

水电厂岗位模块培训教材

# 水轮机调速器检修

东北电网有限公司 编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

水电厂岗位模块培训教材

# 水轮机调速器检修

➤➤➤➤➤ 东北电网有限公司 编

 中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

《水电厂岗位模块培训教材 水轮机调速器检修》是按照《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范》的要求,结合一线生产实际需求,采取模块化模式而编写的。

全书分三个分册共十三个科目四十七个模块,分别适用于从事水轮机调速器机械检修工作的Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级人员培训学习,每一级的培训教材均由水轮机调速器机械检修专业的基础知识、专业知识、相关知识、基本技能、专业技能、相关技能和综合知识七个部分组成。

本书可作为水电厂生产技能人员职业能力的培训用书,也可供相关职业院校教学参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

水轮机调速器检修/东北电网有限公司编. —北京:中国电力出版社,2012.10

水电厂岗位模块培训教材

ISBN 978-7-5123-3587-5

I. ①水… II. ①东… III. ①水轮机-调速器-检修-技术培训-教材 IV. ①TK730.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 237455 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2013年4月第一版 2013年4月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 23.5印张 435千字

印数0001—3000册 定价65.00元

### 敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪  
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

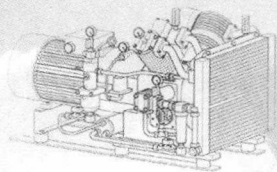
版权专有 翻印必究

## 编 委 会

主 任 李一凡 崔继纯  
副 主 任 王 钢 薛建伟  
委 员 姜潮涌 宋克家 张 涛 王志宏 白建伟  
李宝英 孙晓雯 王伟斌 刘凤学 李 锐  
常 键 张树刚 李 华 段文举 王 平  
曹福成 韩文权 李泽宇 林 伟 王 韬  
韩 臣 毛成洲 李跃春

## 编 写 人 员

主 编 李宝英 李跃春  
副 主 编 韩 臣 雷 岩 李 华 刘多斌 王秀清  
张成宏  
参编人员 冯庆志 陆海军 李正洪 薛捍权 郭淑艳  
尹胜军 李 宁  
主 审 杨 克  
参审人员 孟晓曦



## 前 言

随着电力企业的快速发展，大量的新设备投入到生产现场，新技术、新工艺也不断地产生，使得企业对高技能人才的需求越来越高。为此，企业已将大力开展员工培训作为人力资源开发的一项重要任务。

岗位培训教材建设是企业培训开发体系中一项重要的工作，是促进培训工作科学发展，全面提升员工队伍的综合素质，不断提高生产技能人员培训系统性和针对性的最有效的手段。

本教材坚持以提升能力为核心，强调知识够用、技能必备，力求贴近一线生产和员工培训的实际需要，贯彻“求知重能”的原则，在保证知识连贯性的基础上，充分结合《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范》，注重标准化作业、危险点预控分析，突出安全理念、规范工艺，强调优化作业流程，着眼于技能操作，运用生产现场的实际案例，力求内容浓缩、精炼，突出教材的针对性、典型性、实用性，体现了科学性、先进性与超前性。

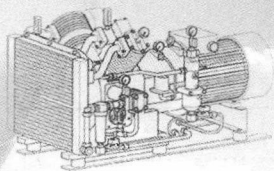
编者在编写过程中多次深入企业调研，征求企业的意见，收集了大量的现场资料，并多次组织有关专家对编写内容进行了充分的讨论，用了近两年的时间，完成了书稿的编写及审定。

本书为《水电厂岗位模块培训教材 水轮机调速器检修》，全书分三个分册，分别适用于从事水轮机调速器机械检修工作的Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级人员培训学习，每一级的培训教材均由水轮机调速器机械检修专业的基础知识、专业知识、相关知识、基本技能、专业技能、相关技能和综合知识七个部分组成。

