

ICS ××××××

×××

备案号：××××—××××

DB33

浙江省地方标准

DB33/T ××××—××××

近岸海域海洋功能区环境状况  
动态评价与预警方法

Coastal marine functional area environment aspect  
assessment and pre-warning methods

(征求意见稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

浙江省市场监督管理局 发布



# 目 次

前 言.....	II
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 技术要求.....	2
4.1 数据获取.....	2
4.2 滨海旅游区环境状况评价和预报.....	2
4.3 海洋保护区环境质量评价与预测.....	6
4.4 生态敏感区赤潮预警.....	6
4.5 海洋工程区溢油风险评估与预警.....	7
附录 A （资料性附录）近岸海域海洋水质监测浮标水质参数预测方法.....	8

# 前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由浙江省自然资源厅提出。

本标准由浙江省海洋资源环境标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：浙江省海洋科学院（浙江省海洋技术服务中心）、浙江省海洋监测预报中心、浙江大学、浙江海洋大学、国家海洋标准计量中心、国家海洋局温州海洋环境监测中心站、舟山市海洋环境监测预报中心、台州市海洋环境监测中心。

本标准起草人：周燕、吴雪、李尚鲁、赵聪蛟、杜震洪、余骏、孙静亚、汤海荣、姚炜民、刘俊稚、胡益峰、余敏

# 近岸海域海洋功能区环境状况动态评价与预警方法

## 1 适用范围

本标准规定了利用海洋水质监测浮标实时监测数据并结合船舶监测数据建立近岸海域海洋功能区环境状况动态评价与预警方法的技术要求。

本标准适用于浙江近岸海域滨海旅游区、海洋保护区、生态敏感区及重大海洋工程区海洋环境状况的实时或准实时评价和赤潮、溢油等生态灾害的预警分析。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 3097 海水水质标准

GB/T 12763.3 海洋调查规范 第3部分：海洋气象观测

GB 17378.4 海洋监测规范 第4部分：海水分析

GB/T 19485-2014 海洋工程环境影响评价技术导则

HY/T 147.1 海洋监测技术规程 第1部分：海水

QX/T 51-2007 地面气象观测规范 第7部分 风向和风速观测 附录 A 风力等级表

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1 近岸海域 nearshore area

距大陆海岸较近的海域。

注：已公布领海基点的海域指领海外部界限至大陆海岸之间的海域，渤海和北部湾一般指水深10 m以浅的海域。

[引自GB/T 19485-2014，术语和定义 3.3]

### 3.2 海洋功能区 marine functional zone

根据海域及海岛的自然条件、环境状况、地理区位、开发利用现状，并考虑国家或地区经济与社会持续发展的需要，所划定的具有最佳功能的区域，是海洋功能区划最小的功能单元。

### 3.3 滨海旅游区 coastal tourism area

指适于开发利用滨海旅游资源，可供旅游景区开发和海上文体娱乐活动场所建设的海域。

### 3.4 海洋保护区 marine protected area

指专供海洋资源、环境和生态保护的海域，包括海洋自然保护区、海洋特别保护区。

### 3.5 海洋生态环境敏感区 marine eco-environment sensitive area

海洋生态环境功能价值较高，且遭受损害后很难恢复其功能的海域，主要包括海洋渔业资源产卵场、重要渔场水域，海水增殖区，滨海湿地，海洋自然保护区，珍稀濒危海洋生物保护区，典型海洋生态系（如珊瑚礁、红树林、河口）等。

[引自 GB/T 19485-2014，术语和定义 3.5]

