

# 基于 K-means 算法不同负荷下汽轮机径向轴振的聚类研究

孟科技

徐州华润电力有限公司, 徐州市华润路 1 号 221142

## Clustering Study on Radial Axis Vibration of Steam Turbine under Different Loads Based on K-means Method

Meng Keji

China Resource (Xuzhou) Electric Power CO.,LTD ,NO1.1Huarun Rd.Xuzhou 221142

**摘要:** 汽轮机径向轴振是火电厂最重要的监视与保护参数之一,直接关系到机组能否安全运行。引起汽轮机径向轴承振动过大或者异常的原因有很多,如强迫振动、自激振动等。其中运行工况的变化也会导致振动,当振动超过临界值时将导致紧急停机,甚至产生的后果很严重。基于汽轮机径向轴振重要性和异常时后果危害性的情况,本文采用 K-means 算法对不同负荷下汽轮机径向轴振进行聚类分析与数据挖掘,以便找出其中的关联关系。K-means 算法是一种迭代求解的聚类分析算法。它采用距离作为相似性的评价指标,通过大量数据分析发现数据对象内在结构,为机组安全运行提供数据参考和优化决策。

**关键词:** 径向轴振, K-means 算法, 数据挖掘, 相似性

**ABSTRACT:** Radial shaft vibration of steam turbine is one of the most important monitoring and protection parameters in thermal power plant, which directly affects the safe operation of the unit. There are many reasons for excessive or abnormal vibration of turbine Journal bearing, such as forced vibration, self-excited vibration, etc. The change of operating conditions will also lead to vibration. When the vibration exceeds the critical value, it will lead to emergency shutdown, even serious consequences. Based on the importance of turbine radial axis vibration and the harmfulness of abnormal consequences, K-means algorithm is used to cluster analysis and data mining of turbine radial axis vibration under different loads in order to find out the correlation among them. K-means algorithm is an iterative clustering analysis algorithm. It uses distance as the evaluation index of similarity, finds the internal structure of data object through a large number of data analysis, and provides data reference and optimization decision for safe operation of units.

**KEY WORD:** Radial Axis Vibration, K-means Algorithms, Data Mining, Similarity

## 1、引言

当前社会生产都以安全为主,高温高压等高参数火电机组特别要实时监控其数据保证安全稳定运行。在大数据时代,数据挖掘不仅能获取数据的内在隐含的信息,还能找出数据的内在规律加以应用。火电厂核心精密装备是汽轮机,对于亚临界机组的汽轮机正常运行时,主蒸汽压力约为 16Mpa,主蒸汽温度约为 540℃,转速每分钟 3000 转,为此安装了各类检测设备,检测汽轮机振动、温度、压力和转速等参数。

本文采用 K-means 算法,通过汽轮机在不

同负荷工况下的振动数据进行处理,寻找到数据间的相似性,通过采集汽轮机的各类重要数据,对数据进行挖掘内部关系,运用数据挖掘相关算法对数据差异分析和比较,为机组在用安全运行方面提供了参数依据。其中振动作为汽轮机重要安全指标之一,对运行机组每个工况下的振动差异分析,有利于了解机组运行情况。我们依据分析结论来指导机组的安全稳定运行具有十分重要的意义。

## 2、汽轮机轴振和 K-means 算法介绍

### 2.1 汽轮机轴振

引起汽轮发电机组径向轴承振动变化原因

有很多。当工况变化时，汽轮机的进汽温度会变化，温度升高会导致汽轮机高压膨胀，蒸汽温度骤降导致转子和汽缸发生不均匀变形等均引起机组振动；真空恶化排汽温度高导致后轴承温度随后汽缸温度升高而升高膨胀增加，造成中心线改变也会引起机组振动；振动与机组的热状态也存在关联，如转子热弯曲、汽缸的热膨胀等。本文仅选取机组负荷变化与轴承振动数据的变化做相关性研究，负荷变化时表现在汽轮机进汽量变化，造成联轴器传递扭矩不均匀、气流激振等。

