

极端异常气象资料的综合性质量控制与分析^{*}

任芝花 刘小宁

(国家气象信息中心,北京,100081)

杨文霞

(河北省气象局,石家庄,050021)

摘 要

在传统的气象资料质量控制技术中,通常利用统计方法设置控制界限,对于界限以外的资料作为可疑值被标注或作为错误值而被剔除。文中以中国 1971~2000 年 700 多基准基本站中,气温极端事件——青海托托河站 1985 年 10 月~1986 年 3 月的极端异常月平均气温为例,介绍了极端异常气象资料的综合性质量控制方法。通过综合性质量控制与分析,即参考 Metadata、邻近站检验、不同观测项目间的一致性检查,均证明托托河站 1985 年 10 月~1986 年 3 月极端异常月平均气温资料是正确的。从而说明,利用界限控制检查出的所谓错误资料,虽然在统计学意义上很难出现,但是它有可能反映了异常极端的天气气候事件,是正确的。因此,对于极端异常的气象资料,应进一步通过综合性质量控制,分析该资料正确与否,从而保留极端天气气候事件的事实。文中最后介绍了中国 1971~2000 年 700 多基准基本站极端异常月平均气温资料的综合性质量检查结果。

关键词: 综合性质量控制,控制界限,极端异常气象资料,极端天气气候事件。

1 引 言

气象观测资料的质量对数值预报与气候研究的重要性已为广大数值预报业务和科研人员所公认。观测研究必须对其所用的资料首先进行质量检查与处理,这样才能揭示真实的天气、气候变化特征与规律。近几年,随着国际上对数值预报的重视以及全球气候与大气环境的深入研究,对气象观测资料的质量要求也越来越高。由此而发展了许多气象资料质量控制(QC)技术,目前国内也正在致力于 QC 方面的研究。

气象观测资料中通常包含有随机误差、系统误差及粗大误差^[1,2]。随机误差是观测资料中普遍存在的固有特性,对于单次测量是无法消除的,在气候平均处,其均值为零。系统误差表现为资料在气候平均处出现与实际状况明显的偏差,通常与观测仪器、场地变化、观测与资料处理过程中采用的方法等因素有关。可通过改进仪器质量、改善观测方法、提

高处理技术以及均一性订正等措施来减少系统误差,提高资料的准确度。粗大误差是没有任何天气学意义的错误资料,通常由观测失误、仪器故障、不正确的编码、抄录和资料传输错误等原因引起。这类错误虽然发生率不高,但也会影响实际数值预报与气候分析结果。QC 技术的主要目的是检查出错误资料,但是并非所有的错误都能够通过 QC 被检查出来。我们能够做的通常是建立置信界限,在此界限内确定估计值与观测值之间的差异不超过给定的界限。

在计量学与测量技术中^[3],对某一被测量进行多次等精度测量,测量样本服从高斯分布规律。在估算被测量的真值时,一般将统计上低于 2.7‰ 的概率,偏差位于 $\pm 3\sigma$ 以外的测量值作为粗大误差而剔除。在传统的 QC 技术与统计计算中^[4,5],通常与计量学处理方法类似,以 $\pm 3\sigma$ 为界限,对于距平位于 $\pm 3\sigma$ 以外的值同样作为粗大误差被剔除或作为可疑值被标记。NCDC(National Climate Data Cen-

