

# 富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统设计

陈玲侠

(咸阳师范学院 资源环境与历史文化学院, 陕西 咸阳 712000)

**摘要:** 对富营养化水体环境中 COD 浓度进行遥感监测, 可以预防富营养化水体环境中 COD 浓度增加, 提高水体水质, 增加水循环次数, 减少水体中有机物的污染; 当前富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统设计方法, 以 Modis 遥感影像数据为原理, 依据富营养化水体环境中 COD 浓度的特征提取结果, 对富营养化水体环境中 COD 浓度进行遥感监测, 没有具体对遥感监测系统进行详细地设计, 无法获取富营养化水体环境中 COD 浓度高精度的遥感监测信息, 存在遥感监测结果偏差大的问题; 提出了一种基于 Zigbee 的富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统设计方法; 该方法先对 Zigbee 的富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统进行硬件设计, 采用 IMF 对富营养化水体环境中 COD 浓度进行特征提取, 以特征提取结果为基础, 依据 COD 浓度指数时间序列实现富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测, 最后利用 Retinex 法对 COD 浓度遥感监测的图像进行处理, 完成对富营养化水体环境中 COD 浓度的遥感监测; 仿真实验结果证明, 所提系统设计方法可以精确地对富营养化水体环境中 COD 浓度进行安全快速的遥感监测。

**关键词:** 富营养化水体环境; COD 浓度; 遥感监测; 系统设计

## Design of COD Concentration in the Eutrophication of Water Body Environment Remote Sensing Monitoring System

Chen Lingxia

(School of Resource Environment and Historical Culture, Xianyang Normal University, Xianyang 712000, China)

**Abstract:** COD concentration of eutrophication of water body environment remote sensing monitoring, can prevent the eutrophication of water body environment COD concentration increased, improve water quality, increase the water cycle times, reduce the pollution of organic matter in water. COD concentration in current eutrophication of water body environment design method of remote sensing monitoring system based on Modis remote sensing image data principle, according to the feature extraction of COD concentration in the eutrophication of water body environment as a result, the COD concentration in the eutrophication of water body environment remote sensing monitoring, no specific to remote sensing monitoring system design in detail, without access to eutrophication of water body environment, COD concentration and high precision of remote sensing monitoring information, remote sensing monitoring results deviation big problems. Put forward a kind of eutrophication of water body based on Zigbee COD concentration in the environment of remote sensing monitoring system design method. The method of Zigbee first COD concentration in the eutrophication of water body environment remote sensing monitoring system hardware design, the concentration of COD in the IMF to the eutrophication of water body environment for feature extraction, based on the results of feature extraction, on the basis of COD concentration index time sequence to realize the COD concentration in the eutrophication of water body environment remote sensing monitoring, finally Retinex method is used to image processing of remote sensing monitoring COD concentration, COD concentration in the finished on the eutrophication of water body environment of remote sensing monitoring. The simulation experimental results show that the proposed system design method can accurately to the eutrophication of water body environment COD concentration on the remote sensing monitoring of safely and quickly.

**Keywords:** Eutrophication of water body environment; COD concentration; Remote sensing monitoring; The system design;

## 0 引言

随着科学技术和现代工业的不断发展, 人们对河流的严重污染, 工业废水和废水处理厂的富营养化水体环境中 COD 浓度的遥感监测产生了高度重视<sup>[1]</sup>。遥感监测系统在单位企业空旷区域内监测、单位企业内实物设备器材监测、周界监测、建筑区域内的监测等各个领域都有着广泛的应用<sup>[2]</sup>。由

于富营养化水体环境中 COD 浓度具有不稳定性、错综复杂性等特点<sup>[3]</sup>, 需要对其进行高精度地遥感监测, 但多数遥感监测系统设计方法无法对其进行高效稳定地遥感监测<sup>[4]</sup>, 导致水质污染情况不能及时发现和解决。在这种情况下, 如何对富营养化水体环境中 COD 浓度进行全面准确地遥感监测成为了急需解决的问题<sup>[5]</sup>。基于 Zigbee 的富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统设计方法, 对富营养化水体环境中 COD 浓度进行高精度的遥感监测, 是解决上述问题的有效途径<sup>[6]</sup>, 成为了富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统设计研究者的主要研究方向, 并受到了该领域学者的广泛关注, 取得了很多优秀的成果<sup>[7]</sup>。

