

風压問題的研究

上海市民用建築設計院
上海中心氣象台
合 著

科學技術出版社

風压問題的研究

上海市民用建筑設計院
上海中心气象台合著



科學技術出版社

內 容 提 要

本書从工程和气象角度对风压問題进行了系統的探討: 分析了大风特性和最大风速的取值标准; 闡明了风速风压的关系公式; 研究了风速风压的高度变化和在避风地区的强度削弱. 并且, 以上海为例, 論証各项建筑物的現行設計风荷載一般都可降低. 这对节约国家建設資金有很大意义.

风 压 問 題 的 研 究

合 著 者 上海市民用建筑設計院
 上海中心气象台

*

科 学 技 術 出 版 社 出 版

(上海建国西路336弄1号)

上海市書刊出版業營業許可證出〇七九号

上海市印刷五厂印刷 新華書店上海發行所总經售

*

統一書号: 13119·65

开本 850×1168 耗 1/32 · 印張 2 3/16 · 字數 49,000

一九五六年十二月第一版

一九五六年十二月第一次印刷 · 印數 1—3,500

定价: (10) 四角四分

前 言

风压是建筑物所承受的主要自然荷载之一；风压问题密切关系着工程设计的安全和经济。过去，在我国国家里，和在世界各国一样，对风压问题缺少有系统的研究；到现在，这个问题还没有彻底解决。

这次我们两个单位，各从工程和气象角度方面共同进行了尝试性的探讨，提出了新的建议。按照这个建议，现行建筑设计用的风荷载一般都可降低；因此对节约国家建设资金有相当大的意义。

这项研究工作是由上海市民用建筑设计院工程师石泰安同志和上海中心气象台资料室付主任蒋德隆同志担任的。

在研究过程中，曾蒙各有关单位的专家同志们给予我们宝贵的指示和热忱的帮助，我们表示非常感谢。

初稿经各方面专家提出意见后，进行了修改。最近陆续接到建筑工程部、中央气象局和中国科学院土木建筑研究所等单位来函催促刊印。为了适应各方面的迫切需要，我们商请科学技术出版社提前出版了这一本书。

由于资料不足，时间有限，更因风压问题本身的复杂性，我们觉得还有很多地方尚待深入研究，本书内容是不够完整而满意的。我们恳切的希望同志们多提意见，以便今后作更完善的修正。

上海市民用建筑设计院
上海中心气象台

一九五六年十月

目 录

前 言	1
一、引言	1
二、风速資料的分析	4
1. 大风特性	4
2. 风仪情况	5
3. 测站环境	7
4. 最大风速的取值标准	9
(一)取值时距	9
(二)时距换算	10
(三)出現頻率	11
三、风速风压的关系公式	15
1. 早期公式的分析	15
2. 近代公式的探討	18
3. 上海地区风速风压的关系公式	20
(一)大风中的雨点附加压力	20
(二)空气的重度和重力加速度	22
(三)上海地区风速风压关系公式中的系数	23
四、风速风压的高度变化	25
1. 风速随高度变化的原因	25
2. 最大风速高度变化的公式	25
3. 最大风速高度变化的系数	26

4. 风压高度变化的檢驗	28
五、避风地区风速风压的削弱	29
1. 避风地区的风速风压削弱系数	29
2. 绝对避风区的环境条件	30
3. 局部避风区的环境条件	31
六、对上海地区风压值的建議	33
七、小結	35
1. 收获	35
2. 須进一步研究的问题	35
八、后記	37

附 录

(一)上海地区 495—1955 年期间大风征象和相应风級表	43
(二)风力等級表	54
(三)上海地区最大暴雨强度的理論分析	55
(四)风速风压的換算和公英制对照图表	59
(五)参考文献	60

一、引言

风压值〔註一〕是工程界長时期来需要解决而沒有彻底解决的問題。

例如：解放前上海地区曾經規定风压值为每平方公尺 100 至 200 公斤(2)(註二)，后来拟修改为每平方公尺 75 至 150 公斤(4)。解放以后，学习了苏联的先进經驗(6)，1953 年制定的上海市建筑物結構設計試行标准，对风压值規定較詳，其中規定离地 20 公尺以下的风压值，不得小于每平方公尺 75 公斤。

