

燃气轮机发电机组 运行人员现场规范 操作指导书



望亭发电厂 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

责任编辑 / 宋红梅

联系电话 / 010-63412383

电子邮箱 / hongmei-song@sgcc.com.cn

火力发电机组运行人员现场规范操作指导书

锅炉分册
汽轮机分册
电气分册
化学分册
燃料分册
脱硫吹灰分册

▲ 燃气轮机发电机组运行人员现场规范操作指导书 ▲

600MW 火力发电机组培训教材（第二版）

锅炉设备及系统
汽轮机设备及系统
电气设备及系统
热工自动化
热力系统及运行

660MW 超超临界火力发电机组培训教材

锅炉分册
汽轮机分册
电气分册
热控分册
化学分册
燃料分册
脱硫脱硝分册

600MW 火力发电机组技术问答丛书

锅炉运行技术问答
汽轮机运行技术问答
电气运行技术问答
热工控制技术问答

火力发电厂节能减排手册

节能技术部分
节能管理部分
节能监督部分
减排与清洁生产部分
能效对标与监管部分

火力发电生产典型异常事件汇编（主机部分、辅机部分）

火力发电厂辅机集控岗位认证教材（理论部分、试题部分）

大型循环流化床技术与工程应用（第二版）

大型火电机组经济运行及节能优化

超超临界火电机组热工控制技术

火电厂分散控制系统原理及应用

清洁煤发电技术

锅炉化学清洗



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



上架建议：电力工程 / 火力发电

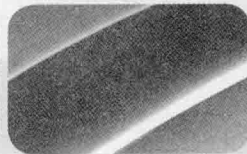
ISBN 978-7-5123-8050-9



9 787512 138050 >

定价：38.00元

燃气轮机发电机组 运行人员现场规范 操作指导书



望亭发电厂 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

《火电企业运行人员现场规范操作指导书》(共6分册)及《燃气轮机发电机组运行人员现场规范操作指导书》涵盖了火力发电机组各专业的内容。本系列书按照目前火力发电企业生产流程和一般管理界限,以岗位运行知识为基础,以提高操作技能为目的,根据电厂生产一线人员在运行维护过程中总结的经验,详细介绍现场规范操作,包括巡回检查、现场操作、监盘等常规运行工作。

本书内容包括燃气轮机及联合循环机组的天然气系统、氢气系统、凝结水系统、闭式冷却水系统、循环水系统、真空系统、辅助蒸汽系统、压气机系统等的规范操作、维护及异常处理,机组运行巡回检查、机组启动及监盘等。

本书可作为燃气轮机发电机组运行人员、维护人员的上岗及在岗培训指导书,也可供燃气轮机专业的技术及管理人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

燃气轮机发电机组运行人员现场规范操作指导书/望亭发电厂编. —北京:中国电力出版社,2015.10

ISBN 978-7-5123-8050-9

I. ①燃… II. ①望… III. ①发电厂-燃气轮机-发电机组-发电机运行-规范 IV. ①TM621.3-65

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第158686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>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2015年10月第一版 2015年10月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 12.25印张 223千字