* 初稿时间:2004 年 5 月 11 日,修改稿时间:2005 年 1 月 10 日。

资助课题:科技部 2002DEA30041-07 课题与中国气象局 30 年整编续建项目。

作者简介:任芝花,女,高级工程师,从事气象仪器研制与观测方法研究及气象资料的分析处理和质量控制工作,Email: rzh@cma.gov.cn

ter)与 CDIA(Carbon Dioxide Information Analysis Center)于 1997 年发布了第二版全球历史气候网资料(GHCN version2)^[5],其中包括全球 7300 个站月平均气温资料。发布前,上述资料都作了 QC 处理。为了减少统计结果受奇异值的影响,GHCN version2 采用了双权重(Biweight)法^[6]计算月平均气温的平均值(x_{bi})与标准差(σ_{bi}),对于距平位于 $\pm 5\sigma_{bi}$ 以外的值,无论空间检验的结果如何,均作为粗大误差处理。我们在对中国 1971~2000 年 30 a 整编地面出版项目的质量检查时发现,地面很多项目出现了距平超出 $\pm 3\sigma$ 或 $\pm 5\sigma_{bi}$ 界限的现象。以月平均气温的检查为例,检查了全国 706 个基准基本站,共 242926 个月的气温资料。其中有 60 个月的资料超出 $\pm 5\sigma_{bi}$ 的界限,经过质量评估专家分析审查,发现有 2 个月资料错误,9 个月资料因站址南迁引起资料偏大,其他月资料正确。我们知道,极端异常的气象资料往往代表着极端天气气候事件,而极端天气气候事件又是由重要的天气气候过程造成的,常常伴随着气象灾害的发生,在气候变化中起主要影响作用^[7]。极端事件以及人类与自然系统对其的脆弱性越来越受到国际科学界、各国政府和公众的普遍关注^[7~9]。而我们如果通过 $\pm 3\sigma$ 或 $\pm 5\sigma_{bi}$ 的界限控制,简单地将界限外的异常资料作为粗大误差剔除,就会滤掉极端天气、气候事件的事实,影响天气、气候的分析研究以及以后的质量控制。因此,由界限控制检查出的异常资料,应进一步做综合性质量控制与分析,以判断这些资料是否代表了真正的极端天气气候事件。这也是传统 QC 技术的新进展,国内外在这方面研究尚不多见。

2 托托河站 1985 年 10 月~1986 年 3 月各月平均气温的距平分析

2.1 月平均气温的距平计算方法

用 x_i 代表 1971~2000 年间某一月份的月平均气温序列, $i=1,2,\dots,n$ 。在该序列中, $n=30$ 。

(1) 用假定高斯分布法计算距平,所用的计算公式^[4]如下:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

$$\Delta x_i = x_i - \bar{x} \quad (3)$$

$$z_i = \Delta x_i / \sigma \quad (4)$$

(2) 不提前假定序列的分布,用 Biweight 法计

算距平,所用的计算公式^[6]如下

$$\bar{x}_{bi} = M + \left\{ \left[\sum_{i=1}^n (x_i - M)(1 - u_i^2) \right] / \sum_{i=1}^n (1 - u_i^2) \right\} \quad (5)$$

$$\sigma_{bi} = \sqrt{n \sum_{i=1}^n (x_i - M)^2 (1 - u_i^2)^4 / \left| \sum_{i=1}^n (1 - u_i^2)(1 - 5u_i^2) \right|} \quad (6)$$

$$\Delta x_{bi} = x_i - \bar{x}_{bi} \quad (7)$$

$$z_{bi} = \Delta x_{bi} / \sigma_{bi} \quad (8)$$

其中, u_i 为权重因子,其表达式为:

$u_i = (x_i - M) / (c \times M_{AD})$,当 $|u_i| > 1$ 时,令 $u_i = 1$ 。 M 为序列 x_i 的中值, M_{AD} 为序列 $|x_i - M|$ 的中值, c 为权重调整参数,取为 7.5。

中值的计算公式如下

$$M = \begin{cases} x_{(n+1)/2} & n \text{ 为奇数} \\ (x_{n/2} + x_{n/2+1}) / 2 & n \text{ 为偶数} \end{cases} \quad (9)$$

2.2 统计结果与分析

我们用上述假定高斯分布法以及 Biweight 法,分别统计了托托河站 1985 年 10 月~1986 年 3 月各月平均气温的距平和标准化距平,统计结果见表 1。1985 年 10 月~1986 年 2 月用两种统计方法计算的结果有所不同,尤其标准化距平差异显著,这是由于用 Biweight 法进行统计时,对于距平在 $\pm 5\sigma_{bi}$ 之外的值,作为奇异值,给予 0 权重,不参加

表 1 托托河站 1985 年 10 月~1986 年 3 月
月平均气温统计结果

Table 1 The statistical results of monthly mean air temperature data from October 1985 to March 1986 at Tuotuo river station

时间	x_i (°C)	高斯		Biweight	
		Δx_i (°C)	z_i	Δx_{bi} (°C)	z_{bi}
1985 年 10 月	-9.8	-6.0	-3.33	-6.2	-4.13
1985 年 11 月	-29.4	-17.4	-4.35	-18.7	-23.38
1985 年 12 月	-28.2	-12.2	-4.39	-13.2	-14.67
1986 年 1 月	-29.5	-12.8	-4.30	-13.3	-7.00
1986 年 2 月	-20.8	-7.2	-3.17	-7.7	-4.05
1986 年 3 月	-10.5	-2.0	-2.00	-2.0	-2.00

