

长江水质的评价和预测

摘要

长江水质的污染程度日趋严重,已引起了相关政府部门和专家们的高度重视。本文就是在此背景下通过建立数学模型对长江水质进行评价和预测:

针对问题一,对于各地区的水质评价,我们采用***TOPSIS*综合评价法**,基于主要项目标准限值矩阵,通过一系列计算得到各主要项目的权重分布,利用权重值得出各站点的可行解并定义该问题的理想解,将**欧几里得范数**作为距离的测度,可得各站点可行解到理想解的距离,从而计算出各站点可行解与理想解的接近程度,对其进行排序可得各地区水质的污染情况,具体结果见 5.1.2;对于长江水质的综合评价,在各地水质评价结论基础之上得到上、中、下游包含的所有站点的平均接近程度,并通过制作散点图得到全流域内污染物分布情况,从而得出长江流域内上中下游污染情况递增分布,且两种污染物分布均匀的结论。

针对问题二,采用**长江干流污染源分布模型**,根据主要污染物浓度得到该站点污染物总量,再减去从上一站点流入的污水量(除去自净的污水量)后得到本地区的排污量,进一步解得该地区的平均污染物浓度,分析各浓度值可知污染物高锰酸盐的污染源主要分布在站点 3:湖北宜昌;污染物氨氮的污染源主要分布在站点 2:重庆朱沱。

针对问题三,以各年份枯水期全流域为例作散点图,由于散点图的分布可近似于一次分布曲线,故采用**基于趋势移动平均法的时间序列预测模型**,利用公式计算得出两个移动平均数和模型中的系数,从而得到未来十年的长江水质污染发展趋势图以及污水总量预测表,具体结果见图 4~13 和表 3。

针对问题四,采用**长江干流非饮用水处理量模型**,对未来十年内每一年的水文年期间全流域中的劣 V 类水以及水文年期间干流中比例超过 20%部分的 IV、V 类水进行处理,从而得到未来十年内每年需处理的污水量,具体结果见表 4。

针对问题五,采用**基于对偶线性规划的污水排放量控制削减模型**,以治理污水费用最低为目标函数,将一污染源采用或不采用某技术处理作为**虚拟变量**,通过控制一污染源采用某技术可削减的污染物的量不大于目标削减量为约束条件,可求解得到控制污染源的最低治理费用;建立并求解该模型的对偶模型,模型中对偶变量的意义为处理污染源所需的边际费用。

关键词: 对偶线性规划 趋势移动平均法 *TOPSIS* 欧几里得范数 虚拟变量

一、问题重述

长江作为我国的第一大河流，近年来水质的污染情况日趋严重。抽取长江沿线上的 17 个观测站，通常某个观测站水质污染的主要来源是本地区的排污及上游的污水。长江自身拥有一定自然净化的能力，且我们认为长江干流上的自净能力近似均匀。根据附件一、二、三、四，解决以下五个问题：

1. 根据长江近两年水质状况做定量综合评价，并且分析各个地区的水质污染状况。
2. 研究分析近一年长江干流高锰酸盐指数及氨氮的污染源主要分布在哪些地区？
3. 若不采取有效治理措施，按照过去十年主要的统计数据，预测分析长江未来的水质污染发展趋势，例如研究未来十年的状况。
4. 根据上题的预测分析，若未来十年中每年均要求将长江干流的Ⅳ类、Ⅴ类水的比例限制在 20%内，并无劣Ⅴ类水，则每年需处理多少污水？
5. 提出切实可行的解决长江水质污染问题的建议或意见。

二、模型假设

1. 假设PH值对水质无影响。
2. 假设两个站点之间的干流上无其他污染来源。
3. 假设每段干流上的水流量等于该干流两站点水流量的平均值。
4. 假设每段干流上的水流速等于该干流两站点水流速的平均值。
5. 假设未来十年的长江变化情况符合前几年长江变化情况的模型。

三、符号说明

A^*	主要项目标准限值矩阵
A	决策矩阵
φ_j	高/低优指标
S_{jn}	第 j 个项目的第 n 级标准值
φ	权重向量

Z	规范化的加权决策矩阵
C_y	某可行解对理想解的相对接近度
P_{ij}	某个站点的污染物总量
q_i	某段干流上的降解量
Q_{ij}	某站点的本地排污量
r_{ij}	某站点的本地污染物浓度
$M_t^{(1)}$	一次移动的平均数
$M_t^{(2)}$	二次移动的平均数
N	趋势移动平均项数
$\{y_t\}$	时间序列
O_i	未来十年内每一年的污水总量
E_{ij}	采用 i 技术治理 j 污染源的费用
a_{ij}	采用 i 技术或不采用 i 技术时的 0~1 虚拟变量
W_{ij}^s	j 污染源采用 i 治理方案削减 s 污染物的量
b^s	s 污染源的目标削减量
k	需要控制的污染物种类

四、问题分析

4.1 问题一的分析

对于问题一，由各目标标准限值得一矩阵，利用逼近理想解排序法进行求解，通过构造规范化的加权决策矩阵，求解出各目标标准值的权重，根据权重求得各个站点的解值，按照各个解值对于理想解的相对接近度进行排序，可得各个站点水质的优劣情况，最后分析各地区的情况并对长江水质进行综合评价。

4.2 问题二的分析

对于问题二，根据附件三及题中所给的信息，一个站点水质污染的主要来源是本地的排污加上游的污水总量。长江具有自净能力，且干流的自净能力可视为近似均匀，利用表中数据进行分析计算，再通过求解各站点主要污染物的浓度来确定主要污染源。

4.3 问题三的分析

对于问题三，根据附件四的数据信息，以表中各年份枯水期全流域的河长值做散点图，从图分析可知从某一年份开始散点呈直线分布。此题需要预测未来近十年的情况，故采用趋势移动平均法，求解出时间序列预测模型，根据该模型可求解得长江未来十年的情况。

4.4 问题四的分析

对于问题四，根据题目信息可知，此题需要处理未来十年内每年的水文年时段中全流域的所有劣V类水，且要保持水文年期间干流中IV类水和V类水的比例不超过20%，根据问题三中预测值可知，V类水的比例均未超过20%，故只需处理IV类水。

4.5 问题五的分析

对于问题五，可采用各项技术来处理污水，且需满足以最少的费用来治理尽可能多的污水量，先建立排放总量控制削减规划模型，从而列出计算最少费用的公式和约束条件，再利用对偶线性规划模型，将求解最少费用的问题转换成每降低1单位的污染物排放限制时，每年可节省的最多费用计算问题。

五、模型的建立及求解

5.1 TOPSIS 综合评价法

观察附件三和题中所给信息可知，劣V类水质各主要项目标准限值均为0或 ∞ ，不利于计算，且17个站点中只有第15个站点：江西南昌滁槎 曾被评为劣V类水质，其余站点不受其影响，故在计算中不考虑劣V类水质。由于题中所给的PH标准限值范围为6~9，且该范围适用于前五类水，除了第15个站点外其余所有城市的水质PH值都在该范围内，故假设PH值对水质无影响。

5.1.1 求解过程

①决策矩阵求解

由题中 3 个主要项目标准限值得矩阵：

$$A^* = \begin{pmatrix} 7.5 & 2 & 0.15 \\ 6 & 4 & 0.5 \\ 5 & 6 & 1 \\ 3 & 10 & 1.5 \\ 2 & 1.5 & 2 \end{pmatrix}$$

矩阵中元素为 x_{ij} 。其中行代表水质类别，从上到下依次为 I、II、III、IV、V 类水。列代表主要项目标准，从左到右依次为 DO，CODMn，NH₃-N。

设 $A_y = (x_{yj})$ ，表示附件三中主要城市的三个主要监测项目值矩阵。其中 y 为第 y 个城市 ($1 \leq y \leq 17$)。 j 为主要检测项目 ($j = 1$ 为 DO， $j = 2$ 为 CODMn， $j = 3$ 为 NH₃-N)。

由此得出决策矩阵： $A = (A^* \ A_1 \ A_2 \ \cdots \ A_{16})^T$ 。其元素为 f_{yj} 。

②规范化矩阵求解

将 A 规范化，得到规范化的决策矩阵 Z' ，其元素为 Z'_{yj} 。

$$Z'_{yj} = \frac{f_{yj}}{\sqrt{\sum_{y=1}^{17} f_{yj}^2}} \quad (j = 1, 2, 3; y = 1, 2 \cdots 16, 17)$$

应用 MATLAB 软件可得规范化矩阵 Z' ：

Z'

$$= \begin{pmatrix} 0.18 & 0.15 & 0.12 & 0.07 & 0.05 & 0.21 & 0.20 & 0.16 & 0.28 & 0.17 & 0.18 & 0.15 & 0.16 & 0.20 & 0.22 & 0.20 & 0.15 & 0.21 & 0.16 & 0.08 & 0.18 & 0.18 \\ 0.05 & 0.10 & 0.15 & 0.25 & 0.37 & 0.10 & 0.07 & 0.08 & 0.12 & 0.06 & 0.07 & 0.09 & 0.05 & 0.05 & 0.09 & 0.05 & 0.10 & 0.06 & 0.06 & 0.03 & 0.06 & 0.09 \\ 0.003 & 0.01 & 0.02 & 0.04 & 0.05 & 0.002 & 0.003 & 0.005 & 0.01 & 0.002 & 0.004 & 0.003 & 0.008 & 0.002 & 0.005 & 0.002 & 0.01 & 0.02 & 0.003 & 0.02 & 0.003 & 0.01 \end{pmatrix}^T$$

③权重求解

由于各监测项目在判定长江污染标准等级时的重要性隐含在分级标准中，因此用各等级标准值来确定权重。由于 CODMn 和 NH₃-N 的含量越低代表水质越好，故计算时求解它们的低优指标，而 DO 值在一定范围内越高代表水质越好，故计算时求解它的高优指标。

CODMn 和 NH₃-N 的低优指标 φ_j ：

$$\varphi_j = \frac{S_{j(n-1)}/S_{j1}}{\sum_{j=2}^3 S_{j(n-1)}/S_{j1}} \quad (j = 2, 3)$$

DO 的高优指标 φ_1 :

$$\varphi_1 = \frac{S_{j(n-3)}/S_{jn}}{\sum_{j=1}^1 S_{j(n-3)}/S_{jn}}$$

其中 n 为水质分类, 共有五类。 $S_{j(n-1)}$ 为第 j 个项目的第 $(n-1)$ 级标准值。由于高优指标只有 DO, 故 $\varphi_1 = 1$ 。由此得权重向量 φ :

$$\varphi = (1 \quad 0.33 \quad 0.67)^T$$

④相对接近度求解

构造规范化的加权决策矩阵 Z , 其元素为 Z_{yj} 。

$$Z_{yj} = \varphi_j \times Z'_{yj}$$

由此可得矩阵 Z :

$$Z = \begin{pmatrix} 0.18 & 0.15 & 0.12 & 0.07 & 0.05 & 0.21 & 0.20 & 0.16 & 0.28 & 0.17 & 0.18 & 0.15 & 0.16 & 0.20 & 0.22 & 0.20 & 0.15 & 0.21 & 0.16 & 0.08 & 0.18 & 0.18 \\ 0.02 & 0.03 & 0.05 & 0.08 & 0.12 & 0.03 & 0.02 & 0.03 & 0.04 & 0.02 & 0.02 & 0.03 & 0.02 & 0.02 & 0.03 & 0.02 & 0.03 & 0.02 & 0.02 & 0.01 & 0.02 & 0.03 \\ 0.003 & 0.008 & 0.02 & 0.02 & 0.03 & 0.001 & 0.002 & 0.003 & 0.01 & 0.001 & 0.003 & 0.002 & 0.005 & 0.002 & 0.004 & 0.001 & 0.01 & 0.01 & 0.002 & 0.02 & 0.002 & 0.005 \end{pmatrix}^T$$

从 Z 中得到由每列最大值组成的矩阵 Z^+ :

$$Z^+ = (0.28 \quad 0.12 \quad 0.03)。$$

从 Z 中得到由每列最小值组成的矩阵 Z^- :

$$Z^- = (0.05 \quad 0.01 \quad 0.001)。$$

根据欧几里得范数作为距离的测度, 从任意的可行解 Z_y 到对应列的 Z^+ 的距离为 S_y^+ :

$$S_y^+ = \sqrt{\sum_{y=1}^n \sum_{j=1}^n (Z_{ij} - Z^+)^2}$$

同理可得 S_y^- :

$$S_y^- = \sqrt{\sum_{y=1}^n \sum_{j=1}^n (Z_{ij} - Z^-)^2}$$

则某一可行解对于理想解的相对接近度可定义为 C_y :

$$C_y = \frac{S_y^-}{S_y^- + S_y^+}$$

表1：各站点及五类水的相对接近度

站点 y	1	2	3	4	5	6	7	8	9
相对接近度 C	0.55	0.53	0.52	0.54	0.47	0.45	0.44	0.36	0.54
站点 y	10	11	12	13	14	15	16	17	
相对接近度 C	0.44	0.54	0.44	0.52	0.45	0.40	0.48	0.48	
水质类别 y	I	II	III	IV	V				
相对接近度 C	0.45	0.37	0.32	0.28	0.34				

C 值越大表示水质越好

5.1.2 结果分析

1. 综合评价

①从长江流域分析

根据中国地图可知，位于长江上游的主要城市有：站点 1、8、9、10、2、3。位于长江中游的主要城市有：4、12、13、11、14、5、16、15。位于长江下游的主要城市有：6、7、17。

根据 C_y 值求解长江上、中、下游的各站点平均 \bar{C} 值为 $\bar{C}_{上}$ 、 $\bar{C}_{中}$ ， $\bar{C}_{下}$ ，得

$$\bar{C}_{上} = 0.49$$

$$\bar{C}_{中} = 0.48$$

$$\bar{C}_{下} = 0.46$$

比较 $\bar{C}_{上}$ 、 $\bar{C}_{中}$ ， $\bar{C}_{下}$ 可以得出结论：长江上游的污染程度与中、下游相比较轻，中游的污染程度居中，下游的污染程度与上、中游相比较重。联系实际情况分析，长江某处的污染物不仅来自于本地的排污，也来自于上游所累积的污水量。故从上游至下游，污染程度应呈递增分布。