文献 [8] 提出了基于卫星数据的富营养化水体环境中

收稿日期: 2017-04-06; 修回日期: 2017-04-28。

基金项目: 咸阳师范学院专项科研项目(14XSYK020); 咸阳师范学院大学生创新创业训练计划项目(2015054)。

作者简介: 陈玲侠(1977-), 女, 陕西渭南人, 博士研究生, 讲师, 主要从事 GIS 教学方向的研究。

COD 浓度遥感监测系统设计方法。该方法首先建立富营养化水体环境中 COD 浓度卫星遥感参数系统，利用卫星遥感参数系统获得富营养化水体环境中的 COD 浓度数据，然后根据得到的 COD 浓度数据初步构建遥感监测系统模型，最后依据初步构建的遥感监测系统模型利用 COD 浓度指数实现富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统设计方法。该方法较为简单，但是存在遥感监测准确率低的问题。文献 [9] 提出了一种基于组件技术的富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统设计方法。其设计基于组件技术的富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统的基本流程，首先针对富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测的需求，根据设计的遥感监测系统基本流程，建立 COD 浓度参数反演和遥感监测结果校验功能，最后根据遥感监测结果校验功能完成富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统的设计。该方法所用的时间比较少，但存在遥感监测偏差大的问题。文献 [10] 提出了一种基于 Arcgis Geoprocessing 的富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统设计方法。该方法先利用 Arcgis Geoprocessing 中的 GIS 功能完成富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统硬件设计，然后根据完成的硬件设计使用插件式 GIS 二次开发对 COD 浓度遥感监测函数进行计算，最后利用该函数的计算结果有效地完成对富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统设计。该方法监测精度较高，但是存在用时较长的问题。

针对上述产生的问题，提出一种基于 Zigbee 的富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统设计方法。该方法设计过程：1) 利用 COD 浓度遥感监测系统总控制平台和 COD 浓度遥感监测模块结构图，构建富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统网络；2) 通过对 IMF 的计算，实现富营养化水体环境中 COD 浓度特征提取，依据 COD 浓度指数时间序列法对富营养化水体环境中 COD 浓度进行遥感监测；3) 采用 Retinex 法对遥感监测的图像进行分解，去噪，使遥感监测图像显示效果得到增强，从而更明确地获得富营养化水体环境中 COD 浓度的变化情况。仿真实验证明，所提方法可以精确地对富营养化水体环境中 COD 浓度进行有效可靠地遥感监测系统设计。

## 1 基于 Zigbee 的 COD 浓度遥感监测系统设计方法

### 1.1 富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统结构

富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统总控制平台设计过程中，首先要完成对 COD 浓度遥感监测系统硬件模块的设计，然后将遥感监测系统总控制平台与各个硬件模块进行通信，处理来自富营养化水体环境中 COD 浓度的信息，且监测信息以图像方式显示出来。富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统总控制平台如图 1 所示。

富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统总控制平台中各硬件模块在遥感监测中的作用很大，可以辅助遥感监测系统及时发现并处理遥感监测过程中富营养化水体环境中 COD 浓度异常情况，确保水体质量。硬件模块中主要对 COD 浓度遥感监测模块进行细分。COD 浓度遥感监测模块结构如图 2 所示。

综上所述，在富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统设计中，依据 COD 浓度遥感监测系统总控制平台和 COD

