

# 目 录

第一章: 安全指南	6-12
第二章: 维护间隔	13-21
1. 风机的润滑	14
2. 润滑周期及内容	17
3. 螺栓的检查	19
第三章: 传动系统	22-74
1. 叶轮	23
1. 1 叶片性能介绍	23
1. 1. 1 叶片的结构	23
1. 1. 2 叶片参数	24
1. 1. 3 叶尖闸结构	27
1. 1. 4 叶尖功能	28
1. 1. 5 表面状况	28
1. 1. 6 检查空气刹车的打开和关闭	28
1. 2 叶片的检查	29
1. 3 叶片的维护和修复	30
1. 3. 1 维护	30
1. 3. 2 修复	31
2. 齿轮箱	35
2. 1 齿轮箱的结构	35
2. 2 齿轮箱的主要附件	36
2. 2. 1 高速闸盘	36
2. 2. 2 旋转接头和液压油分配器	36
2. 3 齿轮箱的运行	37
2. 3. 1 润滑系统元器件介绍	37
2. 3. 2 齿轮油泵的运行	41
2. 3. 3 齿轮箱的工作环境	42
2. 3. 4 综合说明	44
2. 4 齿轮箱的维护	44
2. 4. 1 换油频率	44

2. 4. 2 齿轮油滤清器的维护 .....	47
2. 4. 3 目测检查齿轮传动机构 .....	48
3. 万向联轴器 .....	49
3. 1 万向联轴器的结构 .....	49
3. 2	
4. 安全离合器	



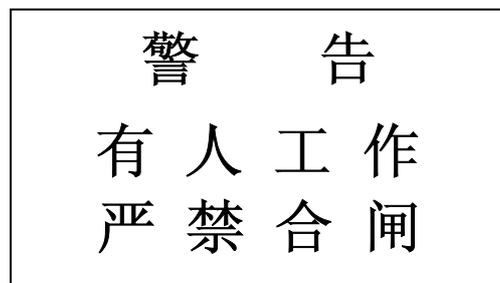
第三章: 传 动 系 统	20-70
第四章: 偏 航 系 统	71-79
第五章: 液 压 系 统	80-98
第六章: 电 控 系 统	99-144

# 第一章 安全指南

## 1. 基本原则

风机维护工作属于高空作业，应特别注意人身及设备安全，运行人员与检修技术人员无论何时在进行风机作业时，必须认真遵守下列安全规则：

1. 1 在风速 $\geq 12\text{m/s}$ 时，请勿在叶轮上工作。  
在风速 $\geq 18\text{m/s}$ 时，请勿在机舱内工作。
1. 2 雷雨天气，请勿在机舱内工作。
1. 3 在风机上工作时，应确保此期间无人在塔架周围滞留。
1. 4 工作区内不允许无关人员停留。
1. 5 在吊车工作期间，任何人不得站在吊臂下。
1. 6 在塔架及机舱内不能单独工作。
1. 7 平台窗口在通过后应当立即关闭。
1. 8 工作过程中应注意用电安全，防止触电。在进行与电控系统相关的工作之前，断开主空开以切断电源，并在门把手上挂警告牌。



1. 9 不允许带电作业：如果某项工作必须带电作业，只能使用特殊设计的并经批准可使用的工具工作，并将裸露的导线作绝缘处理。
1. 10 塔架内梯子最大载重 **300kg**。
1. 11 地面与机舱内同时有人工作时，应通过对讲机相互联系。
1. 12 使用提升机吊运物品时，勿站在吊运物品的正下方。

## 2. 爬升塔架注意事项

2. 1 打开塔架及机舱内的照明灯。
2. 2 爬塔架前，必须通过键盘手动停机（如图 1 示），若某些操作必须在机舱内进行，如测噪声、测振动、测试刹车等，须先确定平台上无人，塔架周围无人后，才能进行机舱内手动停机（控制面板如图 2 示）。
2. 3 系安全带，并把防坠落安全锁扣安装在钢丝绳上。
2. 4 佩带安全帽。
2. 5 应穿一双结实的橡胶底鞋，不要穿凉鞋、木底鞋等。
2. 6 把工具、润滑油等放进书包里，并把它挂在安全带上，这样可以双手攀登。
2. 7 在攀登时，应确保工具已放好，背包无破损，因为一个小扳手从高空落下都是致命的。
2. 8 爬升塔架时，可以在二层平台稍加休息后，继续攀登。
2. 9 爬升塔架时，不要过急，要匀速而平稳地爬升。
2. 10 停机后，将计算机柜上的“**service**”开关打在“1”的位置（维护状态）。
2. 11 若某些操作须断主开关，可以留一人在塔架内，待工作人员全部登至机顶时，再断主开关。
2. 12 爬升时，须将每一层平台的盖板盖上，尽量减少工具跌落伤人的可能性。

## 3. 在机舱内工作注意事项

3. 1 在机舱内工作时，根据当时的天气情况，可以将机舱盖打开，但在离开风机前须将机舱盖合上。
3. 2 在机舱外工作，须系安全带，且要两人以上配合工作。
3. 3 需要断开主开关在机舱工作时，必须在主开关把手上悬挂警告牌。

## 警 告

### 严 禁 合 开 关

3. 4 进行液压系统工作时须带防护手套，否则液压油会刺激你的皮肤，引起皮肤过敏。
3. 5 机舱内的工作与塔架内工作须相互配合时，应通过对讲机相互联系。
3. 6 若机舱内的某些工作须短时开机，工作人员应远离传动部分：联轴器、刹车盘、低速轴，工作服应贴身，不应有拖拉的带子，工具应在开机前放置好。
3. 7 在风速 $\geq 18\text{m/s}$ 时，请勿在机舱内工作。
3. 8 使用提升机提升工具时，须保证吊装重量不大于 **200kg**。
3. 9 在机舱内停机或开机时会造成很大的振动，所以在停机、开机前须使机舱内及塔架内的每一个工作人员知道，以免其它意外发生。
3. 10 当手动偏航时，与马达、偏航大小齿轮保持一定的安全距离，工具、衣服、手套等物品要远离旋转和移动的部件。
3. 11 在叶轮上工作时，须将叶轮锁定。

#### 4. 工作完成后注意事项

4. 1 请擦掉机舱、梯子及其它设施上油脂、灰尘，检查工具是否收齐。
4. 2 将各开关复原。检查工作中的各项，如：解开的端子线是否上紧，短接线是否撤除，是否恢复了风机的正常工作状态等等。
4. 3 小心关闭机舱盖，并将其锁定。
4. 4 工作完成后，风机起动前，应确保工作人员已全部离开机舱并已下来。

## 5. 焊接和使用割炬时的注意事项

5. 1 进行电焊或使用割炬时，必须配备灭火器。
5. 2 在进行这些工作之前，把所有的集油盘倒干净，确保周围没有放置易燃材料（如纸、抹布、汽油瓶、棉制废品等）
5. 3 如果需要的话，用防护板将电缆保护起来，以防火花损伤电缆。

## 6. 失火时的注意事项

6. 1 紧急停机。
6. 2 切断主空关及变压器刀闸。
6. 3 进行力所能及的灭火工作，同时拨打火警电话。
6. 4 通知风机供应商。

## 7. 叶轮飞车时的注意事项

7. 1 由于该机型采用双刹车系统，且为失压后刹车，一般不会发生飞车事故。若一旦发生飞车事故，须立刻离开风机。
7. 2 离开风机后，若远控未失灵，可以将风机偏航背风  $180^{\circ}$ ，在背风和叶尖扰流器的作用，使风机停下来（假设此时高速刹车已失灵）。

## 8. 叶轮锁定及偏航锁定

8. 1 叶轮锁定, 在维护旋转部件或风速较大时，必须将叶轮锁定。
8. 2 偏航锁定，可以用控制面板上的 **service** 键打至“1”的位置。

## 9. 叶轮结冰：

如果叶轮结冰，风机应停机，待冰化后再开机，同时不要过于靠近风机。

## 10. 机舱盖的打开与关闭：

打开机舱盖时，注意轻放并插好支撑杆锁销；关闭机舱盖后，请用锁扣锁好(如图所示)。



机舱盖支撑杆锁销



机舱盖锁扣

11. 紧急停机键在机舱内控制器上的位置如图

12. 紧急停机键在主控制柜上的位置如图



机舱控制器面板（图 1）



主控制柜面板（图 2）

13. 注意事项：

13. 1 在登机时，应注意检查梯子的紧固螺丝是否松动与脱落，及时上紧力矩。

13. 2 在机舱内工作时，应将起动开关打至 stop 位置（如上图 1 所示）防止

他人误开机。

13. 3 若短时开机后，在机舱内的工作人员注意切勿碰发电机后的振动传感器，一旦误碰，会造成不必要紧急停机。
13. 4 停机前，仔细观察显示屏上的状态显示，如有必要应作记录。
13. 5 通过停机键停机，切勿切断主开关来停机。
13. 6 爬风机前，在你的包中放入一个笔记本和一支笔，请记录一切异常现象。
13. 7 在你的包里放一些常用工具，如需要带上一根绳子用于往机舱上吊工具，
13. 8 每次到机舱内都必须检查：
  - 油位（齿轮箱，偏航减速箱、液压系统）
  - 液压和刹车系统是否漏油
  - 偏航齿的润滑
13. 9 检查液压系统是否渗漏，如有渗漏及时处理并将渗漏的油和润滑脂必须彻底擦干净。
13. 10 在液压系统工作时千万小心不要让脏东西进入，最轻微的污染都会对刹车系统造成灾难性的影响。
13. 11 检修后，刹车必须在重新开机前试验一下。
13. 12 将工作场地收拾干净，并把破布，空包等收起来。
13. 13 不要忘了工具！
13. 14 锁好机舱盖。
13. 15 请在记录本上记下所有重要细节。
13. 16 在离开塔架前，请关掉灯，锁上门。

## 第二章 维护间隔

## 1. 风机的润滑

本节对国产化风力发电机组投入运行之前和运行过程中的润滑维护进行详细阐述，具体对机组中的增速齿轮箱、万向联轴器、安全离合器、发电机以及偏航减速齿轮箱、偏航轴承、偏航齿圈、液压系统等设备的油品选择、加注、更换方法、更换频率等进行说明。

下面是在进行与油品相关的工作时的几点注意事项，希望工作时遵循以下原则：

- (1) 接触油品时，建议带上安全手套，因为通常油中含有某些化学制剂会引发皮肤过敏；
- (2) 注意油品中勿掺入任何脏物；
- (3) 使用油枪加油时，勿使用油枪前几下打出的油。
- (4) 注意保持环境清洁，将用过的报纸、大布、空盒、加油盒等废弃物收集起来带回车间统一处理，不要随处丢弃；
- (5) 注意保持高速刹车圆盘及偏航刹车盘的清洁；
- (6) 详细记录油品的检查情况、在检修报告中记下溢出油的颜色。如颜色与正常油有所不同（如锈色），则说明有问题。

### 1. 1 油品采样、分析过程及方法

为了分析齿轮油的运行状况，须对齿轮油进行采样并对油的实际状态进行检查和评估，结果将说明齿轮箱润滑油的状况及齿轮箱的运行情况，并为下一步工作提供依据。采样时，应注意风机已运行较长时间以确保齿轮油处于运行温度，且要在压力循环系统运行期间取油样以保证飘浮物质未沉在油槽底部。

以下为每次检修服务期间，齿轮油采样需要的器具及工作过程：

所需器具：干净容器（容积大于 1000 毫升）、标签、大布、废油盒

工作过程:

- 1) 首先在采样容器上贴注标签, 标签内容如下:
  - a) 风机号
  - b) 采样对象
  - c) 采样者姓名
  - d) 采样日期
  - e) 齿轮箱总运行小时数
- 2) 为了防止放油阀门上的脏物落入准备进行分析的油样、影响分析结果, 用干净大布擦拭放油阀部位, 取一废油盒放于放油阀下方, 打开放油阀, 放出少许齿轮油后关闭放油阀。
- 3) 将高度合适的清洁容器置于放油阀门下方, 打开放油阀, 取出 1000 毫升齿轮油, 重新拧紧放油阀。
- 4) 将盖拧紧, 详细填写标签 (内容见第 1 点)。

将采好的油样交给专人统一送至油品提供者或专业的油品分析部门进行分析、测试。下列油的实际状况必须进行鉴定: 名义粘度、外部颗粒、平衡值、含水量、添加剂水平。

以下测试项目:

泡沫倾向、表面保护、氧化测试、铜腐蚀测试等是否需要进行由试验结果来确定。测试结果必须按照以下基准值和极限值进行比较, 且必须由实验室测试来进行评价和鉴定:

DIN 51562 40°C时的粘度	<b>393 - 506 mm<sup>2</sup>/s</b>
DIN 51419 外部颗粒	<b>&lt; 0.1 %</b>
DIN 51558 平衡值参数	<b>&lt; 2.5 mg KOH/g</b>

DIN 51582 含水量 < 0.1 %

从采样到根据测试结果确定是否需要更换齿轮油的时间间隔应少于 3 周或最多在 500 运行小时以内，以便使运行部门及时采取相应措施，有益于齿轮箱的运行。

分析测试的总结应提供如下信息：齿轮箱润滑油是否可以继续使用或是否有必要更换。

## 1. 2 齿轮油的采样分析时间间隔、换油频率及方法

第一次齿轮油更换的时间和其后的时间间隔与运行状况有关，因此齿轮油的更换时间是无法精确预定的。齿轮箱润滑油使用寿命与温度产生的老化变质程度和杂质的含量有关。另外，运行温度过高、空气湿度大、环境空气的侵蚀以及高灰尘水平都是很重要的因素，它们对油的润滑能力都将产生巨大的影响。

如果测试结果表明需要更换齿轮油，则必须按照以下步骤进行换油。同时要注意风机应运行较长时间且停机时间不长（齿轮油由于运行仍然是热的），保证悬浮物质未沉在油槽底部：

使用工具：鹰嘴钳或管钳、漏斗、大布、胶皮管、废油桶

- 1) 用鹰嘴钳拧开齿轮箱顶部的放气阀；
- 2) 在齿轮箱底部的放油阀上接一根胶皮管（3m），胶皮管另一头伸到废油桶中；如果胶皮管足够长（45m），为了处理废油方便，可将废油桶直接放于塔架外的空地上，胶皮管沿塔壁伸到废油桶中；
- 3) 拧开放油阀放出所有的齿轮油（这些油由于停机不久必然是热的）；
- 4) 将压力循环润滑系统的马达驱动泵打开一会儿，以便排干管道系统中的油（必须要考虑从管道系统中排干用过的油所需的时间）；
- 5) 按照遵循原则所述加注新油。

如果运行过程中风机出现异常声音或发生飞车，齿轮油的采样分析可随时进行。

为了安全起见，所有的齿轮箱润滑油最多使用 3 年后必须进行更换。

## 2. 润滑周期及内容

### 2. 1 润滑周期表

风机的润滑（包括液压）时间及使用油品见下表：



### 润滑期间应注意以下几点：

1. 齿轮箱滤清器型号：WD 962；液压油过滤器型号：Mahle P13105 SMX-10。
2. 润滑前，清洗加油枪嘴及所加部件油嘴；润滑后，同样将加油枪嘴及所加部件油嘴清除干净。勿使用加油枪打出的第一枪油。
3. 给发电机轴承加润滑脂时，应先将前、后轴承排油管多余的油排出。更换排油管前，检查油道是否畅通。
4. 偏航轴承的润滑是通过偏航系统内部 18 个加油嘴，它们通过铜制润滑管与外部相连，为了保证偏航系统正确合理的润滑，必须保证润滑期间，偏航设备转动。正确的润滑步骤见下：
  - 将所有的加油嘴擦干净，勿使用第一枪打出的油。
  - 将风机偏航一圈，慢慢的向第一个加油嘴中打入一枪油，然后插入下一个油嘴，再打入一枪油脂。
  - 按以上方式，直至每一个加油嘴都打入五枪油脂。
  - 检查密封，且旧油必须自密封处压出；如未压出，需重复上面步骤，直至旧油自密封处压出。
  - 润滑转动部件时，一定要保证其在转动时润滑。

