

我国水资源现状的分析及发展预测

摘要

水是生命之源、生产之基、生态之基，因此水资源的合理开发利用对生态文明建设、经济社会发展以及居民生活的提升具有重大意义。

针对问题一，通过分析水资源公报中的数据，首先我们从供水量、用水量、用水指标、废污水排放量这四大方面选取评价指标建立评价体系，分析评价我国水资源开发利用现状及存在的主要问题：如我国水资源空间分布总体上呈“南多北少”（79.4%、21.6%）的状况，与南北方水资源供水比例（54.5%、45.5%）形成反差，导致水资源供给矛盾突出，水资源配置难度大；我国万元国内生产总值用水量与万元工业增加值用水量呈稳定下降趋势，但我国的万元工业增加值平均用水量（61.32m³）与世界先进水平（40m³）仍有一定差距；我国耕地实际灌溉亩均用水量与农田灌溉有效利用系数的平均水平与国家目标有一定的差距，表明我国的产业结构与行业用水效率需要进一步的提高；我国2012-2016年水功能区水质平均达标率仅为52.48%，表明我国水功能水质急需提高。接着我们通过查阅大量文献确立了各个指标的函数关系，运用灰色预测的方法预测出各基础指标在2020年与2030年的数值，最后得出我国在不改变现状的条件下的重要评价指标的预测值，和国家提出的2020年、2030年的目标进行对比，分析偏差：我国全国用水量、万元国内生产总值用水量、万元工业增加值用水量、农田灌溉水有效利用系数以及水功能区水质达标率普遍达不到目标值，其中除全国用水总量趋向非优化方向发展，其余指标相对于现状都趋向优化方向发展。

针对问题二，结合附件1、附件2、水资源公报以及问题一各指标的函数关系，我们基于免疫算法的思想建立了一个搜索优化算法模型，对于全国的总目标，设立约束条件，对模型进行区间搜索求出个指标的临界值与最优控制区间。最后，结合各省份的具体情况，运用模型得出各省的各个指标的临界值与最优控制区间。

针对于问题三，结合附件3、附件4以及问题一与问题二的模型，首先通过数据分析与公式推导，得到了万元国内生产总值用水量、耕地实际灌溉亩均用水量及万元工业增加值用水量之间的内在规律，进一步优化了我们的模型。接着基于各省的往年各指标的数据，利用我们的模型预测分析了各省的各指标的发展趋势。最后对模型进行检验分析，结果显示模型优良，参考价值高。

针对于问题四，基于我们的模型与研究结果，我们结合我国水资源开发利用现状，针对重要指标给出了管理和控制建议，写成了一封建议信。

本文在分析预测各省的水资源开发利用指标的发展趋势时，综合了各省的产业结构、行业用水效率、用水政策以及各指标应该遵循的社会发展规律，使得我们的模型具有实用性，合理性与推广意义。

关键词：水资源开发利用 数据分析 评价指标体系 灰色预测 免疫算法

一、问题的重述

水是生命之源、生产之要、生态之基。但是人多水少、水资源时空分布不均是我国的基本国情和水情，水资源短缺、水污染严重、水生态恶化等问题十分突出，已成为制约经济社会可持续发展的主要瓶颈。随着工业化、城镇化深入发展，水资源需求将在较长一段时期内持续增长，水资源供需矛盾将更加尖锐，我国水资源面临的形势将更为严峻。因此水资源的合理开发利用对于生态文明建设战略、经济社会的协调发展以及居民生活的提升具有重大意义，根据近五年的《中国水资源公报》和题目所给附件中的相关信息与数据解决以下问题：

问题一：通过分析我国 2012-2016 年《中国水资源公报》中的相关信息与数据，找出我国水资源开发利用现状及存在的主要问题。通过与附件一中给出的 2020 年与 2030 年用水总量目标进行比较，进行对比分析，给出结论。

问题二：构建相关数学模型，分析研究在确保水资源开发利用量和用水效率不超过控制红线的前提下，如何保证万元工业增加值用水量呈下降趋势以及农田灌溉水有效利用系数提高到 0.6 以上的目标。

问题三：构建相关数学模型，根据不同省份的特点进行分析研究万元国内生产总值用水量、耕地实际灌溉亩均用水量和万元工业增加值用水量存在的内在规律，并预测分析 2020 年至 2030 年各省份水资源管理及控制的发展趋势。

问题四：根据上述的研究结果，要给国家水利部门写一封建议信，以此来改善我国水资源现状。

二、问题的分析

2.1 问题一的分析

问题一要求我们根据我国 2012-2016 年的水资源公报，分析我国水资源开发利用现状及存在的主要问题并和国家提出的 2020 年、2030 年目标的偏差进行对比分析。这是一个通过模型的评价、预测以及对比分析方法来解决的问题，首先我们通过分析水资源公报来找出一些具有代表性的评价指标，由此来确立合理的评价指标体系，并且该评级指标体系必须建立在深入分析我国水资源开发利用现状的基础之上，通过分析水资源公报中所给的数据，我们从供水量，用水量，用水指标，用水消耗量以及废污染水排放量这五个方面来分析评价我国水资源开发利用现状，通过查阅大量的文献确立各个评价指标的函数关系，并通过分析所得的评价结果找出我国水资源开发利用中所存在的主要问题，最后根据各个评价指标的函数关系，我们运用灰色预测的方法来预测各个指标在 2020 年和 2030 年的量，在不改变现状的前提下，将预测的 2020 年和 2030 年的状况和国家所提出的 2020 年、2030 年的目标进行对比，分析偏差。

2.2 问题二的分析

问题二要求我们结合附件 1、附件 2 及我国历年的水资源公报信息数据，构造相关数学模型，要在水资源开发利用量和用水效率不超过控制红线的前提下，保证万元工业增加值用水量呈下降趋势以及农田灌溉水有效利用系数提高到 0.6 以上。这显然是一个

优化问题，约束条件为：全国用水总量小于 7000m^3 ，万元工业增加值用水量呈下降趋势且降低到 40m^3 以下，农田灌溉有效利用系数提高到 0.6 以下。为解决该优化问题，我们结合问题一中各指标的函数关系，基于免疫算法的思想建立一个搜索优化算法模型，设立约束条件，对模型进行区间搜索求出各指标的临界值和最优控制区间。基于全国的求解过程，结合各省份的历年指标数据，我们应用我们的模型得到了各省的各指标的临界值及最优控制区间。

2.3 问题三的分析

问题三要求我们通过分析研究附件三和附件四所给的数据，构建相关数学模型，找出万元国内生产总值用水量、耕地实际灌溉亩均用水量和万元工业增加值用水量之间存在的内在规律，并预测分析 2020 年至 2030 年各省份水资源管理及控制的发展趋势。基于我们问题一对各指标之间函数关系的分析和问题二的模型，经过推导，得到万元国内生产总值用水量、耕地实际灌溉亩均用水量和万元工业增加值用水量之间的内在规律。关于各省发展趋势，基于各个省份的往年各指标的数据，我们运用我们的模型，预测分析了个省份的各个指标的发展趋势。为验证我们模型的正确性与合理性，我们对我们的模型进行了检验。

2.4 问题四的分析

对于问题四要求基于我们自己的研究成果给国家水利部门写一封建议信。所以我们将根据题目所给的附件、我国 2012-2016 年水资源公报并综合上述三问所得的研究结果，总结写成一封建议信。

三、模型的假设

1. 假设附件所给的数据是真实可靠的
2. 假设参考文献中的数据来源可靠，真实可信
3. 假设一定时间内气候不会发生较大变化
4. 假设不考虑自然灾害带来的影响
5. 假设政府对各省份的用水政策基本不变
6. 假设在计算过程中所产生的微小误差在不影响结果的前提下忽略不计

四、 名词解释及符号说明

名词	说明
W	全国总用水量
$W_i (i=1,2,3)$	农业、工业和生活生态用水量
$G_i (i=1,2,3)$	农业、工业和生活生态产值
R	万元国内生产总值用水量
R_2	万元工业增加值用水量
Y	人均 GDP
P	人口数目
$\lambda_i (i=1,2,3)$	农业、工业和生活生态用水量占比
S_2	工业产出占国内生产总值 GDP 的比例
G	全国生产总值
ρ	农田灌溉水有效利用系数
α	灌溉系数
m	灌溉亩数
η	水功能区水质达标率
n_1	满足水域功能目标个数
n_2	全国评价水功能区总数
W_i	用水总量控制目标
W_1'	农田实际灌溉亩灌溉用水量

五、 模型的建立与求解

5.1 问题一的分析与求解

5.1.1 问题一的分析

要求我们根据 2012-2016 年水资源公报中的数据，分析我国水资源利用现状和存在的主要问题，并和国家提出的 2020 年、2030 年的目标进行对比，分析偏差。首先我们从供水量、用水量、用水指标、废污水排放量这四大方面中选取评价指标（如图 5-1 所示），评价我国水资源利用现状和存在的主要问题，然后在不改变现状的条件下，我们运用灰色预测模型的思想对基础指标进行预测，最后得出国家提出的 2020 年、2030 年目标中的目标指标的预测值，和目标进行对比分析。

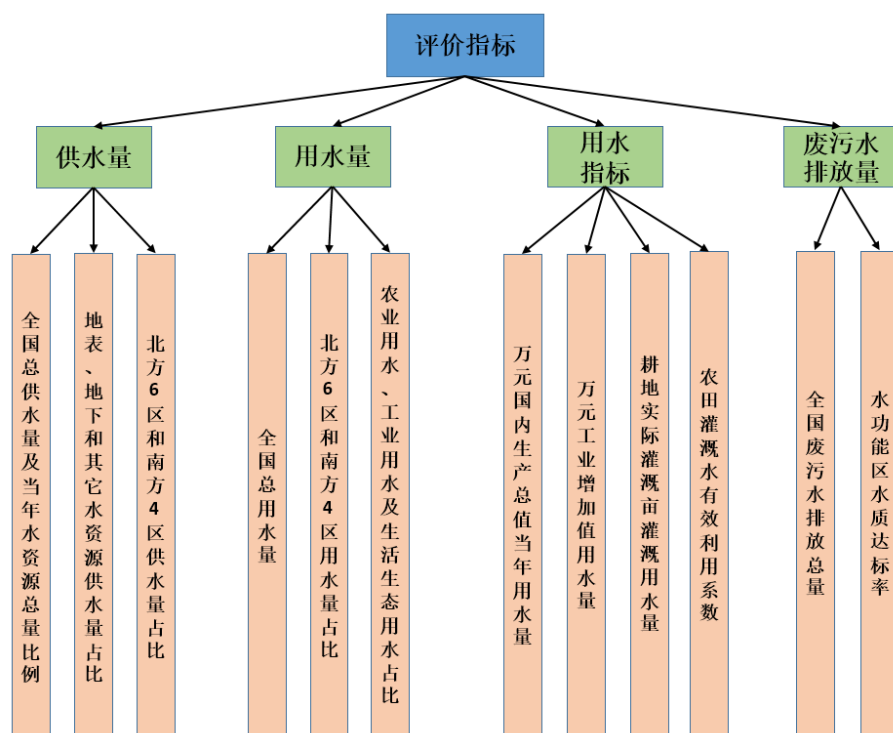


图 5-1 问题一评价指标

5.1.2 供水量情况评估

为评价我国水资源开发利用现状的供水量方面的具体情况，我们选取了全国供水量，全国供水量占当年水资源总量的比例，不通供水地区（北方6区和南方4区）供水量占总供水量比例以及不同供水方式（地表供水、地下供水和其他供水）供水量所占总供水量比例作为评价指标，分析评价我国水资源开发利用的供水量方面的具体情况。

