

引额济乌工程建设气温参数 设计值研究^①

马淑红 李良序 武疆艳 唐建军

(新疆环境气象工程中心,乌鲁木齐市 830002)

王政德 唐其剑

邓 澄

(新疆额尔齐斯河流域开发工程领导小组)

(新疆水利水电勘测设计院)

戈 峰

周永刚 柳新鹏

(中国科学院地理研究所)

(克拉玛依市气象局)

提 要

根据引额济乌水利工程沙漠明渠沿线周围 20 个气象观测站 39 年(1961~1999 年)气温资料和经纬度及海拔高度资料,采用气候学、地理学、水文工程学与熵气象学相结合的方法,建立了沙漠明渠近 170km 沿线春季(4 月)平均气温、夏季(7 月)平均气温、年平均气温及稳定输水期推算模式。在此基础上,运用正态分布概率模式推算了沙漠明渠沿线春季(4 月)平均气温、夏季(7 月)平均气温和年平均气温不同概率设计值。由此揭示了沙漠明渠沿线春季(4 月)平均气温、夏季(7 月)平均气温和年平均气温及稳定输水期的分布规律。这一研究成果已应用于沙漠明渠输水工程设计中。

关键词: 气温参数设计值 水利工程 输水期

引 言

随着中央西部大开发战略的实施,引额济乌(将额尔齐斯河的水引入乌鲁木齐市,以下简称引额济乌)水利工程被列为国家重要项目。引额济乌水利工程沙漠明渠近 170km 沿线气温参数设计值研究问题在该工程建设中显得十分重要。为了确保沙漠明渠引水工程建设的安全性,必须研究沙漠明渠沿线的温度参数设计值,为水利工程设计提供科学依据。因此,本文采用气候学^[1,2]、地理学^[3,4]与熵气象学^[5]相结合的方法,对引额济乌水利工程沙漠明渠沿线气温参数设计值进行研究。

1 研究范围与资料

准噶尔盆地占地面积约 $30 \times 10^4 \text{ km}^2$, 古尔班通古特沙漠位于盆地腹部。研究范围为地理 $43^\circ 47' \sim 48^\circ 03' \text{ N}$, $81^\circ 04' \sim 90^\circ 32' \text{ E}$ 区域。本文所依据的基本资料为准噶尔盆地沙漠明渠沿线周围 20 个气象观测站 39 年(1961~1999 年)年平均气温资料和春季(4 月)、夏季(7 月)平均气温资料、准噶尔盆地 2 个石油气象观测站 9 年(1991~1999 年)资料以及沙漠明渠沿线的滴西一井、彩 36 井 2000 年 3~5 月野外气候考察站的资料。

2 模式建立及精度检验

2.1 沙漠明渠沿线无资料地区气温模式的

^① 国家计委资助项目。张保刚、胡锦涛、李建新、王继新、王金花等同志参加了野外气候观测,张婷、唐凤兰、任水莲、马建菊、李军、张保刚等同志参加了资料统计工作,在此致谢!

建立及精度检验

春季(4月)和年平均气温及标准差等气象参数是引额济乌水利工程设计中的主要气象参数。特别是春季(4月)平均气温和标准差对于水利工程设计以及未来生态环境保护等都具有重要科学意义和工程价值。

在引额济乌工程沿线周围气象观测站与野外气候考察站对比分析考察基础上,对引额济乌工程沙漠明渠近170km沿线无资料地区气温参数进行推算。首先分析影响某个地区气温的主要因素:地理纬度、经度、海拔高度。其次,科学确定沙漠明渠沿线无资料地区春季(4月)平均气温、夏季(7月)平均气温、年平均气温和标准差的气候学方程为:

$$T = T(\varphi, \lambda, H) \quad (1)$$

式(1)中, φ 为地理纬度, λ 为经度, H 为海拔高度, T 为引额济乌工程沙漠明渠沿线无资料地区气温预测值。春季(4月)、夏季(7月)、全年平均气温和标准差的逐步回归方程分别为:

