

校园供水系统智能管理的研究

摘要

校园供水系统是校园公共设施的重要组成部分,通过数学建模和数据挖掘对校园供水系统进行智能管理,发掘其用水特征及漏损率,提高校园服务和管理水平。

针对问题一, 首先对附件数据进行分类汇总,以全校和各水表为研究对象,做出折线图;然后划分功能区,经分析全校全年月用水折线图、全校全年日用水折线图、各功能区月用水折线图、日用水折线图。得出:全校各水表数据变化规律为夏季与秋季用水量较多,冬季和春季用水量相对较少;二月用水量最低、八月用水量最高;办公区、教学楼和食堂三者的用水时间大致趋于一致,而宿舍则是相反,且宿舍的用水量变化明显,幅度大于其他三者。

针对问题二, 先理出水表层级关系。将一级、二级当前表读数,二级、三级当前表读数,三级、四级当前表读数数据做散点图,发现三组数据都成明显线性相关,然后组内再做线性回归,建立了三个线性模型,三个线性模型都通过显著性检验,模型误差较小。

针对问题三, 首先用当前度数与上次度数做差求读数差,再将全校度数差、全校用量求总,建立漏损率模型,将全校总读数差与全校总用量代入漏损模型得全校的失水率为 13.8%,此外我们还做了 4 个功能区的失水率,比较功能区失水率。

针对问题四, 以相关部门公布数据分析,我们将漏损预警值设为 25%。求得度数差。建立漏损率模型,求每隔 15 分钟各水表数据的漏损率。每隔 15 分钟各水表数据的漏损率数据做箱型图,找出大于漏损预警值的数据序号,回到“数据视窗”找到同一序号的水表数据,即可知道漏损的地点和具体时间。

针对问题五, 将上述所得数据进行筛选,分离出一级表的用水情况,计算出对应的读数差以及漏损率。用 Lingo 对其优化处理得到最优决策方案,选出 24 个漏损率超过 5%的数据进行维修处理,通过 Lingo 对模型优化可得:先从 XXXS 宾馆开始维修到农业试验站大棚+,最后维修东大门传达室+为管网漏损的最优解决方案。

关键词: 供水系统智能管理、回归模型、漏损率、分类汇总、规划模型

1、 问题的重述

1.1 背景知识

校园供水系统是校园公用设施的重要组成部分，学校为了保障校园供水系统的正常运行需要大量的人力、物力和财力。随着科学技术的发展，校园普遍使用了智能水表，可以获得大量的实时供水系统运行数据。后勤部门希望基于这些数据，通过数学建模和数据挖掘能及时发现和解决供水系统中存在的问题，从而提高校园服务和管理水平。

1.2 相关数据

- 1、第一季度水表信息表（详见原题附件）
- 2、第二季度水表信息表（详见原题附件）
- 3、第三季度水表信息表（详见原题附件）
- 4、第四季度水表信息表（详见原题附件）
- 5、水表层级表（详见原题附件）

1.3 要解决的问题

1.3.1 问题一需要解决以下两点：

- (1) 统计、分析各个水表数据，判断其变化规律。
- (2) 根据变化规律给出校园内不同功能区的用水特征。

1.3.2 问题二需要解决：

- (1) 结合校区水表层级关系，建立水表数据之间的关系模型。
- (2) 根据已有数据分析模型误差。

1.3.3 问题三需要解决：

- (1) 利用附件提供的数据建立关于输水管网漏水问题的数学模型。
- (2) 分析校园供水管网的漏损情况。

1.3.4 问题四需要解决：

对供水管道的漏损进行检测及定位，通过水表的实时数据发现并确定发生漏损的位置，帮助学校解决地下水管暗漏问题。

1.3.5 问题五需要解决：

根据以上结果和了解到的水价及维修成本确定管网漏损的最优维修决策方案。

2、 问题的分析

2.1 对问题一的分析

在统计、分析各个水表数据前，首先我们对数据进行了预处理，利用 SPSS 软件处理题目给出 Excel 中的数据，对其四个季度的水表信息情况数据进行汇总处理，并将采集时间分类为年、月、日、时间四个时间变量，通过不同的时间节点对各个水表读数数据的变化情况进行对比以及可视化处理从而知道其变化规律。其次，根据校园内不同功能区分类为宿舍、食堂、教学楼、办公楼，计算其全天用水量总和与每月用水量总和与全天时常以及 12 个月分类汇总，通过 SPSS 绘制相应的折线图对结果分别进行预测，并将结果进行比较得到不同功能区的用水特征。

2.2 对于问题二的分析

问题二需要我们结合校区水表层级关系，建立水表数据之间的关系模型，并利用已有数据分析模型误差。首先，确立各级水表的层级关系，上下级之间进行散点图绘制，如有线性关系建立线性回归模型，以确立水表数据之间的关系，最后检验所建立线性模型的优度。

2.3 对于问题三的分析

输水管网在维护良好的公共供水网络中，平均失水在 5%左右；较老旧的管网中失水则会更多。通过附件提供的数据在 SPSS 中用当前读数减去上次读数算出对应的读数差，建立漏损率模型： $\text{用量}-\text{读数差}=\text{漏损}$ ； $\text{漏损}/\text{全部用水}=\text{漏损率}$ 。数据整理后整体分布并绘制箱线图剔除漏损中的异常值，进行配对样本 T 检验看其是否存在显著性差异，通过失水率判断该校园供水管网的漏损情况。

2.4 对于问题四的分析

问题四要求从水表的实时数据及时发现并确定发生漏损的位置，从而减少对供水管道的漏损进行检测及定位的人力成本。整理待检测建筑或者功能区的水表数据（精确到 15 分钟测试一次水表数据），输入 spss 求读数差。确定漏损预警值（若数据漏损率超过漏损预警值则有漏损可能），建立漏损率模型，求每隔

