
				$PtKl_1^1$	> 2733	上部为黑云角闪奥长条带状混合岩夹黑云片麻岩、黑云角闪岩;下部为二长质条带状混合岩夹黑云奥长片麻岩、花岗质混合岩	

#### 1.4.2 侵入岩

侵入岩集中分布于实习区东部黄陵背斜核部,出露面积约 360km<sup>2</sup>。均系前震旦纪岩浆活动产物,受西北向构造控制,从超基性—基性岩、中性岩至酸性岩都有出露。中、酸性侵入岩呈岩基产出,规模较大,为实习区侵入岩主体;而基性、超基性岩等规模甚小,呈零星分布。侵入岩的类型、接触关系及其侵入顺序如表 1-2 所示。

实习区各类侵入岩均侵入元古代崆岭群变质岩中,同时又为震旦纪地层不整合覆盖,其侵入时代应为前震旦纪,前晋宁期。其中变质辉长岩及斜长角闪岩侵入崆岭群变质岩之中,其变质程度较深,片理化明显,为实习区最早的侵入岩。基性、超基性岩侵入变质辉长岩之中,其变质程度低,片理化不明显,侵入序次较变质辉长岩晚。花岗岩侵入区内所有岩体,是测区最晚的侵入岩。

宜昌白竹坪侵入崆岭群并切穿辉长辉绿岩的含铅石英脉铅同位素年龄值为 1700Ma, 以此推断基性、超基性岩的侵入时代下限为早元古代晚期或中元古代早期, 大致为 1900Ma; 实习区晋宁期中酸性侵入岩同位素年龄值大都在 880 ~ 819Ma, 除侵入崆岭群变质岩外, 还侵入于基性、超基性岩中, 因此其侵入时代应为中元古代晚期或新元古代早期。

表 1-2 侵入岩与地层的接触关系

构造岩浆旋回			代号	岩石类型	接触关系	岩体名称
期	阶段	年龄 (Ma)				
晋宁期	第二阶段	1000 ~ 800	$\gamma_2^{2-2}$	中细粒斜长花岗岩、斑状黑云母花岗岩、黑云母钾长花岗岩	侵入崆岭群变质岩和基性—超基性岩及闪长岩中, 被震旦系不整合覆盖	黄陵岩体、水竹园岩体、桃园岩体
	第一阶段	1900	$\delta\beta_2^{2-1}$	英云闪长岩	侵入崆岭群变质岩和基性—超基性岩中, 并被黄陵花岗岩侵入, 同时被震旦系不整合覆盖	茅坪岩体、陈子溪岩体
			$\delta_2^{2-1}$	闪长岩		安场坪岩、竹林湾岩体
前晋宁期	晚期		$\Sigma\nu_2^{1-2}$	含长二辉橄榄岩-角闪辉石岩-角闪辉长岩; 斜长二辉辉橄岩-橄橄榄苏长辉长岩-辉长岩	侵入崆岭群变质岩中, 并被黄陵花岗岩和茅坪英云闪长岩侵入	野竹池岩体、袁家坪岩体
			$\Sigma_2^{1-2}$	纯橄岩-斜辉辉橄岩-单辉辉橄岩		红桂香岩体、汪家岭岩体、马滑沟岩体
			$\Sigma\nu_2^{1-2}$	纯橄岩-单辉杂岩		梅纸厂岩体
	早期		$\nu_2^{1-1}$	变质辉长岩	侵入崆岭群变质岩中, 被超基性岩侵入, 同时也被黄陵花岗岩侵入	茅垭岩体、小溪口岩体

### 1.4.3 地质构造演化与区域稳定性

实习区处于新华夏构造体系鄂西隆起带北端和淮阳“山”字形构造体系的复合部位。区内北西向构造主要发育于前震旦纪变质岩系中, 由一系列褶皱和断裂组成, 并伴随岩浆活动; 东西向构造分布于南部, 以沉积盖层组成的褶皱为主, 断裂不甚发育, 主要构造形迹为香龙山背斜及其东侧的五龙褶皱带; 新华夏系为区内重要的构造体系, 主要表现为新华夏系联合弧形构造和新华夏系复合式构造两种形式, 前者在区内的构造形迹有百福坪至流来观背斜、茶店子复向斜, 后者主要为北北东向构造, 由北北东向压性或压扭性断裂组成, 主要构造形迹为黄陵背斜、秭归向斜; 近南北向构造主要由仙女山断裂和九畹溪断裂组成, 近平行向展布。

2500 ~ 1800Ma 的古元古代, 该区处在活动大陆边缘拉张盆地环境, 接受一套火山岩与陆源碎屑及碳酸岩的沉积(崆岭群)。至中元古代时期(1800 ~ 1000Ma), 经历首次区域构造变动即神龙运动, 使盆地沉积在其作用下成为变质岩系。至新元古代(1000 ~ 800Ma), 大构造运动即晋宁运动的北西-南东向挤压作用使前震旦纪地层强烈褶皱、断裂和变质, 并伴随多期岩浆侵



