

五类水体污染物质的偏振高光谱遥感实验研究

郑超蕙^①, 刘雪华^①, 何炜琪^①, 陈吉宁^①, 赵永超^②, 周冠华^②

(^①清华大学环境科学与工程系, 北京 100084; ^②中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101)

摘要:近年来高光谱遥感技术的发展极大地提高了水质指标的遥感估测精度。同时人们在通过目标的反射辐射推断目标的状态时发现, 辐射中还存在另外一种丰富的潜在信息亟待研究与利用, 这就是偏振光遥感信息。本文以条件稳定、可控的室内光谱实验为基础, 配置铜绿微囊藻、氯化铵、硝酸钾、磷酸氢二钾和苯甲酸五个单一物质 3 个浓度梯度的溶液, 象征性地代表叶绿素 a、氨氮、硝氮、溶磷、COD 五项常用水质指标, 并测量获得它们的光谱偏振信息, 以图形分析为主要手段, 从常规光谱信息分析和偏振特征分析等方法分析各指标在 350~1000nm 范围内的光谱信息。研究表明, 在常规遥感光谱中, 仅有纯藻溶液和氯化铵溶液有显著响应, 并可能实现其浓度反演。在偏振特征分析时发现, 纯藻和氯化铵溶液的偏振振幅与空白样有明显差异, 可以提高指标识别精度, 磷酸氢二钾溶液也有部分特征体现, 而对于硝酸钾和苯甲酸两种溶液则没有显著效果。对偏振信息的探测在一定程度上提高了部分指标的识别精度。

关键词:偏振遥感; 水质指标

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 - 3177(2008)97 - 0015 - 07

1 引言

随着我国经济的高速发展, 环境污染和生态破坏日益严重, 突发性环境污染事故时有发生, 而环境监测作为环境管理和污染控制的主要手段之一, 正在发挥着不可替代的作用。国内外大量实践表明, 遥感技术是实现实时、快速、宏观、准确监测的极其有效的技术^[1], 不受人力、物力和气候、水文条件的限制, 可以大面积、迅速地提供水质信息, 已经在内陆水环境指标研究中得到了重要的应用。自 70 年代初期开始, 对内陆水体的遥感研究从单纯的水域识别发展到对水质参数进行遥感监测、制图和预测, 可以通过基于接受和记录电磁辐射的遥感技术量测其水体表面光学特性, 进而量测物质含量^[2~3]。卫星遥感还以其特有的优势成为持久监测区域乃至全球尺度上湖泊、水库的有效手段^[4]。近年来, 高光谱遥感技术的发展极大地提高了水环境指标的遥感估测精度, 为应用遥感技术进行水体污染监测和研究开辟了新的途径^[5]。

随着对遥感监测技术的不断深入研究, 人们在通过目标的反射辐射或自身的辐射强度来推断目标的表面状态时发现, 来自目标的辐射量除了光谱量

值、方向、相位外还有一个重要的方面, 即物质的偏振性, 此特性尚未受到足够的重视并很少被利用^[6]。对于地球表面和大气的任何目标, 在反射、散射和透射电磁辐射的过程中, 会产生由它们自身性质决定的偏振特性, 它能为遥感目标识别提供新的手段, 具有很高的利用价值。因此, 开展地物偏振反射特性的测试和研究具有十分重要的意义^[7]。

本文设计和完成了室内光谱实验, 在可见 - 近红外光范围内 (0.35~1.0μm), 采集部分水质指标含偏振信息的高光谱数据。在统计分析这些数据的基础上, 得出各种水质指标浓度与光谱能量、偏振角度、偏振振幅之间的相互关系, 目的在于提高这些水质指标的识别精度, 建立有效敏感水质指标的筛选方法, 从而探索出利用水体辐射的偏振特性监测水质信息的方法, 也为建立利用偏振特性的水质遥感模型和推广实现卫星偏振高光谱遥感的发展奠定基础。

2 偏振遥感基本原理

高光谱水质遥感是通过分析水体吸收和散射太阳的辐射能形成的光谱特征来实现^[8], 偏振遥感是分析传感器所获得的电磁波的偏振特征来实现。电

收稿日期: 2007 - 08 - 10 修订日期: 2007 - 10 - 08

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目“定量遥感应用的几个关键问题研究”, 实施项目编号: KZCX3-SW-338

