

基于数据分析探讨 1.5MW 永磁直驱发电机后轴承密封保持架的选配

任成渝 肖浩喆 尚亚成

(西安中车永电捷力风能有限公司 西安 710200)

摘要 借助 1.5MW 永磁直驱发电机理论提起高度的计算公式和后轴承密封保持架选配的计算公式,通过统计 390 台 1.5MW 发电机的理论提起高度,来确定生产过程中所需要后轴承密封保持架的尺寸大小及数量,并以此作为后轴承密封保持架供应商发货的参考依据。

关键词 数据分析 发电机 保持架 选配

0 引言

理论提起高度即后轴承内、外圈下端面的高度差。合适的提起高度能保证后轴承外圈的滚珠在内圈滚道上滚动,主要是防止提起高度太大,内圈受力集中导致内圈损坏;或者提起高度太小导致外圈的滚珠在滚动时碰到内圈上的挡台。这两种情况都能导致轴承出现质量事故,从而导致机组不能正常运行。

发电机因轴承窜动而导致下塔的质量事故较多,发电机下塔的成本比较大,所以在选配后轴承保持架时,要考虑到各种因素对实际提起高度的影响,以保证提起高度趋于中间值,从而减少轴承导致的质量事故。

目前现有的厂家提供的后轴承密封保持架数量较多,与实际生产用量不符,结果就造成车间库存数量较多,给公司带来了库存压力和资金压力。

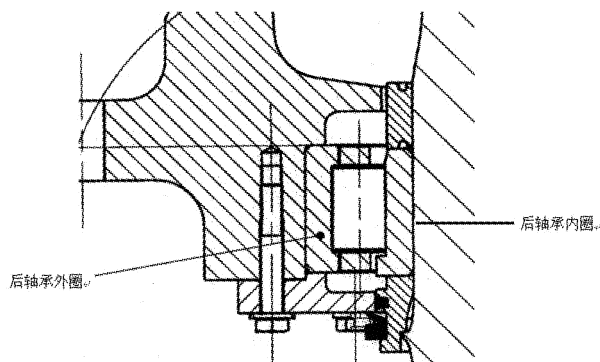


图 1 提起高度示意图

1 理论提起高度的计算原理

目前 1.5MW 发电机生产过程中,提起高度主要分为 3 种:理论提起高度 H_1 、选配保持架后的理

论提起高度 H_2 和实际提起高度 H_3 。

理论提起高度的获取是由金风科技 VPN 配轴系统在输入定轴小端台阶面距中段台阶距离 1788_0^{+1} 、动轴两轴承挡台间距离 $1648_{-0.5}^{+0.5}$ 、转动轴大端轴承孔内径 $870_{-0.266}^{-0.210}$ 以及系统轴承数据库后轴承 (NJ 轴承) 外圈宽度,输入条件为装配后游隙在 $0.04 \sim 0.12\text{mm}$ 、提起高度在 $2.8 \sim 4.0\text{mm}$ 都要满足。

选配保持架后的理论提起高度是在理论提起高度得到后,选配某一特定后轴承保持架并记录其尺寸,然后通过公式进行计算提起高度,此时的提起高度是选配保持架后的理论提起高度,也要满足 $2.8 \sim 4.0\text{mm}$ 的范围。

实际的提起高度是在套装完成转动轴后,借助计量器具对后轴承内外圈的高度差进行测量,测量的结果即是实际的提起高度。测量前必须保证转子与转动轴的螺栓、转轴固定圈的螺栓、定轴止定圈的螺栓全部紧固到位。测量后的提起高度在 $2.8 \sim 4.0\text{mm}$ 即为合格。

提起高度的计算公式为:

理论提起高度 = 定轴小端台阶面距中段台阶距离 - 动轴两轴承挡台间距离 - NJ 外圈宽度(合格证) - 保持架理论尺寸。

$$\text{即 } H_1 = 17880_0^{+1} - 1648_{-0.5}^{+0.5} - 95_{-0.75}^{\circ} - 42$$

..... (1)

2 后轴承密封保持架选配原理

由给出的理论提起高度,通过式(1)即可转换成后轴承密封保持架(以下简称保持架)选配尺寸,如下:

保持架选配尺寸 H_4 = 定轴小端台阶面距中段

台阶距离 - 动轴两轴承挡台间距离 - NJ 外圈宽度 (合格证) - BT 游隙 (Ga) - 选配后理论提起高度。

$$H_4 = 17880_0^{+1} - 1648_{-0.5}^{+0.5} - 95_{-0.75}^\circ - Ga - H_2 \dots\dots\dots (2)$$

