

娘子关

大型藻类研究

>> 石瑛 著



海洋出版社

娘子关泉域大型藻类研究

石 瑛 著

海洋出版社

2007 年·北京

图书在版编目(CIP)数据

娘子关泉域大型藻类研究/石瑛著. —北京:海洋出版社, 2007. 5

ISBN 978 - 7 - 5027 - 6807 - 2

I. 娘… II. 石… III. 岩溶水 - 藻类 - 研究 - 阳泉市
IV. Q949. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 064657 号

责任编辑:姚海科

责任印制:刘志恒

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

北京海洋印刷厂印刷 新华书店北京发行所经销
2007 年 5 月第 1 版 2007 年 5 月北京第 1 次印刷

开本: 880mm × 1230mm 1/32 印张: 6

字数: 150 千字 印数: 1 ~ 500 册

定价: 25.00 元

发行部: 62147016 邮购部: 68038093 总编室: 62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换



娘子关五龙泉



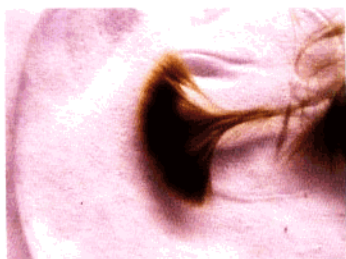
娘子关水帘洞口泉



娘子关滚泉

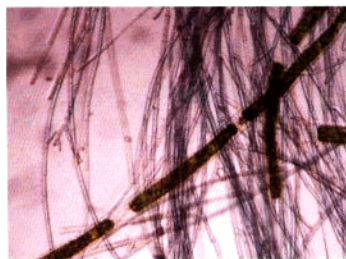


标本采集



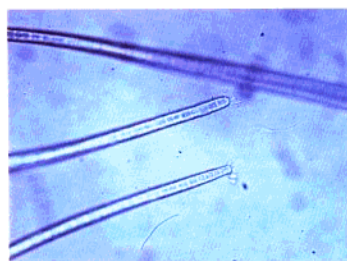
硬枝旋体藻外部形态

Audouinella chalybea (Roth) Bory



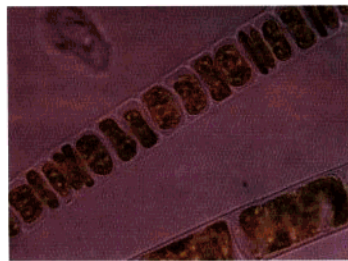
硬枝旋体藻 (细) 和团集刚毛藻 (粗)

Audouinella chalybea (Roth) Bory
and *Cladophora glomerata* Kuetz.



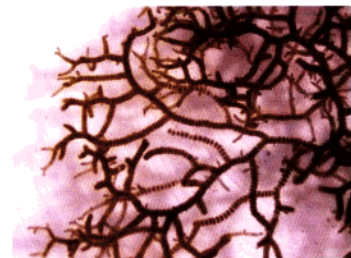
小颤藻

Oscillatoria tenuis Ag.



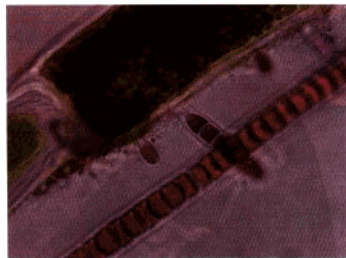
不规则微孢藻

Microspora irregularis (Wet G.S West)
Wichmann, pflanzenf



胶串珠藻

Batrachospermum gelatinosum
(Linnaeus) De Candolle



暗紫红毛菜 (红)

Bangia atropurpurea (Roth.) Agardh

前 言

娘子关泉是我国北方最大的冷水泉之一,泉域地下水汇水面积 7 436 km²,具有丰富的藻类资源。本书内容包括蓝藻门、绿藻门、红藻门、黄藻门和轮藻门共五个门的大型藻类植物和主要群落类型及季节性变化。我们于 2002—2006 年在娘子关进行了 15 次采集工作,得到标本 400 多号,经鉴定蓝藻 13 种,绿藻 61 种,红藻 11 种,黄藻 4 种,轮藻 5 种,共有 94 种(包括变种和变型)。所有种类都是按照娘子关泉域标本描述和绘图,并结合娘子关地区特殊生态环境、区系分布作了概要分析,是迄今为止介绍娘子关地区藻类种类最多,讨论较全面的文献,为今后进一步研究和利用该区的藻类提供了较丰富的基本资料。