### 3.6 海洋工程区 marine engineering area

已建或规划近期内以开发、利用、保护、恢复海洋资源为目的，建设工程主体位于海岸线向海一侧的新建、改建、扩建工程的区域。

### 3.7 海洋水质监测浮标 marine water quality monitoring of mooring buoy

一种浮体呈圆盘形，可搭载、悬挂多种类型传感器或仪器设备，能定点、自动、长期、连续地进行采集、监测分析、处理、存储和传输水质监测数据的海洋环境监测设备。

## 4 技术要求

### 4.1 数据获取

#### 4.1.1 定点连续监测数据的获取

- a) 定点连续监测数据是指布放在近岸海域特定海洋功能区的海洋浮标实时监测数据。
- b) 滨海旅游区浮标实时监测参数包括气象参数和常规水质参数等。
- c) 海洋保护区和生态敏感区浮标实时监测参数包括气象参数、常规水质参数和营养盐等。
- d) 海洋工程区浮标监测参数包括气象参数、常规水质参数和石油类等。
- e) 气象参数包括风速、风向、降雨量、气压、气温、相对湿度（RH）、光照度、紫外线等，至少每1 h整点采集1次；常规水质监测参数包括水深、水温、盐度/电导率、pH、溶解氧及饱和度、浊度、叶绿素等，每1 h整点采集1次；营养盐包括氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、磷酸盐等，每4 h整点采集1次；石油类包括碳氢化合物等，每1 h整点采集1次。

#### 4.1.2 船舶监测数据的获取

按照GB 17378.4、GB/T 12763.3和HY/T 147.1等相关海洋调查监测规范的要求，利用船舶走航和人工监测获取的大面监测数据。

#### 4.1.3 监测数据的有效性

浮标定点实时监测数据和船舶监测数据均通过数据有效性审核，符合海洋调查监测质量保证和质量控制要求。

### 4.2 滨海旅游区环境状况评价和预报

#### 4.2.1 产品名称

滨海旅游区环境状况速报

#### 4.2.2 产品内容

包括海水浴场游泳适宜性评价与预报，海滨观光适宜性评价。

#### 4.2.3 评价参数的选择

##### 4.2.3.1 海水浴场适宜性评价和预报

评价参数为水温，pH值，溶解氧，浊度，叶绿素a和波浪等。

预报参数为水温，pH值，溶解氧，浊度，叶绿素a等。

##### 4.2.3.2 海滨观光适宜性评价

评价参数为气温，风速，紫外线辐射指数，pH值，溶解氧，浊度，叶绿素a。

#### 4.2.4 数据来源

波浪来源于波浪浮标实时观测数据或以浮标实时监测风速转换，其它参数均来源于滨海旅游区浮标实时监测系统实时监测数据。

#### 4.2.5 海水浴场适宜性评价和预报

##### 4.2.5.1 综合评价和预报结论

综合评价是对当前时段监测结果进行单项要素适宜性评价后综合分析形成的结论；预报

是对下一时段各参数预测结果进行单项要素适宜性评价后综合分析形成的结论。

综合评价和预报结论分适宜游泳、较适宜游泳和不适宜游泳等三类。

当综合评价和预报结论为“不适宜游泳”时，根据原因，说明选择“水温偏低”、“pH 值超标”、“溶解氧偏低”、“浊度偏低”、“有赤潮”、“风浪偏大”。

#### 4.2.5.2 浮标海面风速与标准风速的转换

风速梯度换算公式：

$$(1) \quad U_{10} = \frac{U_z}{\left(\frac{Z}{10}\right)^p} \dots\dots\dots$$

$U_{10}$  为 10 m 高空标准风速、 $U_z$  即所测高度风速，如浮标风速离海面为 1.5 m，则  $Z=1.5$ ，P 值为大气稳定度等级，分 A、B、C、D、E 五级，根据全天时段取 P 值分别为 0.1、0.15、0.2、0.25、0.3。经计算取平均值  $U_z=0.690U_{10}$ 。