1. 全国供水总量与全国供水总量占当年水资源总量的比例

根据水资源公报，我们得到了2012-2016年的全国总供水量与全国供水量占当年水资源总量的比例（如图5-2），发现我国供水总量在2012-2016年总体呈缓慢状减少，2012-2016年平均全国供水量为6110.6亿 m^3 ，全国供水量占当年水资源总量的比例先缓慢上升后下降，表明我国总供水量基数大，但目前呈现缓慢减少的优化趋势。全国供水量占当年水资源总量的比例先缓慢上升后下降，2012-2016年平均全国供水量占当年水资源总量的比例为21.14%，供水量占比超过20%，表明我国水资源总量匮乏。

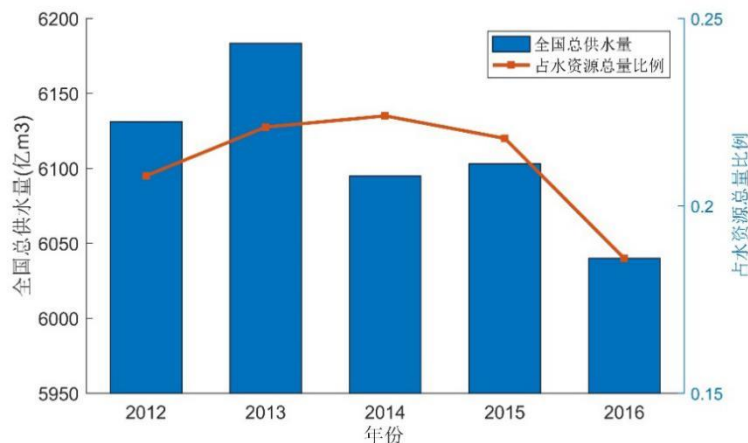


图 5-2 2012-2016 年全国供水总量及供水总量占总水资源比例

2. 不同供水方式供水量与不同供水地区供水量所占总供水量比例

根据水资源公报，我们得到了 2012-2016 年的不同供水方式供水量所占总供水量比例与不同供水地区供水量所占总供水量比例（如图 5-3），其中，供水方式包括地表水资源供水、地下水资源供水和其他水资源供水，供水地区分为北方 6 区和南方 4 区。

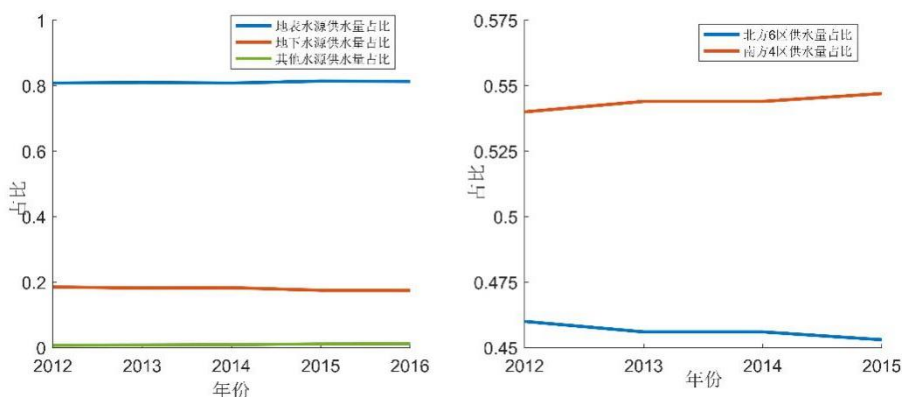


图 5-3 2012-2016 年不同供水方式供水占比与不同供水地区供水占比

从不同供水方式占比来看，2012-2016 年平均地表水资源供水比例为 81.06%，平均地下水资源供水比例为 18%，平均其他水资源供水比例 0.94%，表明我国主要供水方式为地表供水资源供水，但是地下水资源供水平均约占 18%，达到 1099.91 亿 m^3 左右，地下水的过度开采会引起一系列生态环境问题。

从不同供水地区供水占比来看，2012-2016 年平均北方 6 区供水占比为 45.5%，南方供水占比为 54.5%，但是北方 6 区的水资源占总水资源的比例为 21.6%，南方 4 区的水资源占总水资源的比例为 79.4%，表明我国水资源空间分布总体上呈“南多北少”的状况，与南北方水资源供水比例形成反差，导致水资源供给矛盾突出，水资源配置难度大。

5.1.3 用水量情况评估

为评价我国水资源开发利用现状的用水量方面的具体情况，我们选取了全国用水量，

北方 6 区与南方 4 区的用水比例以及农业用水、工业用水与生活生态用水占比作为评价指标，分析评价我国水资源开发利用的用水量方面的具体情况。

1. 全国用水量与北方 6 区和南方 4 区的用水比例

根据水资源公报，我们得到了 2012-2016 年的全国总用水量与北方 6 区与南方 4 区的用水比例（如图 5-4），发现我国供水总量在 2012-2016 年总体呈缓慢状减少，2012-2016 年平均全国用水量为 6110.6 亿 m^3 ，北方 6 区平均用水比例为 45.5%，南方 4 区平均用水比例为 54.5%，与 5.1.1 的我国供水量现状对比发现，我国水资源与水资源需求等的分布不匹配，经济社会发展水平与水资源分布的不相适应，导致水资源供需矛盾突出，水资源配置难度大。

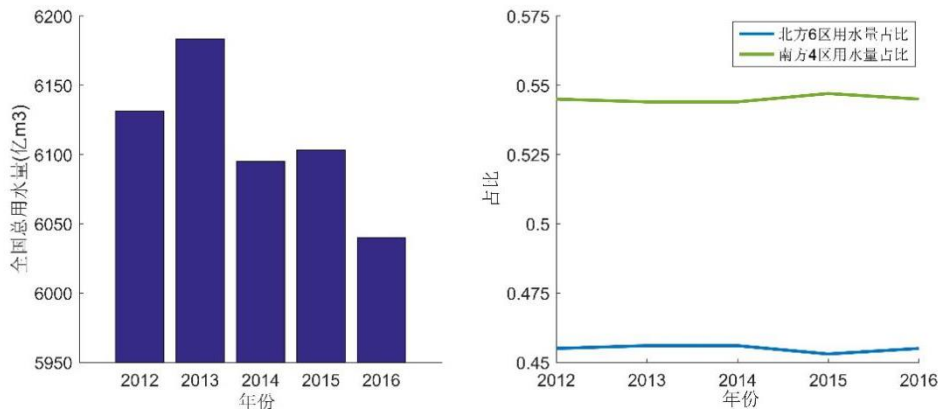


图 5-4 2012-2016 年全国用水总量与南北方用水占比

2. 农业用水、工业用水与生活生态用水占比

根据水资源公报，我们得到了 2012-2016 年的农业用水、工业用水与生活生态用水占比（如图 5-5），发现我国 2012-2016 年农业用水平均占比为 63.2%，工业用水平均占比为 22.2%，生活生态用水平均占比为 14.6%，这表明我国产业结构需要进一步优化。

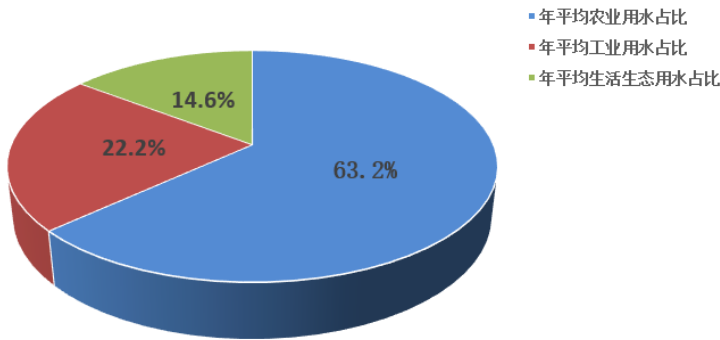


图 5-5 年平均农业用水、工业用水与生活生态用水占比

5.1.4 用水指标情况评估

为了评价我国水资源开发利用的用水指标的具体情况，我们选取了万元国内生产总值用水量，万元工业增加值用水量，耕地实际灌溉亩均用水量，农田灌溉水有效利用系数作为评价指标，分析评价我国水资源开发利用的用水指标的具体情况。

1. 万元国内生产总值用水量与万元工业增加值用水量

根据水资源公报，我们得到了 2012-2016 年我国的万元国内生产总值用水量与万元工业增加值用水量（如图 5-6），发现我国 2012-2016 年万元国内生产总值用水量呈现缓慢下降的优化趋势，万元国内生产总值平均用水量为 98.8m^3 ，我国万元工业增加值用水量也呈现缓慢下降的优化趋势，万元工业增加值均用水量为 61.32m^3 。从发展趋势和平均水平来看，我们的发展趋势趋向优化方向，这与我国的产业结构（农业用水、工业用水以及生活生态用水比例）和行业用水效率有关，但我国的万元工业增加值用水量的平均水平远不世界先进水平 40m^3 。

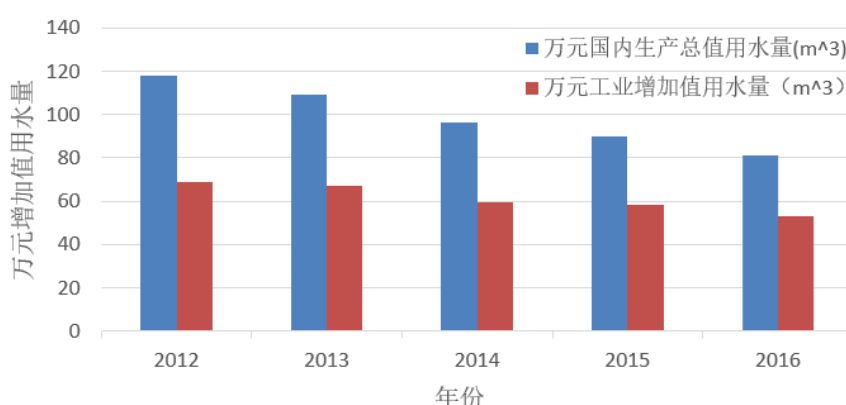


图 5-6 2012-2016 年万元国内生产总值用水量与万元工业增加值用水量

2. 耕地实际灌溉亩均用水量

根据水资源公报，我们得到了 2012-2016 年我国耕地实际灌溉亩均用水量的（如图 5-7），发现我国 2012-2016 年耕地实际灌溉亩均用水量呈现先缓慢上升后缓慢下降的趋势，而且 2012-2016 年耕地实际灌溉亩平均均用水量为 399.6m^3 。从发展趋势和平均水平来看，我们的发展趋势趋向优化方向，这与我国的行业用水效率有关，但我国的耕地实际灌溉亩均用水量的平均水平与世界先进水平仍有一定差距。