本书是根据 1978 年 9 月“中国藻类系统发育和分类系统学术会议”确定的分类系统编排的。

以往有关该泉域分布的藻类植物种类有过零星报道,主要集中于凌元洁、谢树莲等,有关大型藻类植物区系组成及分布特点还未有专门报道。我们对该泉域的藻类植物进行了全面系统的调查,可为其资源开发利用和环境保护提供必要的理论依据。

本书中所记载的藻类标本是山西大学孢子植物课题组谢树莲、石瑛、钟海秀、冯佳、张猛、樊兰英、胡变芳、王芳等同志共同采集得到的。谢树莲教授对本书作过多次修改,并提出了许多宝贵意见。在此对山西大学孢子植物课题组所有同志表示衷心感谢。特别感谢谢树莲教授,她无私的关心和精心的指导给予了本书巨大的支持和帮助。

目 次

第0章 绪 论	(1)
0.1 泉溪大型藻类植物研究进展	(1)
0.2 娘子关泉域自然地理概况	(7)
0.3 娘子关水资源和藻类资源评价的目的和意义	(20)
0.4 考察时间、路线	(22)
0.5 标本的采集及保存	(24)
0.6 标本的采集记录	(25)
第1章 娘子关泉域的蓝藻	(36)
1.1 娘子关泉域蓝藻的地理分布和生态特点	(36)
1.2 娘子关泉域蓝藻的分类	(37)
蓝藻门 Cyanophyta	(37)
蓝藻纲 Cyanophyceae	(37)
段殖体目 Hormogonales	(37)
胶须藻科 Rivularaceae	(37)
念珠藻科 Nostocaceae	(39)
颤藻科 Oscillatoriaceae	(41)
第2章 娘子关泉域的黄藻	(48)
2.1 娘子关泉域黄藻的地理分布和生态特点	(48)
2.2 娘子关泉域黄藻的分类	(48)
黄藻门 Xanthophyta	(48)
黄藻纲 Xanthophyceae	(48)
异丝藻目 Heterotrichales	(48)

黄丝藻科 Tribonemataceae	(49)
无隔藻目 Vaucheriales	(51)
无隔藻科 Vaucheriaceae	(51)
第3章 娘子关泉域的绿藻	(54)
3.1 娘子关泉域绿藻的地理分布和生态特点	(54)
3.2 娘子关泉域绿藻的分类	(55)
绿藻门 Chlorophyta	(55)
绿藻纲 Chlorophyceae	(55)
绿球藻目 Chlorococcales	(55)
绿球藻科 Chlorococaceae	(55)
小球藻科 Chlorellaceae	(57)
卵囊藻科 Oocystaceae	(60)
水网藻科 Hydrodictyaceae	(63)
丝藻目 Ulotrichales	(64)
丝藻科 Ulotrichaceae	(64)
微孢藻科 Microsporaceae	(78)
胶毛藻科 Chaetophoraceae	(85)
裂线藻科 Schizomeridaceae	(99)
饶氏藻科 Jaoaceae	(100)
隐毛藻科 Aphanochaetaceae	(101)
刚毛藻目 Cladophorales	(102)
刚毛藻科 Cladophoraceae	(102)
接合藻纲 Conjugatophyceae	(109)
双星藻目 Zygnematales	(109)
双星藻科 Zygnemataceae	(109)
鼓藻目 Desmidiaceae	(117)
鼓藻科 Desmidiaceae	(117)