轴振探头安装在相应轴承的内侧，安装在轴承座的上盖，使用电涡流传感器实现非接触式测量，每个轴承安装两个轴振探头，安装在垂直和水平方向。

## 2.2 K-meas 算法

K-meas 算法作为一种经典的数据挖掘算法，是一个将数据集中在某些方面相似的数据成员进行组织分类，是一种无监督学习技术。作用是将大量的无标签数据通过计算，自动为其标注标签。K-meas 算法作为聚类算法的一种，与其他聚类算法的目的不一样，是要将数据归为不同的类，基本原则是要相近的数据尽量归为一类，而不同类之间的数据则要尽量有比较大的差别。

K-meas 聚类是最著名的划分聚类算法，由于简洁和效率使得他成为所有聚类算法中最广泛使用的。其算法流程为随机选取 K 个对象作

为初始的聚类中心，然后计算每个对象与各个种子聚类中心之间的距离，把每个对象分配给距离它最近的聚类中心。聚类中心以及分配给它们的对象就代表一个聚类。每分配一个样本，聚类的聚类中心会根据聚类中现有的对象被重新计算。这个过程将不断重复直到满足某个终止条件。终止条件可以是没有（或最小数目）对象被重新分配给不同的聚类，没有（或最小数目）聚类中心再发生变化，误差平方和局部最小。

K-meas 算法的类之间的距离为欧式距离，设 A 点坐标 (X1, Y1)，B 点坐标 (X2, Y2)，则 AB 的距离为：

$$D(A, B) = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}$$

聚成一类的坐标为 A, B 两点的中心点：

$$X = \frac{X_1 + X_2}{2}, Y = \frac{Y_1 + Y_2}{2}$$

其相识度与其距离成反比：

$$S(A, B) = \frac{1}{D(A, B)}$$

## 3、K-meas 算法的应用

本文选取火电机组为 320MW 亚临界机组，其汽轮机径向轴承振动有 7 处，每个位置的 X 和 Y 方向轴振。通过采集历史数据获得 190MW 左右负荷下，每十分钟取一个历史点，轴承的 X 和 Y 方向轴振如下表，单位:um。

低负荷下振动数据表

Vibration data table under low load

| MW    | VB1X | VB1Y | VB2X | VB2Y | VB3X | VB3Y | VB4X | VB4Y | VB5X | VB5Y | VB6X | VB6Y | VB7X | VB7Y |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 200.0 | 1.3  | 5.5  | 16.8 | 19.6 | 15.9 | 18.7 | 28.6 | 26.8 | 30.7 | 38.4 | 36.5 | 42.3 | 52.6 | 35.9 |
| 192.4 | 1.4  | 5.5  | 16.4 | 18.6 | 15.9 | 18.6 | 28.6 | 27.0 | 30.6 | 38.2 | 37.5 | 43.2 | 50.2 | 36.0 |
| 193.7 | 1.4  | 5.4  | 16.3 | 18.5 | 15.6 | 18.5 | 28.5 | 26.4 | 30.5 | 37.8 | 37.8 | 43.4 | 49.7 | 35.8 |
| 198.3 | 1.4  | 6.5  | 16.4 | 19.0 | 15.7 | 18.3 | 28.5 | 26.0 | 30.5 | 37.9 | 38.0 | 43.5 | 49.9 | 36.1 |
| 193.3 | 1.4  | 6.9  | 16.5 | 18.6 | 15.7 | 18.2 | 28.5 | 26.5 | 30.5 | 38.0 | 38.1 | 43.8 | 50.0 | 36.4 |
| 198.9 | 1.3  | 5.3  | 16.6 | 19.0 | 15.8 | 18.0 | 28.5 | 26.9 | 30.5 | 37.8 | 38.1 | 43.7 | 50.2 | 36.3 |
| 194.2 | 1.4  | 5.4  | 17.2 | 18.5 | 15.8 | 18.1 | 28.8 | 26.2 | 30.5 | 38.1 | 38.0 | 43.6 | 51.0 | 36.4 |
| 189.1 | 1.3  | 6.3  | 16.3 | 18.5 | 15.6 | 18.0 | 28.8 | 26.4 | 30.4 | 38.0 | 38.2 | 43.6 | 50.4 | 36.6 |
| 189.3 | 1.4  | 5.4  | 16.7 | 18.4 | 15.7 | 17.9 | 28.6 | 27.0 | 30.4 | 37.8 | 38.1 | 43.7 | 50.2 | 36.2 |
| 194.8 | 1.3  | 6.8  | 15.9 | 18.8 | 15.6 | 17.9 | 28.6 | 26.4 | 30.4 | 37.8 | 38.0 | 43.4 | 50.9 | 36.4 |
| 191.4 | 1.4  | 5.6  | 16.4 | 18.7 | 15.8 | 18.2 | 29.0 | 26.5 | 30.4 | 38.0 | 38.1 | 43.3 | 51.5 | 36.8 |