限于编者的经验和水平以及东北电网的局限性，书中难免存在错误和不妥之处，恳请广大读者和同行批评指正。

编者

2010年10月



# 目 录

## 前言

## I 分 册

<b>科目一 设备改造</b> .....	3
模块一 水轮机调速器的改造 .....	4
模块二 油压装置的改造 .....	15
模块三 压缩空气系统的改造 .....	32
模块四 接力器的改造 .....	42
模块五 漏油装置的改造 .....	46
模块六 超速限制装置的改造 .....	49
科目小结 .....	51
作业练习 .....	51
<b>科目二 设备检修及常用工具使用</b> .....	52
模块一 设备检修 .....	52
模块二 常用工具使用 .....	56
科目小结 .....	64
作业练习 .....	64
<b>科目三 设备维护</b> .....	65
模块一 设备日常维护及要求 .....	65
科目小结 .....	69
作业练习 .....	69

---

<b>科目四 设备故障处理</b> .....	71
模块一 设备故障、事故处理的防护措施及要求 .....	72
科目小结 .....	76
作业练习 .....	76

## II 分 册

---

<b>科目五 设备改造</b> .....	81
模块一 水轮机调速器的改造 .....	82
模块二 油压装置的改造 .....	87
模块三 压缩空气系统的改造 .....	93
模块四 接力器的改造 .....	101
模块五 漏油装置的改造 .....	104
模块六 超速限制装置的改造 .....	106
模块七 管道配置及检验 .....	108
科目小结 .....	128
作业练习 .....	128

---

<b>科目六 设备检修</b> .....	130
模块一 水轮机调速器机械液压系统检修 .....	131
模块二 油压装置检修 .....	144
模块三 压缩空气系统检修 .....	157
模块四 接力器及漏油装置检修 .....	174
模块五 超速限制装置检修 .....	179
模块六 常用检修量具的使用 .....	182
科目小结 .....	194
作业练习 .....	194

---

<b>科目七 设备维护</b> .....	196
模块一 水轮机调速器机械液压系统及接力器维护保养 .....	197
模块二 油压装置及漏油装置维护保养 .....	199
模块三 空气压缩机维护保养 .....	201
科目小结 .....	204
作业练习 .....	205

---

<b>科目八 设备故障处理</b> .....	206
模块一 水轮机调速器机械液压系统故障处理 .....	207
模块二 油压装置及漏油装置故障处理 .....	212
模块三 空气压缩机故障处理 .....	218
科目小结 .....	228
作业练习 .....	228

---

## Ⅲ 分 册

---

<b>科目九 设备改造</b> .....	231
模块一 水轮机调速设备的改造 .....	232
科目小结 .....	242
作业练习 .....	243

---

<b>科目十 设备检修</b> .....	244
模块一 水轮机调速器机械液压系统检修 .....	245
模块二 油压装置检修 .....	249
模块三 压缩空气系统检修 .....	255
模块四 接力器及漏油装置检修 .....	263
模块五 状态检修 .....	265
科目小结 .....	271
作业练习 .....	271



---

<b>科目十一 调速器的调整试验</b> .....	273
模块一 各调节系统的初步整定 .....	274
模块二 调速器的静态特性试验 .....	279
模块三 机组启动与停机试验 .....	284
模块四 机组空负荷扰动、并网和负荷扰动试验 .....	290
模块五 机组甩负荷、低油压紧急停机和水泵工况断电试验 .....	297
模块六 调节保证计算 .....	304
科目小结 .....	318
作业练习 .....	318

---

<b>科目十二 设备故障处理</b> .....	320
模块一 水轮机调速器机械液压系统及接力器故障处理 .....	321
模块二 油压装置及漏油装置故障处理 .....	327
模块三 空气压缩机故障处理 .....	333
科目小结 .....	342
作业练习 .....	342

---

<b>科目十三 相关知识</b> .....	344
模块一 油系统 .....	345
模块二 调速器的运行及流程控制 .....	350
模块三 水轮机导水机构 .....	354
科目小结 .....	363
作业练习 .....	363

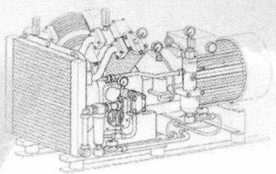
---

<b>参考文献</b> .....	365
-------------------	-----

# I 分 册

The page features a light gray background with a subtle texture. In the center, the text 'I 分 册' is displayed in a bold, black, sans-serif font. Below the text, there are several overlapping, wavy, light gray bands that create a sense of movement and depth, extending across the width of the page.