第4章 娘子关泉域的轮藻	(119)
4.1 娘子关泉域轮藻的地理分布和生态特点	(119)
4.2 娘子关泉域轮藻的分类	(119)
轮藻门 charophyta	(119)
轮藻纲 Charophyceae	(119)
轮藻目 Charales	(119)
轮藻科 Characeae	(119)
第5章 娘子关泉域的红藻	(126)
5.1 娘子关泉域红藻的地理分布和生态特点	(126)
5.2 娘子关泉域红藻的分类	(126)
红藻门 Rhodophyta	(126)
红藻纲 Rhodophyceae	(126)
红毛菜目 Bangiales	(127)
红毛菜科 Bangiaceae	(127)
弯枝藻科 Composopogonaceae	(128)
顶丝藻目 Acrochaetiales	(130)
顶丝藻科 Acrochaetiaceae	(130)
红索藻科 Thoreaceae	(136)
串珠藻科 Batrachospermaceae	(137)
第6章 娘子关泉域大型藻类的季节性变化	(141)
6.1 娘子关泉域大型藻类的组成	(141)
6.2 娘子关泉域大型藻类植物在各采集点的分布比较	(144)
6.3 娘子关泉域大型藻类植物的季节性变化	(145)
6.4 娘子关泉域藻类植物的主要群落及其季节性变化	(155)
6.5 娘子关泉域大型藻类的组成与其他地区的比较	(163)
6.6 娘子关泉域大型藻类分布季节性变化的原因	(164)

6.7 娘子关泉域大型藻类植物的濒危原因和保护对策	(165)
6.8 今后的研究发展方向	(167)
参考文献	(168)
拉汉名称对照索引	(181)

第0章 绪 论

0.1 泉溪大型藻类植物研究进展

全球2%的地表面积被淡水覆盖,而且水体数目多、面积广、类型多种多样,对人类生活和生产具有重要作用。藻类植物是水体中的主要生物类群,它们利用太阳光制造的有机总氮比陆生高等植物生产的有机总氮约高7倍,产生的氧气是大气中氧的主要来源之一。它们中的很多种类含有丰富的蛋白质和多种维生素,是人类和鱼、虾等的天然食物。

泉水和溪流是一类特殊的淡水水体,其主要特点是水体流动,水质较清洁。生长在泉溪水体中的生物也必然有其特殊的适应性。目前,随着工业化和城市化的发展,许多泉溪水体受到了越来越多的污染,而这些污染也必然会对生活于其中的藻类植物产生影响。研究泉溪藻类(尤其是大型藻类)的区系组成、群落类型及其季节变化规律,对于泉溪水体生物多样性的保护和生态系统的恢复具有重要的理论意义。

这里的大型藻类是指一些肉眼可见的丝状、簇状或垫状的,在采集地点就可以大体辨认的藻类(Holmes & Whitton, 1977)。这些大型藻类几乎都是固着生长的。泉溪是流动的水体,固着生长的大型藻类对其生态系统的组成无疑具有更重要的作用。它们的分布季节性变化明显,对水体环境指示作用强,有很重要的科学和经济价值,因而受到国内外学者的广泛重视。

娘子关泉是我国北方最大的冷水泉之一,有丰富的藻类资源,有

关该泉域藻类植物的区系组成和分布特点等的研究还很少,因此我们对娘子关泉域藻类植物进行全面系统的介绍,可为保护和开发该地区藻类资源提供重要的理论依据。

0.1.1 国内外研究现状

泉溪藻类的研究很早就有记载,最早的是1753年瑞典的博物学家林奈所著的《植物种志》,里面记录了几种大型泉溪藻类植物,如 *Conferva gelatinosa* 和 *C. gluciatilis* 等。之后的很长时间内,虽然不断有泉溪藻类种类的零星记载,但一直没有专门的深入研究。直到20世纪70年代,有关泉溪藻类的专门研究才逐步兴起。

随着世界性环境污染的加剧,水体环境不断恶化,泉溪藻类的保护和恢复已成为全球性的关注热点。有关泉溪藻类的研究受到了许多国家越来越多的重视,以欧洲、北美以及巴西、澳大利亚、日本等的研究报道较多 (Sheath et al., 1986, 1989; Sheath & Cole, 1992, 1996; Sherwood, 1999)。大部分的研究报道是关于区系组成和分类方面的。

