美赛A题完美建模

设湖面宽度为d,湖深度为h,湖底呈扇形,扇形半径为x.

湖面截面如图:

计算机生成了可选文字:


在Mathematica软件中由毕达哥拉斯定理解得扇形半径的表达式为:

计算机生成了可选文字:
SOIVe［不‘(x
,xl
2h)
刊打
dZ一4hZ
8h

设扇形圆心角为a,有:

计算机生成了可选文字:
Solve[Tan
a
[a--l
2
d
ZR一Zh
一，
al
d
士
于了。．cond,t,on。i〔xpre、51。。－
21一ArCT己n
一2〔h一R）·
一万C〔1】！,C二1了‘Integers

最终得到截面面积为:

计算机生成了可选文字:
Shap
[1七间
断！一：二tan一，{,
一L、2
d
（几一x)
、d人dxlt_，了
j＋万一万l/．铲，2一taU一‘（三
（几一R)
、dZ+4人2、
'X~,―矛
夕8血，
dl一4hZArcTan
Zh-
dl一hl
4卜
2h
约
些8
d}h一
S加p断
北简
{‘才2_.'2、二＿_l{'))
二场几1．口口侣．几口曰口．一－----－万－----lr二
．、j.J孟．」几‘二
．今扮．直．皿州尸呼几二
】1IJ孟日‘4‘乙、l孟几se-11
立l川h一二二二立l－一一一一一一一一止一一一二上止n
'}''"""{'
一d3_4dhZ_4d2一4h2!Arcl-an
4dh
一dZ礴hZ_
16h
卜卜
勺〕4
口．．』一．．』
Ut吐
OO

从Google Earth上截取卡里巴水坝卫星图像:

计算机生成了可选文字:
奋
考冲娜‘、
准蔽蔽
·如！
‘与二
礴争
气口．勺～
飞一
犷才
子协少
气
月扩气卿飞
浦呀碗
，、
八。
，一冷
树
＊七七
彝
．、：J呱
澡祀口扭日翻口民洲乳万．口吸1巴七J伪伽啊睽了，笋”‘户，
和。
从
撼罄
．勺
扮”
，价
左‘东
苏
二、
衫暇
协
户．二衬
不
毛
奋；
一天Z
嚓
，彻咏
赢霜漏
缄吻咏遥
人令

将图片保存为"googleearth.bmp",导入MATLAB软件进一步处理:

img\_google\_earth=imread('googleearth.bmp');

为了便于提取湖面宽度，将图片进行灰度处理并提高对比度:

gegray=rgb2gray(img\_google\_earth);

geadj=imadjust(gegray,[0.1 0.9],[]);

计算机生成了可选文字:


导出该图像(为geps.bmp)后使用Photoshop加深湖面，并擦除湖中小岛(方便计算)；

计算机生成了可选文字:
窗、
厂
j
产乍尸
斌＼
书
币
声
／乡

重新导入MATLAB并转换为二维矩阵(比例尺约:360m/像素);

geps=imread('geps.bmp');

Gepsgray=rgb2gray(geps);

将湖的形状近似看为圆弧,在湖中取三点(300,530),(440,330)和(770,150);

设圆心坐标为(x0,y0)，圆的半径为r;

使用Mathematica求解方程组:

计算机生成了可选文字:
s。“e【（xo一300),+（卯一530),=,,A(x0一440),+（沙一330),=,,A(x0一770),+（沙一，50),=,,，。x0，卯，,}

可知该近似圆在笛卡尔系中的表达式近似为:

计算机生成了可选文字:
(x一917)2+（丁一513)2二462400

在使用下面的程序确定湖面边缘的坐标(编者自己备注:edge数据保存在edge.mat中):

edge=[];

for i=0:0.0001:pi

k=tan(i);

b=813-k\*917;

y=[];

for j=1:1:900

y=[y;fix(k\*j+b)];

if y(end,1)>0&&y(end,1)<650

if gepsgray(y(end,1),j)<200

edge=[edge;j,y(end,1)];

for j=900:-1:y(end,1)

y=[y;fix(k\*j+b)];

if y(end,1)>0&&y(end,1)<650

if gepsgray(y(end,1),j)<200

edge=[edge;j,y(end,1)];

break

break

end

end

end

end

end

end

end

运行后求得的edge中为同一射线方向上的湖边坐标，相邻两行为一组,在笛卡尔系上描点如下：

计算机生成了可选文字:


运行下列程序求每组之间的距离，即为湖面宽度d。

d=[];

for i=1:2:97958

d=[d;sqrt((edge(i,1)-edge(i+1,1))^2+(edge(i,2)-edge(i+1,2))^2)];

end

d(d==0)=[];

d=d\*360;

vpa(d,6);

根据卫星遥测数据，kariba水坝下游河道中干地海拔为390m，水库中水面海拔488m，故水深约98m。

计算机生成了可选文字:
s'p断｛
一护＋4（矛＋4几21．一l（牛牛、＋4过人2
、尸、」‘J几‘夕
口乙－，口J皿尸
16人
1‘·‘",98,
38416d一d三＿438416_dZA户cTan
3身Zd
Oot[11二
一3吕416司1_
1568

用下列程序求每个水截面的面积(d中有41428个元素)：

S=[];

for i=1:41428

S=[S;(38416\*d(i,1) - d(i,1)^3 + 4\*(38416 + d(i,1)^2)\*atan((392\*d(i,1))/(-38416 + d(i,1)^2)))/1568];

end

S(S<0)=[];

vpa(S,6);

湖面近似圆弧的圆心角约52.7°,弧长约为225164m。

定义临时自变量:

x=(1:(225164/41428):225164);

采用梯形积分求容积:

V1=trapz(x,S);

得1.36x10^16 m^3,与实际值差距较大。

经过检查，我们认为应该是湖底形状产生的误差，现对模型进行如下修正:

已知平面上的小水滴截面形状的标量方程为:

x为临时变量

计算机生成了可选文字:
过2几（x)tt曲乎P/2
-，尸二，+11一l+11(1一血（x))=0
过（丫j、、dxl,

我们近似认为湖底与水滴截面相同

有边值:

h(0)=0,h(d)=0;

截面积为:

计算机生成了可选文字:
h尸x甲dx

我们采用MATLAB求解该边值微分方程的数值解来估算截面积；

设y1(x)=h(x),y2(x)=dh(x)/dx,将上述微分方程转换为两个一阶常微分方程组:

计算机生成了可选文字:
衍1(x)
dx
，咋（x)

计算机生成了可选文字:
勿2(x)
dx
,(yl(x）一1)（玲（x),+i)a/,

将上述方程组由如下M函数表示:

计算机生成了可选文字:
funct勿n叩rim。＝沂叫创；
护rim。＝坟沙仅刀一刀的叹刁‘刁丫分智j,.
en了

边界条件通过残差函数指定，边界条件可表示为如下M函数:

计算机生成了可选文字:
functl'onre,＝价即石心叼e),.
res＝今啊，'y咧j,.
end-

这里使用如下M函数作为初始猜解:

计算机生成了可选文字:
户nc亡勿nyz'nl't＝汤甲
少nl't二［se叩浅‘刁
en了
户ini向、
,’浅／(0.1+sq叩浅
'z))j,'

利用下面的程序求该微分方程单位长度的数值解:

计算机生成了可选文字:
50斤nit=
sof＝卿
i私nsPacofo,1，刃。0),
帅ini私
4可刚砷
＠汤即诫口
创砷6c,sofinz'4,.

x=sol.x;

y=sol.y(1,:);

得到5000组x与h的对应值，在1x1笛卡尔系下作图如下:

计算机生成了可选文字:


使用如下程序将该组值正比与河宽d。因为最深河深128m，最宽河宽32km,湖底近似为对称图形，所以以1/60作为修正系数，得到每一截面的深度散点，并离散积分得到截面积近似值:

S=[];

for i=1:41428

h=[];

d0=[];

for j=1:1:3361

d0=[d0;d(i)/3361\*j];

h=[h;d(i)\*y(j)/60];

end

S=[S;trapz(h,d0)];

end

V2=trapz(S,p)

计算机生成了可选文字:
S二【』；
foFi二1:41428
h二【］;
do二【］;
forj二1:1:3361
do二二do;d(i):3361*j二；
h二Ih;d(i)*YO)/60』；
end
S二【S二trapz(h,do）】二
end
vZ二trapz(S,p)

得出库容约:

1001X10^8m^3

与实际库容误差为0.9%，此模型可以采用。

使用如下函数绘制湖底地形截面图(使用hm存储每个截面的深度最大值):

hm=[];

for i=1:41428

h=[];

for j=1:1:3361

h=[h;d(i)\*y(j)/60];

end

hm=[hm;h(1681)];

End

计算机生成了可选文字:
hm二！』；
fori二1:41428
h二【］;
forj二1:1:3361
h二【h;d《i)*YO)/60』；
end
hm二【hm二h(1681)l;
end

将湖面长度(225164m)分为41428份作为x轴，-hm作为y轴绘制深度图:

x=(1:225164/41428:225164);

hm=-hm;

plot(x,hm,'');

计算机生成了可选文字:
x105

绘制河宽图:

plot(x,d,'');

计算机生成了可选文字:
x105

建议在距离湖西14km(南纬17°49'19.86"，东经27° 8'49.04")，161km(南纬16°50′18″，东经28°05′42″)以及Kariba水坝原址(南纬16°31′20″，东经28°45′42″)上建立三个小水坝。

下面讨论水坝数量对成本和收益的影响:

已知情况:

1.选址在中上游，下游处Lago de Cabora Bassa后属平原地带，河宽较宽，两侧无较高山脉，无法建设水坝；

2.水电站在10MW以上时的造价与装机容量呈严格正相关；

3.设每个电站单位时间内的管理和维护费用均相同；

4.已知装机容量的表达式：

装机容量(kW)=g·Q·H·η(其中:g为重力加速(米/秒的平方)，Q为流量(立方米/秒)，H为落差(米)，η为发电效率)

5.假定建设n个水电站，每个水电站的落差分别为h1，h2，…，hn；

6.根据Kariba电站的数据，可得出赞比西河上重力加速度、水流流速和当地水轮机效率的乘积为:

(来源:http://www.irmsa.org.za/search/all.asp?bst=kariba)

g·Q·η=14367

因此，装机容量计算公式化简为:

装机容量(P)=14367·H

计算水电站个数

目标:

1.水电站数量n尽量小小；

2.装机容量尽量大，并且不低于1839MW(即总落差不小于128m)；

3.单个水坝落差h(n个元素的列向量)不低于40m；

4.从安全角度考虑，h中的每个元素应尽量小；

5.为了方便管理水流，上游大坝流速不应小于下游，同时为了不改变14367这个系数，h应逐渐增大。

方案:

线性规划(测试5-25个)

数学模型:

max sum(h)/n

s.t.:

Sum(h)≥128;

hi(i为角标)>40 i=1,2,…,n;

h(i+1)>hi i=1,2,…,n-1;

MATLAB程序:

pjzb=[];

for n=5:1:25

A=-[ones(1,n);diag(ones(1,n));[zeros(n-1,1),diag(ones(1,n-1))]+[-diag(ones(1,n-1)),zeros(n-1,1)]];

b=-[128,40\*ones(1,n),zeros(1,n-1)]';

[x,y]=linprog(ones(n,1)./n,A,b);

pjzb=[pjzb;y];

end

结论:

在赞比西河流域建设多个水坝(在5-25个)，且均符合安全要求的情况下，收支无明显差别。故水坝个数在管理成本和发电收入方面无显著影响。

所以，考虑到水力发电站的的高度差需求和水库容需要，在下列地区分别建立10座小水坝(共计13座合成一张表):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 地理位置 |  | 河面宽度(m) |
|  | 南纬 | 东经 |  |
| 0 | 15°37'22.23" | 29°54'4.14" | 240 |
| 1 | 16°31'19.71" | 28°45'42.18" | 450 |
| 2 | 16°51'1.97" | 28° 5'50.68" | 在Kariba湖中 |
| 3 | 17°49'19.86" | 27° 8'49.04" | 在Kariba湖中 |
| 4 | 17°58'32.73" | 17°58'32.73" | 150 |
| 5 | 17°56'0.29" | 26°19'6.94" | 120 |
| 6 | 17°55'14.14" | 26° 7'50.71" | 80 |
| 7 | 17°58'4.93" | 26° 5'42.76" | 300 |
| 8 | 17°58'35.12" | 26° 0'50.41" | 80 |
| 9 | 17°59'1.92" | 25°54'12.64" | 50 |
| 10 | 17°58'9.34" | 25°51'43.70" | 60 |
| 11 | 25°51'43.70" | 25°50'44.76" | 90 |
| 12 | 17°55'35.91" | 25°51'30.82" | 130 |

下面简要阐明选择这十三个水坝的优点:

·0号:水面较宽，水深应该较大，两岸与河面高度差较大，可能产生的水能丰富，西侧有支流汇入，且有较大洼地储水。附近没有城市，不会对人类生产生活构成潜在威胁。

·1号:Kariba水坝旧址，拆除旧水坝后建立一个较小的新水坝，减少原水坝泄水的时间并降低运行风险。此处邻近卡里巴县，不宜建设大型水坝，可建设一个较小的水坝来替代原水坝。

·2号:此处位于卡里巴湖中，根据之前的湖底地形模型，此处高度差较大，两岸距离较近，可以以较低成本建设装机容量较大的水坝，加之拆除Kariba大坝后东侧湖面降低，可以起到风险缓冲作用。同时西侧较大湖面可以存储大量水资源，有效帮助下游抵御干旱。

·3号:位于卡里巴湖西侧，河口狭窄，湖底势差较大，有已经形成的储水池，可以降低建设风险，下游湖面降低后可以为卡里巴县提供洪峰缓冲保护。

·4号:南侧支流汇入，可以补充上游水坝造成的流量损失，且西侧有天然的洼地，适合储水。增加储水水坝可以增强洪峰的缓冲能力和抵御洪灾的能力。

·5号:此水坝处于峡谷中，两侧山峰构成天然的坝体，有效降低了建设成本和运行风险。地处偏僻山区，附近没有人类聚居，当出现危险时可以为下游提供预警，并且山谷中可以建设水库存储水资源。

·6，7，8，9号:这些地点流较急，附近山脉崎岖，有天然的水库可以形成，地处偏僻山区，不会对附近造成危害，且在此处建设水坝可以调节气候湿度，有利于附近的生态改善。

·10号:支流汇入，且可以利用11和12号水坝剩余的水能，增加能量利用率。

·11号:位于维多利亚瀑布城下游，减小12号水坝的存储量，降低12号水坝对城市构成的潜在危险。

·12号:位于维多利亚大瀑布，天然大瀑布可以提供巨大的水能，可以为邻近城市提供电能，产生巨大的经济效益。

下面是13个水坝的分布情况:

计算机生成了可选文字:
泞愁
竺袄
逆、
一自‘
认和，或
j心．～丫’
训、
勺、被‘入“
。了一
‘、，
扩份‘
、厂｛
亏几
万，
r，户
才－
考沐
蒙护
小马？扮
飞价介
声J
~～叫．1，勺，创．
娜感
\
1
二’丫
厂，
“气＿
'‘议J
万浑协一‘
?＼扁教
I
补
气：诗
r“户称
七戈
‘橇
矛
怡
，打
，喊二
勺
～、洒芬
俏
声，-
式
杯．
漏或山而
尹扮｝
},．一11一；;}．·一｝

