

蓝藻的卫星遥感研究进展

杨顶田¹, 潘德炉²

(1. 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301; 2. 国家海洋局第二海洋研究所, 杭州 310012)

摘要: 蓝藻在水体中分布广泛, 对水体中碳、氮循环起到重要作用。蓝藻体内的藻蓝和藻红蛋白具有特征性光谱, 通过这些光谱可以对蓝藻进行卫星遥感监测。本文主要从海洋、内陆水体中蓝藻的卫星遥感和国内水体生物光学研究状况等方面进行阐述, 并对未来的研究趋势进行了展望。

关键词: 蓝藻; 藻蓝蛋白; 藻红蛋白; 卫星遥感

中图分类号: TP 79 : P 407.4 文献标识码: A 文章编号: 1001-070X(2006)04-0001-05

0 引言

藻蓝蛋白和藻红蛋白是蓝藻(*Synechococcus*)体内重要的光合作用辅助色素, 由于其有特征性的光谱吸收峰和荧光发射峰, 常被用来作为对蓝藻进行检测的指标。根据蓝藻的这一特性, Turner designs 公司制造出可直接在水体中对蓝藻进行检测的仪器, 已经在商业化运行。日本的 Ryoichi Asai 等^[1]也设计出对藻胆蛋白进行现场检测的仪器。藻蓝蛋白存在于所有的蓝藻体内, 而藻红蛋白只存在于部分蓝藻体内, 有的可以达到细胞干重的 24%, 或细胞中总蛋白量的 50%^[2, 3]。较多种类的蓝藻具有固氮作用, 对全球氮循环起到相当重要的作用。近年来, 水体的富营养化导致蓝藻中的有些种类异常生长, 破坏了水体生态系统平衡, 且在生长过程中向水体中释放藻毒素, 如微囊藻毒素、鱼腥藻毒素等^[4, 5], 通过食物链影响到人类的身体健康^[6]。如何尽快掌握蓝藻的分布, 对了解水体中的碳、氮循环、控制蓝藻水华或赤潮、评价蓝藻及其毒素的生态环境风险、分析蓝藻异常生长的原因以及建立水质的预警系统是相当重要的, 对蓝藻进行遥感监测具有现实意义。很多国家, 如美国、西班牙、荷兰、澳大利亚等为蓝藻的遥感监测进行专门立项, 再加上 SeaWiFs、MODIS、MERIS、TM 等较为丰富的卫星遥感数据源, 近年来, 藻红蛋白和藻蓝蛋白的遥感算法已经有了一定的发展。

1 海洋中蓝藻的卫星遥感

1979 年 Hoge 等利用 NASA 机载海洋激光器激发的 532 nm 荧光的主动遥感方法对藻红蛋白进行了航空检测^[7], 并在 1986 年第一次采用被动遥感方法检测到水体中的藻红蛋白^[8, 9], 对后来采用遥感方法对藻红蛋白进行检测起到了积极的作用。Hoge 在藻红蛋白的遥感监测方面做了一系列的研究, 对藻红蛋白含量的提取主要采用 3 波段($\lambda - 30$ nm、 λ nm、 $\lambda + 30$ nm)的非线性算法, 并利用 MODIS 的 4 个波段建立了一类水体中藻红蛋白的卫星遥感算法^[10-12]。在对水体中蓝藻进行检测时发现, 由于含有藻尿胆素藻红蛋白(PUB)的存在, 导致 495 nm 处的吸收峰蓝移 10~15 nm, 而含有藻红胆素藻红蛋白(PEB)的存在, 引起吸收峰红移 10~15 nm^[13]; 在 Washington 湖泊中检测到藻红蛋白的荧光导致向上辐亮度在 560~600 nm 波段明显增加^[11]。Campbell 和 Grew 等人也对藻红蛋白的算法做了一定的贡献^[14, 15]。

对海洋水体中蓝藻 *Trichodesmium* 进行遥感检测研究较多的是 Subramaniam。Subramaniam 认为^[16]: 水体中 *Trichodesmium* 的存在导致 412 nm 处的离水辐亮度相对较低, 而 555 nm 处的离水辐亮度比其它浮游藻类的要高, 主要是因为藻红蛋白存在以及其细胞体内含有液泡的缘故; 并利用 SeaWiFs 资料, 分别采用 443 nm、490 nm 和 555 nm 的波