# 科目一

## 设备改造

科目名称	设备改造		类别	专业技能
培训方式	实践性/脱产培训	培训学时	实践性 60 学时/脱产培训 20 学时	
培训目标	了解设备更换改造的工作流程，掌握设备的型号、参数及性能			
培训内容	<p>模块一 水轮机调速器的改造</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>一、水轮机调速器的分类、型号</li> <li>二、水轮机调速器的组成及工作原理</li> <li>三、水轮机调速器更换改造工作流程</li> </ul> <p>模块二 油压装置的改造</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>一、油压装置的类别、型号</li> <li>二、油压装置的组成及工作原理</li> <li>三、典型油压装置介绍</li> </ul> <p>模块三 压缩空气系统的改造</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>一、压缩空气系统组成</li> <li>二、空气压缩机的类别、型号</li> <li>三、空气压缩机的参数及工作原理</li> <li>四、空气压缩机更换改造工作流程</li> </ul> <p>模块四 接力器的改造</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>一、接力器的类别、型号</li> <li>二、接力器的参数、组成、结构特点及工作原理</li> <li>三、接力器更换改造工作流程</li> </ul> <p>模块五 漏油装置的改造</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>一、漏油装置的参数、型号、组成、工作原理及特性</li> <li>二、漏油装置更换改造工作流程</li> </ul> <p>模块六 超速限制装置的改造</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>一、超速限制装置概述</li> <li>二、超速限制装置的组成及工作原理</li> </ul>			
场地，主要设施、设备和工器具，材料	水轮机调速器、油压装置、空气压缩机、接力器、漏油装置、机组超速限制装置、套筒扳手、常用扳手、螺丝刀、内六角扳手、手锤、铜棒、水平仪、游标卡尺、千分尺、清洗材料、螺栓等			
安全事项、防护措施	工作前交代安全注意事项，加强监护，正确佩戴安全帽，穿工作服，检查安全防护措施，执行电力安全工作规程及有关规定			
考核方式	笔试：45min 操作：60min 完成工作后，针对评分标准进行考核			



## 模块一 水轮机调速器的改造

在水电厂设备改造过程中，经常会遇到水轮机调速器的更新改造工作。水轮机调速器的更新改造，有的是伴随着主机的设备改造进行的，如更换水轮机转轮、主机增容改造等，因新机组出力的增大，使得水轮机导水机构操作力矩增加，原调速器已不能适应主机设备的要求，只能被动地更换；有的则是因为调速器本身运行时间较长、太过陈旧，加之缺陷较多，已经达不到系统的要求，也应适时更换。

### 一、水轮机调速器的分类、型号

#### 1. 分类

(1) 按被控制对象的多少来分，可分为单一调节调速器和双重调节调速器。一般单一调节调速器用于反击式机组中各类型的定桨式机组，被控制对象只有导叶，依靠调节导叶的开度大小来控制经过水轮机叶片的水流量。双重调节调速器用于各类反击式转桨机组类型，被控制对象为导叶和桨叶，依靠调节导叶的开度及桨叶的角度来控制水流对水轮机的出力。一般来说，转桨式机组存在导叶与桨叶的协联控制。

此外，冲击式机组被控制对象比较多，归其为另一类  $n$  喷  $n$  折或者  $n$  喷 1 折型调速器，专门用于冲击式机组。根据冲击式机组的喷针数量及折向器的数量不同，调速器的控制对象也不同。

(2) 水轮机调速器从整体上讲是一种机电一体化产品，机械执行部分采用液压控制，根据电液转换方式不同，可分为数字式 (SLT)、步进式 (BWT)、比例数字式 (PSWT) 调速器。数字式调速器利用电磁阀用数字脉冲控制阀的开关，达到控制继电器开关的效果。而步进式调速器利用电流驱动步进电动机正反转，产生竖直方向位移，协同引导阀、主配压阀控制继电器的开关。

