

山丘区工程设计地面气候设计指标的确定

陈启新

(水利部山西水利水电勘测设计研究院,山西 太原 030024)

摘要 利用山西省的特殊地形条件,在全省范围内利用邻站对比、相关分析的方法,对水利工程建设常用的 6 个地面气候指标的地形影响进行分析。结果表明,气温、无霜期、降水量、蒸发量、风、冻土深度等项目受地形、高程的影响在数量上有明显的小地域分布规律,反映出除高程差以外,其他地形条件如山脉走向等诸多地形因素对地面气候指标也具有明显的影响。

关键词 山区;丘陵区;气象站;地面气候指标;地形改正

中图分类号:P463.21

文献标识码:A

文章编号:1006-764X(2003)07-0018-03

我国目前气象观测台(站)密度,大多是每县设立一站,一般一个站控制面积为 $1\,000 \sim 2\,000\text{ km}^2$,且大多在县城附近。工程设计采用的地面气候资料,除降水量、水面蒸发量水利系统设站较多外,其余项目需要的资料都是借用较近气象台(站)的观测资料。由于各地地面气候观测值受当地纬度特别是地形条件的影响较大,气象台(站)的观测值,可能不能满足工程设计的要求而需予以合理的修正。

绘制等值线的方法,只能改正测站过稀产生的差误,以及弥补测站观测场地高程间的差别,但不能解决观测场往往与工程地点间巨大的地形差别,特别是对风速的影响,除高程影响外,更主要的还有山脉走向的影响。故绘制等值线插补的方法,只能适用于平原地区,而山地、丘陵区则应侧重考虑地形条件的影响。

1 地形条件改正数研究成果及其合理性分析

我们利用山西省的特殊地理条件,地处华北大平原向西北高原过渡的半岛形隆起地带,东及南分别借太行山及中条山与华北大平原接壤,西为吕梁山直插黄河,三面侵蚀面低,形成山高沟深、中部为断续盆地、以山地为主的地形地貌(山地面积占 72% 以上)。因此,气象站的布设随着地形的起伏,相邻站观测场地高程往往差别悬殊,给研究工作提供了宝贵的资料。我们选择了观测场地高差在 100 m 以上,站距在 40 km 以内的 44 对具有 5 a 以上同步资料的站作为对比站,对水利工程设计经常涉及的年平均气温、无霜日数、年降水量、年蒸发量、最大

风速(以上均为多年平均值)及最大冻土深等项目进行百米高差差值对比分析^①,得到如下分析结果。

1.1 年平均气温

经对 40 对对比站统计,年平均气温均随高程增加有所降低,符合一般规律,但降低数量明显分为东、南、西山地区与中部盆地区两个群落,前者降低数为 $0.64\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{hm}$,符合气象学上介绍的一般规律,后者降低数 $0.31\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{hm}$,约仅为前者的一半。形成这些差别的原因是:中部盆地区受太行山、吕梁山、中条山三条高山山脉的包围,影响气温的因素中有一部分如风、雨等沿坡面的变化较小,故气温沿高程的变化也较小。

1.2 无霜日数

经对 40 对对比站统计,无霜日数随高程增加而减少,符合一般规律,但局部地区高程影响突出:即东、西部山区小部分地区及运城市西部共计 27 个县,属高变化区(减少 $14.4\text{ d}/\text{hm}$),其余均属低变化区(减少 $2.4\text{ d}/\text{hm}$)。

影响无霜期日数的地面气候因素有贴地气温、湿度、风速及其他天气情况,如果晚春及初秋的湿度小,贴地气温高、风速大,则无霜期长;反之则短。经对初霜及终霜月份各自上述因素多年平均值的分析比较,上述三个指标综合值的高程变化,正反映了无霜期高变化区与低变化区高程变化的规律。

1.3 年降水量

在严格挑选了不受地形阻隔影响的 27 对对比站年降水量的对比分析以后,符合降水量随地形高程增高而增加的规律,但以吕梁山脊为分界的东、西

作者简介 陈启新(1956—),男,山西太原人,工程师,从事水文气象分析研究。

① 陈南村,陈启新,阎建萍.山西省水利工程建设常用地面气候资料图集.水利部山西水利水电勘测设计研究院,1991。

两区的地形高差对年降水量的影响率有明显的区别,东区为高值区,影响率平均为 21.2 mm/hm;西区为低值区,影响率为 7.0 mm/hm.

山西省降水量的水汽来源,主要是受含水量充沛的东南气流的影响,孟加拉湾西南气流则处于次要地位.吕梁山脊以东广大地区降水量基本受东南气流控制;吕梁山脊以西狭长地带降水量受西南气流及东南水汽在东部降落后剩余“飘逸”水汽的影响,该两项水汽,均远弱于东南主气流含水量.由于水汽含量偏低,随高程的增加量也就有限,所以两区降水量高程影响率形成了 3 倍的差别.

