

# Process Improvement of Slippage Torque Adjustment for Rock Filter Worm Gear Reducer

Yin Fan

CGN Nuclear Power Operation Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

## Abstract

The slip torque in worm gear reducers serves as a protective mechanism for gravel filters. Both excessively high and low slip torque values can compromise equipment reliability during operation. Prolonged equipment operation leads to continuous wear between the worm gear and worm shaft, resulting in torque deviation. Consequently, torque calibration and adjustment must be performed during each major overhaul. Traditional adjustment methods are time-consuming, labor-intensive, and inefficient, with potential risks of equipment overturning during adjustments that may cause damage or personnel injuries. To address these challenges, a specialized slip torque adjustment tool has been developed. This innovative solution reduces manual labor requirements, enhances maintenance efficiency, minimizes operational risks, and achieves rapid, safe torque adjustment.

## Keywords

Gravel filter; Turbine; Worm gear; Slip torque

# 碎石过滤器蜗轮蜗杆减速机打滑力矩调整工艺改进

樊印

中广核核电运营有限公司, 中国 · 广东 深圳 518000

## 摘 要

蜗轮蜗杆减速机打滑力矩对碎石过滤器起保护作用, 打滑力矩数值过大或过小均会影响运行期间碎石过滤器的设备可靠性; 因设备长期运行, 涡轮与蜗杆之间持续磨损, 导致打滑力矩大小出现偏移, 故每轮大修都需对其数值进行校验调整。传统调整工艺费时费力, 整体效率低, 且存在调整过程中设备倾翻导致损坏设备或人员受伤的可能; 为解决上述问题, 开发了一套专用于打滑力矩调整的新型工具, 该工具做到了节省人力, 提高检修效率, 降低作业风险, 达到了快速、安全调整打滑力矩的目的。

## 关键词

碎石过滤器; 涡轮; 蜗杆; 打滑力矩

## 1 引言

碎石过滤器蜗轮蜗杆减速机具备力矩保护功能, 以某电厂为例: 力矩保护值为 420-450N.m, 力矩较大。电机启动后, 力矩通过蜗轮蜗杆减速机进行传输, 当传输的力矩过大时, 减速机内部装置打滑, 避免力矩的继续输出进而损坏设备, 以实现保护设备的目的, 每轮大修均需校验该保护力矩数值。

## 2 设备信息介绍

### 2.1 碎石过滤器简介

碎石过滤器是安装在冷凝器海水入口处的一个过滤网, 它起到阻止碎石, 渣屑及海生物进入冷凝器水室和冷凝器钛

管的作用, 从而达到保护冷凝器钛管不被杂物阻塞, 冷凝器管板焊缝不被异物磨损导致泄漏。碎石过滤器主要由以下部分组成:

1) 滤网: 用以捕集渣屑, 海生物等, 避免杂物进入冷凝器水室磨损管板密封焊或损伤钛管;

2) 反洗转子: 用于在反冲洗时清除滤网上的渣屑, 海生物等; 反洗过程中, 反洗转子持续在整个滤网网面上转动。滤网上被转子覆盖区域内的杂质所承受的前后压差下降。杂质前后压差下降的同时该区域水流反向, 过滤水产生的反洗水流将杂质冲离网片。

3) 传动系统: 由电机、蜗轮蜗杆减速机、万向轴(含两个万向节)、伞型齿轮箱、主轴组成, 为反洗转子运转提供扭矩;

碎石过滤器可持续监测滤网两侧压差, 当滤网两侧的压差达到预定值时, 反洗转子在整个滤网扇形面内转动, 在反洗转子覆盖部分的滤网截面内, 冷却水由于压差的作用而

【作者简介】樊印(1999—), 男, 中国湖北随州人, 本科, 助理工程师, 从事机械设备检修研究。

反向流动，从而将积聚在滤网上的杂物冲掉，通过排污管路排出，以达到清洗滤网的目的。

## 2.2 蜗轮蜗杆减速机

### 2.2.1 蜗轮蜗杆箱减速机原理

蜗轮蜗杆减速机通过蜗轮与蜗杆的配合，进行速度与扭矩的转换，减速后能够极大提升系统的输出扭矩，较高的扭矩不但可以协助完成强度更大的工作，同时也能够避免由于扭矩不足磨损加重的情况<sup>[1]</sup>。

