

积温计算的 IDL 程序

司国新 周尧治*

(1.西藏农牧学院高原生态研究所; 2.西藏林芝高山森林生态系统国家野外科学观测研究站; 3.西藏高原森林生态教育部重点实验室; 4.西藏自治区生态安全联合实验, 西藏林芝 860000)

摘要 积温是多学科研究中经常使用的重要参数。而传统的积温计算方法效率很低且错误率高。为了解决这个问题, 我们基于 IDL 语言编写了积温自动计算程序。验证结果表明, 基于 IDL 的积温计算程序不仅计算正确率高, 而且计算效率也大大提高。

关键字 IDL; 积温; 程序

中图分类号: TN915.09 文献标识码: A 文章编号: 2096-4781 (2020) 01-0089-07

DOI: 10.19707/j.cnki.jpa.2020.01.014

IDL Program for Calculating Accumulated Temperature

SI Guoxin, ZHOU Yaozhi*

(1.Res. Institute of Tibet Plateau Ecology, Tibet Agriculture & Animal Husbandry University; 2.National Key Station of Field Scientific Observation & Experiment of Alpine Forest Ecology System in Nyingchi Tibet; 3.Key Laboratory of Forest Ecology of Tibet plateau, Ministry of Education; 4.United Key Laboratories of Ecological Security, Tibet Autonomous Region, Nyingchi Tibet, 860000, China)

Abstract: Accumulated temperature is an important parameter frequently used in multidisciplinary research. The traditional accumulated temperature calculation method has low efficiency and high error rate. In order to solve this problem, we compiled an automatic accumulated temperature calculation program based on IDL language. The verification results show that the accumulative temperature calculation program based on IDL not only has a high calculation accuracy, but also greatly improves the calculation efficiency.

Key words: IDL, accumulated temperature, program

1 前言

积温是指一定时间段内逐日高于温度 F 的日均温的总和, 它是气象学, 生态学, 作物学研究中的重要参数。我们往往用它来表征一个地区的气候状况, 解决很多有关植被生理生长过程的问题, 所以

在实际应用中我们往往需要大量计算积温。积温分为 0 度、3 度、5 度等多种, 但它们的普遍算法是手动计算连续五天日均为高于某一值的温度之和。我们往往能够获得比较丰富的原始气温观测数据, 但是对于积温的计算, 却还是大量采用手动的方法。这种方法效率低, 错误率高, 这里存在一个矛盾。

收稿日期: 2019-09-30

作者简介: 司国新 (1993-), 男, 汉族, 山东省滕州市人, 在读研究生, 主要从事生态系统模拟的研究。

通讯作者: 周尧治 (1976-), 男, 汉族, 湖南省邵东市人, 副教授, 博士。研究方向: 主要从事高原生态学研究。

基金项目: 国家重点研发计划 (2017YFC0506801)。

为了解决这个矛盾，我们需要开发一种基于计算机语言的计算积温的方法。随着计算机技术的普及，很多重要的问题都可以使用计算机代码来完成，积温的计算也是可以的。IDL是envi自带的编译平台，它具有强大的空间数据处理能力，我们计算积温往往要应用于地理问题，使用IDL编写积温计算代码有利于将它应用于进一步的地学分析。所以我们计划编写基于IDL的积温自动计算程序。

2 IDL 平台和气温数据

在开始程序分析和代码实现之前，我们有必要先介绍一下IDL语言的运行形势和气温气象数据的存储方式。这将有利于大家理解第三部分的算法实

现。IDL属于高级语言，它是解释-编译混杂型的语言，它和很多脚本语言相似，不需要彻底编译成可执行文件就能运行和调试。对于交互式数据处理而言，它具有巨大的优势，我们往往可以快速地调试一个IDL代码本，它的运行就像界面化软件一样顺畅。这将有利于我们代码中大量搜索操作的执行。我们从中国气象网下载的气温数据一般以含有tem的文件名存储在txt文档中，每一个月份的全国699个国家气象站点气温逐日数据组织在同一个txt文档里。所以为了降低编码难度，txt文件的预处理就成为了一个必要的步骤。我们使用cmd命令将每一年的气温数据文件分别合并后才能进行下面的编码操作。