1955 年中央建筑工程部規定(9)风速风压的关系公式为：

$$q = \frac{v^2}{16} \quad (1)$$

式中： q —风压值(公斤/公尺²)；

v —最大风速(公尺/秒)。

同时在全国范围内，分区規定了风压值。上海属第二风区，离地面 20 公尺以下，每平方公尺 70—100 公斤；100 公尺以上，每平方公尺 150—200 公斤；20 至 100 公尺間，按插入法計算。规范中指出：“由于解放前台站少，设备差；解放后年代短……使用时对于当地具体情况应多加考虑”。

1953 年以来，上海地区 20 公尺以下的风压值一般都改按每平方公尺 75 公斤計算；由于风压降低了 25%，在鋼、木和鋼筋混

〔註一〕 风压值指一定地区在一定高度处与风向垂直的平面上所受到的最大风压力。随建筑物外形而变的空气动力系数不在本题研究范围内。

〔註二〕 括号()内的数字表示参考文献的编号，詳見附录(五)。

凝土等类結構設計中，構件截面全較以往節約。但是上海地区实际的风压值究应如何准确規定，我們还缺少系統的探討。

事实上，在設計工作中，我們发现有几个問題：

1. 在磚石結構設計中，以往單凭經驗，不考虑风压；現在采用了苏联的磚石結構的先进理論，結果，一般磚牆磚墩的截面，反較以往为大，这在單层建筑中尤为显著。

問題在那里呢？很可能采用的設計风压值不符实际，还是偏大。

2. 根据 1955 年上海中心气象台編著的气象資料(10)，上海地区最大风速为每秒 31.1 公尺，代入公式[1]，得风压值为每平方公尺 60 公斤，較現行規範降低 20%。

但是这里有两个問題：首先每秒 31.1 公尺的风速是否可以作为計算数据？其次，公式[1]是否适用于上海地区？

3. 按照气流規律，离地面越近，风速越小，风压越低；但是規範中对 20 公尺以下的风压值并没有降低的規定。其实低层建筑却是基本建設中的主要对象；根据高度，合理地降低其风压值，將是節約国家建設資金的重大措施之一。

那么，能否降低又应如何合理降低呢？

4. 避风地区的风压值，按中央建筑工程部暫行規範的規定，可以减小 30%，但是避风条件与規範規定不同的地区究应如何减小呢？

上海市民用建筑設計院提出以上一系列的問題，于 1956 年 1 月与上海中心气象台建立了“技术合作協議”，共同进行风压問題的研究。研究項目包括：

- (1) 风速資料的分析；
- (2) 风速风压的关系公式；
- (3) 风速风压的高度变化；
- (4) 避风地区风速风压的削弱。

針對上述研究項目,結合上海地区特点,对风压值进行了系統的探討.

研究工作自1956年一月开始,三月完成初稿.初稿曾在院內、台內討論过,并送請 44 个有关單位征求意见,至六月中旬,先后接到中国科学院地球物理研究所、第二机械工业部、国家建設委员会、城市建設部、中央建筑工程部、中央气象局、中央气象台、北京气象学校、上海市规划建筑管理局、上海市市政工程局、上海电业管理局、船舶設計处、交通大学和同济大学等十多个單位提供了宝贵的意見.凡属于这次研究項目以內的部分,我們进行了再度研究并对初稿进行了第十次的修改;其余与本題沒有直接关系的部分,准备作为今后繼續研究的对象.