蜗轮与蜗杆在中间平面内可以看作齿轮与齿条，蜗轮与蜗杆传动的两轴互相交叉垂直，蜗轮的齿包裹着蜗杆，在啮合时，蜗杆转一圈，就带动蜗轮转过 1 个齿（单头蜗杆）或几个齿（多头蜗杆）。在实际工作时，只能蜗杆转动带动蜗轮，而蜗轮的转动无法带动蜗杆。

### 2.2.2 蜗轮蜗杆减速机打滑力矩的作用及影响

打滑力矩对碎石过滤器起到了保护作用。碎石过滤器在运行期间出现卡涩等异常情况，设备无法正常运行时，会出现蜗杆的输出扭矩大于打滑力矩设定值（以某电厂为例，打滑力矩为 420-450N.m），蜗轮与蜗杆配合处出现打滑，阻断扭矩的传输，连续打滑会触发报警信号，设备自动停运，继而起到保护设备的作用。打滑力矩出现偏差时，会有以下影响：

#### 打滑力矩过大

当打滑力矩过大时，设备正常运转期间无影响，若设备出现卡涩等异常情况，由于蜗轮与蜗杆配合过紧，电机将继续通过齿轮箱对碎石过滤器输入大于设定值的扭矩，设备继续运转，无法触发打滑信号停下设备，继而导致设备损坏。

#### 打滑力矩过小

当打滑力矩过小时，设备无法正常运转。蜗轮与蜗杆啮合不到位，电机通过齿轮箱对碎石过滤器输入的扭矩无法有效继续向下传递，会出现异音、抖动等异常情况，进而导致设备失效无法正常运转<sup>[2]</sup>。

因减速机工作时蜗轮不断受到蜗杆的磨损，蜗轮是减速机中最容易损坏的零件，蜗轮的损坏会直接导致减速机不能安全正常地工作<sup>[3]</sup>。同时也会导致打滑力矩大小出现偏移，故每轮大修都需要对蜗轮蜗杆减速机的打滑力矩进行调整。

### 2.2.3 打滑力矩传统调整工艺

蜗轮蜗杆减速机调整打滑力矩时，需要 4 人配合，耗时 1~2 小时才能完成。两人用力踩住减速机底部法兰，防止减速机侧翻，一人使用摇把及吊带固定住蜗杆轴，防止蜗杆轴转动，一人使用力矩扳手进行打滑力矩的校验，并持续调整输出轴后端的六角螺栓，直至将打滑力矩调整到程序要求数值，整个调试过程费时费力。