注:式(2)未考虑保持架与 NJ 内圈的间隙值。

保持架在选配时需要考虑到 BT 轴向游隙,所谓轴承轴向游隙,即指轴承在未安装于轴或轴承箱时,将其内圈或外圈的一方固定,然后使未被固定的

一方做轴向移动时的移动量。运转时的游隙(称做工作游隙)的大小对轴承的滚动疲劳寿命、温升、噪声、振动等性能有影响。

3 理论提起高度统计分析

通过统计 390 台 1.5MW 发电机的理论提起高度,得到下表 1:

表 1 1.5MW 发电机理论提起高度统计表

| | | | | | | |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|
| 高度范围(mm) | 3.00~3.10 | 3.11~3.20 | 3.21~3.30 | 3.31~3.40 | 3.41~3.50 | 总数 |
| 数量 | 12 | 33 | 63 | 79 | 68 | |
| 高度范围(mm) | 3.51~3.60 | 3.61~3.70 | 3.71~3.80 | 3.81~3.90 | 3.91~4.00 | |
| 数量 | 59 | 33 | 25 | 12 | 6 | 390 |

由表 1 得出的柱状图更加直观的展示了理论提起高度的范围。

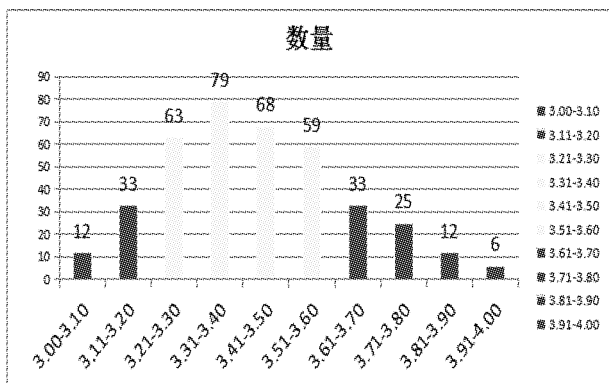


图 2 数据分布柱状图

由图 2 可以看出,(3.21~3.30)、(3.31~3.40)、(3.41~3.50)、(3.51~3.60)这四组数据数量为 269 个,约占总数的 68.97%,表明在生产过程中,这四组数据的理论提起高度使用最多。所以应控制这部分保持架的配送数量,就能控制大部分的库存。

4 理论提起高度与保持架的关系

对于选配成功的动、定轴,式(1)与式(2)的定轴小端台阶面距中段台阶距离、动轴两轴承挡台间距离即 17880_0^{+1} 、 $1648_{-0.5}^{+0.5}$ 即为不变的数据,选配保持架后的理论提起高度取提起高度(2.8~4.0mm)的中间值 3.4mm,由这两个公式可得:

$$17880_0^{+1} - 1648_{-0.5}^{+0.5} = 95_{-0.75}^\circ + Ga + 3.4 + H_4 = 95_{-0.75}^\circ + 42 + H_1 \dots\dots\dots (3)$$

对式(3)进行简化可得:

$$H_1 - H_4 = 95_{-0.75}^\circ + Ga + 3.4 - 95_{-0.75}^\circ - 42 \dots\dots\dots (4)$$

注:式(3)及式(4)中第一个 $95_{-0.75}^\circ$ 为实际测量的 BT 轴承宽度,第二个 $95_{-0.75}^\circ$ 为厂家提供的 BT 轴承宽度。

目前后轴承的生产厂家主要有 F、T、S 三个厂家,不同轴承厂家的 BT 游隙及 NT 轴承的合格证与实际测量差值均不同。后轴承统计的数量、BT 游隙的平均值、后轴承的合格证与实际测量差值的平均值如下表 2 所示。

表 2 后轴承统计表

| 轴承厂家 | 数量 | BT 游隙 (平均值) | 后轴承的合格证与实际测量差值(平均值) |
|------|----|-------------|---------------------|
| F | 46 | 0.367 | 0.086 |
| S | 28 | 0.468 | 0.017 |
| T | 30 | 0.405 | 0.016 |

