

我国水资源现状的分析研究及发展预测

摘要

本文通过整理近 5 年来我国水资源的相关信息和数据,用科学的方法分析出了我国水资源现阶段的问题和发展趋势,以及水资源各指标之间的规律,并对今后我国水资源管理和科学利用提出了几点看法,希望为今后我国水资源的可持续发展起到一定的积极作用。

针对问题一,我们收集了 2012-2016 年的水资源公报数据信息,通过数据分析建立合适的函数模型,我们发现我国用水量呈上升趋势,逐步接近 7000 亿 m^3 的红线。为此我们又分析了其他各项指标,结合我国的基本国情和现状,发现了我国现阶段水资源面临的几项严重问题。我国是农业大国,农业用水量很大,但农业用水的利用率不高,农田灌溉有效系数增长缓慢,根据模型预测到 2030 时可能达不到 0.6 的指标。万元工业增加值用水量呈下降趋势,但工业用水的耗水量也在逐年增加,这也导致了极大的浪费。水质功能区难以达到目标要求,其污染排放量呈下降趋势并不明显,总量巨大且净化再利用的比例很少。

针对问题二,我们首先对数据进行了按特点的分类,即按照水资源分布多寡将各行政区分为四部分,利用 Matlab 软件及其 cftool 工具箱拟合并绘制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的图像,通过图像和得到的回归方程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的内在规律并作出对 2020 到 2030 年各省份水资源管理及控制的发展趋势的预测。

问题三是以建议书的形式阐述本研究的总结概括并且提出相关的实用性建议,以期对未来十余年的水资源开发及利用献上绵薄之力。

关键词: 最小二乘法 合理预测 线性拟合 权重分析

一、问题重述

1.1 问题背景

水是生命之源、生产之要、生态之基。新中国成立以来特别是改革开放以来，我国的水资源开发利用取得显著成绩，为经济社会发展、人民安居乐业作出了突出贡献。但是我国人多水少、水资源时空分布不均的基本国情依旧没有变，同时用水效率不高、水资源短缺、水污染严重等问题十分突出，这些问题都不利于我国水资源的可持续发展。随着经济迅速发展，人口不断增加，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。

2011 年中央 1 号文件和中央水利工作会议明确要求实行最严格水资源管理制度。2012 年 1 月，国务院发布了《关于实行最严格水资源管理制度的意见》，每年发布《中国水资源公报》，确立了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”：

一是确立水资源开发利用控制红线，到 2030 年全国用水总量控制在 7000 亿立方米以内。

二是确立用水效率控制红线，到 2030 年用水效率达到或接近世界先进水平，万元工业增加值用水量降低到 40 立方米以下，农田灌溉水有效利用系数提高到 0.6 以上。

三是确立水功能区限制纳污红线，到 2030 年主要污染物入河湖总量控制在水功能区纳污能力范围之内，水功能区水质达标率提高到 95%以上。

1.2 问题要求

请你搜集近五年相关信息与数据，完成以下问题：

问题 1：根据我国 2012-2016 年水资源公报提供的信息，分析我国水资源开发利用现状及存在的主要问题，比较与国家提出的 2030 年目标的偏差。

问题 2：构建数学模型，根据不同省份的特点进行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这三个量之间的内在规律，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 3：根据研究结果，给国家水利部门写一封建议信，需要对前面的解答进行分析总结并辅以实用建议。

二、问题分析

问题一：查找分析 2012-2016 年这五年的水资源公报数据信息，整理我国水资源相关指标的数据，用清晰明显的图表表示出各项指标的数据变化趋势，结合实际情况的水资源状况，选择最合适的拟合函数曲线，来分析存在的问题和偏差，并查找文献分析出现问题的原因。

问题二：问题涉及两个子问题，一是用建模的方法，以不同省份的特点研究三个量的内在规律，不同省份的特点有很多，需要确定一个指标，我国幅员辽阔，地域间差异较大，水资源的分布也不均匀，所以可以选择水资源拥有的多寡来进行数据的搜集和分类，利用合适的模型，以题中所需的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三个量进行拟合，进一步分析从而得出结果。二是预测分析 2020-2030 年各省的水资源管理及控制的发展趋势。

三、模型假设

1. 假设从 2016 年后，不出现各种自然灾害和影响自然资源的重大事件。
2. 假设我国未来不出现水资源的调整战略，提出的目标也不进行更改。
3. 假设水资源公报数据准确有效。
4. 假设各指标的数据仍然按当前趋势发展。