名称	修改日期	类型	大小
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195101.txt	2019/6/26 22:44	文本文档	224 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195102.txt	2019/6/26 22:44	文本文档	206 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195103.txt	2019/6/26 22:46	文本文档	228 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195104.txt	2019/6/26 22:43	文本文档	220 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195105.txt	2019/6/26 22:43	文本文档	228 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195106.txt	2019/6/26 22:43	文本文档	224 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195107.txt	2019/6/26 22:44	文本文档	233 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195108.txt	2019/6/26 22:44	文本文档	239 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195109.txt	2019/6/26 22:44	文本文档	233 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195110.txt	2019/6/26 22:44	文本文档	243 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195111.txt	2019/6/26 22:44	文本文档	238 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195112.txt	2019/6/26 22:44	文本文档	248 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195201.txt	2019/6/26 22:48	文本文档	252 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195202.txt	2019/6/26 22:48	文本文档	238 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195203.txt	2019/6/26 22:48	文本文档	252 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195204.txt	2019/6/26 22:48	文本文档	244 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195205.txt	2019/6/26 22:48	文本文档	260 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195206.txt	2019/6/26 22:48	文本文档	268 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195207.txt	2019/6/26 22:48	文本文档	323 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195208.txt	2019/6/26 22:49	文本文档	340 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195209.txt	2019/6/26 22:49	文本文档	344 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195210.txt	2019/6/26 22:49	文本文档	365 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195211.txt	2019/6/26 22:49	文本文档	355 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195212.txt	2019/6/26 22:49	文本文档	370 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195301.txt	2019/6/26 22:49	文本文档	419 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195302.txt	2019/6/26 22:49	文本文档	385 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195303.txt	2019/6/26 22:49	文本文档	428 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195304.txt	2019/6/26 22:49	文本文档	420 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195305.txt	2019/6/26 22:49	文本文档	436 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195306.txt	2019/6/26 22:49	文本文档	429 KB
SURF_CLI_CHN_MUL_DAY-TEM-12001-195307.txt	2019/6/26 22:49	文本文档	449 KB

序号	中文名	数据类型	单位
1	区站号	Number(5)	
2	纬度	Number(5)	(度、分)
3	经度	Number(6)	(度、分)
4	观测场海拔高度	Number(7)	0.1米
5	年	Number(5)	年
6	月	Number(3)	月
7	日	Number(3)	日
8	平均气温	Number(7)	0.1℃
9	日最高气温	Number(7)	0.1℃
10	日最低气温	Number(7)	0.1℃
11	平均气温质量控制码	Number(2)	
12	日最高气温质量控制码	Number(2)	
13	日最低气温质量控制码	Number(2)	

图 1 原始气象数据及格式
Fig.1 Original meteorological data and format

3 代码实现

3.1 积温计算的原理

一段时间内逐日平均气温 $\geq F^{\circ}\text{C}$ 持续期间的日平均气温的总和叫做活动温度总和,简称积温,这里的 F 通常取 0, 3, 5 或者 10。计算积温时,我们一般会先提取连续 5 天日均温大于 F 的日温度序列,然后计算这些温度的总和。

3.2 程序框架

程序整体上分为四个子模块,分别是数据读入模块,积温序列提取模块,数据筛选模块和文件输出模块,四个模块串行执行,最终以文本的形式输出。在读入模块中,我们设置了一系列的路径信息,以方便代码能够快速适应多种不同原始数据的计算。积温序列提取模块则采用加入控制参数和多层循环的形式来辨别温度是否有效。数据筛选模块和文件输出模块都设置了一系列可控的参数,以此来满足不同积温计算的具体需求。

3.3 输入模块的实现

程序的输入内容包括逐日气象数据原始数据文档和站点信息文档。逐日气温数据文档为 txt 格式,其内存储有文本形式记录的全国所有国家站的逐日气温数据,每一年的气象数据存储为一个 txt 文档。我们需要把这些文本形式的数据读入到编译器内部并转换为矩阵存储,这个功能由 read_ascii 函数完成。站点信息一般存储为 csv 格式,站点的编号和备注信息在 csv 文件内为表格形式,它同样需要 read_ascii 函数分两步读入并转换为矩阵。

