

# 中继式自动同步离合器啮合过程及设计中的几个问题

刘 赓 方玉昌

(哈尔滨船舶锅炉涡轮机研究所)

〔摘要〕 本文主要介绍了中继式自动同步离合器结构, 并论述了其啮合过程及设计中的几个问题。

关键词 离合器 啮合 过程 设计

## 前 言

自动同步(Synchro-Self-Shifting)离合器在舰船、电站等动力装置中应用甚广。普通的自动同步离合器结构简单, 是一套棘轮棘爪, 单螺旋齿花键机构。而对于大功率、高转速的自动同步离合器则不同, 由于尺寸大、速度高, 这样大惯量元件的高速啮合运动会造成较大的撞击, 因此大型的自动同步离合器都采用两套棘轮棘爪, 两副螺旋齿花键的“中继式”(Relay)机构, 称之为中继式自动同步离合器。这里对该离合器的结构、动作过程及设计加以论述。

## 1 中继式自动同步离合器结构

图1是23 000kW, 转速为3 000 r/min 燃气轮机发电装置中的中继式自动同步离合器。主要有主动件、中间件、中继滑

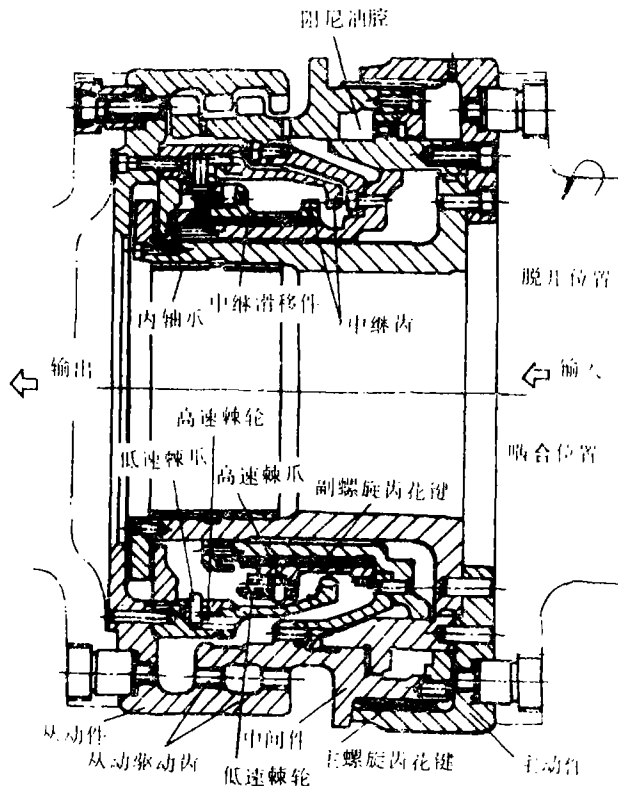


图1 23 000 kW, 3 000 r/min 中继式自动同步离合器

移件和从动件四部分组成。中间件置于主动件上, 并以主螺旋齿花键互相联接。中继滑

收稿日期: 1990-06-04

本文联系人 刘赓 47 工程师 哈尔滨 150036

移件置于中间件上,并以副螺旋齿花键相互联接。

主要机构有高速棘轮棘爪、低速棘轮棘爪、主螺旋齿花键、副螺旋齿花键、中继齿、从动驱动齿、内轴承和阻尼油腔等。高速棘轮棘爪分别置于从动件和中继滑移件上。低速棘轮棘爪分别置于中继滑移件和从动件上。中继齿的内外齿分别设置在从动件和中继滑移件上,从动驱动齿的内外齿分别设置在从动件和中间件上。

设置两套棘轮棘爪是为减少棘爪、棘轮与棘爪弹簧的疲劳磨损,以增加离合器零件的寿命。当离合器的主、从动件都处于静止或低速状态时,低速棘轮棘爪发生棘合作用。此时高速棘轮棘爪处于活轮状态,棘爪与棘轮齿不接触。当主、从动件处于高速啮合时、高速棘轮棘爪发生棘合作用,而低速棘轮棘爪不发生作用,低速棘爪弹簧在离心力作用下失去作用,棘爪与棘轮齿脱开。阻尼油腔的设置是为了减少同步啮合时造成的撞击和振动。