|       |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 191.5 | 1.4 | 5.0 | 18.6 | 18.8 | 16.0 | 18.4 | 29.3 | 26.7 | 30.5 | 38.1 | 37.9 | 43.4 | 52.1 | 36.9 |
| 193.1 | 1.4 | 5.0 | 16.9 | 18.9 | 15.8 | 18.4 | 29.2 | 26.7 | 30.5 | 38.1 | 37.6 | 42.7 | 52.7 | 36.7 |
| 193.8 | 1.4 | 5.2 | 16.3 | 18.9 | 15.9 | 18.4 | 29.6 | 26.7 | 30.6 | 38.3 | 37.6 | 42.7 | 52.8 | 36.3 |
| 191.9 | 1.4 | 5.1 | 17.1 | 19.1 | 15.8 | 18.6 | 29.6 | 27.1 | 30.5 | 38.2 | 37.8 | 43.1 | 52.3 | 36.5 |
| 192.8 | 1.4 | 6.3 | 16.7 | 19.0 | 16.0 | 18.5 | 29.4 | 27.0 | 30.5 | 38.1 | 37.5 | 42.8 | 52.9 | 36.5 |
| 192.9 | 1.3 | 4.9 | 17.7 | 19.2 | 16.2 | 18.5 | 29.5 | 27.4 | 30.4 | 38.3 | 37.2 | 42.8 | 53.4 | 36.4 |
| 192.4 | 1.4 | 5.5 | 16.2 | 18.8 | 15.9 | 18.4 | 29.6 | 27.1 | 30.6 | 38.2 | 37.8 | 43.2 | 51.6 | 36.1 |
| 195.7 | 1.4 | 5.9 | 16.5 | 19.1 | 16.2 | 18.4 | 29.5 | 27.9 | 30.5 | 38.3 | 37.8 | 43.3 | 51.8 | 36.1 |

通过表格我们发现当前负荷下振动数据基本稳定，为了简化我们采用平均值作为研究。

低负荷下振动平均数据表

Average vibration data table under low load

| MW    | VB1X | VB1Y | VB2X | VB2Y | VB3X | VB3Y | VB4X | VB4Y | VB5X | VB5Y | VB6X | VB6Y | VB7X | VB7Y |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 193.7 | 1.4  | 5.7  | 16.7 | 18.8 | 15.8 | 18.3 | 29.0 | 26.8 | 30.5 | 38.1 | 37.8 | 43.2 | 51.4 | 36.3 |

得到7个点如下：

VB1(1.4,5.7),VB2(16.7,18.8),VB3(15.8,18.3),VB4(29.0,26.8),VB5(30.5,38.1),VB6(37.8,43.2),VB7(51.4,36.3)。

首先设定K值为2，初始的聚类中心设为VB1,VB2。计算其他5个点分别与VB1,VB2的距离。

类间距离1表

Class distance 1 table

|     | VB1  | VB2  |
|-----|------|------|
| VB3 | 19.1 | 1    |
| VB4 | 34.7 | 14.7 |
| VB5 | 43.5 | 23.7 |
| VB6 | 51.9 | 32.3 |
| VB7 | 58.6 | 38.9 |