②从污染物分布情况分析

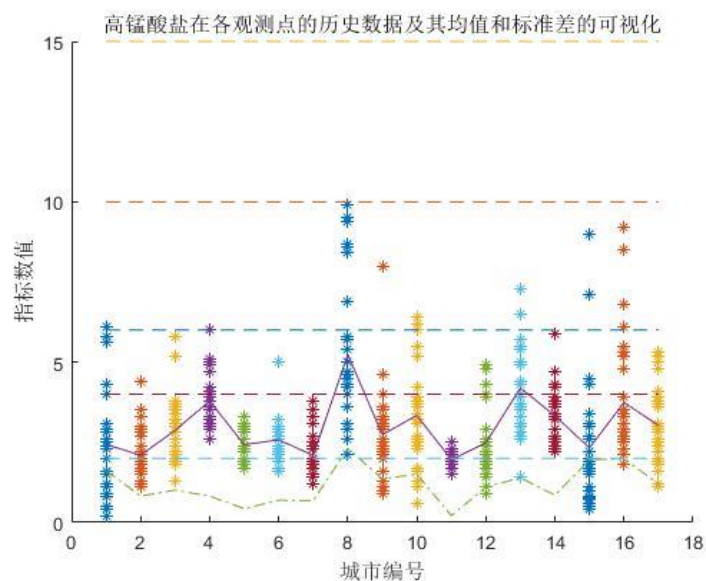


图 1 高锰酸盐在各观测点的历史数据及其均值和标准差

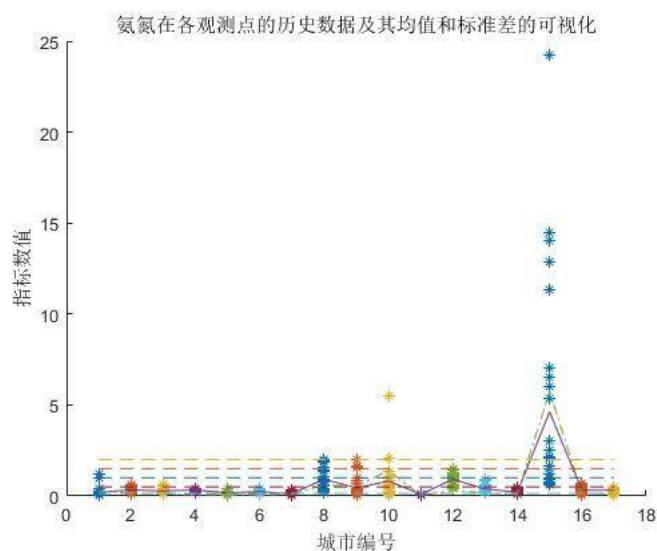


图 2 氨氮在各观测点的历史数据及其均值和标准差

图 1、2 中，虚线代表各样本点的标准差，其余散点代表各月份污染物在各观测点的历史数据。

对图 1 进行分析，各个城市 CODMn 的平均含量上下波动，无明显特殊趋势，也不存在特殊值。因此我们认为长江各段的 CODMn 分布均匀。

对图 2 进行分析，可明显看出第 15 站点：江西南昌滁槎 是一个特殊站点，查阅资料可知，该站点位于鄱阳湖入口，该湖是一个吞吐型的季节性变化巨大的湖泊，在丰水期和枯水期的面积、蓄水量差异十分悬殊。一年内水位的变幅在 9.79~15.36 米之间，绝对水位变幅可达 16.69 米，因此使得丰水期和

枯水期的部分污染物的浓度变化很大，导致各个月份的浓度标准差变化很大。从总体上看，该站点的 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 含量最高。由于该站点的地理位置处于长江中游和下游的分界处，因此它所产生的污染物和在这之前累积的污染物应会累积到长江的下游，但是由图可知，下游的 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 含量并无明显增加趋势，因此我们推论， $\text{NH}_3 - \text{N}$ 含量的变化并不会导致鄱阳湖的 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 浓度发生显著性变化，而是由于丰水期和枯水期鄱阳湖自身水量的巨大差异，导致该站点 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 浓度发生显著性变化。除去第 15 站点后，在总体上观察 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 的含量可得，该污染物的分布在长江各流域也是均匀的。

2. 各地区水质污染状况

将 C_y 排序可得：

$$C_1 > C_{11} > C_4 > C_9 > C_2 > C_{13} > C_3 > C_{16} > C_{17} > C_5 > C_6 > C_{14} > C_7 > C_{12} \\ > C_{10} > C_{15} > C_8$$

相较而言，站点 1、11、4 的水质最佳，其次为站点 9、2、13、3、16、17、5、6、14、7、12，水质最差的是站点 10、15、8。

5.2 长江干流污染源分布模型

由附件三长江干流主要观测站点的基本数据可知，共有七个主要观测站点，则共有六段干流。令水流量为 m_i （单位： $\text{m}^3/\text{天}$ ），水流速 V_i （单位： $\text{m}/\text{天}$ ），站点间距离 s_i （单位： m ），主要污染物 n_{ij} （单位： mg/m^3 ）。其中 i 表示站点， $1 \leq i \leq 7$ ， $j = 1$ 时污染物为 CODMn ， $j = 2$ 时污染物为 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 。由题可知，一个站点水质污染的主要来源是本地的排污以及上游的污水总量，且长江干流的自净能力可视为近似均匀。本题中假设每段干流上的水流量等于该干流两站点水流量的平均值，则每段干流上的水流速同理。

5.2.1 数据处理

①时间求解

令长江水从一个站点流至下一个站点所需的时间为 t_i ： $t_i = \frac{s_i}{V_i}$

②污染物总量求解

令某个站点的污染物总量为 P_{ij} ： $P_{ij} = n_{ij} \times m_i \times t_i$

③降解量求解

由题可知降解系数为 0.2/天。

令该段干流上的降解量为 q_i ： $q_i = 0.2 \times t_i$

④本地排污量

令某站点的本地排污量为 Q_{ij} ： $Q_{ij} = P_{ij} - (P_{(i-1)j} - q_{i-1}P_{(i-1)j})$

⑤平均污染物浓度求解

令某站点的本地污染物浓度为 r_{ij} ： $r_{ij} = \frac{Q_{ij}}{m_i}$

求取 r_{ij} 去离散化后的平均值得 r'_{ij} 。

表 2：各主要观测站点平均污染物浓度

主要观测站点 i	1	2	3	4	5	6	7
平均 CODMn 浓度 r'_{i1}	1.4	1.1	1.9	0.8	-0.2	0.5	-0.1
平均 NH3-N 浓度 r'_{i2}	0.8	1.8	1.1	0.9	-0.3	0.7	-0.4

5.2.2 结果分析

由表 2 可知：长江干流近一年多的时间里，污染物 **CODMn** 的污染源主要分布在第三个主要观测站点：湖北宜昌。污染物 **NH3-N** 的污染源主要分布在第二个主要观测站点：重庆朱沱。

5.3 基于趋势移动平均法的时间序列预测模型

以枯水期全流域为例，将 1995 年~2004 的 I、II、III、IV、V、劣V 类水的河长值作散点图得：

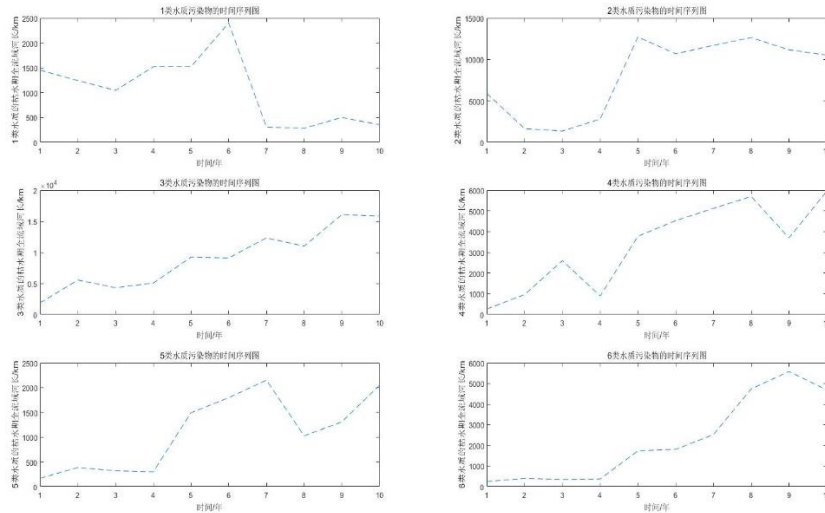


图 3 1995~2004 枯水期全流域河长散点分布图

由图可知各类水的散点分布可近似于一次分布曲线,同理可得其余时段各评价范围的散点图,且各散点图的分布均可近似于一次分布曲线,按照题目要求需对未来十年的情况做预测分析,故采用趋势移动平均法进行分析计算,本题采用枯水期全流域的河长值为例进行分析。

5.3.1 求解过程

①移动平均数求解

令一次移动的平均数为 $M_t^{(1)}$: $M_t^{(1)} = \frac{1}{N}(y_t + y_{t-1} + \cdots + y_{t-N+1})$

令二次移动的平均数为 $M_t^{(2)}$: $M_t^{(2)} = M_{t-1}^{(2)} + \frac{1}{N}(M_t^{(1)} - M_{t-N}^{(1)})$

其中, N 为趋势移动平均项数: $N = \left\lceil \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \times \text{总年份数} \right) \right\rceil$ 。此题中 $N = 3$

$\{y_t\}$ 为时间序列

②建立模型

由于 $\{y_t\}$ 从某年份开始具有一次分布性质,故可认为之后的年份也会按照该分布变化,因此可假设该直线趋势预测模型为 \hat{y}_{t+m} :

$$\hat{y}_{t+m} = a_t + b_t m$$

其中, t 表示当前年份, m 表示从 t 到预测年份的年份数,此题中 $m = 1, 2, \dots$

10

a_t 表示截距, b_t 表示斜率。

通过计算可求得 a_t 和 b_t :

$$a_t = 2M_t^{(1)} - M_t^{(2)}$$

$$b_t = \frac{2}{N-1} \left(M_t^{(1)} - M_t^{(2)} \right)$$

5.3.3 结果分析

可认为接下来十年的情况符合该模型,利用该模型求解长江水质未来十年的污染发展趋势图如下：（河长单位：千米）

时段	评价范围	评价河长	I类			II类			III类			IV类			V类			劣V类		
		河长	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比
枯水期	全流域	50776	-1146	-2.3	14086	27.7	20832	41.0	6946	13.7	2023	4.0	7925	15.6						
	干流	6772	163	2.4	1221	18.0	1820	26.9	2312	34.1	824	12.2	456	6.7						
	支流	45934	2872	6.3	15850	34.5	17050	37.1	4813	10.5	1425	3.1	6778	14.8						
丰水期	全流域	52720	2263	4.3	14979	28.4	19388	36.8	9798	18.6	3698	7.0	2615	5.0						
	干流	6772	5	0.1	1810	26.7	2088	30.8	1845	27.2	730	10.8	295	4.4						
	支流	45948	2258	4.9	13169	28.7	17301	37.7	7953	17.3	2968	6.5	2320	5.0						
水文年	全流域	52720	2165	4.1	21468	40.7	15215	28.9	5744	10.9	2541	4.8	5600	10.6						
	干流	6772	277	4.1	1311	19.4	2969	43.8	1374	20.3	389	5.7	453	6.7						
	支流	45948	1867	4.1	20157	43.9	12246	26.7	4370	9.5	2152	4.7	5147	11.2						

图 4 2005 年长江水质报告表

时段	评价范围	评价河长	I类			II类			III类			IV类			V类			劣V类		
		河长	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比
枯水期	全流域	56340	-1748	-3.1	15117	26.8	23642	42.0	7678	13.6	2179	3.9	9341	16.6						
	干流	7130	108	1.5	1089	15.3	1720	24.1	2693	37.8	999	14.0	550	7.7						
	支流	52823	3341	6.3	18192	34.4	19849	37.6	5377	10.2	1522	2.9	8111	15.4						
丰水期	全流域	59972	2442	4.1	16762	28.0	21871	36.5	11542	19.2	4386	7.3	2989	5.0						
	干流	7130	-68	-0.9	1773	24.9	2031	28.5	2161	30.3	879	12.3	354	5.0						
	支流	52842	2510	4.7	14989	28.4	19841	37.5	9380	17.8	3507	6.6	2635	5.0						
水文年	全流域	59972	2319	3.9	24778	41.3	16829	28.1	6460	10.8	2900	4.8	6695	11.2						
	干流	7130	255	3.6	1142	16.0	3185	44.7	1563	21.9	438	6.1	547	7.7						
	支流	52842	2035	3.9	23636	44.7	13644	25.8	4897	9.3	2462	4.7	6148	11.6						

图 5 2006 年长江水质报告表

时段	评价范围	评价河长	I类			II类			III类			IV类			V类			劣V类		
		河长	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比
枯水期	全流域	61905	-2351	-3.8	16148	26.1	26451	42.7	8410	13.6	2335	3.8	10756	17.4						
	干流	7488	53	0.7	957	12.8	1621	21.6	3075	41.1	1173	15.7	644	8.6						
	支流	59711	3810	6.4	20533	34.4	22648	37.9	5941	10.0	1619	2.7	9445	15.8						
丰水期	全流域	67225	2621	3.9	18546	27.6	24355	36.2	13286	19.8	5075	7.5	3363	5.0						
	干流	7488	-140	-1.9	1736	23.2	1974	26.4	2478	33.1	1029	13.7	412	5.5						
	支流	59737	2761	4.6	16810	28.1	22381	37.5	10807	18.1	4047	6.8	2951	4.9						
水文年	全流域	67225	2474	3.7	28088	41.8	18443	27.4	7175	10.7	3258	4.8	7791	11.6						
	干流	7488	234	3.1	972	13.0	3401	45.4	1752	23.4	487	6.5	641	8.6						
	支流	59737	2203	3.7	27115	45.4	15042	25.2	5423	9.1	2771	4.6	7149	12.0						

图 6 2007 年长江水质报告表

时段	评价范围	评价河长	I类			II类			III类			IV类			V类			劣V类		
		河长	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比
枯水期	全流域	67470	-2954	-4.4	17178	25.5	29261	43.4	9142	13.5	2491	3.7	12172	18.0						
	干流	7846	-2	0.0	824	10.5	1521	19.4	3456	44.1	1348	17.2	737	9.4						
	支流	66600	4279	6.4	22875	34.3	25447	38.2	6505	9.8	1716	2.6	10779	16.2						
丰水期	全流域	74477	2800	3.8	20329	27.3	26838	36.0	15030	20.2	5764	7.7	3738	5.0						
	干流	7846	-213	-2.7	1699	21.6	1917	24.4	2795	35.6	1178	15.0	471	6.0						
	支流	66631	3013	4.5	18631	28.0	24921	37.4	12235	18.4	4586	6.9	3267	4.9						
水文年	全流域	74477	2628	3.5	31398	42.2	20057	26.9	7891	10.6	3617	4.9	8886	11.9						
	干流	7846	212	2.7	803	10.2	3617	46.1	1942	24.7	536	6.8	736	9.4						
	支流	66631	2370	3.6	30594	45.9	16440	24.7	5949	8.9	3081	4.6	8150	12.2						

图 7 2008 年长江水质报告表

时 段	评 价	评 价	Ⅰ类			Ⅱ类			Ⅲ类			Ⅳ类			Ⅴ类			劣Ⅴ类		
	范 围	河 长	河 长	百分比	河 长	百分比	河 长	百分比	河 长	百分比	河 长	百分比	河 长	百分比	河 长	百分比	河 长	百分比		
枯 水 期	全流域	73034	-3557	-4.9	18209	24.9	32070	43.9	9874	13.5	2646	3.6	13588	18.6						
	干 流	8204	-57	-0.7	692	8.4	1421	17.3	3838	46.8	1522	18.6	831	10.1						
	支 流	73489	4747	6.5	25216	34.3	28246	38.4	7069	9.6	1813	2.5	12112	16.5						
丰 水 期	全流域	81729	2979	3.6	22113	27.1	29321	35.9	16774	20.5	6453	7.9	4112	5.0						
	干 流	8204	-285	-3.5	1661	20.3	1860	22.7	3112	37.9	1327	16.2	530	6.5						
	支 流	73525	3264	4.4	20451	27.8	27462	37.3	13662	18.6	5125	7.0	3582	4.9						
水 文 年	全流域	81729	2783	3.4	34707	42.5	21671	26.5	8606	10.5	3976	4.9	9981	12.2						
	干 流	8204	190	2.3	634	7.7	3833	46.7	2131	26.0	586	7.1	830	10.1						
	支 流	73525	2538	3.5	34073	46.3	17838	24.3	6475	8.8	3390	4.6	9151	12.4						