1. 国外研究现状

国外近年来对泉溪藻类的研究多集中在北美和巴西的研究小组。在北美,Sheath 和他领导的研究小组从1979年开始对泉溪藻类,特别是大型藻类进行研究报道,迄今一直在该领域的研究中处于世界领先地位,他们在《Pacific Science》,《Hydrobiologia》,《Arch. Hydrobiol》等杂志上发表了有关北美泉溪藻类的研究论文数十篇,涉及到的方面除系统分类外,还有生态、生理、细胞及分子生物学等,他们目前成为北美乃至世界泉溪藻类研究的中心。在系统分类方面,他们创造了“Image Analysis and Multivariate Morphometrics”新方法应用于分类研究中 (Sheath, 1989),得到许多学者的认同和应用。在对北美泉溪藻类区系进行全面研究的同时,他们还重新观察研究了世界各地许多以前发表的种类的模式标本和其他标本,对一些分

类单位的特征进行了修订,对分类特征近似而难以区别开的一些种类进行了归并,澄清了一些存在的问题并发表了一些新种类(Kaczmarczyk & Sheath, 1992; Sheath & Vis, 1995; Sheath, Vis & Cole, 1992, 1993a, 1993b, 1994a, 1994b, 1994c; Vis & Sheath, 1992, 1996; Vis, Sheath & Cole, 1996a, 1996b)。他们在对泉溪水体大型藻类生态分布方面也有独到的研究,发表了许多有影响的论文(Sheath & Burkholder, 1985; Sheath et al., 1986; Sheath & Cole, 1988, 1992; Sheath & Hambrook, 1988; Sherwood & Sheath, 1999; Vis, Carlson & Sheath, 1991)。该研究小组主要对北美冻原,阿拉斯加中南部,夏威夷岛,罗德岛州,德克萨斯州,斐济岛等的泉溪大型藻类的组成,区系分布和季节变化做了详尽的调查研究,同时还对北美地区的泉溪大型藻类的生物地理和生态学特征等进行了统计分析。1994年,Sheath和Cole以斐济岛三个最大的岛作为采集点,对其大型藻类的组成,藻类和溪流的规模、流速、水温、pH值和电导率的相关性、藻类的生殖等进行了调查和研究(Sheath & Cole, 1996)。Sheath和Cole在北美地区调查了1000个70 m长的溪流段,纬度从 $N10^{\circ} \sim 73^{\circ}$,鉴定出259个属下分类单位并研究了不同纬度常见藻类群的变化情况,对整个北美地区的泉溪大型藻类的生物地理特点进行了详尽的调查(Sheath & Cole, 1996)。Vis, Sheath, Hambrook和Cole 1994年在夏威夷岛4个最大的岛屿选择了34个溪段作为采样点,对夏威夷岛的泉溪藻类植物组成和分布及其与各项理化因素的相关性作了调查和研究(Vis, Sheath, Hambrook & Cole, 1994)。Vis, Sheath和Cole 1984年在阿拉斯加中南部泉溪Cook Inlet流域选择了40个采样点对其大型藻类种类数量和丰富度随各项理化指标的变化情况作了详细调查和研究(Vis, Sheath & Cole, 1984)。Sheath和Burkholder从1979—1982年在不同季节对美国罗德州岛40个采样点的大型泉溪藻类的物种组成和季节性变化进行了研究,发现低的pH值和遮盖度是影响大型藻类种类、数量和丰富度的主

要因素 (Sheath & Burkholder, 1988)。Sheath 和 Burkholder 等人组成的研究小组还对美国罗德岛州 Wood 河流域所有大型水生植物和各种理化因子相关性进行了监测,对藻类植物,苔藓植物和被子植物的组成和多样性分布进行了统计 (Sheath & Burkholder, 1989)。Sherwood 和 Sheath 从 1996—1997 年对美国德克萨斯中南部的两个泉域进行了为期 15 个月的季节性研究,对大型藻类的盖度,附生硅藻群落相对丰富度等进行了研究 (Sherwood & Sheath, 1997)。Sheath, Vis, Hambrook 和 Cole 对北美冻原地区河流流域大型藻类的组成、分布和生理适应性进行了报道 (Sheath, Vis, Hambrook & Cole, 1996)。