#### 4.2.5.3 波浪的估算

应用转换的标准风速值，依据 QX/T 51-2007《地面气象观测规范 第 7 部分 风向和风速观测》附录 A 风力等级表估算波浪值。

#### 4.2.5.4 预报参数预测方法

预报参数预测方法参见附录 A.2。

#### 4.2.5.5 综合评价和预报标准

水温，pH 值，溶解氧，浊度，叶绿素 a，波浪等六项要素全部为适宜时综合评价结果海水浴场为适宜游泳；

水温，pH 值，溶解氧，浊度，叶绿素 a，波浪等六项要素中有一项以上要素为较适宜，其它要素为适宜时综合评价结果海水浴场为较适宜游泳；

水温，pH 值，溶解氧，浊度，叶绿素 a，波浪等六项要素中有一项以上要素为不适宜时综合评价结果海水浴场为不适宜游泳，并说明不适宜游泳的原因。

#### 4.2.5.6 单项要素适宜性评价

##### a) 水温

判定标准	水温 (°C)
适宜	≥23.0, 且 ≤28.0
较适宜	20.0~23.0; 或 28.0~33.0
不适宜	<20.0; 或 >33.0

##### b) pH 值

判定标准	pH 值
适宜	7.8~8.5
较适宜	6.8~7.8 或 8.5~8.8
不适宜	<6.8 或 >8.8

c) 溶解氧	
判定标准	溶解氧 (mg/L)
适宜	≥6.0
较适宜	5.0~6.0
不适宜	≤4.0
d) 浊度	
判定标准	浊度 (NTU)
适宜	0~50
较适宜	50~500
不适宜	≥500
e) 叶绿素 a	
判定标准	叶绿素 a (μg/L)
适宜	0~10
较适宜	10~50
不适宜	≥50
f) 波浪	
判定标准	波浪 (m)
适宜	≤1.0
较适宜	1.0~1.8
不适宜	>1.8

#### 4.2.6 海滨观光适宜性评价方法

##### 4.2.6.1 综合评价结论

综合评价结论分为适宜观光，较适宜观光和不适宜观光等三类。

当综合评价结论为“不适宜观光”时，根据原因，说明选择“气温偏低”、“风速偏低”、“紫外线较强”、“酸碱度超标”、“溶解氧偏低”、“浊度偏低”、“有赤潮”。

##### 4.2.6.2 综合评价标准

气温，风速，紫外线辐射指数，pH 值，溶解氧，浊度，叶绿素 a 七项要素全部为适宜时综合评价结果海滨为适宜观光；

气温，风速，紫外线辐射指数，pH 值，溶解氧，浊度，叶绿素 a 七项要素中有一项以上要素为较适宜，其它要素为适宜时综合评价结果海滨为较适宜观光；

气温，风速，紫外线辐射指数，pH 值，溶解氧，浊度，叶绿素 a 七项要素中有一项以上要素为不适宜时综合评价结果海滨为不适宜观光，并说明不适宜观光的原因。

##### 4.2.6.3 单项要素适宜性评价

###### a) 气温



判定标准	气温 (°C)
适 宜	≥10.0, 且≤35.0
较适宜	0~10.0; 或 35.0~38.0
不适宜	<0; 或>38.0

b) 风速

判定标准	风速 (m/s)
适 宜	≤4.2(7.0)
较适宜	4.2(7.0)~9.6(16.0)
不适宜	>9.6(16.0)