图 8 2009 年长江水质报告表

时 段	评 价 范 围	评 价 河 长	I 类		II 类		III类		IV类		V 类		劣V类	
			河 长	百分比	河 长	百分比	河 长	百分比	河 长	百分比	河 长	百分比	河 长	百分比
枯 水 期	全流域	78599	-4159	-5.3	19240	24.5	34879	44.4	10606	13.5	2802	3.6	15003	19.1
	干 流	8562	-112	-1.3	560	6.5	1321	15.4	4219	49.3	1697	19.8	925	10.8
	支 流	80377	5216	6.5	27557	34.3	31046	38.6	7633	9.5	1910	2.4	13446	16.7
丰 水 期	全流域	88981	3158	3.5	23896	26.9	31804	35.7	18518	20.8	7141	8.0	4486	5.0
	干 流	8562	-357	-4.2	1624	19.0	1803	21.1	3429	40.0	1477	17.2	588	6.9
	支 流	80419	3516	4.4	22272	27.7	30002	37.3	15089	18.8	5664	7.0	3898	4.8
水 文 年	全流域	88981	2937	3.3	38017	42.7	23285	26.2	9321	10.5	4334	4.9	11076	12.4
	干 流	8562	169	2.0	465	5.4	4050	47.3	2320	27.1	635	7.4	924	10.8
	支 流	80419	2706	3.4	37552	46.7	19236	23.9	7002	8.7	3700	4.6	10152	12.6

图 9 2010 年长江水质报告表

时 段	评 价	评 价	Ⅰ类		Ⅱ类		Ⅲ类		Ⅳ类		Ⅴ类		劣Ⅴ类	
	范 围	河 长	河 长	百分比	河 长	百分比	河 长	百分比	河 长	百分比	河 长	百分比	河 长	百分比
枯 水 期	全流域	84164	-4762	-5.7	20270	24.1	37689	44.8	11337	13.5	2958	3.5	16419	19.5
	干 流	8920	-167	-1.9	427	4.8	1221	13.7	4601	51.6	1871	21.0	1019	11.4
	支 流	87266	5685	6.5	29899	34.3	33845	38.8	8197	9.4	2007	2.3	14780	16.9
丰 水 期	全流域	96234	3337	3.5	25680	26.7	34288	35.6	20262	21.1	7830	8.1	4861	5.1
	干 流	8920	-430	-4.8	1587	17.8	1746	19.6	3746	42.0	1626	18.2	647	7.3
	支 流	87314	3767	4.3	24093	27.6	32542	37.3	16516	18.9	6204	7.1	4214	4.8
水 文 年	全流域	96234	3092	3.2	41327	42.9	24899	25.9	10037	10.4	4693	4.9	12171	12.6
	干 流	8920	147	1.7	296	3.3	4266	47.8	2509	28.1	684	7.7	1018	11.4
	支 流	87314	2874	3.3	41031	47.0	20634	23.6	7528	8.6	4009	4.6	11153	12.8

图 10 2011 年长江水质报告表

时 段	评 价	评 价	Ⅰ类			Ⅱ类			Ⅲ类			Ⅳ类			Ⅴ类			劣Ⅴ类		
	范 围	河 长	河 长	百分比	河 长	百分比	河 长	百分比	河 长	百分比	河 长	百分比	河 长	百分比	河 长	百分比	河 长	百分比		
枯 水 期	全流域	89728	-5365	-6.0	21301	23.7	40498	45.1	12069	13.5	3114	3.5	17835	19.9						
	干 流	9278	-223	-2.4	295	3.2	1121	12.1	4982	53.7	2046	22.1	1112	12.0						
	支 流	94154	6154	6.5	32240	34.2	36644	38.9	8761	9.3	2104	2.2	16113	17.1						
丰 水 期	全流域	103486	3516	3.4	27463	26.5	36771	35.5	22006	21.3	8519	8.2	5235	5.1						
	干 流	9278	-502	-5.4	1550	16.7	1689	18.2	4062	43.8	1776	19.1	705	7.6						
	支 流	94208	4019	4.3	25913	27.5	35082	37.2	17943	19.0	6743	7.2	4530	4.8						
水 文 年	全流域	103486	3246	3.1	44637	43.1	26513	25.6	10752	10.4	5052	4.9	13267	12.8						
	干 流	9278	126	1.4	127	1.4	4482	48.3	2698	29.1	733	7.9	1112	12.0						
	支 流	94208	3041	3.2	44511	47.2	22032	23.4	8054	8.5	4318	4.6	12154	12.9						

图 11 2012 年长江水质报告表

时段	评价范围	评价河长	I类			II类			III类			IV类			V类			劣V类		
			河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比
枯水期	全流域	95293	-5968	-6.3	22332	23.4	43308	45.4	12801	13.4	3270	3.4	19250	20.2						
	干流	9636	-278	-2.9	163	1.7	1022	10.6	5364	55.7	2220	23.0	1206	12.5						
	支流	101043	6623	6.6	34582	34.2	39443	39.0	9325	9.2	2200	2.2	17447	17.3						
丰水期	全流域	110738	3695	3.3	29246	26.4	39254	35.4	23750	21.4	9207	8.3	5609	5.1						
	干流	9636	-575	-6.0	1512	15.7	1632	16.9	4379	45.4	1925	20.0	764	7.9						
	支流	101102	4270	4.2	27734	27.4	37622	37.2	19371	19.2	7282	7.2	4845	4.8						
水文年	全流域	110738	3401	3.1	47947	43.3	28128	25.4	11468	10.4	5410	4.9	14362	13.0						
	干流	9636	104	1.1	-42	-0.4	4698	48.8	2888	30.0	782	8.1	1207	12.5						
	支流	101102	3209	3.2	47990	47.5	23429	23.2	8580	8.5	4628	4.6	13155	13.0						

图 12 2013 年长江水质报告表

时段	评价范围	评价河长	I类			II类			III类			IV类			V类			劣V类		
			河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比	河长	百分比
枯水期	全流域	100857	-6570	-6.5	23362	23.2	46117	45.7	13533	13.4	3425	3.4	20666	20.5						
	干流	9994	-333	-3.3	30	0.3	922	9.2	5745	57.5	2395	24.0	1300	13.0						
	支流	107931	7091	6.6	36923	34.2	42242	39.1	9889	9.2	2297	2.1	18780	17.4						
丰水期	全流域	117991	3874	3.3	31030	26.3	41737	35.4	25494	21.6	9896	8.4	5984	5.1						
	干流	9994	-647	-6.5	1475	14.8	1575	15.8	4696	47.0	2075	20.8	823	8.2						
	支流	107996	4522	4.2	29555	27.4	40163	37.2	20798	19.3	7822	7.2	5161	4.8						
水文年	全流域	117991	3555	3.0	51257	43.4	29742	25.2	12183	10.3	5769	4.9	15457	13.1						
	干流	9994	83	0.8	-211	-2.1	4914	49.2	3077	30.8	832	8.3	1301	13.0						
	支流	107996	3377	3.1	51469	47.7	24827	23.0	9106	8.4	4937	4.6	14156	13.1						

图 13 2014 年长江水质报告表

利用该模型求解长江水质未来十年的污水总量值如下：

表 3 2005~2014 长江污水总量预测表（单位：亿吨）

年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
污水总量	316	340	363	387	410	434	457	481	504	528

5.4 长江干流非饮用水处理量模型

根据题中所给信息可知，应处理未来十年内每一年的水文年时段中全流域的所有劣V类水，且控制每年的水文年时段中，长江干流IV类和V类水的比例均在20%之内，由上题的未来十年预测数据可知，水文年期间干流中IV类水的比例均超过20%，而V类水的比例均未超过20%，故此题只对IV类水进行处理。

5.4.1 求解过程

令未来十年内每一年的污水总量为 O_i ，每一年需要处理的污水总量为 o_i ，每年水文年期间全流域中的劣V类水所占比例为 u_{1i} ，令每年水文年期间长江干流的IV类水所占比例为 u_{2i} ($u_{2i} > 20\%$)。其中变量 $i = 1, 2 \dots 10$ 。由此可得：

$$o_i = \frac{u_{1i} + (u_{2i} - 20\%)}{O_i}$$

5.4.2 结果分析

由上述求解过程可得未来十年内每一年需要处理的污水总量如下表所示：

表 4：未来十年内每年需处理的污水量（单位：亿吨）

年份	2005	2006	2007	2008	2009
需处理的污水量	34.48	44.50	54.42	64.54	74.56
年份	2010	2011	2012	2013	2014
需处理的污水量	84.82	94.95	105.35	115.59	126.11

5.5 基于对偶线性规划的污水排放量控制削减模型

本题中，在控制治理费用尽可能低的前提下采用各种技术来对工厂的排放污水进行处理，以达到用最少费用治理尽可能多污水的目的。

5.5.1 变量定义

令 $g_{ij} = 1$ 为采用 i 技术， $g_{ij} = 0$ 为不采用 i 技术；

令 E_{ij} 为采用 i 技术治理 j 污染源的费用， $\min E$ 为治理最小费用；

令 a_{ij} 为采用 i 技术或不采用 i 技术时的 0~1 虚拟变量；

令 b^s 为 s 污染源的目标削减量；

令 W_{ij}^s 为 j 污染源采用 i 治理方案削减 s 污染物的量；

令 k 为需要控制的污染物种类；

5.5.2 模型建立

①排放总量控制削减规划模型建立

$$\begin{aligned} \min E &= \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m E_{ij} \times a_{ij} \quad (i = 1, 2 \dots, m; j = 1, 2 \dots, n) \\ \text{s. t. } &\begin{cases} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m W_{ij}^s \times a_{ij} \leq b^s & (s = 1, 2 \dots, k) \\ \sum_{i=1}^m a_{ij} \leq 1 \\ a_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases} \end{cases} \end{aligned}$$

②对偶线性规划模型建立

建立①中排放总量控制削减规划模型的对偶模型，在该模型中，对偶变量的 F 的意义为：每降低 1 单位的污染物排放限制时，每年可节省的治理费用。模型如下：

$$\begin{aligned} \max F = & \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m b_s \times c_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n, s = 1, 2, \dots, k) \\ \text{s.t.} \quad & \begin{cases} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m W_{ij}^{s'} \times c_{ij} \geq E_{ij} \\ \sum_{i=1}^m c_{ij} \leq 1 \\ c_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases} \end{cases} \end{aligned}$$

式中， c_{ij} 为采用 i 技术 ($g_{ij} = 1$) 对 j 污染源进行处理的边际费用或未采用 i 技术 ($g_{ij} = 0$) 处理污染源的边际费用， c_{ij} 性质与 a_{ij} 相似，也是一个虚拟变量。根据实际情况分析，我们需采用 i 技术来处理污水，故 $g_{ij} \equiv 1$ 。 $W_{ij}^{s'}$ 所对应的矩阵为①中模型 W_{ij}^s 所对应矩阵的转置。

5.4.3 结果分析

根据①中的模型，在三个约束条件下，求解得到的 E 值即为治理所有污染源所需的最低费用。②中的模型将求解治理污染源所需的最低费用问题转化成了求解降低污染物排放限制时可节省的最大治理费用问题。

六、模型评价

》模型的优点

- ✧ 对于问题一各地区水质的评价，我们采用 *TOPSIS* 评价法。该方法与环境标准巧妙结合起来，不仅能够确定各评价对象所属的级别，还能进行不同评价对象间质量优劣的比较。并且 *TOPSIS* 法原理简单，能同时进行多个对象评价，计算快捷，结果分辨率高、评价客观，具有较好的合理性和适用性，实用价值高。
- ✧ 对于问题一长江总体水质的评价，我们通过空间（将长江分为上、中、下游

进行讨论)和污染物含量两个角度分析,将总体评价具体为两个指标的评价,有利于多角度分析长江总体的水质情况。

- ✧ 对于问题三,我们利用趋势移动平均法根据近十年数据预测未来十年长江污染发展趋势。该方法既能反映趋势变化,又能有效地分离出来变动周期。
- ✧ 对于问题五,为实现经济利益最大化,我们利用对偶线性规划模型对解决长江水污染提出两点建议。一方面,对治理部门而言,利用线性规划模型可以达到处理污水费用最小的目的;另一方面,对排污工厂而言,利用原线性规划模型的对偶模型了解工厂为达到排污标准将损失的经济利益,有利于其承担社会责任处理污水的同时,结合损失的利益尽快做出相应管理决策和应对措施。

》模型的缺点

- ✧ 对于问题一,由于 PH 值在各类水质中的标准限制范围不明确导致 PH 值无法参与 TOPSIS 模型评价,评价水质时缺失了 PH 影响因子导致的评价信息缺失造成各城市得分的偏差。
- ✧ 问题一中的得分只能反映评价对象内部的相对接近程度,并不能反映与最优水质的接近程度。
- ✧ 对于问题三,枯水期干流、枯水期支流、丰水期支流的 I 类水的时间序列的趋势不显著造成的预测结果出现了较大的偏差

》模型的推广

问题一使用的 TOPSIS 法是一种多目标决策方法,适用于处理多目标决策问题。可以应用于环境质量综合评价中,不限于江河流域的综合评价。

问题五使用的对偶问题在可以推广到普遍的规划问题中。每一个规划问题都存在与之密切相关的规划问题,这种解题思想和解题方法可以推广到几乎所有的规划问题中。

七、参考文献

- [1]卓金武, *MATLAB*在数学建模中的应用, 北京: 北京航空航天大学出版社, 2014.9[M]
- [2]姜启源, 数学模型, 北京: 高等教育出版社, 2011.1[M]

- [3] 司守奎, 数学建模算法与应用, 北京: 国防工业出版社, 2011.8[M]
- [4] 秦寿康. *TOPSIS*价值函数模型[J]. 系统工程学报, 2003,18(1): 1 – 6.
- [5] 庞彦军, 刘开第, 姚立根. 滏阳河水质综合评价[J]. 运筹与管理, 2001,10(1): 1 – 7.
- [6] 赵红标, 张新海. 黄河流域水资源规划优化模型[J]. 人民黄河, 1994,11: 1 – 4.
- [7] 彭斌, 李世聪. 环境资源价值的线性规划模型计量[J]. 长沙交通学院学报, 2001,17(4): 1 – 3.
- [8] 方乐润. 线性规划及其在水资源工程中的应用(一)[J]. 黑龙江水专学报, 1996, 1: 1 – 7.
- [9] 陈金辉, 肖冬荣. 对偶线性规划模型在大气污染物最优化控制中的应用[J]. 重庆环境科学, 2002,24(2): 1 – 4.
- [10] 周兴华, 陈华, 王晓青, 张超. 多目标最佳配水方案的构模与计算[J]. 深圳大学学报, 1985,3: 1 – 6.
- [11] 王振龙. 淮北农灌区水资源利用线性规划模型[J]. 知淮, 2003,5: 1 – 3.