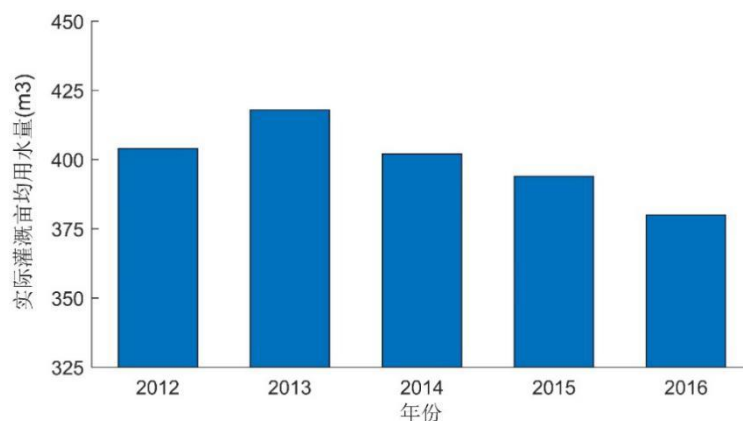


图 5-7 2012-2016 年耕地实际灌溉亩均用水量

3. 农田灌溉水有效利用系数

根据水资源公报，我们得到了 2012-2016 年我国农田灌溉水有效利用系数（如图

5-8), 发现我国 2012-2016 年农田灌溉水有效利用系数呈现稳定上升的趋势, 而且 2012-2016 年农田灌溉水平均有效利用系数为 0.5294。从发展趋势和平均水平来看, 我们的发展趋势趋向稳定上升的优化方向, 这与我国的农业用水效率的提高有关, 但我国的农田灌溉水有效利用系数的平均水平与国家提出的 2030 年的目标仍有一定差距。

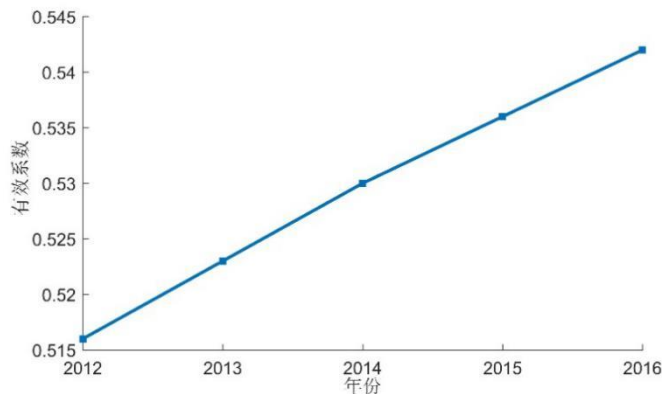


图 5-8 2012-2016 年农田灌溉水有效利用系数

5.1.5 废污水排放量评估

为了评价我国水资源开发利用的废污水排放量的具体情况, 我们选取了全国废污水排放总量(亿吨)与水功能区水质达标率作为评价指标, 分析评价我国水资源开发利用的废污水排放量的具体情况。

1. 全国废污水排放总量

根据水资源公报, 我们得到了 2012-2016 年我国全国废污水排放总量(如图 5-9), 发现我国 2012-2016 年全国废污水排放总量呈现稳定下降的趋势, 而且 2012-2016 年全国废污水排放总量平均数为 773.2 亿吨。从发展趋势和平均水平来看, 我们的发展趋势趋向稳定下降的优化方向, 这与我国保护环境的基本国策有关, 但我国的全国废污水排放总量基数大, 平均达到 773.2 亿吨左右, 过量的废污水排放会引起一系列生态环境问题。

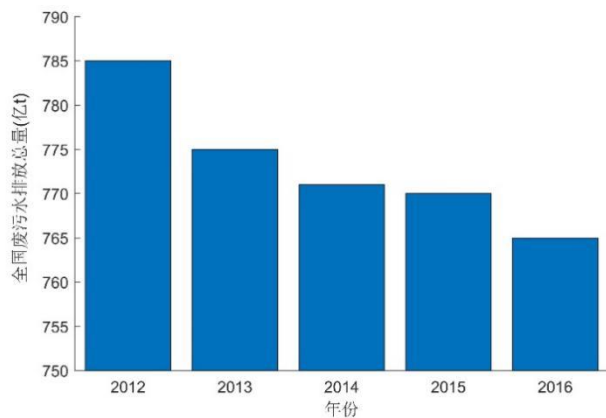


图 5-9 2012-2016 年全国废污水排放总量

2. 水功能区水质达标率

根据水资源公报, 我们得到了 2012-2016 年我国水功能区水质达标率(如图 5-10),

发现我国 2012-2016 年水功能区水质达标率呈现稳定上升的趋势，而且 2012-2016 年水功能区水质平均达标率 52.48%。从发展趋势和平均水平来看，我们的发展趋势趋向稳定上升的优化方向，这与我国保护环境的基本国策有关，但我国的水功能区水质平均达标率仅为 52.48%，不仅与国家提出的 2030 年水功能区水质达标率超过 95%的目标仍有很大距离，而且表明我国目前水功能区水质急需提高。

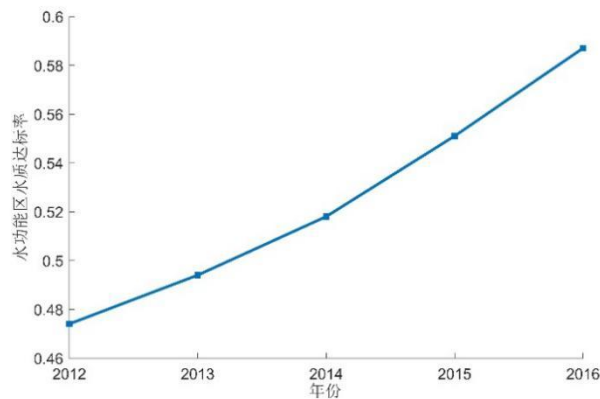


图 5-10 2012-2016 年水功能区水质达标率

5.1.6 目标偏差分析比对

为了和国家提出的 2020 年、2030 年的目标进行对比，分析偏差，我们查阅了大量文献，结合水资源公报，分析得到了目标指标与基础指标之间的函数关系式。

目标指标一：全国用水总量

根据Kaya恒等式、国家产业结构及行业用水效率得：

$$W = \sum_{i=1}^3 W_i = \sum_{i=1}^3 \frac{W_i}{G_i} \cdot \frac{G_i}{P} \cdot P = RYP \quad (1)$$

式中： $W_i (i=1,2,3)$ 分别为农业、工业和生活生态用水量； $G_i (i=1,2,3)$ 分别为农业、工业和生活生态产值； R 为万元国内生产总值用水量； Y 为人均 GDP； P 为人口数目。

目标指标二：万元国内生产总值用水量

由万元国内生产总值用水量的定义：取得万元国内生产总值的用水量，可得：

$$R = \frac{W}{G} \quad (2)$$

式中： R 为万元国内生产总值用水量； W 为全国总用水量； G 为国内生产总值。

目标指标三：万元工业增加值用水量

由万元工业增加值用水量的定义：取得万元工业增加值的用水量，可得：

$$R_2 = \frac{\lambda_2 \cdot W}{S_2 \cdot G} \quad (3)$$

式中： R_2 为万元工业增加值用水量； λ_2 为工业用水量占比； W 为全国用水总量； S_2

为工业产出占国内生产总值 GDP 的比例； G 为全国生产总值。

目标指标四：农田灌溉水有效利用系数

$$\rho = \alpha \cdot \frac{W_1' \cdot m}{W_1} \quad (4)$$

式中： ρ 为农田灌溉水有效利用系数； α 为灌溉系数（经查阅资料得值为 5.3364）；

W_1' 为农田实际灌溉亩灌溉用水量； m 为灌溉亩数； W_1 为全国农业总用水量。

目标指标五：水功能区水质达标率

由水功能区水质达标率的定义：满足水域功能的目标个数与全国评价水功能区总数之比，可得：

$$\eta = \frac{n_1}{n_2} \quad (5)$$

式中： η 为水功能区水质达标率； n_1 为满足水域功能目标个数； n_2 为全国评价水功能区总数。

基于公式（1）-（5），我们对 2020 年和 2030 年基础数据进行了灰色预测。灰色预测是通过鉴别系统因素之间的发展趋势的相异程度，它是通过对原始数据进行生成处理来寻找系统变化的内在规律，进而建立相关微分方程模型，从而预测事物的未来发展趋势的状况。为了和国家提出的 2020 年、2030 年目标进行对比，分析偏差，我们对基础指标进行了灰色预测，从而得到全国的目标指标的 2020 年和 2030 年的准确预测值，具体对比分析，如表 5-1：

表 5-1 全国 2020 年、2030 年目标指标的对比分析

目标指标	2020 年 预测值	2020 年 目标值	是否超 过红线	2030 年 预测值	2030 年 目标值	是否超 过红线
全国用水总量（亿 m^3 ）	8000.1	6700	是	9056.2	7000	是
万元国内生产总值用水量（ m^3 ）	80.2	无	无	46.1	无	无
万元工业增加值用水量（ m^3 ）	58.2	40	是	40	40	否
农田灌溉水有效利用系数	0.548	0.6	是	0.564	0.6	是
水功能区水质达标率	0.6203	0.95	是	0.9326	0.95	是

由上表，数据显示，到 2020 年全国用水总量、万元国内生产总值用水量、万元工业增加值用水量、农田灌溉水有效利用系数、农田灌溉水有效利用系数和水功能区水质达标率普遍达不到目标值，其中除全国用水总量趋向非优化方向，其余指标相对于往年都趋向优化方向。到 2030 年仅万元工业增加值用水量刚好达到国家目标，但全国用水总量、农田灌溉水有效利用系数、农田灌溉水有效利用系数和水功能区水质达标率还达不到目标值。

5.2 问题二模型的建立与求解

5.2.1 问题二的分析

问题二要求我们结合附件 1、附件 2 及我国历年的水资源公报信息数据，构造相关数学模型，要在水资源开发利用量和用水效率不超过控制红线的前提下，保证万元工业增加值用水量呈下降趋势以及农田灌溉水有效利用系数提高到 0.6 以上。这显然是一个优化问题，约束条件为：全国用水总量小于 7000m^3 ，万元工业增加值用水量呈下降趋势且降低到 40m^3 以下，农田灌溉有效利用系数提高到 0.6 以下。为解决该优化问题，我们结合问题一中各指标的函数关系，基于免疫算法的思想建立一个搜索优化算法模型，设立约束条件，对模型进行区间搜索求出各指标的临界值和最优控制区间。基于全国的求解过程，结合各省份的历年指标数据，我们应用我们的模型得到了各省的各指标的临界值及最优控制区间。

