

电厂空冷系统环境气象场要素分析中的几个关键技术

刘文平 安炜 郭慕萍 茅彧 刘月丽

(山西省气候中心, 太原 030006)

摘要 以山西省左权、王曲电厂等为期一年的铁塔气象观测资料和各邻近地面气象站同期观测资料为例,说明如何选取典型年以及相关较好的对比气象站,通过对电厂空冷梯度的主要气象要素分析,结合选取的对比气象站长时间序列的逐时气象资料,采用相关统计分析并进行回归检验,重建厂址区域风、温场资料,并针对风资料转换中存在的问题进行了探讨。结果表明:在两地风资料相关较差时,利用条件概率结合线性回归以及风矢量相关等方法补充订正厂址区域风资料效果较好,其结果对风、温场历史资料的重建有一定的指导意义。

关键词 空冷 气象要素 电厂 气温 风

引言

自 1939 年德国首次采用空冷系统以来,目前世界各国建成的 100 MW 以上空冷机组空冷系统中,直接空冷系统大约占 40% 以上,且有上升趋势。我国从 20 世纪 60 年代中期开始采用空冷机组的空冷系统,山西省在 70 年代初就有侯马电厂空冷机组投入使用。由于全国乃至全世界淡水资源严重匮乏,山西又是我国水资源严重短缺的省份之一,加之电厂对水资源需求量巨大,对于数量越来越多、规模越来越大的电厂建设,如不采取相应的措施,将会进一步加剧山西省的水资源危机。空冷系统环境气象场的分析目前我国部分地区都有不同程度的项目进行^[1,2],目前在进行空冷环境气象场要素分析及某些技术问题还没有统一的标准,为了更好地了解空冷机组设备所处高度的环境气象场分布状况,为空冷设计提供可靠、翔实的科学气象背景场资料,本文就这一问题进行探讨,以使气象工作更好地服务于地方经济建设。

1 环境气象场要素

1.1 气象要素观测

空冷平台高度的确定原则是使平台下部有足够的空间,以利空气能顺利地流向风机。平台越高,对进风越有利,但平台的增高会增加工程造价。目前,

一般的空冷平台高度在 50 m 左右。因此,针对空冷系统气象条件分析而设立的观测应建立不低于空冷平台的观测铁塔,开展有关气象要素的梯度观测。另外,观测铁塔应尽量设置在接近空冷平台的位置,以真实地反应空冷系统位置的气象条件。具体的观测项目根据电厂设计单位的要求有所不同,空冷系统设计对风及气温变化情况较为关注,因而逐时的风速、风向和气温的观测是必须的。在厂区所建铁塔高度一般约为 60 m 左右,在铁塔 1.5、10、30、60 m 高度层安装 4 套气象站,观测要素有逐时 10、30、60 m 高度的风向、风速,逐时 1.5、10、30、60 m 高度的温度;另外,为了了解近地面层逆温及气流运动方向情况,还需进行外场气象加密观测。一般在冬、夏两季进行为期 7~8 天,每天 8 次的小球低空探测风和平衡球的观测,观测高度一般为厂区地面至 1000 m 高度处,观测要素有地面风向、风速、总云量、低云量、云状、气温、气压和观测高度以内不同高度的风速、风向和气温。

1.2 主要气象要素分析

电厂的环境气象场分析,需要充分利用对比气象站长时间序列的温度、风向、风速的逐时资料。通常与厂址对比的气象站的选取均处于同一地形,根据气象学原理,在整个大的环流系统控制下,局地的气压、湿度、降水在该尺度下差异是极其微小可以忽略的,所以除风向、风速和温度需进行厂址观测外,

作为电厂建设基本气象资料的气压、湿度、降水可直接使用对比气象站长时间序列资料进行气象要素分析。

在进行空冷系统气象场要素的分析时,根据电厂设计要求一般对厂址区域内、大气边界层的风、温场、典型年及温度重现期等进行分析,需重建厂址区域处风、温场的历史(10 年或 15 年)资料。其中:主要分析厂址区域(尤其是夏季)逆温频率和强度、主导风向和风速、各高度层和气象站气温大于等于 25℃且风速大于等于 3 m/s(根据设计要求不同,各设计风速和温度有所差异)的风向频率及对应风速;选取具有代表性的典型年以及电厂所在区域 10、20、30 年一遇气温极值;大气边界层夏、冬季节风、温特征及测试期间混合层厚度和厂址气流运行轨迹等。

2 几个关键技术问题的讨论

2.1 典型年及对比气象站的选取

对典型年的分析在空冷环境气象场的分析中非常重要,可以了解厂址区域处典型的风、温资料状况,对电厂空冷系统的设计非常重要。由于空冷机组环境气象场的主要问题是机组产生的热量能否扩散到环境空气中而降低机组温度,使得机组能正常运行。因此,以年平均气温状况来作为选择典型年的指标。一般是根据近 10 年年平均气温选出与近 10 年平均气温距平较小的 3 个年份,之后再选出 3 个年份中夏季平均气温与近 10 年夏季平均气温最接近的一年即可确定为典型年份。