附录

第一题

```
clear
clc

%设置全局变量
city_num1 = 17;
month_num1 = 28;
factors_num = 3;
grade_num = 5;

%导入数据
factors = zeros(city_num1, factors_num, month_num1);
for k = 1:month_num1
    num = xlsread('data.xlsx', 1, join(['E' sprintf('%d',7+21*(k-1)) ':'G'
    sprintf('%d',23+21*(k-1))]));
    factors(:,:,k) = num;
end

%-----TOPSIS 法分析各地区水质污染状况-----%
SA = [7.5 2 0.15; 6 4 0.5; 5 6 1; 3 10 1.5; 2 15 2];
w = [1 (SA(4,2)/SA(1,2))/(SA(4,2)/SA(1,2)+SA(4,3)/SA(1,3))
(SA(4,3)/SA(1,3))/(SA(4,2)/SA(1,2)+SA(4,3)/SA(1,3))];
c = zeros(month_num1,city_num1+grade_num);
for k = 1:month_num1
    A = [SA; factors(:,:,k)];
    Z0 = A./sqrt(sum(sum(A.^2)));
    Z = w.*Z0;
    z_max = max(Z);
    z_min = min(Z);
    s_max = sqrt(sum((Z-z_max).^2, 2));
    s_min = sqrt(sum((Z-z_min).^2, 2));
    c(k,:) = s_min./(s_min+s_max);
end
c_result = mean(c);
result = [transpose([repelem(0,grade_num) 1:city_num1])
transpose(c_result)]
xlswrite('data.xlsx', c(:,6:22), 4, 'A1');
```

第二题

```
clear
clc
```

```

%设置全局变量
month_num2 = 13;
city_num2 = 7;
p = 0.2;

%导入数据[COOMn l v s]
COOMn = zeros(month_num2, city_num2);
NH3N = zeros(month_num2, city_num2);
l = zeros(month_num2, city_num2);
v = zeros(month_num2, city_num2);
s = [950 778 395 500 164 464];
for k = 1:month_num2
    COOMn(k,:) = xlsread('data.xlsx', 1, join(['F' sprintf('%d', 7+21*(k-1)) ':' 'F' sprintf('%d', 13+21*(k-1))]));
end
for k = 1:month_num2
    NH3N(k,:) = xlsread('data.xlsx', 1, join(['G' sprintf('%d', 7+21*(k-1)) ':' 'G' sprintf('%d', 13+21*(k-1))]));
end
for k = 1:month_num2
    num = xlsread('data.xlsx', 2, join(['C' sprintf('%d', 5+(k-1)*2) ':' 'I' sprintf('%d', 5+(k-1)*2)]));
    l(k,:) = num;
end
for k = 1:month_num2
    num = xlsread('data.xlsx', 2, join(['C' sprintf('%d', 6+(k-1)*2) ':' 'I' sprintf('%d', 6+(k-1)*2)]));
    v(k,:) = num;
end
clearvars k num;

%-----COOMn-----%
locals_c_mat = zeros(month_num2, city_num2);
for month_num = 1:month_num2
    locals_c = [COOMn(month_num, 1) 0 0 0 0 0 0];
    for k = 2:city_num2
        day_num = (s(k-1)*1000)/mean([v(k) v(k-1)])/86400; %天
        water_abs = day_num*(86400*mean([l(k) l(k-1)])); %m³ 有假设
        reduce_abs = p*COOMn(month_num, k-1)*day_num*water_abs; %g 有假设,
        比如为什么不用积分
        last_abs = COOMn(month_num, k-1)*water_abs - reduce_abs; %g 有假设
        如果 last_abs<0 说明不仅仅清理掉了自己的垃圾还帮着清理了沿途的垃圾
        local_abs = COOMn(month_num, k)*water_abs - last_abs; %g
        locals_c(k) = local_abs/water_abs; %g/m³
    end
end

```

```

end
locals_c_mat(month_num,:) = locals_c;
end
S_locals_c = locals_c_mat./std(locals_c_mat);
mean_locals_c = mean(S_locals_c);
disp('# 各观测站的生产 COOMn 浓度的去离散化之后的平均值')
disp(mean_locals_c)
figure('Name','COOMn')
plot(1:city_num2, mean_locals_c)

%-----NH3-N-----%
locals_c_mat = zeros(month_num2, city_num2);
for month_num = 1:month_num2
    locals_c = [NH3N(month_num,1) 0 0 0 0 0];
    for k = 2:city_num2
        day_num = (s(k-1)*1000)/mean([v(k) v(k-1)])/86400; %天
        water_abs = day_num*(86400*mean([l(k) l(k-1)])); %m³ 有假设
        reduce_abs = p*NH3N(month_num,k-1)*day_num*water_abs; %g 有假设,
        比如为什么不用积分
        last_abs = NH3N(month_num,k-1)*water_abs - reduce_abs; %g 有假设
        如果 last_abs<0 说明不仅仅清理掉了自己的垃圾还帮着清理了沿途的垃圾
        local_abs = NH3N(month_num,k)*water_abs - last_abs; %g
        locals_c(k) = local_abs/water_abs; %g/m³
    end
    locals_c_mat(month_num,:) = locals_c;
end
S_locals_c = locals_c_mat./std(locals_c_mat);
mean_locals_c = mean(S_locals_c);
disp('# 各观测站的生产 NH3-N 浓度的去离散化之后的平均值')
disp(mean_locals_c)
figure('Name','NH3-N')
plot(1:city_num2, mean_locals_c)

```

第三题-各个水质的预测

```

clear
clc

%设置全局变量[year_num3 x_num]
year_num3 = 10;
grade_num = 6;
N = 4
foreYear_num = 10;

%导入数据[report]

```

```

report = zeros(9,13,10);
for k = 1:10
    num = xlsread('data.xlsx', 3, join(['C' sprintf('%d',6+(k-1)*14) ':0'
sprintf('%d',14+(k-1)*14)]));
    report(:, :, k) = num;
end

%-----枯水期全流域-----%
%整理本次用到的数据[lg_mat]
lg_mat = zeros(year_num3, grade_num);
for m = 1:year_num3
    for n = 1:grade_num
        lg_mat(m,n) = report(1, (2+2*(n-1)), m);
    end
end

%单个类别对总污染物的时间序列可视化
figure('Name','枯水期全流域')
for k = 1:grade_num
    subplot(3,2,k)
    xi = 1:year_num3;
    yi = lg_mat(:,k);
    plot(xi, yi, '--')
    xlabel('时间/年')
    ylabel(join([sprintf('%d',k) '类水质的枯水期全流域河长/km']))
    title(join([sprintf('%d',k) '类水质污染物的时间序列图']))
end

%趋势性移动平均法
lg_mat1 = zeros(year_num3-N+1, grade_num);
lg_mat2 = zeros(year_num3-2*N+1, grade_num);
for k = 1:size(lg_mat1,1)
    lg_mat1(k,:) = mean(lg_mat(k:k+N-1,:));
end
for k = 1:size(lg_mat2,1)
    lg_mat2(k,:) = mean(lg_mat1(k:k+N-1,:));
end
a = 2.*lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:)
b = 2/(N-1).*(lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:))
fore_result = zeros(foreYear_num, grade_num);
for k = 1:foreYear_num
    fore_result(k,:) = a + b.*k;
end

```

```

fore1_1 = fore_result;

%-----枯水期干流-----%
%整理本次用到的数据[lg_mat]
lg_mat = zeros(year_num3, grade_num);
for m = 1:year_num3
    for n = 1:grade_num
        lg_mat(m,n) = report(2, (2+2*(n-1)), m);
    end
end

%单个类别对总污染物的时间序列可视化
figure('Name','枯水期干流')
for k = 1:grade_num
    subplot(3,2,k)
    xi = 1:year_num3;
    yi = lg_mat(:,k);
    plot(xi, yi, '--')
    xlabel('时间/年')
    ylabel(join([sprintf('%d',k) '类水质的枯水期干流河长/km']))
    title(join([sprintf('%d',k) '类水质污染物的时间序列图']))
end

%趋势性移动平均法
lg_mat1 = zeros(year_num3-N, grade_num);
lg_mat2 = zeros(year_num3-2*N, grade_num);
for k = 1:size(lg_mat1,1)
    lg_mat1(k,:) = mean(lg_mat(k:k+N-1,:));
end
for k = 1:size(lg_mat2,1)
    lg_mat2(k,:) = mean(lg_mat1(k:k+N-1,:));
end
a = 2.*lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:)
b = 2/(N-1).*(lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:))
fore_result = zeros(foreYear_num, grade_num);
for k = 1:foreYear_num
    fore_result(k,:) = a + b.*k;
end
fore1_2 = fore_result;

%-----枯水期支流-----%
%整理本次用到的数据[lg_mat]

```

```

lg_mat = zeros(year_num3, grade_num);
for m = 1:year_num3
    for n = 1:grade_num
        lg_mat(m,n) = report(3, (2+2*(n-1)), m);
    end
end

%单个类别对总污染物的时间序列可视化
figure('Name','枯水期支流')
for k = 1:grade_num
    subplot(3,2,k)
    xi = 1:year_num3;
    yi = lg_mat(:,k);
    plot(xi, yi, '--')
    xlabel('时间/年')
    ylabel(join([sprintf('%d',k) '类水质的枯水期支流河长/km']))
    title(join([sprintf('%d',k) '类水质污染物的时间序列图']))
end

%趋势性移动平均法
lg_mat1 = zeros(year_num3-N, grade_num);
lg_mat2 = zeros(year_num3-2*N, grade_num);
for k = 1:size(lg_mat1,1)
    lg_mat1(k,:) = mean(lg_mat(k:k+N-1,:));
end
for k = 1:size(lg_mat2,1)
    lg_mat2(k,:) = mean(lg_mat1(k:k+N-1,:));
end
a = 2.*lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:)
b = 2/(N-1).*(lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:))
fore_result = zeros(foreYear_num, grade_num);
for k = 1:foreYear_num
    fore_result(k,:) = a + b.*k;
end
fore1_3 = fore_result;

%-----丰水期全流域-----%
%整理本次用到的数据[lg_mat]
lg_mat = zeros(year_num3, grade_num);
for m = 1:year_num3
    for n = 1:grade_num
        lg_mat(m,n) = report(4, (2+2*(n-1)), m);
    end
end

```



```

end

%单个类别对总污染物的时间序列可视化
figure('Name','丰水期全流域')
for k = 1:grade_num
    subplot(3,2,k)
    xi = 1:year_num3;
    yi = lg_mat(:,k);
    plot(xi, yi, '--')
    xlabel('时间/年')
    ylabel(join([sprintf('%d',k) '类水质的丰水期全流域河长/km']))
    title(join([sprintf('%d',k) '类水质污染物的时间序列图']))
end

%趋势性移动平均法
lg_mat1 = zeros(year_num3-N, grade_num);
lg_mat2 = zeros(year_num3-2*N, grade_num);
for k = 1:size(lg_mat1,1)
    lg_mat1(k,:) = mean(lg_mat(k:k+N-1,:));
end
for k = 1:size(lg_mat2,1)
    lg_mat2(k,:) = mean(lg_mat1(k:k+N-1,:));
end
a = 2.*lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:)
b = 2/(N-1).*(lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:))
fore_result = zeros(foreYear_num, grade_num);
for k = 1:foreYear_num
    fore_result(k,:) = a + b.*k;
end
fore2_1 = fore_result;

%-----丰水期干流-----%
%整理本次用到的数据[lg_mat]
lg_mat = zeros(year_num3, grade_num);
for m = 1:year_num3
    for n = 1:grade_num
        lg_mat(m,n) = report(5, (2+2*(n-1)), m);
    end
end

%单个类别对总污染物的时间序列可视化
figure('Name','丰水期干流')
for k = 1:grade_num

```

```

        subplot(3,2,k)
        xi = 1:year_num3;
        yi = lg_mat(:,k);
        plot(xi, yi, '--')
        xlabel('时间/年')
        ylabel(join([sprintf('%d',k) '类水质的丰水期干流河长/km']))
        title(join([sprintf('%d',k) '类水质污染物的时间序列图']))
    end

%趋势性移动平均法
lg_mat1 = zeros(year_num3-N, grade_num);
lg_mat2 = zeros(year_num3-2*N, grade_num);
for k = 1:size(lg_mat1,1)
    lg_mat1(k,:) = mean(lg_mat(k:k+N-1,:));
end
for k = 1:size(lg_mat2,1)
    lg_mat2(k,:) = mean(lg_mat1(k:k+N-1,:));
end
a = 2.*lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:)
b = 2/(N-1).*(lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:))
fore_result = zeros(foreYear_num, grade_num);
for k = 1:foreYear_num
    fore_result(k,:) = a + b.*k;
end
fore2_2 = fore_result;

%-----丰水期支流-----%
%整理本次用到的数据[lg_mat]
lg_mat = zeros(year_num3, grade_num);
for m = 1:year_num3
    for n = 1:grade_num
        lg_mat(m,n) = report(6, (2+2*(n-1)), m);
    end
end

%单个类别对总污染物的时间序列可视化
figure('Name','丰水期支流')
for k = 1:grade_num
    subplot(3,2,k)
    xi = 1:year_num3;
    yi = lg_mat(:,k);
    plot(xi, yi, '--')
    xlabel('时间/年')

```

```

        ylabel(join([sprintf('%d',k) '类水质的丰水期支流河长/km']))
        title(join([sprintf('%d',k) '类水质污染物的时间序列图']))
    end

%趋势性移动平均法
lg_mat1 = zeros(year_num3-N, grade_num);
lg_mat2 = zeros(year_num3-2*N, grade_num);
for k = 1:size(lg_mat1,1)
    lg_mat1(k,:) = mean(lg_mat(k:k+N-1,:));
end
for k = 1:size(lg_mat2,1)
    lg_mat2(k,:) = mean(lg_mat1(k:k+N-1,:));
end
a = 2.*lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:)
b = 2/(N-1).*(lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:))
fore_result = zeros(foreYear_num, grade_num);
for k = 1:foreYear_num
    fore_result(k,:) = a + b.*k;
end
fore2_3 = fore_result;

%-----水文年全流域-----%
%整理本次用到的数据[lg_mat]
lg_mat = zeros(year_num3, grade_num);
for m = 1:year_num3
    for n = 1:grade_num
        lg_mat(m,n) = report(7, (2+2*(n-1)), m);
    end
end

%单个类别对总污染物的时间序列可视化
figure('Name','水文年全流域')
for k = 1:grade_num
    subplot(3,2,k)
    xi = 1:year_num3;
    yi = lg_mat(:,k);
    plot(xi, yi, '--')
    xlabel('时间/年')
    ylabel(join([sprintf('%d',k) '类水质的水文年全流域河长/km']))
    title(join([sprintf('%d',k) '类水质污染物的时间序列图']))
end

%趋势性移动平均法

```

```

lg_mat1 = zeros(year_num3-N, grade_num);
lg_mat2 = zeros(year_num3-2*N, grade_num);
for k = 1:size(lg_mat1,1)
    lg_mat1(k,:) = mean(lg_mat(k:k+N-1,:));
end
for k = 1:size(lg_mat2,1)
    lg_mat2(k,:) = mean(lg_mat1(k:k+N-1,:));
end
a = 2.*lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:)
b = 2/(N-1).*(lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:))
fore_result = zeros(foreYear_num, grade_num);
for k = 1:foreYear_num
    fore_result(k,:) = a + b.*k;
end
fore3_1 = fore_result;

%-----水文年干流-----%
%整理本次用到的数据[lg_mat]
lg_mat = zeros(year_num3, grade_num);
for m = 1:year_num3
    for n = 1:grade_num
        lg_mat(m,n) = report(8, (2+2*(n-1)), m);
    end
end

%单个类别对总污染物的时间序列可视化
figure('Name','水文年干流')
for k = 1:grade_num
    subplot(3,2,k)
    xi = 1:year_num3;
    yi = lg_mat(:,k);
    plot(xi, yi, '--')
    xlabel('时间/年')
    ylabel(join([sprintf('%d',k) '类水质的水文年干流河长/km']))
    title(join([sprintf('%d',k) '类水质污染物的时间序列图']))
end

%趋势性移动平均法
lg_mat1 = zeros(year_num3-N, grade_num);
lg_mat2 = zeros(year_num3-2*N, grade_num);
for k = 1:size(lg_mat1,1)
    lg_mat1(k,:) = mean(lg_mat(k:k+N-1,:));
end