$$T_4 = 54.9368 - 0.9074\varphi - 6.1405H + \delta \quad (2)$$

$$R = 0.98722 \quad S_r = 0.81675 \quad n = 18$$

$$S_4 = -4.7380\varphi + 0.1472 \quad (3)$$

$$R = 0.8651 \quad S_r = 0.1519 \quad n = 18$$

$$T_7 = 58.280441 - 0.6548\varphi - 7.0287H + \delta \quad (4)$$

$$R = 0.98652 \quad S_r = 0.99099 \quad n = 18$$

$$S_7 = -2.4924 + 0.0783\varphi \quad (5)$$

$$R = 0.8562 \quad S_r = 0.13302 \quad n = 18$$

$$T_{\text{全年}} = 43.6506 - 0.7702\varphi - 4.1759H + \delta \quad (6)$$

$$R = 0.9478 \quad S_r = 1.1486 \quad n = 18$$

$$S = -2.4825 + 0.0745\varphi \quad (7)$$

$$R = 0.8478 \quad S_r = 0.10911 \quad n = 18$$

式中 R 为复相关系数, S_r 为剩余均方差, n 为样本数。 δ 为地形影响项,作为地形影响的订正值。

根据准噶尔盆地腹部2个石油气象观测站(石西、彩南)9年气温资料,对模式的精度进行检验,结果表明:引额济乌工程沙漠明渠沿线气温误差范围在0.0~1.0℃之间,相对误差在2%~10%之间。从而可以证实沙漠明渠沿线无资料地区春季(4月)、年平均气

温预测模式的精度较高。

2.2 引额济乌工程沙漠明渠沿线气温概率模式

在引额济乌水利工程设计和未来生态环境评估中,需要一定概率下春季(4月)平均气温、夏季(7月)平均气温、年平均气温的设计值,即一定重现期下的设计值。首先,假设温度为随机变量,它符合熵最大时正态分布的约束方程^[5]:

$$u = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1$$

$$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x-u)^2 f(x)dx$$

熵达到极大时的分布函数 $f(x)$ 是正态分布,正态分布的特征是以均值为中心向两边指数递减,其概率密度为:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} \quad (8)$$

式中的 x 、 σ 为参数,根据参数 x 、 σ 进一步推论可导出引额济乌工程沿线春季(4月)、夏季(7月)、年平均气温不同概率设计值的预测模式为:

$$x_p = x + k\sigma \quad (9)$$

式中 x_p 为引额济乌水利工程沙漠明渠沿线周围某个气象观测站春季(4月)、夏季(7月)平均气温、年平均气温不同概率设计值, x 为春季(4月)、年平均气温均值, σ 为标准差, k 为系数。

3 模式的应用

3.1 沙漠明渠沿线无资料地区气温模式应用及分布特征

将沙漠明渠沿线无资料地区各里程桩号点的地理纬度换算成十进制代入式(2)、(7)计算,得到工程沙漠明渠沿线无资料地区各里程桩号点的多年(1961~1999年)春季(4月)、夏季(7月)平均气温、全年平均气温和标准差(见表1)。

表1 引额济乌工程沙漠明渠170km沿线无资料地区的春季(4月)、夏季(7月)、年平均气温及标准差预测值

里程桩号	纬度/°N	海拔高度/m	平均气温/°C			标准差		
			春季	夏季	全年	春季	夏季	全年
0	45°35'02"	551.4	12.2	26.6	7.2	1.9714	1.0765	0.9132
60+867.4	45°05'44"	533.9	12.8	27.0	7.7	1.8976	1.0374	0.8760
129+819.4	44°37'39"	515.5	13.3	27.4	8.2	1.8301	1.0013	0.8417
176+442.4	44°22'26"	511.4	13.5	27.6	8.3	1.7933	0.9818	0.8231