印数0001—2000册 定价38.00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

《燃气轮机发电机组运行人员现场规范操作指导书》

编 委 会

主 任 委 员 杨惠新

副 主 任 委 员 刘志军

委 员 莫国平 包献忠 陈立新 冯程辉

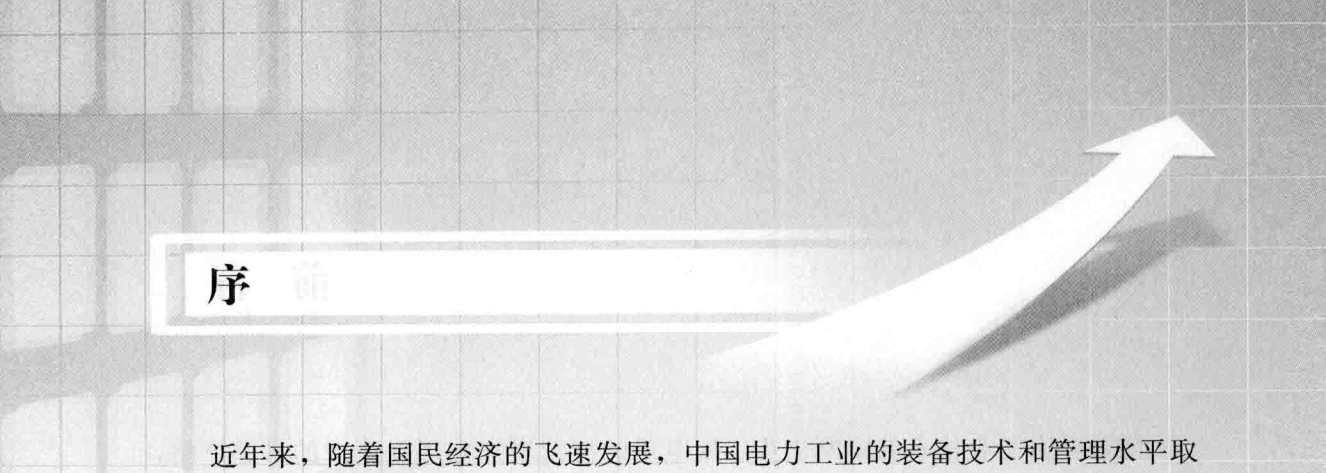
丛 书 主 编 包献忠

副 主 编 陆 烨

主要编写人员 杨 波 杨 炜 朱建平 陆 烨

顾蕾蕾 朱晨明 陈立民 夏 炜

殷小勇



序

近年来，随着国民经济的飞速发展，中国电力工业的装备技术和管理水平取得了长足的进步，呈现出生产过程更加环保、自动化程度不断提高、运行定员不断减少的良好趋势。与此同时，自动化程度越来越高的设备和越来越严格的安全和环保要求，对机组运行人员专业技术素质提出了更高的要求。

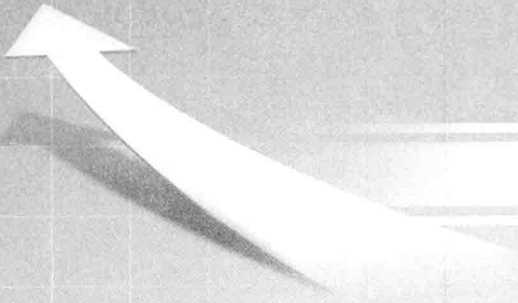
作为一家 1958 年建厂的国有火力发电企业，望亭发电厂在 20 世纪 80 年代末即已跨入装机容量超百万的电厂行列，从国内第一台 300MW 双水内冷机组到国内第一批 390MW 级燃气—蒸汽联合循环机组，再到国内第一个拆除 30 万 kW 机组、“上大压小”投产国内首台国产引进型 660MW 超超临界燃煤机组，该电厂在创新求发展的过程中，不仅取得了突出的经营业绩，也积累了丰富的运行管理经验，形成了系统完善、制度严谨、流程清晰的运行管理体系。

继套书《火力发电机组运行人员现场规范操作指导书》（包括锅炉、汽轮机、电气、化学、燃料、脱硫除灰共 6 个分册）出版之后，望亭发电厂同时组织编写了此本《燃气轮机发电机组运行人员现场规范操作指导书》，此系列书按照目前火力发电企业生产流程和一般管理界限，涵盖了火力发电机组各专业的内容。此系列书着重以岗位运行知识为基础，以提高操作技能为目的，根据电厂生产一线人员在运行维护过程中总结的经验，详细介绍现场规范操作，包括巡回检查、现场操作、监盘等常规运行工作。通过制定符合运行现场实际的规范操作指导丛书，可以规范运行人员操作，使各专业操作既安全又经济，同时使一些优良的运行传统能不断延续下去。作为此书的编撰方，望亭发电厂生产技术人员倾注了大量的心血，书中收录了许多在望电经过几十年才沉淀下来的优秀经验，宝贵而实用。认真研读，字里行间，可以清晰地感受到望电勤奋、严细、求实、创新的企业精神和管理理念。