```

```

for k = 1:size(lg_mat2,1)
    lg_mat2(k,:) = mean(lg_mat1(k:k+N-1,:));
end
a = 2.*lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:)
b = 2/(N-1).*(lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:))
fore_result = zeros(foreYear_num, grade_num);
for k = 1:foreYear_num
    fore_result(k,:) = a + b.*k;
end
fore3_2 = fore_result;

%-----水文年支流-----%
%整理本次用到的数据[lg_mat]
lg_mat = zeros(year_num3, grade_num);
for m = 1:year_num3
    for n = 1:grade_num
        lg_mat(m,n) = report(9, (2+2*(n-1)), m);
    end
end

%单个类别对总污染物的时间序列可视化
figure('Name','水文年支流')
for k = 1:grade_num
    subplot(3,2,k)
    xi = 1:year_num3;
    yi = lg_mat(:,k);
    plot(xi, yi, '--')
    xlabel('时间/年')
    ylabel(join([sprintf('%d',k) '类水质的水文年支流河长/km']))
    title(join([sprintf('%d',k) '类水质污染物的时间序列图']))
end

%趋势性移动平均法
lg_mat1 = zeros(year_num3-N, grade_num);
lg_mat2 = zeros(year_num3-2*N, grade_num);
for k = 1:size(lg_mat1,1)
    lg_mat1(k,:) = mean(lg_mat(k:k+N-1,:));
end
for k = 1:size(lg_mat2,1)
    lg_mat2(k,:) = mean(lg_mat1(k:k+N-1,:));
end
a = 2.*lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:)
b = 2/(N-1).*(lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:))

```

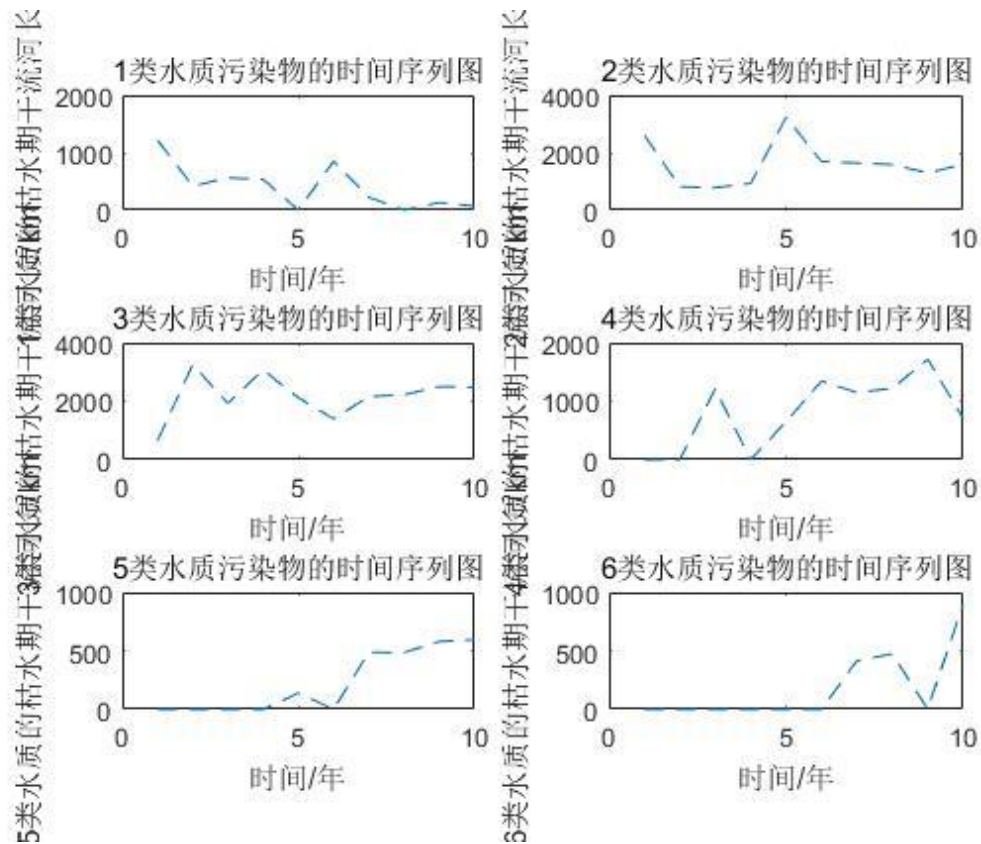
```

fore_result = zeros(foreYear_num, grade_num);
for k = 1:foreYear_num
    fore_result(k,:) = a + b.*k;
end
fore3_3 = fore_result;

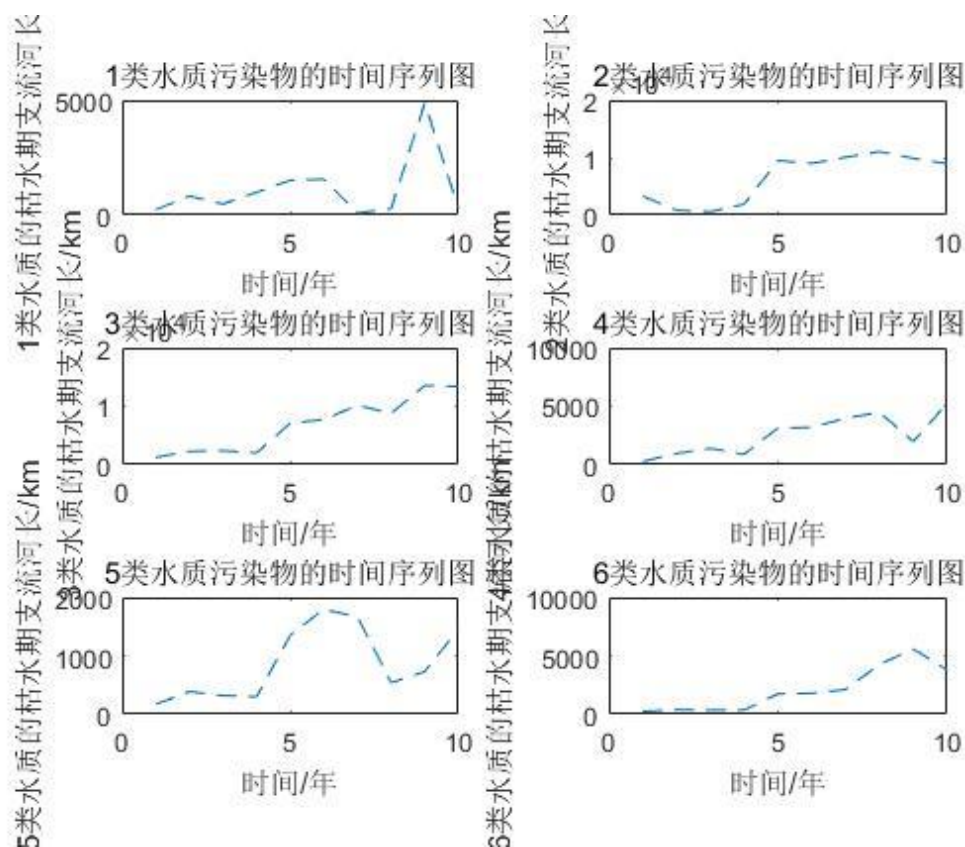
xlswrite('data.xlsx', [fore1_1; fore1_2; fore1_3; fore2_1; fore2_2;
fore2_3; fore3_1; fore3_2; fore3_3], 4, ' B1');