从表中可以看出VB3到VB7与VB2的距离比与VB1的距离更近。所以第一次分类为：

A类：VB2, VB3, VB4, VB5, VB6, VB7;

B类：VB1。

对A类需要选取一个虚拟新的子类作为中

心点，其新子类命名为VB0，其X坐标为A类中每个点的X坐标的平均值，Y坐标为A类中每个点的Y坐标的平均值，构成新点VB0(42.6,22.1)。对于B类我们直接选VB1，再次计算其他点距离VB0和VB1的距离。

类间距离2表

Class distance 2 table

|     | VB0  | VB1  |
|-----|------|------|
| VB2 | 25.1 | 20.1 |
| VB3 | 26.1 | 19.1 |
| VB4 | 13.4 | 34.7 |
| VB5 | 19.5 | 43.5 |
| VB6 | 21.4 | 51.9 |
| VB7 | 17.3 | 58.6 |

从表中可以看出，VB2, VB3距离VB1近，VB4, VB5, VB6, VB7距离VB0近，所

以第二次分类为：A 类：VB1, VB2, VB3；B 类：VB4, VB5, VB6, VB7。

对于 A 类和 B 类分别在虚拟新的子类作为

中心点，VBa (11.3,14.3) 和 VBb (37.2,36.1)，重复上述步骤分别计算它们与 VBa 和 VBb 的

距离。

类间距离 3 表

Class distance 3 table

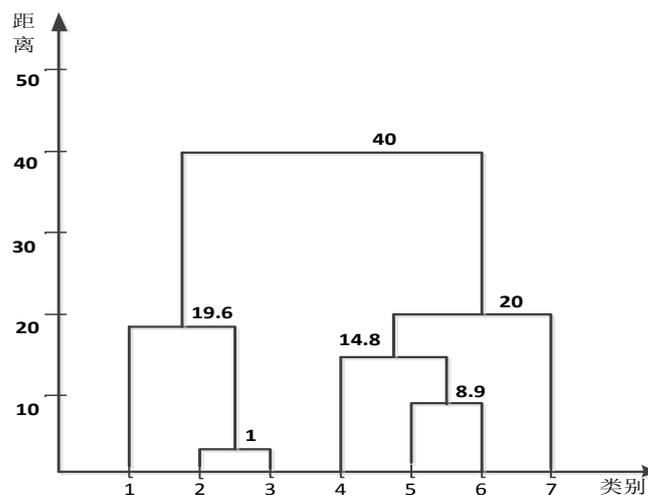
|     | VBa  | VBb  |
|-----|------|------|
| VB1 | 13.1 | 47   |
| VB2 | 7    | 26.8 |
| VB3 | 6    | 27.8 |
| VB4 | 21.7 | 12.4 |
| VB5 | 30.6 | 7    |
| VB6 | 39.2 | 7.1  |
| VB7 | 45.7 | 14.2 |

从表中可以看出，VB1, VB2, VB3 距离 VBa 近，VB4, VB5, VB6, VB7 距离 VBb 近，所以第三次分类为：A 类：VB1, VB2, VB3；B 类：VB4, VB5, VB6, VB7。