15 分钟各水表数据的漏损率（一直计算到没有水表数值为止），对每隔 15 分钟各水表的漏损率数据做箱图，找出大于漏损预警值的数据序号，回到“数据视窗”找到同一序号的水表数据，根据数据可判断其漏损的地点和具体时间。

2.5 对于问题五的分析

问题五要求根据以上结果和自己所了解到的水价及维修成本，确定管网漏损的最优维修决策方案。假设人工费用固定，水价为非个体用户的价位，其总水价等于成本加水价，漏损率=管网漏水量/供水总量。通过计算其漏损率乘以读数差在 Lingo 中所呈现的最优解，则为最优维修决策方案。

3、模型的假设及符号说明

3.1 模型的假设

- 1、假设功能区归结为四个（宿舍、教学楼、办公楼、食堂）。
- 2、假设所记录的用水情况不存在停水所致。
- 3、假设用水情况不受天气影响。
- 4、假设管网一次就能修好，不存在反复漏水的情况。

3.2 符号说明

符号	说明
β	相关系数
Z	回归系数
X_i	样本
Q	失水率
R	总水量

U	读数差
ε	偏差量
D	总价
C	成本
S	水价

4、模型的建立与求解

4.1 准备工作

对附件的数据进行预处理：

1. 对采集时间进行分列处理成年、月、日、时间四个变量。
2. 对四个季度的水表信息数据的用水量用 SPSS 汇总。
3. 水表层级中 404X、402X 的数据缺失剔除，不予考虑。

4.2 问题一的分析与求解

通过统计、各个水表数据与其用水量判断其变化规律，并通过校园不同功能区在一定时间内用水量不同说明其用水特征。

4.2.1 模型的建立与求解

一、各个水表数据的变化规律

将附件中四个季度的数据在 SPSS 中进行汇总处理，制作如下图 2019 年全年水表数据变化情况的折线图观察其变化规律。

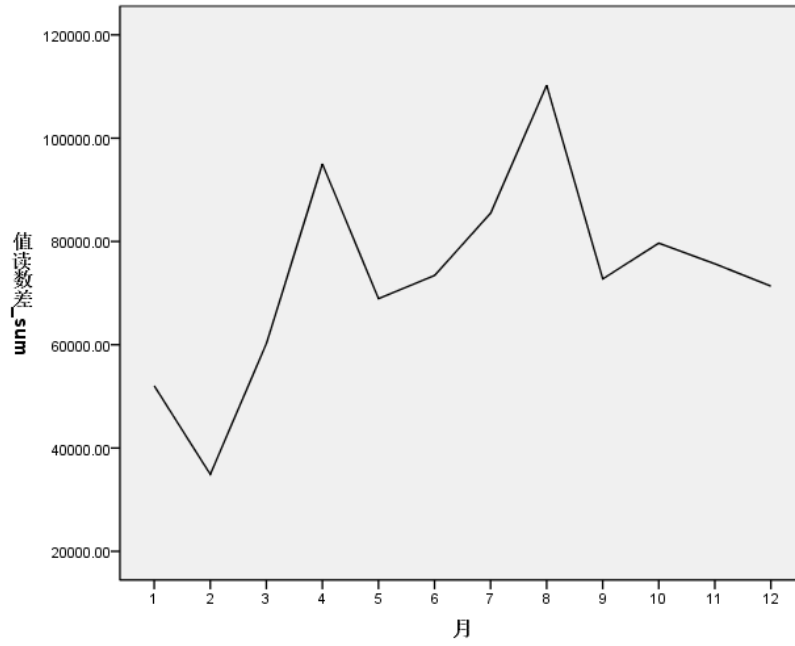


图 1 2019 年全年 12 个月用水量的折线图

已知 3-5 月为春季、6-8 月为夏季、9-11 月为秋季、12-2 为冬季，由图 1 可知道水表数据的变化规律受季度影响，夏季与春季用水量较多，冬季和秋季用水量相对较少。其中二月用水量最低八月用水量最高。

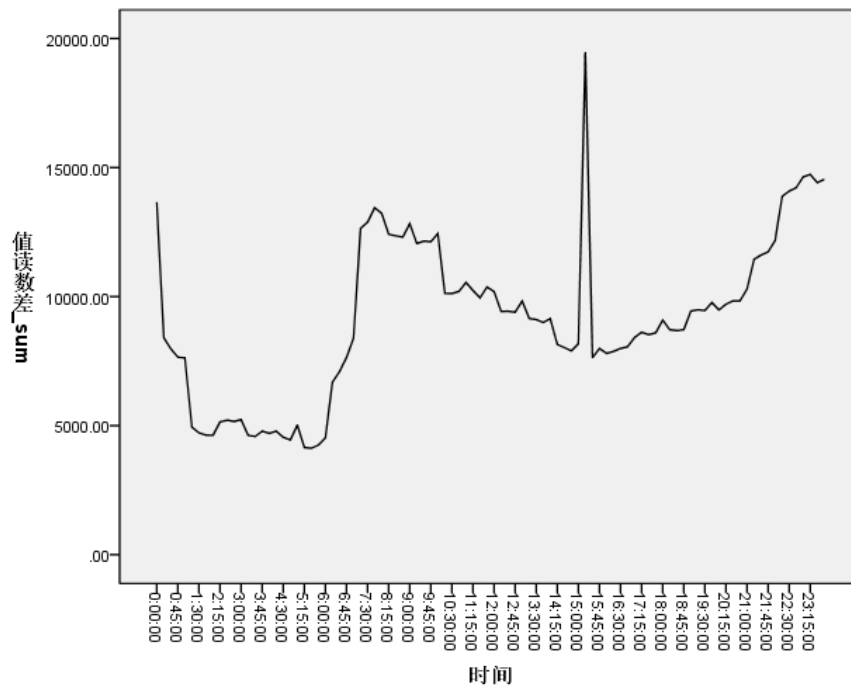


图 2 24 小时用水量的折线图

由图 2 可知全天用水量中凌晨期间用水量相对少，水表数据变化较小，早晨 6:00 到 8:15 用水量增加，水表数据逐渐回升，到 15:00 之间显下降趋势，之后放学时间段显回升趋势，由此可判断，在上课时间段时校园用水量减少，水表数据的变化较小，放学期间用水量较多，水表数据变化较大。