统计。WMO 曾规定,把距平超过 2 倍标准差的事件称为异常^[10],因此 1985 年 10 月~1986 年 3 月的月平均气温均可看作异常现象。1985 年 11 月~1986 年 1 月月平均气温比其气候标准值均低 12.2 °C 以上,用 Biweight 法统计的标准化距平为负距平,均在 7.00 以上,用高斯分布法统计的标准化距平为负距平,均在 4.30 以上。由正态概率积分表可查,对于标准化距平 z_i 低于 -4.30 的事件,其出现

的概率仅为0.00854%。按照传统的 QC 技术以及 GHCN version2 的 QC 技术,这 3 个月的月平均气温资料均为极端异常的气象资料,应作为粗大误差而被剔除,其他 3 个月的记录也应作为可疑值标注。但是,为了慎重起见,我们应用综合性质量分析与控制方法,从不同的角度对这 6 个月的月平均气温资料作了进一步的分析判断。

3 托托河站 1985 年 10 月~1986 年 3 月月平均气温资料的综合性质量控制与分析

3.1 Metadata 参考

在 QC 技术中,Metadata 是一项很有力的人工辅助检验手段。中国的气象台站有着长期稳定的 Metadata 记录,是一项十分宝贵的背景资料。Metadata 不仅记录了台站的经纬度、海拔高度、观测所用的仪器型号与状况、场地的周围环境,还认真记录了观测中出现的各种影响观测质量的问题以及处理方法,详细描述了当月的天气气候概况以及对当地农业、畜牧业等的影响。根据 Metadata,可以分析观测资料的可信性以及特殊事件发生的原因。

托托河站位于青藏高原的小唐古拉山,海拔高度为 4534.3 m。从 Metadata 中可知,1985 年 10 月 17,18 日连续 2 d 特大降雪,使 18,19 日的积雪深度

高达 39 cm,成为该站自 1956 年有气象观测记录以来的历史之最。由表 2 可见,1985 年 10 月降水量(降雪融化)的标准化距平为 4.23,因此该月的降雪量实属历史上罕见,而 1985 年 11 月~1986 年 2 月各月的降水量与其他年份相近。由于 1985 年 10 月的一场大雪降温天气,使当地的连续积雪达 146 d,至 1986 年 3 月中旬才融化完。自 1956 年有记录以来,累年各月的最大积雪深度 10~12 月均出现在 1985 年,1~3 月均出现在 1986 年,相应的累年各月最低气温也如此。据记载,1985 年 10 月~1986 年 3 月每天 4 次定时观测中,多次出现气温表、最高气温表、最高地温表超低刻度现象,均按观测规范^[11]用最低温度表的示值或外延法观测。长期低气温与地面连续积雪不化,使托托河站 1985 年 10 月~1986 年 3 月连续 6 个月月平均相对湿度(表 2)处于历史的高峰。1985 年 10 月的大雪降温天气使当地交通中断,畜牧业损失惨重。虽然当地政府与驻军部队采取了紧急救援措施,至 1986 年 3 月仍有约 70% 的牲畜冻饿丧生,野生动物也大部分冻饿致死。另外,1985~1986 年观测所用的气温表、最高最低温度表均未换过,而 1985,1986 年其他月份气温记录正常,说明 1985 年 10 月~1986 年 3 月气温仪器无故障。

表 2 托托河站 1985 年 10 月~1986 年 3 月降水总量、月平均相对湿度的高斯分布统计结果
Table 2 Gaussian distribution statistical results of monthly precipitation amount and monthly mean relative humidity data from October 1985 to March 1986 at Tuotuo river station

时间	降水量			相对湿度			
	月总量 (mm)	距平 (mm)	标准化 距平	累年月平均 最大值(%)	当年月平 均值(%)	距平 (%)	标准化 距平
1985 年 10 月	79.3	67.6	4.23	79	72	16	1.46
1985 年 11 月	0.7	-0.2	-0.13	77	77	30	2.50
1985 年 12 月	4.1	3.0	1.88	79	79	32	2.67
1986 年 1 月	0.4	-1.3	-0.43	78	78	29	2.64
1986 年 2 月	1.9	0.1	0.71	75	75	31	3.10
1986 年 3 月	0.5	-1.3	0.87	57	57	17	2.42

注:表中累年月平均最大相对湿度从 1956~2000 年的月平均相对湿度中挑取。

由上述的 Metadata 可见,托托河站 1985 年 10 月~1986 年 3 月的低气温、最大积雪深度都成为有气象观测记录以来的历史之最,为极端气候事件。该期间的天气为严重灾害性天气,因此该期间极端的月平均气温的可信度比较高。