四、模型建立

4.1 问题一

4.1.1 符号说明

数 学 符 号	含 义
a	待定系数
b	待定系数
y'	2030 年的目标值
y	拟合函数的预测值
A	偏差

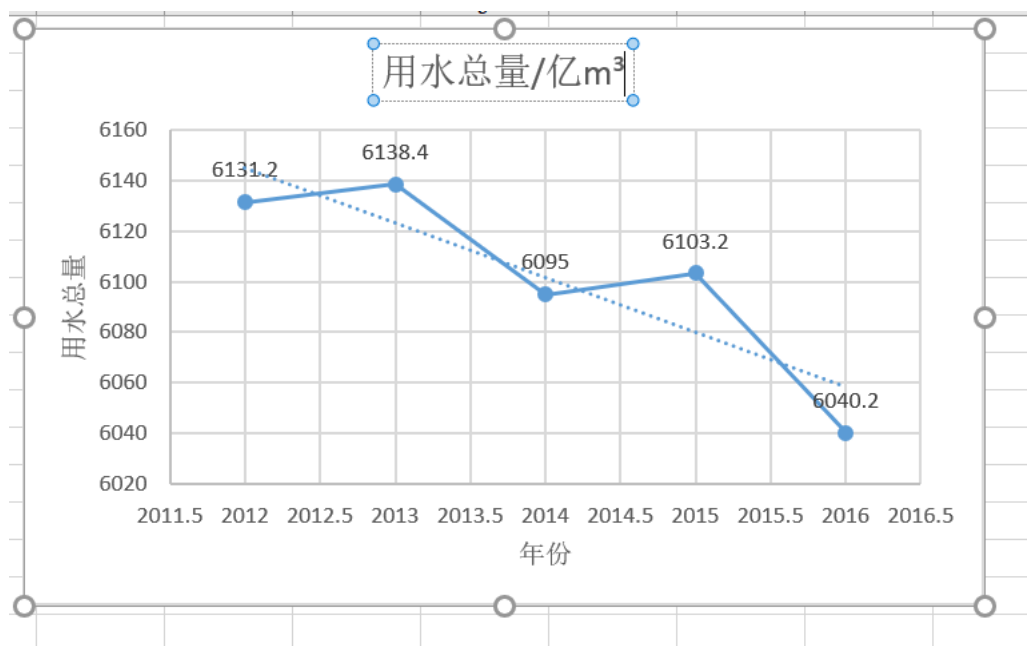
4.1.2 问题重述

根据我国 2012-2016 年水资源公报，分析我国水资源开发利用现状及存在的主要问题，比较与国家提出的 2030 年目标的偏差。

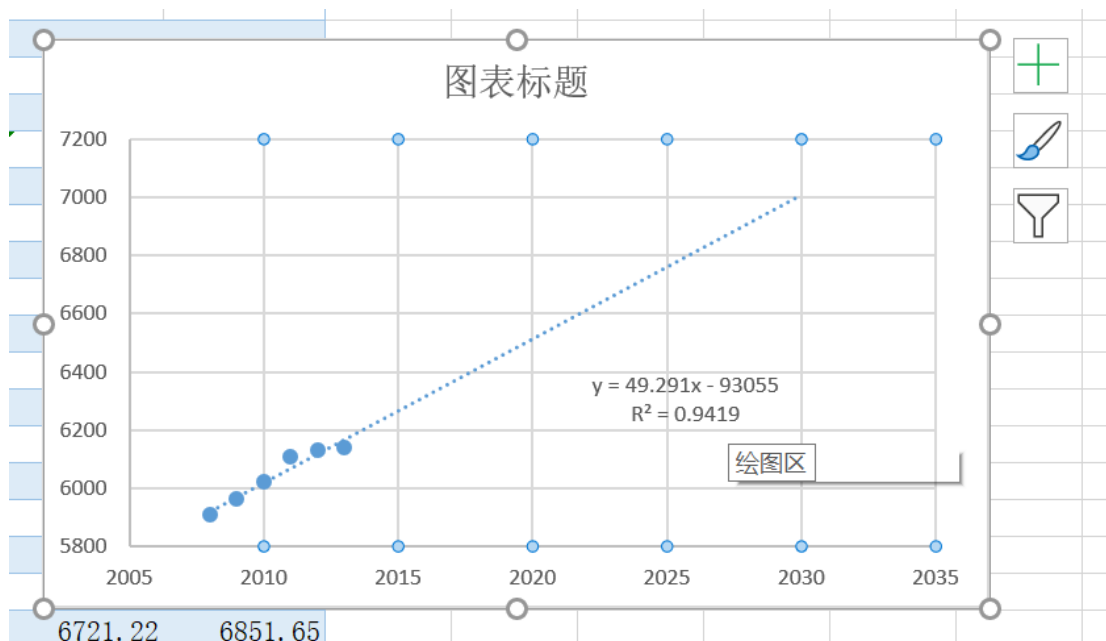
4.1.3 模型建立与分析求解

以下数据是通过查找中华人民共和国水利部水资源公报搜集整理所得到的数据，并根据数据用 excel 制作出了以下图表：

(1) 2012-2016 用水总量的趋势变化图



由上图可知我国近年来的用水总量呈下降趋势，但是随着人口的不断增长以及经济的快速发展，我国的用水总量会有较大的增加。根据 2008-2016 年的数据来看，我国的用水总量总体还是将为上升趋势。由于 2014-2016 的现将幅度并不明显，可简化为不变处理，那么我们重新进行预测，即可得到下图