通讯作者: 清华大学环境科学与工程系, 刘雪华副研究员。xuehua-hjx@mail.tsinghua.edu.cn

磁波是横波,具有偏振性。在自然界,到处布满了各种各样的天然反射起偏器,例如,光滑的植物叶片,江、湖与海洋的水面,冰雪等,太阳光经过它们反射后均能产生偏振光。根据上述理论,地球表面和大气的任何目标,在反射、散射和透射以及发射电磁辐射的过程中,会产生由它们自身性质和光学基本定律决定的特征偏振。不同的物体或同一物体的不同状态,例如粗糙度、空隙度、含水量、构成材料的理化特性等,产生不同的偏振状态^[9],且与波长有密切的关系,形成偏振光谱。因此采用遥感电磁辐射的方法,可将其中的偏振信息提取出来加以利用。对云和大气溶胶的探测、地址探测、找矿、土壤分析、环境监测、资源调查、农作物估产、灾害估计、农林牧业发展、海洋开发利用、遥感数据订正等方面,偏振遥感能提供新的信息,具有很高的利用价值。偏振遥感的独特之处,可以解决传统光学遥感无法解决的一些问题,目前已成为世界各国竞相研究的热点^[10]。

3 研究方法

3.1 水质指标的选择和配置

现有研究表明^[11],水体中影响光谱反射率的物质主要可分为三类:各种藻类、非色素悬浮物和黄色物质。其中藻类和悬浮物的研究较为成熟,对溶解有机物的研究也取得了一定成果,而黄色物质对光谱反射率的作用并不重要。文献及野外实验的结果^[12]表明氨氮、硝氮、溶磷、叶绿素 a 和 COD 为人们经常关注的水质指标,故本研究也选择这五项水质指标。其中,COD 是水质监测中的必检项目之一,主要反映水中溶解性有机物的量,也能表征水体的整体状况;水质遥感中,叶绿素 a 的浓度通常被粗略地用来代替浮游植物的浓度;其余 3 项指标氨氮、硝氮、溶磷也均与水体富营养化相关,具有重要的现实意义,且均处于研究阶段,尚没有十分成熟的研究结果。因此选择这五项水质指标作为研究对象是合适且有意义的。

为了控制实验条件并保证实验结果清晰,在实

表 2 实验中满足 V 类水水质的各化学物质的使用量(单位:g/L)

浓度梯度	苯甲酸	NH ₄ Cl	KNO ₃	K ₂ HPO ₄	铜绿微囊藻/个	KCl
低	0.0203	0.0076	0.209	0.0022	1.00E+08	6.953
中	0.1015	0.0380	0.836	0.0110	4.50E+08	
高	0.2030	0.1900	3.344	0.0550	1.71E+09	
合计	0.3048	0.2356	4.389	0.0682	1.00E+08	

需要特别说明,由于铜绿微囊藻浓度难以按照预定值准确配置,故实验中根据纯藻液的实际浓度

验中只配置单一物质溶液来表征一种水质指标。考虑水中主要离子的种类,五种物质被选择用来配置溶液:(1)铜绿微囊藻是水体富营养化初期一种主要的爆发藻类。本研究选用了人工培养且处于生长稳定期内的铜绿微囊藻,经过 3600rad/min 离心 10min 处理后加入纯水配成纯藻溶液以表征叶绿素 a,溶液在配制后的 20min~2h 内进行偏振光谱测定。(2)苯甲酸作为耗氧性溶解有机物的代表,由于苯甲酸粉末在常温条件下微溶于水,实际操作中按照 1mol:1mol 加入了氢氧化钾,使之形成苯甲酸钾易溶物质。(3)氯化铵被选择用来计量氨氮,因为天然水体中阴离子以氯离子最多。(4)选择磷酸氢二钾表征溶磷计量,因为天然水体的阳离子以钾、钠离子相对含量最高。(5)选用硝酸钾替代硝氮的计量。

由于室内实验光强较弱,水体反射也相应较弱,不适宜用白板校准反射率,因此在实验中需设置空白样,以便对所获指标光谱做出比对。实验中各物质均溶于纯水,配制成相应浓度的溶液,因此直接选择纯水作为实验空白样。同时,为说明附加的钾离子与氯离子对实验结果的影响,增加氯化钾溶液作为验证结果的对比如。

除空白样和对比样外,各项溶液均以地表水环境质量标准 V 类水水质为基准(采用《GB3838—地表水环境质量标准》),设置了三个浓度梯度(表 1),目的是模拟受到严重污染的水体是否能被偏振光谱信息识别。进而由表 1 的 V 类水水质计算出 1L 溶液中所需要的化学物质质量(表 2)。此外,对比样氯化钾溶液则选取所有浓度梯度中氯离子、钾离子两者浓度的最高值。

表 1 实验中各水质指标(以 V 类水水质为基准)的三个浓度梯度设置(单位:mg/L)

