

# 叶片式主轴密封及其应用

刘洪强<sup>1</sup>, 阳述辉<sup>1</sup>, 刘宇<sup>2</sup>

(1. 四川省都江堰人民渠第二管理处星火电站, 四川 德阳 618000;

2. 德阳金宇电机备件制造有限公司, 四川 德阳 618000)

**摘要:**中小型水电站采用接触式主轴密封结构, 磨损后漏水问题较为突出。为解决该问题, 设计了一种新式主轴密封——叶片式主轴密封, 其主要特点是采用间隙式结构, 在恰当选取结构参数后便可达到在机组运行中不漏水。该主轴密封制造、安装简单, 使用寿命长, 克服了以往主轴密封接触磨损的缺陷。

**关键词:** 主轴密封; 止水叶片; 组合结构; 间隙; 接触

**中图分类号:** TV7; TV737; TV738

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1001-2184(2014)增-0164-02

## 1 水轮机主轴密封存在的磨损与漏水问题

水轮机主轴密封是水轮发电机组的重要部件, 由于机组型式多样, 其主轴密封结构有较大差异。图1所示橡胶活塞式主轴密封中的橡胶活塞在供水系统提供的0.4 MPa的压力水作用下与抗磨环紧密接触, 从而阻止了漏水的通过。理想的状态是旋转的橡胶活塞与抗磨环间形成很薄的一层水膜, 两者间的磨损很小, 可以阻止漏水的通过。但是, 对于大多数中、小型水电站来讲, 水质差、泥沙含量较重而无法形成这种理想状况, 机组运行中橡胶活塞及抗磨环磨损很大, 同时, 由于泥沙进入密封槽, 影响了橡胶活塞的灵活动作, 一段时间后橡胶活塞与抗磨环不能紧密接触而使漏水量急剧增加, 有的电厂采用多台抽水泵日夜排水也难以排除漏水, 从而不得不停机检修更换。图2所示的盘根式主轴密封靠盘根与主轴紧密接触而止水。同样, 由于水质不好, 盘根易磨损退让, 漏水增大时需经常更换盘根或增加压盖紧力, 常年累月, 主轴被磨出较深的沟槽, 只有对主轴实施修复后才能使用。

## 2 叶片式主轴密封的结构及原理

笔者以上所介绍的两种常用的主轴密封均为接触式主轴密封, 都因为接触磨损而产生破坏。为了克服接触式主轴密封这一固有缺陷, 我们设计出了一种间隙式主轴密封, 其基本结构如图3所示, 包括转动密封圈与固定密封圈。其转动密封圈与转轮或主轴固定, 机组运行时随主轴一起

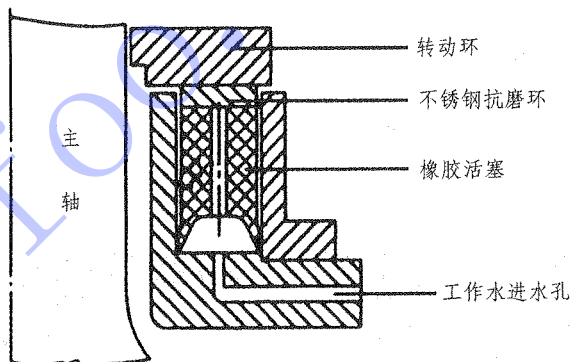


图1 橡胶式主轴密封结构图

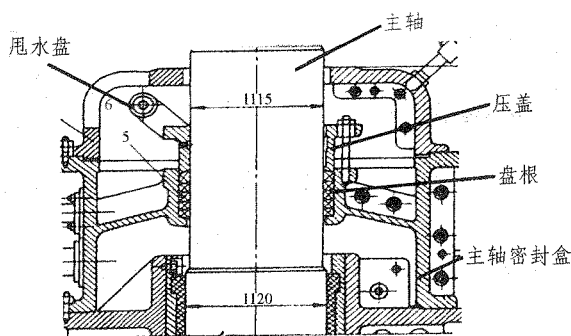


图2 盘根式主轴密封结构图

顺时针旋转, 固定密封圈与顶盖或前盖固定。转动密封圈上设有两组止水叶片, 一组轴向止水叶片, 类似于螺旋泵密封的多头螺纹; 一组径向止水叶片, 类似于离心泵叶片。我们将这种主轴密封结构称为叶片式主轴密封。

叶片式主轴密封的止水压力  $p$  与转速  $n$ 、止水叶片长度  $L$ 、叶片倾角  $\alpha$ 、叶片间距  $t$  以及转动密封圈与固定密封圈之间的间隙  $d$  有关。由于进