```

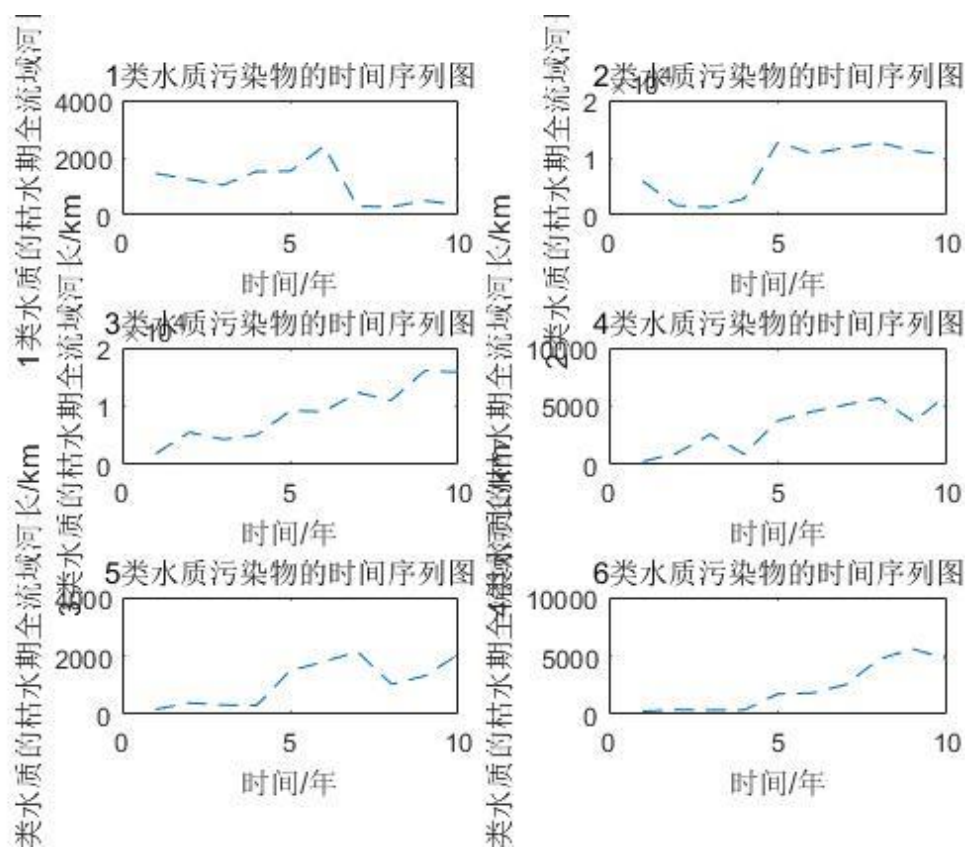
枯水期干流



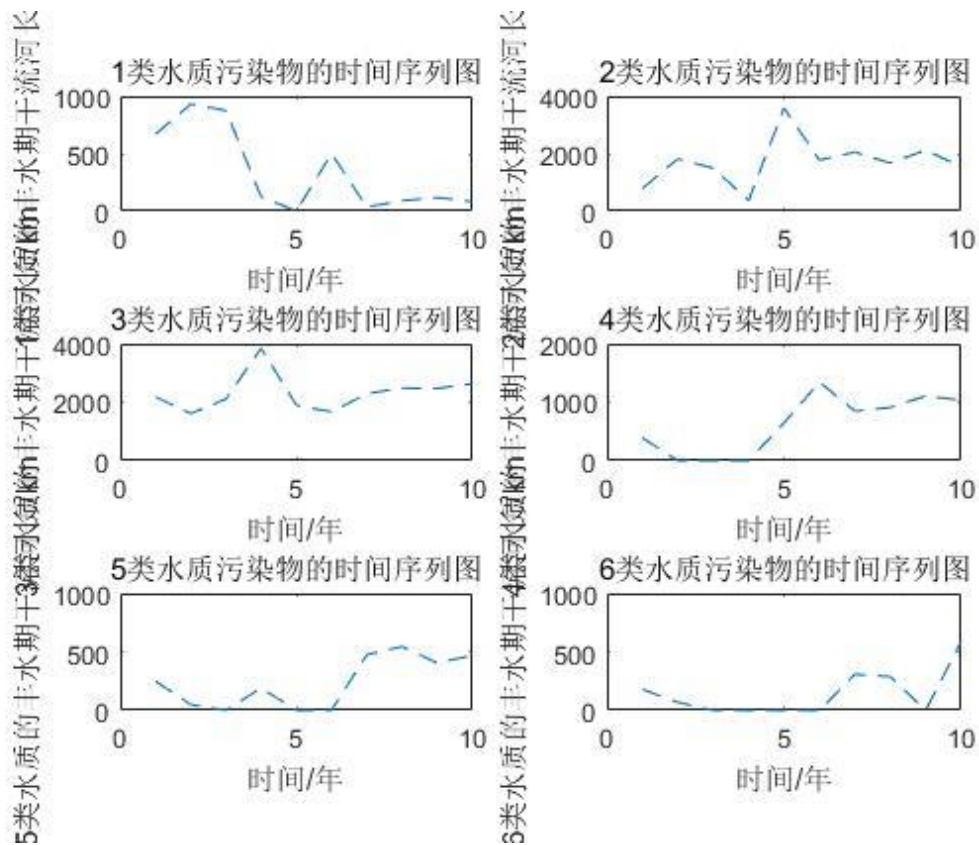
枯水期支流



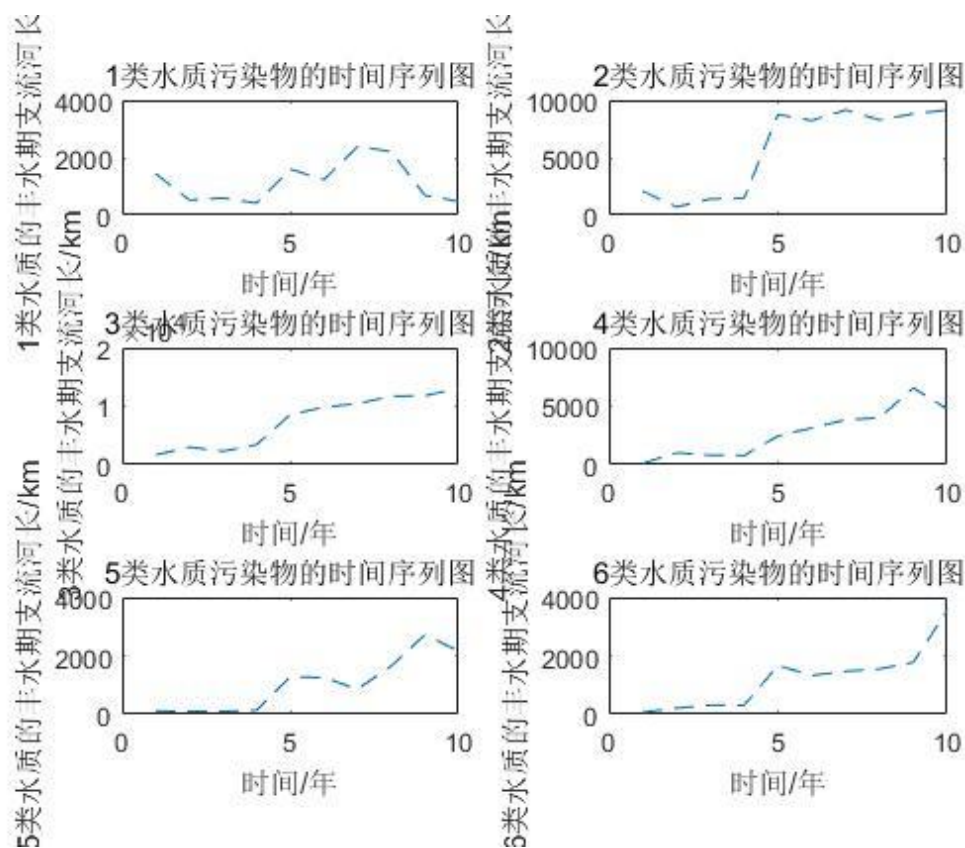
枯水期全流域



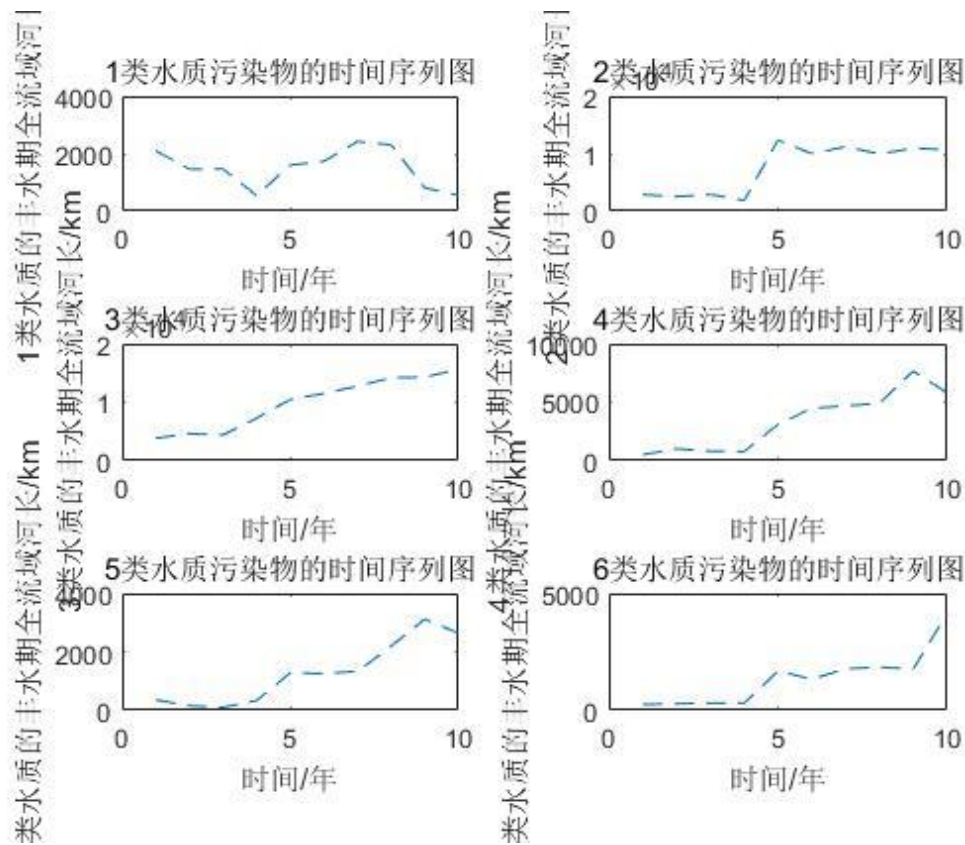
丰水期干流



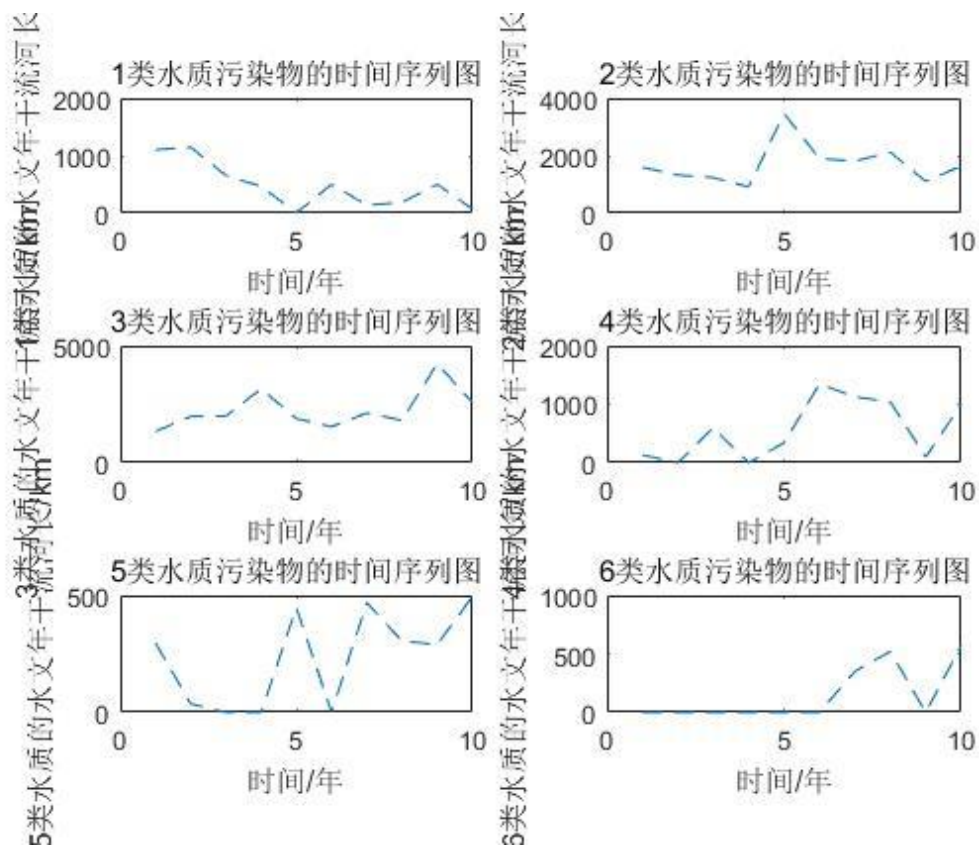
丰水期支流



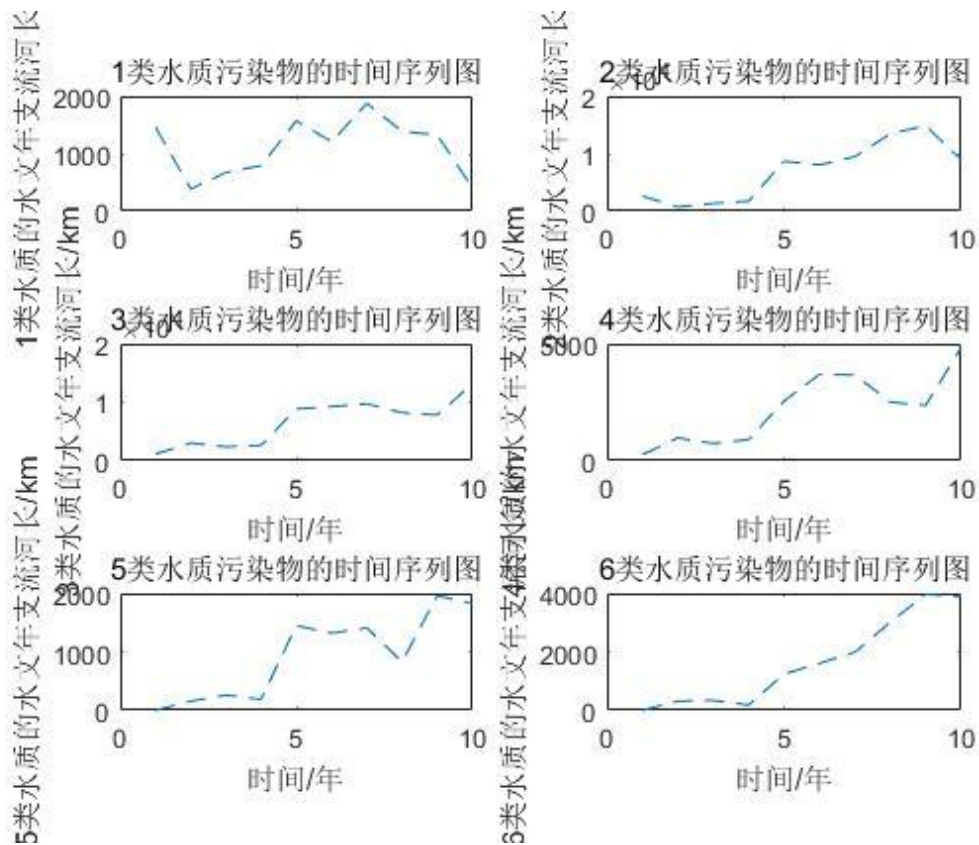
丰水期全流域



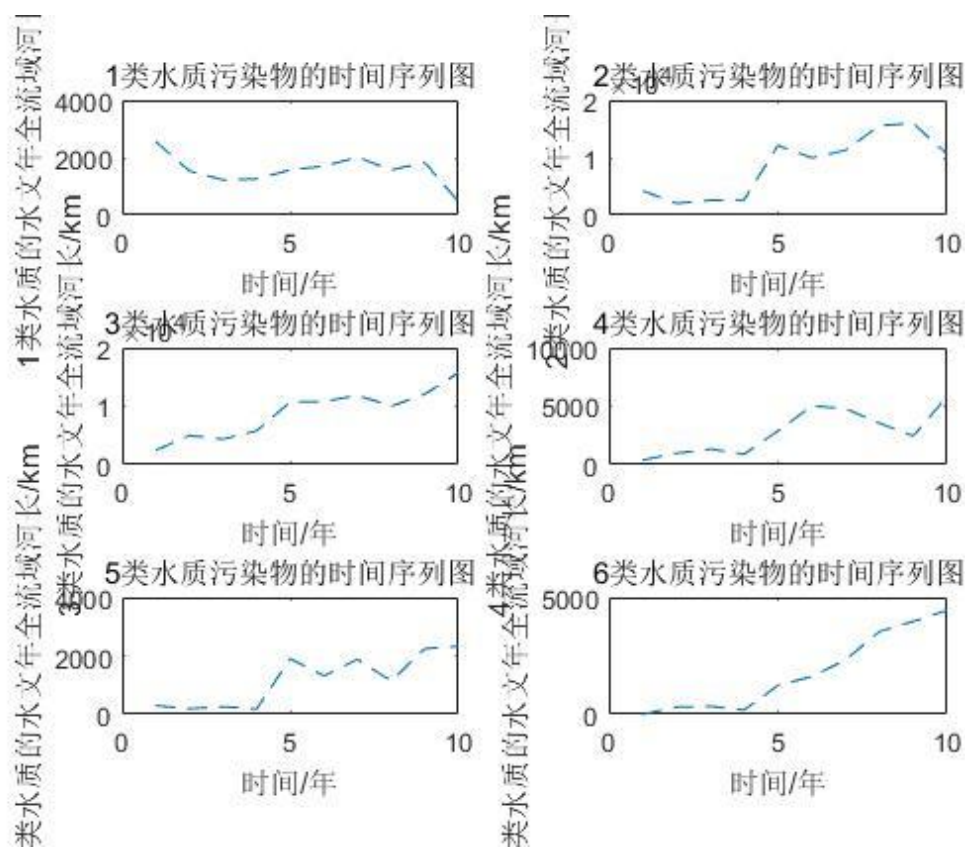
水文年干流



水文年支流



水文年全流域



第三题-评价河长的预测

```
clear
clc

%设置全局变量[year_num3 x_num]
year_num3 = 10;
grade_num = 1;
N = 4
foreYear_num = 10;

%导入数据[report]
report = zeros(9,13,10);
for k = 1:10
    num = xlsread('data.xlsx', 3, join(['C' sprintf('%d',6+(k-1)*14) ':0'
    sprintf('%d',14+(k-1)*14)]));
    report(:,:,k) = num;
end

%-----枯水期全流域-----%
%整理本次用到的数据[lg_mat]
lg_mat = zeros(year_num3, grade_num);
for m = 1:year_num3
    for n = 1:grade_num
        lg_mat(m,n) = report(1, (1+2*(n-1)), m);
    end
end

%单个类别对总污染物的时间序列可视化
figure('Name','枯水期全流域')
for k = 1:grade_num
    xi = 1:year_num3;
    yi = lg_mat(:,k);
    plot(xi, yi, '--')
    xlabel('时间/年')
    ylabel(join([sprintf('%d',k) '类水质的枯水期全流域河长/km']))
    title(join([sprintf('%d',k) '类水质污染物的时间序列图']))
end

%趋势性移动平均法
lg_mat1 = zeros(year_num3-N+1, grade_num);
lg_mat2 = zeros(year_num3-2*N+1, grade_num);
for k = 1:size(lg_mat1,1)
    lg_mat1(k,:) = mean(lg_mat(k:k+N-1,:));
```

```

end
for k = 1:size(lg_mat2,1)
    lg_mat2(k,:) = mean(lg_mat1(k:k+N-1,:));
end
a = 2.*lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:)
b = 2/(N-1).*(lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:))
fore_result = zeros(foreYear_num, grade_num);
for k = 1:foreYear_num
    fore_result(k,:) = a + b.*k;
end
fore1_1 = fore_result;

%-----枯水期干流-----%
%整理本次用到的数据[lg_mat]
lg_mat = zeros(year_num3, grade_num);
for m = 1:year_num3
    for n = 1:grade_num
        lg_mat(m,n) = report(2, (1+2*(n-1)), m);
    end
end

%单个类别对总污染物的时间序列可视化
figure('Name','枯水期干流')
for k = 1:grade_num
    xi = 1:year_num3;
    yi = lg_mat(:,k);
    plot(xi, yi, '--')
    xlabel('时间/年')
    ylabel(join([sprintf('%d',k) '类水质的枯水期干流河长/km']))
    title(join([sprintf('%d',k) '类水质污染物的时间序列图']))
end

%趋势性移动平均法
lg_mat1 = zeros(year_num3-N, grade_num);
lg_mat2 = zeros(year_num3-2*N, grade_num);
for k = 1:size(lg_mat1,1)
    lg_mat1(k,:) = mean(lg_mat(k:k+N-1,:));
end
for k = 1:size(lg_mat2,1)
    lg_mat2(k,:) = mean(lg_mat1(k:k+N-1,:));
end
a = 2.*lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:)
b = 2/(N-1).*(lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:))

```

```

fore_result = zeros(foreYear_num, grade_num);
for k = 1:foreYear_num
    fore_result(k,:) = a + b.*k;
end
fore1_2 = fore_result;

%-----枯水期支流-----%
%整理本次用到的数据[lg_mat]
lg_mat = zeros(year_num3, grade_num);
for m = 1:year_num3
    for n = 1:grade_num
        lg_mat(m,n) = report(3, (1+2*(n-1)), m);
    end
end

%单个类别对总污染物的时间序列可视化
figure('Name','枯水期支流')
for k = 1:grade_num
    xi = 1:year_num3;
    yi = lg_mat(:,k);
    plot(xi, yi, '--')
    xlabel('时间/年')
    ylabel(join([sprintf('%d',k) '类水质的枯水期支流河长/km']))
    title(join([sprintf('%d',k) '类水质污染物的时间序列图']))
end

%趋势性移动平均法
lg_mat1 = zeros(year_num3-N, grade_num);
lg_mat2 = zeros(year_num3-2*N, grade_num);
for k = 1:size(lg_mat1,1)
    lg_mat1(k,:) = mean(lg_mat(k:k+N-1,:));
end
for k = 1:size(lg_mat2,1)
    lg_mat2(k,:) = mean(lg_mat1(k:k+N-1,:));
end
a = 2.*lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:)
b = 2/(N-1).*(lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:))
fore_result = zeros(foreYear_num, grade_num);
for k = 1:foreYear_num
    fore_result(k,:) = a + b.*k;
end
fore1_3 = fore_result;

```

```

%-----丰水期全流域-----%
%整理本次用到的数据[lg_mat]
lg_mat = zeros(year_num3, grade_num);
for m = 1:year_num3
    for n = 1:grade_num
        lg_mat(m,n) = report(4, (1+2*(n-1)), m);
    end
end

%单个类别对总污染物的时间序列可视化
figure('Name','丰水期全流域')
for k = 1:grade_num
    xi = 1:year_num3;
    yi = lg_mat(:,k);
    plot(xi, yi, '--')
    xlabel('时间/年')
    ylabel(join([sprintf('%d',k) '类水质的丰水期全流域河长/km']))
    title(join([sprintf('%d',k) '类水质污染物的时间序列图']))
end

%趋势性移动平均法
lg_mat1 = zeros(year_num3-N, grade_num);
lg_mat2 = zeros(year_num3-2*N, grade_num);
for k = 1:size(lg_mat1,1)
    lg_mat1(k,:) = mean(lg_mat(k:k+N-1,:));
end
for k = 1:size(lg_mat2,1)
    lg_mat2(k,:) = mean(lg_mat1(k:k+N-1,:));
end
a = 2.*lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:)
b = 2/(N-1).*(lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:))
fore_result = zeros(foreYear_num, grade_num);
for k = 1:foreYear_num
    fore_result(k,:) = a + b.*k;
end
fore2_1 = fore_result;

%-----丰水期干流-----%
%整理本次用到的数据[lg_mat]
lg_mat = zeros(year_num3, grade_num);
for m = 1:year_num3
    for n = 1:grade_num