浓度梯度	COD	NH ₃ -N	NO ₃ -N	溶 P	叶绿素 a
低	40	2.0	25	0.4	13.20
中	200	10.0	125	2.0	59.41
高	1000	50.0	625	10.0	225.77

推算出叶绿素 a 浓度。计算公式采用清华大学深圳研究生院环境工程与管理研究中心《原水藻与叶绿

素 a 定量关系的研究》一文中的结论^[13],铜绿微囊藻与叶绿素 a 的回归方程如公式 1:

$$N = 0.7574 C + 0.874 \quad (1)$$

式中 N ——铜绿微囊藻密度, 104 个/mL; C ——样品的叶绿素 a 浓度, $\mu\text{g/L}$; 回归方程的相关系数达到 0.9999。

《原水藻与叶绿素 a 定量关系的研究》中的实验采用了实验室培养的铜绿微囊藻配置梯度溶液,用计数法测藻细胞密度,然后用已经验证具有良好准确性和稳定性的荧光分光光度法测其样品的叶绿素 a 浓度,并进行比较,得出公式(1)的计量关系。本文的实验基本条件与该实验的条件一致,可以直接引用其结论。

3.2 实验光谱测定

本研究基于环境条件较为稳定可控的室内光谱实验。室内实验在 2006 年 4 月 21 日和 4 月 22 日两天进行,采用美国分析光谱仪器公司制造的 ASD FieldSpec Pro FR 光谱仪。

该仪器波段数为 512 个,在实验研究的光谱范围内(350~1000nm)光谱分辨率为 3nm。此实验中选用的视场角为 3°。设置光线入射角为 53°,探测角为 53°。为最大程度地避免水面镜面反射光的进入,选择方位角为 45°。实验在黑暗不透光的地下室中进行,采用专用的人工全色光源,以保证没有太阳光等自然光源的干扰。容器为黑色锅底的铁锅,并在锅底四周喷上黑漆,保证容器器壁和底部在可见光范围内为黑色,尽可能避免器壁反射干扰水体光谱测量。实验测定了纯水以及铜绿微囊藻纯溶液、氯化铵、硝酸钾、磷酸氢二钾、苯甲酸和氯化钾六种溶液,除纯水外每种溶液设置 3 个浓度梯度,共 19 个水样的常规光谱及偏振光谱。

3.3 相对光谱能量的计算

为了去除纯水自身能量值的影响,更准确地体现出水中污染物对水体反射光谱能量的影响,在实验中采用了相对能量值来考察各种溶液的光谱曲线特征。各种溶液各种浓度的相对光谱能量均按照公式(2)计算:

$$\text{相对光谱能量} = \frac{\text{溶液光谱能量} - \text{纯水光谱能量}}{\text{纯水光谱能量}} \quad (2)$$

实验中在无偏振光谱特征分析和不同偏振角光谱特征分析中均采用了相对光谱能量曲线。

3.4 光谱偏振振幅曲线的获得

根据马吕斯定律,偏振光经偏振片后的光强随偏振角变化趋势为余弦曲线。

$$I = I_0 \cos \theta \quad (3)$$

其中 I_0 为原光强, I 指透过偏振片后的光强, θ 为偏振角。

本文对各种溶液各个浓度下溶液光谱能量值,以测量的偏振角为自变量进行余弦拟合,根据所得到的余弦函数得出该物质的光谱偏振振幅曲线。为了更好的分析曲线特征,减弱曲线毛刺的负面影响,采用均值滤波法对曲线进行平滑处理。

4 结果与分析

4.1 无偏振的光谱特征分析

图 1 为各种溶液在无偏振条件下的相对能量光谱曲线,明显体现出各种溶液的不同光谱响应情况。可以看到纯藻和氯化铵溶液有明显的光谱响应,且均是随着浓度的增加而表现的更加明显。其中纯藻溶液在 550nm、650nm 和 740nm 处有显著的反射峰,以及在 440nm、620nm 和 670nm 处有波谷。在本实验中,可见常规光谱遥感可以识别水体中的藻类,并通过统计分析完成对其浓度的反演。

氯化铵溶液的显著特征在于 490nm 处的反射峰,以及峰值之后呈现直线下降的形态,不同浓度溶液光谱曲线存在着明显的差异,若氯化铵溶液的光谱特征得到肯定,则必可实现对其浓度的反演。

硝酸钾溶液的光谱响应不如前两者明显,在 740、840nm 处有两个不明显的波谷,由于缺少成熟的资料验证,因此尚不能确定为硝酸钾溶液的光谱特征。并且过于微弱的信号,在实际水体测量中极可能被水中复杂的其他溶解物质所掩盖,对实践的意义不大。硝酸钾溶液不同浓度之间的差别不大,仅可清晰地分离出最高浓度的光谱曲线,因此认为对其进行浓度反演是困难的。