(3) 根据使用的油压大小可分为常规油压调速器和高油压调速器。常规油压有 2.5、4.0、6.3MPa，高油压一般为 16MPa。

(4) 根据所控制机组容量的大小可分为大型调速器、中型调速器和小型调速器。一般来说，小型调速器都采用数字式，国内常见的产品型号有 SLT-300、SLT-600、SLT-1000。中型调速器按客户要求以及实际情况有多种形式，如数字式、步进式及比例式或者各种形式的结合，常见的型号有 X-1800、X-3000、X-5000、X-7500。大型调速器的常见型号有 X-80、X-100、X-150、X-200、X-250。

(5) 根据控制部分的可编程控制器 PLC 模块来区分有：①三菱 FX2N 系列模块，一般用于中小型数字式调速器；②Siemens 系列模块；③Omron 系列模块，一



般用于中型步进式调整器或者小型冲击式调速器。另外，有些大型调速器，使用贝加来公司的 PCC 或者施耐德公司的 Modicon 系列或者 Quantum 系列模块。

## 2. 型号及编制方法

(1) 调速器产品型号的构成及其内容的规定。水轮机调速器型号的编制由产品类型、规格代号、额定油压及制造厂代号四部分组成。各部分用横线分开，并按图 1-1 所示顺序排列。

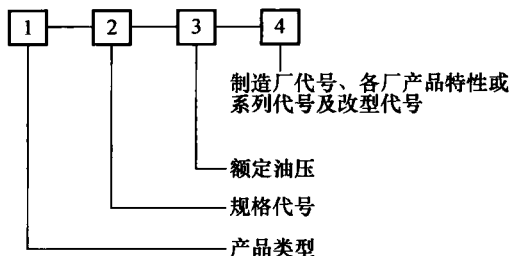


图 1-1 水轮机调速器产品型号的构成

型号的第一部分表示调速器的基本特征和类型。

型号的第二部分为数字，表示主要技术参数，如主配压阀直径、许用输油量或接力器容量、配套的机组功率等。

型号的第三部分表示额定油压，对于采用分离式结构的电气液压调速器的电气柜及 2.5MPa 的额定油压，这部分可省略。

型号的第四部分为制造厂代号和表征该产品特性或系列代号及改型代号，由各厂自行规定。如产品按统一设计图样生产，制造厂代号可省略，产品特性或系列代号及改型代号由产品技术归口单位规定。

### (2) 型号示例。

1) YT-6000-2.5 或 YT-6000：带压力油罐的机械液压调速器，统一设计产品，接力器容量为 6000N·m，额定油压为 2.5MPa。

2) YDT-18000-4.0-SK05A：带压力油罐的模拟式电气液压调速器，接力器容量为 18 000N·m，额定油压为 4.0MPa，为天津市水电控制设备厂 05 系列第一次改型产品。

3) WST-100/50-4.0-HDJA：不带压力油罐的微机型双重调节电气液压调速器，主配压阀直径为 100mm、许用输油量为 50L/s、额定油压为 4.0MPa，为哈尔滨电机厂 A 型产品。

## 二、水轮机调速器的组成及工作原理

### 1. KZT-150 型调速器机械液压随动系统

(1) 型号 KZT-150 的含义是块式直连型单一调节调速器，主配压阀直径为 150mm。

(2) KZT-150 型调速器机械液压随动系统主要由 HDY-S 型环喷式电液转换器(见图 1-2)、复中装置、定位手操机构、紧急停机及托起装置、引导阀、主配压