## 2 中继式自动同步离合器的啮合过程

中继式自动同步离合器的啮合过程是

分两步进行的,在此起主要作用的是中继齿。

### 2.1 中继齿

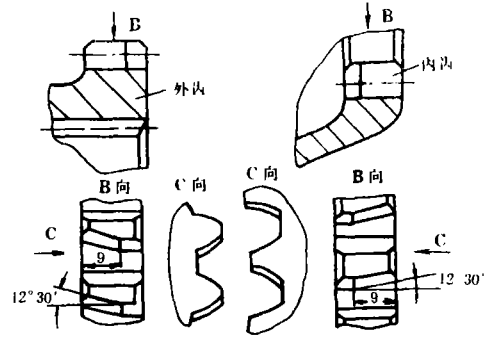


图2 中继齿

图2是中继齿的内齿和外齿齿形。该齿型为直齿,但在齿厚方向斜切去一部分,所切部分为齿的工作面,并在轴向进入啮合方向的后部。斜切之后对中继齿的啮合和脱开带来极大的方便,这在下面的啮合过程中可以看到。

### 2.2 啮合过程

#### 2.2.1 准备啮合

图3表示了中继齿的啮合全过程。当高速、低速棘轮棘爪都处于棘合状态时中继齿齿位对准,内齿和外齿轴向间距为 $\Delta$ 间。齿侧间隙:工作面为 $\Delta_{11}$ ,非工作面为 $\Delta_{12}$ 。考虑到啮合过程运动的惯性前冲,装配时工

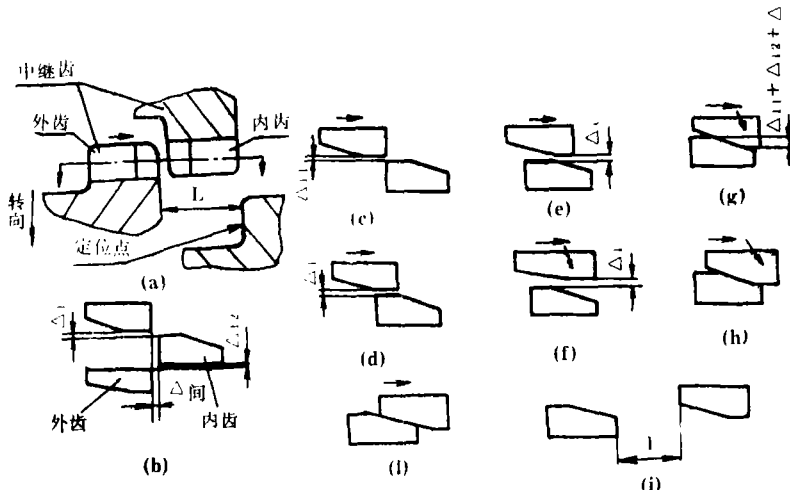


图3 啮合过程的中继齿动作过程

工作面间隙略大于非工作面间隙 ( $\Delta_{11} > \Delta_{12}$ ) 一般为  $\Delta_{11} : \Delta_{12} = 3:2$ , 如图 3 (a)、(b) 所示。

### 2.2.2 中继啮合齿

当离合器输入端 (主动件) 相联接的动力源 (燃气轮机等) 在起动或加速时, 一旦输入端的转速超越输出端 (从动件) 转速时, 棘轮棘爪即发生棘合作用, 使中继滑移件沿副螺旋齿花键作螺旋轴向滑移, 造成中继齿啮合。这时中继齿齿侧间隙集中到非工作面上等于  $\Delta_{11} + \Delta_{12} + \Delta$ 。  $\Delta$  是由于齿工作面斜切之后, 在斜切部分齿厚减薄内外齿啮合时造成齿隙的增加量。此时中继齿的外齿轴向滑移  $L$  到定位点为止, 由图 3 (a) 所示。分析这段过程: 首先是外齿轴向直线滑移到棘轮棘爪轴向脱开, 之后, 内外齿斜面迅速啮合, 最后再沿斜面轴向滑移到定位点完成啮合, 如图 3 (g) 所示。