磷酸氢二钾和苯甲酸溶液均未发现清晰的光谱特征,且光谱能量对浓度变化的响应极弱,不同浓度光谱曲线几乎重合,可以确定无法通过这种方法识别这两种物质。这与早先在官厅的研究结果^[12]有一定的吻合,COD 作为一项表征水中有机物的水质指标,其作用机理相对复杂,难以掌握;而水中的溶磷浓度一般较其它指标低,可能低于光谱可探测的限度或被其它物质的信号所掩盖,如 Cl^- 等。

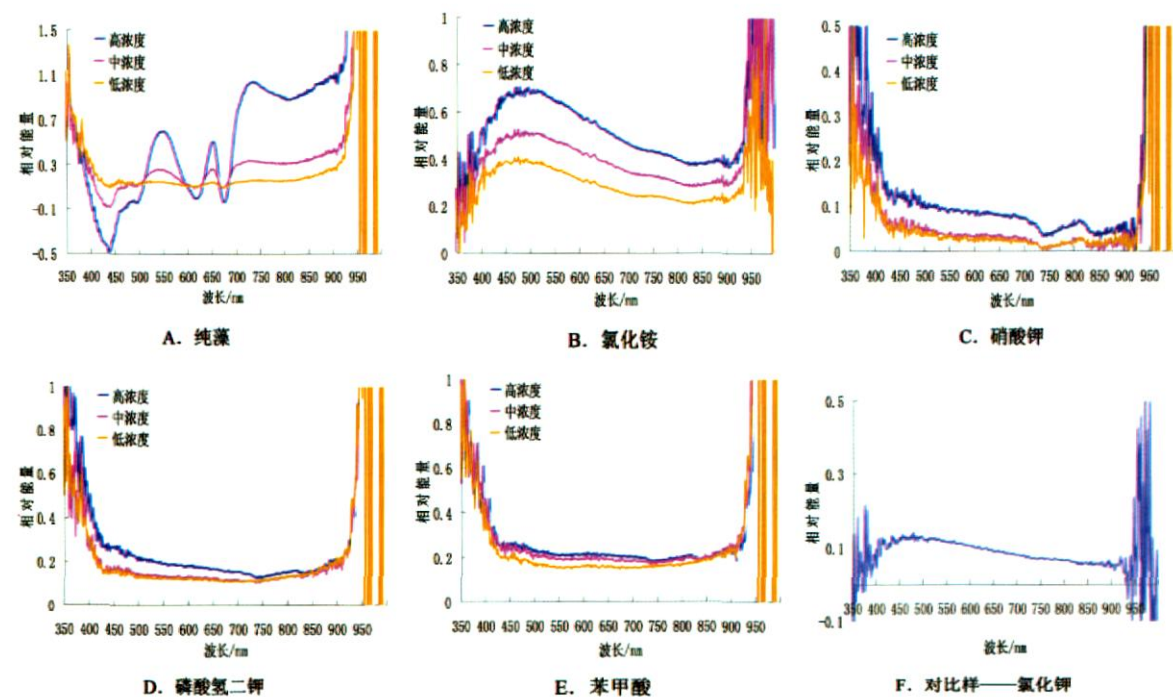
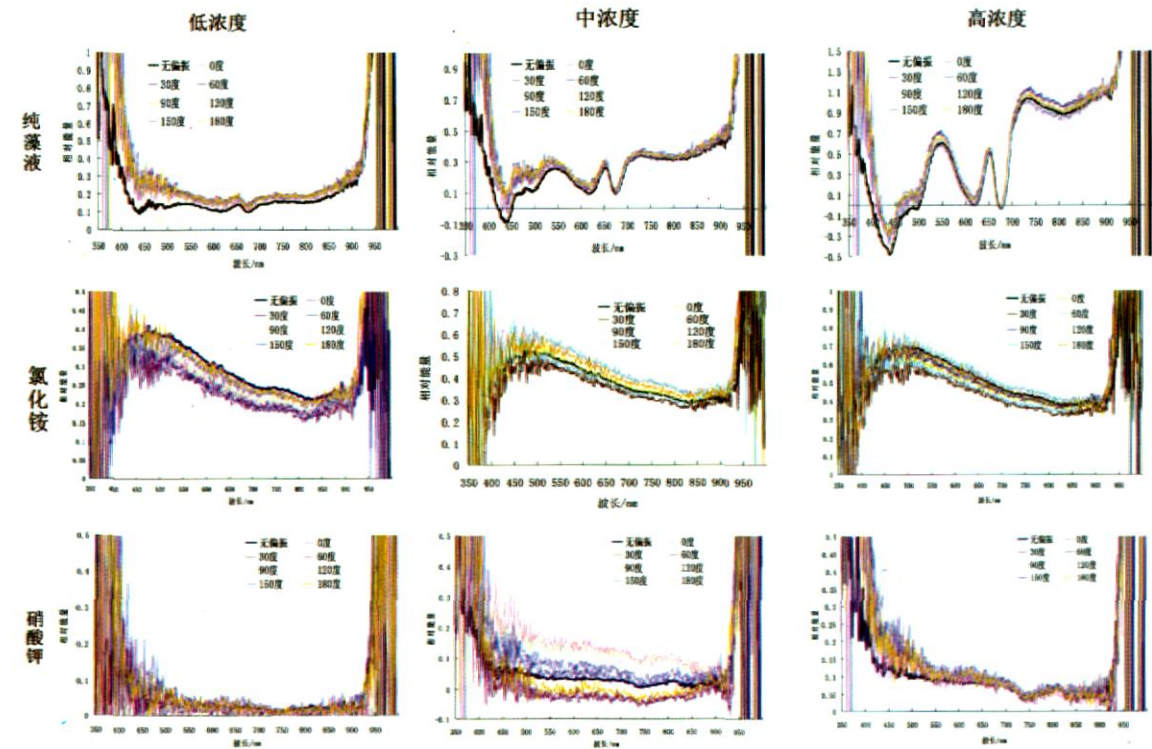