备注：括号内数据为风速标准数据

c) 紫外线辐射指数

判定标准	紫外线辐射指数
适 宜	≤7
较适宜	8~10
不适宜	>10

d) pH 值

判定标准	pH 值
适 宜	7.8~8.5
较适宜	6.8~7.8 或 8.5~8.8
不适宜	<6.8 或>8.8

e) 溶解氧

判定标准	溶解氧 (mg/L)
适 宜	≥6.0
较适宜	5.0~6.0
不适宜	≤4.0

f) 浊度

判定标准	浊度 (NTU)
适 宜	0~50
较适宜	50~500
不适宜	≥500

g) 叶绿素 a

判定标准	叶绿素 a (μg/L)
适 宜	0~10

较适宜	10~50
不适宜	≥50

#### 4.2.7 产品制作

海水浴场适宜性评价与预报结果和海滨观光适宜性评价结果以实时速报的方式发布，每天6时至18时每小时实时或准实时发布1次。

### 4.3 海洋保护区环境质量评价与预测

#### 4.3.1 产品名称

海洋保护区环境质量速报

#### 4.3.2 产品内容

海洋保护水质类别评价、预测及趋势分析，主要污染指标。

#### 4.3.3 评价参数的选择

- a) 浮标实时监测参数包括水温、pH、溶解氧、浊度、无机氮、磷酸盐等
- b) 船舶人工监测参数包括化学需氧量、挥发性酚、硫化物、重金属和有机氯农药类等。

#### 4.3.3.4 海洋保护区环境质量评价方法

依据 GB 3097 采用单因子判断方法进行水质类别划分，根据海洋保护区各类监测数据的值域确定该区域的水质类别，以最差类别为该区域水质类别。

#### 4.3.3.5 产品制作

海洋保护区环境质量评价和预测结果及趋势性分析以速报的方式发布，每4h实时或准实时发布1次。可根据实时评价参数最长采集周期调整发布频率。

### 4.4 生态敏感区赤潮预警

#### 4.4.1 产品名称

赤潮短期预警

#### 4.4.2 产品内容

根据浮标实时监测系统获取的实时监测数据，预警浮标所在海域24小时赤潮发生、持续、消退和未发生情况。

#### 4.4.3 参数选择

赤潮爆发前期，赤潮生物数量短时间内急剧增加，表现为叶绿素 a 和溶解氧饱和度连续数小时持续升高，海水 pH 和水温升高，盐度下降；赤潮发生期，海水叶绿素 a、溶解氧饱和度、pH 表现为不规则波动变化，且具明显的昼夜节律性，水温波动升高，盐度波动下降；赤潮消亡期，表现为海水叶绿素 a、溶解氧饱和度和 pH 连续数小时持续下降，数值降到阈值以下。

因此浮标实时监测的预警参数包括参数叶绿素 a、溶解氧饱和度和 pH 值；现场验证监测参数主要为浮游生物优势种和密度。

#### 4.4.4 赤潮发生阈值确定

叶绿素 a 达到 20 μg/L 及以上，溶解氧饱和度达到 110%及以上，pH 值达到 8.2 及以上。

#### 4.4.5 赤潮预警类型的确定

赤潮预警包括赤潮发生、赤潮持续、赤潮消退和赤潮未发生等四种类型。

赤潮发生：自前次赤潮消退后，叶绿素 a、溶解氧饱和度和 pH 等 3 项水质参数首次持续 24 小时同时达到阈值，发布未来 24 小时赤潮发生预警信息。

赤潮持续：发布赤潮发生预警并经现场确认发生后持续 24 小时叶绿素 a、溶解氧饱和度和 pH 等 3 项水质参数同时达到阈值，发布未来 24 小时赤潮持续预警信息。

赤潮消退：发布赤潮发生或持续预警信息后 24 小时内叶绿素 a、溶解氧饱和度和 pH 等 3 项水质参数中任意 1 项参数低于阈值并呈下降趋势，发布赤潮消退预警信息。

赤潮未发生：自前次赤潮消退后，叶绿素 a、溶解氧饱和度和 pH 等 3 项水质参数 24 小时内任一参数未达到阈值，表示赤潮未发生。全海域浮标区域均未发生赤潮时，不发布赤潮预警信息；全海域任意一个或数个浮标区域发布赤潮发生或赤潮持续或赤潮消退等预警信息时，同时发布其他浮标区域未发生赤潮的信息。自前次发布赤潮发生预警信息并经现场确认未发生赤潮的，24 小时内发布赤潮未发生信息。