将2007年12月13日到2016年12月29日的赞比西河的流量数据随时间变化制作成表格，并排序。(来源:WolframAlpha)

采用flow向量来存储这些数据，将横坐标x分成450份(与数据量相同)。

x=(1:450);

plot(x,flow,'');

如下图:

计算机生成了可选文字:
6（扣
4以1
200
000800600400200000800
so
,oo
,so
200
250
300
3so
400
4so

我们认为，水流量与当时的风速、温度和前四个月降水有关，因此我们得到以上数据分别导入windspeed，tem，rain(降水数据)。(来源:WolframAlpha)

使用Excel软件对数据进行整理，使数据采集时间对齐，添加序号，将上述三组数据分别整理后保存在对应的XLS文件中。依次导入MATLAB准备处理:

rain=xlsread('rain.xls');

tem=xlsread('tem.xls');

windspeed=xlsread('windspeed.xls');

使用spline函数分别对它们进行三次样条插值:

通用格式:

x0=(1:450);

name=spline(name(:,1),name(:,2),x0);

重新整合为study:

study=[x0',study(:,2),windspeed',tem',rain'];

绘制降水量变化图:

计算机生成了可选文字:
60
50
40
30
2O
10
5O
1oo
,5O
25O
350
450

绘制温度变化图:

计算机生成了可选文字:
50
,oo
,502002印300
35（】4(X】
4以】

绘制风速变化图:

计算机生成了可选文字:
4.5
50
,oo
,50200
250300
350400
450

我们认为河水流量与前12周降水有关，执行下面的程序将相关变量及对应的水流量放在同一行:

for i=2:1:12

temp=[rain(i:end);zeros(i-1,1)];

study=[study,temp];

end

计算机生成了可选文字:
fori二2:1:12
temp二【rain(i:end);zeros(i一1,1）】；
study二【study,temp】；
end

依照MATLAB神经网络的数据格式，将流量数据放在最后一列并删除倒数11行的数据，用作验证模型精确度:

study=[study,study(:,2)];

study(:,2)=[];

study(end-10:end,:)=[];

study=study';

计算机生成了可选文字:
【study,study《：,2)1;
:,2）二［】；
study《end一10:end,:）二【］;
study二study’二

分别使用径向基函数神经网络和Back Propagation神经网络预测赞比西河流量并给出径向基函数神经网络的拟合方差与二者的预测误差:

MN=438;

STEP=0.001;

BPMN=170;

P=study([1:end-1],[1:end-1]);

[PN,PS1]=mapminmax(P);

T=study(end,[1:end-1]);

[TN,PS2]=mapminmax(T);

net1=newrb(PN,TN,0.0,STEP,MN,1);

x=study([1:end-1],end);

xn=mapminmax('apply',x,PS1);

yn1=sim(net1,xn);

y1=mapminmax('reverse',yn1,PS2)

delta1=abs(study(end,end)-y1)/study(end,end)

net2=feedforwardnet(BPMN);

net2=train(net2,PN,TN);

yn2=net2(xn);

y2=mapminmax('reverse',yn2,PS2)

delta2=abs(study(end,end)-y2)/study(end,end)

计算机生成了可选文字:
MN二438二
STEp二0.001二
BpMN二170二
P二study（【1:end一1】．【1:end一1】）二
[pN,PSI』二mapmlnmax(P);
T二study《end，【1:end一l』）;
[TN,pSZ】二mapminmax(T》；
netl二newrb(PN,TN,0·0,STEp,MN,l);
x二study（【1:end一1』，end）二
xn二mapminmaX《’apply,,x,pSI);
ynl二sim(netl,xn）二
Yl二mapminmax《‘reverse,,Ynl,PSZ)
deltal二abs(study《end,end）一Yl)lstudy《end,end)
netZ=feedforwardnet(BPMN);
netZ=train(netZ,pN,TN);
ynZ二netZ(xn);
yZ二mapminmax《’reverse,,YnZ,pSZ)
deltaZ二abs《study《end,end）一YZ)/Study《end,end)