选取对比气象站以地理距离、下垫面类型等与厂址处最接近且有分析时段相应的小时风温自记资料的气象站点,两者应处于同一大地形内,海拔高度基本相同为原则。在实际工作中,由于其电厂选址的特殊性,周围气象站可能存在小时风自记资料不完全的情况,那么在转换厂址区域处风资料时较困难。距厂址区域直线距离最近的气象站在温度 and 自记风资料上能满足要求相对较好,因为同在一大地形之内其对比和转换资料误差相对都较小;如果气象站没有自记风资料,一般选择水平距离不太远的两地,通常处于大致相同的环流背景下,尽管风状况有明显的年际变化,但两地风向联系的特征却相对稳定,同时在一一定的大范围环境背景下,相邻测站平均风速的比值相对稳定^[1~3],基于此,对周边有自记

风记录的气象站与厂址风资料进行相关统计分析并进行回归检验,最后确定出风资料的对比气象站。

2.2 厂址区域历史(10 年或 15 年)资料重建

历史资料的重建中温度相对比较容易,风资料则比较棘手。根据气象学研究,风状况明显受到地理条件的影响,在地理条件复杂的地区,即使距气象站比较近,一般也不能用气象站的风状况来代表研究区域的风状况,必须对风向、风速进行订正。因为电厂需要了解风速大于等于 3 m/s 的有关情况,即要推算出电厂区域近年来的逐时风速资料,对于电厂所在县(市)相关性好且有自记风历史资料的气象站,推算时比较容易,但对相关性好无自记风历史记录的气象站在转换逐时风资料时则存在一定的困难。

2.3 温度资料重建

根据气候统计学原理^[3~5],通过对观测数据的处理,利用厂址、对比气象站观测期内相应月份逐时气象要素资料系列建立回归方程: $T_{1.5} = a T_{\text{气象站}} + b$,其中 $T_{1.5}$ 为厂址的温度值, b 为常数, $T_{\text{气象站}}$ 为同步气象站温度值。利用气象站温度资料序列,分别计算气象站与厂址 10、30、60 m 处相应温度之间的相关系数。

各月、季、年的相关系数达到 $r > r_{\alpha=0.001}$,认为二者之间显著相关。同时,也可根据厂址观测期间各高度同步的温度资料序列,计算厂址处 1.5 m 高度气温与 10、30、60 m 各高度温度之间的相关系数。从两种计算方法看,温度场的相关性都比较好,气象站与厂址各层温度相关系数以及厂址处 1.5 m 与其它各层相关系数都能通过 $r > r_{\alpha=0.001}$,为减少资料信息的丢失,直接使用对比气象站近 10 年或 15 年逐时温度资料再建厂址近 10 年不同高度层的温度资料效果更好。

2.4 风场资料重建

历史风场再现的基本思路是将观测铁塔资料与对比气象站同期资料对比,求出两地风向及各风向、风速的相互关系,根据需要统计不同时期的气象站各风向频率和风速,即可求出铁塔处(厂址区域)非观测期的风场特征。

2.4.1 对比气象站与厂址风速相关关系

利用气象站与厂址 10、30、60 m 同步逐时风资料序列,建立其关系式为 $V_h = a V_{\text{气象站}} + b$,其中: V_h 为厂址各高度上的风速值, $V_{\text{气象站}}$ 为气象站的风速

值。计算出观测期间各月、季、年气象站与厂址 10、30、60 m 风速关系式。二者风速相关系数通过 $r > r_{\alpha=0.001}$ 信度检验,认为它们之间显著相关,其关系式即可以用来推算电厂区域逐时风速。

2.4.2 气象站与电厂风矢量相关关系

将气象站和厂址测点的同一时间风矢量分别投影在 X 轴上(E—W)和 Y 轴(N—S)上,计算其在 X、Y 方向分量的相关。两方向分量通过信度检验,即可采用气象站与电厂各高度层的风矢量关系式来进行风向转换,得出厂址处各相应高度层逐时风向资料。按月、季、年等资料分时段进行风矢量相关分析,利用 $u = \text{风速} \sin[\pi/180(\text{风向角度} - 180)]$, $v = \text{风速} \cos[\pi/180(\text{风向角度} - 180)]$ 进行 u 、 v 分量计算,最后进行反向合成得到各高度层的矢量关系式。

2.4.3 条件概率的风向风速相关矩阵

采用 $A_i (i=1, 2, \dots, 17)$ 代表对比气象站测点 16 个方位风向及静风, $B_i (i=1, 2, \dots, 17)$ 代表厂址测点的 16 个方位风向及静风,则

$$P(B_i) = \sum_{i=1}^n P(A_i)P(B_j | A_i)$$

$P(A)$ 为气象站月(年、季)各风向概率, $P(B/A)$ 为气象站月(年、季)A 条件下厂址观测点 B 风向的条件概率。根据气象站与厂址 10 m 同步风资料,对风向进行相关统计,建立两地风向、风速的相关矩阵。利用此条件概率下的相关矩阵可以看出厂址处各风向风速频率以及其主导风向。