段对美国东南部沿岸的大西洋海湾中的 *Trichodesmium* 分布进行了检测,认为 565 nm 处的荧光峰是藻红蛋白的存在所致。Liisa Metsamaa 等较为详细地研究了波罗的海水体中蓝藻的光谱特性,并对蓝藻的分布采用了 MODIS 数据进行了制图^[17]。

这些研究对于了解怎样采用卫星遥感生物光学模式对海洋水体中的藻红蛋白的含量进行提取具有相当重要的意义。然而,由于这些研究只是一定海域的研究结果,是否可以在中国海域直接应用还需要进一步验证。

2 内陆水体中蓝藻的卫星遥感

在内陆水体,特别是大型的浅水湖泊中,由于含有较高浓度的 DOC 和悬浮质,对单一色素进行遥感提取具有一定的难度。20 世纪 90 年代初,Gitelson 等^[18]采用高光谱方法研究了内陆水体中叶绿素 a 的生物光学模式,利用红光和近红外之间的比值与叶绿素 a 浓度之间进行了回归,取得了较好的效果;Gons 等进一步利用水面下向上辐照度与向下辐照度的比值,对太湖、巢湖等湖泊水体中的叶绿素 a 进行了提取^[19],并对后向散射的生物光学模式提取进行了研究^[20];Zhongping Lee^[21]在 Gordon 和 Morel 等^[22-23]一类水体叶绿素 a 分析方法的基础上,建立了二类水体中叶绿素 a 光谱吸收的卫星遥感模式。这些方法能够较为成功地避开 DOC 和悬浮质的影响,为藻蓝蛋白的卫星遥感生物光学提取提供了思路。近年来,一些研究者对藻蓝蛋白的遥感检测进行了初步研究。

Lenvine 等利用 Landsat TM 数据对 Champlain 湖和 Vermont 湖蓝藻进行了监测^[24],以细胞流速仪的检测结果作参照,取得了较好的效果;Vincent 等^[25]利用 Landsat TM 数据对 Erie 湖中的藻蓝蛋白进行了监测,以藻蓝蛋白与叶绿素 a 的荧光比作参照,相关系数达 0.77,并建立了相应的算法;Simis 等^[26]利用 MERIS 资料对浊度较高的内陆湖泊中藻蓝蛋白的分布进行了检测,对水体中 620 nm 的光吸收进行了遥感提取,建立了适用于较高浊度的内陆湖泊中的藻蓝蛋白浓度的生物光学算法,并应用于 MERIS 卫星遥感图像处理,对荷兰湖泊中蓝藻分布及其受到病毒侵害的状况进行了遥感分析;Pena - Martinez 等^[27]运用 MERIS 的第 9 波段与第 6 波段的比值对西班牙水库中的藻蓝蛋白的浓度进行了提取,相关系数达 0.723,并认为玉米素与这个波段比也有较好

的相关性;Tiit Kutser 等采用生物光学模式对波罗的海水体中的蓝藻进行了检测^[28];Dekker 等也采取对藻蓝蛋白进行监测的方法,对澳大利亚东部城市昆兰士的东南水域中蓝藻 *Lyngbya*,作了较为详细的研究^[29]。

这些对藻蓝蛋白所进行的生物光学模式研究开创了内陆水体中蓝藻监测的新纪元。但大多数研究还处在初始阶段,有的仅采用光谱与藻蓝蛋白之间进行经验回归,得出具有很强区域性的经验关系;有的采用了半分析模式,但较多的参数只是采用经验获取,其应用的普遍性受到一定的限制。