3.2 引额济乌水利工程沙漠明渠沿线气温分布特征

由春季(4月)、夏季(7月)、年平均气温和标准差的预测模式,揭示了引额济乌工程沙漠明渠170km沿线气温参数(平均气温、标准差)的分布特征。

引额济乌工程沙漠明渠170km沿线春季(4月)、夏季(7月)、年平均气温空间分布特征为:随着纬度(φ)、海拔高度(H)的增加而降低,纬度每增加1度,春季(4月)平均气温降低0.91°C,海拔高度每增高1km,春季(4月)气温降低6.14°C;纬度每增加1度,夏季(7月)平均气温降低0.65°C,海拔高度每增高1km,夏季(7月)气温降低7.0°C;纬度每增加1度,年平均气温降低0.77°C,海拔高度每增高1km,年平均气温递减4.2°C。

引额济乌工程沙漠明渠170km沿线由春季(4月)、夏季(7月)、年平均气温的标准差空间分布特征为:随着纬度的增加而增大,也就是说,随着纬度的增加,春季(4月)、夏季(7月)、年平均气温的年际变化增大。其中纬度每增加1度,春季(4月)气温标准差增加0.15°C,夏季(7月)平均气温标准差增加0.08°C,年平均气温标准差增加0.07°C。

3.3 引额济乌工程沿线气温概率模式应用及适温检验

3.3.1 引额济乌工程沿线气温概率模式应用

运用式(9)可以求出引额济乌工程沙漠明渠沿线周围气象观测站春季(4月)、夏季(7月)平均气温、年平均气温30年一遇设计值,以春季(4月)为例(见表2)。

将引额济乌工程沙漠明渠沿线周围各气象观测站和沙漠明渠沿线各里程桩号点的春季(4月)平均气温、夏季(7月)平均气温、年平均气温均值、标准差(σ)、 k 值代入式(2)、式(3),得到引额济乌工程沙漠明渠沿线无资料地区各桩号春季(4月)平均气温、夏季(7月)

月)、年平均气温不同概率设计值,以春季(4月)为例(见表3)。

表2 引额济乌工程沙漠明渠170km沿线周围观测站春季(4月)平均气温不同概率设计值 T_p (资料年代:1961~1999年)

测站名	多年 均值/°C	标准差	不同概率设计值/°C			
			20年 一遇	30年 一遇	50年 一遇	100年 一遇
阿勒泰	7.7	2.4001	11.7	12.5	12.6	13.3
富蕴	7.1	2.0829	10.5	11.2	11.4	12.0
乌鲁木齐	10.4	2.0907	13.8	14.6	14.7	15.3

表3 引额济乌工程沙漠明渠170km沿线无资料地区春季(4月)平均气温不同概率设计值

序号	里程桩号	春季(4月)平均气温 不同概率设计值/°C			
		20年 一遇	30年 一遇	50年 一遇	100年 一遇
1	0	15.5	16.2	16.3	16.8
7	60+867.4	15.8	16.4	16.5	17.1
14	129+819.4	16.3	16.9	17.1	17.5
18	176+442.4	16.5	17.1	17.2	17.7

3.3.2 引额济乌工程沿线气温概率模式适度检验

应用熵最大原理导出的正态分布概率模式,对引额济乌工程沿线各气象观测站气温(春夏季代表月、年平均气温)进行了理论分布与经验分布拟合,并且进行了 χ^2 检验、正态概率检验,通过率100%。从而可以证实引额济乌工程沿线各气象观测站的春季(4月)平均气温、夏季(7月)平均气温、年平均气温遵循正态分布。这就为推算引额济乌水利工程沙漠明渠沿线无资料地区春季(4月)平均气温、夏季(7月)平均气温、年平均气温提供了科学理论依据。