### 3. 螺栓的检查

详细内容见下表：

检修对象	检修内容	标准	工具
塔架各断面之间连接螺栓	■ ★	1900Nm	电动扳手、46 套筒、开口扳手、端子起
塔架/基础连接螺栓	■ ★	1900Nm	电动扳手、46 套筒、开口扳手、端子起
叶片/延长节连接螺栓	■ ★	950Nm	1000Nm 力矩扳手、36 套筒、端子起、安全带
延长节/轮毂连接螺栓	■ ★	800Nm	1000Nm 力矩扳手、36 套筒、开口扳手、端子起、安全带
工作平台	★		19、24 开口扳手及中活动
梯子及接梯	★		24 开口扳手及中活动
电缆夹板	■		13、14 开口扳手及小活动
轮毂/叶轮轴连接螺栓	■ ★	1900Nm	电动扳手、46 套筒、开口扳手、端子起、安全带
齿轮箱/支撑连接螺栓	★	1900Nm	电动扳手、端子起、46 套筒
闸盘与万向节连接螺栓	★	295Nm	400Nm 力矩扳手、24 专用弯头套筒、14 六方、加力杆
闸体与齿轮箱连接螺栓	★	720Nm	800Nm 力矩扳手、加力杆（长）
接地电缆	★		小棘轮、24 套筒、加力杆
发电机电缆及接头	★		小棘轮、24 套筒、加力杆、17、19、24 开口扳手
发电机与万向节连接螺栓	★	295Nm	400Nm 力矩扳手、24 专用弯头套筒、开口扳手
发电机支架/机座/发电机	■ ★	150/210Nm	小力矩扳手、24 套筒
万向节连接螺栓	■	295Nm	400Nm 力矩扳手、24 专用弯头套筒、14 六方、加力杆
偏航轴承连接螺栓	★	560Nm	1000 或 720Nm 力矩扳手、30 套筒、端子起、加长杆
偏航齿轮箱/底座连接螺栓	★	295Nm	400Nm 力矩扳手、24 套筒、加长杆
偏航刹车连接螺栓	★	560Nm	1000 或 720Nm 力矩扳手、端子起、30 套筒、端子起

检修(示意): ■ 运行 500 小时后      ★ 每 12 个月

1. 在运行 500 小时后,必须检查联轴器、叶片/延长节、延长节/轮毂螺栓(100%),其后每年必须检查所有螺栓,其它连接螺栓其后每年必须至少抽查 5%,且不能每年都抽查相同的螺栓。
2. 紧固螺栓前,应确保力矩正确,并将力矩设定高于额定力矩的 10% (静摩擦及生锈、卡住或滑丝因素)。使用后,力矩扳手应复位;应再次紧固螺栓,达到力矩。
3. 抽查中,如果有一个螺栓未上紧,必须对所有螺栓进行复查。不允许在-5 度上紧力矩,只能施加 80%的力矩,剩余的 20%应在高于-5 度上紧力矩。

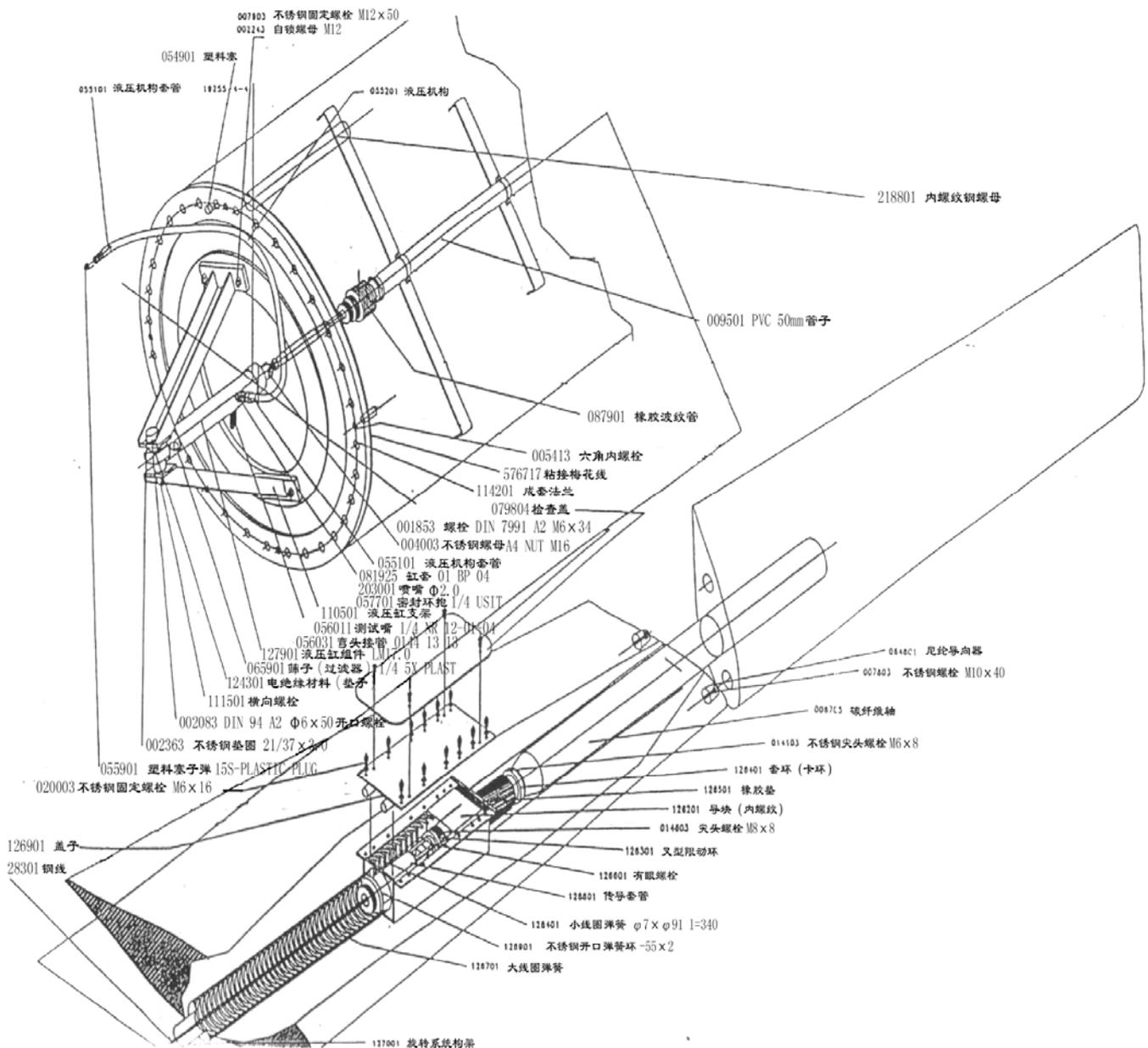
## 第三章 传动系统

# 1. 叶轮

## 1.1 叶片性能介绍:

### 1.1.1 叶片的结构

叶片的主要结构如图所示:



LM19.1 叶片内部有两根 U 型梁，从叶根贯穿到叶尖形成叶片的主梁，上、下两半固定在主梁上，整体形成自支撑结构；叶根预埋有高强度内螺纹螺栓，便于与轮毂用螺栓连接。这种叶根与轮毂对接的方式，已经通过了 Aarhus 技术研究所的疲劳测试。

壳体、梁和叶根是由玻璃纤维聚酯制成，主要的强度性能已经通过测试。预埋螺栓是由 Cr/Mo 钢制造。叶尖闸部分运动机构由环氧碳纤维制成。叶尖扰流器位于叶尖，长 2687 毫米，固定在碳/环氧树脂轴上。在风机运行期间，叶尖由置于叶根处的液压缸通过一个不锈钢钢丝绳与叶尖连接，将叶尖保持在正常运行位置。叶尖刹车动作时，液压压力被释放，由于离心力的作用，使叶尖轴向位移大约 180 毫米后打开。叶尖甩开时，由一个花键轴导向旋转大约  $74^\circ$  角。液压油回路联接了一个限流阀，因此叶尖在展开时受到阻尼，使叶尖的机械部分不致受损。

NACA634 和 FFAW3 系列翼型已经被证明是高效、对脏物敏感性较低的优良翼型，同时具有良好的失速性能，完全能满足功率控制的需要。

每个叶片都进行了平衡试验，一组三个叶片，叶根和叶尖重量的公差都在规定的范围内，不能互换。

LM 叶片是按 LM 玻璃纤维 A/S 质量体系进行生产，达到丹麦安全标准，符合 ISO 9002 标准。此外，该产品由德国劳埃德或 DetNorske Veritos 监督生产并颁发《产品合格证》。

### 1.1.2 叶片参数

#### 叶轮配置：

叶轮上叶片的数量	:	3
叶轮位置:		上风向
功率控制:		失速

偏航系统: 主动

轮毂类型: 刚性

### 叶片尺寸:

叶片长度 L: 19037mm±20mm

最大叶根翼弦 Croot: 1650mm±20mm

叶尖翼弦 Ctip: 70mm±10mm

叶片面积 A: 21.9m<sup>2</sup>

扭角: 20.0° ±0.5°

翼形: FFA-W3, NACA 634

挥舞频率: 1.74Hz

摆振频率: 3.16Hz

叶片重量: 1960kg±50kg

每个叶片转动惯量: 144000kgm<sup>2</sup>

(叶轮直径 D=37m)

重心离叶根的距离 C. o. G: 6000mm

旋转方向 (面对叶轮): 顺时针

自启动: 是

### 安装尺寸:

叶根法兰外径 Du: 1075mm

螺孔分布圆直径 BCD: 1000mm±10mm

螺栓数量 n: 40

螺栓型号 M: 24mm

从叶尖看相对叶尖弦的

第一个螺栓孔的位置（顺时针）： 4.5° ±0.5°

叶尖到塔架距离(最小)： 2160mm

### 玻璃钢/钢连接：

预埋高强度螺栓，M24 内螺纹

### 空气闸：

型号： 叶尖扰流器

长度： 2687mm±10mm

转动角度： 约 74°

驱动机构： 液压缸，安装在叶根法兰附近

重量： 70kg±3kg

叶尖重心： 16.690mm

### 使用材料：

外壳、翼梁及叶根： 玻璃纤维/聚酯

预埋螺栓： Cr/Mo 合金

扰流器机械： 不锈钢/环氧碳纤维

### 运行限定值：（最大值）

叶轮直径： D: 44m

转速： no: 30.00 rpm

叶尖速度： Vtip: 62.00 m/s

发电机出力： Pel: 650KW 1)

偏航误差:	SW:	20°	2)
切除风速:	Vo:	25m/s	1)
抗破坏风速:	Ve:	70m/s	3)
释放叶尖扰流器时			
叶尖线速度:	ne:	87m/s	
液压压力:	Ph:	100bar	
叶尖扰流器动作时间:	t:	<0.8 秒	4)
运行温度:	最小:	-30°C	
	最大:	55°C	
安装:	在安装和维护手册第 1 页给出。		
冻冰状态下运行:	在特别寒冷的气候下结冰将引起不平衡，只有在冰化后风机才可运行。		

1) 10 分钟平均值。

2) 20° 最大的偏航误差可以理解为:在任何风速下的风向与风机主轴方向有一个不大于 20° 的偏差。

3) 2 秒钟平均值。

4) 通过液压系统的阻尼作用，减缓叶尖扰流器的惯性力，避免叶尖机械受损。

### 1. 1. 3 叶尖闸结构

花键轴 (008705) 的轴端预埋在叶尖内，花键端与叶片内的导向块 (128201) 配装，在叶尖释放或回位时导向；花键轴末端与钢丝绳 (128901) 连接，钢丝绳另一端与液压缸 (127901) 配接，提供叶尖闸动作的动力，或在叶片转速升高时将压力传递到液压系统，钢丝绳套装在 PVC 管 (009501) 内。

叶片上有 2 个尼龙圆锥体 (064801)，在运行状态时，导入两个叶尖的母锥中

定位。

当叶尖释放时由导向块（内螺纹）（126201）导向，小弹簧（128401）保证导向块产生轴向位移大约 26mm，确保尼龙圆锥体（064801）与母锥的配合；大弹簧（128701）提供叶尖释放的动力。

#### 1. 1. 4 叶尖功能

在正常运行状态下，叶尖通过作用在钢丝绳上的液压拉力与叶片对齐，并稳定地保证在运行位置。

在过速状态下，离心力通过钢丝绳使液压缸上压力增加，导致储压罐（20）压力升高；当压力超过 11.3 的设定值时，11.3 发信号停机；当压力超过防爆膜的设定值时，防爆膜被冲开，系统泄压，叶尖闸动作停机。

当液压系统压力下降时，叶尖闸动作。叶尖的实际运动范围为  $1800 \pm 4\text{mm}$ ，旋转大约为 74。

泄压时，压力通过节流阀，使运动受到阻尼，以保护叶尖运动机构免受冲击。

当叶尖复位时，在转动静止状态检查叶尖尾缘与叶片尾缘是否在一直线上，此时叶尖和叶片之间的轴向间隙应为 20mm，如果在转动静止状态叶尖尾缘与叶片尾缘不在一条直线上，请调整限位环（126401）。

#### 1. 1. 5 表面状况

表面涂层必须清洁，光滑无刮痕。仔细检查叶片有无裂纹、碰伤等情况，若有，请参照 1.3 节加以修补。如果扰流器用带子缠上了（防止在运输中外部灰尘颗粒进入刹车），请拆掉带子。如果带子上的胶粘在叶片上，必须清涂，但要保证不要损伤叶片表面。

#### 1. 1. 6 检查空气刹车的打开和关闭

➤ 当吊带从叶尖上拆除时，液压系统无压力，由于弹簧机构作用，叶尖刹车会

- 自动打开。
- 检查叶根的液压缸是否悬挂稳固且没有任何扭曲。
  - 检查可看见的运动结点。
  - 检查连接液压缸活塞杆的钢丝绳。
  - 活塞杆应完好无损。
  - 检查液压系统各衬垫、阀门及连接处有无漏油现象。
  - 液压系统放气。
  - 风机安装完成后，注入液压油，起动风机前应给液压系统排气。
  - 在放气时应保证所处的位置能将气体顺利放出。
  - 当液压系统中有空气时，影响液压系统的正常工作，对风机的安全运行有不利影响。
  - 从某一个放气阀放气时，直至有连续液压油排出，可认为此部分液压系统内的空气已全部放完，每个放气阀都必须排放空气方可保证整个液压系统内无空气。

## 1. 2 叶片的检查

紧固叶片的螺栓必须满足 10.9 级的质量要求，且要达到力矩要求。所有螺栓滑动面必须涂抹二硫化钼或相似的材料，扭矩根据安装维护手册确定，轮毂为铸铁制成，在螺栓和轮毂之间必须加垫片。