①当后轴承使用 F 时,根据式(4),理论保持架选配尺寸—理论提起高度 = 38.32。

②当后轴承使用 S 时,根据式(4),理论保持架选配尺寸—理论提起高度 = 38.15。

③当后轴承使用 T 时,根据式(4),理论保持架选配尺寸—理论提起高度 = 38.21。

5 结果验证

由式(3)可以看出,在 NJ 轴承与 BT 轴承选配不变的情况下,保持架选配尺寸与理论提起高度成正比关系,满足保持架选配尺寸 $y =$ 理论提起高度 $x + b$ 的一元一次函数,即理论提起高度越大,保持架

选配的尺寸越大。

通过测量装配后的实际提起高度,并通过式

(4)折算成实际提起高度为 3.4mm 条件下的保持架尺寸,如表 3 所示。

表 3 保持架尺寸平均值与理论提起高度统计表

| 轴承厂家 | 实际提起高度为 3.4mm 条件下保持架尺寸平均值 | 理论提起高度平均值 | 两者差值 |
|------|---------------------------|-----------|-------|
| F | 41.66 | 3.48 | 38.18 |
| S | 41.47 | 3.48 | 37.99 |
| T | 41.47 | 3.39 | 38.09 |

通过表 3 可以得出以下结论:

①当后轴承使用 FAG 时,保持架选配尺寸 $y =$ 理论提起高度 $x + 38.18$ 。

②当后轴承使用 SKF 时,保持架选配尺寸 $y =$ 理论提起高度 $x + 37.99$ 。

③当后轴承使用 TIMKEN 时,保持架选配尺寸 $y =$ 理论提起高度 $x + 38.09$ 。

根据表 3 所得出的结论,FAG、SKF、TIMKEN 轴承实际提起高度为 3.4mm 条件下保持架尺寸平均值与理论提起高度的差值与表 2 所得出的结论的差值分别为 0.14mm、0.16mm、0.13mm,主要原因是在统计理论保持架选配尺寸未将 NJ 轴承内圈与保持架的间隙(0~0.2mm)考虑在内。同时在测量实际提起高度时人为误差以及其他因素也会造成选配保持架后的理论提起高度与实际提起高度有一定的差

值。

当获得理论提起高度的数值时,通过轴承配置单上的后轴承厂家来选择相应的增加量,从而确定保持架的尺寸。

而保持架厂家发货时,不可能知道生产过程中需要的保持架的尺寸大小和数量,因此可以将三种轴承的理论提起高度的增加量平均后,与理论提起高度数据统计相加,就是需要的保持架尺寸大小和数量。

6 结语

$$\text{增加量的平均值} = \frac{38.18 + 37.99 + 38.09}{3} \approx 38.1, \text{加}$$

上表 1 后的需要保持架尺寸分布如表 4 所示。

表 4 需要的保持架分布

| 保持架尺寸(mm) | 41.10~41.20 | 41.21~41.30 | 41.31~41.40 | 41.41~41.50 | 41.51~41.60 | 总数 |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----|
| 数量 | 12 | 33 | 63 | 79 | 68 | |
| 保持架尺寸(mm) | 41.61~41.70 | 41.71~41.80 | 41.81~41.90 | 41.91~42.00 | 42.01~42.10 | |
| 数量 | 59 | 33 | 25 | 12 | 6 | 390 |

根据上表 4,(41.31~41.40)、(41.41~41.50)、(41.51~41.60)、(41.61~41.70)所占比例为 16.15%、20.26%、17.44%、15.13%。

① 供应商应细化保持架分类尺寸,将尺寸范围差值缩小到 0.1mm,不能按照以往的 41.2、41.5、42 进行分类,避免加大库存。

②(41.31~41.40)、(41.41~41.50)、(41.51~41.60)、(41.61~41.70)这 4 组数据可以按照 15%、15%、15%、15%的比例进行配比,要求其他数据的保持架也必须要有,比例可以按照中间多、两头少进行配比。

③ 在获取理论提起高度后,可根据上述表 3 所得出的结论进行保持架的选配,可保证实际提起高

度在合格范围内。

通过以上 3 点结论,保持架供应商可参考表 4 所得出的结论进行保持架的配送,以减少自身的加工难度和保持架数量,也能减少客户的库存压力。

参考文献

[1] 戚维明. 全面质量管理(第三版). 北京:中国科学技术出版社,2010,04.

[2] 盛骤,谢式千,潘承毅. 概率论与数理统计(第四版). 北京:高等教育出版社,2010.04.

[3] 哈里斯. 滚动轴承分析(原书第 5 版). 罗继伟,马伟译. 北京:机械工业出版社,2015,01.