```

```

        lg_mat(m,n) = report(5, (1+2*(n-1)), m);
    end
end

%单个类别对总污染物的时间序列可视化
figure('Name','丰水期干流')
for k = 1:grade_num
    xi = 1:year_num3;
    yi = lg_mat(:,k);
    plot(xi, yi, '--')
    xlabel('时间/年')
    ylabel(join([sprintf('%d',k) '类水质的丰水期干流河长/km']))
    title(join([sprintf('%d',k) '类水质污染物的时间序列图']))
end

%趋势性移动平均法
lg_mat1 = zeros(year_num3-N, grade_num);
lg_mat2 = zeros(year_num3-2*N, grade_num);
for k = 1:size(lg_mat1,1)
    lg_mat1(k,:) = mean(lg_mat(k:k+N-1,:));
end
for k = 1:size(lg_mat2,1)
    lg_mat2(k,:) = mean(lg_mat1(k:k+N-1,:));
end
a = 2.*lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:)
b = 2/(N-1).*(lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:))
fore_result = zeros(foreYear_num, grade_num);
for k = 1:foreYear_num
    fore_result(k,:) = a + b.*k;
end
fore2_2 = fore_result;

%-----丰水期支流-----%
%整理本次用到的数据[lg_mat]
lg_mat = zeros(year_num3, grade_num);
for m = 1:year_num3
    for n = 1:grade_num
        lg_mat(m,n) = report(6, (1+2*(n-1)), m);
    end
end

%单个类别对总污染物的时间序列可视化
figure('Name','丰水期支流')

```

```

for k = 1:grade_num
    xi = 1:year_num3;
    yi = lg_mat(:,k);
    plot(xi, yi, '--')
    xlabel('时间/年')
    ylabel(join([sprintf('%d',k) '类水质的丰水期支流河长/km']))
    title(join([sprintf('%d',k) '类水质污染物的时间序列图']))
end

%趋势性移动平均法
lg_mat1 = zeros(year_num3-N, grade_num);
lg_mat2 = zeros(year_num3-2*N, grade_num);
for k = 1:size(lg_mat1,1)
    lg_mat1(k,:) = mean(lg_mat(k:k+N-1,:));
end
for k = 1:size(lg_mat2,1)
    lg_mat2(k,:) = mean(lg_mat1(k:k+N-1,:));
end
a = 2.*lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:)
b = 2/(N-1).*(lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:))
fore_result = zeros(foreYear_num, grade_num);
for k = 1:foreYear_num
    fore_result(k,:) = a + b.*k;
end
fore2_3 = fore_result;

%-----水文年全流域-----%
%整理本次用到的数据[lg_mat]
lg_mat = zeros(year_num3, grade_num);
for m = 1:year_num3
    for n = 1:grade_num
        lg_mat(m,n) = report(7, (1+2*(n-1)), m);
    end
end

%单个类别对总污染物的时间序列可视化
figure('Name','水文年全流域')
for k = 1:grade_num
    xi = 1:year_num3;
    yi = lg_mat(:,k);
    plot(xi, yi, '--')
    xlabel('时间/年')
    ylabel(join([sprintf('%d',k) '类水质的水文年全流域河长/km']))

```



```

        title(join([sprintf('%d',k) '类水质污染物的时间序列图']))
    end

%趋势性移动平均法
lg_mat1 = zeros(year_num3-N, grade_num);
lg_mat2 = zeros(year_num3-2*N, grade_num);
for k = 1:size(lg_mat1,1)
    lg_mat1(k,:) = mean(lg_mat(k:k+N-1,:));
end
for k = 1:size(lg_mat2,1)
    lg_mat2(k,:) = mean(lg_mat1(k:k+N-1,:));
end
a = 2.*lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:)
b = 2/(N-1).*(lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:))
fore_result = zeros(foreYear_num, grade_num);
for k = 1:foreYear_num
    fore_result(k,:) = a + b.*k;
end
fore3_1 = fore_result;

%-----水文年干流-----%
%整理本次用到的数据[lg_mat]
lg_mat = zeros(year_num3, grade_num);
for m = 1:year_num3
    for n = 1:grade_num
        lg_mat(m,n) = report(8, (1+2*(n-1)), m);
    end
end

%单个类别对总污染物的时间序列可视化
figure('Name','水文年干流')
for k = 1:grade_num
    xi = 1:year_num3;
    yi = lg_mat(:,k);
    plot(xi, yi, '--')
    xlabel('时间/年')
    ylabel(join([sprintf('%d',k) '类水质的水文年干流河长/km']))
    title(join([sprintf('%d',k) '类水质污染物的时间序列图']))
end

%趋势性移动平均法
lg_mat1 = zeros(year_num3-N, grade_num);
lg_mat2 = zeros(year_num3-2*N, grade_num);

```

```

for k = 1:size(lg_mat1,1)
    lg_mat1(k,:) = mean(lg_mat(k:k+N-1,:));
end
for k = 1:size(lg_mat2,1)
    lg_mat2(k,:) = mean(lg_mat1(k:k+N-1,:));
end
a = 2.*lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:)
b = 2/(N-1).*(lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:))
fore_result = zeros(foreYear_num, grade_num);
for k = 1:foreYear_num
    fore_result(k,:) = a + b.*k;
end
fore3_2 = fore_result;

%-----水文年支流-----%
%整理本次用到的数据[lg_mat]
lg_mat = zeros(year_num3, grade_num);
for m = 1:year_num3
    for n = 1:grade_num
        lg_mat(m,n) = report(9, (1+2*(n-1)), m);
    end
end

%单个类别对总污染物的时间序列可视化
figure('Name','水文年支流')
for k = 1:grade_num
    xi = 1:year_num3;
    yi = lg_mat(:,k);
    plot(xi, yi, '--')
    xlabel('时间/年')
    ylabel(join([sprintf('%d',k) '类水质的水文年支流河长/km']))
    title(join([sprintf('%d',k) '类水质污染物的时间序列图']))
end

%趋势性移动平均法
lg_mat1 = zeros(year_num3-N, grade_num);
lg_mat2 = zeros(year_num3-2*N, grade_num);
for k = 1:size(lg_mat1,1)
    lg_mat1(k,:) = mean(lg_mat(k:k+N-1,:));
end
for k = 1:size(lg_mat2,1)
    lg_mat2(k,:) = mean(lg_mat1(k:k+N-1,:));
end

```

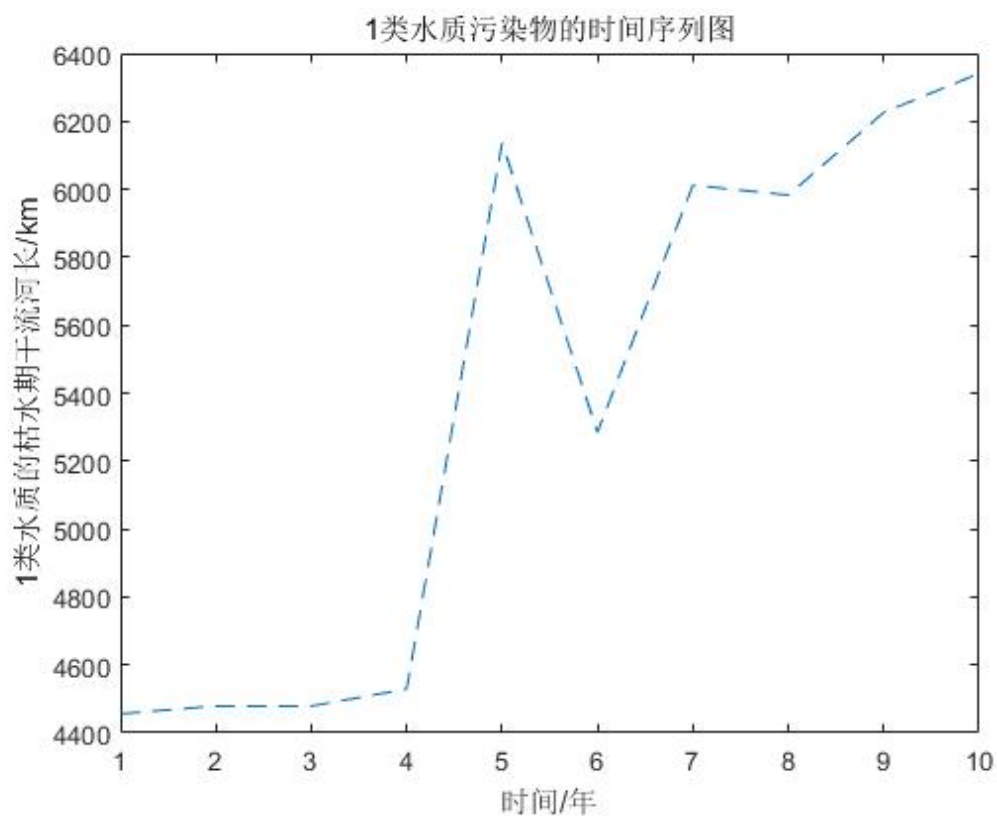
```

a = 2.*lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:)
b = 2/(N-1).*(lg_mat1(size(lg_mat1,1),:)-lg_mat2(size(lg_mat2,1),:))
fore_result = zeros(foreYear_num, grade_num);
for k = 1:foreYear_num
    fore_result(k,:) = a + b.*k;
end
fore3_3 = fore_result;

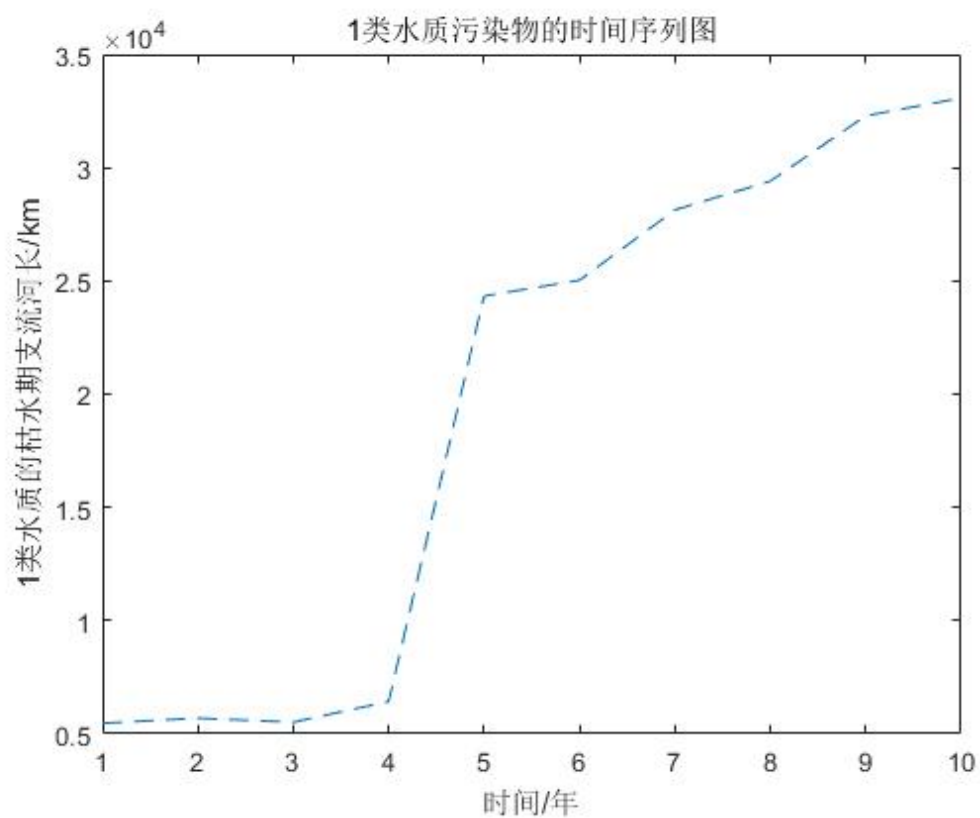
xlswrite('data.xlsx', [fore1_1; fore1_2; fore1_3; fore2_1; fore2_2;
fore2_3; fore3_1; fore3_2; fore3_3], 4, 'A1');