1.4 年蒸发量

经统计 41 对对比站(蒸发皿口径 20 cm),分为正负两类地区.汾河流域及汾河口以上北干流诸支流(“西部”)蒸发量随高程增高而增加,平均增量为 40 mm/hm;其余地区(“东部”)为负值区,平均增量为 -45 mm/hm.

影响蒸发量的因数有气温、湿度、气压、风速等.随着高程的增加,一般都是气温、湿度、气压降低,风速增加.气温降低,蒸发量减少;湿度、气压降低,风速增加,又使蒸发量增加.气温、气压随高程的变化,“东部”、“西部”地区无显著差别,但“西部”地区随高程的增加,降水量增加少,其湿度变化也小,但风速增加较大.而“东部”地区则是相反的趋势,随高程的增加,降水量较“西部”地区增加数倍,风速增率又明显小于“西部”,故形成“东部”、“西部”两区明显的差别.

1.5 最大风速

地形对风速的影响复杂,作者在文献[1,2]中曾作过探讨,其结果表明:

a. 风速沿高程的变化,同风向与地形坡向间的关系较大.经统计,大体分为“向/背坡风”与“顺坡风”(沿坡面走向).“向/背坡风”平均差值为 0.66 m/(s·hm);“顺坡风”平均差值为 0.55 m/(s·hm).风速的变化受动力条件控制;向坡风“循坡面上升,山坡坡面一般起伏变化较小,对风速的干扰影响小,“背坡风”除坡面干扰影响外,当其过分水岭后,风速同时受扩散作用与下沉作用的影响,此两种动力作用有相消的趋势,故“向坡风”、“背坡风”高程影响值基本相同.“顺坡风”系沿不规则地形运动,地面的沟、梁及坡面扭曲等变化,对风产生较大的干扰,而且随地形降低,影响增大,故地面风速沿高程的变化较“向/背坡风”小.

b. 在狭谷中,“狭管效应”也是一个主要影响因素.作者搜集了同时处在一顺直狭谷中并对沟谷长、宽、深有较严格要求的 10 对气象观测站资料,对每一对比站同步年最大进/出口风速差进行了对比统

计,得出如下关系(相关系数 $R = 0.86$):

$$\Delta v = 1.25 \frac{DL}{B} \tag{1}$$

式中 Δv 为扣除地形高差影响以后的进/出口风速差 m/s,即“狭管效应”值; D 为平均沟谷深度,km; L 为顺直沟谷长,km; B 为分水岭至谷底平均沟谷宽,km.

以上 D 、 B 、 L 均统计两气象站站间的地形指标值.当某沟谷平均谷深 $D = 0.6$ km,谷长 $L = 60$ km,平均谷宽 $B = 20$ km 时,其“狭管效应”值达 2.3 m/s,其影响是显著的.

1.6 最大冻土深

经对 38 对对比站统计,最大冻土深高程变化也分为正、负值两区,负值区仅限于吕梁山南部西侧极小范围内(约 10 个县),其平均数为 -4.1 cm/hm,其余均为正值区,其平均值为 4.0 cm/hm.

冻土深系由冬季地面温度、地热、岩土导热性、地下水位、土壤含水量等因素共同作用的结果.吕梁山南部西侧多数对比站显示,地温随高程而减小的梯度较其他区偏小,加之黄土高山与台、塬地含水量与地下水埋深的差别,形成该地区最大冻土深随高程增加而减小的特殊现象.

2 实例比较

山地、丘陵区地形条件对地面气候指标值的影响是明显的,而山丘区的水利工程特别是水库工程,大多建在深山沟谷中,而现有气象台(站)测大多位于县城郊区,其地形条件往往与工程区差别很大,如直接借用气象站资料,可能会产生较大误差,现以某工程为例比较如下:

某工程海拔高程 $H_l = 300$ m,距最近气象站(直线距离 30 km)场地观测高程 $H_s = 660$ m,高差 $\Delta H = H_l - H_s = -360$ m.按本文分析结果及工程所在区的高差改正数进行改正,并与气象站观测值进行比较,结果列于表 1.由表 1 可见,地形起伏的山地、丘陵

表 1 某工程地面气候采用设计指标与邻站观测数比较

比较项目	年平均气温 /℃	无霜日数 /d	年降水量 /mm	年蒸发量① /mm	垂直大坝年最大风速② /(m·s ⁻¹)	最大冻土深 /cm
气象站观测数 A	11.7	187	629.2	2055	5.0	41
100 m 高差改正数 δ (山区)(低区)(东区)(东部)(背风坡)(正值区)	-0.64	-2.4	21.2	-45	0.66	4
改正数 $\Delta = -3.6\delta$	2.3	8.6	-76.3	162	-2.4	-14.4
设计采用数 $A' = A + \Delta$	14.0	19.56	552.9	2217	2.6	26.6
不作改正的误差	-16%	-6%	14%	-7%	92%②	54%

注 ①20 cm 蒸发皿年蒸发量;②未包括“狭管效应”增速 2 m/s.

区 地形高差对某些地面气候设计指标的影响是不容忽视的.