通过 Excel 拟合函数进行预测得到, $y=49.291x-93055$, 当 $x=2030$ 时,

$$A = \frac{y' - y}{y'}$$

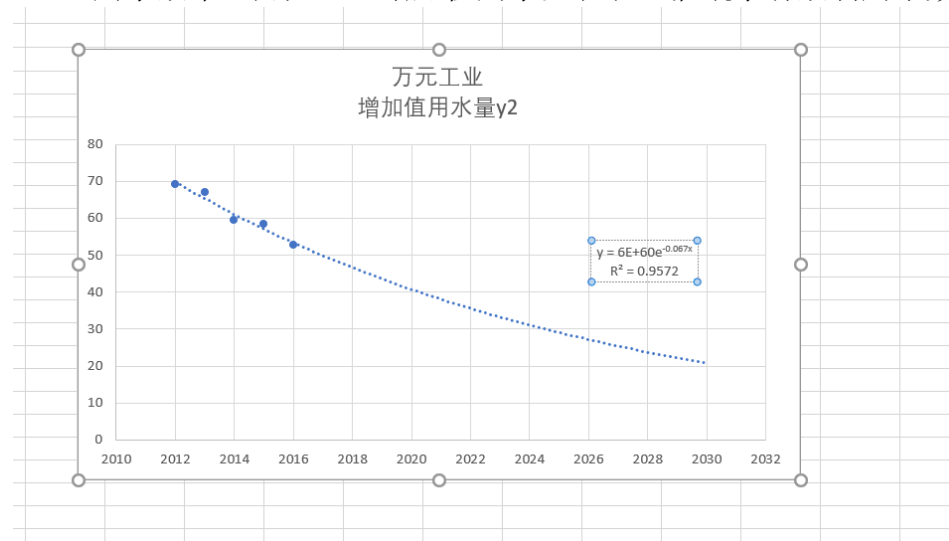
6

$y=7005.73 > 7000$, $A=0.08\%$

这说明在假设条件下会超过红线，而现实情况远比这个要更加严重，因此我国水资源供需短缺的问题十分严重。

我国现有水资源 2.8 万亿 m^3 ，居世界第 6，但人均占有量 2240 立方米，约世界人均水平的 1/4，而我国水资源又出现明显的分布不均，随着社会的不断发展，我国用水供需将受到严重挑战。

(2) 用水效率（万元工业增加值用水量和农田灌溉水有效利用系数）

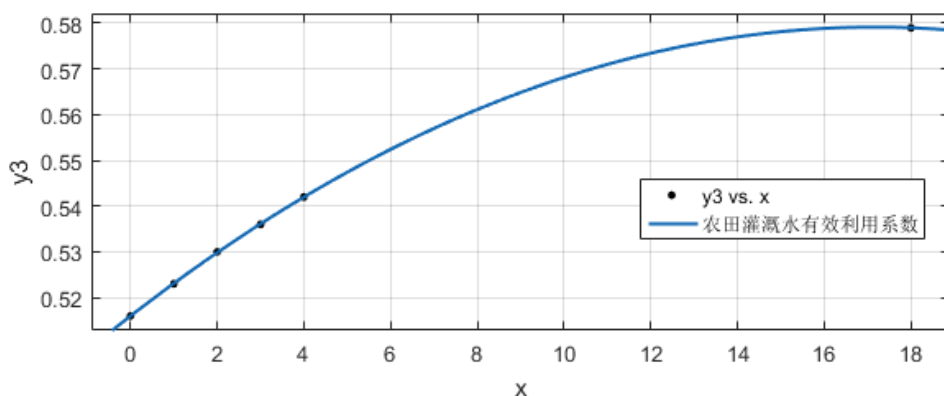


通过 Excel 的拟合，我们可看出我国万用工业的增加值用水量是呈下降趋势，通过查找资料：

万元工业增加值用水量=项目年耗水量/项目工业增加值

工业增加值=[工业总产出](#)-工业[中间投入](#)