3.2 与邻近站的比较检查

3.2.1 邻近站的选择

翟盘茂^[12]、任福民^[13]在做资料的 QC 时,均以

被检站为中心,250 km 为半径的圆内的测站定义为邻近站。托托河站海拔 4534.3 m,位于 34°13'N, 92°26'E,地处青藏高原,周围台站稀疏。该站以西 79°E,以 37°N,以南 32°30'N,方圆约 70 × 10⁴ km² 范围内无气象站,而冬季,该区恰好为冷中心。托托河站位于冷中心的东部,与冷中心临近。鉴于台站稀疏以及托托河站以西无台站,我们放宽邻近站的选择范围。规定与托托河站水平空间距离

小于 700 km 的测站为邻近站。水平空间距离 d 的计算公式如下:

$$d = R \sqrt{(u - u_0)^2 + (v \cos u - v_0 \cos u_0)^2} \quad (10)$$

其中, R 为地球半径, v, u 分别为被选站的经度、纬度, v_0, u_0 分别为托托河站的经度、纬度。

另外, 要求被选的邻近站满足以下 3 个条件:

(1) 海拔高度在 4000 m 以上; (2) 按照冬季全国地面月平均气温的空间分布图, 要求邻近站和托托河站位于相同或相近的气候区域; (3) 由上述的 Meta-data 可知, 托托河站 1985 年 10 月~1986 年 3 月的低温现象主要是由于 1985 年 10 月 17, 18 日的一场特大降雪以及积雪长期不化造成的, 因此要求被选的邻近站在 1985 年 10 月 20 日前后有降雪过程。

满足上述条件的邻近站有五道梁、曲麻莱、玛多、安多 4 个站。

3.2.2 与邻近站一致性检查

图 1 为托托河站与其邻近站 1985 年 9 月~1986 年 4 月月平均气温的标准化距平变化图。4 个邻近站中, 安多站纬度最低, 在经向上与托托河站相距最远。从图上可见, 除安多站标准化距平变化与托托河站不一致外, 五道梁、曲麻莱、玛多 3 站的标准化距平变化趋势与托托河站基本一致, 即 1985 年 9~11 月标准化距平呈下降趋势, 1985 年 11 月~1986 年 4 月呈上升趋势。

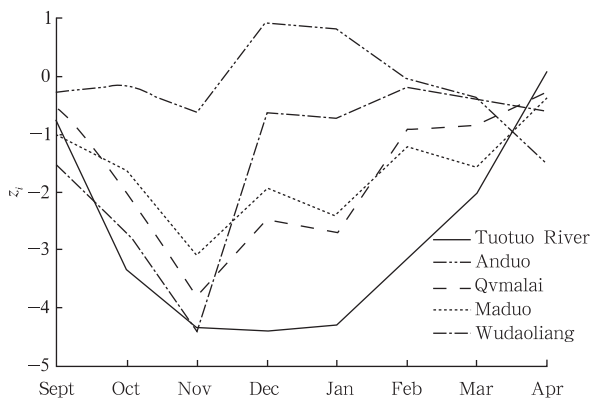


图 1 1985 年 9 月~1986 年 4 月月平均气温的标准化距平变化图

Fig. 1 Normalized anomaly of monthly mean air temperature from September 1985 to April 1986

我们知道, 积雪会大大提高地面反射率, 降低地面对来自太阳和天空的辐射能的吸收, 从而影响当地气温的回升。托托河站 1985 年 10 月~1986 年 3

月各月最大积雪深度分别为: 39, 23, 26, 25, 24, 13 cm, 均为 1956 年以来的累年各月最大积雪深度。而同期五道梁、曲麻莱、玛多 3 个邻近站的最大积雪深度均不超过 10 cm, 在历史上属于正常。这是在均无明显天气过程的情况下, 图 1 中表现出的托托河站与上述 3 个邻近站 1985 年 12 月~1986 年 3 月月平均气温的标准化距平差距较大的原因之一。

考虑到 1985 年 10 月托托河站与其邻近站的降雪, 以及 1985 年 10 月~1986 年 3 月地面积雪差异较大, 我们在任福民^[13]、潘晓华^[10] QC 的基础上, 对控制条件略作放宽。令 i 代表 1985 年 10 月~1986 年 3 月的某个具体月份, j 代表第 j 个邻近站 ($j=1, 2, 3, 4$), z_{0i}, z_{ji} 分别代表托托河、第 j 个邻近站 i 月月平均气温的标准化距平。具体控制方法如下:

$$n_1 = \sum R_i, \text{ 其中 } R_i = \begin{cases} 1 & z_{0i} z_{ji} > 0 \\ 0 & z_{0i} z_{ji} \leq 0 \end{cases} \quad (11)$$

$$n_2 = \sum T_i, \text{ 其中}$$

$$T_i = \begin{cases} 1 & z_{0i} + 2.00 \geq z_{ji} \geq z_{0i} - 2.00 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (12)$$