3.4 数据结构

逐日气温数据读入内存后以大矩阵 data 的形式存储,这样存储虽然结构清晰,操作稳定性高。但是为了提高后面筛选,求和操作的效率,我们需要给其中有重要意义的几列命名,并且把他们按照站点和日期一一对应地联结起来。这时候就需要用到

数据结构了,这里我们定义了数据结构 mete, mete 由一个代表站点号的 station 变量,一个代表年份的 year 变量,一个代表月份的 month 变量,一个代表日期的 day 变量和一个代表当日气温的 tem 变量组成。之后我们的数据操作多基于这个结构体完成,例如我们对所有 mete 对象的温度进行操作,只需要调用 mete.tem 就可以完成了。

3.5 数据筛选实现

为了便于进行数据筛选,我们首先要将 data 变量的对应列赋值给结构体 mete 的对应变量。我们首先设置第一层循环来实现分站点的筛选。具体的筛选方法为,首先使用多条件限制的 where 语句一一挑选出对应的 mete.station, mete.year, mete.month, mete.day, mete.tem 序列,再设置 mete0, mete1, mete2, mete3, mete4 矩阵来分别存储这些序列(接下来的连续日期筛选操作不能针对结构体)。

3.6 积温计算核心算法实现

为了简化连续气温序列的提取算法,我们使用了 JULDAY 函数来将每一条记录的日期转化为儒略日,这里的儒略日指的是广义的儒略日,也就是从公元前 4713 年 1 月 1 日算起至当前日期的天数。我们一般先计算每一年年初前一天的儒略日 a1,然后用该年后面每一天的儒略日减掉 a1,这个数字代表当前日期是当年的第多少天,它存储在矩阵 mete 5 中。有了以上的准备,我们就可以进入积温提取核心代码的设计了。

积温序列的提取核心思路为:设置矩阵 outsum 来存储每一年的积温,设置变量 sum 来记录每一年最终的积温值,设置变量 sum1 来记录每一个气温连续区间的积温总和,设置变量 k1, k2 来辅助计算气温连续区间的长度。代码块从 mete4 和 mete5 第一行开始对应检测气温日期是否连续,若日期不再连续则停止 sum1 的累加。这时候通过 k1, k2 来计算连续日期的长度,若连续日期长度小于 5,则 sum1

清零,继续检测下一个连续区间,否则将 sum1 的值累加到 sum 中。如此完成对于 mete4 和 mete5 的对应检测,然后程序跳入下一个年份的循环并将 sum1 的最终值传给矩阵 outsum 的对应行列。

3.7 文件输出

考虑到气象数据成果有可能很多年后仍在使用,我们选用适用性最广的 txt 文件来存储积温计算成果。文件输出函数 openw, 函数所需输入变量包括输出路径 defaultpath1 和输出矩阵 outsum。

3.8 变量说明

以下是源代码中使用的主要变量的变量说明:

defaultpath 为原始气象数据的存储路径;

kupath 为要提取的气象站点的名称列表;

defaultpath1 为积温计算结果的输出路径;

kustationall 为读入的原始气象数据矩阵;

RawFiles 为原始气象数据文件列表;

Outsum 为记录积温的输出矩阵;

dims 用于记录每一个气象数据文件的行列数;

mete 是用于组织气象数据的数据结构;

a1,mete5 是用于记录日期对应儒略日的变量;