#### 4.4.5 产品制作

根据赤潮发生阈值确定未来 24 h 内赤潮的发生、持续、消退和未发生等四种类型，在当天下午 16 时发布 1 次。

### 4.5 海洋工程区溢油风险评估与预警

#### 4.5.1 产品名称

海洋工程区溢油风险与预警

#### 4.5.2 溢油风险与预警的原理

碳氢化合物是溢油风险评估与预警的重要参数。基于浮标实时监测系统的溢油风险评估与预警，基本原理是实时监测的碳氢化合物的浓度，一旦碳氢化合物浓度超过提前设定的值，报警终端系统随即启动，并给出相应的分险等级，并发出警报。

#### 4.5.3 碳氢化合物浓度风险等级的判定

在对碳氢化合物实测值进行周期性分析的基础上，根据碳氢化合物预测值进行风险等级的划分。假设  $Y$  为  $t$  时间段碳氢化合物的平均实测值， $Y_t$  是  $t$  时间段碳氢化合物的平均预测值， $\Delta Y=Y-Y_t$  是  $t$  时间段碳氢化合物的偏差值（负值归零）。

$t$  时间段碳氢化合物的平均预测值  $Y_t$  的预测方法参见附录 A.2

根据偏差值占平均预测值的比例  $R$  进行风险评估。

$$R=\Delta Y\times 100/Y_t$$

$R$  越大，溢油风险越大。具体标准如表 4.5.1 所示。

表4.5.1 溢油风险和预警等级评估表

R/%	风险等级	预警等级
$R\leq 25$	I	蓝色
$25<R\leq 50$	II	黄色
$50<R\leq 75$	III	橙色
$R>75$	IV	红色

#### 4.4.5 产品制作

根据前一日 15 时至当日 15 时碳氢化合物的平均实测值与平均预测值评估当日溢油风险等级和预警等级。每天 16 时发布 1 次。

## 附录 A

(资料性附录)

### 近岸海域海洋水质监测浮标水质参数预测方法

#### A.1 技术要求

##### A.1.1 数据来源

数据来源为布放在浙江近岸海域的海洋水质监测浮标实时监测数据。

##### A.1.2 预测方法

a) 水质预测参数包括溶解氧、盐度、pH、电导率、水温、叶绿素 a、碳氢化合物、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、磷酸盐。

b) 溶解氧、盐度、pH、电导率、水温和叶绿素 a 等参数采用自回归积分滑动平均模型 (Autoregressive Integrated Moving Average Model, 简记 ARIMA) 和人工神经网络 (Artificial Neural Network, ANN) 结合的组合预测模型开展预测, 硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、磷酸盐等四项营养盐和碳氢化合物参数采用 LSTM 递归神经网络模型进行预测。

##### A.1.3 监测数据的有效性

海洋水质监测浮标定点实时监测数据需通过数据有效性审核, 符合海洋环境监测质量保证和质量控制要求。

#### A.2 水质参数预测

##### A.2.1 预测模型

###### A.2.1.1 ARIMA 模型预测法

ARIMA 模型基本思想是: 将预测对象随时间推移而形成的数据序列视为一个随机序列, 用一定的数学模型来近似描述这个序列。

在 ARIMA 模型中, 假设变量的某一时刻的值是由过去几次的观测值和随机误差组成的线性函数, 其完整公式为:

$$y_t = \theta_0 + \varphi_1 y_{t-1} + \varphi_2 y_{t-2} + \dots + \varphi_p y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (\text{A.1})$$

其中,  $y_t$  和  $\varepsilon_t$  分别代表时间段  $t$  的实际值和随机误差;  $\varphi_i$  ( $i = 1, 2, \dots, p$ ) 和  $\theta_j$  ( $j = 1, 2, \dots, q$ ) 是模型的权重参数;  $p$  与  $q$  被称为模型的阶数。随机误差  $\varepsilon_t$  被假设为是以 0 为均值的独立正态分布的常量。

ARIMA 的核心工作就是确定其模型的阶数 ( $p$  和  $q$ ) 以选取合适的模型。下图为 ARIMA 建模流程:

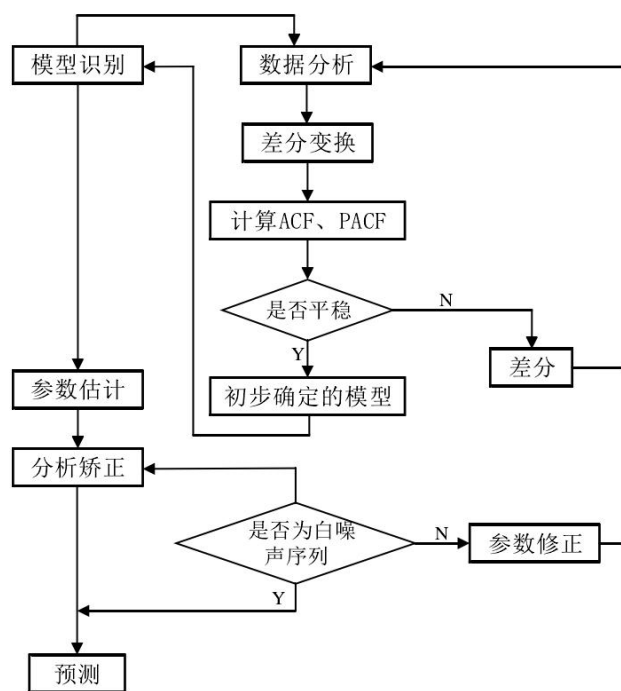


图 A.1 ARIMA 建模流程

### A. 2. 1. 2 人工神经网络（ANN）模型

ANN 模型是基于生物学中神经网络的基本原理，在理解和抽象了人脑结构和外界刺激响应机制后，以网络拓扑知识为理论基础，模拟人脑的神经系统对复杂信息的处理机制的一种数学模型。

神经元（Neuron）是神经网络模型的最基础构成，神经元之间相互连接，“兴奋”的神经元会向相连的神经元发送化学物质，从而改变相连神经元的电位；神经元电位如果超过指定阈值（Threshold），就会被激活，进而向其他神经元发送化学物质。将上述过程抽象为图 A.2 所示的模型结构，称为“M-P 神经元模型”

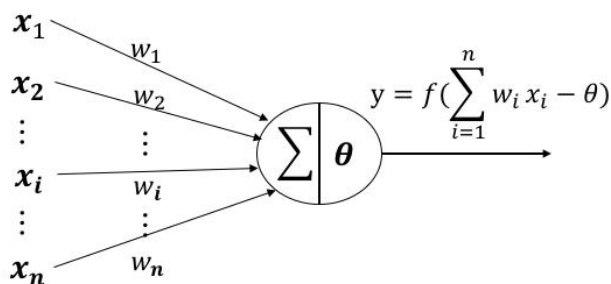


图 A.2 M-P 神经元模型

M-P 神经元模型中的神经元接收到来自  $n$  个其他神经元的传递信号，这些信号通过带有权重的连接进行传递，神经元得到的总输入值将与该神经元的阈值进行比较，并采用激活函数（Activation Function）进行处理产生神经元的输出。

ANN 是由多个神经元按层次结构串联起来的网络，常见的人工神经网络结构各层神经元之间采用全连接，但神经元不进行同层连接和跨层连接。输入层与输出层之间的层级称为隐含

层（Hidden Layer），隐含层与输出层类似，可设置激活函数。

### A. 2. 1. 3 组合模型

ARIMA 与 ANN 组合模型是一种兼顾线性模型与非线性模型优点的模型。将两个或多个模型进行组合，从不同的角度去理解数据的规律与模式。将时间序列分解为线性回归部分和非线性部分部分。即：

$$y_t = L_t + N_t \quad (A.2)$$

其中， $L_t$ 表示线性部分， $N_t$ 表示非线性部分。首先用 ARIMA 模型的分析方法分解出线性部分，剩下的残差所包含的信息即我们所需要的另一部分——非线性结构。然后分别对两个部分建立合适的线性模型与非线性模型。