阀、双重油过滤器、液压集成块等组成。

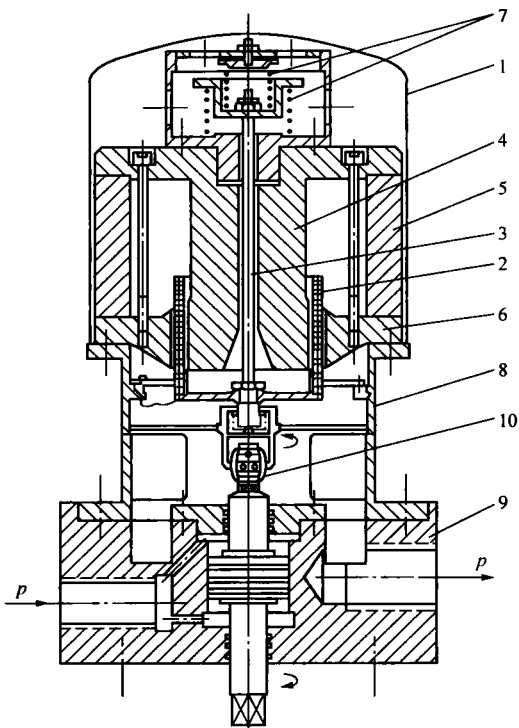


图 1-2 HDY-S 型环喷式电液转换器

1—外罩；2—线圈；3—中心杆；4—铁芯；5—永久磁钢；6—级靴；  
7—组合弹簧；8—连接座；9—阀座；10—前置级

### (3) 工作原理。

1) HDY-S 型环喷式电液转换器的工作原理。HDY-S 型环喷式电液转换器由动圈式力矩马达和环喷式液压放大器两部分组成，线圈与中心杆刚性连接，中心杆通过滚动球铰与控制套连接。当线圈通入工作电流时，线圈连同中心杆及控制套一起产生位移，其位移的方向和大小取决于输入电流的方向、大小和组合弹簧的刚度。控制套的位移控制锯齿形阀塞的上环和下环的压力，上环和下环分别与等压活塞的下腔和上腔连通。当控制套不动时，上环和下环压力相等，喷油量也相等，因而等压活塞稳定在一平衡位置上。当控制套上移时，引起上环喷油间隙减小，下环喷油间隙增大，等压活塞下腔油压增大而上腔油压减小，因此，等压活塞随之上移到新的平衡位置，即上、下环压力相等的位置。同理，控制套下移，等压活塞也下移至新的平衡位置。HDY-S 型环喷式电液转换器起到了把微小的输入电流转换成



具有较强操作力的位移输出的作用，其操作力可大于  $100 \times 9.8\text{N}$ ；HDY-S 型环喷式电液转换器的最大特点就是自动防卡阻能力比较强。首先，它的前置级是按液压防卡、自动调中原理设计的，即活塞的锥形段可减小液压卡紧力，而滚动球铰又可使控制套自如地与阀塞同心；其次，阀塞上环和下环的 4 个喷油孔都自轴径的切线方向引出，只要通入压力油，这种切线方向的射线流就会使控制套不停地旋转，从而增加了防卡能力；再次，上环和下环的开口较大，而且阀塞在此的开口为锥形，因而当上环的开口被堵时，活塞的上腔油压就会高于下腔油压，使活塞瞬间上移，上环开口增大，污物迅速被冲走，然后当上、下腔压力相等时，活塞又自动回到原来位置。同理，当下环开口被堵时，也起到自动清污的作用。

HDY-S 型环喷式电液转换器的响应频率约为 7Hz，实际上 3Hz 就能满足水轮机调节系统的要求，其缺点是零位泄流量较大（3~5L/min），而且其前置级的加工精度要求高，调整也比较困难。

2) 随动系统的工作原理。电液调节过程中，电气调节器的调节信号与主接力器位置反馈信号经综合比较并放大。此信号使电液转换器产生与其成比例的位移输出。由于电液转换器与引导阀通过平衡杆直接相连，因此，此位移使引导阀产生相应位移，在压差作用下，辅助接力器产生相应的位移，主配压阀产生位移，并向主接力器配油，导叶开度产生变化，直到主接力器位置信号与电气调节器的调节信号相等为止。

3) 调速器自动运行。KZT-150 型调速器机械液压系统如图 1-3 所示，为导叶在 50% 开度，开度限制在 100% 工况下稳定运行。当电气调节器有开导叶信号，此信号与导叶（主接力器）反馈信号比较，若产生开信号（增负荷），则此信号输入电液转换器上部控制线圈，该电流和磁场互相作用产生电磁力，使线圈连同中心杆产生向上的位移。此时，和中心杆一体的旋转套也向上移动，移动后引起电液转换器环喷前置级的上环喷油间隙减小，电液转换器活塞下腔油压升高；同时前置级的下环喷油间隙增大，电液转换器活塞上腔油压降低，于是等压活塞在压差作用下上移。