4 沙漠明渠沿线日平均气温稳定通过 0℃ 初终日数与输水工程设计

众所周知,在输水工程设计中,需要 $\geq 0^\circ\text{C}$ 初终日数与其持续天数,这种特殊温度称为输水工程设计中指标温度。春季日平均气温稳定通过 0°C 日期就代表冬季已过,积雪融解与土壤解冻,也就是输水期的开始。秋季日平均气温稳定通过 $\geq 0^\circ\text{C}$ 日期就代表土壤开始冻结和输水期终止日期。春季日平均气温 $\geq 0^\circ\text{C}$ 日期与秋季日平均气温 $\geq 0^\circ\text{C}$ 初终日数称为引额济乌输水工程设计中稳定输水期。

4.1 沙漠明渠沿线日平均气温稳定通过 0°C 初日、终日分布特征

引额济乌输水工程沙漠明渠沿线周围气象观测站日平均气温稳定通过 0°C 初日由南向北、由西向东推迟。例如南部的乌鲁木齐稳定通过 0°C 初日是3月22日,北部的阿勒泰、富蕴一带是3月31日,西部的克拉玛依是3月18日,东部的北塔山是4月13日。

引额济乌输水工程沙漠明渠沿线周围气象观测站秋季日平均气温稳定降至 0°C 终日分布特征由北向南,由东向西推迟;终日由北向南、由东向西推迟。例如南部的乌鲁木齐秋季日平均气温稳定通过 0°C 终日是11月4日,北部的阿勒泰、富蕴一带是10月27~29日,西部的克拉玛依是11月8日,东部的北塔山是10月14日。

4.2 沙漠明渠沿线无资料地区稳定输水期预测模式建立

日平均气温稳定在 0°C 初终日数,决定引额济乌输水工程设计中稳定输水期。它是引额济乌输水工程设计中最重要的气象参数之一。因此,在引额济乌输水工程设计沿线周围气象观测站资料与野外考察短期观测基础上,对沙漠明渠沿线无资料地区日平均气温稳定在 0°C 初终日数,即引额济乌输水工程设计中稳定输水期气象参数进行研究。首先分析影响古尔班通古特沙漠明渠稳定输水期的主要因素:地理纬度、经度、海拔高度。其次,科学确定引额济乌输水工程设计沙漠明渠沿线无资料地区稳定输水期的气候学预测方程为:

$$y = 523 - 6\varphi - 36H + \delta$$

$$R = 0.9850 \quad S_r = 3.044 \quad n = 18$$

(10)

式中的 y 为引额济乌输水工程沙漠明渠沿线无资料地区稳定输水期预测值, φ 为地理纬度, H 为海拔高度, R 为复相关系数, S_r 为剩余均方差, n 为样本数。对于具体测点,除已考虑的因子外,我们还添加了地形影响项 δ ,作为地形影响的订正值。

4.3 稳定输水期预测方程的精度检验

根据准噶尔盆地腹部2个沙漠石油气象站近10年气温资料,对模式的精度进行检验,结果表明:引额济乌工程沙漠明渠170km沿线稳定输水期误差范围0~3天,相对误差2%~6%。预测方程适用范围是古尔班通古特沙漠地区海拔高度1600m以下地区。从而可以证实引额济乌输水工程沙漠明渠沿线无资料地区输水期预测方程的精度较高。

4.4 稳定输水期分布规律及应用

从式(10)可以看出,引额济乌工程沙漠明渠沿线稳定输水期分布特征是随着纬度、海拔高度的增加而递减,其中纬度每增加1度,稳定输水期减少6天,海拔高度每增高1km,稳定输水期减少36天。根据沙漠明渠输水工程设计需要,我们计算了引额济乌输水工程沿线富蕴、顶山、米泉、沙漠明渠起点三个泉倒虹吸出口、沙漠出口稳定引水天数(见表4)。