图1 无偏振条件下各水质指标溶液的相对光谱能量曲线

4.2 无偏振和不同偏振角的光谱特征对比分析

用各种溶液不同偏振角度条件下的相对光谱能量曲线,对比了各溶液在加入不同偏振角度后的光谱特征变化情况(图2)。可以发现,各种不同偏振条件下,同一种水质指标,同一浓度溶液的光谱能量曲线走势与无偏振条件的曲线基本一致,并没有出现异于常规光谱的特征。因此对于所研究的五种溶

液,如果仅采用增加某一固定偏振角探测的方法,难以得到比常规光谱特征更多的有用信息,从而有效地提高对指标的识别精度。但同时,这样的比较也提示了更多的分析空间。对于某一波段,随着偏振角的改变,同一波长的反射光能量会随之增减,这表明偏振探测是有意义的,反射光的偏振特征发生了改变。



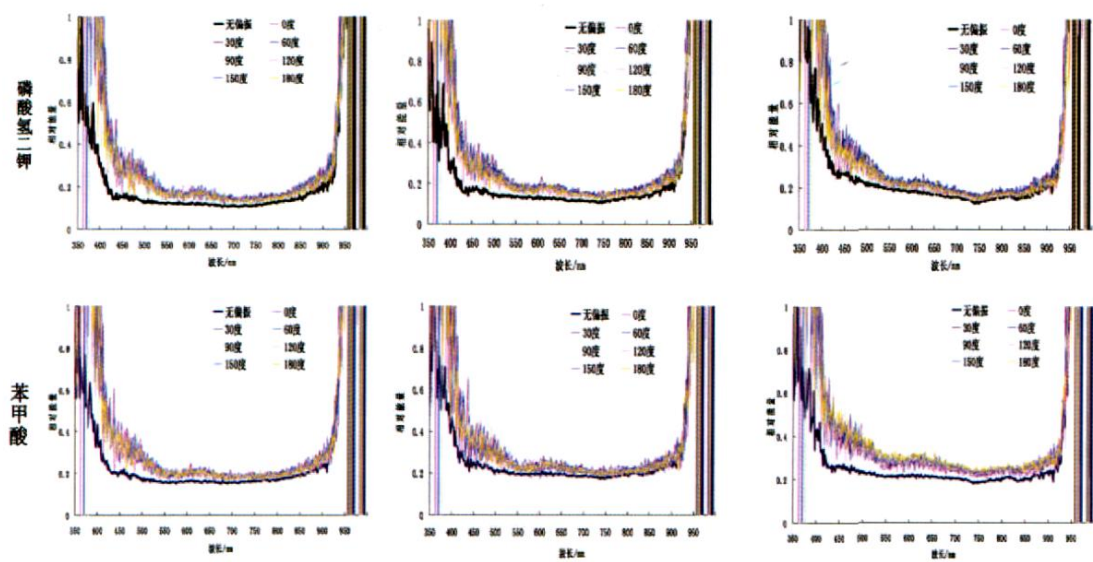


图2 无偏振和不同偏振角度下各水质指标溶液相对能量曲线

4.3 光谱偏振的振幅分析

图3为五种溶液和对比样氯化钾溶液的光谱偏振相对振幅曲线。可发现不同的指标的相对振幅曲线具有不同的特点,振幅值越大,表示光线的偏振化程度越高。其中纯藻溶液和氯化铵溶液有明显的特征,且浓度愈高,特征越明显。其中纯藻溶液在550nm和720nm有峰值,而氯化铵溶液在460nm