巴西的 Necchi 是目前致力于泉溪藻类研究的知名学者。自 1984 年以来,他领导的研究小组发表有关研究论文 20 余篇,新分类单位 10 余个 (Necchi, 1984, 1986, 1987b, 1989a, 1989b, 1990a, 1990b, 1990c, 1991; Nicchi & Kumano, 1984; Necchi, Sheath & Cole, 1993; Necchi & Zucchi, 1995, 1997)。Necchi 在对泉溪水体大型藻类的研究中,分析研究了许多环境因素对藻体形态结构和生长的影响 (Necchi, 1992, 1993, 1997; Necchi et al., 1995; Necchi, Dip & Goes, 1991; Necchi & Pascoaloto, 1993)。他们对巴西东南部热带地区泉域内的大型藻类物种组成和分布做了大量的研究工作,发现特殊的电导率、溶解氧、溪流的规模是影响热带地区大型藻类丰富度的主要因子 (Necchi, Pascoaloto & Zanini, 1994)。Necchi 和 Pascoaloto 对 Preto 泉域内大藻类物种组成和季节性变化作了研究,并把多元线性回归的方法应用于判断大藻的季节性变化和泉流理化因子相关性上,得出影响泉溪大型藻类季节性变化的主要因素是透明度和温度,在 Preto 泉域,低温、低流速和小的透明度有利于藻类生长 (Necchi & Pascoaloto, 1993)。同时还对 Preto 泉域内淡水红藻的分布和季节性变化进行了调查研究,并与 Sheath, Entwisle 等的研究结果进行了比较,发现淡水红藻种类和数量变化主要和氧浓度呈正

相关,不同种类丰富度和温度呈不同的相关性,水流速度也是影响的一个主要因素,流速和种类变化呈负相关性(Necchi, 1991)。他们对位于巴西东南部圣保罗西北部泉域的大型藻类的物种组成,季节变化和与物化条件变化的相关性进行了研究,总的来讲,巴西东南部地区藻类季节性变化和溪流物理、化学因素相关性不大,一个可能的因素是对生存空间的竞争(Necchi, 1992)。他们还对巴西东南部圣保罗的一个泉域内大藻群落的变化进行了调查研究,该泉域水的主要特征是温泉、软水和氧缺乏,且各种条件相对稳定,运用了两种定量研究方法测量其频度和盖度,发现大藻群落的变化较大并且不可预测,和各种理化因素均无多大关系,唯一可以解释影响其变化的决定因素是它们对生存空间和生殖时期的竞争能力(Necchi, 1993)。Necchi, Pascoaloto 和 Zanin 在 Preto 河流域热带雨林地区选取了 22 个流段观测大型藻类的分布,从 1989—1991 年进行了定点采集得到了热带河流域大型藻类的分布规律(Necchi, Pascoaloto & Zanin, 1994)。

目前活跃在泉溪藻类研究领域的还有澳大利亚的 Entwisle 领导的研究小组。自 1984 年起,他们发表有关研究论文 10 多篇,发现新种约 15 个(Entwisle, 1989a, 1992, 1993a, 1993b, 1995; Entwisle & Foard, 1997, 1998, 1999; Entwisle & Kraft, 1984; Entwisle & Necchi, 1992; Entwisle, Sonneman & Lewis, 1997),主要研究范围是在澳大利亚和新西兰。

2. 国内研究现状

与国外相比,我国对泉溪藻类植物的研究起步较晚,发展明显滞后,相关文献报道较少,而且基本都是零星记载一些种类。其中有些工作比较有代表性。

饶钦止先生在对我国湖南南岳地区的藻类植物和我国淡水红藻和褐藻的研究中,记载了不少泉溪藻类种类(Jao, 1940, 1941a, 1941b, 1943)。施之新也在多篇文献中报道过我国泉溪藻类的种类