二、校园内不同功能区的用水特征

(1) 划定功能区

对不同得到功能进行分类处理，如下表所示。

表 1 校园的不同功能区

宿舍	第八学生 宿舍	第五学生宿舍	养鱼组临工宿舍
	第七学生 宿舍	第四学生宿舍	养殖组保卫处宿舍
	第二学生 宿舍	第三学生宿舍	
	第一学生 宿舍	第九学生宿舍	
食堂	第五食堂	第二食堂	
	第一食堂	锅炉房	
办公楼	xx 东大楼	老五楼	
	xx 西大楼	老六楼	
教学楼	科学楼	干训楼	
	xx 种子楼	老七楼	

(2) 不同功能区用水量的特征

将校园内的不同的用户进行聚类分析，划分为四个不同的功能区，分别是：办公区、教学楼、食堂、宿舍。首先对水表数据进行样本提取，结果提取了 8 个样本进行分析。

表 2 所提取的样本

	样本 1	样本 2
办公区	第八宿舍	第二宿舍
教学楼	西大楼	东大楼

食堂	第一食堂	第二食堂
宿舍	干训楼	科学楼

分别对四个功能区的数据通过 spss 做探索性分析，求四个功能区的月，日用水量，以分析出不同功能区的用水特征。

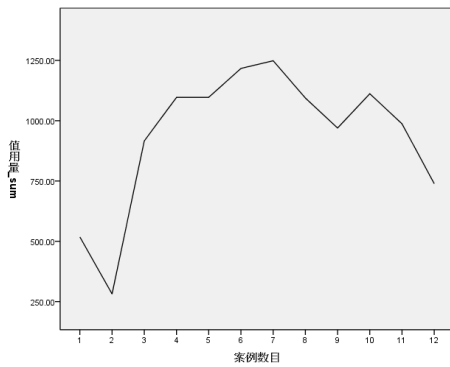


图 A 办公区月用水量

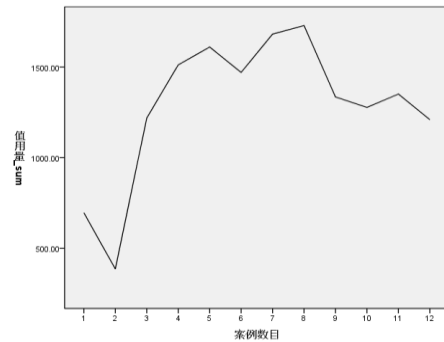


图 B 教学楼月用水量

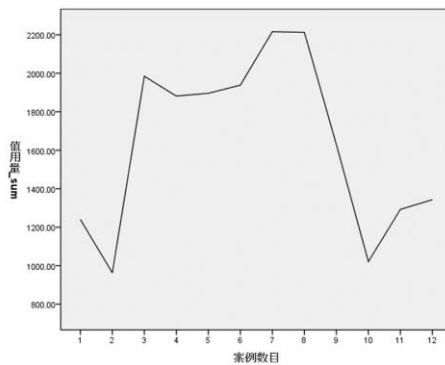


图 C 宿舍月用水量

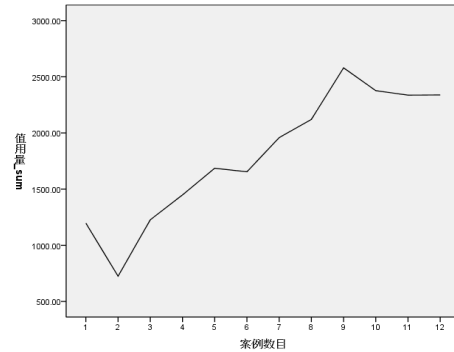


图 D 食堂月用水量

图 3 四个功能区各个的月用水量

由图 3 的四个功能区的月用水量图可以得知，2 月份是四个功能区的最低值，在 2 月份后，用水量皆成增长趋势。其中 2 月初和 10 月份处于学校的放假和开学期间，所以校内人数在增长并保持，所以宿舍与食堂呈现大幅度的增长与送检；老师与学生皆忙于工作和学业，所以办公区与教学楼用水量有明显趋势增长。为了能够更加了解掌握四个功能区之间的特征规律，所以进行了日用水量的规划。