5.2.2 问题二模型的建立与求解

针对于问题二这个最优化问题，根据约束条件的约束对象不同，我们将约束条件细分为：全国用水量约束，万元工业增加值用水量约束，农田灌溉有效利用系数约束。由于我们研究的各个指标的发展趋势必须遵照其各自的社会发展规律，我们在求得临界值后，根据各个指标的社会发展规律，计算得出各指标的最优控制区间。

1. 全国用水量约束

根据水资源开发利用量的前提要求：到 2030 年，全国用水总量控制在 7000 亿 m^3 以内，结合问题一中的公式（1），我们列出以下全国用水总量约束条件：

$$\left\{ \begin{array}{l} W = \sum_{i=1}^3 W_i = \sum_{i=1}^3 \frac{W_i}{G_i} \cdot \frac{G_i}{P} \cdot P = RYP \leq W \\ R = \sum_{i=1}^3 \frac{W_i}{G_i} \\ Y = \sum_{i=1}^3 \frac{G_i}{P} \end{array} \right. \quad (6)$$

注：W 为总用水量， W_i 为用水总量控制目标， $W_i (i=1,2,3)$ 分别为农业、工业和生活生态用水量， $G_i (i=1,2,3)$ 分别为农业、工业和生活生态产值，P 为人口数目。

基于免疫算法的思想，结合国家人口数目增长曲线规律、国家人均 GDP 增长曲线以及发展中国家的经济发展规律，我们计算出在不超过控制红线（ $W < 7000$ ）的前提下，各自变量即万元国内生产总值用水量（ R ）、人均 GDP（ Y ）、全国人口总数（ P ）的临界值及最优控制区间，如下表所示：

表 5-2 全国用水总量的各自变量的临界值及最优控制区间

变量名	临界值	最优控制区间
万元国内生产总值用水量（ m^3 ）	33.40	[31.73, 33.40]
人均 GDP（万元）	14.07	[13.37, 14.07]
全国人口总数（亿）	14.89	[14.15, 14.89]

根据我国人口数目变化规律可知：我国人口数目在 2020-2030 年仍保持稳定增长趋势；根据经济库兹涅茨曲线的发展规律以及发展中国家的经济发展规律可知：我国人均 GDP 将处于持续的增长状态；要保证全国用水总量 W 不超过红线，因此万元国内生产总值用水量要呈下降趋势。

2. 万元工业增加值用水量约束

根据用水效率的前提要求：到 2030 年，用水效率达到或接近世界先进水平，行业工业增加值用水量降低到 $40m^3$ 以下，结合问题一的公式（2），我们列出以下万元工业增加值用水量约束条件：

$$\left\{ \begin{array}{l} R_2 = \frac{\lambda_2 \cdot W}{S_2 \cdot G} \leq 40 \\ \lambda_2 = \frac{W_2}{W} \\ S_2 = \frac{G_2}{G} \end{array} \right. \quad (7)$$

注： R_2 为万元工业增加值用水量， λ_2 为工业用水量占比， W_2 为工业用水总量， W 为全国用水总量， S_2 为工业产出占国内生产总值 GDP 的比例， G_2 为工业生产总值， G 为国内生产总值。

基于免疫算法的思想，结合我国产业结构以及用水分配的发展趋势，我们计算出在不超过控制红线（ $R_2 \leq 40$ ）的前提下，各自变量即工业用水量占比（ λ_2 ）、工业产出占国内生产总值 GDP 的比例（ S_2 ）、全国用水总量（ W ）的临界值及控制区间，如下表所示：

表 5-3 万元工业增加值用水量的各个自变量的临界值及控制区间

变量名	临界值	控制区间
工业用水量占比	0.23	[0.22, 0.23]
工业产出占国内生产总值 GDP 的比例	0.36	[0.34, 0.36]
全国用水总量 (亿m ³)	6700	[6365, 6700]
全国生产总值(万亿)	107	[101.65, 107.00]

根据我国全国用水总量变化规律可知：我国用水总量在 2020-2030 年仍保持稳定增长趋势；根据经济库兹涅茨曲线的发展规律可知：我国生产总值将处于持续的增长状态，当用水总量接近红线时，要保证万元工业增加值用水量 R_2 减小，因此必须保证全国生产总值 G 的增长率大于全国用水总量 W 的增长率。

3. 农田灌溉有效利用系数约束

根据用水效率的前提要求：到 2030 年，用水效率达到或接近世界先进水平，农田灌溉有效利用系数提高到 0.6 以上，结合问题一的公式 (4)，我们列出以下农田灌溉有效利用系数约束条件：

$$\rho = \alpha \cdot \frac{W_1' \cdot m}{W_1} > 0.6$$

注： α 为灌溉系数（经查阅资料得值为 5.3364）， ρ 为农田灌溉水有效利用系数， W_1' 为农田实际灌溉亩灌溉用水量， m 为灌溉亩数， W_1 为全国农业总用水量。

基于免疫算法的思想，结合我国用水分配的发展趋势，我们计算出在不超过控制红线（ $\rho > 0.6$ ）的前提下，各自变量即农田实际灌溉亩灌溉用水量（ W_1' ）、灌溉亩数（ m ）、全国农业总用水量（ W_1 ）的临界值及控制区间，如下表所示：

表 5-4 农田灌溉水有效利用系数的各个自变量的临界值及控制区间

变量名	临界值	控制区间
农田实际灌溉亩灌溉用水量 (m ³)	247.68	[235.30, 247.68]
灌溉亩数 (万千公顷)	8.75	[8.31, 8.75]
全国农业总用水量 (亿m ³)	2890	[2745, 2890]

由上述结果可以看出：提高农田灌溉有效利用系数，即要保证在农业总用水量不变的情况下，必须要提高农田实际灌溉亩灌溉用水量，在农田实际灌溉亩灌溉用水量不变的情况下，减少农业总用水量，或者这表明提高农业用水效率极为重要，必须减少类似管道漏水等等一些因素造成的水资源浪费情况。就目前看来，全国农业总用水量距离最优值还有一段距离，因此，控制农业总用水量是一种很好的方式。

5.2.3 问题二模型的应用

为了实现全国目标水资源开发利用的目标，我们运用我们的模型，结合水资源公报和中国统计年鉴的相关数据，计算得到了个省份的各个指标的控制目标，如下表所示：

表 5-5 各省的各个参数的控制目标

地区	总用水量 控制目标	万元的国内生产总值 用水量控制目标	农田实际灌溉亩灌溉 用水量控制目标
北京	49.35	6.60	146.65
天津	40.39	6.19	153.82
河北	235.46	23.50	141.44
山西	94.76	23.92	122.54
内蒙古	226.13	42.06	212.48
辽宁	157.53	25.15	233.34
吉林	170.71	36.70	211.83
黑龙江	354.19	94.43	263.32
上海	127.80	15.67	286.14
江苏	505.07	31.34	267.23
浙江	243.76	16.08	226.17
安徽	264.89	49.89	182.50
福建	223.01	27.21	360.44
江西	253.29	55.25	359.14
山东	288.90	13.20	112.76
河南	289.80	23.50	108.20
湖北	353.10	35.87	208.57
湖南	344.35	43.71	334.37
广东	430.89	22.68	487.54
广西	300.54	65.56	547.50
海南	53.60	45.77	645.27
重庆	101.06	18.14	216.39
四川	324.88	33.81	256.81
贵州	137.19	35.05	253.55
云南	217.10	41.65	245.72
西藏	38.07	111.75	382.60
陕西	120.13	19.38	187.06
甘肃	120.25	68.04	317.42
青海	45.50	42.47	368.26
宁夏	84.16	84.94	448.43
新疆	504.17	242.46	396.29

注：各个省份的其它控制指标与全国水平相似，故没有在表中列出

由上述表中的数据可知，经济发达地区用水总量低于平均水平，但是某些经济不发达地区由于某些原因，例如人口数量，气候环境等，使得用水总量低于平均水平，例如，西藏等。因此较为发达地区通过控制农业用水来达到目的的效果可能更为显著。从地理分布位置上来讲，可将全国分为东部、南部、西部、北部以及中部地区，由于东部地区较为发达，所以其万元国内生产总值用水量较少，低于平均水平，而西北以及西南部地区由于经济条件等原因，万元国内生产总值用水量高于平均水平，因此可以控制万元国内生产总值用水量及农田实际灌溉亩灌溉用水量来控制。

5.3 问题三模型的建立与求解

5.3.1 问题三的分析

问题三要求我们通过分析研究附件三和附件四所给的数据，构建相关数学模型，找出万元国内生产总值用水量、耕地实际灌溉亩均用水量和万元工业增加值用水量之间存在的内在规律，并预测分析 2020 年至 2030 年各省份水资源管理及控制的发展趋势。基于我们问题一对各指标之间函数关系的分析和问题二的模型，经过推导，得到万元国内生产总值用水量、耕地实际灌溉亩均用水量和万元工业增加值用水量之间的内在规律。关于各省发展趋势，基于各个省份的往年各指标的数据，我们运用我们的模型，预测分析了个省份的各个指标的发展趋势。为验证我们模型的正确性与合理性，我们对我们的模型进行了检验，结果显示模型优良，参考价值高。。

5.3.2 问题三模型的建立与求解

1. 内在规律的研究分析

基于我们问题一对各指标之间函数关系的分析和问题二的模型，经过推导，得到万元国内生产总值用水量、耕地实际灌溉亩均用水量和万元工业增加值用水量之间的内在规律

由公式 (2) $R = \frac{W}{G}$ 可得: $W = R \cdot G$

由公式 (3) $R_2 = \frac{\lambda_2 \cdot W}{S_2 \cdot G}$ 可得: $W = \frac{S_2 \cdot G \cdot R_2}{\lambda_2}$

由公式 (4) $\rho = \alpha \cdot \frac{W_1' \cdot m}{\lambda_1 \cdot W_1}$ 可得: $W = \alpha \cdot \frac{W_1' \cdot m}{\lambda_1 \cdot \rho}$

综合公式上面三个公式可得三者之间关系:

$$R = k \cdot \frac{S_2 \cdot R_2}{2\lambda_2} + \alpha(1-k) \frac{W_1' \cdot m}{2\lambda_1 \cdot \rho \cdot G} \quad (0 \leq k \leq 1)$$

注: R 为万元国内生产总值用水量; W 为全国总用水量; G 为国内生产总值; R_2 为万元工业增加值用水量; λ_2 为工业用水量占比; S_2 为工业产出占国内生产总值 GDP 的比例; ρ 为农田灌溉水有效利用系数; α 为灌溉系数 (经查阅资料得值为 5.3364); W_1' 为农田实际灌溉亩灌溉用水量; m 为灌溉亩数; W_1 为全国农业总用水量。

2. 分析预测各省份 2020-2030 年的发展趋势

根据附件 3, 附件 4 以及水资源公报, 我们找到了 2012——2014 年的各省级行政区主要用水指标的数据。考虑到多次预测可能会给模型带来误差翻倍 (正确率呈指数式减小), 为减小误差, 提高模型的精确性。我们在对 2012 年至 2016 年的各省万元国内生产总值用水量与全国万元国内生产总值用水量做比值探究时, 发现 (如图 5-11): 除辽