2.4.4 风场资料重建法

以上风资料重建是在两地相关较好时采用的转换方法,但在实际应用中有时候可能会出现对比气象站与厂址各高度层的风速相关好但风向差或对比气象站与厂址风矢量的相关中风向相关好但风速差,不符合实际。此时采用以下步骤:

①因为条件概率能较客观地反映风场的基本状况,故采用条件概率进行风场再建;逐时风速资料,采用一次线性回归和比值法进行转换,选取与实际吻合较好的一种,得出厂址处逐时风速资料;利用矢量相关进行风向转换,得出厂址处逐时风向资料。

②在进行逐时风速转换时,由于风速是对地形和环境最为敏感的要害,如果两地之间有山阻隔,当风速较小时,一般为局地性风,需通过综合分析去除噪音,采用两地大于等于某一界限的风速样本进行相关统计,建立风场资料的再建模型。

3 结语

本文对电厂建设关注的环境气象场中分析项目特别是应突出分析的关键项目、如何选取对比气象站和典型年分析的重要性进行了介绍,详细讨论了厂址区域处温度、风资料重建的技术方法,并针对风资料换转中存在的问题以及如何解决进行了探讨。因目前在分析环境气象场方面没有统一标准,本文对一些项目的分析方法可能存在一定的不足之处,希望在以后的工作中进一步完善分析项目和计算方法。

参考文献

[1] 董旭光,王栋成,钱喜镇. 宁夏鸳鸯湖电厂空冷气象条件分析[J]. 气象科技, 2006, 34(6): 769 - 773.

[2] 马鹏里,张强,杨兴国,等. 近地层日最高最低气温变化特征[J]. 气象科技, 2006, 34(1): 83 - 87.

[3] 屠其璞. 气象应用概率统计学[M]. 北京:气象出版社, 1984: 506 - 523.

[4] 马开玉,张耀存,陈星. 现代应用统计学[M]. 北京:气象出版社, 1991: 117 - 120.

[5] 翁笃鸣,陈万隆. 小气候和农田小气候[M]. 北京:农业出版社, 1979: 324 - 329.

Key Techniques for Analyzing Environmental Meteorological Factors for Air-Cooling Systems

Liu Wenping An Wei Guo Muping Mao Yu Liu Yueli
(Shanxi Provincial Climate Center, Taiyuan 030006)

Abstract: Using one-year meteorological observation data from the observation towers at the Zuoquan and Wangqu power plants of Shanxi Province and the conventional meteorological data from neighboring weather stations in same time, some technical issues, such as the selection of typical years and contrast stations with good correlation, are discussed. Through analyzing the gradient meteorological data around the air-cooling systems, in combination with the long-range meteorological element series of the selected contrast meteorology stations, the wind and temperature fields around the power plants are reconstructed by means of the related statistical methods. Some problems existed in the wind data transformation are discussed. The results indicate that when there is poor correlation between two wind data series, it is better to add and revises the wind data by using conditional probability, linear regression, and wind vector methods. The findings are of certain significance to the reconstruction of historical wind and temperature fields.

Key words: air-cooling system, meteorological factor, power plant, temperature, wind

=====

飓风与气候变化:NCAR 加强能源生产气象保障研究

美国国家大气研究中心(NCAR)正在与美国一些政府机构、大学及能源企业合作开展一项研究项目,内容为以后几十年全球变暖将如何影响飓风的发生发展,目的是更有效地向海岸用户、海上石油钻探作业人员及其他会受到飓风影响的人员提供服务。该项目计划使用全球功能最强的超级计算机,结合全球气候模式与区域天气模式,用前所未有的精细度研究分析未来的飓风活动。项目的主要研究区域为飓风多发的墨西哥湾和加勒比海地区。该项目大约拥有 1700 万美元经费,主要部分来自美国国家科学基金会,用于购置分析风暴强度的先进计算机。在过去的 13 年里,研究人员已经观测到墨西哥湾飓风活动以空前的强度与频率在增加。这些风暴不断打击能源生产,引起石油和天然气生产商担心其基础设置承受不了飓风的影响。以前的研究指出,在以后 50 年,4~5 级飓风的数量将会增加,而 2 级或 3 级飓风数量将会减少。NCAR 的该项研究将对其进行检测。一次 5 级飓风造成的损失是一次 2 级或 3 级飓风损失的 100 倍以上。NCAR 的研究人员将利用大气模式对更强的飓风进行客观分析,确定飓风对温室效应和海温升高的响应。

海洋石油钻井平台的设计必须考虑飓风危害。如果 NCAR 的研究认为未来飓风强度会发生变化,能源生产商就可以作出相应的应变计划。能源生产商既关心旧的近海石油钻井平台的稳定性,也关心新的位于水下数千英尺、离岸更远的钻井平台。钻探作业覆盖的范围在逐年增大,钻井平台遭飓风袭击的概率也越来越大。该研究的最终结果估计于 2010 年 4 月公布,初稿可能会早些在学术会议上提交。