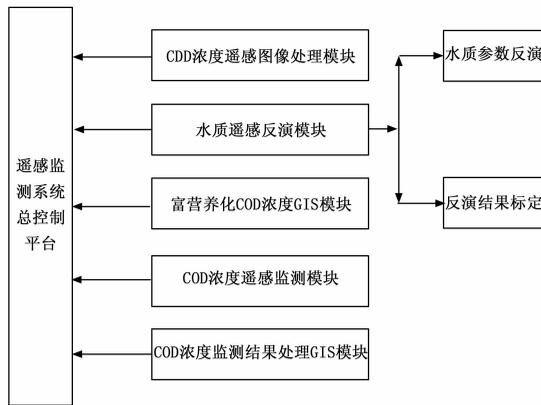


图 1 COD 浓度遥感监测系统总控制平台

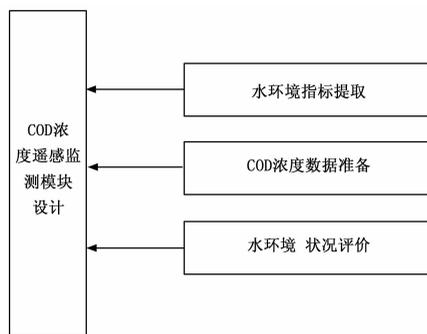


图 2 COD 浓度遥感监测模块结构

浓度遥感监测模块结构图，构建了富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统网络，简洁清晰地对富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统构造做出了分化，便于对富营养化水体环境中 COD 浓度变化情况进行了解和及时解决。

### 1.2 COD 浓度遥感监测系统监测子模块

依据 2.1 中所获各项富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统信息，对 COD 浓度进行特征提取，有利于遥感监测的监测效果更精确。本文采用 IMF（内蕴模式函数分量）对富营养化水体环境中 COD 浓度进行特征提取。

通过对 IMF 的计算，可实现富营养化水体环境中 COD 浓度特征提取，步骤如下：

1) 假设 COD 浓度像元  $x(\alpha)$  有全体局部极值点；2) 依据特征提取曲线对 COD 浓度像元  $x(\alpha)$  的极大值和极小值点进行拟合，提取 COD 浓度像元极大值的上包络线  $E_{\max}(\alpha)$  以及 COD 浓度像元极小值的下包络线  $E_{\min}(\alpha)$ ；3) 计算 COD 浓度像元上下包络线的均值：

$$m(\alpha) = (E_{\max}(\alpha) + E_{\min}(\alpha))/2 \quad (1)$$

其中， $m(\alpha)$  代表 COD 浓度像元上下包络线的均值， $x(\alpha)$  代表 COD 浓度像元。

(4) 提取富营养化水体环境中 COD 浓度特征细节信号：

$$h(\alpha) = x(\alpha) - m(\alpha) \quad (2)$$

其中， $h(\alpha)$  代表富营养化水体环境中 COD 浓度特征细节信号。

为了保证富营养化水体环境中 COD 浓度特征的高精度提取，COD 浓度特征细节信号必须符合特征提取迭代计算条件

准则。则 IMF 的 COD 浓度特征提取迭代计算终止准则为:

$$SA = \frac{\sum_{i=1}^M |h_{l,k-1}(i) - h_{l,k}(i)|^2}{\sum_{i=1}^M |h_{l,k}(i)|^2} \quad (3)$$

$$h_{l,(k-1)} - m_{11} = h_{lk} \quad (4)$$

其中,  $M$  代表富营养化水体环境中 COD 浓度特征提取数目,  $h_{l,k}(i)$  代表地  $l$  个富营养化水体环境中 COD 浓度特征细节信号的第  $i$  个数目的第  $k$  次迭代计算终止准则值,  $SA$  代表 COD 浓度特征提取筛选限值, 取值范围为  $0.2-0.3$ , 当  $SA$  小于 COD 浓度特征提取筛选限值时, 筛选迭代计算终止,  $m_{11}$  代表 COD 浓度像元所有包络线的均值, 其获得方式为: 富营养化水体环境中 COD 浓度特征细节信号  $h_{l,k}(i)$  的初值减去 COD 浓度像元包络线均值。COD 浓度特征提取迭代计算终止获得第一个 IMF:

$$c_1(\alpha) = h_{l,k}(\alpha) \quad (5)$$

其中,  $c_1(\alpha)$  代表 COD 浓度特征提取迭代计算终止获得第一个 IMF,  $h_{l,k}(\alpha)$  代表第 1 个富营养化水体环境中第  $k$  次 COD 浓度特征提取迭代计算的 IMF。