当中继齿在此啮合状态下, 从动驱动齿呈脱开状态, 内齿和外齿轴向间距为  $\Delta_{从间}$ 。圆周方向齿位错开, 这就需中继齿的外齿继续轴向滑移 (沿斜切面轴向进行) 到  $L_1$ 。与此同时齿的侧隙也增加, 从动驱动齿轴向间隙消除, 内齿和外齿齿位对准, 齿侧间隙分配达到理想状态。由经验得出: 工作面与非工作面齿侧间隙比为 3:2。这原则在装配时必须保证, 图 4 所示。

### 2.2.3 从动驱动齿啮合

从动驱动齿的啮合过程也可分为两步进行。第一步由中继齿对该齿导向并定位使其能进入啮合。第二步从动驱动齿本身继续完成啮合。

由于中继齿最后的啮合是沿斜面进行的, 因而对从动驱动齿的导向也沿斜面进行。这使得从动驱动齿工作面啮合过程为逐渐进行, 而减少了冲击。它不象棘轮棘爪定位和导向那样, 使啮合齿突然接触, 造成振动, 冲击。对这段啮合过程做如下分析:

从动驱动齿工作面间隙  $\Delta_{21}$  决定了中

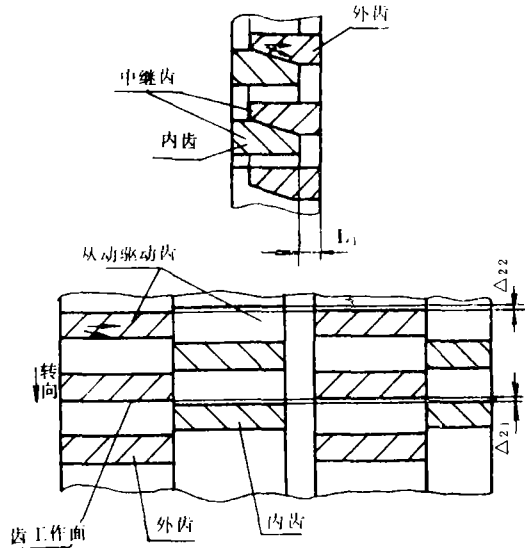


图 4 从动驱动齿准备啮合状态  
继齿对该齿的导向距离。当从动驱动齿工作面间隙  $\Delta_{21}$  转换到中继齿周围齿侧间隙即是  $\Delta_1$ , 公式:

$$\phi = \Delta_{21} / R_{从}$$

$$\Delta_1 = \phi \cdot R_{继}$$

式中:  $R_{从}$  为从动驱动齿分度圆半径  
 $R_{继}$  为中继齿分度圆半径

换言之: 当中继齿的外齿继续沿斜面轴向滑移达到周向齿侧间隙增加  $\Delta_1$  时, 轴向滑移量  $L_2$  即是中继齿对从动驱动齿的导向距

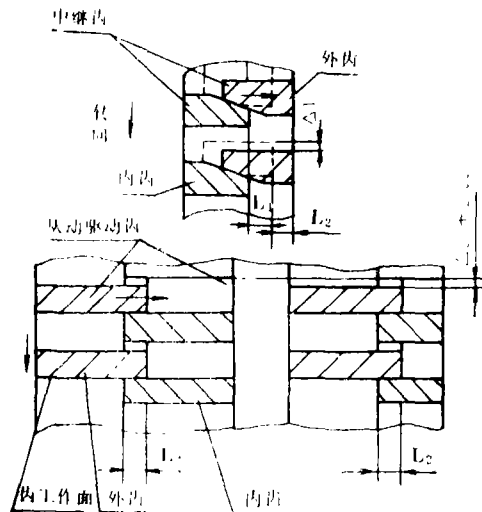


图 5 从动驱动齿第一步啮合完成状态  
离。此时从动驱动齿轴向啮合长度为  $L_2$ , 周

向齿侧间隙 $\Delta_{21}$ 消除。第一步啮合运动完成(图5)。

当从动驱动齿工作面接合之后,它本身即可导向继续进入啮合,直到沿齿宽全部啮合为止。在这过程中从动驱动齿的啮合行程是沿直线进行的,在圆周上并没有相对转动。而中继齿也是随从动驱动齿轴向移动而脱开,如图3(i)和图6所示。这样从动驱动齿啮合运动完成。

