

## Influence of Wind Load on Pipeline Stress Analysis

Ruiming JIANG

ID number: 3625021993\*\*\*\*0616

### Abstract

Pipeline is an important part of power station. Pipeline is in the factory. Generally, wind load is not considered in pipe stress calculation. However, in the calculation of accidental load of outdoor open pipe, wind load should be considered. This paper first introduces the wind load calculation method and data source, and then uses the piping system stress analysis program SYSPIPE to introduce the processing method when SYSPIPE is loaded with wind load, considering wind load and pipeline self-weight, internal pressure, thermal expansion, earthquake and other loads. Calculate and get the corresponding result. The results show that wind load has a certain impact on pipeline stress analysis. In coastal areas, wind load is one of the main control loads to be considered in outdoor pipeline design.

### Key Words

Wind Load, Pipeline Stress Analysis, SYSPIPE

DOI:10.18686/jxgc.v1i2.330

## 风荷载对管道应力分析的影响

蒋瑞鸣

身份证号码: 3625021993\*\*\*\*0616

### 摘要

管道是电站中重要的部件,管道在厂房内,管道应力计算中一般不需要考虑风荷载,但在室外露天管道偶然载荷的计算中,应考虑风荷载的影响。本文首先对风荷载计算方法和数据来源进行说明介绍,然后利用管道系统应力分析程序 SYSPIPE,介绍了 SYSPIPE 加载风荷载时的处理方法,考虑风荷载和管道自重、内压、热膨胀、地震等载荷进行计算,得出相应结果。结果表明,风荷载对管道应力分析存在一定的影响,在沿海地区,风荷载是室外管道设计需要考虑的主要控制载荷之一。

### 关键字

风荷载;管道应力分析;SYSPIPE

### 1. 背景

近年来,随着国内电站向着大机组大容量发展,我国沿海电站数量增多,出现部分管道露天布置情况,导致风荷载对管道存在一定的影响,对此有必要研究风荷载对管道设计的影响。本文从实际的电站中出发,通过比较风荷载施加前后的数据,分析风荷载对管道应力分析的影响。

### 2. 风荷载数值计算

#### 2.1 风荷载的基本含义

风荷载也称风的动压力,是空气流动对工程结构所

产生的压力。风荷载  $P_w$  与基本风压、地形、地面粗糙度、距离地面高度,及建筑体型等诸因素有关。中国的地理位置和气候条件造成的大风为:夏季东南沿海多台风,内陆多雷暴及雹线大风;冬季北部地区多寒潮大风,其中沿海地区的台风往往是设计工程结构的主要控制荷载。

#### 2.2 风荷载的计算公式

根据文献<sup>[1]</sup>介绍风荷载作用下的内力计算有两种

方法：方法一，可以采用当地 50 年一遇（重要结构采用 100 年一遇）的脉冲风的时程曲线作为激励作用在该管道上进行时程反应分析，并同时用不少于 3 条的人工模拟的脉冲风的时程曲线进行时程反应分析，取其平均值；方法二，按照相应公式将脉冲风荷载进行放大，进行静力分析。因为数据不足无法获得当地的脉冲风的时程曲线，因此采用方法二，按照规范的相应公式将风荷载进行相应的放大后进行静力分析。考虑的风载应为该核电项目厂址百年一遇的 3s 极大风速。

风载计算中，考虑的风速和风压来源于相关厂址的《厂址的相关设计数据》文件或上游水文气象专业提供。我国可按照《石油化工装置工艺管道安装设计手册》（第四版）推荐的方法计算风荷载。该方法来源于 GB50009《建筑结构荷载规范》<sup>[2]</sup>，风荷载按下述公式计算：

$$P_w = W_0 K K_z D \sin \theta \quad (1)$$

式中：

$P_w$ ：风荷载（作用方向垂直于管道），N/M

$W_0$ ：所在地区 10m 高处的基本风压 源于《厂址的相关设计数据》

$D$ ：管道外径（包括保温层），m

$K$ ：风载体型系数，垂直管道取 0.7，水平管道见表 1.1

$K_z$ ：风压高度变化系数

$\theta$ ：风向与管道轴线之间的夹角度

### 2.3 风荷载参数

#### 2.3.1 基本风压

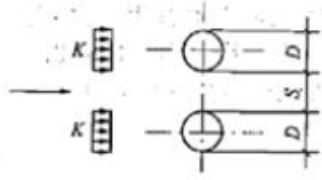
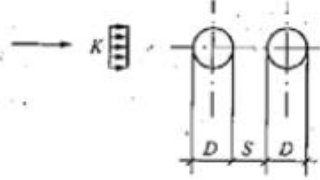
中国规定的基本风压  $w_0$  以一般空旷平坦地面、离地面 10 米高、风速时距为 10 分钟平均的最大风速为标准，按结构类别考虑重现期(一般结构重现期为 30 年，高层建筑和高耸结构为 50 年,特别重要的结构为 100 年),统计得最大风速  $v$ （即年最大风速分布的 96.67%分位值，并按  $w_0 = \rho v^2 / 2$  确定。式中  $\rho$  为空气质量密度； $v$  为风速）。根据统计，认为离地面 10 米高、时距为 10 分钟平均的年最大风压，统计分布可按极值 I 型考虑。