处有最大值并逐渐减小。与常规光谱分析结果不同的是,磷酸二氢钾溶液表现出了微弱的特征,在650nm处有芽状小峰,此特征在三个浓度溶液中均存在,但附近波段的干扰也较明显,曲线波动剧烈。苯甲酸和硝酸钾溶液均不能通过振幅曲线识别。通过与常规光谱曲线的对比还可以知道,当入射光较强时,经过水体反射后发生的偏振化程度也越高。

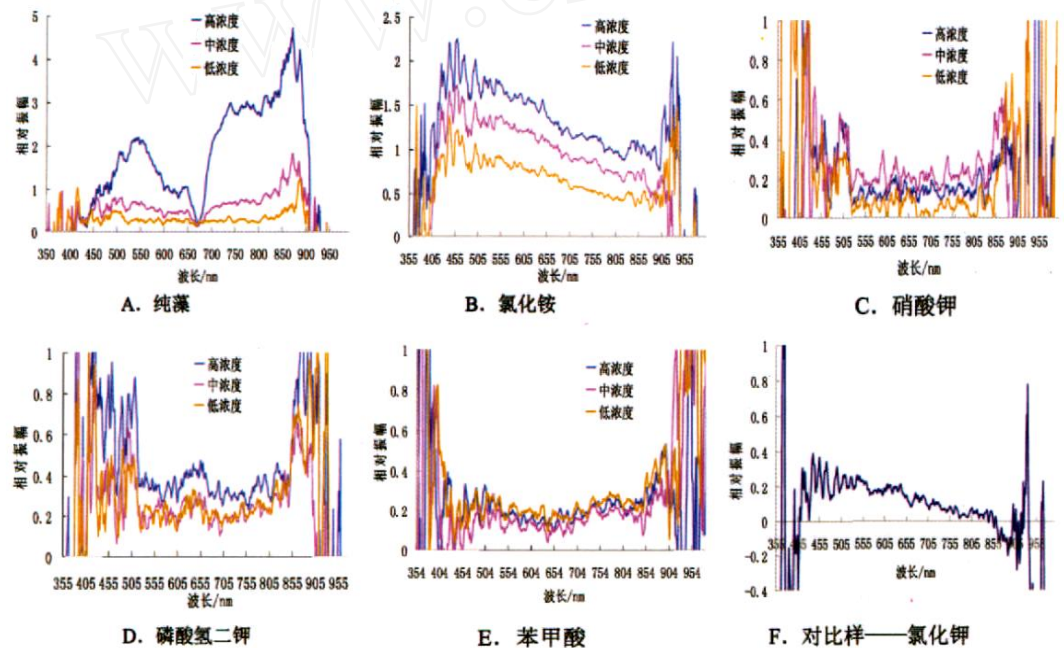


图3 各水质指标溶液不同波段的相对偏振振幅曲线

4.4 各种分析方法对指标识别的效果

本研究主要在于测试加入偏振角探测后对提高水体污染物的识别精度的作用,和各种参数对物质浓度的初步响应关系,通过多种分析方法进行定量化的比较,并总结归纳如表3所示。

5 结束语与展望

5.1 结束语

从本实验各种方法的分析结果来看,不同指标

表 3 各种分析方法对指标识别的效果

	铜绿微囊藻	N H ₄ Cl	KNO ₃	K ₂ HPO ₄	苯甲酸
无偏振的光谱特征分析	√	√	—	—	—
无偏振和不同偏振的光谱特征对比分析	—	—	—	—	—
偏振振幅分析	√	√	—	√	—

注：“—”表示没有明显的响应结果；“√”表示有明显响应关系。

的敏感性不同。纯藻溶液和氨氮溶液是光谱敏感的,通过常规的光谱分析即可准确地进行识别,并反演出它们的浓度,同时也可通过其在不同波长下反射光偏振化程度来对其进行识别,可一定程度地提高其识别精度,验证其反演的准确性。磷酸氢二钾溶液在偏振光谱中有微弱的反应,而硝氮溶液和苯甲酸溶液未体现出明显的特征。