(施之新, 1993; Shi, Hu & Kumano, 1993; 施之新, 1994a, 1994b; 华栋和施之新, 1996)。谢树莲等也多次报道过我国泉溪藻类的种类(谢树莲和凌元洁, 1998a, 1998b, 2003; 谢树莲等, 1999; 华栋和谢树莲, 2000; 谢树莲和施之新, 2003a, 2003b, 2003c, 2004a, 2004b)。

0.1.2 娘子关泉域藻类植物研究现状及研究意义

如上所述,与欧美以及亚洲的一些国家相比,我国对泉溪藻类的研究相对较薄弱。但我国泉溪分布广泛,淡水藻类丰富,研究泉溪藻类有着得天独厚的自然地理条件。另外,多数泉溪藻类都生长于洁净而流动的水体中,随着工业的发展,水污染日益严重,许多种类已处于珍稀濒危状态。目前,泉溪藻类多样性的保护和恢复已成为全球性关注的热点,有的国家已将某些种类列入其珍稀濒危保护植物红皮书,如波兰、蒙古等(Seminska, 1992; Ministry for Nature and the Environment, 1997)。因此,研究泉溪藻类不仅具有重要的科学意义,而且对于生物多样性的保护和恢复也具有现实意义。

山西是我国下古生界碳酸盐岩类分布广泛的地区之一,岩溶大泉出露较多,主要分布于太行山中南段,吕梁山东西两侧及太岳山南北两段地区,其中娘子关泉为我国北方最大的岩溶泉水(韩行瑞等, 1993)。

作为我国北方最大的冷水泉,娘子关泉域有着丰富的藻类资源。有关该泉域分布的藻类植物种类有过一些报道(凌元洁, 1979, 1984, 1985; 凌元洁等, 1979, 1987, 1988; 谢树莲等, 1990, 1994, 1995, 1998, 2004),但有关藻类植物区系组成及分布特点还少有专门报道(石瑛等, 2003)。我们对该泉域内的藻类植物进行了全面系统的调查,尤其是对大型藻类的季节变化进行了研究,可为其资源开发利用和环境保护提供必要的理论依据。

0.2 娘子关泉域自然地理概况

0.2.1 泉域概述

娘子关泉位于平定县娘子关镇附近,出露于桃河与温河汇集地段。由11个主要泉组组成(图1),分布在自程家至苇泽关约7 km长的河漫滩及阶地上,出露高程360~392 m。泉群多年(1956—2003年)平均流量 $10.6 \text{ m}^3/\text{s}$,是我国北方最大的岩溶泉之一。1984年前泉水流量年际不稳定系数为1.5,属稳定型泉水,后期因为泉域水环境的改变,泉水流量衰减严重,不稳定系数(1956—2003年)增加到2.77。泉水化学类型一般为 $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ 或 $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot$ 型水,溶解性总固体600~700 mg/L,总硬度450~480 mg/L,水温 19.2°C 。泉域多年平均降水量为534.3 mm(1956—2003年)。其分布跨越海河及黄河两大流域,主要河流为桃河、温河、松溪河、清漳河。

泉域岩溶水是当地工业及城市生活的主要水源。根据阳泉市第二次水资源评价,泉域岩溶地下水天然补给资源量 $3.605 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ($11.43 \text{ m}^3/\text{s}$),可开采资源量 $8.73 \text{ m}^3/\text{s}$ 。目前岩溶地下水有露头处直接取泉水和泉域内开采两种利用方式。2003年现状泉水直接利用量 $1.55 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,主要取水用户有娘子关电厂冷却用水(现状取水量 $1.08 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,实际耗水量 $0.13 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$);阳泉、平定两大提水工程提水(设计的总提水能力 $1.64 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$),目前主要提取部分泉水和娘子关电厂冷却水;此外,还有泉水附近居民、部队生活、农灌及水产养殖直接利用娘子关泉水。泉域内目前共有岩溶水取水井1229眼,泉域内的现状总取水量为 $0.4065 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,其中较大的水源地有:阳煤集团水源地共26眼井,年总取水量达 $0.12 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,榆次北山水源地11眼井,现状开采量为 $0.080310^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 。此外,2004年,盂县在温池一带实施打井5眼,准备建立新的水源地。