叶片的安装角由风机生产商确定（依照风机所处的位置、叶轮直径、转速及最大出力）；安装角调整标尺在叶根法兰盘上。

风机三个叶片的安装角相互误差不应超过  $0.5^{\circ}$ 。运行期间如果调整了叶片安装角，务必严格检查三个叶片的安装角度，因为三个叶片的安装角偏差过大，不仅直接影响风机的出力，而且将引起风机系统载荷不平衡，对叶片及整个机组

都会产生损伤。

检查旋转平面是测量叶尖到塔架的距离，测量必须在塔架的同一点对三个叶片安装情况进行测量。3个叶片之间的相互距离误差应保证在±50mm以内。

## 1. 3 叶片的维护及修复

### 1. 3. 1 维护

在使用一段时间之后，在叶片前缘不可避免地会形成一个由昆虫和脏物组成的附着物。

附着物会对叶片的效率产生负影响，如果要将其清除，建议按下列说明去做：

- 清洁表面涂 Yacht Cleaner 蜡进行清洗，这种蜡是一高浓缩精炼水基试剂，没有添加研磨介质，可用水稀释。
- 然后使用 Yacht Polish，它是一种添加研磨介质的蜡。对于特别难处理的污渍和顽垢，可使用 Yacht Rubbing。
- 对于不是顽固的附着物用 Yacht wax 清洗，就能达到很好的效果。

如果需要补叶片上的破损处，请参考“叶片修复”部分。

### ◆ LM19.1 叶片叶尖扰流器的维护

3个半月维护要求：

- 检查正常运行时在正常压力下叶尖是否完全收紧，若未完全收紧，可通过调节液压缸上的安装螺丝把钢丝绳（128901）紧固。
- 在有液压的情况下应检查液压系统衬垫，阀门、连接头漏油情况（目视）。
- 所有的转动部件必须活动自如。
- 叶尖复位时，检查在停止转动时，叶尖尾缘与叶片尾缘是否对准，检查间隙是否为 20mm（叶尖与叶片间），如果不对，调界限位环

(126401)。

- 通过检查 2 个尼龙锥形 (064801)，判断叶尖与叶片的对接情况。
- 超速:在固定时间间隔内检查叶尖扰流器的释放。  
年维护:与 3 个半月要求一样外,还要检查下列内容
- 检查金属部件的腐蚀(仅在叶片的叶根)并处理。
- 检查叶片法兰(114201)与 GRP 叶片间密封是否完好。
- 拆下检查盖(051504)和帽(126901)。
- 检查限位块(126601)是否正确装进花键轴(008705)中,锁定螺栓必须紧固。
- 检查钢丝绳(128901)与吊环螺栓(126601)连接状况。
- 检查挡圈(128901)的有无损坏,安装是否正确。
- 检查导向块盖内否有碎片(导块尼龙碎片)。
- 检查导块是否有过多的间隙,如要调整,用力使叶尖上,下活动,这样,尾缘活动超过 $\pm 15\text{mm}$ 。  
年维护:与 3 个月维护内容相同之外,还应检查下列项目:
- 检查尼龙锥体(064801)的磨损情况。
- 重新安装所有盖板,把 4 个螺孔注入 Sikaflex 并把表面抹光。

### 1. 3. 2 修复

#### 1. 叶片修复技术

由于叶片表面损伤程度不一样,因此叶片修补的用料和工序也有所不同。

##### (1) 严重损伤

指叶片表面有大面积的剥落层,严重折伤或深度裂纹。对这种损伤采用的修

补方法如下：

### 1) 打磨：

将破损表面进行打磨，同时也要将由损伤引起的有裂纹的表面一块打磨，直到将未损伤的表面（玻璃纤维层）露出，然后再把打磨区打磨光滑。

### 2) 准备修补材料

根据损伤面积的大小和深度，裁出与其面积一般的（通常要稍大一些）的玻璃纤维 2—4 块（对主要部位损伤或损伤表面严重的使用 3—4 块）；如果损伤较深，则要剪出一些较碎的玻璃布打底用。

### 3) 调制液

调制液是玻璃纤维布之间粘合的一种特殊材料。根据损伤表及所用玻璃纤维布的用量，取适当的聚酯液，然后加以 4%—5%的凝固剂，凝固剂的用量可依据实际的气温条件而定，如果工作环境温度较低，则可采用较大的凝固剂比例。

### 4) 粘贴修补材料

先把聚酯液涂于已打磨过的损伤表面，然后粘第一层玻璃纤维布，接着用铁滚子在该玻璃纤维布上来回碾压，直到其完全被聚酯液浸透，且内部无气泡。然后再用相同的方法将第二层，第三层粘上。如果损伤表面有深度凹陷，则先用碎的玻璃纤维布及聚酯添于凹陷处，同时也要用碾子将气泡碾出，然后再按上述方法粘玻璃纤维布。

### 5) 打磨

待修补表面粘贴的玻璃纤维聚酯干燥后，用 20 目的砂纸打磨光滑，如果打磨后表面仍有浅坑（一般是由修补间的气泡产生的），则可用玻璃纤维添加剂并加以 4%—5%的凝固剂：（根据实际的工作环境选择适当的凝固剂比例）涂于小坑处，待其干燥后，再进行打磨，直到整个修补面光滑。

### 6) 表面处理

---

- 将整个修补表面清洁。
- 调制表面涂层剂，即涂层剂加 3%—4%的凝固剂（根据实际的工作环境温度而定）涂料有两种：一种是胶滞层；一种是覆盖层。
- 涂第一层涂料（胶滞层），待其干燥后用丙酮清洗，洗去其粘性物质。
- 涂第二层涂料（胶滞层），待其干燥后用丙酮清洗。
- 涂第三层涂料（覆盖层），待其干燥。
- 用 180 目的砂纸打磨光滑。
- 用抛光剂将修补表面抛光。

这样整个修补工作就完成了

## (2). 对于轻损伤

指表面划伤及玻璃纤维层，但没有深入，或是轻微碰伤，或是表面有小坑等。

其修补工作过程如下：

### 1) 打磨

方法如 1 中的（1）

### 2) 修补

只需用玻璃纤维修补，其方如 1 中的（5）

### 3) 其后的工作与 1 中的一样

## (3). 修补工作的注意事项

### 1) 工作环境

一般在户外，环境温度在 15—20 度范围内，若实际温度较低，则在工作中需使用适当的加热设备，加快修补表面的干燥。切记：使用加热设备时，加热一定要均匀，温度要合适。

## 2) 防护

由于修补材料大多数有毒性或腐蚀性，因此，工作时应穿戴合适的工作服，以防受到侵害。

## 3) 用料

准备各种修补用料时，一定要根据损伤表面的实际情况配适量的材料，以免用料的浪费。

## 3) 清洁

工作过程中，要将粘有凝回剂的用具及时用丙酮清洗，否则待其干燥后，这些用具就不能再使用了，同时要用时把工作场地打扫干净，以免有害物质扬起，造成人身损害。

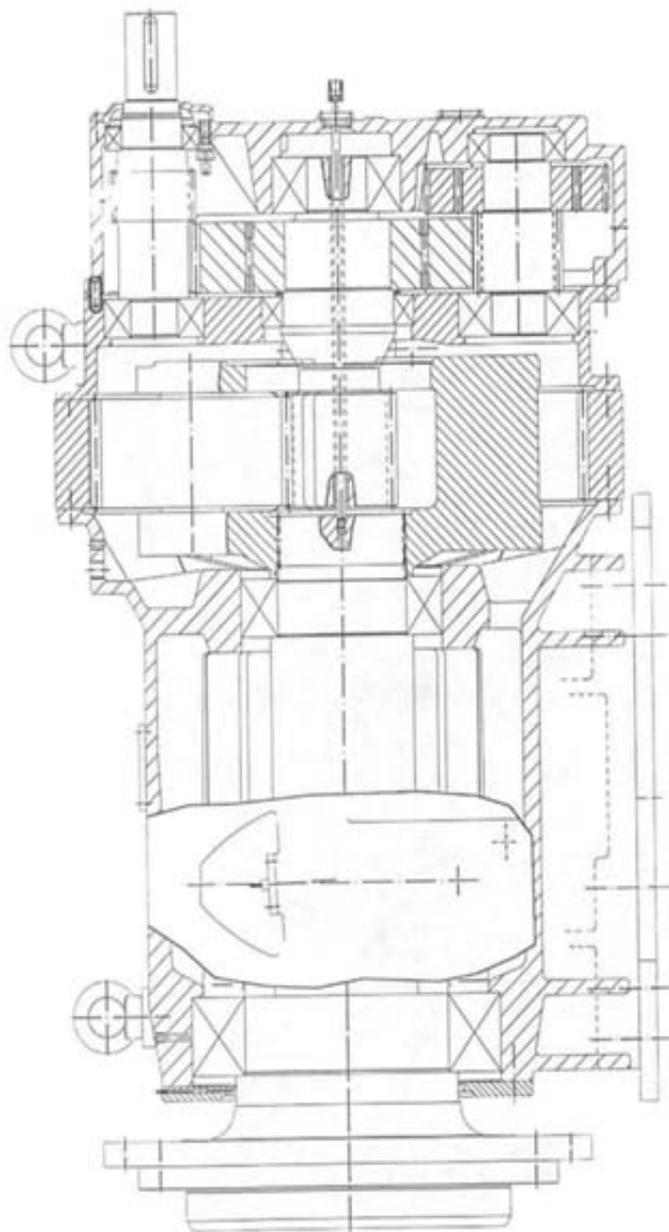
## (4). 所用修补材料名称（供参考）

- GLASSFIBER 玻璃纤维 POLYESTER 聚酯 POLISH 刨光剂
- ACETONE 丙酮 GLASSFIBER SPARTEL 玻璃纤维添加剂 SANDPAPER 砂纸
- GLASSFIBER LAMINAET 玻璃纤维布粘层 CLASSFIBER MAT 玻璃纤维布垫 GEL

## 2. 齿轮箱

### 2.1 齿轮箱的结构

齿轮箱的结构如图所示：



齿轮箱结构图

风力发电机齿轮增速箱是由一级直齿行星传动和两级平行轴斜齿轮组成三级传动。叶轮轴与齿轮箱成为一体。由一个自动压力循环系统保证齿轮及轴承的润滑。在运行期间润滑系统是一直工作的，在停机期间作间隙运行。

构造、设计和生产是按照规定的技术要求来进行的。所有零件的尺寸设计都按最大载荷设计，并以德国劳埃德（1993年版）的规定和指导为依据。所有的结构文件都由德国劳埃德检验并按 Nr WEC 00—006A—93 检收。

## 2. 2 齿轮箱的主要附件

### 2. 2. 1 高速闸盘

闸盘是用四个 M16×40，DIN 912—8.8 涂有厌氧防松胶（LOCTITE 242）的螺栓和四个平行销 16m6×40 DIN7979 固定在法兰（2.8817.033.000）上的。螺栓紧固力矩为 212Nm。安装时向前推闸盘，不能使用铁锤击打，一直将闸盘推到轴肩处并与高速轴的定位销接合。

使用加热设备，利用热胀冷缩原理，不用别的辅助工具就能安装闸盘。如果没有加热设备，闸盘的安装必须借助于辅助的安装设备，即一个旋入高速轴中心的 M24 的螺杆来进行，注意不要损坏法兰中心孔的尺寸 140h6，它用来和高速轴配合。基于安全原因，一个钢制挡圈用 M24×30 螺栓固定在高速轴的最外端以防止闸盘在高速轴上产生轴向窜动。

### 2. 2. 2 旋转接头和液压油分配器

在齿轮箱的输出轴侧，有一个与叶轮轴同轴的内螺纹 G1/2 的油管接头，旋转接头安装在上面。当安装旋转接头时，必须注意管子里没有任何杂物（如果必要，用压缩空气清洁管路），不要损坏 O 型圈，确保在用开口扳手（22）旋紧旋转接头时不发生扭曲变形。

为叶尖调节供油的三向油分配器，安装在叶轮法兰面中心。接合面用一个 O

型圈 50×5/NBR 72 密封，安装在叶轮法兰中心处的结合面上（ $\phi 61, 2\pm 0.2$ ）。

油分配器用 6 个 M10 的螺栓安装在叶轮法兰面上，在运行期间必须确保 O 型圈不被损坏或受挤压。

加注新油时，用 36 的开口扳手旋开空气过滤器。在加注油的过程中必须注意不能有任何杂质进入齿轮箱。在加油结束后，必须立即将空气过滤器安装上。

## 2.3 齿轮箱的运行

### 2.3.1 润滑系统元器件介绍

#### ◆ 齿轮油泵

齿轮油泵为一个外部自吸式摆线转子泵，由一个 2.2KW 的电机驱动。当循环油路压力超过规定范围时，一个集成旁路系统可以保护电机防止过载。压力控制阀在压力超过 15bar 时打开，将吸出的油直接送回油箱。

电机的接线必须保证旋向正确，正确旋向见电机风扇护罩上的方向箭头。

电机额定电压 690V。

技术参数:	型号	1059.028.1V (SHW)
	环境温度范围	-20℃至 40℃
	润滑油温度范围	-15℃至 140℃
	油泵排量	28L/min
	粘度	10 至 5000 mm <sup>2</sup> /s
	电压	660V
	频率	50HZ
	额定电流	9.0/5.2 A
	保护	IP 54

## ◆ 压力开关

紧跟着齿轮油泵出口管路后边的是一个用于安全监控循环润滑系统压力的压力开关。制造商设定的开关动作压力为 0.2bar。不允许改变开关的压力设定值。

当润滑油压力小于或等于 0.2bar 时，润滑油的压力太低，已无法保证对齿轮箱的正常润滑，这时压力开关动作，计算机发出指令，齿轮箱停止工作。

在齿轮箱重新投入运行前，润滑油压力低的故障必须被排除。

技术参数:	型号	0159426141001 (Suco)
	环境温度范围	-20 °C 至 100 °C
	压力设定范围	0.2 bar 至 2 bar
	连接负荷	220 V AC / 2 A 24 V DC / 2 A
	保护系统	IP 65

## ◆ 中压微粒滤清器

带有旁通阀的中压微粒滤清器串联在循环润滑油路系统中，确保持续过滤齿轮油。利用 30 μm 的滤清器，使齿轮箱内循环的润滑油始终保持清洁，有效地使所有接触转动的部件不致因润滑油中的杂质受到损坏。

这种过滤器的维护只能使用一次性滤芯，由一个嵌入式的压差传感器来监测过滤器的状态。

当滤清器进油口和出油口之间的压力差达到 2bar 时，滤清器上的压差传感器动作，TAC 控制器显示“91 Gear oil filter”（如果润滑油的温度低于 55°C，显示警告信息，而油温高于 55°C 表示是故障），表示滤清器中的滤芯必须被更换。运行人员必须在出现故障后的 120 小时内更换过滤器芯，如果超出 120 小时的时限，齿轮传动系统会自动关闭，只有当更换滤芯后齿轮传动系统才能再次开启。

技术参数:	型号	67 504 62 446
	滤芯型号	WD 940/2
	滤芯精度	30 $\mu$ m absolute
		12 $\mu$ m nominal (50%)
	运行压力	25 bar
	额定流量	55 L/MIN
	旁通阀	2.5 bar ( $\Delta$ P)
	中温	120 °C (MAX)
	电压	250V AC/DC (MAX)
	开关电流	0.5 A (MAX)
	开断容量	10 W (MAX)