宁省有微小差距以外，其他省的万元国内生产总值用水量与全国万元国内生产总值比值总保持一个定值。因此我们假设各省万元国内生产总值用水量与全国万元国内生产总值用水量总保持一个定值（定值为各省 2012——2016 年比值的平均值）。那么我们就可以通过灰色预测模型来预测全国，就可以根据比例来算出各省的万元国内生产总值用水量，这样能够减少预测次数减小误差。

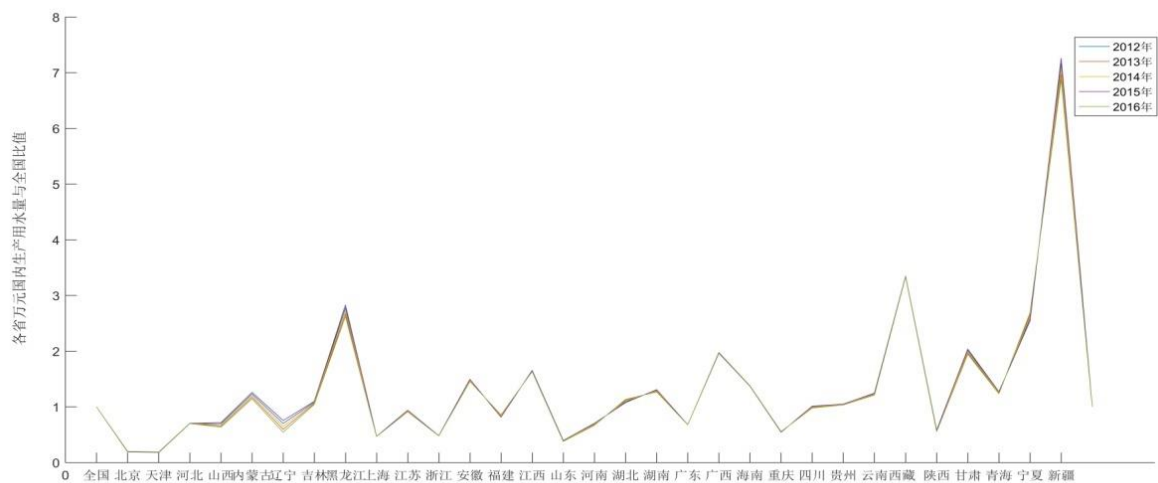
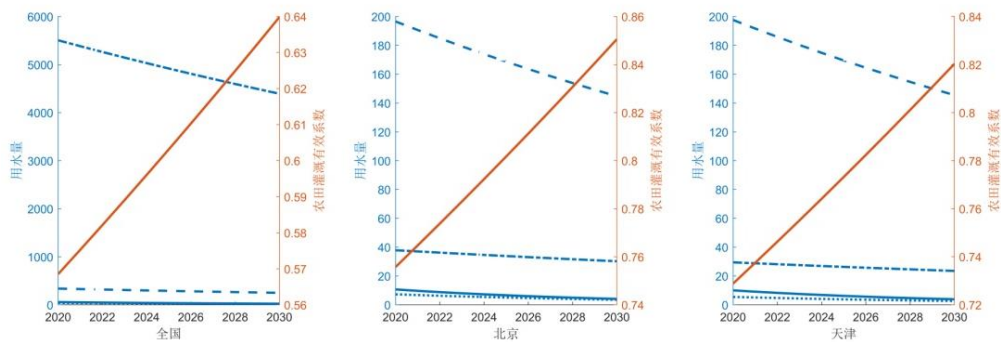
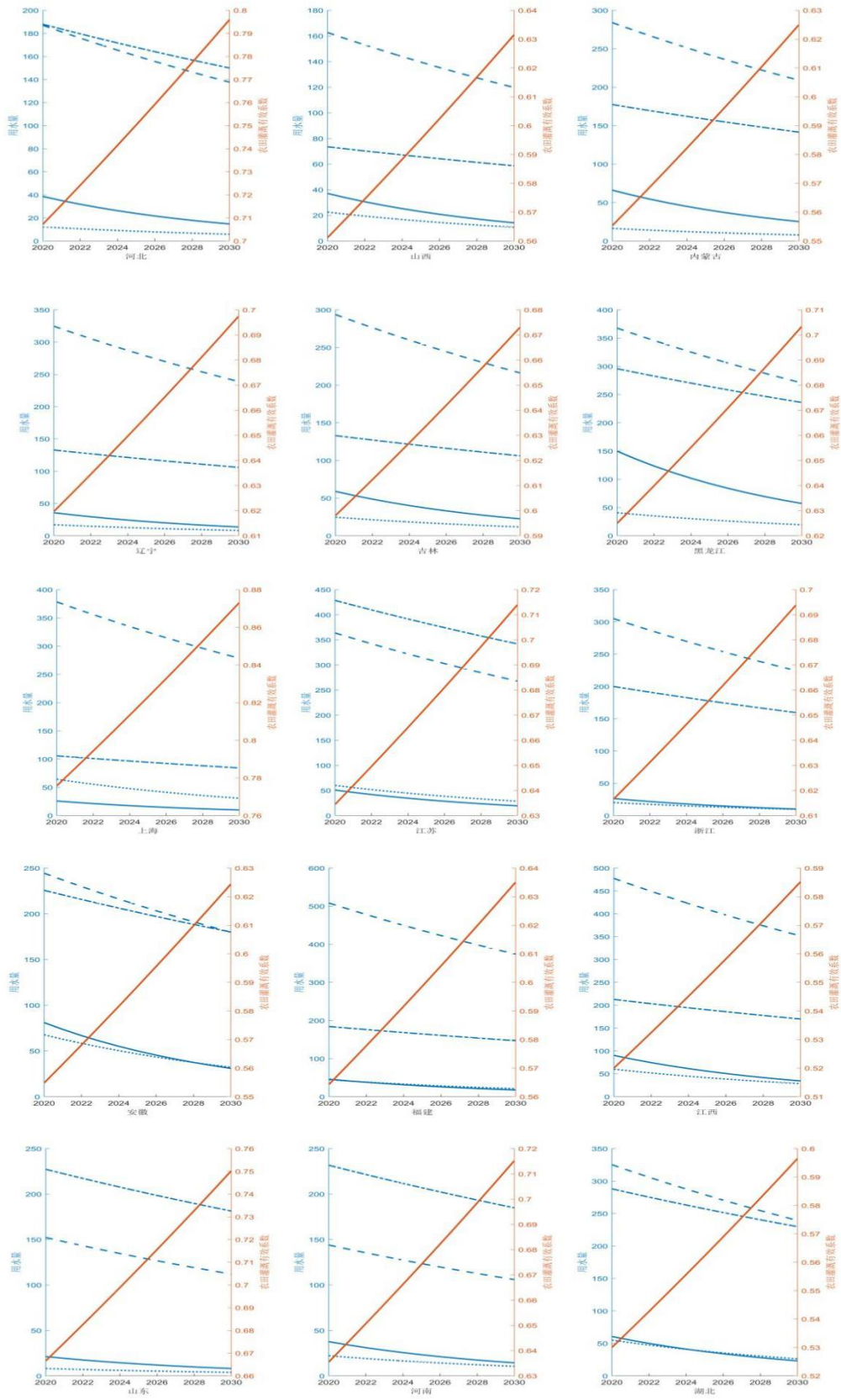


图 5-11 各省万元国内生产总值用水量与全国万元国内生产总值用水量之比

为了预测各省份 2020-20360 年的用水总量、万元工业增加值用水量，耕地实际灌溉亩均用水量以及农田灌溉有效利用系数，我们根据 2012-2016 年各省份的各个指标占全国各个指标的比例，结合各个省份的各个指标发展规律以及各省份的产业结构和用水政策的调整，我们得到各省份的各个指标与全国各个指标的占比图（见附录），发现这些占比图重合度极高，发展变化比较小。

再结合问题一的各个指标之间的函数关系与问题二、问题三模型，我们预测出各个省份的 2020-2030 年的用水总量、万元国内生产总值用水量，万元工业增加值用水量，耕地实际灌溉亩均用水量以及农田灌溉有效利用系数，如图 5-12：





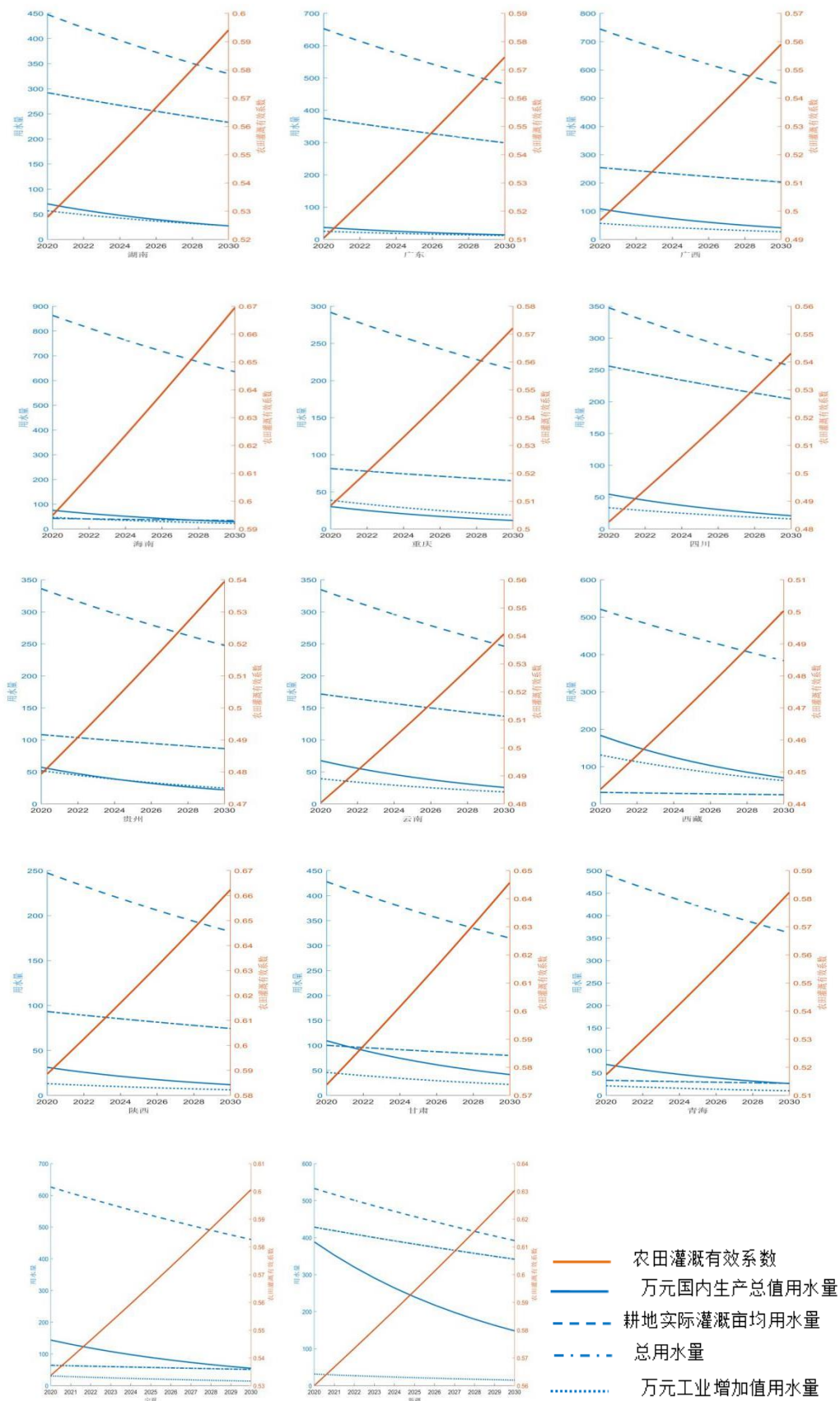


图 5-12 各省各个指标预测图

5.3.3 模型的检验

为保证我们模型的正确性与合理性，我们对模型进行检验分析。依据我们的模型，结合各省 2015 和 2016 年基础指标的数据，计算得到 2015 和 2016 年各省生产总值用水量，如下图所示：