### A. 2. 1. 4 RNN 神经网络模型

递归神经网络（Recurrent Neural Network， RNN）通过添加跨越时间点的自连接隐藏层而具有对时间进行显式建模的能力。主要结构如图 A.3 所示，即是当前时间隐含层会有连向下一时间隐含层的边。

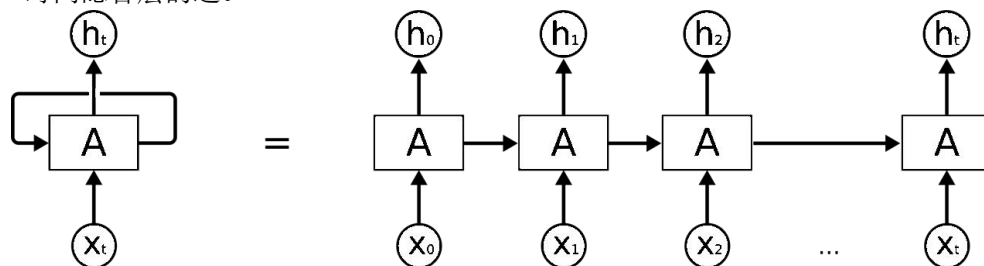


图 A.3 RNN 模型结构图

RNN 最大的优势就在于将时序的概念引入了神经网络之中，能够做到上一个输入的时间数据对本次的时间数据产生直接的影响。可以根据时间点设置相应的输入输出层，数据可以多条输入。中间隐藏层的个数也与时间节点相同，每层的神经元为自变量个数。并且，中间隐藏层会自我循环递归反馈。。然而，随着输入序列的不断变长，RNN 模型实际可使用的信息范围将受到限制。RNN 模型在沿时间的反向传播计算的过程中使用了链式求导法则，因此会造成系统的不稳定，即随着时间序列的增长，梯度会成指数级增大或减小，造成梯度爆炸或梯度消失问题。

### A. 2. 1. 5 LSTM 神经网络模型

长短时间记忆神经网络（Long Short Term Memory Neural Network， LSTM）是 RNN 模型的一个变种形式，针对 RNN 模型的梯度消失问题提出。

LSTM 模型的关键是用一个记忆单元替换了隐层节点，以此来保存历史信息，并且动态地访问、更新、遗忘历史信息。这个记忆单元的结构如图 A.4 所示。

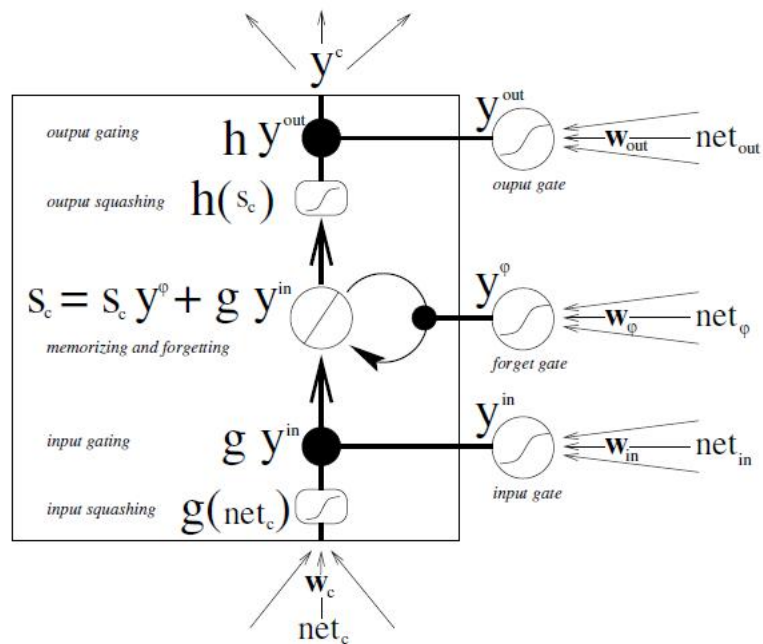


图 A.4 LSTM 神经网络结构图

LSTM 模型的记忆单元主要包括一个记忆细胞和三个操作单元。这三个操作单元就是门结构，它们作用于记忆细胞，用来控制信息的累积和遗忘。下面对这几个结构进行具体介绍：