二、 风速資料的分析

风压是风速的二次乘方函数，风速的取值影响风压值很大。因此，在决定最大风速值时，必須多方分析风速資料，力求数据准确、符合实际。

基于以往忽視对大风特性，測站环境，风仪高度，取值时距〔註一〕以及纪录时代等作各項有关因素的分析，仅直接从风速原始纪录中采取最大风速值，用来計算风压是不合理的。例如采用大都市的风速纪录計算风压，由于纪录年代較長，风仪安置較高，結果取值大多較附近城鎮为大。

至于主張采取国内的甚至国际上的风速极大值，作为换算风压的最大值，其錯誤自不待言。

現以上海为例，对风速資料分析如下：

1. 大风特性

上海地区的大风成因，主要是由于夏季台风的侵襲和冬季寒潮的南下。

寒潮在南下过程中，由于溫度漸高，气流逐漸变性，气压梯度（即單位距离間的气压差）漸小，再加地面阻滯消耗了动能，因而势力有显著的衰退。至于台风从海上襲来，由于气压梯度大、海面摩擦小、动能消耗不多，因而势力强大。所以，上海地区的最大风速是由台风引起的。（註二）

〔註一〕 最大风的取值时距是气象上从风速原始纪录中选取最大的平均风速值的时段；时距愈短，风速愈大，反之时距愈長，风速愈小。詳見下文。

〔註二〕 最大风速在中国东南沿海地区是由台风引起的，和日本相同；西北地区是由寒潮引起的，和苏联相同。

上海自有风速纪录以来(1875—1955),最大一次的台风在六十分鐘內的平均风速为每秒 31.1 公尺(1915 年 7 月 28 日);而最大一次寒潮在六十分鐘內的平均风速仅每秒 24.2 公尺(1885 年 11 月 4 日)。

掠經上海地区的台风大多发源于菲列宾群島以东(东經 135° 北緯 17°) 的洋面上;路徑通常先向西北,再轉北,而后向东北推进,一般消灭于日本附近。从发生到消灭,持久期平均有 5 天左右(11);在上海地区,最大风速比較稳定的持續時間,一般在 12 小时左右(1949 年 7 月 25 日)。

台风中心掠經上海地区的路徑有三种可能:

- (一)从上海之东的海面上掠过;
- (二)从上海之东北或东南登陆;
- (三)从上海之西的内陆地区掠过。

其中以第(二)种情况使上海所受风力最大。八十一年来,上海地区最大的六次强台风都是从上海之东北、东南登陆的。以 1915 年 7 月 28 日历史上最大一次的台风为例,其路徑見图 1。

2. 风仪情况

上海的风速資料,自 1875 年有风速纪录以来,直至 1951 年止,都是在徐家匯測站用長臂大杯式风仪(直徑 19.5 公分,臂長 43 公分)測得的。风仪曾在 1916 年 8 月 11—17 日整套更換过一次。換上的风仪是当时上海土山灣孤儿院工艺工厂仿照原有式样、規格和大小制造的〔註一〕。換去的一架,即实测 1915 年历史上最大风速的风仪,这次在气象台倉庫中发现,已破損不堪,无法校驗其精確

〔註一〕 1. 据熟悉測站当时情况的几位老年同志反映并查考风儀上所附制造工厂的牌号都証明了这一点。

2. 这架換上去的风仪,我們曾利用历史风速纪录进行校核,发现其慣性大,风速纪录有风大偏大,风小偏小現象。但因与 1915 年的最大风速纪录无关,且校核方法本身尚有缺陷,不再詳述。