### 2.3 脱开过程

离合器脱开过程是分三步进行的。首先是从动驱动齿脱开,中继齿啮合;然后是中继齿脱开,棘轮棘爪进入啮合;最后棘轮棘爪归位呈棘合状态。完成了脱开全过程。

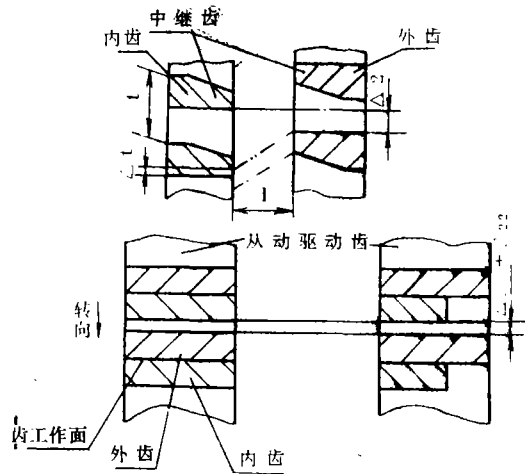


图6 从动驱动齿啮合完成状态

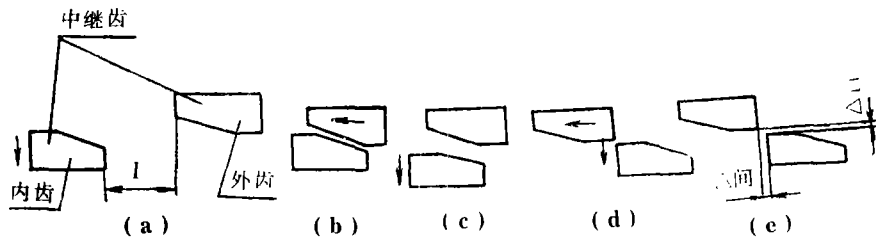


图7 离合器脱开过程中的中继齿动作过程

图7表示了中继齿在离合器脱开全过程中的位置。

#### 2.3.1 从动驱动齿脱开, 中继齿啮合

当主动件相对于从动件减速时,离合器脱开。从动件与中间件之间的作用力将使中间件做反向螺旋运动。首先是从动驱动齿非工作面接触。此时也可看作主动变为被动,被动变为主动。因此从动驱动齿的齿侧间隙集中到非工作面侧。相应的中继齿齿侧间隙也随之改变,工作面间隙加大非工作面间隙减少。

当中间件做反向螺旋运动时,从动驱动齿在反向力作用下沿轴向直线滑移而脱开。与此同时从动驱动齿对中继齿定位并导向使中继齿轴向直线运动进入啮合。

#### 2.3.2 中继齿脱开, 棘轮棘爪进入啮合

当从动驱动齿脱开时中继齿迅速啮合,

而该中继齿是非工作面接合。这时齿侧间隙集中到工作面一侧。中继滑移件与从动件之间的作用力使中继滑移件做反向螺旋运动,使得中继齿沿轴向直线滑移到齿全部脱开为止。与此同时棘轮棘爪在中继齿的定位和导向作用下轴向进入啮合。

#### 2.3.3 棘轮棘爪归位

中继齿脱开,棘轮棘爪轴向进入啮合,但这时棘轮棘爪并未全部归到原来位置。也就是棘轮棘爪轴向向中心没有对准,仍存有一定间距为 $\Delta_{间}$ 。这时在中继滑移件继续作反向螺旋运动时达到棘轮棘爪轴向对中,回到原来位置。同时中继齿轴向间距 $\Delta_{间}$ 也恢复(见图3(b))。脱开过程完成。

应当指出:由于中继齿脱开时齿侧间隙都集中到工作面上,因而在它的定位和导向作用下进入轴向啮合的棘轮棘爪并非棘合状

态。而是棘轮比棘爪（或棘爪比棘轮）在圆周上前置了一段距离。这段距离等于中继齿非工作面间隙对应到棘轮（或棘爪）圆周上的距离。这就有利于棘轮（或棘爪）轴向顺利的进入啮合。由于中继滑移件连续作反向螺旋运动，当中继齿脱开，棘轮（或棘爪）即迅速靠向棘爪（或棘轮）消除前置距离，达到棘合状态。此时，一切都恢复到原来位置即准备啮合状态。