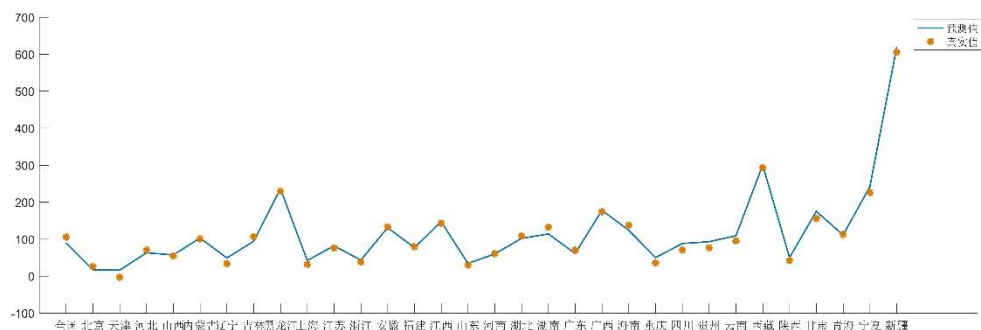


图 5-13 2015 年各省万元生产总值用水量预测值与真实值比对图

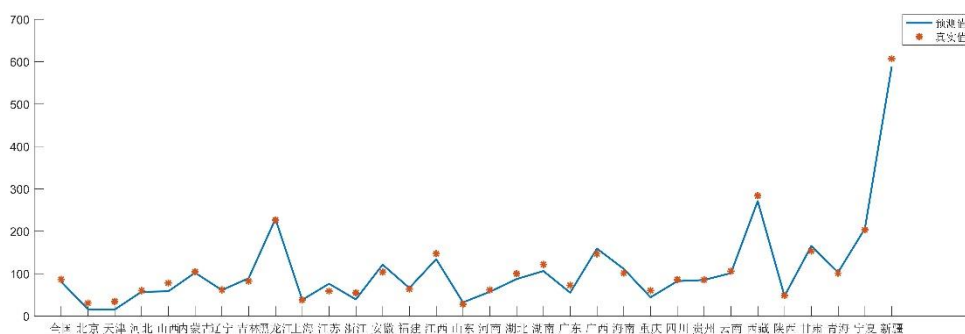


图 5-14 2016 年各省万元生产总值用水量预测值与真实值比对图

根据图 5-13 和图 5-14 的数据，我们对预测值与真实值做了方差检验，原假设为预测值与真实值之间存在一定的误差，但误差可以忽略不计；备着假设为预测值与真实值之间存在较大误差。为此，我们利用 MATLAB 编程，利用我们的模型结合基础数据，计算得到，2015 年和 2016 年各省预测值与真实值的差值的均方，分别为：3.35 与 4.73，自由度均为 31。查表可知，2015 年差值均方的 p 值小于 0.001，2016 年差值均方的 p 值小于 0.001。由计算结果可知：在置信水平为 5% 的条件下，原假设成立，即预测值与真实值之间存在一定的误差，但误差可以忽略不计。因此我们的模型与真实数据具有高度的一致性，表明我们模型优良，具有较高参考价值。

5.4 问题四的求解

致国家水利部门的一封建议信

尊敬的国家水利部门领导：

您好，首先感谢您在百忙之中抽出时间来查阅我的建议信，对此我表示由衷的感谢，我希望我写的这封建议信里面的一些观点和结论能为您在国家水利建设方面和国家水资源管理方面提供可控参考的意见，有不足的地方还请您多多见谅。

我国地域辽阔，降水分布受气候和地形地貌影响显著，受大陆季风性气候的影响，

我国大部分地区降水量随时间分布极不均匀，造成我国东部地区在夏季易发生洪涝灾害，而西北内陆地区就干旱异常。虽然我国淡水资源总量居世界前列，但人均淡水资源总量却远低于国际平均标准。再加上我国水资源污染严重、水有效利用率低、行业用水浪费等，水又是生命之源、生产之要、生态之基，因此我国水资源的有效管理和合理开发对于我国经济、社会、和人民的生活至关重要。

通过分析我国 2012-2016 年水资源公报，首先发现我国用水总量占当年水资源比例虽然呈缓慢下降趋势，但其占比还是大于 20%，而当一个国家的用水总量超过水资源总量的 20%时，这个国家就有很大的可能发生水危机，其次我国过量采取地下水，地下水源供水量占比过大，地下水的过度开采会引起一系列生态环境问题。虽然随着技术的提升和用水效率的提高，我国万元生产总值用水量和万元工业增加值用水量在不断减小，但还是与国际标准水平有一定的差距。由于受技术的限制、传统灌溉的影响和农田设施的不完善，虽然农田实际灌溉亩灌溉用水量呈下降趋势，但我国的农田灌溉水有效利用系数却始终维持在 0.5 左右，这表明我国农业水资源利用方面存在较大的损失与浪费。我国 2012-2016 年废污水排放总量呈现稳定下降趋势，平均废污水排放量为 773.2 亿，由于我国污水处理率极低和某些企业为了降低成本，而将大量未经处理的污水直接排入河流当中，从而使我国湖泊受到了不同程度的污染，水功能区水质达标率也处于较低水平，该水污染不仅给不同的行业造成了不同的损失，也严重影响了人们的生活。

为了解决我国目前水资源开发利用的主要问题和不超过国家提出的水资源开发利用控制、用水效率控制和水功能区限制纳污“三条红线”的前提，我们根据我们的模型，结合附件、水资源公报及各个省份的特点，提出了以下具体建议：

1、为了保证全国用水总量不超过红线，我们需要降低万元国内生产总值用水量，所以可以通过加大水资源开发和利用的科技投入、多循环利用现有水资源和优化各个行业的各个水资源环节，从而提高水资源的利用效率，最终达到降低万元国内生产总值的目的。

2、为了保证用水效率不超过红线，我们必须保证全国生产总值的增长率大于全国用水总量的增长率，所以可以通过树立良好的用水观念，节约用水，和在保证不影响各行业的前提下出台一系列合理的节水政策来降低全国用水总量，从而降低全国用水总量的增长率。

3、为了保证农田灌溉水有效利用系数达到目标，我们需要改变传统的灌溉模式，减少跑冒滴漏等水资源浪费现象，改进并提高农田节水灌溉技术，并最终达目标。

4、根据各个省份不同的特点，选取一定量的控制标准，为其制定合理的并适合其发展的控制目标（如表 5-4）和需要重点控制的指标因素。

5、建立和健全严格的水资源管理体系和相关法律法规，加强水污染防治和加强宣传水资源保护等方面的相关知识，从而在一定程度上避免未经处理的废污水直接排入江河湖海之中，从而提高我国水功能区水质达标率，从而把我国建立一个适宜居住和工作的地方。

6、根据各省份的特点和所预测的各指标在 2020-2030 年的结果，分析之后绘制出各个省份需要重点控制的指标因素图（5-14）。

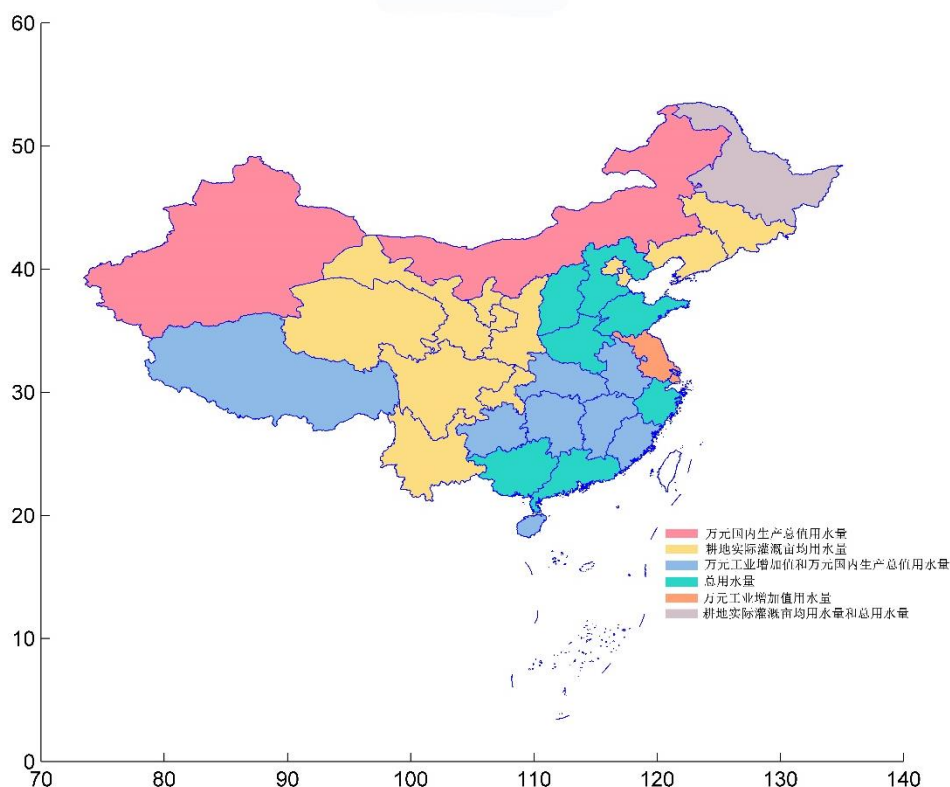


图 5-14 各个省份重点控制的指标图

以上就是我们基于我们的模型对国家水利建设提出的建议，希望这些建议对你们有所帮助，并能够给你们提供一些参考的意见。若有不对的地方，还希望您能谅解。希望我国的水资源开发利用状况在你们的带领下越来越好。