这说明近年来我国在这一方面做出了巨大的努力，在提升项目的经济效益时，年耗水量有明显下降，但我国工业用水量的利用率只有 40%，而发达国家有 75%-80%这说明我国的水资源浪费问题十分突出，在未来时间内，我们要达到红线目标必须要提高水资源的利用率才能真正保证按拟合曲线下降。



用 Matlab 拟合出来了农田灌溉水有效利用系数，当到达 2030 年时，我国农田灌溉水有效利用系数预测为 0.579，没有达到 0.6，这与我国的农业基本现状也是符合的。

$$A = \frac{y' - y}{y'}$$

6

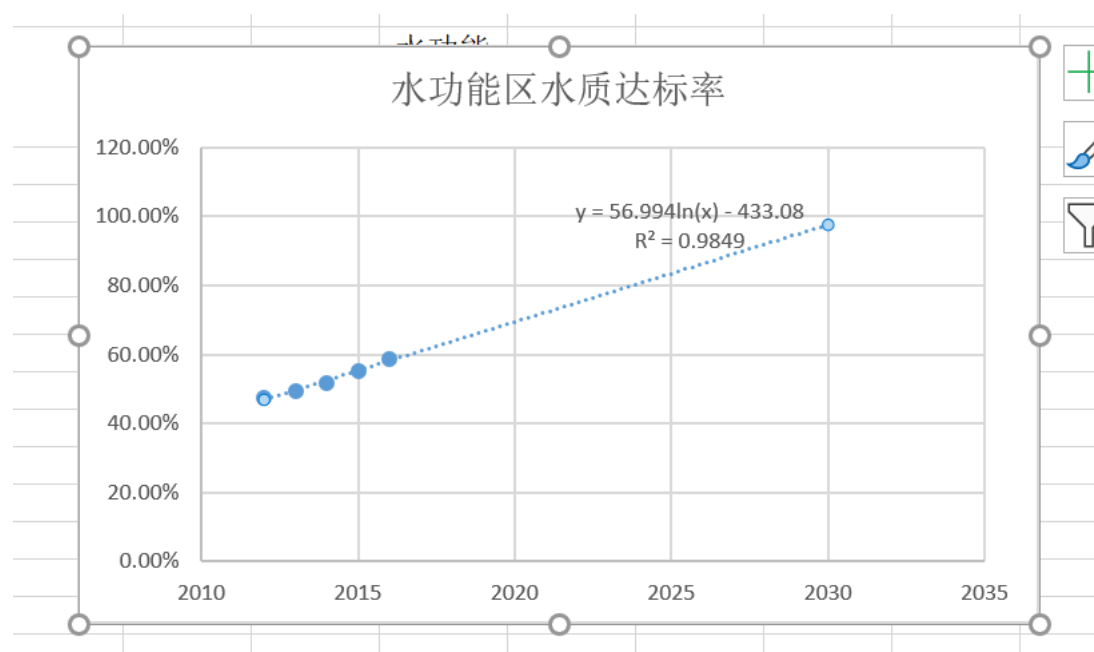
计算得到 A=3.5%

年份		2012	2013	2014	2015	2016
供水量	地表水占比	80.80%	81%	80.80%	81.40%	81.30%
	地下水占比	18.50%	18.20%	18.30%	17.50%	17.50%
	其他	0.70%	0.80%	0.90%	1.10%	1.20%
用水量	生活用水	12.10%	12.10%	12.60%	13%	13.60%
	工业用水	22.50%	22.80%	22.20%	21.90%	21.60%
	农业用水	63.60%	63.40%	63.50%	63.10%	62.40%
	人工生态补水	1.80%	1.70%	1.70%	2%	2.40%
耗水率（消耗量/用水量）		53%	53%	53%	52.70%	52.90%

根据 2012-2016 年的数据显示，我们可以看出农业用水一直稳定在 63%左右，这说明近年来我国的农业用水效率并没有提高，而发达国家很早就实现了农业的现代化，采用科学化，自动化的各种措施将利用系数达到了 0.7-0.8，这也说明我国水资源浪费严重，用水效率较低。

(3) 水功能区达标率

水功能区水质达标率	47.40%	49.40%	51.80%	55.10%	58.70%
河湖纳污红线达标率	63.50%	63.00%	67%	70.80%	73.40%
废水排放量	785亿t	775亿t	771亿t	770亿t	765亿t



通过以上的数据分析我国水质达标率正呈现出上升的趋势,但是结合实际情况我国在水质达标上和水污染控制方面缺乏有效的处理办法,, 污染物的排放量有所下降, 达标率在逐渐上升, 这些现象都没有改变我国水污染的现状, 却还是难以到达 95%。

经过查找资料,我国水污染加剧了水资源的短缺,直接影响人民的生活健康,造成的经济损失约国民经济的 1.5%-3%, 工业污水占据了我国水污染的 50%, 城市生活污水和工业污水的排放以及农业生产生活之中的化学药品对河湖的影响很大。