#### ◆ 电磁阀

齿轮箱的润滑油循环系统拥有一个外部风冷式集油散热器，泵出的齿轮油是否通过散热器进行冷却是由一个具有分离线圈（2/2 方向控制阀，失电时打开）的电磁阀控制的。当油槽中的齿轮油温度升至 60°C 时，系统处理器发出信号，电磁阀带电闭合，使齿轮油不能流过有电磁阀门的这一路，而从通过散热器循环，当温度降到 45°C 时，电磁阀失电打开，齿轮油不经过散热器而从电磁阀门 — 压力表流回齿轮箱完成循环。

技术参数:	阀门型号	EVSI 20 N0032U7123 (Paufoss)
	环境温度范围	-40°C 至 80°C
	介质温度	-10°C 至 100°C
	压差	0.3 至 10 bar
	线圈型号	18 W d. c 018z6757

电压	24 V DC
保护等级	IP 67
运行时间	100 %

### ◆ 油位开关

齿轮箱润滑油规定油位的监测，是依靠一个安装在保护管中的磁电位置开关来完成的，以避免油槽内扰动引起开关的误动作。同时设定一个浮动开关点，使得齿轮油温度改变引起的齿轮油的粘度和体积波动不致使油位开关误动作。

如果润滑油的油平面低于规定油位的高度，油位开关动作，TAC 控制器显示故障“82 Gear oil low”（如果齿轮箱润滑油的温度低于 40℃，发出警告信息“92 Gear oil low”，高于 40℃时为故障），表示需要加注润滑油，系统处理器发出停机指令（允许滞后时间最多不超过 5 分钟）。

当这种情况发生后，在齿轮箱重新启运前，产生故障的原因必须要找出。万一有油溢出，应立即采取措施阻止泄漏。如果有必要，要通过加注新油来恢复油位的正常水平。

<b>技术参数：</b>	型号	56S154. 215. S530 (IKL)
	环境温度范围	-20 °C 至 90 °C
	电压	250 V AC Max
	开关电流	1 A Max
	开断容量	60 VA
	电缆	4×0.75 mm <sup>2</sup> / 1.5m

### ◆ 电阻式温度传感器（PT--100）

监测齿轮箱油槽内润滑油的温度。在齿轮箱高速轴所处的位置的最低点，安装了一个 2 根导线的电阻式温度传感器 PT 100。白金薄膜电阻式温度传感器是

按照 DIN IEC 751 公差等级 B 生产的，0℃时对应电阻 100 Ω。

当齿轮箱油槽内润滑油的温度持续 60 秒低于-20℃时，TAC 控制器显示“93 Gear oil too cold”；当润滑油的温度低于 0℃时，系统处理器发出指令，齿轮油加热器开始工作，润滑油被加热到 10℃后加热器停止加热；当润滑油的温度持续 60 秒高于 100℃时，TAC 控制器显示“17 Gear oil hot”，当温度降到 70℃并且风速低于 20m/s 时风机自动复位启动。

技术参数：	型号	90.280-F56
	运行温度范围	-60 °C~200 °C
	硅电缆	2×0.35 mm <sup>2</sup> / 2.5m

#### ◆ 电加热器

当齿轮箱润滑油的温度低于 0℃时加热器工作，给润滑油加热，高于 10℃时停止加热。

技术参数：	电压	400 V
	功率	2×500 W

### 2.3.2 齿轮油泵的运行

根据齿轮箱的运行情况，由计算机来控制切换齿轮油泵的运行方式。齿轮箱的运行分为以下形式：

部分和全负荷运行

空载

停机

齿轮油温  $\leq 0^{\circ}\text{C}$

齿轮箱在部分或全负荷下运行时，齿轮油泵必须一直保持运行状态。在齿轮箱开始运转前，齿轮油泵应至少运行 60 秒。

在空载状态时，齿轮油泵必须定期的投入运行以保证轴承和齿轮能得到充分的润滑。其运行方式为：

#### **60 秒运行时间和 45 秒停机时间**

在空载运行时，这个运行周期必须被保证。

当风机处于停机状态且刹车处于抱闸状态时，齿轮油泵必须定期的开启和关闭。这一措施确保当叶轮受到风冲击而使侧面有间隙的部件发生相对移动时，齿轮可得到润滑。其运行方式为：

#### **30 秒运行时间和 30 分钟停机时间**

在完全停机状态时，这个运行周期必须被保证。

如果润滑油的温度低于 10℃，齿轮油泵开始工作，直到油温高于 20℃；如果润滑油温度低于-20℃，齿轮油泵停止工作。

### **2.3.3 齿轮箱的工作环境**

为了冷却齿轮箱，必须保证机舱内有良好的空气流通。使齿轮箱产生的热可以通过空气的对流被带走。

如果空气冷却不能使齿轮箱得到足够的冷却，在润滑油温度达到 60℃ — 70℃时，则必须通过一个安装在机舱外部的风冷式集油散热器来强制冷却润滑油。

在不允许空气流通的密封机舱内，这种集油散热器的散热能力必须达到 21KW。

为了保证随着润滑油温度的高低，集油散热器能够可靠的投入和断开，在润滑油循环回路中安装了电磁阀。

安装在齿轮箱上部的空气过滤器，要保证其排气通畅，不要有物品覆盖在空气过滤器上。

在极端的环境条件下，如：

环境温度特别高

环境温度特别低

环境温度波动很大

需要采取特殊措施，并且在某些特殊情况下，需要向齿轮箱制造商咨询。

### 2.3.4 综合说明

随着齿轮箱运行地点的不同，齿轮箱的运行方式、润滑油的选择、维护的间隔等也会随着变化，风机制造商将根据当地的气候条件做调整。

在齿轮箱初次运行时，润滑系统的管路必须要进行泄漏测试。

在齿轮箱的保质期内，未经制造商允许，不得打开齿轮箱，且外部元件不得进行改动。润滑油的工作情况必须作定期的检查。如有违反，制造商承担的质保无效。

## 2.4 齿轮箱的维护

### 2.4.1 换油频率

第一次齿轮油更换的时间和其后的时间间隔与运行状况有关，因此齿轮油的更换时间是无法精确预定的。齿轮箱润滑油的维护间隔和使用寿命与温度产生的老化变质程度和杂质的含量有关。另外，运行温度过高、空气湿度大，环境空气的侵蚀以及高灰尘水平都是很重要的因素，它们对油的润滑能力都将产生巨大的影响。

为了安全运行，在齿轮箱首次投入运行经过 2000 运行小时之后必须对油的品质进行检测，润滑油最多使用 3 年后必须进行更换。如果运行过程中风机出现异常声音或发生飞车，齿轮油的采样分析可随时进行。

油样的检测应由油品的供应商或可以胜任的实验室来进行。

采样时，应在风机已运行较长时间之后，且要在压力循环系统运行期间取油样，以保证杂质未沉在油槽底部。

以下为每次检修服务期间，齿轮油采样需要的器具及工作过程：

**所需器具：** 采样瓶（容积大于 100 毫升）、标签、大布、废油盒

**工作过程：**

首先在采样瓶上贴注标签，标签内容如下：

- f) 风机号
- g) 采样齿轮箱编号
- h) 采样者姓名
- i) 采样日期
- j) 齿轮箱总运行小时数

为了防止放油阀门上的脏物落入采样瓶，影响分析结果，取样前用干净大布擦拭放油阀，取一废油盒放于放油阀下方，打开放油阀，放出少许齿轮油后关闭放油阀。

将采样瓶置于放油阀下方，打开放油阀，取出 100 毫升齿轮油，重新拧紧放油阀。

将采样瓶盖拧紧，详细填写标签（内容见第 1 点）。

将采好的油样交给专人统一送至油品供应商或专业的油品分析部门进行分析、测试。下列油的实际状况必须进行鉴定：

**粘度**

**颗粒含量**

**酸碱度**

**含水量**

## 添加剂水平

以下测试项目是否需要由试验结果来确定：

泡沫倾向

表面保护

氧化测试

铜腐蚀测试

此项测试的结果会提供这样的信息：是否有必要更换润滑油，或齿轮油是否可以继续使用。在任何情况下，测试结果都必须按照以下基准值或极限值进行比较，且必须由实验室测试来进行评价和鉴定：

DIN 51562 40°C时的粘度	393 — 506 mm <sup>2</sup> /s
DIN 51419 外部颗粒	< 0.1 %
DIN 51558 平衡值参数	< 2.5 mg KOH/g
DIN 51582 含水量	< 0.1 %

从采样到根据测试结果确定是否需要更换齿轮油的时间间隔应少于 3 周或最多在 500 运行小时以内，以便使运行部门及时采取相应措施，有益于齿轮箱的运行。

如果测试结果表示需要更换齿轮油，则必须按照以下步骤进行换油。同时要注意风机应运行较长时间且停机时间不长，保证杂质未沉在油槽底部。

**使用工具：**管钳、漏斗、大布、胶皮管、废油桶

- 用管钳拧开齿轮箱顶部的放气阀。
- 用 22 开口扳手将永磁过滤器卸开，清除所有的金属微粒或金属残余物，然后拧上一个新的密封 A17×21×1.5, DIN7603—Cu 直到不漏油. 永磁过滤器在齿轮箱下部的球阀和 PT100 之间。

- 在齿轮箱底部的放油阀上接一根胶皮管（3m），胶皮管另一头伸到废油桶中；如果胶皮管足够长（45m），为了处理废油方便，可将废油桶直接放于塔架外的空地上，胶皮管沿塔壁伸到废油桶中。
- 拧开放油阀放出所有的齿轮油。
- 将压力循环润滑系统的齿轮油泵打开一会儿（按下 K8），以便排干管道系统中的油。
- 按照“齿轮箱润滑油的加注”加注新油。
- 第二次的齿轮油的分析应在重新运行 8000 小时（最多不超过 12 个月）后进行；如果该油仍然可以运行，再间隔 8000 小时（最多不超过 12 个月）后对齿轮油进行采样、分析、测试。如果在 18000 运行小时后还没有换油，则齿轮油采样分析的时间间隔缩短到 4000 运行小时（最多不超过 6 个月）。
- 如果运行过程中风机出现异常声音或发生飞车，齿轮油的采样分析可随时进行。

**为了安全起见，所有的齿轮箱润滑油最多使用 3 年后必须进行更换。**

- 运行人员有责任在运行期间对使用的润滑油进行上述的测试和分析，如果需要，得提供有关记录文件。
- 若在保证期内传动系统发生了故障，这些故障是由于润滑油老化、污染和杂质引起的润滑特性变化所产生的，风机制造商将不会承担维修费用和使用造成的损失。

## 2. 4. 2 齿轮油滤清器的维护

该滤清器的维护主要是更换阻塞的过滤器芯，过滤器芯的精度为  $30\mu\text{m}$ 。更换过滤器芯的时间间隔不固定，它依赖于过滤器芯的饱和程度。当滤清器进油口和出油口之间的压力差达到 2bar 时，说明过滤器芯已经处于饱和状态，再没有能力

过滤齿轮油，滤清器上安装的压差传感器动作，向系统处理器发出信号，TAC 控制器显示“91 Gear oil filter”，表示过滤器芯需要更换（如果润滑油的温度低于 55℃，显示警告信息，而油温高于 55℃表示是故障），必须在出现故障后的 120 小时内进行更换，如果超出 120 小时的时限，齿轮传动系统会自动关闭，只有当故障清除后齿轮传动系统才能再次开启。

为了安全运行，滤芯使用 12 个月后必须更换。

## 2. 4. 3 目测检查齿轮传动机构

每次到机舱都必须对齿轮传动机构进行一次目测检查，完成以下工作：

- 所有的外部元件或从外部可见的部件都必须检查是否有泄漏。如有必要应紧固连接螺母或螺栓。
- 在齿轮箱停止时，必须检查油位（油窗的中间位置，温度 20℃时）。如需要，须将油位恢复正常。由于油温度的变化，油位可能上下移动。
- 检查油漆是否剥落，如需要则补上。
- 检查为监测装置和齿轮油电机提供电源的线路有无损坏。如必要则进行正确的维护。

### 3. 万向联轴器

#### 3.1 万向联轴器的结构

风力机上使用的万向联轴器为十字轴式万向联轴器, 通过中间轴串联两个万向联轴器组成双万向联轴器。主、从动轴轴线可以相交也可以平行。结构形式见(图 1)。

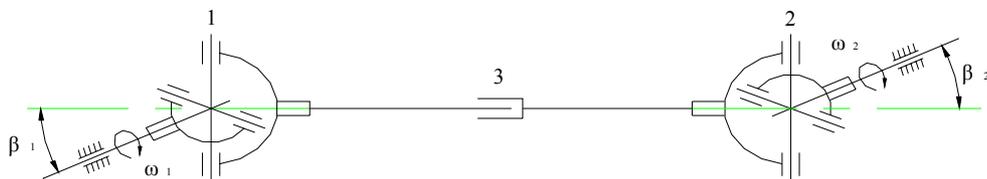
中间传动轴为两部分组成, 用花键联接, 外花键可在内花键内作轴向移动, 在工作过程中, 若两轴发生相对位移, 可自动调节传动轴的长度以补偿轴间距离的变化。在安装过程中, 也可以补偿因制造和安装误差带来的轴间距的变化。联轴器的最大伸缩量为 80mm。

#### 3.2 万向联轴器的安装

##### 3.2.1 安装

为了保证主、从动轴角速度相等, 即  $\omega_1 = \omega_2$ , 安装时应满足(如图):

- (1) 中间传动轴与主、从动轴轴线夹角应相等, 即  $\beta_1 = \beta_2$ 。
- (2) 中间传动轴两端叉头在同一平面内。
- (3) 中间轴与主动轴、从动轴三轴线在同一平面内。



1、2 — 万向节 3 — 中间轴

### 3.2.2 联接

风机上的万向联轴器是用10.9级高强度螺栓及涂有防松胶的螺母把两端的法兰联接在齿轮箱法兰和安全联轴器上的。联接前应检查：

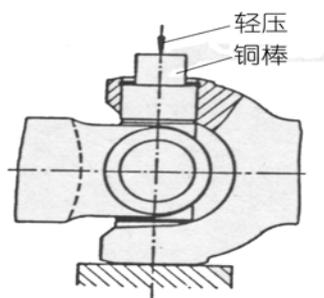
- 法兰结合面应平整、光洁，不得有毛刺、伤痕。
- 两端法兰叉头应能自由灵活摆动。
- 花键接合处应伸缩灵活，无卡滞现象。
- 轴承内和花键处涂以 **shell retinax LX** 润滑油脂。待装好后，再从注油嘴打入相同油脂，至充满为止。
- 安装时必须保证外花键套和内花键轴上的标记箭头对准，否则将不能使不稳定的输出移动达到均衡，反而会使该情况扩大，这会导致接头过早受载及花键齿的损坏。

### 3.3 万向节十字接头部件的更换

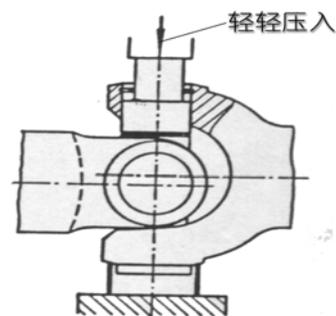
如果十字接头轴颈和滚针轴承同时磨损，就有必要更换十字接头和滚针轴承（当它们显出磨损的情况时）。