此致

敬礼

二零一八年五月七日

六、模型的评价、改进与推广

6.1 模型的评价

6.1.1 模型的优点

(1) 模型的建立具有较高的合理性，本文中建立的模型都是立足于题目以及水资源公报所给的相关信息，同时在深入分析数据基础上建立起来的，而且，从模型的求解结果也可以验证模型具有较高的合理性。

(2) 对于我国水资源开发利用现状及存在的主要问题的分析，选取了适量、合理、重要并可以反映实际问题的评价指标，构建了比较完善的评价指标体系，能全面细致地评价分析我国水资源开发利用现状以及存在的主要问题。

(3) 在构建模型时,我们选用了 Kaya 恒等式,经济库兹涅茨曲线,免疫算法,灰色预测等各种理论支撑。

(4) 对全国与各省份未来水资源开发利用的预测分析时,仔细考虑了各指标自身的发展规律和社会发展规划,使我们的模型更具合理性和实际推广意义。

(5) 本篇论文所画图表能够更直观简明反映各个变量的未来变化趋势、找出各个变量之间的函数关系和各个省份的控制区间,从而更好的构建相关数学模型并解决问题。

(6) 本文中所建立的模型具有很高的应用价值和推广价值,可以广泛应用于实际生活中。

6.1.2 模型的缺点

(1) 影响评价指标的变量考虑不全可能会导致所求各个评价指标的函数关系存在一定的局限性。

(2) 利用灰色预测,对于各省目标的预测区间可能由于某些不可控因素未考虑其中而存在一定的误差。

6.2 模型的改进

(1) 考虑更多的影响评价指标的因素和不可控的因素,让模型和算法得到进一步完善和优化。

(2) 收集近二十年的数据或者更多年的数据,从而使未来变化趋势的预测更加准确和可靠。

6.3 模型的推广

我们的模型的建立是基于灰色预测,当前最优秀的数据预测的模型之一。该模型可以进一步推广到气候变化、医院患者流量预测、中国人口变化、经济变化等等众多领域中。我们还建立的多元最优化模型可以用于解决最优决策选择,运用到众多工程和医疗预后评估中,具有较高的实用性与合理性。

七、参考文献

- [1] 赵悦, 蒋金荷, 李富强. 中国水资源使用效率影响因素分析 [J]. 水利经济. 36(1):52-63, 2018.
- [2] 向宇, 吴琴. 改进的灰色预测模型在全国用水量预测中的应用 [J]. 湖北民族学院报 (自然学科版). 33(1):25-30, 2015.
- [3] 张建伟. 我国水资源开发利用中存在的问题及对策分析 [J]. 华东经济管理. 15(1):132-134, 2001.
- [4] 贾绍凤, 张士锋, 杨红, 夏军. 工业用水与经济的关系-用水库兹涅茨曲线 [J]. 自然资源学报. 19(3):279-284, 2004.
- [5] 刘思峰. 灰色系统理论及其应用 [M]. 3 版. 北京:科学出版社, 2004:10-15.
- [6] 酃建强, 王建生, 颜勇. 我国水资源安全现状与主要存在问题分析 [J]. 中国人口-资源与环境, 2015, 25(6): 142-151.
- [7] 王学渊, 赵连阁. 中国农业用水效率及影响因素 [J]. 农业经济问题, 2008(3):10-18.

附录

1、图 5-2 程序

```
data=importdata('F:/2016/全部指标数据.xlsx');
x=2012:2016;
y1=data.data(2,:); %全国供水量
y2=data.data(3,:); %全国供水量占当年水资源总量比例
[hAxes,hbar,hLine]=plotyy(x,y1,x,y2,'bar','plot')
xlabel('年份')
ylabel(hAxes(1),'全国总供水量(亿 m3)')
ylabel(hAxes(2),'占水资源总量比例')
legend('全国总供水量','占水资源总量比例')
box off
print -djpeg -r600 '全国供水量现状图'
```

2、图 5-3 程序

```
data=importdata('F:/2016/全部指标数据 1.xlsx')
x=2012:2016;
y1=data.data(4,:);
y2=data.data(5,:);
y3=data.data(6,:);
subplot(1,2,1)
plot(x,y1,x,y2,x,y3)
xlabel('年份')
ylabel('占比')
legend('地表水源供水量占比','地下水源供水量占比','其他水源供水量占比')
box off
subplot(1,2,2)
x=2012:2015;
y4=data.data(29,1:4);
y5=data.data(30,1:4);
plot(x,y4,x,y5)
xlabel('年份')
ylabel('占比')
legend('北方 6 区供水量占比','南方 4 区供水量占比')
box off
print -djpeg -r600 '水资源供水量占比图和南北分区占总用水量比例图'
```


3、图 5-4 程序

```
data=importdata('F:/2016/全部指标数据.xlsx')
x=2012:2016;
y1=data.data(7,:);
y2=data.data(8,:);
y3=data.data(9,:);
subplot(1,2,1)
bar(x,y1);
xlabel('年份')
ylabel('全国总用水量(亿 m{3})')
box off
subplot(1,2,2)
plot(x,y2,'^-')
hold on
plot(x,y3,'^g-')
xlabel('年份')
ylabel('占比')
legend('北方 6 区用水量占比','南方 4 区用水量占比')
box off
print -djpeg -r600 '水资源用水量占比图和南北分区占总用水量比例图'
```

4、图 5-7 程序

```
%画耕地实际灌溉亩均用水量图
data=importdata('F:/2016/全部指标数据 1.xlsx')
x=2012:2016;
y1=data.data(10,:);
bar(x,y1)
box off
xlabel('年份')
ylabel('实际灌溉亩均用水量(m{3})')
print -djpeg -r600 '耕地实际灌溉亩均用水量图'
```

5、图 5-8 程序

```
data=importdata('F:/2016/全部指标数据 1.xlsx')
x=2012:2016;
```

```

y1=data.data(11,:);
plot(x,y1)
box off
xlabel('年份')
ylabel('有效系数')
print -djpeg -r600 '农田灌溉水有效系数图'

```

6、图 5-9 程序

```

data=importdata('F:/2016/全部指标数据 1.xlsx')
x=2012:2016;
y1=data.data(25,:);
bar(x,y1)
box off
xlabel('年份')
ylabel('全国废污水排放总量(亿 t)')
print -djpeg -r600 '全国废污水排放总量图'

```

7、图 5-10 程序

```

data=importdata('F:/2016/全部指标数据 1.xlsx')
x=2012:2016;
y1=data.data(28,:);
plot(x,y1)
box off
xlabel('年份')
ylabel('水功能区水质达标率')
print -djpeg -r600 '水功能区水质达标率图'

```

8、灰色预测

```

%建立 M 文件
function G=HuiSeYuCe(A)
%本函数需要输入一个参数：预测原始数据 A
syms a b;
c=[a,b]';
B=cumsum(A);
n=length(A);
for i =1:(n-1)

```

```

C(i)=(B(i)+B(i+1))/2;
end
%计算待定参数的值
D=A;D(1)=[];
D=D';
E=[-C;ones(1,n-1)];
c=inv(E*E')*E*D;
c=c';
a=c(1);
b=c(2);
%预测后续数据
F=[];F(1)=A(1);
for i = 2:(n+14) %20 表示预测后 20 年的数据
F(i)=(A(1)-b/a)/exp(a*(i-1))+b/a;
end
G=[];G(1)=A(1);
for i=2:(n+14)
G(i)=F(i)-F(i-1);
end
t1=2012:2016;
t2=2012:2030;
plot(t1,A,'o')
hold on
plot(t2,G,'k-')
hold off

```

9、预测用水总量程序

```

per_GDP=[40007, 43852, 47203, 50251, 53980];%2012~2016 人均 GDP
people_number=[135404, 136072, 136782, 137462, 138271];%2012~2016 年人口数
G=[118, 109, 96, 90, 81];%2012~2016 年万元国内生产总值当年用水量
per_GDP=HuiSeYuCe(per_GDP);
people_number=HuiSeYuCe(people_number);
G=*HuiSeYuCe(G);
W=per_GDP.*people_number.*G;
x=2012:2030;
plot(x,W/10^8)

```

10、预测农田有效灌溉系数

```
area=[62490.5, 63473.3, 64539.5, 65872.6, 67140.6]; %2012~2016 年的灌溉耕地面积
water_use_per_mu=[404, 418, 402, 394, 380]; %2012~2016 年耕地亩地用水量
water_use_agriculture=[3902.5, 3921.5, 3869, 3852.2, 3768]; %2012~2016 年农业总用水量
area=HuiSeYuCe(area);
water_use_per_mu=HuiSeYuCe(water_use_per_mu);
water_use_agriculture=HuiSeYuCe(water_use_agriculture);
A=(area.*water_use_per_mu*1000*15)*5.3364./(water_use_agriculture*10^9);
x=2012:2030;
plot(x,A)
xlabel('年份')
ylabel('有效利用系数')
box off
title('农田灌溉有效利用系数变化趋势图')
print -djpeg -r600 '农田灌溉有效利用系数变化趋势图'
```

11、表 5-4 程序

```
W=read.table("clipboard", sep='\\t')
W_dim<-dim(W);
datam<-as.data.frame(matrix(0,W_dim[1],4));
datam[,1]=as.character(W[,1]);
for(i in 2:W_dim[1])
{
datam[i,2]=( as.numeric(as.character(W[i,4]))/7000)*6700;
}
W1_=read.table("clipboard", sep='\\t')
for (i in 2:dim(W1_)[1])
{
datam[i,3]=( as.numeric(as.character(W1_[i,4]))/W1_[1,4])*33.4;
}
for (i in 2:dim(W1_)[1])
{
datam[i,4]=( as.numeric(as.character(W1_[i,5]))/W1_[1,5])*247.68;
}
```

```
write.table(datam, "F:/2016/预测.txt")
```

12、图 5-11 程序

```
data2015=importdata('F:/2016/2018 年东北三省数学建模联赛 E 题/2018 年东北三省  
数学建模联赛 E 题/2018 年东北三省数学建模联赛 E 题附件 3.xlsx');  
data2016=importdata('F:/2016/2018 年东北三省数学建模联赛 E 题/2018 年东北三省  
数学建模联赛 E 题/2018 年东北三省数学建模联赛 E 题附件 4.xlsx');  
data_length=length(data2015.data);  
x=ones(data_length+1,5);  
for i=1:data_length  
    x(i,1)=data2015.data(i,3)/data2015.data(1,3);    %2015 年  
end  
for i=1:data_length  
    x(i,2)=data2016.data(i,3)/data2016.data(1,3);    %2016 年  
end  
for i=1:data_length  
    x(i,3)=(x(i,1)+x(i,2))/2;                        %2014 年  
end  
for i=1:data_length  
    x(i,4)=(x(i,1)+x(i,3))/2;                        %2013 年  
end  
for i=1:data_length  
    x(i,5)=(x(i,2)+x(i,3))/2;                        %2012 年  
end  
t=1:33;  
u=plot(t, x(:,5), t, x(:,4), t, x(:,3), t, x(:,2), t, x(:,1));  
set(u, 'XTickLabel', data2015.textdata(5:38));  
legend('2012', '2013', '2014', '2015', '2016');  
print -djpeg -r600 '各省万元国内生产用水量与全国比值图'
```