(1) 记忆细胞 (Cell)：用于存储历史信息。通过状态参数记录和更新历史信息。

(2) 遗忘口 (Forget Gate)：用于控制上一时刻的 Cell 状态的保留。遗忘口通过 Sigmoid 函数得到 0 到 1 之间的值，用于决定上一时刻的 Cell 状态将被舍弃哪些信息。其中，0 代表全部舍弃，1 代表全部保留。

(3) 输入口 (Input Gate)：用于控制当前时刻的 Cell 状态的输入。输入口通过 Sigmoid 函数得到 0 到 1 之间的值，用于控制输入信息的通过情况。其中，0 表示不允许任何信息通过，1 表示允许全部信息通过。通过的信息将被更新和存储到 Cell 状态中。

(4) 输出口 (Output Gate)：用于控制当前时刻的 Cell 状态的输出。输出口通过 Sigmoid 函数得到 0 到 1 之间的值，用于决定当前时刻的 Cell 状态中的哪些信息将被输出。其中，0 代表不输出任何信息，1 代表输出全部信息。

## A. 2. 2 溶解氧、盐度、pH、电导率、浊度、水温 and 叶绿素 a 等参数预测模型建立步骤

### A. 2. 2. 1 数据预处理

采取重采样方式得到每日平均数据，然后对数据进行对数化以缩小值域。

### A. 2. 2. 2 平稳性检验

对数据进行平稳性统计检验，检验前设定数据在 90% 的置信度下是稳定的。

### A. 2. 2. 3 差分

进行一阶差分，确定 ARIMA 模型的差分系数  $d$ 。

### A. 2. 2. 4 分解

将序列拆分为线性部分和非线性部分，线性部分包含了序列在长时期下的变化规律，非线性部分则是具有一定规律的波动的序列。

#### A. 2. 2. 5 估计阶数

通过 ACF、PACF 进行 ARIMA (p, d, q) 的 p、q 参数的估计。

#### A. 2. 2. 6 ARIMA 模型预测结果

用已知阶数为 (p, d, q) 的 ARIMA 模型进行预测，得到线性部分预测结果。

#### A. 2. 2. 7 ANN 预测非线性部分

使用 ANN 神经网络预测非线性部分，通过调整参数学习使得损失函数逐步减小，选取达到过拟合之前的总体损失函数最小的模型，得到效果最好的非线性部分预测结果。

#### A. 2. 2. 8 组合模型预测

选取线性部分和非线性部分的最优模型组合，得到水质参数的预测结果。

### A. 2. 3 营养盐和碳氢化合物参数预测模型建立步骤

#### A. 2. 3. 1 输入层

在训练模型之前准备实验数据集。数据集根据需要分为训练数据集和测试数据集。数据集根据模型输入的序列长度进行切分，构建训练序列和测试序列，并对序列进行尺度转换，作为输入层的输入。

#### A. 2. 3. 2 LSTM 层

LSTM 层利用 LSTM 模型对序列进行学习，采用基本 LSTM 模型。此外，模型建立过程中对基本 LSTM 模型参数进行调整，对比不同模型的效果，选出最优模型参数。

#### A. 2. 3. 3 全连接层

全连接层是对之前学习到的信息进行汇总形成预测结果，全连接层的神经元个数代表预测的时次数量，神经元越多表示预测的时次越多，一般全连接层采用 6 个神经元，即预测未来 6 个时次的结果。同时，全连接层的激活函数采用线性函数，即对 LSTM 层的输出结果进行累加。

#### A. 2. 3. 4 输出层

输出层即输出模型最终的预测结果。全连接层得出未来 6 个时次的预测结果，输出层将其映射到对应的数据范围，作为最终的预测结果。