3 国内蓝藻及生物光学的研究状况

国内对藻蓝蛋白和藻红蛋白的微观方面研究较多,而卫星遥感检测方面研究较少。目前,主要采用现场检测的方法了解蓝藻的分布,如宁修仁等^[30-31]采用航船方法在象山港及南海北部水体对 *Synechococcus* 的分布进行了研究;文献[32~37]分别对东海水体中 *Synechococcus* 的分布进行了研究;杨清良对南黄海以及东海水体中的 *Trichodesmium* 的分布进行了研究^[38];文献[39~45]等也采用航船方法对东海及南海的部分水域中的 *Trichodesmium* 进行了研究。在内陆湖泊中,较多的文献采用航船的方法研究了铜绿微囊藻在太湖、滇池和巢湖中的分布,目前,已经有采用航空或卫星遥感手段对太湖、巢湖和滇池水体中的蓝藻水华分布状况进行了提取^[46-47],主要采用植被指数或叶绿素 a 含量检测等方法,但对未形成水华的蓝藻遥感检测未见报道。杨顶田等采用现场测量和卫星遥感手段对太湖水体中藻蓝蛋白的浓度进行光谱检测,获得了藻蓝蛋白的光谱提取生物光学模式^[48],并采用 MODIS 卫星遥感数据对蓝藻分布进行了制图^[49]。

近几年来,国内在水体生物光学的研究方面有了一定的发展,如杨顶田、张运林^[50-54]等对太湖水体中的光谱分布及水体中叶绿素、悬浮质、DOC 的生物光学模式进行了较为详细的研究;何贤强等^[55]对海水透明度的遥感模式作了较为系统的研究;曹文熙等^[56]对珠江口及南海北部海域的叶绿素、悬浮质的光谱吸收作了分析;李铜基、唐军武^[57-58]等对水体光学测量方法作了较为详细的介绍;陈楚群等^[59]对珠江口水体中黄色物质浓度的提取进行了回归;李炎等^[60]采用分析的方法对珠江口悬浮质浓度进行了提取;赵冬至、张杰等^[61-62]采用高光谱遥感的

荧光提取方法对赤潮信息进行了提取;疏小舟^[63,64]等对太湖水体中的叶绿素 a 浓度的提取进行了回归,并利用藻蓝蛋白的光谱吸收作为校正,都取得了较好的效果。这些研究为藻蓝蛋白和藻红蛋白卫星遥感生物光学模式的建立提供了较好的基础,而且,在实验室,对藻蓝蛋白和藻红蛋白提取及分析已经较为成熟^[65],对其光谱吸收和荧光发射的研究也相对较多^[66]。然而,在采用卫星遥感生物光学模式对水体中藻蓝蛋白和藻红蛋白进行提取时依然存在较多问题,如与叶绿素 a 相比,藻蓝蛋白和藻红蛋白的吸收峰相对较小,在运用生物光学模式对其进行提取时受到其它色素,尤其是叶绿素 a 的影响较大^[67];不同蓝藻体内的藻红蛋白和藻蓝蛋白的吸收峰或荧光发射峰会有漂移^[68];当藻类密度过大时,如形成水华时,光吸收与含量之间的线形关系出现饱和^[69];现场采样和卫星遥感数据之间的时空吻合性较难等等。

4 展望

在内陆和近岸水体中,遥感模式具有很强的区域性,可以通过对我国内陆和近海水体中的藻红蛋白和藻蓝蛋白进行研究,建立其卫星遥感的算法,进而对蓝藻在水体中的时空分布进行卫星遥感提取;并进一步分析水体中浮游植物的组成和群落的结构,建立水质的预警系统,实现运用卫星遥感手段对太湖等内陆水体以及东海、南海等中国海域中的蓝藻分布状况进行实时监测。