经过多次模拟发现Back Propagation神经网络预测误差在8%-120%间无规则波动，径向基函数神经网络与原始数据的拟合方差稳定为3\*10^(-29)，预测误差稳定在55.51%，我们无法接受如此低的精度。

经过细致分析，误差可能来源于自变量间的相互影响，我们使用如下程序的径向基神经网络对自变量和因变量均进行预测:

MN=438;

STEP=0.001;

P=study([1:end],[1:end]);

[PN,PS1]=mapminmax(P);

T=study([1:end],[1:end]);

[TN,PS2]=mapminmax(T);

net1=newrb(PN,TN,0.0,STEP,MN,1);

x=study([1:end],end);

xn=mapminmax('apply',x,PS1);

yn1=sim(net1,xn);

y1=mapminmax('reverse',yn1,PS2)

delta1=abs(study(:,end)-y1)./study(:,end)

计算机生成了可选文字:
MN二438)
STEp二0.001二
p二study（【1:end】，【1:end】）;
【PN,PSI】二mapminmax(p);
T二study《【1:end』，【1:end』）二
[TN,pSZ】二mapminmax(T》；
netl二newrb(PN,TN,0.0,STEP,MN,1》；
x二，tudy（【1:end】，end);
xn二mapminmax《’apply,,x,PSI);
ynl二sim(netl,xn）二
yl二mapminmax《’reverse,,Ynl,PSZ)
deltal二abs(study《：,end）一Yl)./study(:,end》

以此得到拟合方差10^(-39)，预测误差约1.1%的预测结果。

假定存在一个理想年，该年水流量符合赞比西河流域的一般季节规律，我们采用下面的程序进行理想年的预测:

STEP=0.001;

lxn=[];

for i=1:52

j=53-i;

MN=438-j+1;

P=study([1:end],[1:end-j-1]);

[PN,PS1]=mapminmax(P);

T=study([1:end],[1:end-j-1]);

[TN,PS2]=mapminmax(T);

net1=newrb(PN,TN,0.0,STEP,MN,1);

x=study([1:end],end);

xn=mapminmax('apply',x,PS1);

yn1=sim(net1,xn);

y1=mapminmax('reverse',yn1,PS2);

lxn=[lxn,y1];

end

计算机生成了可选文字:
STEp二0.001二
Ixn二【』二
foFi二1:52
）二53一i;
MN二438一＋1;
p二study（【1:end』，【1:end一1』）;
【PN,PSI】二mapminmax《P);
T二study（【1:end】，[1:end一1]);
[TN,pSZ】二mapminmax(T);
netl二newrb(pN,TN,0.0,STEp,MN,l);
x二study（【1:endl,end);
xn二mapminmax《’apply,,x,PSI);
ynl二sim(netl,xn】二
yl二mapminmax《’reverse,,Ynl,PSZ);
lxn二【lxn,yl】；
end

绘制出理想年的水流变化情况：

计算机生成了可选文字:
『1800160014D012001000800600400200

对这些数据进行离散积分，求积分中值即为平均流量:

x=(1:52);

trapz(x,lxn);

得到:471.36m^3

我们发现，赞比西河流域在春季第一个月和夏季第三个月容易达到汛期，其他时间相对稳定在q=471.36m^3/s，这将为我们的水管理策划提供参考。历史最大水流量为1864m^3/s。

同时为了抵御干旱，历史最低水流量为198.7m^3/s。

读入附近的等高线图，并使用蒙特卡洛法获得可能形成的水库面积(图像名为imgi(i为角标)),用p表示水库面积占图片所示面积的比例:

imgi(i为角标)=imread('imgi.bmp');

imgi=rgb2gray(imgi);

imgi=reshape(imgi,1,[]);

pi(i为角标)=size(imgi(imgi<200))/size(imgi);