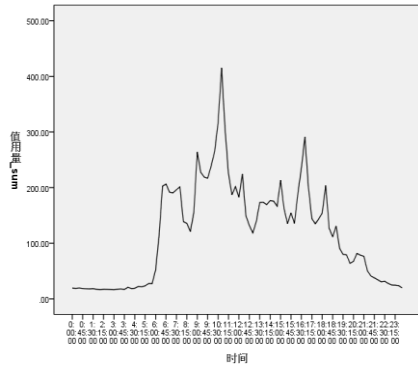


图 A 办公区日用水量

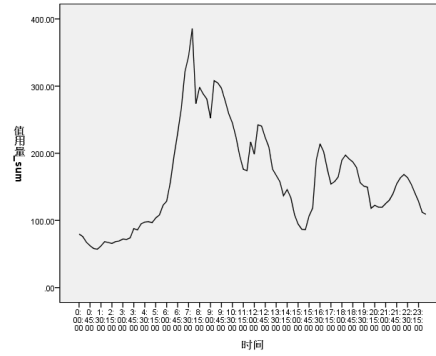


图 B 教学楼日用水量

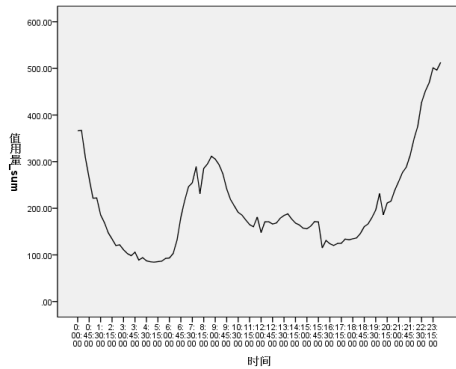


图 C 宿舍日用水量

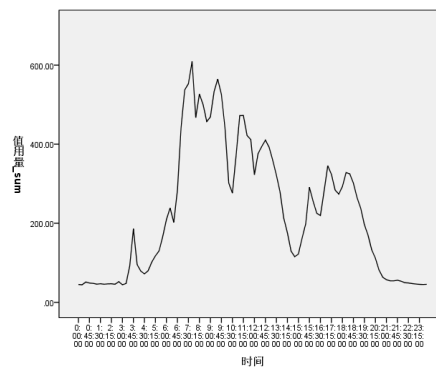


图 D 食堂日用水量

图 4 四个功能区各个的日用水量

由图 4 可以更加看出用水量的明显变化，在早上 6 时到 12 时，下午 13 时到 16 时，处于上课时间，所以办公区和教学楼在此时间段用水量明显增加。同样，在此时间段食堂忙于做餐，用水量也在明显的增加。相反，宿舍由于学生上课，所以在此时间内用水量有起伏变化。在夜间 21 时到凌晨 6 时，办公区、教学楼和食堂三个区用水量趋于平缓，无大幅度的用水量变化。相反，宿舍区由于下课休息洗漱时间，所以在此时间段，宿舍的用水量明显大幅度的增加，到凌晨 2 时趋于平缓。

由此看出，办公区、教学楼和食堂三者的用水时间大致趋于一致，而宿舍则是相反，且宿舍的用水量变化明显，幅度大于其他三者。

4.3 问题二的分析与求解

问题二需要我们结合校区水表层级关系，建立水表数据之间的关系模型，并利用已有数据分析模型误差。

步骤一：确立各级水表的层级关系。

步骤二：建立线性回归模型，以确立水表数据之间的关系。

步骤三：检验所建立线性模型的优度。

4.3.1 模型的建立与求解

1、确立水表的层次关系

各级水表之间的层级关系如图：

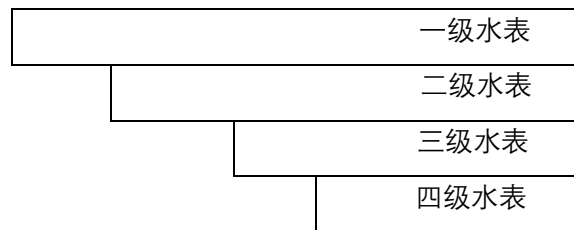


图5 水表层级关系图

一级水表为二级水表的上层并且包含二级三级以及四级，二级水表为三级水表的上层并且包含三级四级，三级水表为四级水表的上层包含四级，上层水表的度数数据包含了下层水表的度数数据。

2、建立上层水表数据对下层水表数据的线性回归模型

(1) 选取水表数据

我们所建立的线性回归模型是上层水表度数数据对下层水表数据的线性回归模型，所以在选取水表数据的时，选择的水表数据应该尽量完整。

本次建立模型所选用的水表为 403X（一级表）、40335X（二级表）、4033503T（三级表）、403350301T（四级表）。

(2) 一级水表数据与二级水表数据进行线性回归

整合一级水表的当前度数数据和整合二级水表的当前度数数据（见附录），将数据输入 spss，做两组数据的散点图。

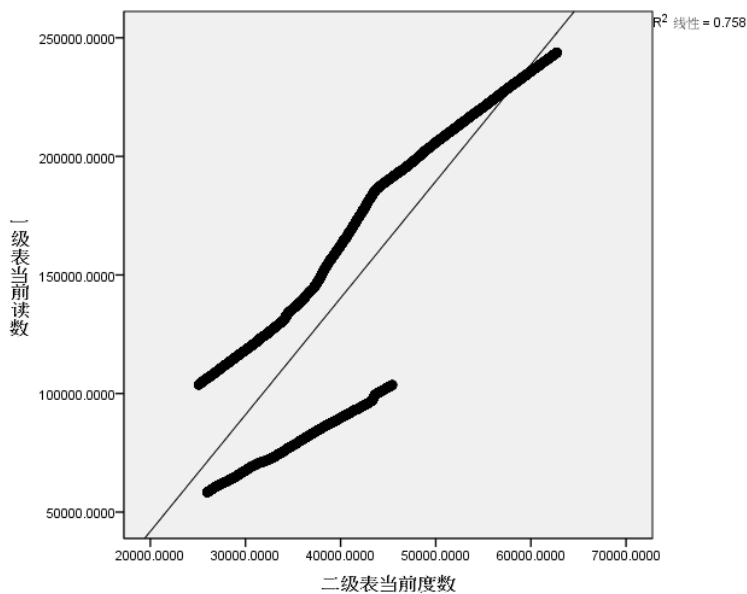


图6 一级水表当前度数与二级水表当前度数的散点图

从散点图可看出一级水表当前度数与二级水表当前度数成分段线性线性相关。我们再将两组数据做线性回归得出下表。

表3 一级水表与二级水表当时度数的回归系数

模型	非标准化系数		标准系数	t	Sig.
	B	标准 误差	试用版		
1 (常量)	-56527.401	636.520		-88.807	.000
二级表当前度数	4.921	.015	.870	328.372	.000