参考文献

- [1] Ryoichi Asai, Scott McNiven, Kazunori Ikebukuro, et al. Development of a Fluorometric Sensor for the Measurement of Pheophorbide a and Application to Freshwater Phytoplankton [J]. *Field Analytical Chemistry and Technology*, 2000, 4(1): 53 - 61.
- [2] Francois Lantoin, Jacques Neveux. Spatial and Seasonal Variation in Abundance and Spectral Characteristics of Phycoerythrin in the Tropical Northeastern Atlantic Ocean [J]. *Deep - sea Research*, 1997, 44(2): 223 - 246.
- [3] Glazer A N, West J A, Chan C. Phycoerythrin as Chemotaxonomic Markers in Red Algae: A Survey [J]. *Biochemical Systematics and Ecology*, 1982, 10: 203 - 215.
- [4] 闫海, 潘纲, 张明明. 微囊藻毒素研究进展 [J]. *生态学报*, 2002, 22(11): 1968 - 1976.
- [5] 黄道孝, 肖军华, 裴承新, 等. 鱼腥藻毒素(Anatoxins) 研究进展 [J]. *中国海洋药物*, 2004, (2): 47 - 53.
- [6] 杨坚波, 徐明, 林玉娣, 等. 渔民饮用水微囊藻毒素污染与肝脏血清酶变化的研究 [J]. *疾病控制*, 2004, 8(1): 75 - 77.
- [7] Hoge F E, Swift R N. Airborne Simultaneous Spectroscopic Detection of Laser - induced Water Raman Backscatter and Fluorescence from Chlorophyll A and Other Naturally Occurring Pigments [J]. *Applied Optics*, 1981, 20(18): 3197.
- [8] Hoge F E, Berry R E, Swift R N. Active - passive Airborne Ocean Color Measurement: 1. Instrumentation [J]. *Applied Optics*, 1986, 25: 39 - 47.
- [9] Hoge F E, Swift R N, Yungel J K. Active - passive Airborne Ocean Color Measurement: 2. Applications [J]. *Applied Optics*, 1986, 25: 48 - 57.
- [10] Hoge F E, Wright C W, Krabill W B, et al. Airborne Lidar Detection of Subsurface Oceanic Scattering Layers [J]. *Applied Optics*, 1988, 27: 3969 - 3977.
- [11] Hoge F E, Swift R N. Photosynthetic Accessory Pigments: Evidence for the Influence of Phycoerythrin on the Submarine Light field [J]. *Remote Sensing of Environment*, 1990, 34: 19 - 25.
- [12] Hoge F E, Swift R N, Yungel J Y, et al. Fluorescence of Dissolved Organic Matter: A Comparison of North Pacific and North Atlantic Oceans During April 1991 [J]. *Jour. Geophys. Res*, 1993, 12(22): 779 - 787.
- [13] Hoge F E, Wright C W, Kana, et al. Spatial Variability of Oceanic Phycoerythrin Spectral Types Derived from 3 Airborne Laser - induced Fluorescence Measurements [J]. *Applied Optics*, 1998, 37: 4744 - 4749.
- [14] Campbell J W, Wayne E E. Basis for Spectral Curvature Algorithms in Remote Sensing of Chlorophyll [J]. *Appl. Opt.*, 1983, 22: 1084 - 1093.
- [15] Grew G W. Real - time Test of MOCS Algorithm During Superflux 1980, in Chesapeake Bay Plume Study Superflux 1980 [R]. NASA: Conf. Publ. 2188, 1981.
- [16] Subramaniam A, Brown C W, Hood R R, et al. Detecting Trichodesmium Blooms in SeaWiFS Imagery [J]. *Deep - sea Research*, 2002, 49: 107 - 121.
- [17] Liisa Metsamaa. Detecting Cyanobacterial Blooms by Passive Optical Remote Sensing. The Baltic sea Case Study [D]. University of Tartu Faculty of Biology and Geography Institute of Zoology and Hydrobiology, 2005.
- [18] Gitelson A. The Peak Near 700 nm on Radiance Spectra of Algae and Water: Relationships of Its Magnitude and Position with Chlorophyll Concentration [J]. *Int. J. Remote Sensing*, 1992, 13(17): 3367 - 3373.
- [19] Gons H J. Optical Teledetection of Chlorophyll A in Turbid Inland Water [J]. *Environmental Science and Technology*, 1999, 33(7): 1127 - 1132.
- [20] Gons H J, Rijkeboer M, Ruddick K G. Effect of a Waveband Shift on Chlorophyll Retrieval from MERIS Imagery of Inland and Coastal Waters [J]. *Journal of Plankton Research*, 2005, 27: 125 - 127.
- [21] Lee Z P, Carder K L. Absorption Spectrum of Phytoplankton Pigments Derived from Hyperspectral Remote Sensing Reflectance [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2004, 89(3): 361 - 368.
- [22] Gordon H R, Brown O B, Evans R H. Semi - analytic Model of O-