我国每年 80%的污水未经处理直接排入江河, 90%的城市地表水受到污染, 97%的城市地下水源受到污染, 因此, 我国水污染有所改善但是问题依旧严峻。

4.2 问题二

4.2.1 符号说明

符号	含义
x	万元国内生产总值用水量
y	耕地实际灌溉亩均用水量
z	万元工业增加值用水量

4.2.2 问题概述

根据不同省的特点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。

4. 2. 3 模型的建立与求解

首先，对表格中列出的 31 个行政区按照《中国水资源分布图》划分为四个部分，水资源量依次增大。

- 部分一：新疆，甘肃，内蒙古，宁夏，青海，西藏。
- 部分二：北京，天津，河北，山西，吉林，黑龙江，山东，河南，陕西。
- 部分三：辽宁，上海，江苏，安徽，湖北，湖南，广西，重庆，四川，贵州，云南。
- 部分四：浙江，福建，江西，广东，海南。

然后，对各部分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三个量分别建立线性回归模型：

$$z = p00 + p10 * x + p01 * y$$

数据收集：

第一部分

	二零一五			二零一六		
内蒙古	103	327	23.6	102	326	22.4
甘肃	175	497	65.1	165	487	64.5
宁夏	242	753	44.4	206	688	42.1
新疆	619	617	43.9	588	608	44.4
西藏	300	612	206.6	271	587	164.3
青海	111	565	32.0	103	565	28.4

第二部分

北京	17	227	10.5	16	225	9.9
天津	16	218	7.7	15	236	7.6
河北	63	213	17.8	57	217	16.6
山西	57	186	31.3	58	188	32.0
吉林	94	351	35.9	89	325	33.6
黑龙江	236	442	58.8	229	404	56.0
山东	34	177	11.4	32	173	11.5
河南	60	165	32.6	57	166	29.9
陕西	50	282	18.6	47	287	18.3

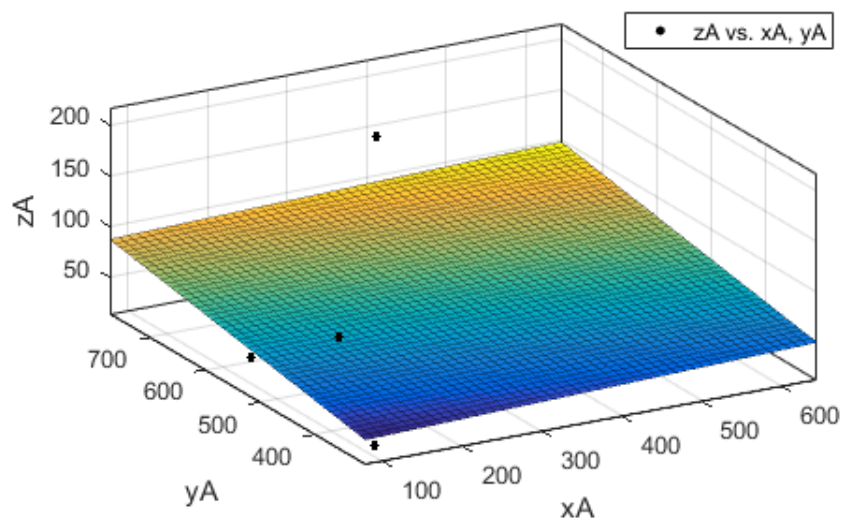
第三部分

辽宁	49	389	18.4	61	358	29.2
上海	42	431	90.9	38	439	90.2
江苏	82	427	85.4	76	410	83.7
安徽	131	282	96.8	121	280	94.0
湖北	102	430	80.9	87	320	74.6
湖南	114	517	81.3	106	513	79.6
广西	178	873	87.5	159	840	73.7
重庆	50	339	58.5	44	332	50.9
四川	88	406	45.8	82	394	48.3
贵州	93	384	76.9	85	389	69.7
云南	109	393	58.5	101	377	52.7