第三次和第二次分类没有变化，说明数据

已经收敛，此循环聚类结束。

通过上述方法分别单独对 A 类和 B 类进行距离计算，最终得到以下分类：



低负荷聚类图

Low load clustering map

在 260MW 左右负荷下，每十分钟取一个单位:um。点, 轴承上每个位置的 X 和 Y 方向轴振如下表,

中负荷下振动数据表

Vibration data table under medium load

| MW    | VB1X | VB1Y | VB2X | VB2Y | VB3X | VB3Y | VB4X | VB4Y | VB5X | VB5Y | VB6X | VB6Y | VB7X | VB7Y |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 259.0 | 1.4  | 5.0  | 18.8 | 19.3 | 14.8 | 15.7 | 28.6 | 26.8 | 30.1 | 40.5 | 37.0 | 43.9 | 55.8 | 33.1 |
| 258.4 | 1.4  | 4.8  | 16.9 | 19.0 | 14.9 | 15.8 | 28.8 | 27.1 | 30.3 | 40.5 | 37.3 | 44.3 | 54.6 | 32.2 |
| 258.5 | 1.4  | 5.6  | 17.5 | 20.5 | 15.0 | 16.1 | 29.0 | 27.3 | 30.4 | 40.4 | 37.3 | 44.0 | 54.6 | 32.1 |

| MW    | VB1X | VB1Y | VB2X | VB2Y | VB3X | VB3Y | VB4X | VB4Y | VB5X | VB5Y | VB6X | VB6Y | VB7X | VB7Y |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 257.4 | 1.4  | 5.3  | 16.8 | 22.0 | 14.7 | 16.4 | 29.0 | 27.3 | 30.3 | 40.5 | 37.3 | 43.8 | 55.1 | 32.2 |
| 259.9 | 1.4  | 4.6  | 17.5 | 19.0 | 14.8 | 16.3 | 29.1 | 27.2 | 30.4 | 40.6 | 37.3 | 43.6 | 55.0 | 32.4 |
| 258.0 | 1.3  | 5.4  | 17.5 | 19.1 | 14.9 | 16.0 | 29.3 | 27.5 | 30.4 | 40.7 | 37.8 | 44.5 | 54.0 | 31.8 |
| 261.7 | 1.4  | 5.8  | 17.8 | 19.9 | 15.0 | 16.3 | 29.2 | 27.7 | 30.5 | 40.2 | 37.9 | 44.5 | 53.7 | 31.6 |
| 258.5 | 1.4  | 5.5  | 17.7 | 20.2 | 14.8 | 16.2 | 29.3 | 27.6 | 30.3 | 40.5 | 37.0 | 43.5 | 55.5 | 32.4 |
| 258.5 | 1.4  | 5.3  | 16.6 | 20.8 | 14.6 | 16.4 | 29.3 | 27.4 | 30.2 | 40.6 | 37.1 | 43.5 | 56.0 | 32.8 |
| 257.8 | 1.4  | 5.3  | 18.3 | 19.3 | 14.8 | 16.3 | 29.4 | 27.5 | 30.4 | 40.4 | 37.3 | 43.7 | 54.9 | 32.3 |
| 257.7 | 1.4  | 5.8  | 16.8 | 19.9 | 14.5 | 16.3 | 29.2 | 27.7 | 30.4 | 40.5 | 37.5 | 43.8 | 55.1 | 32.3 |
| 261.4 | 1.4  | 5.8  | 16.7 | 20.3 | 14.5 | 16.4 | 29.4 | 27.7 | 30.4 | 40.4 | 37.0 | 43.6 | 55.7 | 32.5 |
| 258.4 | 1.4  | 5.0  | 17.0 | 20.8 | 14.6 | 16.5 | 29.2 | 27.5 | 30.2 | 40.4 | 36.7 | 43.0 | 56.7 | 33.1 |
| 256.8 | 1.4  | 5.6  | 17.2 | 19.4 | 14.5 | 16.2 | 29.3 | 27.0 | 30.2 | 40.5 | 37.1 | 42.9 | 56.5 | 33.4 |
| 260.4 | 1.4  | 4.9  | 17.5 | 18.9 | 14.5 | 16.4 | 29.3 | 27.6 | 30.4 | 40.5 | 37.3 | 43.9 | 55.5 | 32.8 |
| 258.9 | 1.4  | 5.1  | 16.8 | 20.2 | 14.8 | 16.3 | 29.6 | 27.5 | 30.4 | 40.2 | 37.2 | 43.6 | 55.5 | 32.7 |
| 259.7 | 1.4  | 5.0  | 17.8 | 20.4 | 14.6 | 16.3 | 29.5 | 27.6 | 30.4 | 40.4 | 37.4 | 44.0 | 55.3 | 32.7 |
| 253.1 | 1.4  | 4.9  | 18.1 | 20.5 | 14.6 | 16.0 | 29.9 | 27.8 | 30.3 | 40.3 | 37.3 | 43.8 | 55.6 | 32.7 |
| 259.3 | 1.4  | 5.9  | 17.4 | 19.1 | 14.6 | 16.1 | 29.7 | 27.8 | 30.3 | 40.3 | 37.1 | 43.1 | 56.3 | 32.9 |