将本实验结果与国内外已有结果比较。国内外对叶绿素 a 的遥感监测研究进行得最多^[11],积累了大量对内陆水体以及海水中叶绿素遥感监测的经验,既包括卫星遥感和航空遥感叶绿素浓度,也有利用近距离遥感的数据分析叶绿素浓度或其光谱反射特征^[14]。卫星遥感监测主要是用波段和波段组合的辐射值与实地监测值建立统计模型。叶绿素的响应特征可以归纳为主要的 3 条:叶绿素浓度上升时,蓝光波段的响应下降,绿光、红光波段的响应上升;叶绿素 a 在蓝波段的 440nm 附近和红波段的 678nm 附近都有显著的吸收,当藻密度较高时水体光谱反射曲线在这两个波段附近出现吸收峰值^[15];550~570nm 附近的反射峰值可以作为叶绿素 a 定量标志^[16],含藻类水体最显著的光谱特征是在 685~715nm 范围出现反射峰,其位置和峰值都是叶绿素 a 浓度的指示^[15,17]。通过对比,本实验所得到的铜绿微囊藻表征的叶绿素 a 溶液的常规光谱曲线,与国内外的研究成果相吻合,在 550nm 附近存在叶绿素 a 的定量标志,结果具有可信性。

在水质监测中,COD 是可以表征水体中耗氧性溶解有机物的指标,也是遥感监测研究的重点对象。Lathrop^[3]研究表明当溶解有机质浓度增加,水体在可见光的反射率降低,特别是在 0.485μm 影响最大,即 TM1。李旭文等^[18]利用 TM 数据评价了苏州运河的有机污染,通过回归分析表明 TM1、2、3 与 COD 相关性很好,达 0.93。而陈珊^[12]在官厅水库的研究中发现 COD 无法用简单的多元线性回归

与影像灰度值建立合适的统计关系。本实验没有找到苯甲酸溶液直观的光谱相应关系,这与陈珊的结果相似,而与前两者的研究结果有所不同。这可能有两方面的原因:Lathrop 和李旭文等建立的是实际水体和光谱数据间的黑箱模型,不能排除其他相关水体物质的影响,这与本实验的方法有根本性的不同;二是实际水体中 COD 是众多有机物的综合指标,具体成分复杂、难以确定。而本实验仅用苯甲酸作为这类有机物的代表,因此还需要从 COD 光谱相应的机理和溶解性有机物的物化性质上进行更多的研究和验证。

目前对氨氮、硝氮和溶磷的研究还进行得较少,尚没有成熟的结果。陈珊^[12]的研究表明溶磷与 TM 光谱有显著相关性,而氨氮与光谱的相应关系不明显。其中氨氮和溶磷的研究结果与本次实验的结果不同,在本次实验中氨氮溶液显示出较强的光谱特征,高浓度会使特征增强;用磷酸氢二钾溶液代替的溶磷仅在偏振光谱研究中体现了微弱的特征,但浓度影响不大。

总体来看,加入偏振角探测后,通过考察偏振态的各个参数仍能在个别指标上作为辅助识别手段,一定程度地提高了水体污染物质识别的精度,达到了预期的目标。

5.2 展望

本文是一阶段性的成果,研究结果需要进一步验证,且尚不能反映出水质指标有/无光谱响应的原因,可以开展一些后续的室内实验研究。

(1) 对本此实验的结果进行细化的室内光谱实验。由于本次实验结果得出一些新的结论,在现有国内外的研究成果中都缺乏证明,因此应该进行一次核查,以确信这些结论是真实科学的。并且通过多浓度梯度的设置,对指标反演计算进行实质性的探索。

(2) 对更多的水质指标进行相同的室内光谱实验,如水温、悬浮物等,进一步完善敏感水质指标筛选的工作。

(3) 进行多角度探测的室内光谱实验。本次实验采用了固定探测角的方法,即纯水的 53°布诺斯特角来探测。但实验中探测的并非水面的镜面反射光,而是水体的漫反射光。因此,这种近似处理可能是部分实验结果不理想的原因。对于识别程度较好的水质指标,如叶绿素 a,可改变探测角,以取得各项参数随着探测角的变化情况,找出最佳的探测角。

(4) 在完成敏感水质指标筛选后,应该对其内在机理做出研究。在本次实验中只采集了光谱曲线,

并基于反射光能量作了定性及部分定量分析,而并没有探讨造成这些结果的内在原因。将光谱相应或其他参数特征与物质的物化性质联系以来,找出其内在原因,证明光谱识别该物质的可行性。