自动状态下，引导阀针杆随动于电液转换器，进而引导阀针杆产生向上的位移，使辅助接力器上阀盘经引导阀接通排油，辅助接力器在下阀盘常压作用下，使主配压阀整体向上移动，打开主配压阀中间阀盘并向主接力器开侧配油，主接力器向开侧移动；同时，电气调节信号与主接力器位置反馈信号一直进行比较，直到导叶（主接）开度与电气调节信号所要求的一致，所有操作停止，各活塞均回复到中间位置，机组稳定于一个新的平衡状态（导叶开度增大，负荷增大）。

4) 调速器手动运行。将机械开度限制压到实际开度，将自动切换阀（转阀）



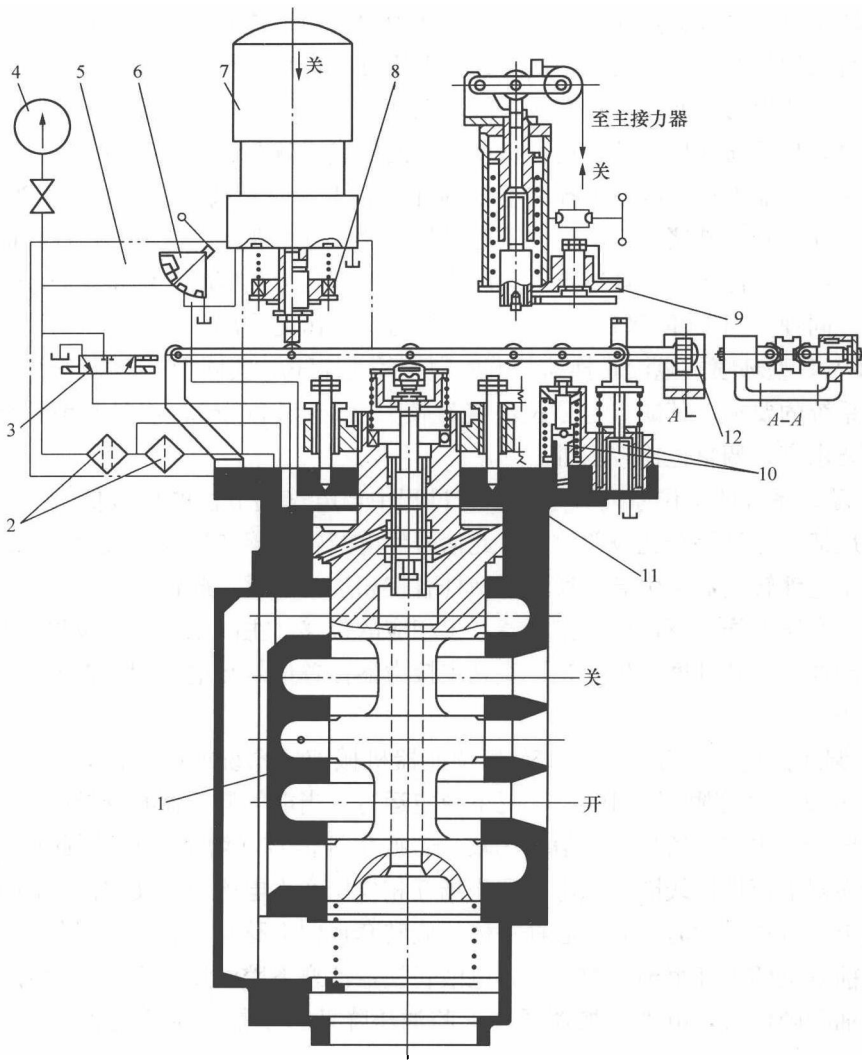


图 1-3 KZT-150 型调速器机械液压系统

- 1—主配压阀；2—双重油过滤器；3—紧急停机电磁阀；4—压力表；5—液压集成块；  
6—手自动切换阀；7—环喷式电液转换器；8—手动复中装置；9—机械开度限制及手操机  
构；10—紧急停机及托起装置；11—开关机时间调整螺栓；12—定位器

切至“手动”位置，此时一路油去托起装置，将托起活塞顶起，使平衡杆随动于机械手操，同时将电液转换器油压切除，电液转换器失去作用。此时为纯手动运行，当需要关导叶时，将手轮摇向关侧，手操中心柱下压平衡杆，引导阀向下动作，主