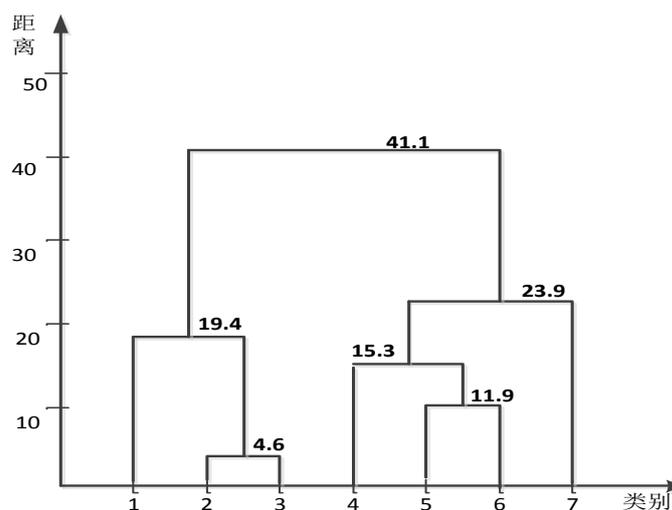
当前负荷下振动数据基本稳定，采用平均值作为研究。

中负荷下振动平均数据表

Average vibration data table under medium load

| MW    | VB1X | VB1Y | VB2X | VB2Y | VB3X | VB3Y | VB4X | VB4Y | VB5X | VB5Y | VB6X | VB6Y | VB7X | VB7Y |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 258.6 | 1.4  | 5.3  | 17.4 | 19.9 | 14.7 | 16.2 | 29.3 | 27.4 | 30.3 | 40.4 | 37.3 | 43.7 | 55.3 | 32.5 |