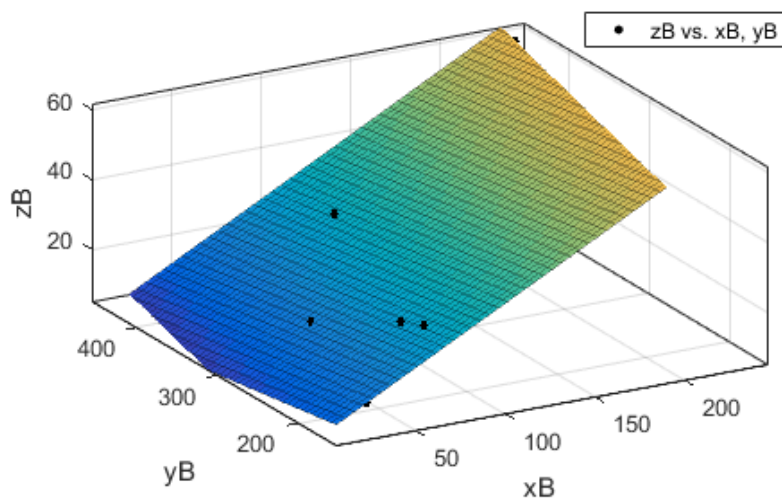
第四部分

浙江	43	355	30.0	39	347	26.9
福建	77	617	66.0	66	553	59.5
江西	147	547	88.2	134	551	81.6
广东	61	753	37.3	55	748	34.2
海南	124	995	66.7	111	990	65.5

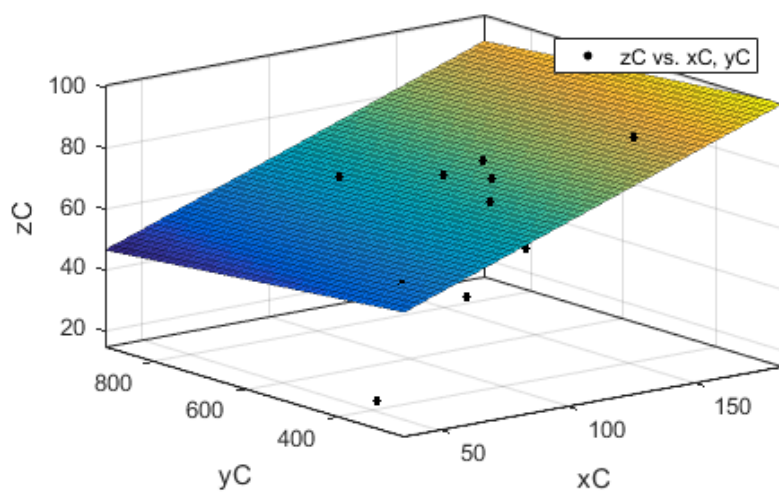
分别将各部分数据分年份以 (x, y, z) 的形式代入，利用 Matlab 建立三维散点图，并利用软件的 cftool 工具箱拟合函数出三维图像。