- cean Color[J]. J. Geophys. Res. ,1988 ,93 :10909 - 10924.
- [23] Morel A Y. Optical Modeling of the Upper Ocean in Relation to Its Biogenous Matter Content (Case 1 Waters)[J]. J. Geophys. Res. ,1988 ,93 :10749 - 10768.
- [24] Levine S N , Livingston G P , et al. Detection of Cyanobacterial Blooms Using Remote Sensing[R]. Report for 2002VT5B ,2002.
- [25] Vincent R K , Qin X M. Phycocyanin Detection from Landsat TM Data for Mapping Cyanobacterial Blooms in Lake Erie[J]. Remote Sensing of Environment ,2004 ,89 :381 - 392.
- [26] Simis S G H , Peters S W M , Gons H J. Remote Sensing of the Cyanobacterial Pigment Phycocyanin in Turbid Inland Water[J]. Limnol. Oceanogr. ,2005 ,50(1) :237 - 245.
- [27] Peña R , Ruiz - Verdú A , Y Domínguez , et al. CEDEX Proposal for CHRIS/proba Activities in 2004 on Validation of MERIS Models [R]. Proceedings of the 2nd CHRIS/proba Workshop , ESA/ESRIN , Frascati , Italy 28 - 30 April(ESA SP - 578 , July 2004).
- [28] Kutser T , Sipelgas L , Kallio K. Bio - optical Modeling and Detection of Cyanobacterial Blooms[R]. Baltic Sea Optics Workshop - Stockholm ,2001.
- [29] Roelfsema C , Dennison B , Phinn S. Remote Sensing of a Cyanobacterial Bloom (*Lyngbya Majuscula*) in Moreton Bay Australia [J]. IEEE ,2001 ,613 - 615.
- [30] 宁修仁 ,蔡昱明 ,等. 南海北部微型光浮游生物的丰度及环境调控[J]. 海洋学报 ,2003 ,25(3) :83 - 98.
- [31] 宁修仁 ,史君贤 ,等. 象山港微型光浮游生物的丰度与分布及环境制约[J]. 海洋学报 ,1997 ,19(1) :87 - 96.
- [32] 肖天 ,岳海东 ,张武昌 ,等. 东海聚球蓝细菌(*synechococcus*) 的分布特点及在微食物环中的作用[J]. 海洋与湖沼 ,2003 ,34(12) :33 - 43.
- [33] 孙晟 ,肖天. 秋季与春季东、黄海蓝细菌(*Synechococcus* spp.) 生态分布特点[J]. 海洋与湖沼 ,2003 ,34(2) :161 - 168.
- [34] Yang Y H , Jiao N Z. Dynamics of Picoplankton in the NanSha Islands Area of the South China Sea[J]. Acta Oceanologica Sinica ,2004 ,23(3) :493 - 504.
- [35] 焦念志 ,杨燕辉. 四类海洋超微型浮游生物同步监测[J]. 海洋与湖沼 ,1999 ,30(5) :506 - 511.
- [36] CHIANG Kuo - ping , KUO Min - chieh , et al. Spatial and Temporal Variation of the *Synechococcus* Population in the East China Sea and Its Contribution of Phytoplankton Biomass[J]. Continental Shelf Research ,2002 ,22 :3 - 13.
- [37] CHANG Jeng , LIN Keng - hsien , et al. *Synechococcus* Growth and Mortality Rates in the East China Sea : Range of Variations and Correlation with Environmental Factors[J]. Deep - sea Research ,2003 ,50 :1265 - 1278.
- [38] 杨清良. 南海和东海陆架区束毛藻(*Trichodesmium*) 的分布特征[J]. 海洋学报 ,1998 ,20(5) :93 - 100.