通过上述方法得到聚类图：



中负荷聚类图

Medium load clustering map

在 295MW 左右负荷下，每十分钟取一个点，轴承上每个位置的 X 和 Y 方向轴振，单

高负荷下振动数据表

Vibration data table under high load

| MW    | VB1X | VB1Y | VB2X | VB2Y | VB3X | VB3Y | VB4X | VB4Y | VB5X | VB5Y | VB6X | VB6Y | VB7X | VB7Y |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 293.6 | 1.3  | 6.0  | 18.6 | 22.1 | 16.4 | 17.2 | 28.5 | 26.8 | 30.6 | 39.1 | 41.1 | 49.5 | 34.9 | 30.0 |
| 293.9 | 1.4  | 5.3  | 19.1 | 21.9 | 16.1 | 16.8 | 28.3 | 26.4 | 30.4 | 39.1 | 40.1 | 48.7 | 37.1 | 31.4 |
| 293.7 | 1.4  | 6.3  | 18.9 | 22.5 | 16.1 | 17.0 | 28.5 | 26.4 | 30.5 | 39.2 | 40.4 | 49.1 | 35.9 | 30.9 |
| 296.3 | 1.3  | 4.7  | 22.1 | 24.9 | 16.5 | 17.1 | 28.7 | 26.7 | 30.5 | 39.3 | 40.8 | 49.9 | 34.9 | 30.2 |
| 294.8 | 1.4  | 4.9  | 19.0 | 23.0 | 16.3 | 16.7 | 29.0 | 26.9 | 30.6 | 39.3 | 40.7 | 49.6 | 35.2 | 30.5 |
| 295.8 | 1.4  | 5.4  | 18.9 | 22.0 | 16.3 | 16.6 | 29.1 | 27.0 | 30.7 | 39.2 | 40.7 | 50.2 | 35.1 | 30.5 |
| 295.6 | 1.4  | 5.3  | 18.1 | 21.9 | 16.5 | 16.4 | 29.2 | 27.0 | 30.6 | 39.4 | 41.2 | 50.3 | 34.6 | 30.1 |
| 295.3 | 1.4  | 5.7  | 17.9 | 21.9 | 16.5 | 16.6 | 29.1 | 27.6 | 30.7 | 39.2 | 41.3 | 50.1 | 34.3 | 30.1 |
| 295.8 | 1.4  | 6.0  | 19.1 | 22.4 | 16.9 | 16.6 | 29.2 | 27.1 | 30.8 | 39.0 | 41.2 | 49.7 | 34.8 | 30.4 |
| 295.0 | 1.4  | 5.1  | 20.5 | 24.5 | 16.8 | 16.6 | 29.4 | 27.5 | 30.5 | 38.7 | 41.1 | 48.9 | 35.7 | 30.4 |
| 295.8 | 1.4  | 5.4  | 19.0 | 22.6 | 16.5 | 16.4 | 29.2 | 26.7 | 30.6 | 38.6 | 40.6 | 48.9 | 37.0 | 31.1 |
| 296.0 | 1.4  | 5.2  | 18.8 | 22.1 | 16.6 | 16.5 | 28.9 | 26.9 | 30.6 | 38.9 | 39.9 | 48.8 | 38.1 | 32.0 |
| 296.9 | 1.4  | 5.6  | 19.5 | 23.9 | 16.8 | 16.4 | 29.0 | 26.9 | 30.6 | 39.2 | 40.3 | 49.4 | 37.6 | 32.0 |
| 295.7 | 1.4  | 4.8  | 18.1 | 22.6 | 16.6 | 16.3 | 29.3 | 27.1 | 30.5 | 39.1 | 40.8 | 49.9 | 35.7 | 30.9 |
| 295.8 | 1.3  | 5.6  | 18.8 | 22.0 | 16.4 | 16.1 | 29.4 | 27.0 | 30.6 | 39.1 | 40.9 | 50.0 | 36.0 | 31.1 |
| 293.6 | 1.4  | 5.7  | 17.8 | 21.7 | 16.3 | 16.1 | 29.1 | 26.8 | 30.5 | 39.0 | 40.4 | 49.0 | 38.8 | 31.8 |
| 294.7 | 1.4  | 5.3  | 18.6 | 21.8 | 16.5 | 15.9 | 28.8 | 26.5 | 30.5 | 39.1 | 40.1 | 48.8 | 40.2 | 31.8 |
| 295.7 | 1.4  | 5.5  | 19.8 | 22.6 | 16.4 | 16.0 | 28.6 | 25.9 | 30.5 | 38.7 | 39.9 | 48.6 | 40.5 | 31.5 |
| 297.4 | 1.4  | 5.4  | 18.6 | 21.9 | 16.6 | 16.1 | 28.7 | 26.4 | 30.5 | 38.7 | 40.1 | 48.7 | 40.3 | 30.5 |