表4 引额济乌输水工程沙漠明渠沿线稳定引水天数

站名	春季稳定 $\geq 0^\circ\text{C}$ 初日	秋季稳定 $\geq 0^\circ\text{C}$ 终日	$\geq 0^\circ\text{C}$ 初终日 间日数/天
富蕴	31/3	27/10	211
顶山	25/3	5/11	224
三个泉倒虹吸出口	23/3	9/11	225
沙漠出口	21/3	2/11	226
米泉	21/3	2/11	226

从表4中可以看出,沙漠明渠年运行时间为7个月,每年的稳定输水期为3月下旬~11月上旬,冬季不运行。

5 结论

(1) 建立引额济乌水利工程沙漠明渠近170km沿线无资料地区气温、稳定输水期气候学方程,运用预测方程揭示了沙漠明渠沿线无资料地区气温和稳定输水期的分布规律。同时根据2个石油气象观测站(石西油田、彩南油田)近9年实测资料,进行了方程的精度检验,相对误差为2%~10%之间。

(2) 引额济乌工程沙漠明渠沿线春季(4月)、夏季(7月)、年平均气温空间分布特征为:随着纬度(φ)、海拔高度(H)的增大而降低。

(3) 引额济乌工程沙漠明渠沿线春季(4月)、夏季(7月)、年平均气温的标准差空间分布特征为:随着纬度的增加而增大。

(4) 引额济乌工程沙漠明渠沿线周围各气象观测站春季(4月)、夏季(7月)、年平均气温均符合熵最大时的约束方程,且遵循正态分布,正态概率检验和 χ^2 检验,通过率100%,从而证实引额济乌工程沿线春季(4月)平均气温、夏季(7月)平均气温、年平均气温遵循正态分布,这就为我们推算沙漠明渠沿线无资料地区气温设计值提供了科学理论依据。

(5) 引额济乌输水工程沙漠明渠沿线日平均气温稳定通过 0°C 初日由南向北、由西

向东推迟;秋季日平均气温稳定降至 0°C 终日分布特征由北向南、由东向西推迟。

(6) 引额济乌工程沙漠明渠沿线稳定输水期分布特征是,随着纬度、海拔高度的增加而递减。

(7) 沙漠明渠年运行时间为7个月,每年的稳定输水期为3月下旬~11月上旬,冬季不运行。

参考文献

- 1 潘守文. 现代气候学原理. 北京:气象出版社,1994:2~6.
- 2 翁笃鸣,罗哲贤. 山地地形气候. 北京:气象出版社,1990:226~228.
- 3 杨利普. 新疆维吾尔自治区地理. 1987:150~152.
- 4 汤奇成,李丽娟. 西部地区主要国际河流水资源特征与可持续发展. 地理学报,1999,54(增刊):21~28.
- 5 张学文,马力. 熵气象学. 北京:气象出版社,1994:201~202.

On Design Value of Air Temperature Parameters in Engineering of Diverting Erqisi River Water into Urumqi

Ma Shuhong Li Liangxu Wu Jiangyan Tang Jianjun

(Center of Xinjiang Environment Meteorology, Urumqi, 830002)

Wangzhengde Tangqijian

(Lead Group of Development Projector of Drainage Domain of Erqisi River, Xinjiang)

Deng Cheng

(Xinjiang Design and Survey Academy of Hydraulic Power)

Ge Feng

(The Institute of Geography in Chinese Academy of Sciences)

Zhou Yonggang Liu Xinpeng

(Xinjiang Kelamayi Meteorological Bureau)

Abstract

According to the data of air temperature for nearly 40 years(1961—1999) at 20 weather stations around open trench of desert in hydraulic engineering of diverting water of Erqisi river into Urumqi and other data (longitude, latitude and height above sea level), and applying ways of climatology, geography, hydraulic engineering and entropy meteorology, models of mean air temperature (April and July), annual mean air temperature and stable period of water transmission in the open trench of 170km are built, meanwhile, by means of probability models of normal distribution, design value are obtained, so the distribution laws of these circumstances are disclosed.

Key Words: period of water transmission hydraulic engineering air temperature parameter