在选择了 4 个邻近站的情况下,

(1) 当 $|z_{0i}| \leq 2.10$ 时, 认为正确;

(2) 当 $2.10 < |z_{0i}| \leq 4.50$ 时, 若 $n_1 \geq 2$, 且 $n_2 \geq 1$, 认为正确。

托托河站及其邻近站的地理状况以及 1985 年 10 月~1986 年 3 月最大积雪深度、月平均气温的标准化距平见表 3。根据表 3 的标准化距平, 托托河站 1986 年 3 月满足式(11), 其他几个月份的标准化距平为 $-3.17 \sim -4.39$, 且均 $n_1 \geq 3, n_2 \geq 1$, 满足式(12)。因此从空间检验来看, 托托河站 1985 年 10 月~1986 年 3 月的月平均气温和邻近站一致。

3.3 不同观测项目间的比较

3.3.1 与每日最高最低气温及高空观测的地面气温的比较

托托河站气温资料的日、月平均值均取自台站 02, 08, 14, 20 时 4 次定时观测的平均值。地面观测中, 最高最低气温每天 20 时观测一次, 一般情况下, 最低气温发生在 02 时左右, 最高气温发生在 14 时左右。在高空观测中, 包括地面层气温的观测, 一般按世界时 00 时与 12 时各观测一次。气温是连续稳定变化的大气特性参数, 因此由每 6 h 采样一次所得的月平均值与每 12 h 采样一次所得的月平均值

表 3 托托河站及其邻近站的地理状况以及 1985 年 10 月~1986 年 3 月
最大积雪深度、月平均气温的标准化距平

Table 3 The geographical status, the max depth of snow and the normalized anomaly of monthly mean air temperature from October 1985 to March 1986 at Tuotuo river and its neighbour stations

站名	纬度 (N)	经度 (E)	海拔高度 (m)	最大积雪 深度(cm)	月平均气温标准化距平(z_i)					
					1985 年			1986 年		
					10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
托托河	34°13'	92°16'	4534.3	39	-3.33	-4.35	-4.39	-4.30	-3.17	-2.00
五道梁	35°13'	93°05'	4614.2	6	-2.73	-4.40	-0.60	-0.71	-0.17	-0.40
曲麻莱	34°08'	95°47'	4176.4	5	-2.00	-3.82	-2.47	-2.70	-0.90	-0.82
玛多	34°55'	98°13'	4273.3	10	-1.64	-3.08	-1.90	-2.40	-1.19	-1.58
安多	32°21'	91°06'	4801.0	7	-0.13	-0.61	0.93	0.83	-0.06	-0.36

差别不应太大,否则两者中至少有一项观测错误。

为了比较分析 1985 年 10 月~1986 年 3 月托托河站各月月平均气温(取自 4 次定时观测)与由气温极值观测以及高空 2 次定时观测的地面层气温统计的月平均值的差别,我们首先计算了 1971~2000 年 1~3 月和 10~12 月各月的差值范围、差值平均值,并给出了 1985 年 10 月~1986 年 3 月的差值,统计结果见表 4。表中 T_0 代表 30 a 整编中的月平均气温, T_1 代表月平均最高气温与月平均最低气温的平均值, T_2 代表高空 00 与 12 时(世界时)地面层

月平均气温的平均值。由统计结果可见,1985 年 10 月~1986 年 3 月的月平均气温,无论与观测的最高最低气温统计的月平均值比较,还是与高空每日 2 次定时观测的地面层气温统计的月平均值比较,其差值基本上位于 1971~2000 年的差值范围之内,与差值平均值属于同一数量级,比表 1 中的距平 Δx_i 低一个数量级。因此,1985 年 10 月~1986 年 3 月的月平均气温和最高最低气温、高空观测的地面层气温的统计结果是一致的。

表 4 托托河站地面月平均气温(T_0)与气温极值观测、高空观测统计的月平均气温(T_1, T_2)的差别

Table 3 The differences of monthly mean air temperatures from fixed time air temperature observations, daily max and min air temperature observations and surface layer air temperature observations by aerological sounding at Tuotuo river station