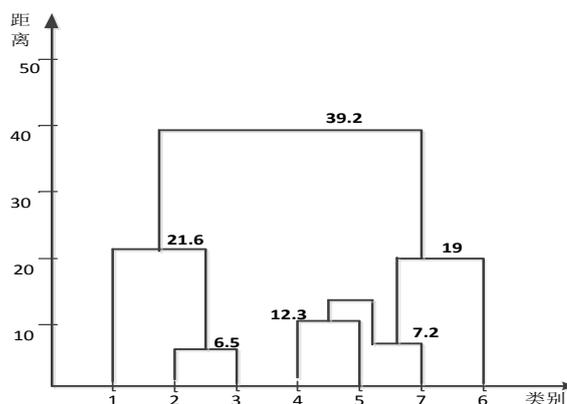
当前负荷下振动数据基本稳定，采用平均值作为研究。

高负荷下振动平均数据表

Average vibration data table under high load

| MW    | VB1X | VB1Y | VB2X | VB2Y | VB3X | VB3Y | VB4X | VB4Y | VB5X | VB5Y | VB6X | VB6Y | VB7X | VB7Y |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 295.3 | 1.4  | 5.4  | 19.0 | 22.5 | 16.5 | 16.5 | 28.9 | 26.8 | 30.6 | 39.0 | 40.6 | 49.4 | 36.7 | 30.9 |

通过上述方法得到聚类图：



高负荷聚类图

High load clustering map

#### 4、结果分析

通过得到聚类图我们可以知道，VB2 和

VB3 相似性很强，即振动相似度接近，但随着

负荷增大，VB2 和 VB3 的距离也增大，即两

处的振动数值偏差变大。

从类别来看,整体分两类,即 VB1, VB2, VB3 是一类,在这一类中,又分两个子类,VB1 和 VB2, VB3。另一类是 VB4, VB5, VB6, VB7, 这一类随着负荷变化子类是有变化的。中低负荷时 VB5, VB6 是一个子类,它与 VB4 构成一个大的子类,最后在和 VB7 构成一个大类。高负荷时 VB4, VB5 是一个子类,它与 VB7 构成一个大的子类,最后在和 VB6 构成一个大类。说明负荷增加时,VB7 的振动相似度朝 VB4 和 VB5 接近,VB6 的振动相似度远离 VB4 和 VB5,朝大的方向发展。

依据采集的历史数据上,综合相似度分析我们最终得到:当负荷增大时,VB7 与 VB4 和 VB5 的两处振动一致性呈接近趋势,VB6 与之相反;VB2 和 VB3 两处的振动一致性变差。

## 5、结论

本文通过 K-meas 算法对不同负荷下汽轮机的径向振动的历史数据进行分类挖掘处理,最终生成三种负荷下的决策树。通过分析决策树我们可以清晰负荷和振动的内在关系,为我们实际运行时振动数据的分析提供指导。鉴于本文中数据量采集偏小,仅考虑了负荷这一因素,不能全覆盖所有的工况,所以最终分析结果可能与实际情况有偏差,这是后续要改进的工作。

## 致谢

在论文写作过程中,遇到了一些疑惑,在同事的帮助下——解决,我感谢他们给我提供的支持与帮助。我也要感谢本论文所引用的各位学者的专著,如果没有这些学者的研究成果的启发和帮助,我将无法完成本篇论文的最终写作。我也要感谢我的家人的支持!在此,我向所有帮助过我的人表示最衷心的感谢!。由于我的学术水平有限,所写论文难免有不足之处,恳请各位领导和专家批评和指正!

## 参 考 文 献:

- [1] 乐龙.浅谈汽轮机振动的原因及危害[J].能源与节能.2012(11):64-65
- [2] 陈岩.浅谈汽轮机振动的原因[J].化工管理.2016(09):78-80
- [3] 陈庄,罗告成.一种改进的 K-means 算法在异常检测中的应用[J].重庆理工大学学报,2015,29(5):66-70
- [4] 张建萍,刘希玉.基于聚类分析的 K-means 算法研究及应用[J].计算机应用研究.2007(05):166-168
- [5] 何非,何克清.大数据及其科学问题与方法的探讨[J].武汉大学学报(理学版),2014,60(1):1-12.
- [6] 易雁飞.基于 K-means 聚类的数据分析[J].现代制造技术与装备,2017,(4):8-9.

## 作者简介:

孟科技 男,江苏徐州人,工程师,本科毕业于重庆大学获热能动力工程专业,2018年获得中国矿业大学软件工程硕士学位,现就职于徐州华润电力有限公司,从事热工自动化控制。

通讯地址:江苏省徐州市华润路1号

邮编:221142

邮箱:dream\_xiaochen@163.com

手机:18751500127