### 3 中继式自动同步离合器设计中的主要问题

中继式自动同步离合器把同步啮合过程分成两步进行：首先是棘轮棘爪棘合，驱使小惯量的中继滑移件沿着副螺旋齿花键作螺旋运动造成中继齿同步啮合。然后，再借助于中继齿棘合作用驱使大惯量中间件沿主螺旋齿花键作螺旋运动使离合器的从动驱动齿进入啮合。

根据离合器啮合过程决定了从动驱动齿和棘轮棘爪之间必须满足文献[1]给出的特定关系，以保证任意一个棘爪与任意一个棘轮齿棘合时，从动驱动齿的内外齿都要互相对准，可以搭接、进入啮合。

中继齿的设计除满足上述原则外，还必须注意下面各点。

**3.1 中继齿齿数必须与从动驱动齿齿数相同，**

$$\text{即 } z_{\text{继}} = z_0 = n \cdot b \cdot z_r$$

**3.2 高速棘轮齿数必须与低速棘轮齿数相同。高速棘爪组数、个数必须与低速棘爪组数、个数相同。**

**3.3 中继齿的齿型**

**3.3.1 齿型必须是直齿**

**3.3.2 齿型的工作面沿齿厚方向，轴向进入啮合的后部斜切去一部分将齿厚减薄。通过实验证明斜切角度与轴线成 $10^\circ \sim 13^\circ$ 为最佳，斜切角度不宜过大，斜切长度要适中。**

斜切作用有三点：

- a. 在离合器脱开过程中便于中继齿退出。
- b. 中继齿斜切之后使得从动驱动齿啮合平稳。
- c. 防止了中继齿与从动驱动齿同时接触而承受负荷。

**3.3.3 中继齿的内外齿齿宽、轴向间距、齿侧间隙、齿面斜切角度，斜切长度等与从动驱动齿的内外齿齿宽，轴向间距和齿侧间隙等因素有关，必须互相匹配，选择合理。**

**3.3.4 考虑到当离合器啮合之后，主动件（输入端）有可能会产生负荷波动，从而可能造成中继滑移件出现往复螺旋运动。为避免中继齿的外齿进入内齿。在结构设计中需使中继齿的内外齿齿端重迭一部分  $\Delta t$ （见图6）其公式如下：**

$l$  距离内转过弧长：

$$\phi \cdot R_{\text{继}} = \frac{2l \cdot \text{tg}\beta}{D_{\text{螺}}} \cdot R_{\text{继}}$$

式中： $\beta$ —副螺旋齿花键螺旋角

$D_{\text{螺}}$ —副螺旋齿花键分度圆直径

$R_{\text{继}}$ —中继齿分度圆半径

$l$ —当离合器啮合状态下中继齿内外齿两端距离见图6。

中继齿分度圆齿距

$$t = \pi \cdot m$$

式中： $m$ —中继齿模数

中继齿内外齿齿端圆周方向重迭部分

$$\Delta t = t - \Delta_2 - \phi R_{\text{继}}$$

式中： $\Delta_2$ —中继齿啮合状态下非工作面齿侧间隙。

本文在写作过程中得到了苏文斗高级工程师的指导在此表示感谢！

### 参 考 文 献

1 苏文斗，李承江，刘 颖 .S.S.S.离合器的设计.舰船透平锅炉，1976（4）

## On Some Design Problems of Relay-type Synchro-Self-Shifting Clutches

Liu Cheng, Fang Yuchang

(Harbin Marine Boiler & Turbine Research Institute)

### Abstract

This paper describes the construction and working principle of a relay-type synchro-self-shifting clutch with some problems involved in gear mesh process and design approach being also discussed.

**Key words:** *clutch, gear mesh, design*

(李乡复 编辑)

### 简讯

## 印尼正在筹建联合循环电站

据“Gas Turbine World”1990年9—10月号报道,印尼 PLN 国营电力公司已把建造1530 MW联合循环电站工程项目承包给了以日本三菱公司为首的国际财团。该电站将燃用天然气,安装在东爪哇的Grisik。MHI(三菱重工)是工程的总承包人,这项工程的总价格约为7.2亿美元。

Grisik电站将由三套联合循环装置组成。每套装置包括3台MW701D型燃气轮机、3台余热锅炉和1台汽轮机。ISO条件下每套装置的额定功率为540 MW。每台燃气轮机的额定功率为119.6 MW,每台汽轮机的额定功率为172.1 MW。

(吉桂明 供稿)