对剩余 COD 浓度特征细节信号  $p_1(\alpha) = x(\alpha) - c_1(\alpha)$  继续进行迭代计算, 最终获得第  $k$  次迭代时 COD 浓度特征细节信号的值, 记作  $p_k$ , 该值为—常量, 当  $p_k$  变化够小时迭代计算停止。由此获得富营养化水体环境中 COD 浓度特征细节信号最终结果:

$$x(\alpha) = \sum_{k=1}^k c_k(\alpha) + p_k(\alpha) \quad (6)$$

其中,  $p_1(\alpha)$  代表 COD 浓度特征余量的第 1 个细节信号,  $\sum_{k=1}^k c_k(\alpha)$  代表第  $k$  个 IMF,  $p_k(\alpha)$  代表 COD 浓度特征余量细节信号。

依据 COD 浓度特征提取经验模式对 COD 浓度特征细节信号进行分解, 将一个 COD 浓度特征细节信号分解成数个特征信号的 IMF 成分, 获得 IMF 的个数为  $\log_2 O$ , 从而完成对富营养化水体环境中 COD 浓度特征的提取。

根据上述内容, 利用 COD 浓度指数时间序列法对富营养化水体环境中 COD 浓度进行遥感监测, 通过对水体污染状况的遥感监测, 达到富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测的目的。COD 浓度指数时间序列法建立 EVI 时间序列反映富营养化水体环境中 COD 浓度的变化, 公式为:

$$VPI = \frac{(EVI_i - EVI_{\min})}{(EVI_{\max} - EVI_{\min})} \times 100 \quad (7)$$

其中,  $VPI$  代表 COD 浓度指数时间序列法和 EVI 时间序列的虚拟连接值,  $VPI$  的取值范围为  $0 \sim 100$ 。VPI 值越小, 说明富营养化水体环境中 COD 浓度越高, 从而反映水体污染情况越不明朗。根据上述所获数据将富营养化水体环境中 COD 浓度指数记作  $CCI$ , 则:

$$CCI = \frac{T_s - T_{s\min}}{T_{s\max} - T_{s\min}} \quad (8)$$

其中,  $T_s$  代表富营养化水体环境中有机物污染值。

当  $CCI = 0$  时, 富营养化水体环境中 COD 浓度大于等于水体正常所含 COD 浓度; 当  $CCI = 1$  时, 富营养化水体环境中 COD 浓度接近水体正常所含 COD 浓度;  $CCI$  值越接近 1,

富营养化水体环境中 COD 浓度越高, 水体污染越严重。

综上所述, 实现对富营养化水体环境中 COD 浓度的遥感监测模块的研究。

### 1.3 COD 浓度遥感监测系统图像处理子模块

在富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测中经常出现遥感监测图像目视效果较差、图像对比度不明显、图像比较模糊的情况, 为了使富营养化水体环境中 COD 浓度的遥感监测图像更加清晰, 监测精度更高, 需要对遥感监测的图像进行处理。本文采用 Retinex 法对遥感监测的图像进行处理。为了将遥感监测图像噪声尽可能地降低, 先对遥感监测图像去噪, 从而使图像显示效果得到增强。

鉴于 Retinex 法服从广义高斯分布模型, 所以本文采用贝叶斯基收缩阈值估计法对 COD 浓度遥感监测图像的噪声进行估计, 此阈值控制在  $0.4-0.5$  区间内可以对 COD 浓度遥感监测图像进行高效去噪, 阈值  $B_{l,k}$  为:

$$B_{l,k} = \sigma_n^{\Lambda^2} / \sigma_{l,k} \quad (9)$$

其中,  $\sigma_n^{\Lambda^2}$  代表不同程度下 COD 浓度遥感监测图像噪声的方差估计, 其表达式为:

$$\sigma_n^{\Lambda^2} = \sigma_n^{\Lambda^2}(l=1) \exp(1-l^{\cdot 2}) \quad (10)$$

其中,  $\sigma_n^{\Lambda^2}(l=1)$  代表不同程度下 COD 浓度遥感监测图像噪声第  $l$  个方差估计,  $\exp(1-l^{\cdot 2})$  代表 COD 浓度遥感监测图像去噪经验值。COD 浓度遥感监测图像噪声主要集中在最小尺度的图像数据系数中, 可采用该系数来估计 COD 浓度遥感监测图像噪声方差:

$$\sigma_n^{\Lambda^2}(l=1) = \frac{\text{median}[|g|(i,j)]}{2.3654} \quad (11)$$