时间	$T_0 - T_1$ (°C)			$T_0 - T_2$ (°C)		
	范围	平均值	1985~1986 年	范围	平均值	1985~1986 年
10 月	-1.35~-0.60	-0.96	-0.90	-0.40~0.60	0.33	0.10
11 月	-1.40~-0.65	-1.04	-1.30	0.20~1.20	0.65	0.60
12 月	-1.75~-0.35	-1.06	-1.25	0.10~1.10	0.58	0.10
1 月	-1.20~-0.35	-0.76	-1.20	-0.30~0.90	0.25	-0.30
2 月	-0.90~0.10	-0.28	0.05	-0.20~0.80	0.31	-0.20
3 月	-0.50~0.20	-0.21	0.20	0.20~0.80	0.62	0.80

注:表中‘范围’为 1971~2000 年各月的差值范围,‘平均值’为 1971~2000 年的各月累年差值平均值,‘1985~1986 年’代表 1985 年 10 月~1986 年 3 月各月的差值。

3.3.2 与月平均地面温度的比较检查

在台站观测中,地面温度表与气温表在垂直高度上相距约 1.5 m,为地面与近地面感应。冬季,日照时间短,太阳高度角低,水平面太阳辐射弱,地面温度本身受太阳照射影响较其他季节小。托托河站 1985 年 10 月 17 日~1986 年 3 月 11 日连续 146 d 积雪,引起地面反射率很高,因此该期间地面温度受太阳和天空辐射的影响较小,其示值以及变化和气温应基本一致。为了分析托托河站 1985 年 10 月~1986 年 3 月月平均气温与月平均地面温度的一致

性,我们用假定高斯分布法计算了该期间托托河站月平均地面温度的距平与标准化距平,结果见表 5。由表 1 和 5 对比可见,除了 1985 年 10 月和 1986 年 3 月由于各自仅有半月左右的地面积雪,气温与地面温度月平均值差别较大外,其他 4 个整月地面积雪的月份,月平均值差别很小,相差仅 1 °C 左右。两者间的距平、标准化距平也很接近,距平相差 1 °C 左右,标准化距平相差均低于 0.66。由此说明,托托河站 1985 年 10 月~1986 年 3 月月平均气温与月平均地面温度是一致的。

表 5 托托河站 1985 年 10 月~1986 年 3 月
月平均地面温度的统计结果

Table 5 The statistical results of monthly mean
surface temperature from October 1985 to March
1986 at Tuotuo river station

时 间	月平均值(°C)	距平(°C)	标准化距平
1985 年 10 月	-6.9	-6.6	-3.47
1985 年 11 月	-27.7	-18.0	-4.50
1985 年 12 月	-27.0	-12.0	-3.87
1986 年 1 月	-29.3	-13.7	-4.15
1986 年 2 月	-20.2	-8.8	-3.83
1986 年 3 月	-5.9	-0.6	-0.46

4 中国基准基本站 1971~2000 年极端异常 月平均气温资料的综合性质量检查结果

对中国 706 个基准基本站 1971~2000 年共
242926 个月的月平均气温资料进行质量检查时发

现,其中有 60 个月的资料(表 6)超出 $\pm 5\sigma_{bi}$ 的界限。
参考 Metadata、邻近站检验、不同观测项目间的一
致性检查,发现 53588 站自 1998 年 1 月开始站址南
迁,海拔高度降低近 700 m,因此表中该站 1998~
2000 年的 9 个月的月平均气温明显升高。58653 站
1994 年 1 月取消,自 1994 年 1 月应无观测资料,在
月平均气温序列中,该站 1994 年 7、8 月的月平均气
温资料属于错误。表 6 中剩下的其他站的月平均气
温资料通过上述综合性质量检查,证实均为天气变
化而引起资料极端异常偏大或偏小,属于正确资料。

通过综合性质量检查发现,由于天气变化而导致
资料异常偏大或偏小的月平均气温资料中, $|z_{bi}| > 5$
的资料有 49 个,占整个被检资料的 0.02%; $|z_i| > 3$
的资料有 336 个,占整个被检资料的 0.14%。

表 6 1971~2000 年中国基准基本站距平超过 $\pm 5\sigma_{bi}$ 界限的月平均气温资料

Table 6 The monthly mean temperature data of base stations in China whose anomaly is overpass $\pm 5\sigma_{bi}$ from 1971 to 2000