我们得到图中的水库面积，同时使用设计落差计算库容分别为:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 水坝 | 形成水库面积(m^2) | 库容(m^3) |
| 0号 | 5.896x10^8 | 365.6x10^8 |
| 1-3号 | 14.141x10^8 | 749.5x10^8 |
| 4-12号 | 15.892x10^8 | 2525.8x10^8 |
| 总计 | 35.929x10^8 | 3640.9x10^8 |

我们提供的水坝方案可以提供的水管理能力是目前卡里巴水坝的**360%**，因此在水管理和安全方面这是一个很好的方案。

2号与3号坝采用之前的湖底模型并取水坝长度为400m和200m，得出深度。

最终根据之前的河宽深度模型(水滴那个)，这十三个水坝处的宽度、深度与落差表格如下:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 坝序 | 当前宽度(m) | 预测深度(m) | 设计落差(m) | 装机容量(kW) |
| 0 | 270 | 32.13 | 62 | 123491.6 |
| 1 | 470 | 55.93 | 56 | 111540.8 |
| 2 | 400 | 47.60 | 53 | 105565.4 |
| 3 | 200 | 23.80 | 50 | 99590 |
| 4 | 170 | 20.23 | 80 | 159344 |
| 5 | 120 | 14.28 | 114 | 227065.2 |
| 6 | 90 | 10.71 | 76 | 151376.8 |
| 7 | 280 | 33.32 | 73 | 145401.4 |
| 8 | 70 | 8.33 | 68 | 135442.4 |
| 9 | 110 | 13.09 | 53 | 105565.4 |
| 10 | 210 | 24.99 | 74 | 147393.2 |
| 11 | 80 | 9.52 | 59 | 117516.2 |
| 12 | 180 | 21.42 | 51 | 101581.8 |

此时若使用原有水轮机，则总装机容量为1730.9MW。但改用效率较高的水轮机后，能量转化率可提高9.8%，此时装机容量为1934.5MW。

当洪水来临时，我们的水坝使用下面的等式进行蓄水(k为预留容积比):

C:\1052DCE5\2A9604D2-A9E6-4A21-8083-68A7392FCD5F.files\image036.png

等式变形可得:

计算机生成了可选文字:
C.k
t二一
(Q一q)

带入数值得:

t=5.23x10^5(s)

约6天。

当持续干旱时,大坝放水，变换上式得:

t=2.67x10^6(s)

约30.6天。

管理策略:

1.当洪峰来临时，各水坝自下游到上游开始逐个蓄水，缓冲洪峰，起到抗洪减灾的作用；

2.当干旱来临时，各水坝开闸放水，起到抗旱减灾的作用；

3.日常维护中可将水坝流量控制在400m^3/s左右，起到蓄水作用，改善干燥气候，改善当地生态环境；

模型总结:

1.可连接成赞比西流域电网，向沿河地区供电，因此取得收益；

2.该多坝系统安全性极佳，我们经过精密的计算和考察确定了这些水坝和它们的参数，在模型误差范围内没有观察到多坝系统对周边地区构成威胁。因此，这是一个极佳的多坝系统；

3.我们考虑了附近的风、雨、气温等自然环境对水流的影响，并在一定的误差范围内给出赞比西河流域的水文变化情况，这个多输入输出系统使得模型的可靠性大大增加；

模型不足及改进方法:

1.本模型数据来源不足，部分数据采用样条插值得出，在拟合方面会造成一定的误差，建议购买更详细的观测数据进行计算；

2.本模型采用径向基函数神经网络预测流量数据，神经元个数及径向基函数趋近速度在一定程度上引入了误差，建议在物理层面细致分析多变量之间的关系，再得出模型，不再使用无模型算法；

3.本模型采用大量近似计算，建议在时间充足的情况下充分考虑误差修正，以达到最佳决策效果;

4.发电量低于原水坝,可适当改进.