3.9 源代码

pro jiwén_calculator

```
compile_opt idl2
```

```
JI=0
```

```
;关键参数,指定计算多少度积温
```

```
defaultpath='C:\Users\zhou\Desktop-
```

```
top\wuhouqixiang\qiwén\'
```

```
kupath='C:\Users\zhou\Desktop\wuhouqixiang\'
```

```
defaultpath1='C:\Users\zhou\Desktop\ji-
```

```
wén_bomi07-17_10.txt'
```

```
;指定气象数据输入路径,气象站点信息输入路径
```

```
stational = FILE_Search(kupath+'*.csv')
```

```
kudata=read_ascii(stational,data_start=1,delimiter=',')
```

```
kustationall=kudata.field1
```

```
RawFiles = FILE_Search(defaultpath+'*.txt');
```

```
FileCount = N_ELEMENTS(RawFiles)
```

```
sizestation=size(kustationall,/dimension)
```

```
outsum=make_array(3,FileCount*sizestation,/long)
```

```
;读入站点信息和建立辅助矩阵
```

```
For Nx=0,FileCount-1 do begin
```

```
filename = RawFiles[NX]
```

```
indata = read_ascii(filename, data_start=0)
```

```
;读入第NX个气象数据文件
```

```
data = indata.field01
```

```
dims=size(data, /dimension)
```

```
mete_para = { $
```

```
station: 01, $
```

```
year: 0, $
```

```
month: 0, $
```

```
day: 0, $
```

```
tem: 01 $
```

```
}
```

```
;建立用于存储气象数据的数据结构
```

```
mete = replicate(mete_para, dims[1])
```

```
mete.station = transpose(data[0, *])
```

```
mete.year = transpose(data[4, *])
```

```
mete.month= transpose(data[5, *])
```

```
mete.day= transpose(data[6, *])
```

```
mete.tem= transpose(data[7, *])
```

```
;将气象数据导入数据结构mete
```

```
for i=0,sizestation[0]-1 do begin
```

```
mete0=mete[where((mete.station eq kustationall[i]) and (mete.tem lt 30000)and(mete.tem ge 10*JI)),station
```

```

mete1=mete[where((mete.station eq kusta-
tionall[i] and (mete.tem lt 30000)and(mete.tem ge
10*JI)).year
mete2=mete[where((mete.station eq kusta-
tionall[i] and (mete.tem lt 30000)and(mete.tem ge
100))].month
mete3=mete[where((mete.station eq kusta-
tionall[i] and (mete.tem lt 30000)and(mete.tem ge
10*JI)).day
mete4=mete[where((mete.station eq kusta-
tionall[i] and (mete.tem lt 30000)and(mete.tem ge
10*JI)).tem
;筛选高于指定温度JI的数据
a1=JULDAY(1,1,mete1)-1
mete5=JULDAY(mete2,mete3,mete1)-a1
a2=size(mete5)
;将气象数据文件记录的日期转为儒略日
sum=0
for k1=0,a2[3]-1 do begin
sum1=0
for k2=k1,a2[3]-2 do begin
if mete5[k2+1]-mete5[k2] ne 1 then
begin
sum1=sum1+mete4[k2]
break
endif
sum1=sum1+mete4[k2]
endifor
if (k2 eq a2[3]-2)and(k2-k1 ge 4) then
begin
sum1=sum1+mete5[k2+1]
sum=sum+sum1
endif else if k2-k1 ge 4 then begin

```

```

sum=sum+sum1
endif else begin
sum=sum
endifelse
k1=k2
endifor
;筛选大于5的日期连续序列
outsum[2,NX*sizestation+i]=sum
outsum[0,NX*sizestation+i]=mete0[0]
outsum[1,NX*sizestation+i]=mete1[0]
;组织输出矩阵
endifor
Endfor
openw,lun,defaultpath1,/get_lun,/append
printf,lun,outsum
free_lun,lun
;积温文件输出
end

```

4 积温计算实例

现在为了研究西藏自治区波密县的多年积温变化趋势,我们需要计算波密县 1965~2006 年 0℃ 积温序列。所以我们从中国气象数据网 (<http://data.cma.cn/>) 下载了 1965-2006 年全国逐日气温数据,数据以每月一个 txt 文件的形式存储。我们首先将每年的气温数据合并成一个文本文件得到 56 个文本文件(总计 294 Mb),然后将气象数据文件存储路径写入 IDL 代码本对应位置运行,就得到了波密县逐年的 0℃ 积温序列。为了验证积温计算程序的正确性,我们又逐年手动计算了波密的积温。结果表明,二者结果完全一致,而提取代码所消耗的时间几乎是手动计算的 1/100(手动计算需要时间约为 5 h,程序计算时间约为 3 min)。