## 3 打滑力矩调整工艺改进

### 3.1 总体思路

为节省人力，提高检修效率，降低作业风险，需设计

一种可靠的固定结构，用于固定蜗轮蜗杆减速机，以达到快速、安全调整打滑力矩的目的。

### 3.2 工具组成部分

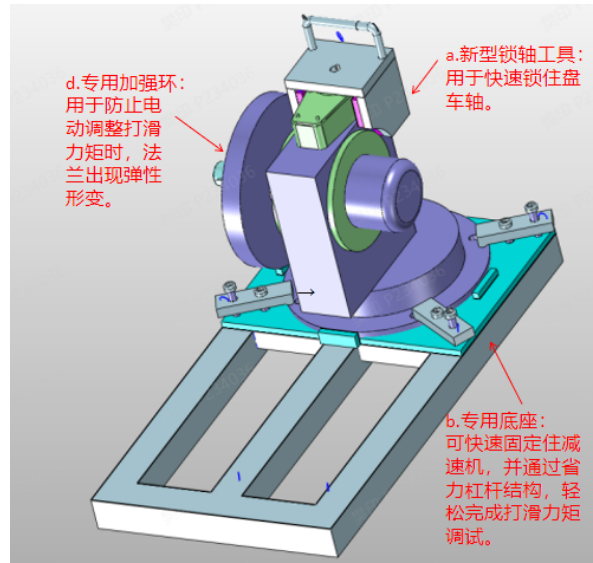


图 1 专用工具体积结构示意图

如图 1 所示，通过科创项目开发了打滑力矩实施专用工具，对传统打滑力矩调整工艺进行了优化改进。该工具由底座、锁轴卡扣、电动力矩扳手，加强环共四部分组成工具。

### 3.3 工具创新点

#### 专用锁轴卡扣

针对蜗杆轴在打滑力矩调整过程中转动的问题，测量齿轮箱蜗杆轴及其专用摇把尺寸，设计加工了专用锁轴卡扣，替代传统盘车摇把，直接插入蜗杆轴即可锁住蜗杆，节省人力的同时，确保蜗杆的锁固更为可靠。

#### 专用底座

针对打滑力矩调整过程中的齿轮箱侧翻风险，新工具设计了全新的固定底座，只需将齿轮箱滑入压板下方，手动旋紧螺栓，即可有效固定，且针对多基地齿轮箱打滑力矩大小不一致的情况，该底座尾部还可进行伸缩，确保在施加不同力矩的情况下，依然可保持稳定不会侧翻。主要特点如下：

#### ①利用四个限位块的设计

以齿轮箱电机端法兰为基准圆，均匀布置，卡住齿轮箱电机端法兰的四个点，避免了校验过程齿轮箱的倾倒，若法兰厚度与限位块的间隙较大，则可手动旋紧限位块上的锁紧螺栓顶住法兰面；

#### ②可伸缩的底座设计

底座尾部可进行伸缩，达到加长力臂的目的，确保在施加不同力矩时不会翘翻；

#### ③可快速调整方向

若要校验另外一个方向，则只需将齿轮箱电机端法兰旋转 180° 即可，大大缩小了底座的尺寸；

#### 省力杠杆结构

设计了省力杠杆结构,可轻松完成打滑力矩调整;齿轮箱正反两个方向的打滑力矩均需调整,在调整完一个方向后,只需松开压板螺栓,将齿轮箱旋转180°,再次旋紧,即可完成另一方向打滑力矩调整。

#### 反力臂加强环

使用电动力矩扳手时,反力臂需支撑点,针对此问题设计制作了加强环,该加强环为高碳钢材质,具有较高强度及抗形变能力,通过四颗螺栓与减速机输出轴法兰面连接,避免单点支撑反力臂导致法兰面出现弹性形变。

### 3.4 工具使用方法

#### 手动调整

使用内六角扳手松开固定底座上部压板四颗内六角螺栓,将减速机滑入压板下方后,使用扳手旋紧压板上的四颗内六角螺栓,插入锁轴卡扣,锁固蜗杆轴(因蜗轮蜗杆减速机表层均有进行刷漆防腐,导致减速机蜗杆轴外部设备本体尺寸有细微差异,若锁轴卡扣无法直接插入,可通过调节锁轴卡扣侧面的4颗内六角螺栓调节锁轴卡扣宽度,直至锁轴卡扣可套入蜗杆轴,完成锁轴),再使用专用套筒配合力矩扳手即可单人完成打滑力矩调整。