a. 因变量：一级表当前读数

一级水表数据和二级水表数据的回归方程为

$$Z_1 = -56527.401 + 4.921X_1$$

3、二级水表数据与三级水表数据进行线性回归

整合三级水表的当前度数数据（见附录），操作与一级水表数据与二级水表数据进行线性回归一致得出散点图。

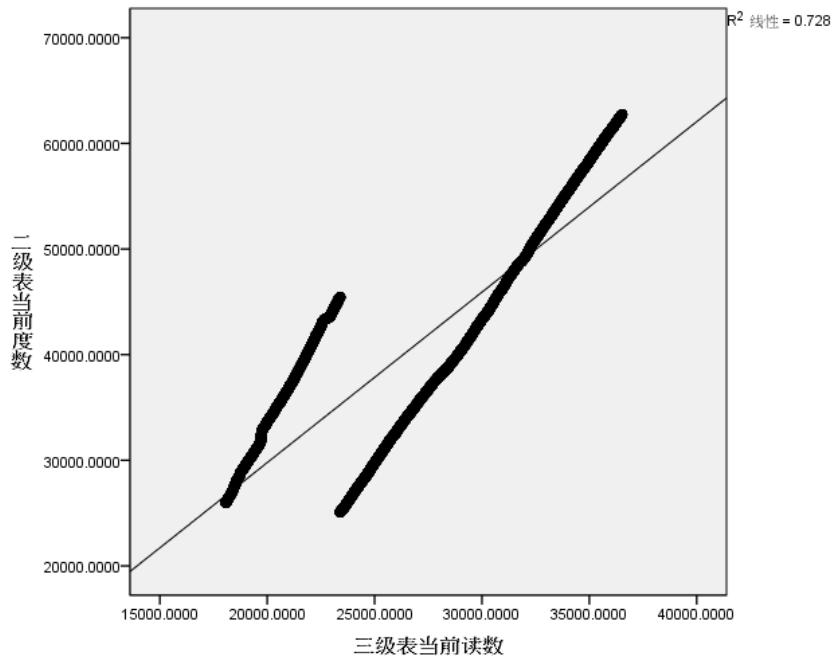


图7 二级水表当前度数与三级水表当前度数的散点图

从散点图可看出二级水表当前度数与三级水表当前度数的成分段线性相关，再对两组数据做线性回归得。

表4 二级表和三级表当前度数回归模型

模型	非标准化系数		标准系数	t	Sig.
	B	标准 误差	试用版		
1 (常量)	-2494.357	146.633		-17.011	.000
三级表当前读数	1.614	.005	.853	304.057	.000

a. 因变量：二级表当前度数

二级水表数据和三级水表数据的回归方程为

$$Z_2 = -2494.357 + 1.614X_2$$

4、三级水表数据与四级水表数据进行线性回归

整合四级水表的当前度数数据（见附录），两组数据做散点图

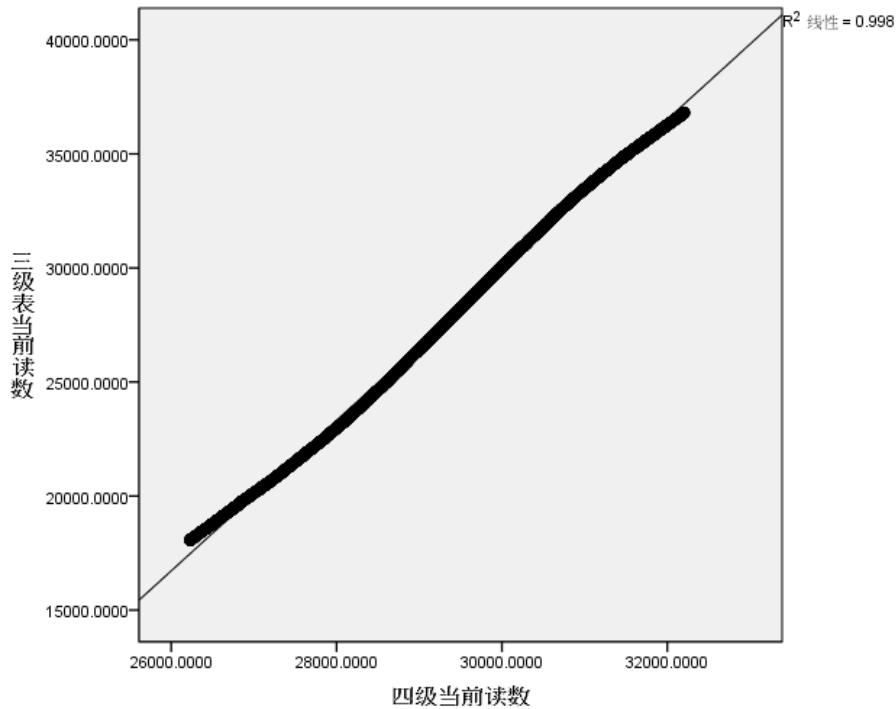


图 5 四级水表散点图

从散点图看出三级水表数据与四级水表数据呈强烈现线性相关，不同于前两组呈现分段线性相关的数据。

再将两组数据进行线性回归得出线性模型系数。

表8 三级水表数据与四级水表数据

模型	非标准化系数		标准系数	t	Sig.
	B	标准 误差	试用版		
1 (常量)	-69044.744	22.502		-3068.414	.000
四级当前读数	3.299	.001	.999	4285.781	.000

a. 因变量：三级表当前度数

三级水表数据和四级水表数据的回归方程为

$$Z_3 = -69044.744 + 3.299X_3$$

4.3.2 模型的检验

对求出的三个线性回归模型，分别作决定系数检验。

决定系数检验 (coefficient of determination, R²) 是反映模型拟合优度的重要的统计量，回归平方和与总平方和之比。当 R² 越接近于 1 说明模型优度越高。