3 结 语

地形影响值 ,并非仅限于地形高差引起 ,本文得出的百米高差差值 ,各项目均有明显的区域分布规律 ,它反映了除高程外 ,其他地形条件改变了诸多气象因素的结果 .故在考虑地形影响之前 ,应对本地区的变化规律作全面分析后确定 ,若盲目采用教科书

或其他地区的经验值可能出现较大的偏差 ,甚至可能出现相反情况 ,值得在工程规划设计中认真考虑 .

参考文献 :

[1] 陈启新 . 地形高差对风速影响的探讨[J]. 山西水利科技 2002(1) :10 .
[2] 陈启新 . 风速的狭管效应增速初探[J]. 山西水利科技 , 2002(2) :62 .

(收稿日期 2003-10-21 编辑 :马敏峰)

(上接第 14 页)

成为不安全隐患 .在校核水位荷载作用工况下 ,闸室结构的 3 个正应力分量都很大 ,应力分量 σ_y 最大值也发生在闸室边跨底板的顶部 ,其值为 $\sigma_y = 4.00 MPa$,应力分量 σ_z 最大值也发生在闸室边墩的底部 ,其值为 $\sigma_y = 5.84 MPa$,远远超过了混凝土抗拉强度 ,其区域范围也很大 ,因此闸室结构将由于整体结构的强度不足 ,丧失承载能力 ,从而导致结构的破坏 .

2.4 动力计算结果

表 4 给出了设计水位(反向挡水)下水平地震时的动力荷载 .

表 4 水平地震时闸室结构的动力荷载

地震方向	P_x/kN	P_y/kN	P_z/kN	$M_x/(kN \cdot m)$	$M_y/(kN \cdot m)$
顺河流向	1850.7	—	89.6	37.9	9611.9
垂直河流向	—	1235.0	214.2	3498.9	—

由表 4 可见 ,闸室结构在顺河流向水平地震作用下 ,主要引起顺河流向的水平荷载 P_x 和力矩 M_y ;在垂直河流向水平地震荷载作用下 ,主要引起垂直河流向的水平荷载 P_y 和力矩 M_x .将以上地震荷载乘以适当的地震作用效应折减系数 ξ 后和静力荷载相叠加 ,就可以对闸室结构的整体稳定性进行校核 .

计算结果表明 ,在顺河流向水平地震作用下 ,闸室结构产生的各应力分量都不大 .但在垂直河流向水平地震作用下 ,闸室结构在闸墩底部产生较大的垂直正应力 ,最大值 σ_z 为 $2.3 MPa$.此时将动应力和相应的静应力叠加 ,就得到第 5 种工况下的应力 .由此可知 ,在垂直河流向水平地震作用下 ,闸室结构在闸墩底部产生的垂直正应力远远超过了混凝土的抗拉强度 ,从而使闸室结构产生破坏 .

3.5 稳定计算结果

表 5 给出了闸室结构在 5 种荷载工况下的整体稳定安全系数 .

表 5 闸室结构整体稳定安全性

工况	地基反力/MPa		不均匀系数	抗滑系数	安全性
	P_{max}	P_{min}			
1	-0.39	-0.21	1.86	1.89	稳 定
2	-0.62	-0.32	1.93	1.20	稳 定
3	-0.99	-0.40	2.47	0.90	不稳定
4	-0.72	-0.33	2.18	0.87	不稳定
5	-0.69	-0.31	2.23	1.04	不稳定

由表 5 可见 ,在各种荷载工况下 ,闸基反力的不均匀系数都偏大 .在设计水位荷载作用工况下 ,其闸室结构整体抗滑稳定安全系数满足规范要求 .在其他荷载作用工况下 ,其闸室结构整体抗滑稳定安全系数都不满足规范要求 .

4 结 论

计算结果表明 ,在校核水位作用工况 ,结构的强度和稳定性不能满足现行的工程安全要求 ,存在严重的安全隐患 .在顺水流水平地震作用下 ,沿顺水流方向的抗滑稳定性严重不足 ,将产生整体滑动破坏 .在垂直水流水平地震作用下 ,闸墩和底板的最大拉应力远超过混凝土的抗拉强度 ,结构将产生开裂破坏 ,从而丧失承载能力 .

综合检测和计算结果可知 ,大浦闸的主要结构和设备都存在很大的缺陷 ,整体结构在强度和稳定性方面也严重不足 ,不能满足现行条件下的工程安全要求 .加上该闸建造已近半个世纪 ,长期带病运行 ,各种材料和设备日趋老化 ,已失去继续加固的意义 .为了确保新沭河大堤和市区人民生命财产的安全 ,建议大浦闸全部拆除重建 .

参考文献 :

[1] SL214-98 ,水闸安全鉴定规定[S] .
[2] 朱伯芳 . 有限元法原理与应用[M] . 北京 :中国水利水电出版社 ,1998.1 ~ 10 .

(收稿日期 2003-09-01 编辑 :马敏峰)