

亳州市电视铁塔倒塌事故的气象原因

吕升亮 王兴荣 陈晓平 程小泉

(安徽省气象科学研究所, 230061)

提 要

通过实地调查和气象资料分析, 得出造成1999年8月30日亳州市教育电视台电视铁塔倒塌事故的气象原因是由于受飊线袭击, 铁塔承受了超过满足国家GBJ9-87所规定的铁塔设计风速, 此外铁塔位于形成喇叭口形状的两座高楼中的一座上, 两座高楼由于特殊结构而形成狭管效应, 造成局部风速增大, 使铁塔所承受风速比开阔地的风速还要大, 从而造成倒塌事件。根据这一分析, 得出一些有益结论, 能对高层建筑与铁塔建筑设计规范的修正提供借鉴意义。

关键词: 飊线 电视铁塔 倒塌原因

引 言

1999年8月30日, 安徽省亳州市遭受强飊线袭击, 造成位于40m高的古井药都大厦上的教育电视台铁塔倒塌; 此电视铁塔建于1994年, 基本按照国家标准GBJ9-87规定的风压标准设计, 工程质量也没有发现大的问题, 因此倒塌的原因引起笔者的注意, 本文通过实地调查和气象资料分析对事故原因进行了讨论, 气象资料抄自亳州市气象站原始记录。

1 天气实况和受灾概况

根据亳州市气象站1999年8月30日和31日的气象记录, 30日20时10分钟平均风速为 $2.1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 风向SW; 21时10分钟平均风速 $5.8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 风向SE; 20~21时记录到的瞬时最大风速为 $19.2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 风向ENE。另外8月30日08时~8月31日08时温、压、湿气象资料见图1。根据以上各气象资料, 可明显看出1999年8月30日教育电视台电视铁塔倒塌事故的气象背景是8月30日20~21时飊线过境。

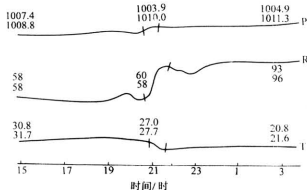


图1 8月30日08时~31日08时温、压、湿气象资料(部分略)

为获得实际资料, 对这次事故进行了实地调查。从调查结果看, 此次倒塌的电视铁塔位于古井药都大厦楼顶, 大厦高40m, 为一扇形结构楼房, 它的对面另有一座与之大致等高的大楼(古井大酒店), 此两楼形成一明显的朝西北偏北方向的喇叭口形状(图略); 电视铁塔从基础至平台45m, 桅杆高10m, 避雷针高3m, 总计塔高58m; 受飊线袭击后, 铁塔从根部倒塌并受重力作用于铁塔中部折断, 掉下楼底, 造成人员伤亡。此外, 这次飊线除了造成位于亳州市古井药都

大厦楼上的电视铁塔倒塌外,还使原教育电视台、三中、工大等处发生大树拔起、墙壁倒塌、旗杆折弯等重大事件(见表 1)。

表 1 飊线造成的重大事件

地点	发生事件
古井药都大厦	教育电视台电视铁塔倒塌
三中	直径 70cm 大树被刮倒
原教育电视台	直径 33cm 大树被刮倒
工大	旗杆折弯、墙壁倒塌

2 铁塔倒塌气象原因分析

(1) 飊线是属于中小尺度天气系统,风速最大值通常出现在飊线强风中心,由于强风中心范围较小,经过风速观测点(气象站)的几率较小,所以通常气象站所记录到的风速都不是飊线袭击地区的最大风速;但在安徽省历史气象记录中,也出现过飊线强风中心恰巧经过或接近气象站的个例,使这些气象站能够有幸记录到 11 级以上的大风($>28.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$),甚至实测到诸如 $36.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (1982 年 7 月 4 日含山)和 $40.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (1969 年 6 月 20 日风阳)的大风。就拿此次

表 2 蒲福风力等级表

风力等级	陆地地面物征象	相当风速		
		范围/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	中数/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	$\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$
8	可折毁树枝,人向前行感觉阻力甚大	17.2~20.7	19.0	62~74
9	烟囱及平房顶受到损坏,小屋遭受破坏	20.8~24.4	22.6	75~88
10	陆上少见,见时可使树木或将建筑物吹毁	24.5~28.4	26.5	89~102
11	陆上很少,有则必有重大损毁	28.5~32.6	30.6	103~117