将三个线性回归模型输入 spss 求其决定系数，如下图所示。

表9 一级水表当前读数与二级水表当前读数的回归决定系数检验

模型	R	R 方	调整 R 方	标准 估计的误差
1	.870 ^a	.758	.758	28494.3826906

表10 二级水表当前读数与三级水表当前读数的回归决定系数检验

模型	R	R 方	调整 R 方	标准 估计的误差
1	.853 ^a	.728	.728	5336.7668468

表11 三级水表当前读数与四级水表当前读数的回归决定系数检验

模型	R	R 方	调整 R 方	标准 估计的误差
1	.999 ^a	.998	.998	239.8503176

a

S1 方程 R 方为 0.758

S2 方程 R 方为 0.728

S3 方程 R 方为 0.998

三个线性方程均通过检验， $S3 > S1 > S2$ 且线性回归模型可信度高。

4.3.3 模型的求解

经检验，一级水表数据与二级水表数据成分段线性相关；二级水表数据与三级水表数据成分段线性相关；三级水表数据与四级水表数据成线性相关。

4.4 问题三的分析与求解

利用附件提供的数据，建立数学模型，分析该校园供水管网的漏损情况。

步骤一：挑选出一级水表的所有数据，求读数差；

步骤二：建立漏损率模型；

步骤三：代入总读数差和总用量求得失水。

4.4.1 挑选出一级表数据处理数据

1、选择一级表的原因：因为各级表之间是层级包含关系，若直接求所有表

的总和会出现数据重复现象。而一级水表包含二级三级四级水表的度数，可代表学校总水表度数，因此选择一级水表数据。

2、将原始所有数据导入 spss，点击‘数据’按钮，进入界面点击‘选择个案’，选择‘水表号’将所有一级水表的水表号填入，最后筛选出 11 个一级水表的所有数据。

3、将当前度数数据和上次读数得数据相减，可求得**读数差**数据如图。

表 12 读数差数据图

列 1	水表名	水表号	日期	上次读数	当前读数	总量	读数差
1	XXXS 宾馆	3312800100	2019/1/1 0:15	131333.66	131333.9	0.25	0.24
2	XXXS 宾馆	3312800100	2019/1/1 0:30	131333.9	131334.14	0.25	0.24
3	XXXS 宾馆	3312800100	2019/1/1 0:45	131334.14	131334.39	0.25	0.25
.....
345712	物业	3030100102	2019/12/31 23:15	323.8	323.8	0	0
345713	物业	3030100102	2019/12/31 23:30	323.8	323.8	0	0
345714	物业	3030100102	2019/12/31 23:45	323.8	323.8	0	0

4.4.2 模型的建立与求解

——建立漏损率模型

经过查阅 CJJ92-2002 城市供水管网漏损控制及评定标准，该漏损率模型表达式为

$$Q = \frac{R-U}{R} \times 100\%$$

R 为所有一级水表总水量；

U 为所有一级水表的总读数差；

Q 为漏损率；

4.4.3 带入总读数差与总水量求解

（一）求总水量

总水量=各用量之和，使用 spss，按顺序点击“数据”、“分类汇总”，在“分类汇总”窗口，“分组变量”选择“年”，“变量摘要”选择**总量**，函数选择求和，最后得出总水量 $R=879693.31$ 。

（二）求总读数差

1. 求总读数差=各读数差之和，使用 spss，按顺序点击“数据”、“分类汇总”，在“分类汇总”窗口，“分组变量”选择“年”，“变量摘要”选择**度数差**，函数选择求和，最后得出总度数差 $U=758296.38$ 。

2. 将数据代入总水量和总度数差于漏损率模型可求学校的总漏损率为 $Q=0.138$ 。

3. 运用相同的方法求得宿舍、办公区、教学楼、食堂各功能区的失水率情况。

表 13 各功能区失水率情况

列 1	失水率
办公区	0.021
教学楼	0.039
食堂	0.051
宿舍	0.057

4.4.4 模型的求解

通过漏损率模型求出全校全年的失水率为 13.8%，大于良好的公共供水网络的 5%平均失水率，说明校园供水管网的漏损情况不太良好，学校需主要水管道的保养和维护，以免造成水资源浪费或者其他意外的发生，根据各功能区的失水率大小，学校应该对宿舍和食堂管道进行着重维护，而教学楼和办公区这种管道系统新的功能区，失水漏损的概率较小。

4.5 问题四的分析与求解

问题四要求从水表的实时数据及时发现并确定发生漏损的位置，从而减少对供水管道的漏损进行检测及定位的人力成本。

步骤一：整理待检测建筑或者功能区的水表数据（精确到 15 分钟测试一次水表数据），输入 spss 求度数差。

步骤二：1、确定漏损预警值（若数据漏损率超过漏损预警值则有漏损可能）。

2、建立漏损率模型，求每隔 15 分钟各水表数据的漏损率（一直计算到没有水表数值为止）。

步骤三：对每隔 15 分钟各水表数据的漏损率数据做箱型图，找出大于漏损预警值的数据序号，回到“数据视窗”找到同一序号的水表数据，即可知道漏损的地点和具体时间。

4.5.1 问题四的建立与求解

（一）整理输入受检建筑或功能区水表数据

本次检验中，以 11 个一级水表数据作为受检数据，通过 SPSS 处理出 11 个一级水表数据如下表。

表 14 11 个一级水表数据

序号	水表名	水表号	日期	上次度数	当前度数	用量	度数差
1	XXXS 宾馆	3312800100	2019/1/1 0:15	131333.66	131333.9	0.25	0.24
2	XXXS 宾馆	3312800100	2019/1/1 0:30	131333.9	131334.14	0.25	0.24
3	XXXS 宾馆	3312800100	2019/1/1 0:45	131334.14	131334.39	0.25	0.25
4	XXXS 宾馆	3312800100	2019/1/1 1:00	131334.39	131334.62	0.25	0.23
5	XXXS 宾馆	3312800100	2019/1/1 1:15	131334.62	131334.88	0.25	0.26
6	XXXS 宾馆	3312800100	2019/1/1 1:30	131334.88	131335.12	0.25	0.24
7	XXXS 宾馆	3312800100	2019/1/1 1:45	131335.12	131335.38	0.25	0.26
8	XXXS 宾馆	3312800100	2019/1/1 2:00	131335.38	131335.61	0.25	0.23
9	XXXS 宾馆	3312800100	2019/1/1 2:15	131335.61	131335.86	0.25	0.25
10	XXXS 宾馆	3312800100	2019/1/1 2:30	131335.86	131336.1	0.25	0.24
.....
345712	物业	3030100102	2019/12/31 23:15	323.8	323.8	0	0
345713	物业	3030100102	2019/12/31 23:30	323.8	323.8	0	0