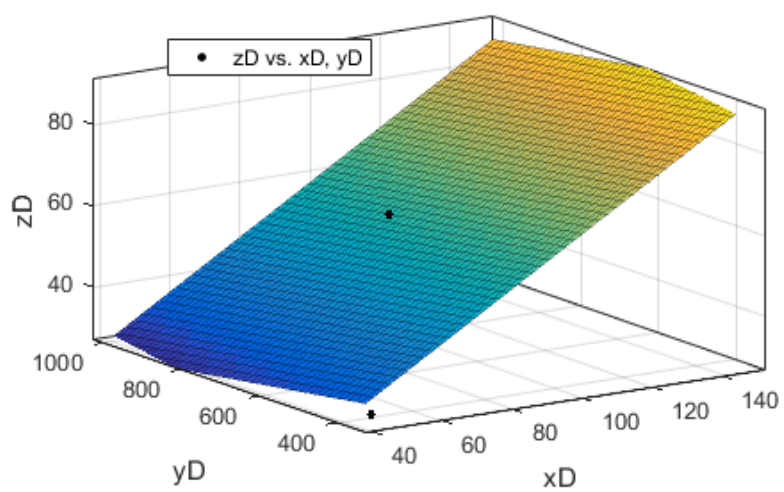
第一部分 2015 年图像



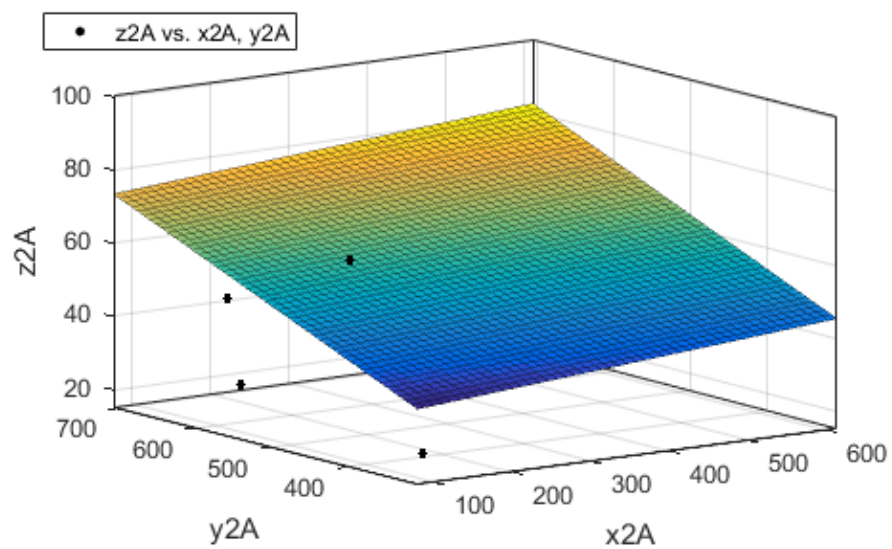
第二部分 2015 年图像



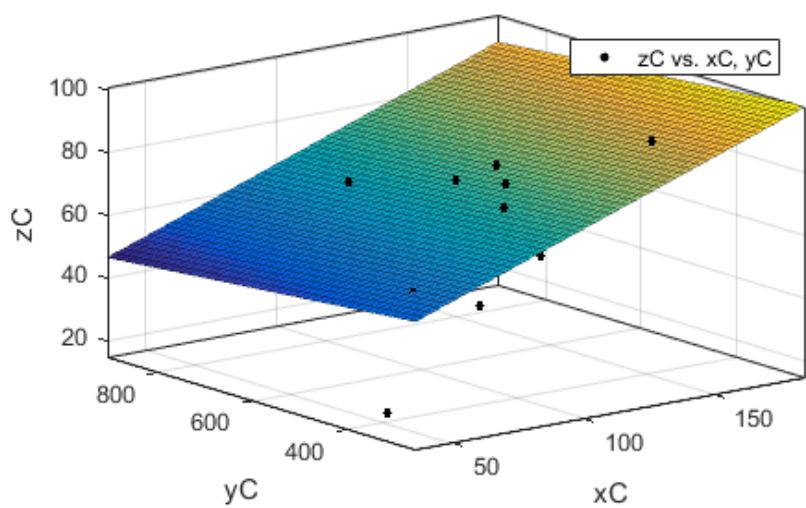
第三部分 2015 年图像



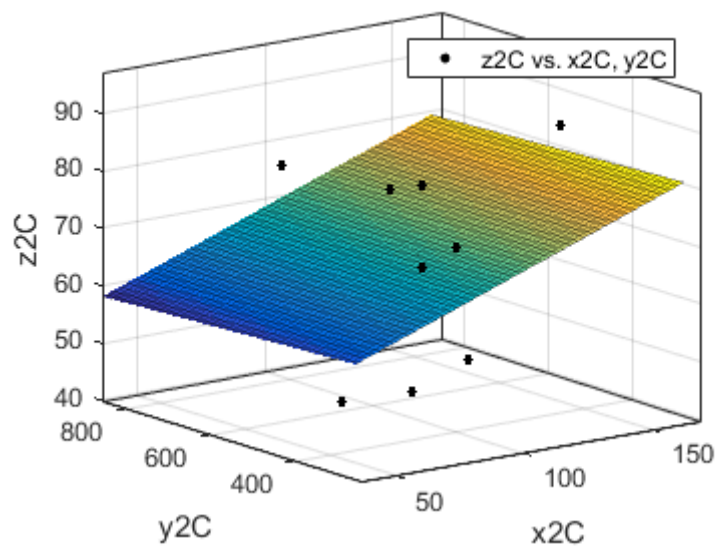
第四部分 2015 年图像



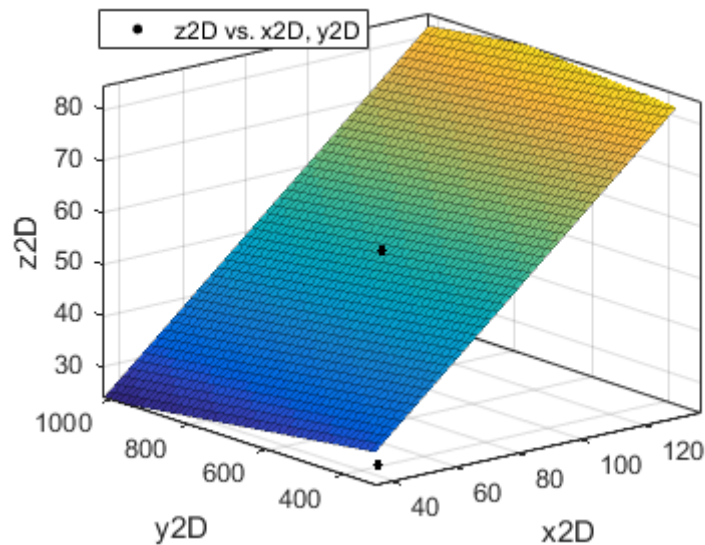
第一部分 2016 年图像



第二部分 2016 年图像



第三部分 2016 年图像



第四部分 2016 年图像

回归方程如下：

$$\begin{aligned}
 z &= 6.489 + 0.02021x + 0.1024y \\
 \text{2015 年: } z &= 15.96 + 0.2703x - 0.03914y \\
 z &= 48.59 + 0.3032x - 0.01402y \\
 z &= 57.64 + 23.42x - 3.603y \\
 z &= 61.02 + 3.157x + 11.73y \\
 \text{2016 年: } z &= 23.93 + 17.18x - 3.633y \\
 z &= 54.78 + 0.1652x + 0.003121y \\
 z &= 53.54 + 22.19x - 2.402y
 \end{aligned}$$