收稿日期: 2014-04-14

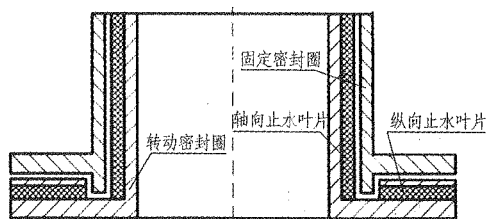


图3 间隙式主轴密封结构图

入间隙的漏水运动情况复杂且不稳定,该关系可通过实验由一些关系曲线描述。为了简化实验且在实际应用中容易加工制造,我们将叶片宽度取为定值,同时亦将间隙 $d$ 取为定值。考虑到主轴抬机及窜动因素,轴向间隙取值较大,而径向间隙则考虑轴承间隙及磨损取值较小。实验中,我们使用了一定尺寸的转动密封圈和固定密封圈,并对转动密封圈的叶片倾角及间距作了多样选取。实验中,换用不同的转动密封圈,取得了在叶片间距 $l$ 一定时,不同转速 $n$ 下止水压力 $p$ 与叶片角度 $\alpha$ 的关系曲线;以及在叶片角度 $\alpha$ 一定时,不同转速 $n$ 下的止水压力 $p$ 与叶片间距 $d$ 的关系曲线。在具体的水轮机主轴密封的改造中,设计人员可以根据这两种关系曲线恰当地选取叶片角度及间距进行设计。根据原主轴密封的空间大小,叶片式主轴密封可采用单一或组合式结构,投入运行后主轴密封产生的止水压力 $p$ 与顶盖漏水压力平衡时漏水将止于间隙的某一位置而不能漏出。

### 3 叶片式主轴密封在星火电站中的应用及效果

根据叶片式主轴密封的基本结构和原理,2013年4月,我们对星火电站1#机主轴密封进行了改造。星火电站安装两台主轴混流式水轮发电机组,单机容量为3 600 kW,水轮机型号为HL80-LJ-84,设计水头87 m,转速为750 r/min。原主轴密封结构如图4所示,抗磨环为两半结构,固定于水轮机主轴法兰上,橡胶活塞由0.4 MPa水压顶出,其端面与抗磨环接触而止水。使用过程中发现,每经过一个洪水期,抗磨环与橡胶活塞磨损非常严重,漏水量大到使用两台抽水泵都无法将机坑中的积水排除的程度,严重影响转动油盆的安全运行,必须停机更换抗磨环。在漏水量较大时,出于安全运行考虑,在丰水期机组往往不能满负荷运行,从而造成了较大的损失。

星火电站1#机主轴密封经改造后采用了叶片式主轴密封的组合式结构,恰好利用了原主轴

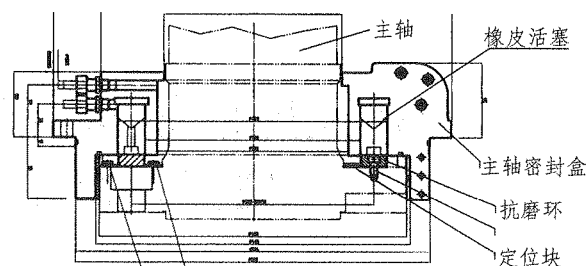


图4 改造前的原主轴密封结构图

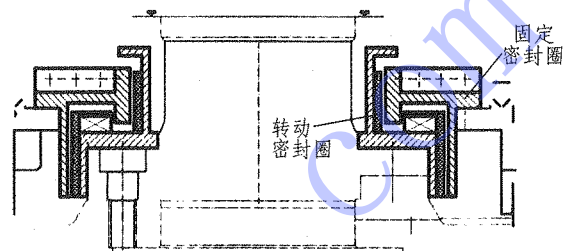


图5 改造后的主轴密封示意图

密封的安装空间。改造后的主轴密封如图5所示。转动密封圈采用两组轴向止水叶片和一组径向止水片,固定于水轮机主轴法兰上,机组运行时随主轴一起转动,固定密封圈固定于顶盖上。该结构加工制造简单,安装方便,同时省去了供水系统。

该主轴密封经过一年时间的运行,安全可靠,取得了非常明显的效果:由于不漏水,在丰水期,1#机可以超负荷发电,出力可达3 900 kW,在整个发电周期内主轴密封均安全运行。与之相比,2#机由于采用原来的主轴密封,洪水期发现漏水量加大,需停机两天更换抗磨环且经过一个月时间漏水量又加大,只好减负到3 500 kW以下运行,同时采用抽水泵排除机坑中的积水。

### 4 叶片式主轴密封的特点

叶片式主轴密封具有以下特点:结构简单,加工制造容易,安装方便,使用安全可靠,可以做到零泄漏,同时间隙式结构磨损小,使用寿命长。这些特点亦为叶片式主轴密封的优点,结合检修密封的配套使用,完全可以替代目前水电站广泛使用的各种接触式主轴密封。

#### 作者简介:

刘洪强(1964-),男,四川西昌人,站长,工程师,从事水电站技术及管理工作;

阳述辉(1969-),男,四川德阳人,助理工程师,从事水电站运行及技术工作;

刘宇(1966-),男,四川渠县人,主任,从事水电站技术开发及改造工作。

(责任编辑:李燕辉)