345714	物业	3030100102	2019/12/31 23:45	323.8	323.8	0	0
--------	----	------------	---------------------	-------	-------	---	---

(二)、确定漏损预警值求每隔 15 分钟各水表数据的漏损率

1、根据供水局数据与现实数据综合分析确定漏损预警值为 25%。

2、运用漏损率模型（公式见上一问题）求每隔 15 分钟各水表数据的漏损率。

在 spss 的操作为“转换”到“计算变量”填入“漏损率=(用量-度数差)/用量”最后可输出带漏损率的表格。

表 15 带漏损率的一级水表数据

序号	水表名	水表号	日期	上次度数	当前度数	用量	度数差	漏损率
1	XXXS 宾馆	3312800100	2019/1/1 0:15	131333.66	131333.9	0.25	0.24	0.04
2	XXXS 宾馆	3312800100	2019/1/1 0:30	131333.9	131334.14	0.25	0.24	0.04
3	XXXS 宾馆	3312800100	2019/1/1 0:45	131334.14	131334.39	0.25	0.25	0
4	XXXS 宾馆	3312800100	2019/1/1 1:00	131334.39	131334.62	0.25	0.23	0.08
5	XXXS 宾馆	3312800100	2019/1/1 1:15	131334.62	131334.88	0.25	0.26	-0.04
6	XXXS 宾馆	3312800100	2019/1/1 1:30	131334.88	131335.12	0.25	0.24	0.04
7	XXXS 宾馆	3312800100	2019/1/1 1:45	131335.12	131335.38	0.25	0.26	-0.04
8	XXXS 宾馆	3312800100	2019/1/1 2:00	131335.38	131335.61	0.25	0.23	0.08
9	XXXS 宾馆	3312800100	2019/1/1 2:15	131335.61	131335.86	0.25	0.25	0
10	XXXS 宾馆	3312800100	2019/1/1 2:30	131335.86	131336.1	0.25	0.24	0.04
.....
345712	物业	3030100102	2019/12/31 23:15	323.8	323.8	0	0	0
345713	物业	3030100102	2019/12/31 23:30	323.8	323.8	0	0	0
345714	物业	3030100102	2019/12/31 23:45	323.8	323.8	0	0	0

(三)、对漏损率做箱型图

对其漏损率在 SPSS 中制作箱线图如下所示。

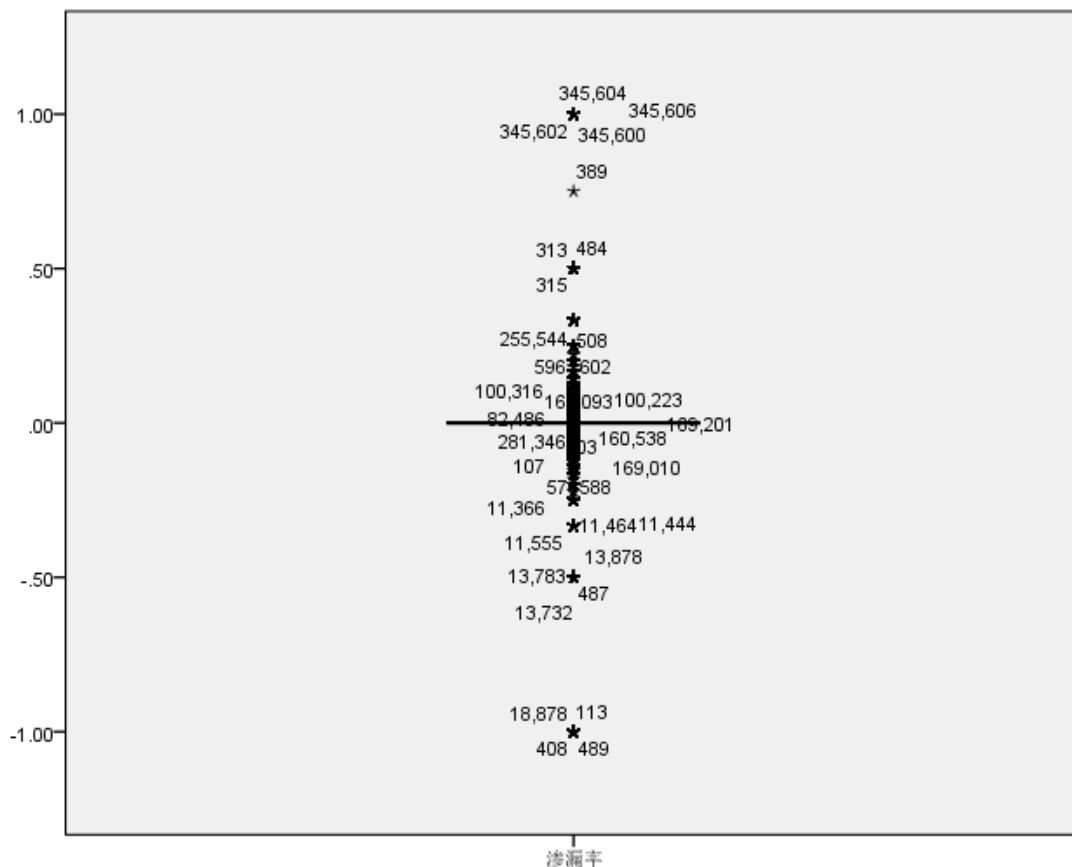


图8 漏损率箱线图

对大于 25%的数值当做异常值处理将其剔除。

(四)、找出高于漏损预警值的序号

如图中的 389 序号，返回“数据视窗”找到序号为 389 的数据如下。

序列	水表名	水表号	日期	上次读数	当前读书	用量	度数差
389	XXXX 宾馆	3312800100	2019/1/5 1:15	131450.3	131450.31	0.04	0.01

