基本参数

2017年1月20日

11:29

库容:1010X10^8 m^3;

流量:3400.85m^3/s;

形成湖周长:280km;

最小面积:5400km^3;

最大面积:66300km^3;

湖面宽度:32km;

坝高:128m;

长:617m;

满足3000W人需求;

重建大坝需要5-8年;

溃坝将有350W人处于危险;

8小时到达Cahorra Bassa;

10小时内消灭180W人;

发电装机总容量1839MW,政府正在考虑加大300MW(2189MW);

大坝建造于1959年;

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

评估模型

2017年1月21日

14:52

赞比亚人均收入约为中国人均收入的1/6（来源:WolframResearch）

维修费用约2.5亿美元 (来源:http://www.chinanews.com/gj/2014/03-26/5996173.shtml)

建设210MW水电站成本约7.35亿人民币(10小坝方案) (来源:http://service.hunan.gov.cn)

建设100MW水电站成本约3亿人民币(20小坝方案) (来源:http://dsb.gzdsw.com/html/2011-08/02/content\_40894.htm)

根据人民币兑美元汇率6.87可知

修建10小坝需要10.7亿美元

20小坝需要8.7亿美元。

若这些小坝能同时开工，则需要约1.1年时间完成。

(来源:http://dsb.gzdsw.com/html/2011-08/02/content\_40894.htm)

每年kariba大坝盈利约10.4亿美元。

(根据当地电价计算，电价来源:http://www.chinamachinex.com/electricity/southafrica/105.html)

拆除大坝需要放水，根据库容1010x10^8m^3和流量3400m^3/s，小坝完成后需要时间344天完成放水。因此，修建小坝总体需要2年时间。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Option | Repair | Rebuild | 10 Dam | 20 Dam |
| Cost(Dollar) | 2.50 | 50.00 | 10.70 | 8.73 |
| Time Cost(year) | 3.00 | 6.50 | 2.00 | 2.00 |
| Income/Year（Dollar） | 10.44 | 10.44 | 10.44 | 10.44 |
| Loss(Dollar) | 31.31 | 67.83 | 20.87 | 20.87 |
| Summary | 33.81 | 117.83 | 31.57 | 29.60 |

因为修建20个小水坝损失最少，因此修建20个小水坝最划算。

卡里巴湖建模

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)

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

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

建多个小坝

2017年1月21日

18:30

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

模型A:

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。

海拔

2017年1月21日

17:40

卡里巴出口:390m

计算机生成了可选文字:


海拔44，附近山高120m

计算机生成了可选文字:
阻勃卿龟纫懂更舶月

计算机生成了可选文字:
S!UiCe
Normal10mplungepool
waterIeve!depthwhenbuilt
币伟片曰
128m
{
Er0Sion
二且
0O
l,..t.1
leseseseseseses月．..．奋
印Undatiof1S
Er《万IOn
gom3.．曰
国ungepool
depthtoday
Propesed
reProfiling
oftheriVeFbed

修复方案(资料)

2017年1月20日

11:03

消力池

来自 <<https://www.baidu.com/s?wd=The%20plunge%20pool&rsv_spt=1&rsv_iqid=0xa9a448c400068c7c&issp=1&f=3&rsv_bp=1&rsv_idx=2&ie=utf-8&rqlang=cn&tn=baiduhome_pg&rsv_enter=1&oq=%E8%8B%B1%E5%B0%BA&inputT=590&rsv_t=0046V%2BbKnNco9YLuEKPCn63Wjm%2B27wzFkO6Ri0nBrnCMMtKI99b23mDK5Iv3OTHgxX4j&rsv_sug3=4&rsv_n=2&rsv_pq=e85b27d300030fce&rsv_sug2=0&prefixsug=The%20plunge%20pool&rsp=3&rsv_sug4=1645233>>

- 媒体评论说，这个问题在十年前被注意到，但没有采取行动。溢洪道洪流挖掘了一个巨大的洞穴在赞比西河床，现在比原始设计尺寸大10倍和更深，威胁到基础的稳定性。有必要减少水中的湍流，通过扩大洞穴，以每秒8,000吨的速度排放到坝下面的下沉池中，并且允许由溢流道排放产生的湍流以更小的破坏性方式消散。重新塑造跳水池需要建造一个临时的围堰或拦河坝。这将使得在干燥季节从池的下游面和北部和南部岸边爆破和挖掘30万立方米的岩石。建议该工作仅可能在2015年5月开始，在雨季之后，从修建围堰开始，但根据2015年3月的“赞比亚每日邮报”，这些工程将于2015年9月开始。

来自 <<https://translate.google.cn/#en/zh-CN/The%20plunge%20pool%20%E2%80%93%20media%20comment%20is%20that%20this%20problem%20was%20noticed%20a%20decade%20ago%20but%20no%20action%20was%20taken.%20Spillway%20torrents%20have%20excavated%20a%20massive%20cavern%20in%20the%20Zambezi%20river%20bed%2C%20now%2010%20times%20bigger%20and%20deeper%20than%20the%20original%20design%20dimensions%2C%20that%20threatens%20the%20stability%20of%20the%20wall%20foundations.%20It%20is%20necessary%20to%20reduce%20the%20turbulence%20from%20water%2C%20discharged%20at%208%2C000%20tonnes%20a%20second%20at%20times%2C%20into%20the%20plunge%20pool%20below%20the%20dam%20by%20enlarging%20the%20cavern%2C%20and%20allowing%20the%20turbulence%20resulting%20from%20the%20spillway%20discharge%20to%20be%20dissipated%20in%20a%20less%20damaging%20way.The%20reshaping%20of%20the%20plunge%20pool%20calls%20for%20the%20construction%20of%20a%20temporary%20cofferdam%20or%20barrage.%20This%20will%20enable%20the%20blasting%20and%20excavation%20of%20300%2C000%20cubic%20metres%20of%20rock%20from%20the%20downstream%20face%20and%20north%20and%20south%20bank%20sides%20of%20the%20pool%20in%20the%20dry%20season.It%20was%20suggested%20that%20the%20work%20is%20only%20likely%20to%20start%20in%20May%202015%2C%20after%20the%20rainy%20season%2C%20beginning%20with%20the%20construction%20of%20the%20cofferdam%2C%20however%20according%20to%20the%20Zambia%20Daily%20mail%20in%20March%202015%2C%20the%20works%20are%20set%20to%20commence%20in%20September%202015.>>

计算机生成了可选文字:
弓昨奋一、·
愁｛
、
泌
勺口．r
,-