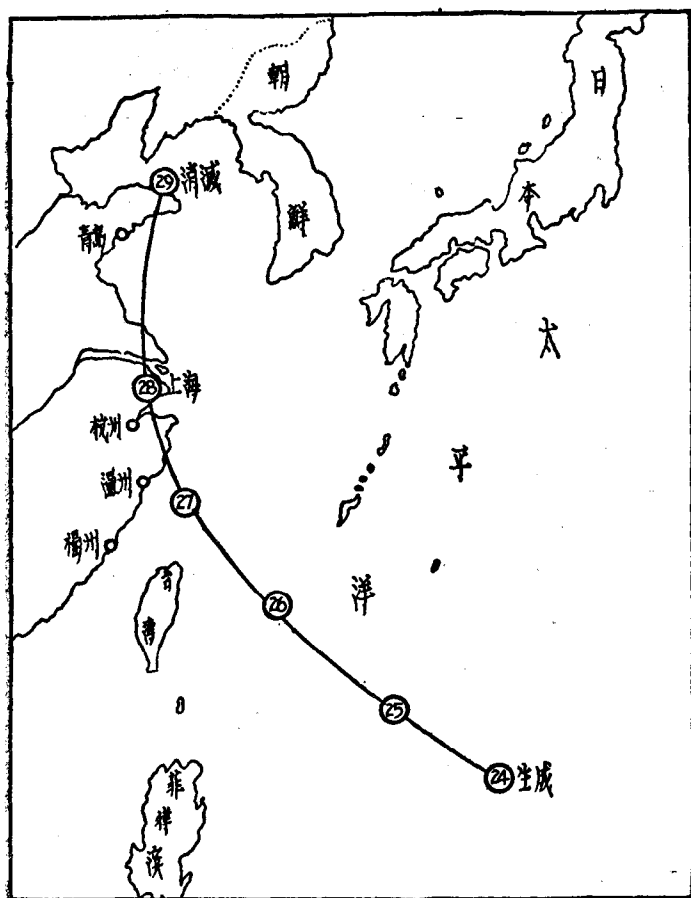


图 1 1915 年 7 月 28 日侵袭上海的台风路径

程度，制造工厂亦无法识别。不过，从 1915 年的报章所载，当时上海台风成灾的情况来看（详见附录），1915 年 7 月 28 日这架风仪所测得的最大风速值不致偏小〔註一〕，但也不会过分偏大。

〔註一〕 风仪装置在高大的建筑物顶部铁架上，由于气流受建筑物阻擋，部分向上翻越，增加上层气流的流速，风速纪录较空间一点的正常流速为大。这个偏大因素的误差值，目前还无法肯定，暂且略去不计，作为今后进一步研究的对象。

3. 测站环境

上述前后两架风仪都是安置在徐家汇测站, 高 17 公尺的四层楼房顶部, 离地 30 公尺。楼房平面东西长 60 公尺, 南北宽 25 公尺。风仪四周环境, 由郊区逐渐发展为市区。根据我们这次的访问材料, 1915 年 (上海地区最大风速出现年) 前后的状况是这样:

测站周围 600 公尺以内, 仅有极少的教堂和民房, 余为一片田野。风仪 $N-NE$ 方向 100—200 公尺处有少数三、四层楼房 (教堂); $SSE-S$ 方向 100 公尺处仅有一幢三层楼房 (修道院), 300—600 公尺处有少数平房 (民房); $SE-SSE$ 方向 600 公尺以内, 有数间低矮茅屋 (民房)。以上说明: 1915 年前后, 风仪 $NE-SSE$ 方向仅有数间低矮茅屋; $S-W-N$ 方向是一片田野。

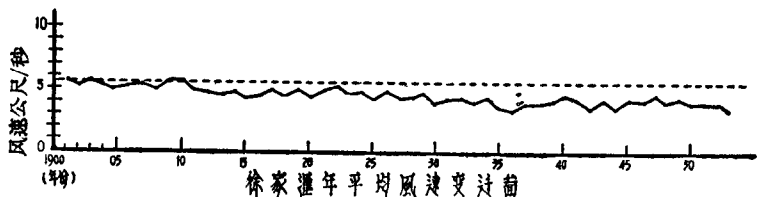
按寒潮最大风速时, 风向的范围为 $W-NW$, 台风最大风速时, 风向的范围为 $NE-SSE$ 。因此, 1915 年前后测得的台风、寒潮的最大风速, 均未受障碍物影响, 可以作为空旷地区的情况来考虑〔註一〕。

既然可以作为空旷地区情况考虑, 那末是否也适用于一般认为风速较大的吴淞地区呢?

关于这个问题, 苏联专家 C. A. 薩鮑日尼科娃早就作过这样的结论: 在利用风速资料时, 应该首先考虑基地与测站环境条件的

〔註一〕 (1) 这次调查所得的 1915 年前后上海徐家汇测站附近地形图, 存上海中心气象台。

(2) 徐家汇自 1925 年以后逐渐发展为市区。从图示徐家汇年平均风速的逐年降低也可以得到证明。



一致性,而不必强调基地与测站的邻近性(39)。

这次我们选择了和 1915 年徐家汇测站的环境条件相一致,且地区相鄰的龙华机场测站的风速纪录与吴淞站的纪录相比较,取两站 1955 年同时期的资料,运用相关延伸方法,繪制图 2,由图求出下列对应值:

龙华机场	0	5	10	15	20	25	30	公尺/秒 (风仪离地高度 25 公尺)
吴淞地区	0	5	10	15	19	24	29	公尺/秒 (风仪离地高度 16 公尺)

(註一)

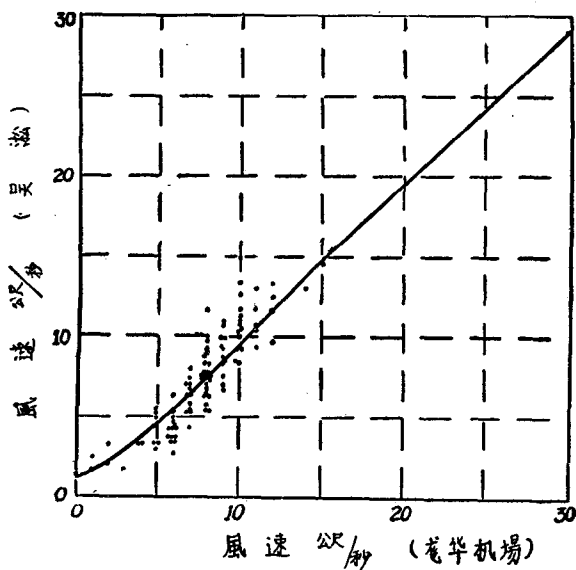


图 2 龙华机场与吴淞两站纪录的相关比较

由此可见两地的风速强度基本上是一致的;也就是说,1915 年前后上海徐家汇测站所测得的最大风速是可以适用于吴淞地区的。

〔註一〕 根据表五,中的 C_0 值,按比例计算得离地高度 25 公尺处的风速值如下:

0 5 11 16 20 26 31 公尺/秒

必須指出：吳淞地區的測站並非設在沿海，關於沿海地點的最大風速，尚待進一步研究。（我們初步認為應作每秒 40 公尺以上考慮〔註一〕）。

4. 最大風速的取值標準

雖然分析了大風特性，風儀情況和測站環境，但是還必須考慮最大風速的取值時距，進行時距換算；並應考核歷年來的風速資料，求出最大風速的出現頻率，然後，才能較合理地確定最大風速值。

（一）取值時距：

在風壓計算中，最大風速的取值時距，國際上現在還沒有統一的标准〔註二〕。有的按 60 分鐘平均；有的按 20 分鐘平均；有的按 10 分鐘平均；有的按 5 分鐘平均；也有的按 1 分鐘平均；還有未明確規定的。這種混亂現象的存在，說明最大風速的取值時距還是一個尚待解決的問題。

我們建議採用 10 分鐘作為最大風速的取值時距。有下面幾項理由：

（1）最大風速的取值時距愈短，愈能接近風速的實際最大強度；大於 10 分鐘的時距，自然沒有 10 分鐘合理。

（2）限於目前杯形風儀的性能只能正確測出時距為 10 分鐘或 10 分鐘以上的最大風速；時距小於 10 分鐘的準確度尚有問題。

〔註一〕（1）台風登陸時，沿海地點首當其衝，由於初期動能消耗不多，風速較一般地區為大。

（2）查考國內外觀測資料及根據理論推算，在中緯度一帶，強大台风的中心風速一般均在每秒 40 公尺以上。

（3）1956 年 8 月 17 日下午強台风襲擊日本南部地區，其中心速度曾達每秒 40 公尺。

〔註二〕 1. 美國最大風速的取值時距採用 60 分鐘、5 分鐘（35）。

2. 英國最大風速的取值時距採用 1 分鐘（57）。

3. 日本最大風速的取值時距採用 20 分鐘（44）。

4. 1954 年 1 月我國中央氣象局“氣象觀測暫行規範—地面部分”規定，氣象系統中最大風速的取值時距採用 10 分鐘。

(3)在 10 分鐘时距內,由于貼地气层中气流受阻,产生小型渦旋而引起的偶发性瞬間极大风速,根据上海 81 年来長期資料的分析,其中超出最大一次的 10 分鐘平均最大风速的机会极少。