由图形和回归方程可得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的相关变化趋势。

即：随着万元国内生产总值用水量的增加与耕地实际灌溉亩均用水量的增加，万元工业增加值用水量呈上升趋势，且水资源越丰富的地区，这种现象越明显。

由回归方程中可以看出：x 即万元国内生产总值用水量与 y 即耕地实际灌溉亩均用水量的系数的比值随着水资源的丰富程度的增大在增大，这说明万元国内生产总值用水量和万元工业增加值用水量的关联程度大，考虑到各部分行政区的经济状况，可以预测：2020 年至 2030 年各省份水资源将以主抓工业用水的管理和控制，提高用水效率，淘汰落后的用水设备为发展趋势，这样有助于经济发展和水资源的保护。

4.3 问题三

致国家水利部的一封建议信

尊敬的水利部领导您好：

我是武汉理工大学的学生，现于中国水资源情况做出以下一些建议。

我国水资源总量 28 万亿，居世界第 6，但人均占有量 2240 立方米，约世界人均水平的 1/4，预测到 2030 年预计人口达到 16 亿时人均水资源将下降到 1750 m^3 。按照国际上的一般标准人均水资源量低于 1700 m^3 的国家为水紧张国家，说明我国水资源形势是严峻的。根据我们的研究，我国年用水总量将达到 7005.73 亿 m^3 超过国家划定的 7000 亿 m^3 。此外，我国作为农业大国，正处于发展阶段，农业灌溉用水量占总用水量较高的同时农田灌溉水有效利用系数却较低，所以未来时间内，我们要达到红线目标必须要提高水资源的利用率才能真正把年用水量控制在国家所画的 2030 年 7000 亿 m^3 红线，

而且，我国水污染情况也不容乐观，经济技术和城市化的发展，排放污水量日益增多。中国水污染主要来自于工业及城市污水的排放，农业施用化肥农药有机肥的流失和固体废料的淋流。

经过查找资料，我国水污染加剧了水资源的短缺，直接影响人民的生活健康，城市生活污水和工业污水的排放以及农业生产生活之中的化学药品对河湖的影响很大。

合理利用水资源已是当下之急，在科技方面我们要进一步完善，尤其是在农业领域，我国农业灌溉耗水过多，工业污水排放过多对，如果不采取行之有效的办法就可能出现越缺水越污染，越污染越缺水的恶性循环。针对这些问题，有以下建议。

1 树立国民可持续发展观。国民可持续发展观是经济效益 社会效益 和生态效益的统一，需要公众的积极参与和共同努力，为此国家应组织相关人员进行水资源保护教育，并普及深入基层普及水资源保护相关知识，逐步完善水资源保护工作的公民参与制度。

2 完善相关法律，实现水资源的法制管理，2012 年 1 月，国务院发布了《关于实行最严格水资源管理制度的意见》，每年发布《中国水资源公报》，确立了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”这并不意味着水资源保护就更上一层楼了，还需进一步制订水资源保护法律法规，让水利部有法可依，采取防治结合，谁污染谁治理的模式，建立强有力的可持续发展管理机制。而且对于污水排放严把关做到零容忍，监督相关企业。

3 改进保护水资源科学技术。科学技术是有效提高水利用率，治理水污染的基本保障。基于我国淡水资源缺乏，人口基数大的国情，节约用水，有效进行水循环利用，水净化势在必行。尤其在农业灌溉方面，耗水量占比过大，而且农田灌溉水有效利用系数也并不理想，预测在 2030 为 0.579 年低于 0.6 的红线。而发达国家为 0.7 甚至 0.8。因此有必要加大此方面的资金投入，项目开发，科学研究。加强用水方式上的创新与改造，提高生产中水重复利用率。在城市污水处理方面，开发有效的污水处理工艺，设备新材料。工业污水处理方面，淘汰高消耗高污染的企业。

我们应该达到与自然和谐相处的目的，实现中国水资源保护长远发展。莫让世界上最后一滴水成为人类的眼泪。

谢谢各位领导。