参考文献

- 1 谭衢霖,邵芸. 遥感技术在环境污染监测中的应用[J]. 遥感技术与应用,2000,15(4):246~251.
- 2 Ritchie, J. C. and Cooper, C. M. . An algorithm for estimation surface suspended sediment concentration with Landsat MSS digital data[J]. Wat. Res. Bull,1991(27):373~379.
- 3 Lathrop, R. G., Lillesand, T. M. and Yandell, B. S. . Testing the utility of simple multi-date Thematic Mapper calibration algorithms for monitoring turbid inland waters[J]. Int. J. Remote Sensing,1991(10):2045~2063.
- 4 Wezernak, C. T., Tanis, F. J. and Bajza, C. A. . Trophic state analysis of inland lakes[J]. Remote Sens. Environ.,1976(5):147~165.
- 5 张良培,张立福. 高光谱遥感[M]. 武昌:武汉大学出版社,2005.
- 6 王锦地,李小文. 农作物的二向性反射的地面观测[A]. 赵华昌. 中科院长春净月潭遥感实验站 91~92 年报[C]. 长春:吉林省科学技术出版社,1992.
- 7 金伦,张洪波,赵云升. 地物偏振反射数据的获取与数据库的建立[J]. 东北师大学报,2000,32(4):98~103.
- 8 Koponen, S. and Pulliainen, J. . Lake water quality classification with airborne hyperspectral spectrometer and simulated MERIS data[J]. Remote Sens. Environ.,2002(79):51~59.
- 9 杨之文. 偏振光谱的测量及研究进展[J]. 光谱实验室,2003,20(6):815~820.
- 10 杨之文. 地面物体偏振光谱的获取及分析[J]. 红外(月刊),2004(4):1~10.
- 11 刘英. 千岛湖水体水质参数遥感及其估测模型研究[D]. 杭州:浙江大学环境与资源学院,2002.
- 12 陈珊. 官厅水库水质与高分辨率影像光谱特征的关系研究[D]. 北京:清华大学环境科学与工程系,2005.
- 13 吕洪刚,张锡辉,郑振华,欧阳二明. 原水藻与叶绿素 a 定量关系的研究[J]. 给水排水,2005,31(2):26~30.
- 14 齐峰,王学军. 内陆水体水质监测与评价中的遥感应用[J]. 环境科学进展,1999,7(3):90~100.
- 15 Thiemann, S. and Kaufmann, H. . Determination of Chlorophyll Content and Trophic State of lakes using field spectrometer and IRS-1C satellite data in the Mecklenburg lake district, Germany[J]. Remote Sens. Environ.,2000(73):227~235.
- 16 疏小舟,尹球,匡定波. 内陆水体藻类叶绿素浓度与反射光谱特征的关系[J]. 遥感学报,2000,4(1):41~45.
- 17 Han, L. H. and Rundquist, D. C. . The response of both surface reflectance and the underwater light field to various levels of suspended sediments: Preliminary results[J]. Photogramm. Engin. Remote Sens,1994,60(12):1463~1471.
- 18 李旭文,季耿善,杨静. 苏州运河水质的 TM 分析[J]. 环境遥感,1993(8):36~44.

Recognizing Pollutant in Water by High-spectral Reflectance and Polarization Information

ZHENG Chao-hui^①, HE Wei-qi^①, LIU Xue-hua^①, CHEN Ji-ning^①, ZHAO Yong-chao^②, ZHOU Guang-hua^②

(^① Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100086;

^② Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100086)

Abstract: In recent years, the development and application of high-spectral remote sensing technology raised the precision of remote sensing of water quality. The radiation reflection from the water surface gives rich potential information, which is polarized light. Based on the stable and controllable experiment, this paper made solutions of *Microcystis aeruginosa*, NH_4Cl , KNO_3 , K_2HPO_4 and Benzoic Acid, to represent respectively chlorophyll-a, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, soluble phosphorus and COD for spectral experiments. The paper collected both the spectral reflectance and polarization information. Using graphical analysis as the leading method, this paper analyzed the conventional spectral and optical polarization characteristics of each indicator at the wavelength range of 350~1000 nm. The results showed that (i) the using of conventional remote sensing can identify chlorophyll-a and $\text{NH}_4\text{-N}$ well, and therefore can achieve their simulation; (ii) but it was difficult to identify other matters; (iii) through analyzing the polarization of optical, it was found that there was a significant difference with Chlorophyll-a, $\text{NH}_4\text{-N}$ and control which can enhance the accuracy of identification; (iv) while faintness results were obtained for K_2HPO_4 and no significant results for KNO_3 and Benzoic Acid.

Key words: polarization; water quality indicators