因此,采取 10 分鐘的平均最大风速,作为計算风压的根据,对于在瞬間极大风速下的偶发性风压增值,可以在风压超載系数中予以考虑〔註一〕。

我們求得上海地区瞬間极大风速与 10 分鐘平均最大风速在大于每秒 30 公尺的台风情况下的对应比为 1.14 (詳見下节)。在风压計算中,用 10 分鐘作为最大风速的取值时距,則风压的超載系数应为 $(1.14)^2 = 1.30$ 〔註二〕

(二)时距換算:

上海风速紀錄的时距,曾經采用过 60 分鐘和 10 分鐘。为了統一取值时距,并計算瞬間极大风速的增值,必須首先求得最大风速的各种时距比值:

$$\text{时距比值} = \frac{\text{短时距的最大风速值}}{\text{長时距的最大风速值}}$$

我們这次查考了上海 1916—1955 年的风速原始資料,发现在这 40 年間,大风风速超过每秒 15 公尺(时距 10 分鐘)的共有 110 次。根据这些次的自記紀錄,选出每次四种时距的最大风速,包括 60 分鐘、30 分鐘、10 分鐘和瞬間极大(部分缺少瞬間极大紀錄)。以时距作橫座标,风速作縱座标,繪出 110 条风速和时距的关系曲綫。今以 10 分鐘的平均风速在每秒 25 公尺以上的 10 条关系曲綫繪出如图 3。这些曲綫的性質,基本上是一致的。我們根据其中风

〔註一〕 (1)苏联專家 B. И. 奥尔霍夫:“……风压的超載系数,是由于考虑旋風及不正規的情况影响而設的……”(34)

(2)苏联專家 H. C. 斯脫来斯基:“超載系数,不考虑荷載的动力作用……”(62)

〔註二〕 1955 年苏联頒发的“建筑法規”規定风压的超載系数为“1.2”。

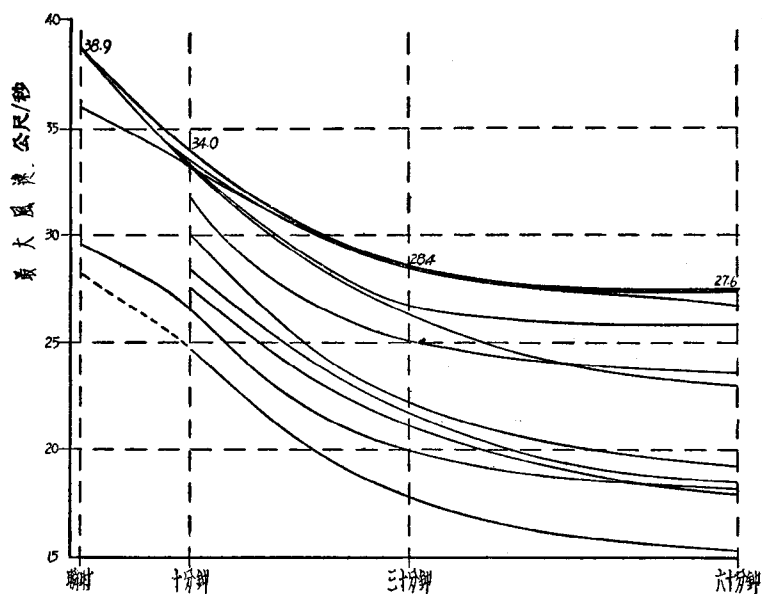


图 3. 风速和时距的关系曲线(纪录年代: 1916—1955)

速最大的一组,求得上海地区最大风速的时距比值,列于表 1:

表 1 最大风速的时距比值

瞬时

1.14	10分钟	
1.37	1.20	30分钟
1.41	1.23	1.03 60分钟

(三) 出现频率:

各种最大风速的出现频率,是说明最大风速在若干年内可能出现一次,或每一百年内可能出现若干次。

各类各级建筑物的重要性和耐久性颇不一致(12),采用一种最大风速值去计算风压,则风速的出现频率一定不能符合各别的要求,往往不是浪费,就是不够安全。因此,准确分析最大风速的