其中,  $\text{median}[|g|(i,j)]$  代表求 COD 浓度遥感监测图像噪声中值函数。

根据 COD 浓度遥感监测图像噪声方差的估计, 得到 COD 浓度遥感监测图像噪声的标准方差  $\sigma_{l,k}^{\Lambda}$  为:

$$\sigma_{l,k}^{\Lambda} = \sqrt{\max\left[1, \frac{1}{XY} \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y g_{l,k}^2(i,j) - \sigma_n^{\Lambda^2}\right]} \quad (12)$$

其中,  $X$  和  $Y$  分别代表 COD 浓度遥感监测图像的长度与宽度,  $g$  代表 COD 浓度遥感监测图像点。

采用上述所得 COD 浓度遥感监测图像去噪数据, 对富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测图像进行有效增强, 利用图像去噪的增益系数对 COD 浓度遥感监测图像进一步去噪。则有:

$$\theta_{l,k}[\kappa(i,j)] = \frac{\kappa_1 \theta + \kappa_2 \theta + \kappa_3 \theta}{\kappa_1 + \kappa_2 + \kappa_3} \quad (13)$$

其中,  $\theta$  代表调节 COD 浓度遥感监测图像噪声的控制参数, 为一常数, 此参数控制在  $0.1-0.2$  区间内对富营养化中 COD 浓度遥感监测误差率最小,  $\kappa$  代表 COD 浓度遥感监测图像去噪的增益系数。

经过图像去噪增益系数对 COD 浓度遥感监测图像进一步去噪, 使得 COD 浓度遥感监测图像效果能得到很好的增强, 提高了富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测图像的显示精度, 更便于对富营养化水体环境中 COD 浓度进行更精确的遥感监测。

## 2 仿真实验结果与分析

为了证明基于 Zigbee 的富营养化水体环境中 COD 浓度遥

感监测系统设计方法的整体有效性，需要进行一次仿真实验。在 LabVIEW 的环境下搭建富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测实验平台。实验数据取自于中国长江中下游流域水体，在该实验数据中加入富营养化水体，观察其 COD 浓度遥感监测的有效性。表 1 是不同方法下富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统监测效率 (%) 的对比。

表 1 COD 浓度遥感监测系统监测效率对比

COD 遥感监测系统设计方法	监测效率 (%)
卫星数据	80
组件技术	85
Arcgis Geop rocessing	76
Zigbee	97

通过对表 1 的分析，文献 [8]、[9]、[10] 与本文所提富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统设计方法监测效率相差较大，本文所提方法遥感监测效率明显高于其他文献所提方法。这证明基于 Zigbee 的富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统设计方法具有很高的可行性。表 2 是对基于 Zigbee 的富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统设计中贝叶斯萎缩阈值对 COD 浓度遥感监测图像去噪效率 (%) 影响的描述。

表 2 贝叶斯萎缩阈值对 COD 浓度图像去噪效率影响

贝叶斯萎缩阈值 (db/m)	图像去噪效率 (%)
0.3	84
0.4	97
0.5	98.2
0.6	89.2
0.7	87.9

表 2 中基于 Zigbee 的富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统设计中，贝叶斯萎缩阈值对 COD 浓度遥感监测图像去噪效率影响的描述可以明显看出当阈值范围在 0.4~0.5 区间 COD 浓度遥感监测图像去噪效率分别为 97% 和 98.2%，证明了贝叶斯萎缩阈值对 COD 浓度遥感监测图像去噪的整体有效性。图 3 是对富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测方法中 COD 浓度遥感监测图像噪声的控制参数  $\theta$  对遥感监测误差率 (%) 影响的描述。