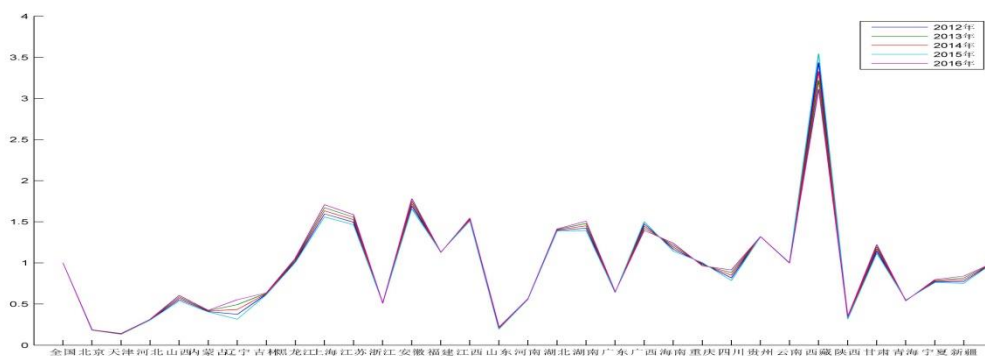
13、附录图程序

```
data2015=importdata('F:/2016/2018 年东北三省数学建模联赛 E 题/2018 年东北三省  
数学建模联赛 E 题/2018 年东北三省数学建模联赛 E 题附件 3.xlsx');  
data2016=importdata('F:/2016/2018 年东北三省数学建模联赛 E 题/2018 年东北三省  
数学建模联赛 E 题/2018 年东北三省数学建模联赛 E 题附件 4.xlsx');  
data_length=length(data2015.data);
```

```

x=ones(data_length+1,5);
for i=1:data_length
    x(i,1)=data2016.data(i,9)/data2016.data(1,9); %2016 年
end
for i=1:data_length
    x(i,2)=data2015.data(i,9)/data2015.data(1,9); %2015 年
end
for i=1:data_length
    x(i,3)=(x(i,1)+x(i,2))/2; %2014 年
end
for i=1:data_length
    x(i,4)=(x(i,1)+x(i,3))/2; %2013 年
end
for i=1:data_length
    x(i,5)=(x(i,2)+x(i,3))/2; %2012 年
end
t=1:33;
u=plot(t,x(:,5),t,x(:,4),t,x(:,3),t,x(:,2),t,x(:,1));
set(gca,'xticklabel',data2016.textdata(5:36))
set(gca,'xtick',1:32)
box off
legend('2012 年','2013 年','2014 年','2015 年','2016 年');
print -djpeg -r600 '2012——2016 年各省万元工业增加值用水量与全国比值图'

```



```

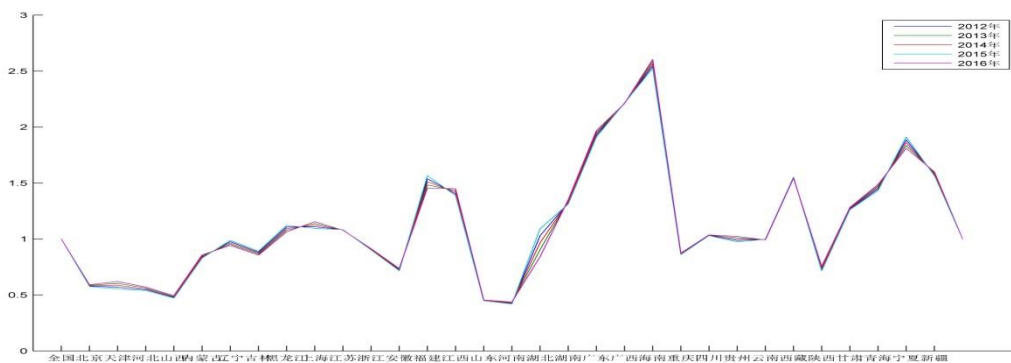
x=ones(data_length+1,5);
for i=1:data_length
    x(i,1)=data2016.data(i,4)/data2016.data(1,4); %2016 年

```

```

end
for i=1:data_length
    x(i,2)=data2015.data(i,4)/data2015.data(1,4); %2015 年
end
for i=1:data_length
    x(i,3)=(x(i,1)+x(i,2))/2; %2014 年
end
for i=1:data_length
    x(i,4)=(x(i,1)+x(i,3))/2; %2013 年
end
for i=1:data_length
    x(i,5)=(x(i,2)+x(i,3))/2; %2012 年
end
t=1:33;
u=plot(t,x(:,5),t,x(:,4),t,x(:,3),t,x(:,2),t,x(:,1));
set(gca,'xticklabel',data2016.textdata(5:36))
set(gca,'xtick',1:32)
box off
legend('2012 年','2013 年','2014 年','2015 年','2016 年');
print -djpeg -r600 '2012——2016 年各省实际灌溉亩均用水量与全国比值图'

```



14、图 5-12 程序

```

%%%比例计算
data2015=importdata('F:/2016/2018 年东北三省数学建模联赛 E 题/2018 年东北三省
数学建模联赛 E 题/2018 年东北三省数学建模联赛 E 题附件 3.xlsx');
data2016=importdata('F:/2016/2018 年东北三省数学建模联赛 E 题/2018 年东北三省
数学建模联赛 E 题/2018 年东北三省数学建模联赛 E 题附件 4.xlsx');
data_length=length(data2015.data);

```

```

x=ones(data_length,12);
%万元国内生产总值用水量
for i=1:data_length
    x(i,1)=data2015.data(i,3)/data2015.data(1,3);
end
for i=1:data_length
    x(i,2)=data2016.data(i,3)/data2016.data(1,3);
end

%耕地实际灌溉亩均用水量
for i=1:data_length
    x(i,3)=data2015.data(i,4)/data2015.data(1,4);
end
for i=1:data_length
    x(i,4)=data2016.data(i,4)/data2016.data(1,4);
end

%万元工业增加值用水量
for i=1:data_length
    x(i,5)=data2015.data(i,9)/data2015.data(1,9);
end
for i=1:data_length
    x(i,6)=data2016.data(i,9)/data2016.data(1,9);
end

%农田灌溉水有效利用系数
for i=1:data_length
    x(i,7)=data2015.data(i,5)/data2015.data(1,5);
end
for i=1:data_length
    x(i,8)=data2016.data(i,5)/data2016.data(1,5);
end

%求均值：比例系数
y=ones(data_length,6);
for i=1:6
    y(:,i)=0.5*(x(:,2*i-1)+x(:,2*i));

```


end

%下面单独计算用水总量

data_water=importdata('F:/2016/2018 年东北三省数学建模联赛 E 题/2018 年东北三省数学建模联赛 E 题/附件 1.xlsx');

z=ones(length(data_water.data),3);

for i = 1:length(data_water.data)

z(i,1)=data_water.data(i,1)/data_water.data(1,1);

z(i,2)=data_water.data(i,2)/data_water.data(1,2);

z(i,3)=data_water.data(i,3)/data_water.data(1,3);

end

y(:,5)=1/3*(z(:,1)+z(:,2)+z(:,3));

%%%数据计算

%%万元国内生产总值当年用水量 R

G=[118, 109, 96, 90, 81];%2012~2016 年万元国内生产总值当年用水量

R=HuiSeYuCe(G); %万元国内生产总值用水量 R

%%耕地亩地用水量 W11

W11=[404, 418, 402, 394, 380];%2012~2016 年耕地亩地用水量

W11=HuiSeYuCe(W11);

%%万元工业增加值用水量 R2

R2=[69, 67, 59.5, 58.3, 52.8];

R2=HuiSeYuCe(R2);

%%农田灌溉有效系数 W1

W1=[0.516, 0.523, 0.53, 0.536, 0.542];

W1=HuiSeYuCe(W1);

%%用水总量 W

water_use_per_mu=[404, 418, 402, 394, 380];%2012~2016 年耕地亩地用水量

per_GDP=[40007, 43852, 47203, 50251, 53980];%2012~2016 人均 GDP

people_number=[135404, 136072, 136782, 137462, 138271];%2012~2016 年人口数

G=[118, 109, 96, 90, 81];%2012~2016 年万元国内生产总值当年用水量

per_GDP=HuiSeYuCe(per_GDP);

```

people_number=HuiSeYuCe(people_number);
G=HuiSeYuCe(G);
W=(per_GDP.*people_number.*G)/10^8;    %用水总量 W

%%%数值矩阵提取
datam1=ones(32,11);%记录各省万元国内生产总值当年用水量 R
datam2=ones(32,11);%记录各省耕地亩地用水量 W11
datam3=ones(32,11);%记录各省万元工业增加值用水量 R2
datam4=ones(32,11);%记录农田灌溉有效系数 W1
datam5=ones(32,11);%记录用水总量 W

for i =1:32    %对省份进行遍历
    datam1(i,:)=R(9:19)*y(i,1);
    datam2(i,:)=W11(9:19)*y(i,2);
    datam3(i,:)=R2(9:19)*y(i,3);
    datam4(i,:)=W1(9:19)*y(i,4);
    datam5(i,:)=W(9:19)*y(i,5);
end

%%%做图
    i =1;    %对每个省进行遍历
        x=2020:2030;
        subplot(1,3,1);
        yyaxis left

        plot(x,datam1(i,:), 'r', x, datam2(i,:), 'b', x, datam3(i,:), 'g', x, datam5(i,:), 'k', 'linewidth', 2);
        xlabel(data2015.textdata(4+i))
        ylabel('用水量')
        yyaxis right
        plot(x,datam4(i,:), 'c', 'linewidth', 2)
        ylabel('农田灌溉有效系数')
        box off
        i=i+1;
        subplot(1,3,2);
        yyaxis left

```

```

plot(x, datam1(i,:), 'r', x, datam2(i,:), 'b', x, datam3(i,:), 'g', x, datam5(i,:), 'k', 'linewidth', 2);
xlabel(data2015.textdata(4+i))
ylabel('用水量')
yyaxis right
plot(x, datam4(i,:), 'c', 'linewidth', 2)
ylabel('农田灌溉有效系数')
box off
i=i+1;
subplot(1, 3, 3);

plot(x, datam1(i,:), 'r', x, datam2(i,:), 'b', x, datam3(i,:), 'g', x, datam5(i,:), 'k', 'linewidth', 2);
xlabel(data2015.textdata(4+i))
ylabel('用水量')
yyaxis right
plot(x, datam4(i,:), 'c', 'linewidth', 2)
ylabel('农田灌溉有效系数')
box off
i=i+1;

print -djpeg -r600 'picture1';

```

15、地图程序

```

fnshp_L='D:/liu/bou2_4l.shp';%ShapeType:
'PolyLine' %http://vdisk.weibo.com/s/AWp2VFeKW0jn
readL=shaperead(fnshp_L);%该文件中没有每个省的名称
geoshow(fnshp_L);title('PolyLine of China')

```