区站号	H(m)	年	月	Δx_{bi} (°C)	z_{bi}	区站号	H(m)	年	月	Δx_{bi} (°C)	z_{bi}
51059	983.9	1974	12	-8.2	-5.1	55773	4301.2	1995	12	-8.7	-7.3
51059	983.9	1984	12	-12.6	-7.9	56004	4534.3	1972	11	-8.1	-10.1
51156	1294.2	1984	12	-8.9	-5.2	56004	4534.3	1973	11	-5.1	-6.4
51628	1105.3	1974	12	-8.3	-5.5	56004	4534.3	1985	11	-18.6	-23.4
51709	1290.7	1974	12	-10.3	-6.9	56004	4534.3	1985	12	-13.1	-14.7
51716	1117.4	1974	12	-7.6	-5.4	56004	4534.3	1986	1	-13.2	-7.0
51720	1162.5	1974	12	-9.4	-6.7	56004	4534.3	1999	11	-7.4	-9.3
51811	1232.0	1974	12	-8.5	-6.1	56004	4534.3	1999	12	-6.0	-6.7
52908	4614.2	1985	11	-6.8	-7.6	56016	4181.0	1972	11	-11.4	-12.7
52943	3324.3	1977	11	-5.3	-5.3	56016	4181.0	1985	11	-4.7	-5.2
53362	1490.4	1991	8	3.7	6.2	56021	4176.4	1985	11	-9.0	-6.9
53391	1484.6	1991	8	4.0	5.7	56033	4273.3	1977	11	-7.9	-5.3
53463	1065.0	1991	8	3.6	5.1	56033	4273.3	1978	1	-10.7	-6.7
53487	1069.0	1991	8	2.7	5.4	56033	4273.3	1985	11	-8.7	-5.8
53588	2897.7	1998	4	9.7	5.1	56033	4273.3	1986	1	-8.1	-5.1
53588	2897.7	1998	6	5.8	7.3	56257	3950.5	1990	12	-8.5	-5.7
53588	2897.7	1998	7	5.7	7.1	56985	1301.7	1992	10	-6.7	-7.4
53588	2897.7	1998	9	8.7	6.2	57405	279.5	1998	4	5.1	5.7
53588	2897.7	1999	6	7.0	8.8	57504	352.4	1998	4	5.1	5.1
53588	2897.7	1999	7	5.7	7.1	57608	379.2	1998	4	5.1	5.1
53588	2897.7	2000	5	6.8	5.2	58319	81.8	1998	11	3.3	6.6
53588	2897.7	2000	6	5.9	7.4	58338	20.3	1998	11	3.2	6.4
53588	2897.7	2000	7	6.1	7.6	58502	37.1	1977	1	-4.3	-6.1
53725	1361.3	2000	7	2.2	7.3	58519	40.8	1977	1	-4.3	-5.4
55228	4279.3	1978	12	-12.5	-8.3	58549	64.9	1977	1	-5.0	-5.6
55248	4416.1	1987	12	-11.0	-5.8	58606	45.7	1977	1	-4.6	-5.1
55248	4416.1	1988	1	-8.2	-5.5	58633	67.1	1977	1	-4.6	-5.1
55437	3901.1	1997	12	-7.9	-5.6	58653	1383.6	1994	7	8.4	8.4
55493	4201.1	1992	12	-8.6	-5.7	58653	1383.6	1994	8	8.6	12.3
55696	3861.0	1981	12	-4.9	-5.4	58754	37.6	1978	12	9.7	6.1

注:H代表海拔高度。

5 结论和评论

(1) 一些极端异常的记录如青海托托河站 1985
年 10 月~1986 年 3 月极低的月平均气温现象属于
气候异常。必须通过参考 Metadata、邻近站检验、
不同观测项目间的一致性检查,才能确认其正确性。

(2) 1985 年 11 月~1986 年 1 月托托河站极端
异常的月平均气温现象,属于极端天气气候事件,虽
然在统计上发生的概率仅为 0.00854%左右,按照
传统的 QC 技术以及 GHCN version 2 的 QC 处理
均会被作为错误值而剔除,但是通过一系列的事实
比较,证明这 3 个月的月平均气温是正确的。这说

明了传统 QC 技术的局限性。在对中国基准基本站 1971~2000 年 30 a 的月平均气温资料进行质量检查时发现,通过综合性质量检查的极端异常月平均气温资料中, $|z_{\text{bit}}| > 5$ 的资料有 49 个,占整个被检资料的 0.02%, $|z_i| > 3$ 的资料有 336 个,占整个被检资料的 0.14%。

(3) 为了避免漏掉重要的天气气候事件,尤其是极端天气气候事件,建议利用界限控制检查出的所谓错误资料或事件,应通过参考 Metadata、邻近站或空间一致性检验、不同观测项目间的比较,即综合性质量控制方法,做进一步的分析判断。