反向打滑力矩调整只需使用扳手松开压板上的四颗内六角螺栓,将减速机旋转180°,再次旋紧螺栓,即可完成反向打滑力矩调整。

#### 电动调整

使用内六角扳手松开固定底座上部压板四颗内六角螺栓,将减速机滑入压板下方后使用扳手旋紧压板上的四颗内六角螺栓,插入锁轴卡扣,锁固蜗杆轴(因蜗轮蜗杆减速机表层均有进行刷漆防腐,导致减速机蜗杆轴外部设备本体尺寸有细微差异,若锁轴卡扣无法直接插入,可通过调节锁轴卡扣侧面的4颗内六角螺栓调节锁轴卡扣宽度,直至锁轴卡扣可套入蜗杆轴,完成锁轴),安装加强环,并使用扳手将螺栓紧固(必须紧固到位,否则会导致电动力矩扳手反力臂对加强环施加的力不能均布在整个法兰面上,可能导致减速机法兰面出现弹性形变),将电动力矩扳手接通电源,调整至所需档位,单人即可完成打滑力矩调整。

反向打滑力矩调整只需使用扳手松开压板上的四颗内六角螺栓,将减速机旋转180°,再次旋紧螺栓,即可完成反向打滑力矩调整。

### 4 新旧工艺优缺点对比

#### 旧工艺:

优点: NA

缺点: 使用吊带绑扎固定,易松动导致蜗杆轴固定失效;工作效率低,所需人力多,耗费时间长;设备侧翻风险,调整力矩过大,易导致设备整体固定失效出现侧翻。

#### 新工艺:

优点: 打滑力矩调整速度快,只需将外部减速机放置

固定底座上,插入锁轴卡扣,即可对打滑力矩调整;消除设备损坏风险,固定底座可有效固定外部减速机,防止侧翻导致设备损坏;质量提升,锁轴卡扣对蜗杆轴有效锁固,避免其转动导致打滑力矩调整出现偏差;本工具制造成本低,结构简单,可扩展至同类型设备。

缺点: NA

## 5 新工艺所取得成效

### 5.1 现场应用情况

该打滑力矩实施工具已在多轮大修现场进行应用,并取得良好成效;做到了节省人力,提高检修效率,降低作业风险,达到了快速、安全调整打滑力矩的目的。

且该工具可在国内多电厂进行推广应用,目前国内较多电厂均采用以蜗轮蜗杆减速机为外部传动机构的碎石过滤器,结构相同,均需要每轮大修对蜗轮蜗杆减速机进行力矩校验,该工具满足国内多电厂推广应用的前景。

### 5.2 取得收益

提升检修效率:

传统方式单台减速机调整打滑力矩需要4人配合,耗时1~2小时才能完成,使用新工具仅需1~2人0.5小时即可完成单台打滑减速机的打滑力矩调整,显著缩短了检修工期;

降低维修成本:

提升检修效率的同时,只需2人即可完成全部打滑力矩调整工作,显著节省了人力,节省了检修成本。

消除作业风险:

新工具更为有效的对蜗轮蜗杆减速机进行了固定,避免了设备调试过程中倾翻,导致损坏设备或人员受伤的情况发生。

## 6 结语

1) 新工具的应用解决了传统调整方法减速机及其蜗杆轴难以固定的问题,使用新工具进行打滑力矩调整时,专用底座及锁轴卡扣调可有效固定住减速机本体及蜗杆轴;

2) 新工具增加了电动调整功能,配合加强环使用,显著节省人力,并且能高效完成打滑力矩调整;

3) 新工具的应用做到了节省人力,提高检修效率,降低作业风险,达到了快速、安全调整打滑力矩的目的,可替代传统打滑力矩调整工艺。

### 参考文献

- [1] 孙金川,郭涛. 蜗轮蜗杆减速机的应用与维护探讨[J].南方农机,2019,50(03):48.
- [2] 崔献刚. 蜗轮蜗杆减速机故障与维护分析[J].科技资讯,2009,(24):241.DOI:10.16661/j.cnki.1672-3791.2009.24.013.
- [3] 姚雯聪. 蜗轮蜗杆减速机常见故障原因与处理方法[J].机械管理开发,2022,37(06):325-326+331.DOI:10.16525/j.cnki.cn14-1134/th.2022.06.140.