#### 3.3.1 拆卸

- 1) 用一根铜棒轻压十字接头，消除弹性挡圈和十字接头间的压力（图1）

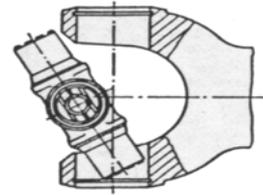


（图1）



（图2）

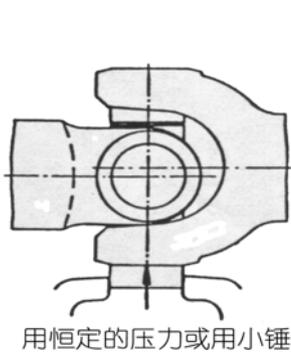
- 2) 用专用卡钳拆下弹性挡圈 (图 2)
- 3) 将每个卡箍上的轴承压出 (图 3)
- 4) 用帽卡夹住轴承将它们位出来



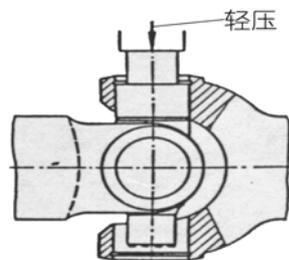
(图 3)

### 3. 3. 2 组装

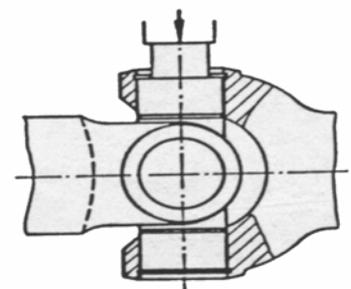
- 1) 将十字接头插入 (图 4)
- 2) 在一侧将轴承压入, 并用弹性挡圈将其紧固 (图 5)。
- 3) 压入另一侧轴承, 用弹性挡圈紧固 (图 6)。



(图 4)



(图 5)



(图 6)

- 4) 在第二个卡箍内插入十字接头, 然后压入轴承产安装弹性挡圈。
- 5) 万向接头的张力可通过轻击卡箍消除, 接头就会移动自如。

**注意:**

- 在压入轴承之前，保证轴承与轴的内径完全接触。
- 在更换任何磨损部件之后，高速轴必须根据 VDI2060 建议的 Q16 标准进行重平衡。若轴只是低速的（根据轴的结构和尺寸，速度极限处于 500—800rpm），则不需要再平衡。
- 若由于各种特殊原因，高速轴不能再平衡，卡箍的个别部件，在拆卸之前必须小心做标号以便它们后来能正确装上。用这种方法，不平衡能限制到最小。
- 换向轴（前轴）上双接头十字组件更换时，中心件的轴承帽固定有拆卸螺纹，这样，这些帽可以用 1 个拆卸器移去（在去掉螺栓插头后）。

### 3. 4 万向联轴器的维护

#### 3. 4. 1 万向联轴器的润滑

ELBE 万向联轴器装配有 3 个油润滑配件（根据 DIN 71412 标准）。每个万向节处用一个油润滑配件进行润滑，第 3 个注油嘴用于润滑连接花键。

#### 3. 4. 2 润滑脂

润滑万向联轴器只能使用粘度等级 2，渗透度 265/295，且滴流温度为 180℃ 的皂化锂基脂进行润滑。该润滑脂决不能含  $\text{MOS}_2$  附加剂。

**建议使用润滑脂 shell retinax LX**

#### 3. 4. 3 润滑时间间隔

见总表。

#### 3. 4. 4 加注

在注油前清洁注油枪，用注油枪将油加注到万向节轴承和花键上，直到原来

的油被挤出。为防止损坏部件，应避免润滑时压力突然剧增，最大压力为 50Pa。

### 3. 4. 5 保存

万向联轴器在存放时应清理干净，结合面上涂防锈剂，非结合面涂油漆。油漆颜色为褐色。

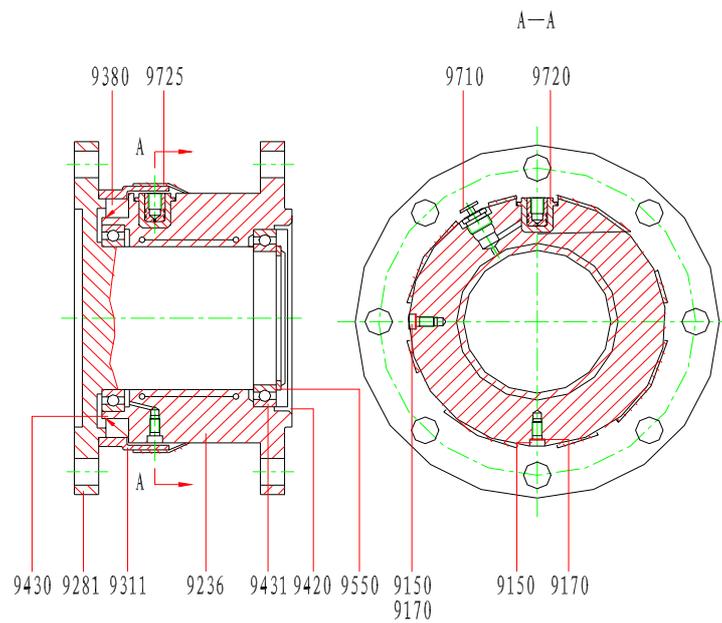
装配好的万向联轴器，在花键轴和花键套处用粗箭头标出定位标记。

万向联轴器应存放在干燥、避免日晒、雨淋的场所。在存放期内应避免与酸、碱及有机溶剂等物质接触。

## 4. 液压安全离合器

### 4. 1 安全离合器的结构

BWL 80 液压安全离合器为高速式法兰联结安全离合器，基本结构型式如图所示。主要部件见下表。



型号: BWL 80

表 1 BWL 80 安全离合器主要零部件:

部件号	数量	名称	型号	DIN—Nr	材料	重量 (kg)
9150	2	沉头螺钉	6×10	7984	8.8	
9170	2	密封垫	7.3-10.2-1-N-SAD		ST/NBR	
9236	1	法兰套			ST 52-3	12
9281	1	法兰轴			ST 52-3	12
9311	1	剪断环			ST 52-3	0.5
9380	1	轴密封	B2FUD140×160×13	3760	72NBR	
9420	1	盖子	130×12		NB. AL	
9430	1	滚珠轴承	105/130×13	61821RZ		0.32
9431	1	滚珠轴承	100/125×13	61820RZ		0.31
9550	1	挡圈	100×3	471	FCD. ST	
9710	1	剪切管	L 78			
9720	1	注油嘴				
9725	1	保护箍	540×30×2		NBR	

#### 4. 2 安全离合器的工作原理

安全离合器适用于联接两同轴线的传动轴系，可起到限制转矩及安全过载保护作用。BWL 80 液压安全离合器是用液压压力设定转矩的转矩限定离合器。通过改变液压压力可以调节打滑转矩。

打滑转矩是安全离合器主、从端产生相对滑动瞬时所传递的转矩。

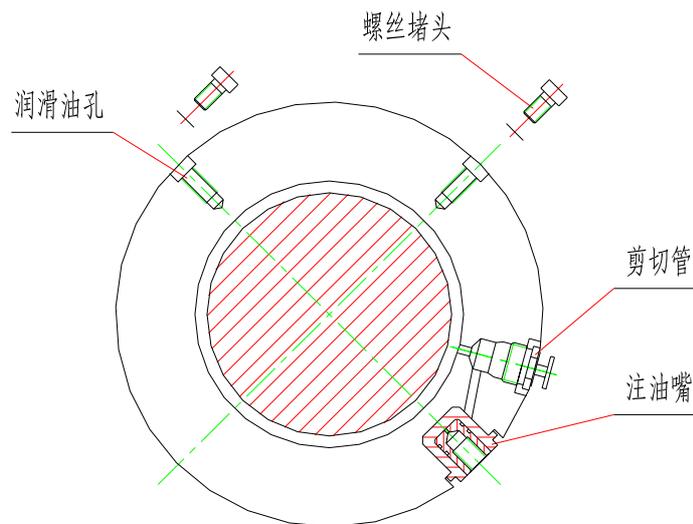
如果设定的转矩被超过，离合器将在轴上打滑直到剪切管的顶部被剪断环剪断，液压压力将在几微秒内被释放，离合器然后自由转动直到停止。

#### 4. 3 安全离合器的维护

### 4. 3. 1 润滑

在给离合器加压前按照规定给其润滑，在润滑剂没有被加注前，离合器是不能使用的。

离合器不能缺少润滑。



用 M8 的内六角螺丝旋入注油嘴中的塑料堵头，将堵头拔出。盖住注油嘴和剪切管以接住剪切管松开时漏出的油，用 5mm 六角扳手松掉两个润滑孔的螺丝堵头，并且旋转离合器使每个润滑孔与水平线成 45 度。用润滑油泵往一个润滑孔里注油，直到达到规定的油量。此时，离合器被加注了 50% 的油。

用螺丝和密封垫密封润滑孔。检查是否容易将离合器转运，如果不行，检查离合器是否损坏或安装错误。

### 4. 3. 2 加压

用 30—35Nm 的力矩将剪切管旋紧，然后反向旋转 1/4 圈将其旋松。

用 M8 的内六角螺丝旋入注油嘴中的塑料堵头，将堵头拔出。然后将高压手泵的连接头插入注油嘴。将油打进离合器直到压力表上显示出所需的压力值。离合

器说明书附带的标定图上给出了设计滑动转矩所对应的油压力值。

用 30—35Nm 的力矩将剪切管旋紧，这样离合器的压力就完全密封了，关闭高压手泵并将其从注油嘴上卸下。

将塑料堵头塞入注油嘴中。然后把保护箍安装在剪切管和注油嘴上。

**注意：基于安全原因，保护箍在任何情况下都要加上。**

#### 4. 3. 3 安全离合器标定

安全离合器 BWL 80	
力矩 (NM)	压力 (MPa)
3800	38
4000	39
5000	46
6000	54
7000	61
8000	68
9000	76
10000	83
11000	90
<b>12000</b>	<b>100</b>
13000	104

#### 4. 3. 4 润滑油的加注量

以下是安全离合器所需润滑油的加注量，因为加工误差的原因润滑油的加注量可能会有轻微的变化。

BWL 80 加注量  $12\text{cm}^3$

注意：该值不是为特殊设计而提供的，这些是按一般要求提出的建议。

#### 4. 3. 5 润滑和压力油

用于离合器的油也可以用于高压泵和润滑。下列油可以使用。

BP HLP 32

**ESSO UNIVIS J13（建议使用）**

MOBIL DTE 24

CASTROL HUSPIN AWS32

SHELL TELLUS 37（in GB, 32 in D）

VALVOLINE ULTRA MAX AW 32

#### 4. 3. 6 释放之后

当风力机发生异常情况时（如发电机抱死），液压安全离合器在转矩达到标定值时（12000Nm），液压压力释放，离合器打滑，起到保护齿轮箱的作用。

按下面步骤使安全离合器重新投入运行：

取下保护箍，将已剪断的剪切管卸下，更换新的剪切管后按前面的说明加压，使离合器重新投入运行。

### 4. 4 安全离合器的维护

#### 4.4.11 维护

在大约每 15 次释放后，或最多 12 个月后，更换润滑油；并检查剪断环的正确固定。

#### 4. 4. 2 安全规程

当给离合器加注液压油时，必须戴上防护眼镜；离合器必须在安装完成后在

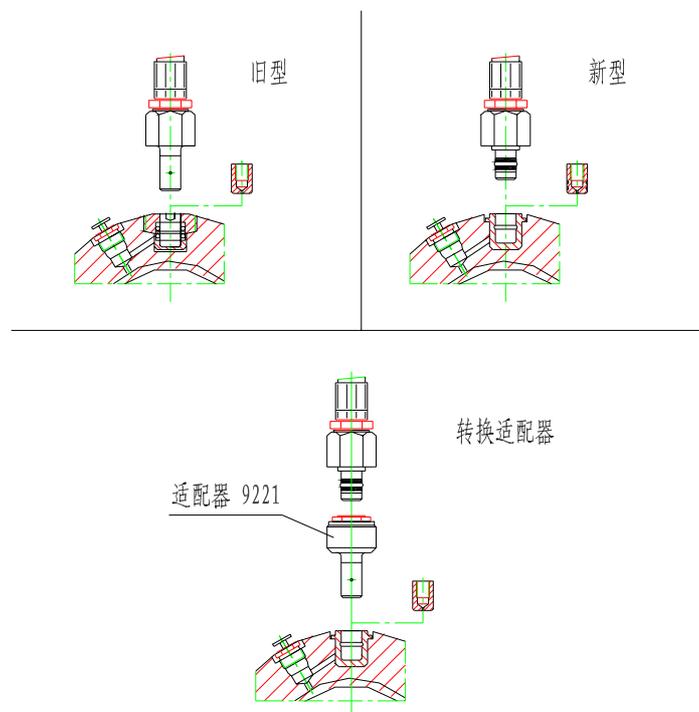
有压力的情况下进行设定。

随着离合器的释放，剪切管的部件和液压油会甩掉。因此，在离合器投入运行前必须将保护箍装上。

离合器在安装完成后，必须检查在释放状态下且没有剪切管时是否容易将其转动。

在给离合器加压时必须按照规定给其加注润滑油。

#### 4. 4. 3 新型注油连接



#### 4. 5 专用手泵的使用

##### 4. 5. 1 操作指南

###### ◆ 注油

将泵头拉下，把位于环(6)和链子上的储气筒往外拉直到到达停止位置。

使在纵切断面上的储气筒(10)卡住后打开注油塞子(13)。储气筒片没有反

向卡具时不能将塞子拔掉。尽可能地给储气筒充气。关闭储气筒。

#### ◆ 放气

储气筒充气结束之后，泵须进行放气。因此要快速在软管的头部把泵卡住。打开泄油阀（33）将储气筒片往上推，直到软管头开始出油为止。关闭泄油阀。泵的储气筒装有一个橡胶伸缩软管（9），以防止空气进入该系统，而且可以使泵在任何位置使用。

#### ◆ 调节运行压力

手泵装设了一个减压阀，压力至 1500bar，这一值可以很容易地从外部调节。松开减压阀的塞子（50）用外露螺钉（39）调节阀门。运行压力随着螺钉顺时针旋转而增加，随着逆时针旋转而减少。小心不要将压力调节得高于 1500bar。运行压力可以在压力表上读出。检查且调节运行压力，将保护帽放在连接片上。此时，手泵已准备完毕可以建压了。