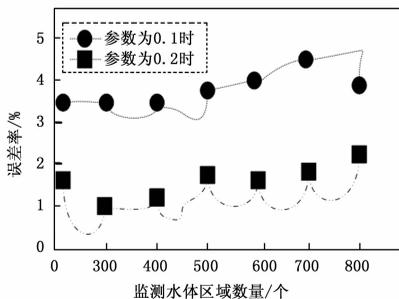


图 3 控制参数  $\theta$  对 COD 浓度遥感监测误差率影响

图 3 中当控制参数  $\theta$  值在 0.1~0.2 区间时，富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测误差率在可控范围内 (5%)。这主要是因为利用基于 Zigbee 的富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统设计方法进行遥感监测时，利用了图像去噪

的增益系数对 COD 浓度遥感监测图像进行了去噪，使遥感监测图像更加清晰，且有利于富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测误差率的减小。图 4 是文献 [8] 所提方法与本文方法对遥感监测系统反应时间 (s) 的对比描述。

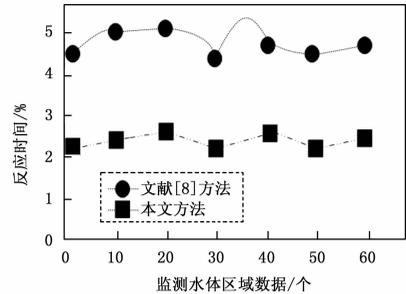


图 4 不同方法下遥感监测系统反应时间的对比

通过图 4 给出的各项数据信息可知，本文所提基于 Zigbee 的富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统设计方法对 COD 浓度遥感监测的效率更高，反应速度更快，反应时间更短，证明了本文所提方法的可实施性较强。

仿真实验证明，所提方法可以精确地对富营养化水体 COD 浓度进行遥感监测。

### 3 结束语

采用当前方法对富营养化水体环境中 COD 浓度进行遥感监测时，无法对其进行高精度、全面、安全地遥感监测，存在 COD 浓度遥感监测结果偏差大、监测精度低、遥感监测图像模糊等问题。本文提出一种基于 Zigbee 的富营养化水体环境中 COD 浓度遥感监测系统设计方法，并通过仿真实验证明，所提方法可以精确地对富营养化水体环境中 COD 浓度进行遥感监测，具有良好的应用价值，为该领域地研究发展提供了强有力的依据。

### 参考文献:

- [1] 刘星桥, 陈海磊, 朱成云. 基于 GPS 的自学习导航游弋式水质监测系统设计 [J]. 农业工程学报, 2016, 32 (1): 84-90.
- [2] 孙江锋, 张合兵, 刘明远, 等. 耕地动态监测应用管理系统框架设计及实现 [J]. 中国农业资源与区划, 2015, 36 (2): 54-60.
- [3] 谢仕义, 刘大召, 张莹, 等. 雷州湾海域悬浮物浓度遥感监测研究 [J]. 广东海洋大学学报, 2015, 35 (3): 109-113.
- [4] 付征叶, 凡高娟, 杨梦茹. 通用简报生成技术在遥感监测系统中的应用 [J]. 河南大学学报 (自然版), 2014, 44 (1): 99-102.
- [5] 肖康, 许惠平, 叶娜. 福建近岸悬浮泥沙浓度遥感监测 [J]. 测绘科学, 2014, 39 (11): 47-51.
- [6] 程思思, 张海昂, 谢迎春, 等. 鸭绿江口及其附近海域相对悬浮泥沙浓度遥感监测 [J]. 中国锰业, 2016, 34 (3): 156-158.
- [7] 刘百桥, 赵建华. 海域动态遥感监测业务体系设计研究 [J]. 海洋开发与管理, 2014, 31 (5): 8-11.
- [8] 孟健, 孙映宏, 王卫平, 等. 基于 RS 和 GIS 的杭州市旱情监测系统设计 [J]. 现代测绘, 2016, 39 (6): 25-28.
- [9] 李伟, 陈泽军, 黄艳芳, 等. 基于 CC430 与 PIC24FJ256 的无线温湿度监测系统设计 [J]. 电子设计工程, 2016, 24 (4): 158-160.
- [10] 薛小兰, 李美焯. 煤矿带式输送机在线实时监测系统设计 [J]. 煤炭技术, 2016, 35 (4): 267-268.