通过数据可以知道这个可疑漏损点是 xxxs 宾馆、水表号为 3312800100、日期为 2019 年 1 月 5 号 1 点 15 分。

综上所述，这套 spss 建模操作方法可以很好的解决从水表的实时数据及时发现并确定发生漏损的位置这个要求。

4.6 问题五的分析与求解

将所给数据进行筛选，分离出各个一级表的用水情况，计算出其对应的读数

差以及漏损率，建立优化模型，用 Lingo 对其优化处理得到最优决策方案。

步骤一：在总水表数据中筛选出一级表的数据；

步骤二：算出一级表中各数据的漏损率；

步骤三：选出 24 个漏损率超过 5% 的数据进行维修处理，通过 Lingo 对模型优化得到管网漏损的最优解决方案；

4.6.1 问题五的建立与求解

由以上结果可知，用水总价=成本+水价，水价按非个体用户计算为 $1.4 \text{元}/\text{m}^3$ ，其人工费用固定，所需费用包含维修成本和漏损的损耗。因此建立管网漏损的优化模型：

$$D_{\min} = \sum_{i=1}^{24} QUX_i$$

D_{\min} ：最小花费的总价；

Q ：漏损率；

U ：读数差；

所用到的数据表格如下：

水表名	水表号	上次读数	当前读数	用量	读数差	漏损率
农业试验站大棚+	3620302800	1170.99	1171.12	0.14	0.13	0.07
农业试验站大棚+	3620302800	1204.73	1204.86	0.14	0.13	0.07
农业试验站大棚+	3620302800	1273.68	1273.81	0.14	0.13	0.07
农业试验站大棚+	3620302800	1291.88	1292.01	0.14	0.13	0.07
农业试验站大棚+	3620302800	1304.92	1305.05	0.14	0.13	0.07
农业试验站大棚+	3620302800	1760.42	1760.55	0.14	0.13	0.07
农业试验站大棚+	3620302800	1760.97	1761.1	0.14	0.13	0.07
农业试验站大棚+	3620302800	1903.63	1903.76	0.14	0.13	0.07
东大门传达室+	3620302200	304.33	304.46	0.14	0.13	0.07
农业试验站大棚+	3620302800	551.21	551.34	0.14	0.13	0.07
农业试验站大棚+	3620302800	556.21	556.34	0.14	0.13	0.07
农业试验站大棚+	3620302800	563.46	563.59	0.14	0.13	0.07
XXS 宾馆	3312800100	144227.8	144227.9	0.11	0.1	0.09
XXS 宾馆	3312800100	144251.3	144251.4	0.11	0.1	0.09
XXS 宾馆	3312800100	144251.6	144251.7	0.11	0.1	0.09
XXS 宾馆	3312800100	144265.6	144265.7	0.11	0.1	0.09
XXS 宾馆	3312800100	144268.6	144268.7	0.11	0.1	0.09

XXS 宾馆	3312800100	144268.8	144268.9	0.11	0.1	0.09
XXS 宾馆	3312800100	144270.1	144270.2	0.11	0.1	0.09
XXS 宾馆	3312800100	144270.3	144270.4	0.11	0.1	0.09
XXS 宾馆	3312800100	144306.3	144306.4	0.11	0.1	0.09
XXS 宾馆	3312800100	131511.55	131511.67	0.13	0.12	0.08
XXS 宾馆	3312800100	131512.83	131512.95	0.13	0.12	0.08

根据其数据用 Lingo 处理可得： $D_{\min}=9$ ，由此可知从 XXS 宾馆开始维修到农业试验站大棚+，最后维修东大门传达室+为管网漏损的最优维修决策方案。

5、 模型的评价与推广

5.1 模型的评价

1、 优点

(1) 利用 SPSS 进行统计分析，分析数据的统计变化规律，并利用折线图可视化直观显示数据的趋势变化规律和季度、每月、每天各个时间段的变化规律。操作简单方便迅速，数据处理便捷，可快速得到数据的分布规律。

(2) 数据的预处理提高了模型的合理性以及优化了模型的精密度和准确性。

2、 缺点

数据过多过大时，数据处理速度慢，操作实施有一定难度。

5.2 模型的改进与推广

本文在查水表读数情况过程中采用的技术与方法，可推广到用户用电情况等研究方面；构建数据可视化的思想和方法，具有有效性高，适用范围广等特点，不仅适用于用户用电情况查询，而且适用于各场所用电安全检查等需求，同时适用于节能环保等方面。

6、 参考文献

[1]邱加强,史渊,黄京涛. 浅谈城市供水管道检漏及维修[A]. 《建筑科技与管理》组委会.2013 年 9 月建筑科技与管理学术交流会论文集[C].《建筑科技与管理》组委会:北京恒盛博雅国际文化交流中心,2013:1.

[2]仇宏祥. 利用水表数据的同质性测试分析小区漏损.[J].2017-11-1.

[3]李楠楠. 不同建筑用水规律的分析及二次供水系统的优化[D].天津大学,2018.

[4]张瑛. 供水管网漏损分析与漏水量模型建立方法的研究[D].天津大学,2010.

[5] 龚佩敏 . 供水水量产销差和漏损率分析与控制对策 [J]. 净水技术,2012,31(04):148-151.

[6]路文丽,刘遂庆,信昆仑.供水管网漏水量数学模型建立方法的研究[J].山西建筑,2009,35(26):151-153.

7、 附录

附录一

1、 一级表读数差与用量 T 建议

成对样本统计量

	均值	N	标准差	均值的标准误
对 1 度数差	.9538	345714	2.04138	.00347
用量	.9538	345714	2.04140	.00347

成对样本相关系数

	N	相关系数	Sig.
对 1 度数差 & 用量	345714	1.000	.000

成对样本检验

	成对差分					t	df	Sig.(双侧)
	均值	标准差	均值的标准误	差分的 95% 置信区间				
				下限	上限			
对 1 度数差 - 用量	.00003	.00403	.00001	.00001	.00004	3.928	345713	.000

附录二

1、原数据异常值检验