#### 2.3.2 风载体型系数

也称空气动力系数，它是风在工程结构表面形成的压力（或吸力）与按来流风速算出的理论风压的比值。它反映出稳定风压在工程结构及建筑物表面上的分布，并随建筑物形状、尺度、围护和屏蔽状况以及气流方向等而异。对尺度很大的工程结构及建筑物，有可能并非全部迎风面同时承受最大风压。对一个建筑物而言，从风载体型系数得到的反映是：迎风面为压力；背风面及顺风向的侧面为吸力；顶面则随坡角大小可能为压力或吸力。

根据建筑结构荷载规范<sup>[3]</sup>架空管道的风载体型系数如表 1：

表 1 风载体型系数

上下双管								前后双管								
																
本图适用于 $S/D \geq 15$ 的情况								表列 K 值为前后二管之和，其中前管为 0.7								
S/D	≤0.25	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	≥3.0	S/D	≤0.5	1.0	1.5	3.0	4.0	6.0	8.0	≥10.0
K	1.4	1.05	0.88	0.82	0.76	0.73	0.7	K	0.79	1.00	1.10	1.15	1.26	1.30	1.33	1.40

#### 2.3.3 风压高度变化系数

从某一高度的已知风压（如高度为 10 米的基本风

压), 推算另一任意高度风压的系数。风压高度变化系数随离地面高度增加而增大, 其变化规律与地面粗糙度及风速廓线直接有关。设计工程结构时应在不同高度处取用对应高度的风压值。

对于平坦或稍有起伏的地形, 风压高度变化系数应根据地面粗糙度类别按表 8.2.1 确定。地面粗糙度可分为 A、B、C、D 四类:

- A 类指近海海面和海岛、海岸、湖岸及沙漠地区;
- B 类指田野、乡村、丛林、丘陵以及房屋比较稀疏的乡镇和城市郊区;
- C 类指有密集建筑群的城市市区;
- D 类指有密集建筑群且房屋较高的城市市区。

表 2 风压高度变化系数

离地面或海平面高度 (m)	地面粗糙度类别			
	A	B	C	D
5	1.09	1.00	0.65	0.51
10	1.28	1.00	0.65	0.51
15	1.42	1.13	0.65	0.51
20	1.52	1.23	0.74	0.51
30	1.67	1.39	0.88	0.51
40	1.79	1.52	1.00	0.60
50	1.89	1.62	1.10	0.69
60	1.97	1.71	1.20	0.77
70	2.05	1.79	1.28	0.84
80	2.12	1.87	1.36	0.91
90	2.18	1.93	1.43	0.98
100	2.23	2.00	1.50	1.04

以某管线为例, 管道为单管布置。为安全性考虑, 管道计算时, 需考虑最不利载荷情况, 做保守计算。 $W_0$  取该厂址 30m 标高风压 3060Pa; 管线外径直径 0.1143m; 由于管道与管道之间中心线距离大于管道直径的 3 倍, 因此管道风载体型系数 K 取 0.7。管道管线标高 22.1m, 取地面粗糙度类别 A 类, 线性插值得该标高风压高度变化系数  $K_z$  值为 1.67。管道计算时, 需考虑最不利载荷情况, 做保守计算。风荷载作用方向垂直于管道, 即风向与管道轴线之间的夹角其最大值为

$$90^\circ \text{ 时 } P_w = W_0 K K_z D,$$

$$P_w = 3060 \text{ Pa} \times 0.1143 \text{ m} \times 0.7 \times 1.67 = 409 \text{ N/M}.$$

### 3. 算例分析

SYSPIPE 程序是由 FRAMATONME 公司的通用有限元程序 SYSTUS 发展而来的专用管道系统应力分析程序, 本文将用 SYSPIPE 软件进行某管线的力学分析。管线模型如下图 1:

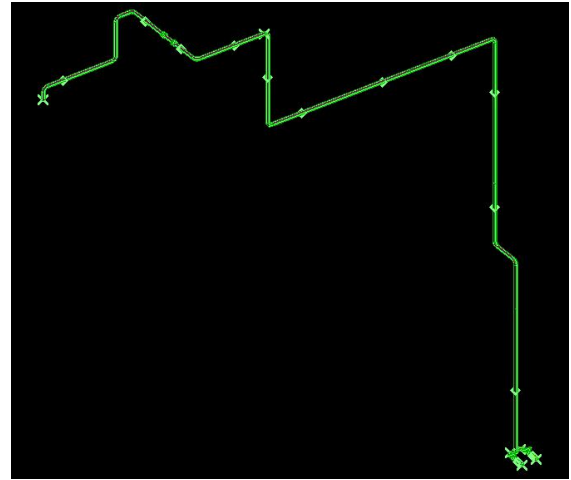


图 1 管线模型

#### 3.1 SYSPIPE 建模

此段管线所用材料为 Z2CN1810, RCCM 2 级, 设计温度 40°C, 设计压力分别为 1.2MPa, 根据管道 ISO 图, 划分节点, 用 SYSPIPE 建立管道模型如下图:

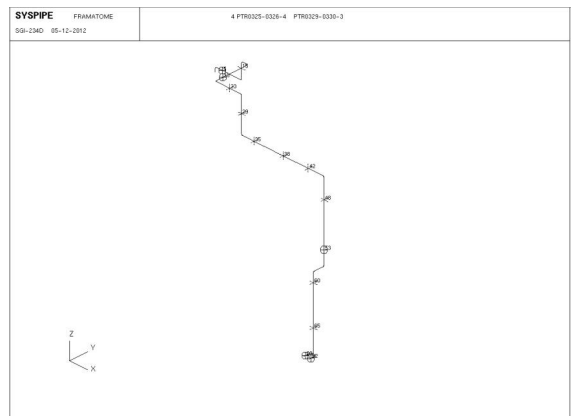
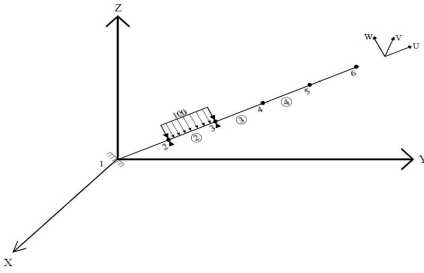


图 2 管线 SYSPIPE 模型

#### 3.2 SYSPIPE 风荷载加载方法

电站管道系统在其寿命期内可能承受的载荷主要有: 自重、内压、热膨胀、地震等, 对于室外管道, 需要考虑风荷载影响, 本文作重介绍风荷载的加载方法。

通过第二节部分的分析得到风荷载  $P_w$  后, 使用持续均布载荷的方法进行加载。下面举例对均布载荷的加载方法进行简单说明。



```
LOADING
1 DEAD WEIGHT / SW
ELEMENT 2 / PZ=-100 ELEMENT=2
```

管道计算时,需考虑最不利载荷情况,做保守计算,风荷载需要考虑+X、-X、+Y、-Y 四种荷载情况,本文

以+X 向风荷载为例。对室外管道加载风荷载,室内管道则不需要考虑。

```
LOADING
1 DEAD WEIGHT / SW
ELEMENT 20 21 30 T 42 45 T 48 51 T 62 67 T 71
* 74 T 81 84 T 91 820 821 920 921 / PX=409
```

### 3.2 风荷载影响分析

为了分析是否考虑风荷载对报告的影响,我们分别给出不加载风荷载和加载了风荷载的管道应力结果,然

后进行比较。

#### 3.2.1 不考虑风荷载的管道应力结果

计算后,不加载风荷载的应力评定结果如下:

表 3 最大计算应力 (单位: MPa)

准则级别	方程	节点	计算应力	许用极限	应力比
O	6	28	42.28	108.00	0.39
A	7	42	119.70	162.00	0.74
B	10	4	62.83	129.60	0.48
C	10	4	93.43	194.40	0.48
D	10	4	133.80	259.20	0.52

表 4 管道功能性校核最大计算应力 (单位: MPa)

应力	方程	节点	计算应力	许用极限	应力比
一次应力	10	4	88.97	194.40	0.46
二次应力	7	42	119.70	324.00	0.37

表 5 阀门可运行性校核最大计算应力 (单位: MPa)

应力	方程	节点	计算应力	许用极限	应力比
一次应力	10	90	26.08	129.60	0.20
二次应力	7	90	31.34	162.00	0.19

### 3.2.2 考虑风荷载的管道应力结果

计算后，加载风荷载的应力评定结果如下：

表 6 最大计算应力（单位：MPa）

准则级别	方程	节点	计算应力	许用极限	应力比
O	6	58	71.44	108.00	0.66
A	7	42	119.70	162.00	0.74
B	10	58	86.61	129.60	0.67
C	10	58	101.78	194.40	0.52
D	10	58	142.15	259.20	0.55

表 7 管道功能性校核最大计算应力（单位：MPa）

应力	方程	节点	计算应力	许用极限	应力比
一次应力	10	58	92.22	194.40	0.47
二次应力	7	42	119.70	324.00	0.37

表 8 阀门可运行性校核最大计算应力（单位：MPa）

应力	方程	节点	计算应力	许用极限	应力比
一次应力	10	90	26.27	129.60	0.20
二次应力	7	90	31.34	162.00	0.19

## 4. 结论

通过以上算例结果表明该管线考虑风荷载的情况下应力满足规范要求，同时通过对比我们发现风载对该管线力学分析影响较大，所以对于风速较高的地区，室外管道特别是大管径管道需考虑风荷载的影响。

## 参考文献

- [1] 陈希湘 冯然 天然气管道悬索跨越结构风致响应研究[J] 广西大学学报：自然科学版，2015，40(2)
- [2] GB 5009—2012. 建筑结构荷载规范 [S] 2012
- [3] 压力管道应力分析 唐永进 第二版