为了您的自身安全，为了增加这些元件的维护使用寿命，应遵守以下几点：

- 不要超出液压元件的最大允许运行压力
- 不要让软管受损和过度弯曲
- 避免拉伸应力

#### ◆ 油位/换油

在规定的时间内检查油位，如果需要，注油。良好的液压油状态是延长液压元件使用寿命的决定性因素。

#### ◆ 维护

所有的运动部件都应在一定的时间间隔内加润滑脂(如：泵头上的手柄，部件 28)。

按照它们的使用规定，所有的部件都应定期检查有无损坏。任何损坏元件应

立即更换。除此之外，手泵 RT 100 可以免维护。

修理和维护只能由专业人员进行：确保只使用原装备件，保持液压系统的清洁，且避免任何杂质和水分进入。

#### 4. 5. 2 故障处理

◆ **泵没有建压：**

- 检查泵的油位
- 放出储气筒的空气
- 检查减压阀是否已经关闭

如果泵正确工作，且压力已建立：

- 手泵的手动杠杆作用增加
- 液压软管变硬

如果可能的话，用一个压力表用于此类检查。暂时断开所有用户，以便于检查：

- 在开泵时将泵头拉下一段时间
- 检查液压系统的漏油情况（如：配件，密封垫）
- 泵活塞的高压密封可能泄漏

◆ **系统不保持压力：**

液压泵建压，但是压力很快又下降

- 检查泄油阀（33）是否关闭。检查泵和配件的漏油情况
- 检查整个系统（液压缸）的漏油情况
- 如果需要，修理泵

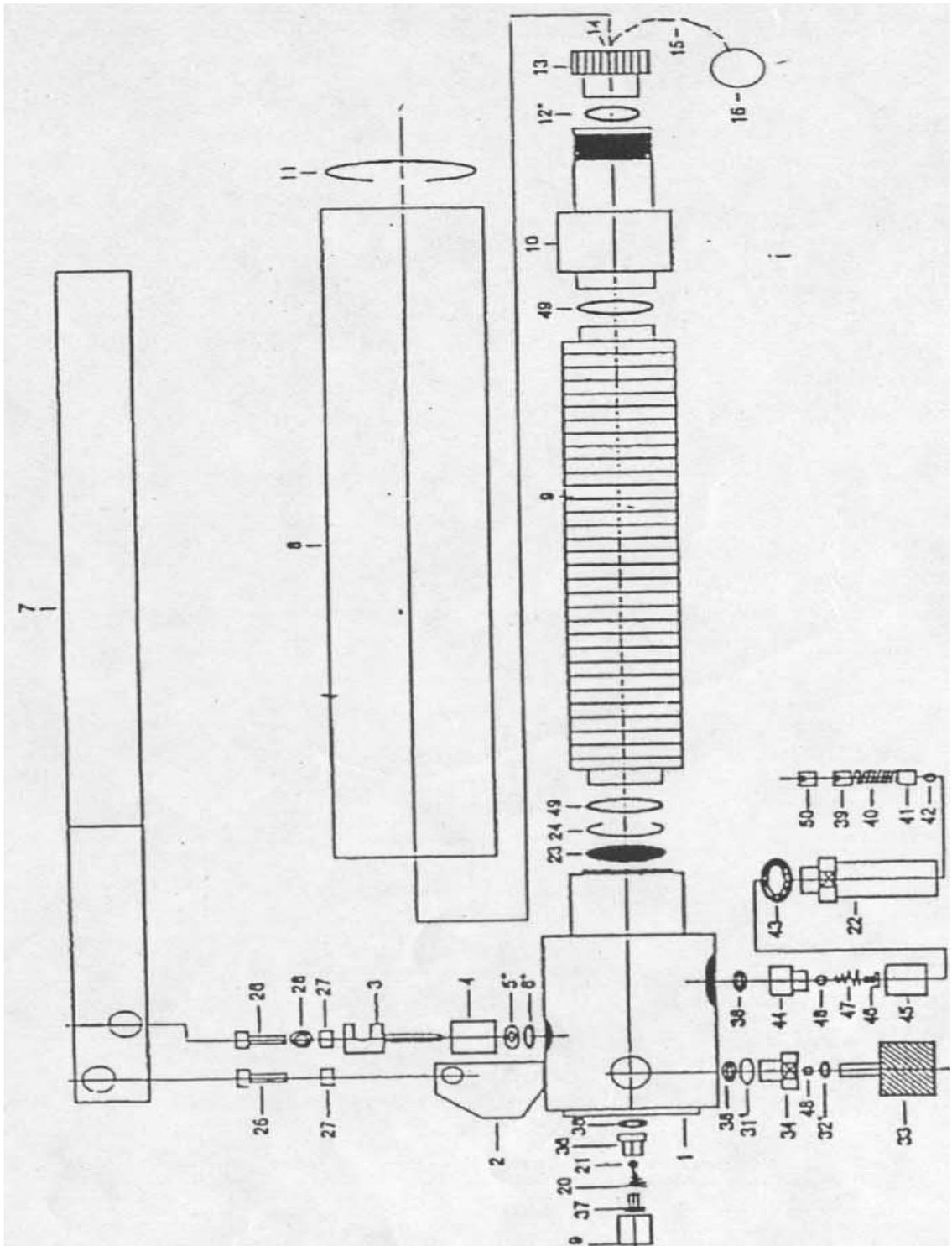
### 4. 5. 3 部件表

见下页

部件号	数量	名 称
1	1	头
2	1	水平平台
3	1	活塞
4	1	衬套
5	1	支撑环
6	1	O 形环
7	1	手柄
8	1	储气筒 O 形环
9	1	伸缩管
10	1	储气筒片
11	1	弹簧环
12	1	O 形环
13	1	塞子
14	1	销子
15	1	链子
16	1	环
17	1	阀体
20	1	弹簧
21	1	球 $d = 3$
22	1	压力阀
23	1	过 器
24	1	弹簧环
26	2	螺丝

27	11	螺帽
28	1	滚动衬套
31	1	O形环
32	1	O形环
33	1	泄油阀
34	1	衬套
36	1	阀门座
37	1	球导
38	3	密封垫片
39	1	螺丝
40	1	弹簧
41	1	球座
42	1	球 d = 3.5
43	1	密封垫片
44	1	阀门座
45	1	阀体
46	1	球导
47	1	弹簧
48	2	球 d = 4.5
49	1	O形环
50	1	塞子
51	2	密封垫子（软管）

### 4.5.4 手泵 RT 100 示意图



## 5. 发电机

### 5. 1. 发电机的性能、结构

#### 5. 1. 1 发电机的性能指标:

型号:	YF450-4/6
额定功率:	600/125 kW
额定电压:	690 V
额定电流:	540/117 A
频率:	50 Hz
额定转速:	1517/1011 r/min
额定转差率:	1.13%/1.1%
功率因数:	0.9291/0.8952      0.8617/ 0.7281 (0.35Pn)
相数:	3 相
效率:	96.100%/93.468%(额定)      94.91%/91.25 (0.35Pn)
工作制:	S1 连续工作制
绝缘等级:	F 级
启动电流倍数:	5.041 /5.170
定子线圈允许温升:	105K
电机轴承允许温升:	95K

#### 5. 1. 2 结构形式

定子绕组:	两个分散绕组(2 $\Delta$ /2 $\Delta$ )
运行环境温度:	-15 $^{\circ}$ C~+40 $^{\circ}$ C

- 冷却方式: IC411
- 机壳表面冷却（用周围环境介质），一次冷却介质在闭合回路内循环，并通过机壳表面把热量逸散到周围介质；自循环，冷却介质运动依靠转子的风扇作用或直接安装在转子轴上的风扇。
- 结构安装型式: IMB3
- 卧式底脚安装在基础构件上；端盖式轴承两个。
- 外壳防护等级: IP54
- 防尘、防水溅：能防止触及或接近机内带电或转动部件，不完全防止尘埃进入，但进入量不足以影响电机的正常运行；任何方向的溅水应无有害影响。
- 线圈绝缘等级: F 级（真空浸漆）
- 发电机绕组的绝对温度最高限值 155℃

### 5. 1. 3 主要部件介绍

异步发电机的主要部件有：定子、转子、轴承、端盖、出线盒及风扇、风罩等，其基本结构如下所示：

- A. 定子——有绕组定子铁心——定子铁心——定子冲片
- 端板
  - 压圈
  - 扣片
  - 定子绕组——定子线圈
  - 槽绝缘
  - 相间绝缘
  - 槽楔
  - 引接线
- 机座
- 吊攀
- B. 转子——铸铝转子——转子铁心——转子冲片

- 铝笼（导条、端环、风叶、平衡柱）
- 转轴
- 平衡块
- C. 轴承装置——轴承、轴承内盖及外盖
- D. 端盖
- E. 接线盒
- F. 风扇、风罩

## 1) 定子及其部件

定子中主要部件有：机座、定子铁心、线圈等。

异步发电机的机座主要有铸铁带散热筋结构和焊接管式散热结构两种。

定子铁心由相互绝缘的冷扎硅钢片迭压而成，在铁心的两端及背部由端板和扣片将其固定在中间，构成定子铁心的整体组件。

预先制造好的定子线圈被安放在定子铁心槽内，线圈端部分别用端箍和绑绳固定在一起，并在真空和高压条件下进行整浸，以便经得住电机起动时或在某种事故状态下所产生的强大电磁力冲击。

## 2) 转子及其它部件

转子为鼠笼型，其主要部件有：转子铁心、轴、转子绕组、风扇。

转子铁心由相互绝缘的冷扎硅钢片迭压而成，圆周平均分布有通风槽，转子铁心迭压后直接套在轴上。

转子绕组采用笼型铸铝结构，由置于转子槽中的导条及两端的端环组成闭合回路，整个转子形成一坚实的整体，结构简单牢固。

电机转子的非轴伸端装有内风扇、外风扇各一个，电机内部的热量在转子通风槽、气隙、机座通风槽间循环，由定子铁心及电机内部冷却介质传给电机机座及端盖，再由外风扇强迫风冷将热量带至周围空气中，使机壳温度降低。

切记不可将风机内的消音道、挡风罩及风机机舱进风口、出风口等设备随意变更，否则将影响发电机的散热。

### 3) 其它部件:

#### 1. 轴承

发电机的轴承采用滚动轴承。在发电机轴伸端与非轴伸端各使用一只单列向心球轴承，轴承型号为 6322EC3 (SKF)。

#### 2. 加热器

电机内部装有两个加热器，型号是 GD150-220/0.15，额定电压：交流 220V，功率：150W。

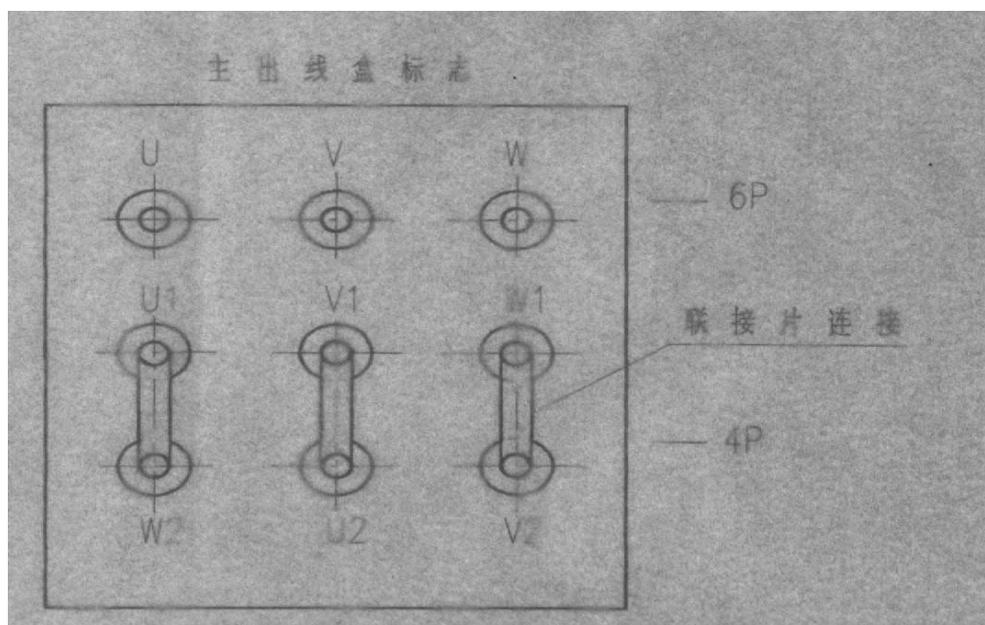
#### 3. 温度传感器 (PT—100)

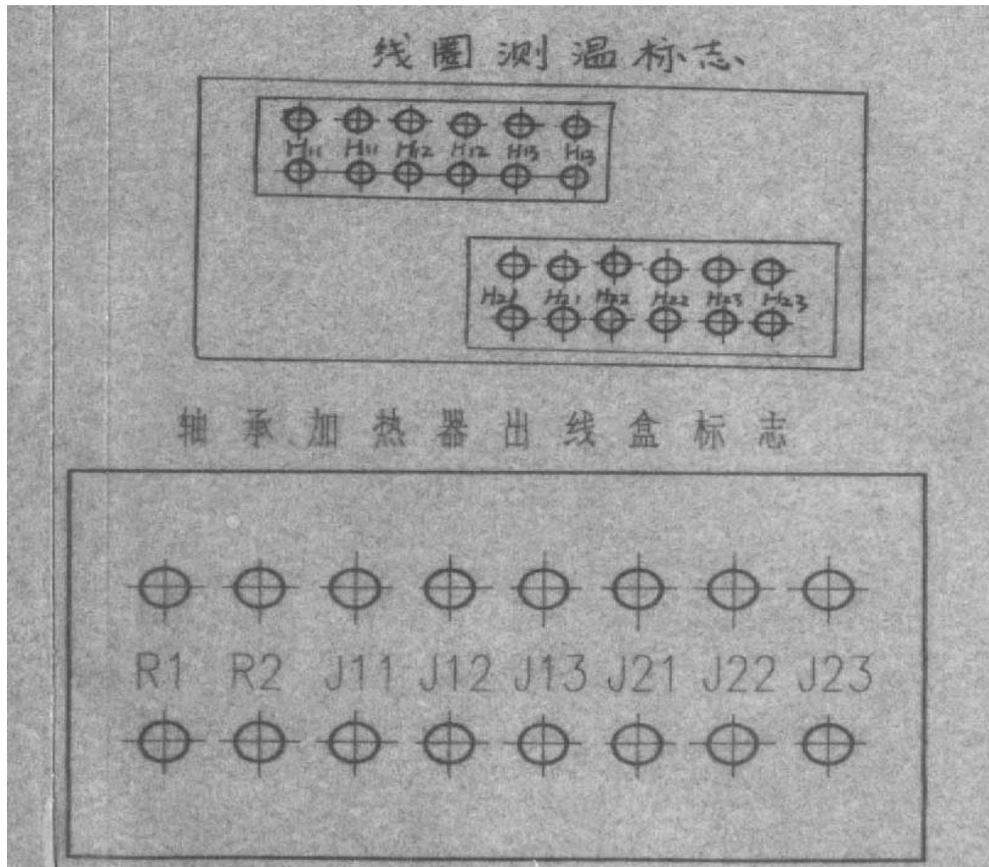
4 极和 6 极电机每相绕组内各装设一只温度传感器，共 6 只，型号为 WZPD 10×60-2×650- Pt-100，其安装位置按照近似按 60° 分布；轴伸和非轴伸端的轴承上各装设一只温度传感器，共 2 只，型号为 WZPM-210 Pt-100，安装在轴承座圈内距离轴承外圈 10mm 以内。这种温度传感器具有 0℃ 对应电阻 100 Ω 的特性。

#### 4. 出线盒

发电机共有两个出线盒：主出线盒和测温出线盒。主出线盒内共 10 个接线端子，4 极电机有 6 个接线端，6 极电机有 3 个接线端，另外还有 1 个接地端子；测温出线盒内是由 8 个温度传感器、两个加热器引出的接线端子。

出线盒布置图如下：





## 5. 2 发电机的使用

### 5. 2. 1 发电机安装注意事项

电机如不能及时安装，应将电机存放在干燥、洁净的库房内，环境空气中如有大量粉尘等固体颗粒、酸碱或盐雾等腐蚀性气体、温度过高或过低、温度过大或变化较大等，均对电机存放不利。最好不用塑料长期罩住电机，可用防水帆布覆盖防止灰尘进入。如电机带有加热器，防止产生冷凝水或吸入潮气，可使用加热器通电；当存放时间过长时，应定期测量绝缘电阻。存放温度最低 $5^{\circ}\text{C}$ 。