手动积温计算结果			代码计算积温结果	
	年	积温	年	积温
56227	1965	29549	1965	2954.9
56227	1966	32754	1966	3275.4
56227	1967	30385	1967	3038.5
56227	1968	30365	1968	3036.5
56227	1969	32348	1969	3234.8
56227	1970	30039	1970	3003.9
56227	1971	31126	1971	3112.6
56227	1972	31726	1972	3172.6
56227	1973	31970	1973	3197
56227	1974	32450	1974	3245
56227	1975	32835	1975	3283.5
56227	1976	31061	1976	3106.1
56227	1977	29533	1977	2953.3
56227	1978	30424	1978	3042.4
56227	1979	31729	1979	3172.9
56227	1980	31629	1980	3162.9
56227	1981	33465	1981	3346.5
56227	1982	31629	1982	3162.9
56227	1983	31427	1983	3142.7
56227	1984	33735	1984	3373.5
56227	1985	32697	1985	3269.7
56227	1986	32022	1986	3202.2
56227	1987	32251	1987	3225.1
56227	1988	33194	1988	3319.4
56227	1989	31970	1989	3197
56227	1990	31501	1990	3150.1
56227	1991	32144	1991	3214.4
56227	1992	31903	1992	3190.3
56227	1993	31830	1993	3183
56227	1994	33015	1994	3301.5
56227	1995	33909	1995	3390.9
56227	1996	32957	1996	3295.7
56227	1997	30656	1997	3065.6
56227	1998	34012	1998	3401.2
56227	1999	34742	1999	3474.2
56227	2000	32636	2000	3263.6
56227	2001	33369	2001	3336.9
56227	2002	33598	2002	3359.8
56227	2003	33616	2003	3361.6
56227	2004	33598	2004	3359.8
56227	2005	35324	2005	3532.4
56227	2006	35704	2006	3570.4

图2 代码计算结果（左）和手动计算积温（右）的对比

Fig.2 Comparison of code calculation result (left) and manual calculation accumulated temperature (right)

5 结语

积温的计算是地理学领域的计算会广泛应用的，但是目前手动计算费时费力且错误多。所以我们基于主流的数据处理平台IDL设计并编写了自动计算气象站积温的代码，并且在波密县多年积温计算实验中应用了它。使用状况表明：

(1) 设计的读入模块可以有效地将文本数据转为矩阵加以处理。

(2) mete 数据结构的设计是合理的，它使代码可以快速从百万条数据记录中心筛选所需数据。

(3) 我们在程序中设计的多层循环无明显影

响程序执行效率，且适合多年气象数据的循环读取。

(4) 以矩阵的形式写入文本的输出变量outsum可以被方便地使用。

(5) 该程序可以准确地计算出一个气象站点的多年积温。

(6) 程序处理积温的速度远远高于手动处理。

参考文献：

- [1] Landsman W B . The IDL Astronomy User's Library[J]. Astronomical Data Analysis Software & Systems II, 1993, 21:784.
- [2] Lamb, Alex D . IDL: sharing intermediate representations[J]. ACM Transactions on [3]Programming Languages and Systems, 1987, 9(3): 297-318.

.....
(下接第 107 页)

根据不同地区和依托资源特点,积极推动特色化经营和差异化发展,坚持打造“一村一品一特一组织”(一个村至少拥有一个品牌、一个当地特色产品、一个居民合作社性质的经营组织)的乡村旅游体系,并不断丰富休闲农业内涵,满足顾客不同层次的休闲消费需求。

参考文献:

- [1] 李新瑜. 国外农业旅游发展典型模式及对中国的启示[J]. 世界农业, 2017(1): 134-136.
- [2] 赵蕊, 肖新. 基于 DEA 的观光农业园综合评价方法研究[J]. 赤峰学院学报(自然科学版), 2014, 30(02): 87-88.
- [3] 童玲, 李洪波. 休闲农业综合效益评价指标体系研究[J]. 曲阜师范大学学报(自然科学版), 2015, 41(02): 74-78.
- [4] 刘泳伦, 霍国庆, 鹿盟. 台湾休闲农业企业核心竞争力评价指标体系研究[J]. 数学的实践与认识, 2011, 41(9): 34-38.
- (上接第 74 页)
- [5] SCHNABEL P B, LYSMER J, SEED H B. SHAKE: A Computer Program for Earthquake Response Analysis of Horizontally Layered Sites[R]. Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, California, 1972.
- [6] Hardin B O, Drnevich V P. Shear modulus and damping in soils design equations and curves[J]. Journal of Soils Mechanics and Foundation Division, 1972, 98(7): 667-692.
- [7] 杨丰春. 百米级高沥青混凝土心墙坝抗震能力与破坏模式研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2017.
- (上接第 94 页)
- [3] Eide E, Frei K, Ford B, et al. Flick: A Flexible, Optimizing IDL Compiler[J]. ACM SIGPLAN Notices, 1997, 32(5): 44-56.
- [4] Millar J S, Lichtenstein A H, Cuchel M, et al. Impact of age on the metabolism of VLDL, IDL, and LDL apolipoprotein B-100 in men[J]. Journal of Lipid Research, 1995, 36(6): 1155-1167.
- [5] Marzetta C A, Foster D M, Brunzell J D. Conversion of plasma VLDL and IDL precursors into various LDL subpopulations using density gradient ultracentrifugation[J]. Journal of Lipid Research, 1990, 31(6): 975-984.
- [6] 肖静, 李楠, 姜会飞. 作物发育期积温计算方法及其稳
- [5] 郑石, 林国华. 基于 DEA 的福建省休闲农业发展效率评价研究[J]. 福建论坛(人文社会科学版), 2017(2): 187-193.
- [6] 孔庆书, 李洪英, 师伟力. 基于 DEA 的河北省休闲农业评价研究—以河北省休闲农业与乡村旅游示范点为例[J]. 中国生态农业学报, 2013(4): 511-518.
- [7] 张淑萍. DEA 模型下的休闲农业评价实证分析—以河南省为例[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(02): 226-230.
- [8] 刘红瑞, 安岩, 霍学喜. 休闲农业的组织模式及其效率评价[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2015, 15(02): 83-89.
- [9] 李雅娟. 西藏休闲农业发展问题研究[J]. 西藏科技, 2016(12): 3-7
- [10] 王丽丽, 蔡丽红, 王锦旺. 我国休闲农业产业化发展研究:述评与启示[J]. 中国农业资源与区划, 2016, 37(01): 207-212.
-
- [8] 沈珠江. 一个计算砂土液化变形的等价粘弹性模式[A]. 中国土木工程学会. 中国土木工程学会第四届土力学及基础工程学术会议论文选集[C]. 中国土木工程学会: 中国土木工程学会, 1983:9.
- [9] 沈珠江, 徐刚. 堆石料的动力变形特性[J]. 水利水运科学研究, 1996, 2, 143-150.
- [10] 沈珠江. 砂土动力变形计算参数的室内测定[J]. 水利水运科学研究, 1996, 6, 10-17.
- [11] 费康, 张建伟. ABAQUS 在岩土工程中的应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2010.
- 定性[J]. 气象研究与应用, 2010, 32(2): 64-67.
- [7] 李广. 界限积温的计算方法[J]. 甘肃农业科技, 2002(12): 40-41.
- [8] 孙艳玲, 延晓冬. 基于 C 值和 $>5^{\circ}\text{C}$ 积温的内蒙古自治区植被-气候分类[J]. 生态学杂志, 2012, 31(7).
- [9] 官雨洁, 王伟, 刘寿东. 基于 CART 算法的夏季高温预测模型构建与应用[J]. 气象科学, 2018, 38(04): 121-126.
- [10] 周彩章, 常义林. GDMO-IDL 管理信息集成研究与实现[J]. 西安电子科技大学学报(自然科学版), 2002, 29(4): 494-498.
- [11] 师银芳, 赵军, 李传华, 等. $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温计算的不确定性[J]. 兰州大学学报(自科版), 2017, 53(2): 213-220.