```

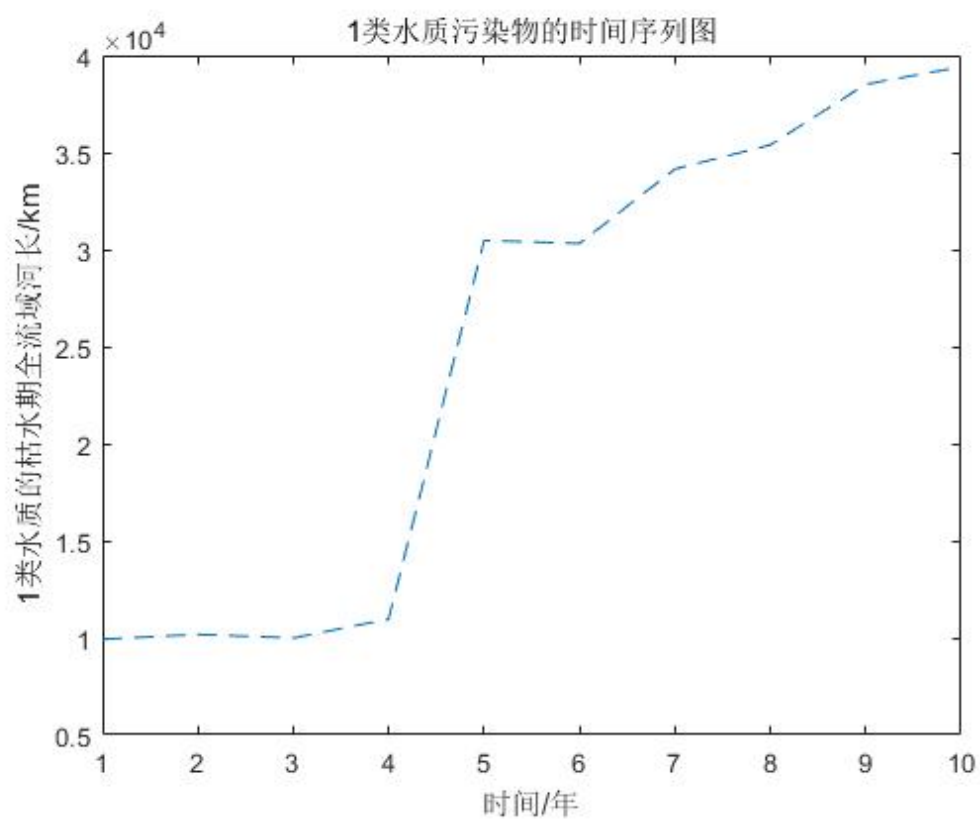
枯水期干流



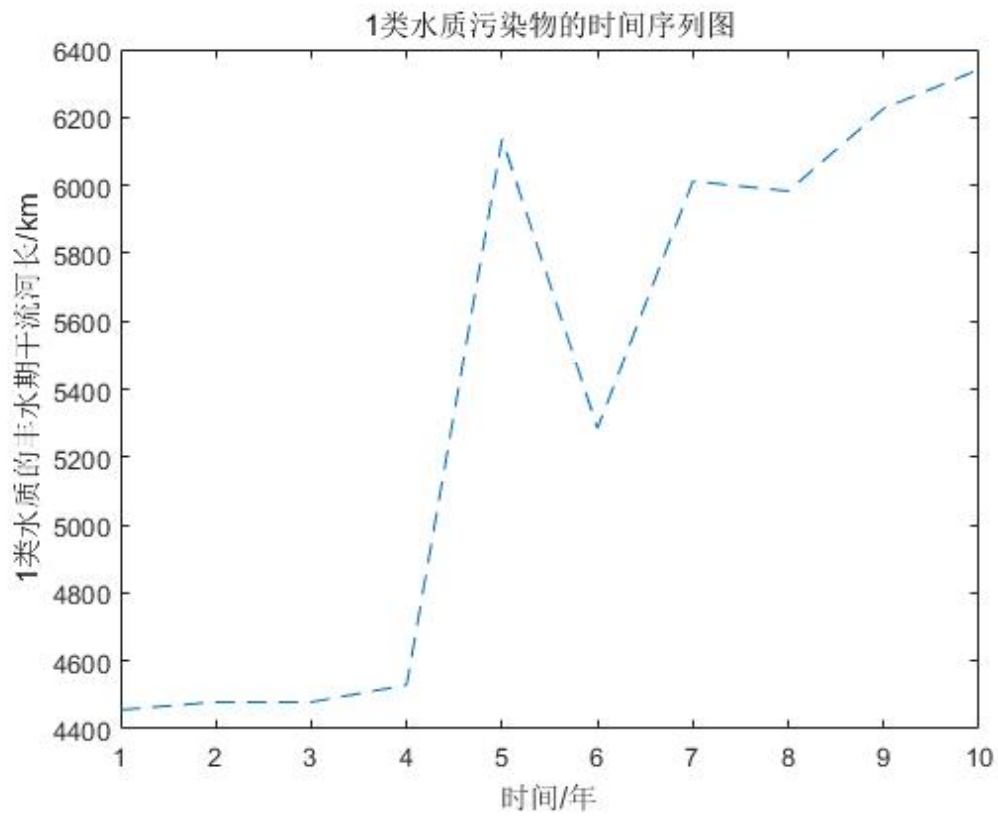
枯水期支流



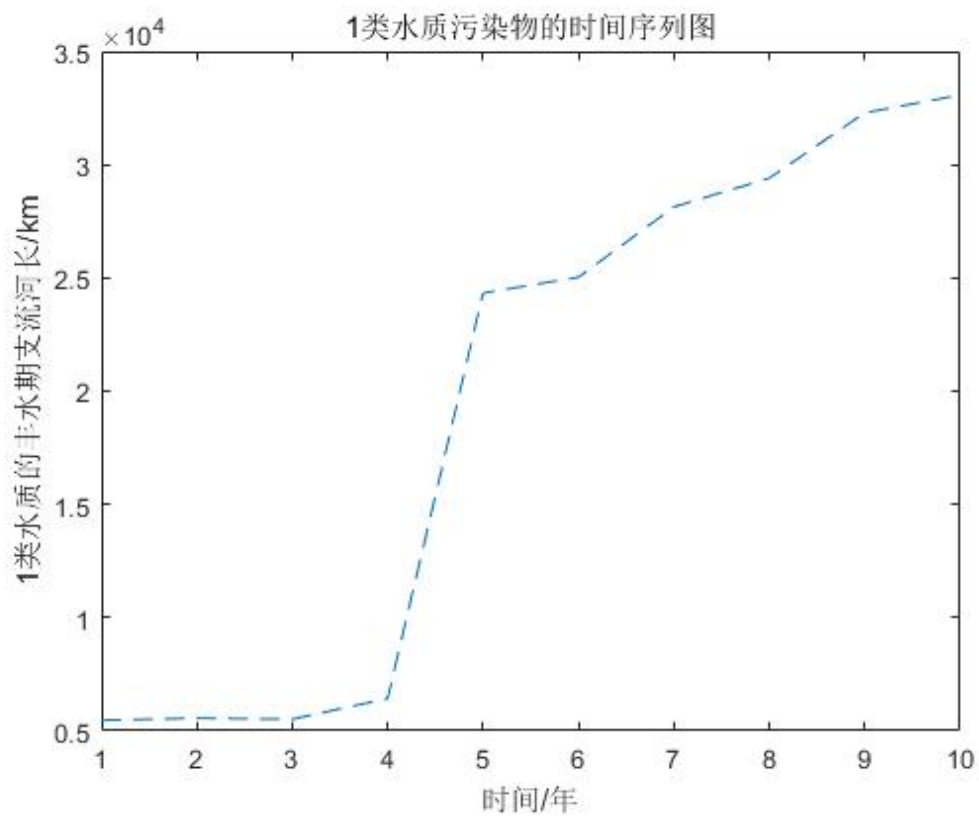
枯水期全流域



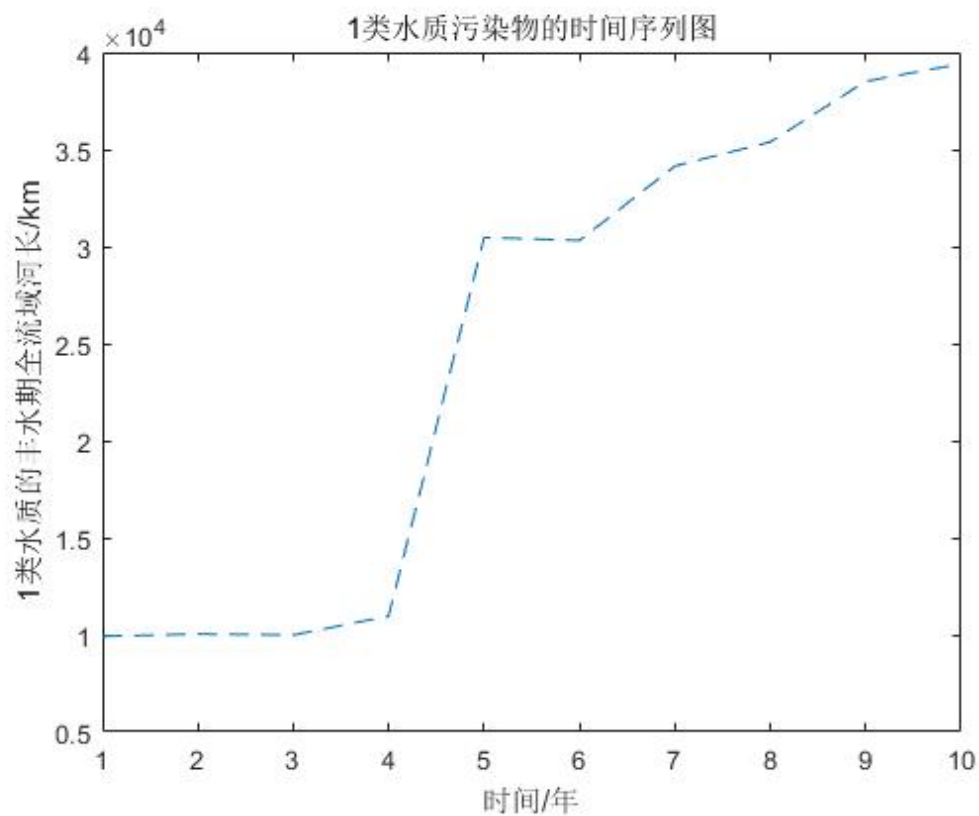
丰水期干流



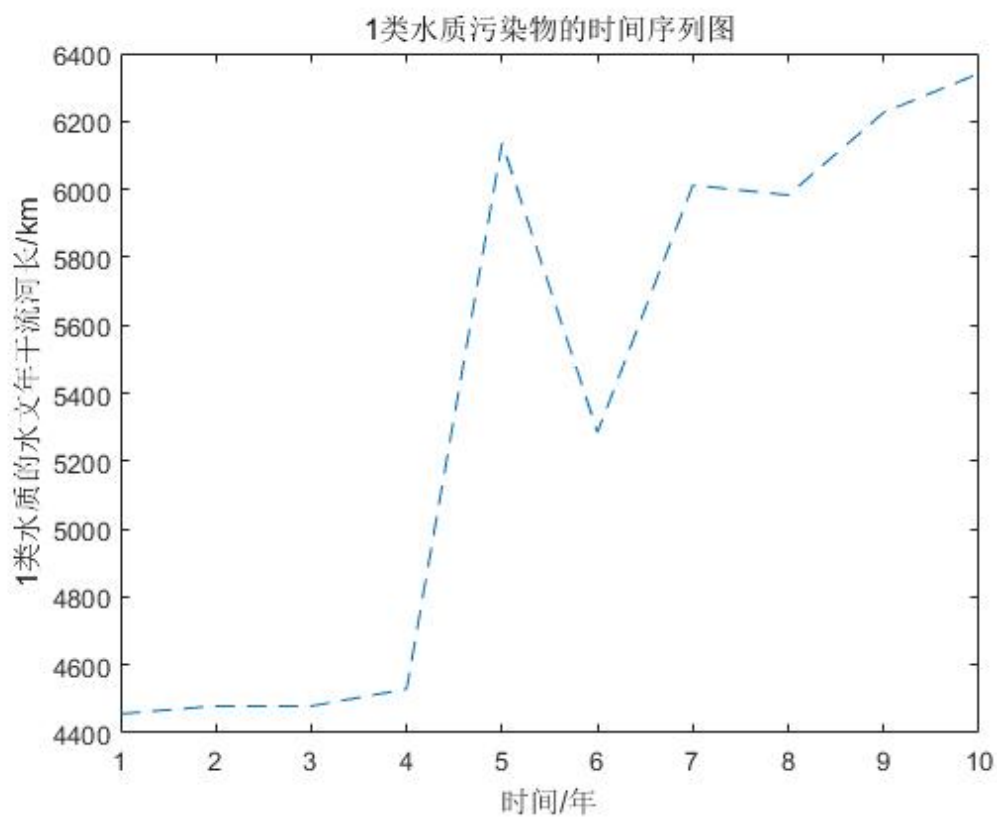
丰水期支流



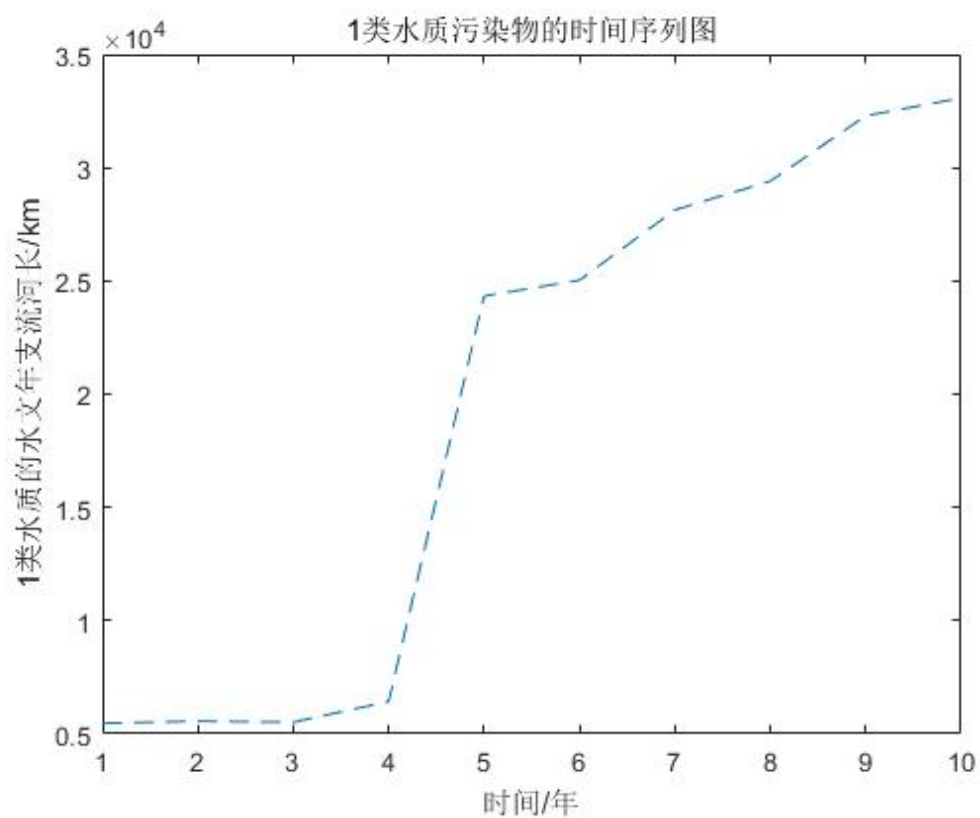
丰水期全流域



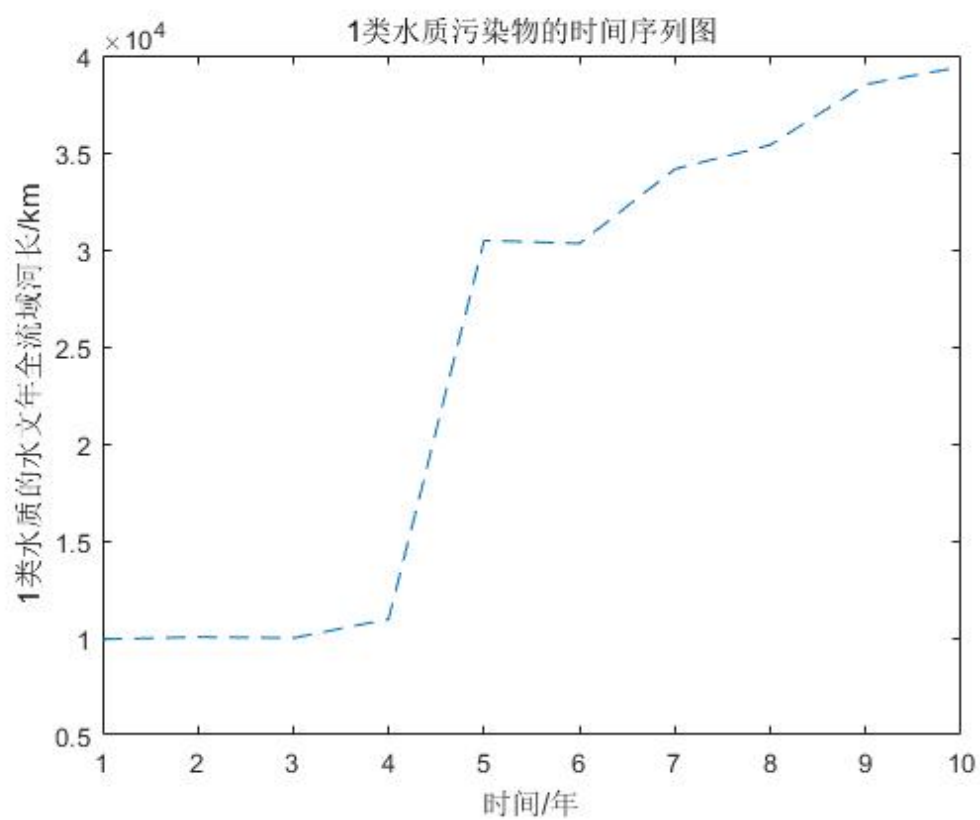
水文年干流



水文年支流



水文年全流域



第三题-污水排放总量的预测

```
clear
clc

%设置全局变量[year_num3 x_num]
year_num3 = 10;
grade_num = 1;
N = 4
foreYear_num = 10;

%导入数据[outWater_abs]
outWater_abs = transpose([174 179 183 189 207 234 220.5 256 270 285]);

%趋势性移动平均法
outWater_abs1 = zeros(year_num3-N+1, grade_num);
outWater_abs2 = zeros(year_num3-2*N+1, grade_num);
for k = 1:size(outWater_abs1,1)
    outWater_abs1(k,:) = mean(outWater_abs(k:k+N-1,:));
end
for k = 1:size(outWater_abs2,1)
    outWater_abs2(k,:) = mean(outWater_abs1(k:k+N-1,:));
end
a = 2.*outWater_abs1(size(outWater_abs1,1),:)-outWater_abs2(size(outWater_abs2,1),:)
b = 2/(N-1).*(outWater_abs1(size(outWater_abs1,1),:)-outWater_abs2(size(outWater_abs2,1),:))
fore_result = zeros(foreYear_num, grade_num);
for k = 1:foreYear_num
    fore_result(k,:) = a + b.*k;
end
fore_result
```