发电机的机壳上有两只吊耳，如果电机需要起吊，必须通过两个吊耳电机起吊电机，严禁通过部位或仅用一只吊耳起吊电机。

### 5. 2. 2 安装前工作程序

电机的安装要求应有严格的程序，因为电机性能的好坏很大程度上依赖于对它

的调整和基础的稳定性，因此安装电机前必须按以下要求检查，以防止投入运行后出现故障。

外表及机械检查：如果电机表面有任何损坏或存在疑问，应立即提出书面报告。

确定地基的中心点，以便建立机组中心线及地基表面标高。

对照外形图确定地脚、电缆、管道、母线以及其它设施是否在正确位置，其它尺寸是否合适，以便对电机及附件进行正确安装。

根据外形图检查地脚螺栓的尺寸，位置和顶部高度是否正确。也可制做一些平面或楔形垫铁，将电机安装到基础上时根据需要用这些垫铁将其垫起，使电机不致歪斜及有利于调整水平。

### 5. 2. 3 安装就位

电机的就位应遵照有关标准进行，下面几点注意事项在就位时应给予考虑。除定货时有特殊要求，一般其环境温度不得高于 40° C，海拔不得超过 1000m。确保电机周围有足够的工作空间，便于拆卸检修及清理等。

安装电机时要有可靠的基础，这样才能使电机在运行过程中产生的振动达到最小，根据外形图上的安装尺寸来确定地脚螺栓的位置。地脚螺栓孔应适当留有余量以便于发电机安装时调节。

在电机就位并在垂直方向找正后，全面检查电机与底座间或基础间的安装间隙，用塞尺测量并记下各处间隙的大小，所在位置和塞尺的深度（一般小于 0.05mm 的间隙不予考虑），用测量尺寸制好各种所需垫片，其长度均比塞尺深度长出 15mm 左右，把做好的垫片在各相应位置插紧，将长出部分朝上紧靠电机机座折弯，并在此做上插入深度的永久标记。应按间隙的大小确定垫片的厚度。电机在整套设备的底座上或基础垫好就位后，利用联轴器找正。

电机与齿轮箱的轴线找正是通过用塞尺在联轴器上下左右四个点测试调整来实现的。联轴器上下左右间隙的读数应一致（或误差不超出 0.04—0.05mm），然后再将电机轴与被拖动机械一起旋转，90° 为一间隔，一周内共测量四次并记数。电机与被拖动机械的同心度找正可在电机的一侧安置两个千分表，分别触及两个半联轴器的靠背轮侧面，并调整好两个千分表的零位，千分表一经固定就不要再动，电机轴与被拖动机械的轴一起转动 360°，两个千分表的指针应相同并重复原来的读数，否则重新检查千分表安装是否牢固，如确认牢固则说明二轴不同心，需重新调整。当两表读数在 0.04—0.05mm 之内则认为满意。

调整完成后，应马上用螺栓将电机和被拖动机械牢固在底板上，然后再一次找正检查，确认位置没有移动时找正方能结束。

#### 5. 2. 4 起动前的准备工作及试车

由于中型电机在制造厂内已将各部分间隙等完全调整后整件出厂，所以采用滚动轴承的电机在就位、找正调整好后可直接转入开机前的准备：

- 清理现场，打扫环境。
- 测量绕组的热态绝缘电阻：用 1000V 兆欧表（摇表）测量，所测得之值不得低于下式求得的数值：

$$R_M = \frac{U_N}{1000 + P/100}$$

式中： $R_M$  ——热态绝缘电阻（MΩ）

$U_N$  ——发电机额定电压（V）

$P$  ——电机的额定功率（kW）

可近似按如下简略公式计算：

$$R = \frac{U_N}{1000}$$

一般电机标准中都没有电机在冷态时绝缘电阻的考核标准，通常只标明：在检查试验时，电机的绝缘电阻可以只在冷状态下进行测定和考核，但因保证电机在热态时的绝缘电阻值不低于上述计算式的计算值。但实际工作中一般测试的是电机在冷态时绝缘电阻，它与电机测试时的环境温度、相对湿度，以及电机绝缘材料的性能、质量、状态等很多因素有关，可按照下面的经验公式的计算值作参考。

$$R_M \geq \frac{U_N}{1000} \times \frac{75-t}{5}$$

式中： $R_M$ ——冷态绝缘电阻（M $\Omega$ ）

$t$  ——测量时的绕组温度（一般用环境温度）（ $^{\circ}\text{C}$ ）

$U_N$  ——绕组额定电压（V）

- 检查供给的电压、频率是否与铭牌上规定的一致。引出线按主出线盒内相序标志的顺序依次与电网的相序可靠的联接，确认安全后即可。此时电机运转后其旋转方向从驱动端看为顺时针。
- 按外形图要求进行测温装置及加热器的电缆连接。
- 连接接地电缆：接地电缆选用型号为 YCW-ZR70 的电缆，固定电缆之前要确保导线、电缆管头套、接地板上不沾油漆和其它妨碍导电的脏物。检查电机轴承润滑系统情况，滚动轴承的润滑脂约为轴承室容积的 2/3 左右，在电机出厂前已经加好。脱开与电机及其它拖动机械的制动力，用手盘电机使电机转子转动，应保证转子转动自如。
- 主回路空气开关合闸，给电机瞬时通电，检查电机能否转动，并检查一下电机的旋转方向是否正确，若转向与外形图不符，应在转子停止转动后将主回路的开关断开，按正确的电机旋转方向调换电机接线，重新起动。

- 电机正常运转后，在开始两小时的运行中应注意是否有不正常的响声、振动及局部发热等现象，应频繁检查电机轴承温度，检查轴承的升温速度比检查轴承本身的实际温度更有价值，如果轴承升温过快，超过一定限度，则马上将电机断电，待电机停转后对轴承进行检查。一般环境温度不超过 40° C，滚动轴承最高允许温度为 95° C。

### 5. 2. 5 电机带载试车

在电机空载试车成功后可连接负载起动试车。

一般在电机允许的冷态时最多起动二次，每次间隔 5min，在热态下只允许起动一次。这里冷态指电机任何部分的温度与周围空气的温度之差不超过 3° C 时的状态，热态指电机停机后热量尚未散走时的状态。

### 5. 2. 6 电机停用时的护理工作

如果电机停用超过一个月后，建议原地不动做下列工作：

如果电机所处环境比较潮湿并经常有较大的温度变化，这样易在电机中产生凝聚水气，应给发电机的加热器通电，并定期检查以确保加热器处在工作状态。

所有裸露的金属表面涂防锈油。

给电机所有的控制和动力部分的设备加上警告标志，告诉这些设备工作的有关情况和在起动前应作哪些工作。

## 5. 3 发电机的维护

### 5. 3. 1 运行期间的检查

电机在运行时要注意它的清洁，绝不允许有水、油或其它杂物进入电机内。

滚动轴承应在累计使用 2000h 时后，更换润滑脂，鉴于风力发电机的运行特点，每隔半年加一次润滑脂，润滑脂的牌号及油脂用量见第二章。

润滑油脂的加油量不宜过多或过少，润滑脂过多将导致轴承的散热条件变差，而润滑脂过少则会影响轴承的正常润滑，这两种情况都将使轴承的温升较高，如果温度过高会引起润滑脂的分解，不利于轴承的运行。

每次加油之后需清理溢出的旧润滑脂，注意观察油脂的颜色，如果颜色异常要及时采取处理措施。

运行人员每次上至机舱内，如果发电机正在运转，须仔细聆听发电机及其前后轴承的声音，若有异常声音要及时提出书面报告，如果轴承需要加注润滑脂必须及时进行。

如果轴承用汽油或专用清洗液进行了清洗，在加油前必须进行烘干，否则加注润滑油脂后形成不了均匀的油膜，不利于轴承的润滑，发电机运行很短时间就要重新加注新油。

每逢风机检修，必须检查所有螺栓的紧固程度，特别注意发电机轴头与安全离合器以及安全离合器与万向联轴器等转动部分的连接螺栓。

注意观察发电机的负载情况，如果电机长期过电流运行将会影响电机的寿命，以致损坏电机。

定时做好运行记录及记录结果的分析。详细、系统的记录是及早发现电机故障的有力措施，因此风机的运行记录及记录结果分析是非常重要的。

### 5. 3. 2 发电机的故障及排除

#### (1) 电机不起动

原因可能是接线有误、线电压不符、定子绕组故障。应检查控制部分接线是否正确，检查电机接线端子线电压是否为 690V 或是在 690V 的 95%~105%范围内，检查过载保护（保险丝）是否断开，检查电机定子线圈是否开路、短接或有接地现象，检查电机的转子、齿轮箱（原动机）以及发电机和齿轮箱的连接部分是否

有锁住现象，检查发电机起动控制部分是否有故障。

## **(2) 发电机过热**

发电机的温度监测有发电机绕组和发电机轴承两方面，而发电机过热通常指的是发电机绕组温度过高，超过电机绝缘等级对应的最高绝对温度值。

发电机侧线电压过高或过低、电机过载、冷却介质量不足、冷却介质温度过高（运行环境温度超过 40℃）、线圈匝间短路等都可能引起发电机过热。应检查电压是否与电机铭牌不符，检查发电机负荷大小，检查三相电压是否平衡，检查环境温度是否超过标准值，检查风口（风扇）附近是否有发热体，检查绕组三相电阻是否平衡。

## **(3) 电机轴承过热**

原因可能是润滑脂牌号不对或轴承损坏。润滑脂过多可过少，润滑脂内混有杂物，转轴弯曲，轴向力过大、轴电流通过轴承油膜、轴承损伤等都会造成发电机轴承过热。应检查润滑脂牌号是否与维护手册规定的相符，检查润滑脂量是否合适，检查润滑脂质量，检查转轴是否弯曲，检查联轴器有否产生轴向力；条件允许的情况下测试轴电压大小、分析轴承运转声音、检查轴承。

## **(4) 电机的振动**

原因可能是机组轴线没有对准，电机在基础上位置不正，转轴弯曲，联轴器不平衡，转子鼠笼条断开等。应检查电机安装质量，检查电机转子与联轴器的不平衡程度，条件允许的情况下检查电机转子鼠笼条是否损坏。

## **(5) 绝缘电阻低**

原因可能是绕组表面不干净，空气湿度大，因空气温度变化大而使绕组表面凝聚水滴，绝缘老化等。应给加热器供电烘干发电机内部、条件允许则清洁电机内部，检查电机绕组有否机械损伤。

**注意事项：**

当在现场对定，转子绕组进行修理时，修理后的定子绕组应进行耐压试验，时间为 1min，试验的耐压值可按下式进行：

$$U=(2U_{\text{H}}+1000) \times 0.75$$

式中：U —— 耐压试验值（V）

$U_{\text{H}}$  —— 定子额定电压（V）

## 第四章 偏航系统

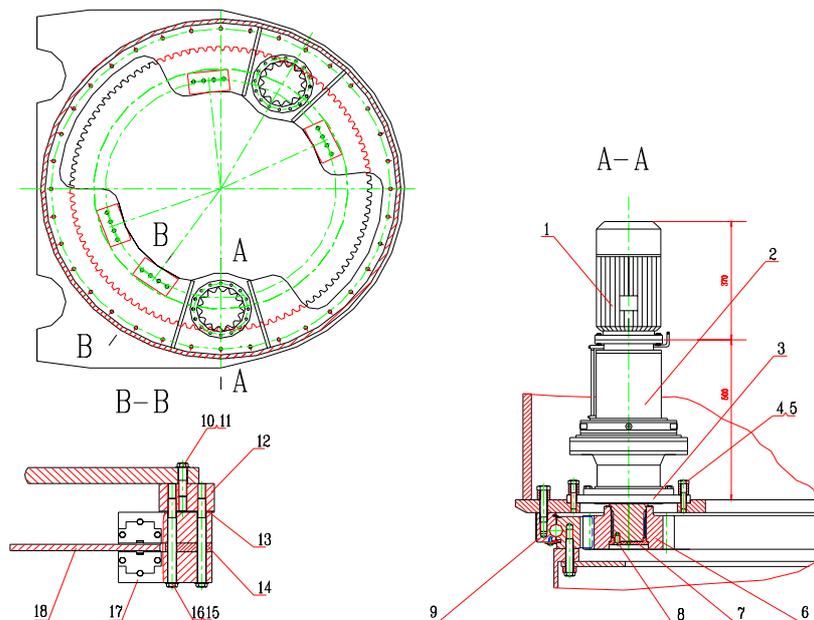
## 1. 概述

*XWEC-Jacobs43/600* 风力发电机组的偏航采用主动对风形式。在机舱后部有两个互相独立的传感器—风速计和风向标，当风向发生变化时，风向标将检测到风机与主风向之间的偏差，控制器将控制偏航驱动装置转动机舱对准主风向。

偏航系统主要包括 2 个偏航驱动机构、一个经特殊设计的带内齿圈的四点接触球轴承、偏航保护以及一套偏航刹车机构组成。

偏航驱动机构包括 1 个偏航电机，1 个减速比为 1590 的 4 级行星减速齿轮箱、一个用于调整啮合间隙的偏心盘和 1 个齿数为 14 的偏航小齿轮。

偏航刹车分为两部分。一为与偏航电机轴直接相连的电磁刹车，另一为液压闸，在偏航刹车时，由液压系统提供约 120~140bar 的压力，使与刹车闸液压缸相连的刹车片紧压在刹车盘上，提供制动力。偏航时，液压释放但保持 15~30bar 的余压，这样，偏航过程中始终保持一定的阻尼力矩，大大减少风机在偏航过程中的冲击载荷使齿轮破坏。偏航系统见下图：



1.偏航电机 2.偏航减速器 3.偏心盘 4.螺栓 M16×90 5.加厚垫片 6.偏航小齿轮 7.压板 8.内六角螺钉 M14×20 9.偏航轴承 10.螺栓 M20×75 11.垫片 12.刹车固定块 13.调整板 14.垫板 15.螺栓 M20×210 16.垫片 17.闸规 18.偏航刹车盘

## 2. 偏航电机

偏航电机是多极电机，转速有三种：0.75kw/935rpm、0.55KW/695rpm 和 0.37KW/450rpm，分别适用于风向变化频繁和主风向比较固定的情况。