入,形成了古老的结晶基底(通称黄陵地块)及基底构造。自新元古代晚期至中生代晚期(800~135Ma),该区一直处于较稳定陆块环境,构造运动以大面积升降为主,长期接受地台型沉积物,仅在晚志留世和早泥盆世期间经历沉积间断并遭受剥蚀作用。在中生代晚期侏罗纪—白垩纪(135~65Ma),发生了空前规模的造山运动——燕山运动,使基底以上沉积的盖层岩系普遍褶皱、断裂,形成断陷、拗陷盆地并接受陆屑沉积,受基底影响及控制,形成了一系列围绕基底的弧形构造。新生代喜马拉雅运动(65~20Ma)使该区全面结束了沉积作用,构造作用表现为大面积差异升降运动与掀斜运动,造成红层有轻微变形和江汉盆地伴有玄武岩喷发。受青藏高原隆升影响,渐新世与中新世之交(不晚于23Ma),长江三峡贯通东流,江汉盆地内陆河湖沉积格局被打破,奠定了江汉平原的雏形,地质历史时期新构造运动(掀斜与沉降)是江汉平原沉积环境变化主因之一(Zheng et al., 2013)。第四纪以来,实习区新构造运动总的特点是,南津关以西的山地呈大面积间歇性隆升并不断扩展,东部江汉平原相对下降,且不断退缩,二者转折线随之东移,其间形成一平缓过渡地带。西部山地,由于间歇性上升,普遍发育四级夷平面和多级河流阶地(图1-3)。鄂西期夷平面呈轻微北北东向隆起,山原期夷平面呈 $1^{\circ}$ ~ $2^{\circ}$ 倾角向东倾斜,无明显反差和解体现象。重庆—宜昌间 $T_1$ ~ $T_5$ 级阶地基本连续、平行,与河流的纵坡降相适应,无明显的位置错和变形。秭归龙江镇至宜昌高阶地纵剖面下降趋势明显,同时各级阶地向东均具收敛特点,这是由河流从出山口进入山前平原的流态所造成的(向芳等,2005)。

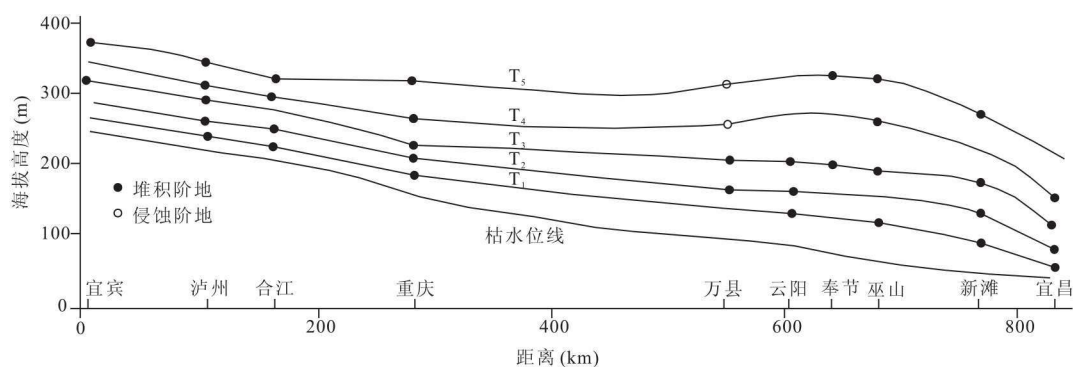


图1-3 长江三峡地区阶地发育分布图  
(据向芳等,2005)

实习区大部分隶属华中地震区江汉地震带,带内除远离坝区的湖南常德、湖北咸丰和竹山地区历史上曾发生过6~6.8级中强震外,其余地区最高震级一般仅5级左右。近期区内发生的最大地震为1979年5月22日秭归县龙会观5.1级地震,震中距长江仅8km。现今地震活动主要分布在黄陵背斜西侧、仙女山断裂带,呈北北东向及北东向展布。根据第三代全国地震烈度区划(1990),在50年超越概率为10%的条件下(相当于地震基本烈度),实习区绝大部分为不大于VI度区,整个三峡库坝区均处于VI度区。影响较大的是仙女山潜在震源区,沿地震带微震活动较频繁,1959年迄今共记录到30次,最大为1972年3月秭归县周坪附近曾发生过的3.7级地震,震级上限6.5级。三峡水库建成后,极大地改变了库区水-岩(土)之间的力学平衡,也改变了库区地应力状态,地震频次与强度可能有所增加,但地震活动仍保持在三峡地区原有弱地震活动状态。