- [39] Marumo R , Asaoka O. *Trichodesmium* in the East China Sea. Distribution of *Trichodesmium Thiebantii* Goment During 1961 - 1967 [J]. J. Oceanogr. Soc. Jap. ,1974 ,30 :289 - 303.
- [40] Nagasawa S , Marumo R. Taxonomy and Distribution of *Trichodesmium* (*Cyanophyceae*) in the Kuroshio Water. Information[J]. Bulletin on Planktology in Japan ,1967 ,139 - 144.
- [41] 陈亚瞿. 东海 1972 年一次毛丝藻赤潮分析[J]. 水产学报 ,1982 ,6(2) :181 - 189.
- [42] 周贞英. 平潭的东洋水 - 束毛藻(*Skujiaella Erythraea* (Ehr.) J. de. Toni "[J]. 福建师范学院学报 ,1962 (4) :75 - 79.
- [43] 陈继海 ,陈典金. 束毛藻引起赤潮水危害坛紫菜的观察[J]. 海洋科学 ,1982 (4) :46 - 47.
- [44] 连光山 ,杨清良 ,林玉辉 ,等. 大亚湾核电站附近海域一次外源性束毛藻赤潮[A]. 大亚湾海洋生态文集[C]. 北京 :海洋出版社 ,1992.
- [45] 张世泰. 南海中北部海域 *Trichodesmium* 密度之分布及影响 *Trichodesmium* 分布之生态因子[D]. 台湾 :国立中山大学海洋资源研究所 ,2001.
- [46] 李旭文 ,季耿善 ,等. 太湖梅梁湾蓝藻生物量遥感估算[J]. 国土资源遥感 ,1995 (2) :23 - 29.
- [47] 黄家柱 ,赵锐. 卫星遥感监测太湖水域蓝藻暴发[J]. 遥感信息 ,1999 (4) :43 - 44.
- [48] 杨顶田 ,潘德焘. 水体中藻蓝蛋白浓度的光谱提取[J]. 仪器仪表学报 ,2006 (7) :94 - 98.
- [49] Yang D T , Pan D L , Zhang X Y , et al. Detection of Algal Bloom with MODIS in Lake Taihu ,China[J]. Spie ,2005 ,431 - 439.
- [50] Yang D T , Pan D L , Zhang X Y , et al. Retrieval of Water Quality Parameters from Hyperspectral Remote Sensing in Lake Taihu ,China[J]. Spie Icot 2004 ,5977 :178 - 185.
- [51] 杨顶田 ,陈伟民 ,等. 太湖水体中 DOC 的生物光学模式[J]. 遥感学报 ,2005 ,9(4) :387 - 392.
- [52] 杨顶田 ,陈伟民 ,刘正文 ,等. 太湖梅梁湾水体中紫外光的分布及藻体内 MAAs 的检测[J]. 武汉植物学研究 ,2004 (2) :264 - 268.
- [53] 杨顶田 ,陈伟民 ,陈宇炜 ,等. 太湖梅梁湾水体中初级生产力的光学检测[J]. 湖泊科学 ,2002 (4) :363 - 369.
- [54] 张运林 ,陈伟民 ,杨顶田 ,等. 太湖水体光学衰减系数的特征及参数化[J]. 海洋与湖沼 ,2004 (3) :209 - 213.
- [55] 何贤强 ,潘德焘 ,毛志华 ,等. 利用 SeaWiFS 反演海水透明度的模式研究[J]. 海洋学报 ,2004 ,26(5) :55 - 62.
- [56] 曹文熙 ,杨跃忠 ,许小强 ,等. 珠江口悬浮颗粒物的吸收光谱及其区域模式[J]. 科学通报 ,2003 ,48(17) :1876 - 1882.
- [57] 李铜基 ,陈清莲. II 类水体光学特性的剖面测量方法[J]. 海洋技术 ,2003 ,22(3) :1 - 5.
- [58] 唐军武 ,陈清莲 ,谭世祥 ,等. 海洋光谱测量与数据分析处理方法[J]. 海洋通报 ,1998 ,17(1) :71 - 79.
- [59] 陈楚群. 珠江口黄色物质初步研究[D]. 北京 :中国科学院研究生院 ,2006.
- [60] 李炎 ,李京. 基于海面 - 遥感器光谱反射率斜率传递现象的悬浮泥沙遥感算法[J]. 科学通报 ,1999 ,44(17) :1892 - 1897.
- [61] 赵冬至 ,从丕福. 渤海叉角藻赤潮的光谱特征研究[A]. 渤海赤潮灾害监测与评估文集[C]. 北京 :海洋出版社 ,2000.
- [62] 马毅 ,张杰 ,等. 中国海洋航空高光谱遥感应用研究进展[J]. 海洋科学进展 ,2002 ,20(4) :94 - 98.
- [63] 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(4) :41 - 45.
- [64] Shu X Z , Kuang D B. New Algorithm to Estimate Chlorophyll - a Concentration from the Spectral Reflectance of Inland Water[J].