(2) 造成 8 月 30 日 20 时左右教育电视台电视铁塔倒塌的第二个原因可能是铁塔周围地形和楼房布局所引起的局地风速加速效应。因为从药都大厦和古井大酒店布局看,在高 20~35m 处,药都大厦和古井大酒店的临街面构成一个面向北方的喇叭型开口,当刮北风时,由速度 V 和截面 S 构成连续方程

$$V_h S_h = V_{oh} S_{oh} \quad (1)$$

可以看出,风速与截面积成反比,因而在药都大厦和古井大酒店最窄处形成狭管效

应。根据实地调查测量,药都大厦和古井大酒店构成的喇叭型开口宽处与窄处长度之比约为 2,考虑到楼层、地形以及不封闭等其它各种因素的影响,如取宽处与窄处面积之比(S_{oh}/S_h)为 1.5 计算;由此,当刮北风时,可以算出,35m 以下狭管处各层风速为

$$V_h = V_{oh} (S_{oh}/S_h) \quad (2)$$

$$V_{oh} = V_{10} \left(\frac{z}{10} \right)^{\alpha} \quad (3)$$

其中, V_{oh} 为非狭管处对应层次风速, V_{10}

为 10m 高度时的风速。

此外,根据边界层理论,以及国内外一些研究结果^[2~4],认为在城市顶盖层湍流高度以上,风速随高度呈幂指数上升,而在这高度以下,则呈现另外规律,这样对于顶盖层湍流高度以上各层风速仍可采用式(2)进行计算,而对 35m 到顶盖层之间风速,作为粗略估计,可根据顶盖层湍流高度风速和 35m 狭管处已知风速进行线性内插。根据参考文献[4],类比于合肥高层建筑观测结果,并考虑到亳县当时和当地的实际情况,与合

肥市的差异作适当调整,取风幂指数 $a = 0.22$,顶盖层湍流高度 $H = 60\text{m}$,并假定药都大厦和古井大酒店喇叭口最宽处所遭受的风速为第一点,分析所估算的飊线强风中心风速的下限 $24.5\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (V_{10}),也就是恰好低于风速规范 ($25.0\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) 的风速,则可以算出在这样风速条件下铁塔所在地各层次实际承受风速估算值,为了对比,同时列出无狭管效应时风速和规范 $25\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 所对应的各层次风速(见表 3)。

表 3 有狭管效应与无狭管效应对应层次风速比较(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

高度/m	10	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100
估算风速(无狭管效应)	24.5	32.3	33.2	34.1	34.9	35.6	36.3	37.5	38.7	39.7	40.7
估算风速(有狭管效应)	36.7	48.5	46.0	43.6	41.2	38.7	36.3	37.5	38.7	39.7	40.7
规范风速	25.0	32.9	33.9	34.8	35.6	36.4	37.1	38.4	39.5	40.5	41.5

由表 3 可以看出,即使取飊线强风中心风速估算值的下限,即低于风速规范 $25.0\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的风速 $24.5\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,在 40~60m 高处,即铁塔中低层,铁塔所承受的风速也将大于风速规范所对应的各层次风速。

3 结论与建议

根据上面分析可以得出如下结论,1999 年 8 月 30 日亳州市教育电视台电视铁塔倒塌的主要原因是:由于受飊线袭击,铁塔承受了超过国家 GBJ9-87 所规定的铁塔设计风速,此外铁塔位于形成喇叭口形状的两座高楼中的一座上,两座高楼由于特殊结构而形成狭管效应,造成局部风速增大,使铁塔所承受风速比开阔地的风速还要大,从而造成倒塌事件。为避免此类事件再度发生,我们提出以下两点建议:

(1) 飊线中心风速通常在 10 级风以上,对过境地区造成危害很大,为减少损失,在飊线多发地区,诸如电视铁塔的高层建筑规

范可做适当调整,至于如何调整,可根据周边地区飊线发生频率和强度等因数作进一步研究确定。

(2) 现今城市中高层建筑逐渐增多,高层建筑气象学受到各方面关注。在城市中形成喇叭口形状的两座高楼易形成狭管效应,因此不应在形成喇叭口形状的两座高楼上再建造诸如电视铁塔之类的建筑物,可较好避免发生如前文所述的事件。

参考文献

- 1 中华人民共和国国家标准. 建筑结构荷载规范 GBJ9-87, 1991.
- 2 Oke. T. R. The surface energy budgets of urban areas, Modelling the urban boundary layer. Amer. Meteor. Sci. 1987; 1—52.
- 3 Davenport A. G. The relationship of wind structure to wind loading, wind effects on building and structure. Longdon Ider Majesty's Stationery Office, 1965.
- 4 王兴荣. 城市高层建筑风资源的开发研究. 气象科学, 1999, 19 (2).

(下转第 51 页)

The Meteorological Analysis of the Collapse of TV Iron Tower at Bozhou in Anhui Province

Lù Shengliang Wang Xingrong Chen Xiaoping Cheng Xiaoquan

(Anhui Research Institute of Meteorology, Hefei 230061)

Abstract

The collapse of TV iron tower of the teaching TV station at Bozhou, Anhui province on 30 August 1999 is caused by a squall. The iron tower endured much great wind beyond the limit criterion in GBJ9-87. Additional, the iron tower locates on one high building near to another high building, these two high buildings form a 'hom' that makes the wind speed swifter than elsewhere, the high speed wind collapses the TV iron tower. This conclusion is beneficial to the study of high building and iron tower building criterion.

Key Words: Squall TV iron tower Cause of collapse