参考文献

- [1] 翟盘茂. 中国历史探空资料中的一些过失误差与偏差问题. 气象学报, 1997, 55(5): 563~572
Zhai Panmao. Some gross errors and biases in China's historical radiosonde data. Acta Meteor Sinica(in Chinese), 1997, 55(5): 563-572
- [2] 朱江. 观测资料的四维质量控制: 变分法. 气象学报, 1995, 53(4): 482~487
Zhu Jiang. Four-dimensional data quality control: variational method. Acta Meteor Sinica(in Chinese), 1995, 53(4): 482-487
- [3] 肖明耀. 误差理论与应用. 北京: 计量出版社, 1985. 169~171
Xiao Mingyao. Error Theory and Its Applications. Beijing: Metric Press(in Chinese), 1985. 169-171
- [4] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法. 北京: 气象出版社, 1990. 7~10
Huang Jiayou. Statistic Analysis and Forecast Methods in Meteorology. Beijing: China Meteorological Press (in Chinese), 1990. 7-10
- [5] Peterson T C, Vose R S, Schmoyer R, et al. Global historical climatology network (GHCN) quality control of monthly temperature data. Int J Climatol 1998, 18: 1169-1179
- [6] Lanzante J R. Resistant, robust and nonparametric techniques for the analysis of climate data: Theory and examples, including applications to historical radiosonde station data. Int J Climatol, 1996, 16: 1197-1226
- [7] McCarthy J J, Canziani O F, Leary N A, et al. Climate Change 2001: Impacts, Adaption and Vulnerability. Cambridge University Press, 2001. 116, 179, 1000
- [8] Obasi G O P. Reducing Vulnerability to Weather and Climate Extremes. Information and Public Affairs Office, WMO, 2002
- [9] Watson R T (ed.). Climate Change 2001: Synthesis Report. Cambridge University Press, 2001. 148
- [10] 潘晓华, 翟盘茂. 气温极端值的选取与分析. 气象, 2002, 28(10): 28~37
Pan Xiaohua, Zhai Panmao. Analysis of surface air temperature extremum. Meteorological Monthly(in Chinese), 2003, 28(10): 28-37
- [11] 中央气象局. 地面气象观测规范. 北京: 气象出版社, 1979. 35~45
CMA. Surface Observation Criterion. Beijing: China Meteorological Press, 1979. 35-45
- [12] 翟盘茂, 任福民. 中国近四十年最高最低温度变化. 气象学报, 1997, 55(4): 418~429
Zhai Panmao, Ren Fumin. On changes of China's maximum and minimum temperatures in the recent 40 years. Acta Meteor Sinica(in Chinese), 1997, 55(4): 418-429
- [13] 任福民, 翟盘茂. 1951~1990 年中国极端气温变化分析. 大气科学, 1998, 22(2): 217~227
Ren Fumin, Zhai Panmao. Study on changes of China's extreme temperatures during 1951-1990. Scientia Atmospherica Sinica(in Chinese), 1998, 22(2): 217-227

COMPLEX QUALITY CONTROL AND ANALYSIS OF EXTREMELY ABNORMAL METEOROLOGICAL DATA

Ren Zhihua Liu Xiaoning

(*National Meteorological Information Center, Beijing 100081*)

Yang Wenxia

(*Meteorological Bureau of Hebei Province, Shijiazhuang 050021*)

Abstract

In the traditional quality control of meteorological data, it is using statistical method to set up control threshold limit. The data regarded as suspect data is usually labeled or regarded as gross data to be deleted if it is outside the controlled threshold. The monthly mean air temperature data of Tuotuo River Station in Qinghai province from October 1985 to March 1986 is the most extremely abnormal one of base stations from 1971 to 2000 in China. As an illustration, complex quality control and analysis method of extremely abnormal meteorological data is presented which perhaps reflects extreme weather event or extreme climate event. By utilizing complex quality control method, namely consulting Metadata, surrounding stations tests and consistency checks between various observational programs, the extreme monthly mean air temperature data of Tuotuo River Station from October 1985 to March 1986 is proved to be correct. It reflects the extreme climate event. Thereby, it can be conclude that the so-called gross data outside the controlled area perhaps reflects extremely abnormal weather or climate event and is probably correct, though it can hardly come forth according to statistical probability. So the more advanced analysis to extremely abnormal meteorological data should be carried out by complex quality control method in order to retain the fact of extreme weather or climate event. In the end, it is presented the complex quality control results about the extremely abnormal monthly mean air temperature data of base stations in China from 1971 to 2000.

Key words: Complex quality control, Control threshold limit, Extremely abnormal meteorological data, Extreme weather or climate event.