SPIE Vol. 3502 · 0277 - 786X1998 254 - 258.

[65] 陈志桃, 王立兴, 林维钦. 螺旋藻藻蓝蛋白的研究进展 [J]. 海峡药学 2003, 15(6): 1 - 5.

[66] 周志刚, 尹长松. 富硒极大螺旋藻整细胞、藻胆体及藻蓝蛋白的光谱特性 [J]. 上海水产大学学报 2002, 11(3): 208 - 305.

[67] Hoge F E. MODIS Phycoerythrin Pigment Concentration [R]. Algorithm Theoretical Basis Document, 1999.

[68] Culver M E, Perry M J. Detection of Phycoerythrin Fluorescence in Upwelling Irradiance Spectra [R]. Eos Trans, 1994.

[69] 惠绍堂, 等(译). 海洋光学规范 [Z]. 北京: 海洋出版社, 2003.

PROGRESS IN THE RESEARCH ON CYANOBACTERIA REMOTE SENSING

YANG Ding - tian¹, Pan De - lu²

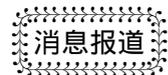
(1. South China Sea Institute of Oceanography, Chinese Science Academy, GuangZhou 510301, China; 2. Second Institute of Oceanography, State Oceanography Association, HangZhou 310012, China)

Abstract : Cyanobacteria extensively distributed in inland and ocean water are very important for carbon and nitrogen cycle. With the help of the remote sensing technique, phycocyanin and phycoerythrin with characteristic spectra can be used to detect the quality and quantity of cyanobacteria in water. This paper mainly deals with cyanobacteria remote sensing in inland and ocean water as well as the situation of researches on cyanobacteria and bio - optical model in China. The research tendency in future is also predicted.

Key words : Cyanobacteria ; Phycocyanin ; Phycoerythrin ; Satellite remote sensing

第一作者简介: 杨顶田(1969 -), 男, 博士后, 主要从事水色遥感方面研究。

(责任编辑: 肖继春)



第 27 届亚洲遥感会议在乌兰巴托举行

2006 年 10 月 9 ~ 13 日, 第 27 届亚洲遥感会议在蒙古首都乌兰巴托市举行。会议由蒙古教育文化科学部、蒙古摄影测量和遥感学会及亚洲遥感协会联合举办。出席会议的代表共 389 人, 其中, 来自亚洲 15 个国家与地区 367 人, 亚洲以外的有 7 个国家 22 人。

开幕仪式在乌兰巴托市科学文化宫举办, 由蒙古摄影测量和遥感学会主席山达尔博士主持, 蒙古教育文化科学部长、蒙古第一位宇航员(现蒙古国会议员) 和亚洲遥感协会会长村井俊治教授出席会议并讲话。会上, 蒙古政府授予荷兰 ITC 教授冯 · 亨特仑奖章, 奖励他为帮助蒙古发展教育并培训遥感人才所做的贡献。

会议共举办报告会 36 场, 宣读论文 168 篇, 其中大会交流特邀报告 9 篇, 包括楚良才教授代表中国遥感应用协会宣读的“中国的遥感卫星与应用”。大会报告后, 按专题进行了分组交流, 包括农业、林业、地质、城市、海洋与大气、水温与水资源、灾万方数据

害、环境与生态系统、数据处理、GIS、雷达、制图、土地利用和土地覆盖、摄影测量和激光雷达及卫星系统等专题。

会议于 10 月 13 日闭幕, 村井俊治会长宣布了第 28 届亚洲遥感会议将于 2007 年 11 月 12 ~ 16 日在马来西亚首都吉隆坡举行, 并建议 (1) 今后的亚洲遥感会议要邀请政府官员参加, 以利于项目的实施和促进遥感应应用; (2) 国际性遥感问题要列入下次会议议程; (3) 正射影像、目标提取和全球气候变暖等列入下次会议主题; (4) 要辅导大学生了解、学习和掌握遥感技术, 多方吸收他们参加会议; (5) 准备 2009 年亚洲遥感协会成立 30 周年纪念会, 会议可能在中国举办, 编制出版亚洲大城市遥感影像图, 编辑出版《空间计划和应用》一书。

作为下一届亚洲遥感会议的东道主, 马来西亚遥感中心副主任在大会闭幕式上介绍了马来西亚的旅游业和吉隆坡市情况, 热烈欢迎大家届时出席第 28 届亚洲遥感会议。

(胡如忠 供稿)