偏航电机的电压等级为 690V，内部绕组接线为星形。电机的轴末端装有一个电磁刹车装置，用于在偏航停止时使电机锁定，从而将偏航传动锁定。

附加的电磁刹车手动释放装置，在需要时可将手柄抬起刹车释放。

### 2.1 偏航电机电磁刹

电磁刹车的原理如右图所示：

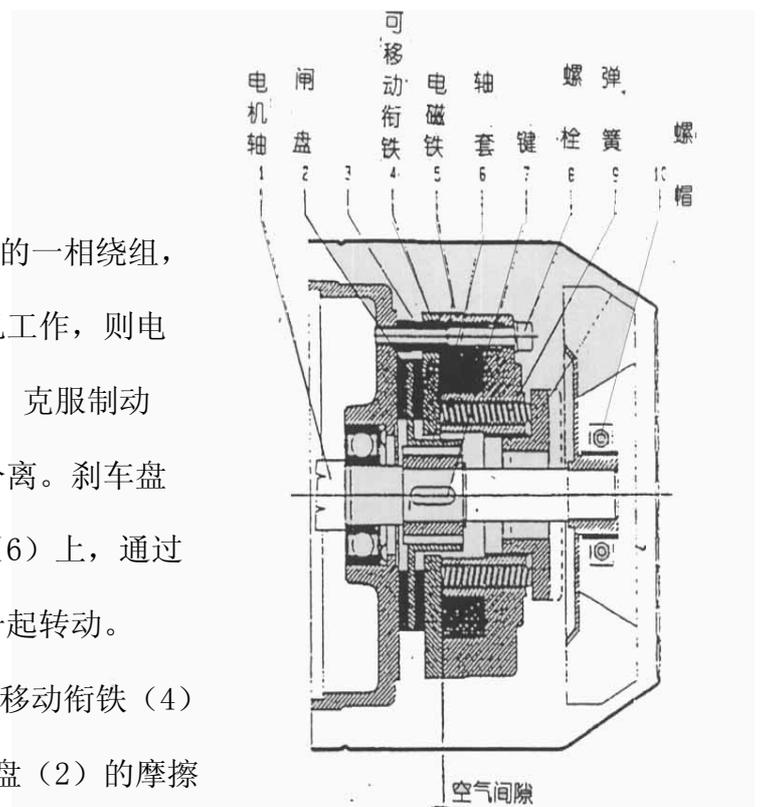
#### 2.1.1 工作原理

电磁刹车线圈的直流电取自电机的一相绕组，经整流桥整流后供电。当偏航电动机工作，则电磁铁（5）带电，吸引移动衔铁（4），克服制动弹簧（9）的作用，与刹车盘（2）分离。刹车盘上装有摩擦层，固定在开槽的轴套（6）上，通过一个键（7）与电机轴（1）相连并一起转动。

偏航停止，电磁线圈随之失电，移动衔铁（4）在制动弹簧（9）的推动下，与刹车盘（2）的摩擦层接触并施加压力，从而实现制动。

#### 2.1.2 气隙调整

气隙（11）为电磁铁（5）与移动衔铁（4）之间的间隙，它的最大值可达初始值的 4 倍。气隙应定期检查，因为刹车盘（2）的摩擦层的磨损会使间隙增加。松开螺栓（8）调整刹车调节器（3）使气隙达到要求值。调整螺帽（10）使制动



弹簧受压，然后使移动衔铁与刹车盘分离，让轴转动，注意观察是否正常。

## 2. 2 偏航刹车整流器

偏航整流桥为一单向整流电路，将取自于偏航电机一相绕组的交流整流后供给电磁刹车线圈。整流板安装在偏航电机的接线盒内。

## 3. 偏航减速齿轮箱

偏航减速器为一个四级行星传动的齿轮箱，在正常的运行情况下是免维护的。一般情况下，在运行期间检查是否有泄露、定期对油位进行检查和更换润滑油。

### 3. 1 润滑

*XWEC-Jacobs43/600* 风力发电机组的偏航减速器采用浸油润滑，所有的传动齿轮都在浸没在润滑油中。润滑油的种类是 Mobilgear SHC 320，未经制造商同意，不允许更换或混用其他种类的油。

偏航减速箱的运行温度不得超过 85℃！

### 3. 2 加油和更换油

偏航减速箱在供货时没有加油。在使用之前，先检查减速箱配备的附件如：油位计、通气帽、放油阀等是否齐全。初次加油时，应保证使减速器处于安装位置状态，卸开通气帽，加油使油位超过油位计的下限，但不超过上限。

需要更换油时，打开放油阀的同时打开通气孔，以保证箱体内的油能比较快地流出。在可能情况下，可以使偏航先运转将油温升高，这样更有利于油的流动。

### 3. 3 运转

在初次运转之前，检查通气孔是否畅通，运转过程中应确保通气孔没有被脏物或油漆堵塞。如果通气孔被堵塞，运转时减速器内部会产生压力，而且有可能破坏密封环。

在运转过程中，注意检查减速器运转是否平稳并且没有产生过度的噪音。检查是否有油渗漏现象。如有异常情况，立即与制造/供应商进行联系。

### 3. 4 偏航小齿轮与内齿圈的啮合间隙

为保证偏航小齿轮与内齿圈的啮合良好，其啮合间隙应为 0.3~0.6mm。这个间隙在组装时已经调整好，在试运转或更换偏航零部件后，应对偏行间隙进行检查，如果不合适，可通过偏心盘进行调整。

偏航小齿轮与内齿圈的啮合间隙可用压保险丝的方法检测。

### 3. 5 偏心盘

偏航减速器是通过偏心盘与机舱底座相连的。偏心盘上减速器安装螺栓孔分布圆  $\Phi 250$  和与机舱底座的安装孔分布圆  $\Phi 325$  之间不同心，偏心距为 2.5mm。通过转动偏心盘即可调整偏航小齿轮与圈啮合中心距，从而调整啮合间隙至要求范围。

### 3. 6 检查

按照第三章——维护间隔的要求

检查偏航减速箱/偏心盘和偏心盘/机舱底座的螺栓连接，紧固力矩为：

M16  $T_1=280\text{Nm}$

M14  $T_2=190\text{Nm}$

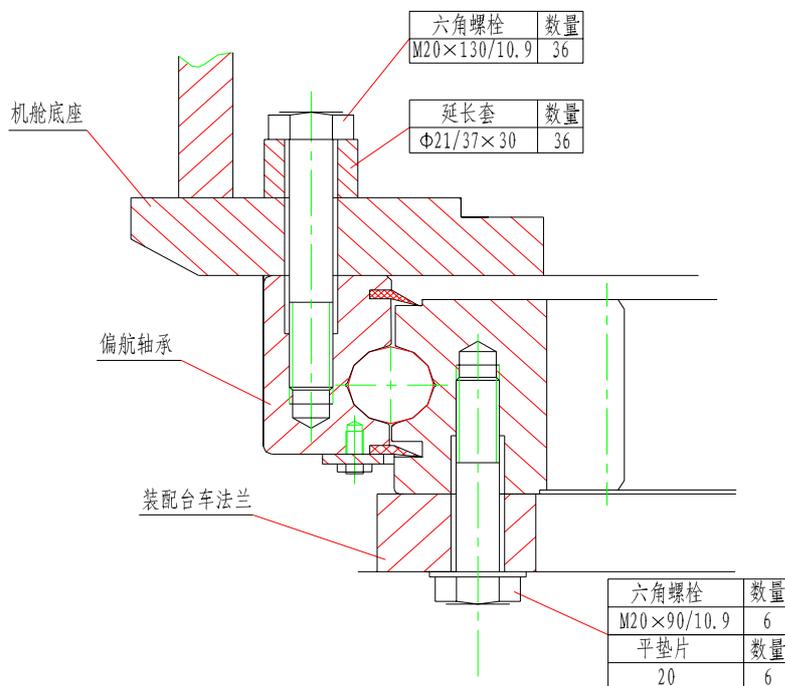
检查油位，不低于油位下限。

检查电机接线盒中电缆的连接是否松动；

检查减速箱体上的螺栓是否松动。

## 4. 偏航轴承

偏航轴承采用四点接触球转盘轴承结构。为了保证偏航轴承的承载能力，轴承采用“负游隙”，使轴承有一定的阻尼力矩。偏航轴承的安装位置见下图：（紧固力矩  $T=560\text{Nm}$ ）



### 4.1 偏航轴承润滑

偏航轴承安装后，应立即对轴承滚道和齿面进行润滑。充分润滑可以降低摩擦力，并且能有效保护密封免受腐蚀。因此，轴承在运行其间必须保持足够的润滑。长时期停止运转的前后也必须加足新的润滑脂。这在冬天来临之前尤为重要。

轴承滚道采用的润滑脂型号是 Molykote TTF5 2。

轴承的密封应每隔 6 个月检查一次，将密封上的脏物及时清除。如有损坏，及时更换。

内齿圈和小齿轮的齿面的润滑为喷涂 Voleer 2000E，使齿面润滑充分。润滑的方法和周期详见第三章——维护间隔。

## 4. 2 检查螺栓连接

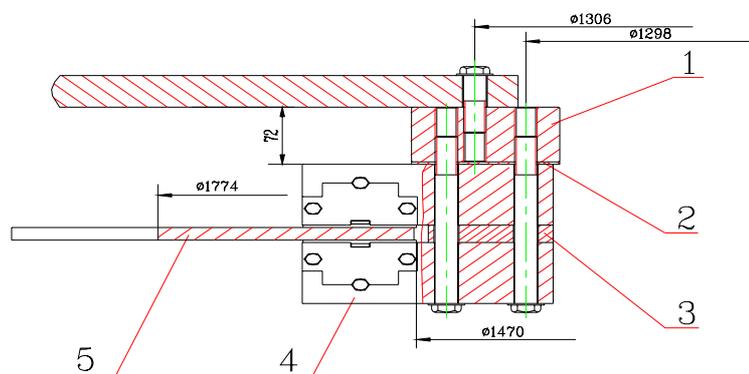
偏航轴承在安装运行后，在运转的第一个月，检查内圈和外圈安装螺栓的预紧力矩，以后每隔半年检查一次。紧固力矩  $T=560\text{Nm}$ 。

## 5. 偏航刹车

### 5. 1 简介

偏航刹车闸为液压卡钳形式，型号为：BCH76A。在偏航刹车时，由液压系统提供约 120~140bar 的压力，使刹车片紧压在刹车盘上，提供足够的制动力。偏航时，液压释放但保持 15~30bar 的余压，这样一来，偏航过程中始终保持一定的阻尼力矩，大大减少风机在偏航过程中的冲击载荷。偏航刹车的安装见下图：

螺栓 M20 紧固力矩  $T=560\text{Nm}$



1. 刹车固定块    2. 调整板    3. 闸规    4. 垫板    5. 刹车盘

## 5. 2 偏航刹车盘

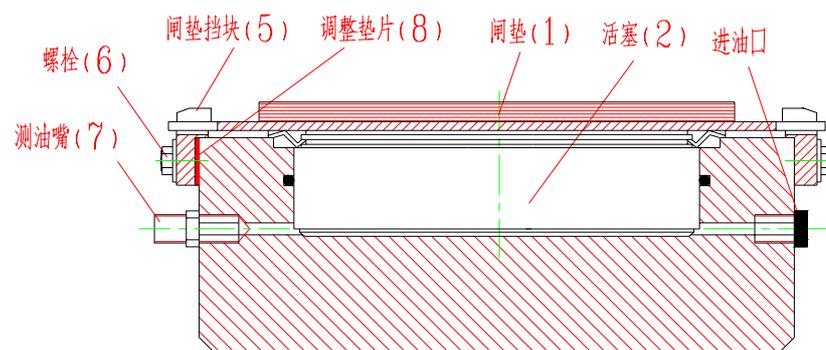
偏航刹车盘由三部分相同的扇形组成一个圆环。安装时应注意接缝处不能出现明显台阶，否则影响刹车闸片正常工作。风机在运行过程中，有可能使油脂滴落到刹车盘上。油脂的存在会降低使刹车片失去功效，必须及时将其擦拭干净。

## 5. 3 偏航闸垫间隙

偏航闸垫 2 和 4 是用来调整闸规的上下闸体与刹车盘对中，并保持一定的间隙。如果偏航声音太大，则有可能是因为闸垫间隙不当。用高度尺分别测量计算上下闸体到偏航刹车盘的距离，如果差值大于 0.5mm，可分别调整闸垫 2 和 4 的厚度，确保上下闸体与刹车盘对中。

## 5. 4 偏航闸垫的更换

偏航闸体的剖面见下图，偏航闸垫的摩擦层厚度小于 3mm 时，就需要更换新的闸垫。



更换方法如下：

- 风机在停机状态。按下“紧急停机”，使系统泄压，打开手阀 10.2 使偏

航

余压为零。

- 拆下闸体一侧的三个螺栓 M16（6），以及闸垫挡块（5）和调整垫（8）。
- 小心用一个撬棍插入闸盘和闸垫之间，使闸规活塞（2）完全进入油缸中。此时在闸盘和闸垫之间出现间隙。
- 取出旧闸垫，将新闸垫安放就位。
- 安上闸垫挡块（5）和调整垫（8），拧紧螺栓 M16，力矩 210Nm。
- 恢复偏航管路连接。
- 关闭手阀 10.2，系统建压正常后，在测油嘴（7）接上排气管，进行排气，直到均匀喷油，无空气气泡出现为止。

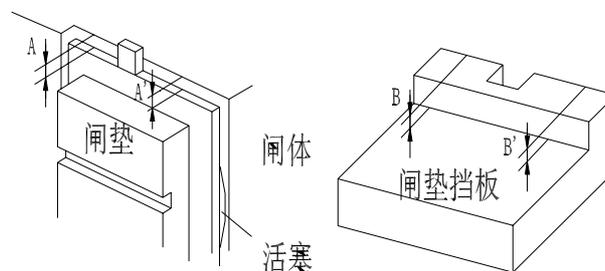
## 5. 5 调整垫片（8）

调整垫片是为了保证闸垫挡块（5）和闸垫之间的接触间隙。不同的闸规其

$$E = \frac{(B - A) + (B' - A')}{2}$$

厚度可能不同，具体计算如下：

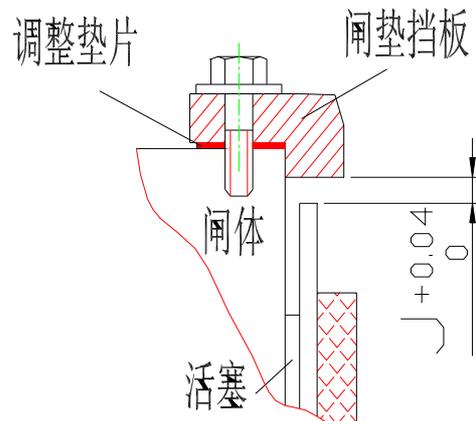
- 用深度尺测量闸垫和闸体边缘之间的 A 和 A' 值。测量时，闸垫顶紧另一侧挡块。同样测量挡块的 B 和 B'，如图所示。



- 调整垫片（8）的厚度

厚度E的公差范围为： $+0.04$  /  $-0.01$

- 安装调整垫片（8）和闸垫挡块（5）。紧固力矩 210Nm（螺栓 M16），见下图。



- 测量间隙 J。任一点的测量最大允许值为 0.03mm。

## 5. 6 偏航余压调整

偏航时保留一定的预压是为了保持平稳，防止风向的突变对偏航系统造成冲击。偏航预压的调整是通过调整减压阀 13.1 来实现的。方法如下：

- 在闸体的测油嘴接上测量表头，手动偏航；
- 观察表头指示值，压力在 15bar~30bar 之间。
- 如果压力不在规定范围内，调整 13.1；
- 如果偏航声音太响，排除闸垫间隙不合适的可能后，可适当降低预压值。

## 6. 风向标和风速仪

### 6. 1 风向标

检查：

- 支架的安装
- 螺帽的安装，如有需要紧固螺栓，并更换损坏的螺栓

- 电线的连接，拉一拉导线是否牢固
- 没有夹紧时风向标的转动
- 模拟风向检查机舱的转动，检查机舱的方向
- 标记点应对准机舱头部

## 6. 2 风速仪

检查：

- 风速仪的安装
- 检查没有夹紧时的转动

风速仪停止检查风速值是否为 0 米/秒。