希望本系列书的出版，能够为电力行业的同仁们提供借鉴和帮助，也为火力发电技术人员，尤其是运行人员的技术培训提供支撑。

杨惠新

2014 年 8 月



前 言

随着电力工业技术的不断进步，用电量的持续增加和环保要求的日趋严格，发电行业向高参数、环保型转变升级的步伐明显加快，有着较高技术含量的电力新设备不断投用，给发电厂运行人员素质提出了更高要求。为了进一步规范运行人员日常操作，将以往优良的运行传统传承下去，降低运行人员误操作的概率，减少因技术、管理人员操作、指挥、管理不当造成机组非停的次数及对设备的损害，中国华电集团公司望亭发电厂在中国电力出版社的大力支持下，组织各级技术人员耗时两年，精心编写了《火电企业运行人员现场规范操作指导书》和《燃气轮机发电机组运行人员现场规范操作指导书》。

与常规燃煤火电机组相比，燃气轮机发电机组发电效率更高，排放更环保。在环境问题日益严峻的情况下，近年我国投建了大批的燃气轮机电厂。本书针对9F级大型燃气轮机发电厂运行工作的特点，侧重于对现场规范操作的描述及总结，对原理及设备只做简单介绍，着重以岗位运行知识为基础，以提高技能操作能力为目的，力求用浅显易懂的语言、符合现场实际的描述，更好地满足燃气轮机发电机组各岗位运行、技能操作和继续教育的需要。

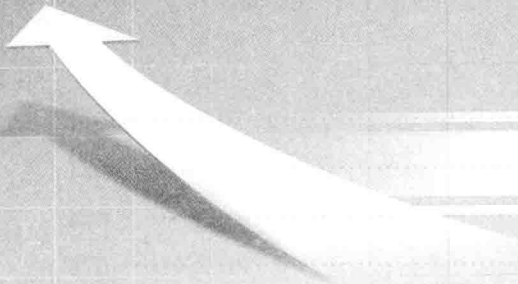
本书由朱晨明主编，夏伟平主审，朱晨明、殷小勇、夏伟平、夏炜、王建苏、张大鹏、刘展鹤、李清锋、吴平、马文彬、陈浩、金雷、马勤贤、刘松、邹丰年等编写，全书由殷小勇统稿。

本书在编写过程中，参阅了部分已正式出版的技术文献及制造厂、设计院、安装单位、调试队伍的有关技术资料、说明书、图纸等，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，加之编写时间紧迫，错漏之处在所难免，敬请读者批评指正并提出宝贵意见。

编 者

2014年8月



目 录

序

前言

第一章 天然气系统	001
第一节 天然气系统作用及工作流程	001
第二节 天然气系统投运及停用操作	003
第三节 天然气压力调节及异常处理	009
第二章 氢气系统	012
第一节 氢冷发电机空气置换氢气的操作	012
第二节 氢冷发电机氢气置换空气的操作	017
第三节 气密性试验	023
第三章 凝结水系统	026
第一节 概述	026
第二节 凝结水系统投用	029
第三节 凝结水泵的切换	030
第四节 凝结水系统中设备隔绝与投用	032
第五节 凝结水系统故障处理	034
第四章 闭式冷却水系统	039
第一节 系统简介	039
第二节 设备结构	040
第三节 闭式冷却水系统投用	041
第四节 闭式冷却水系统运行操作	042
第五节 闭式冷却水系统的日常维护	046
第六节 闭式冷却水系统事故处理	049
第五章 循环水系统	054
第一节 全厂循环水系统介绍	054
第二节 操作标准	060
第三节 危险点分析	064
第四节 事故处理	065

第六章 真空系统	071
第一节 真空泵	071
第二节 轴封系统	074
第三节 真空除氧式凝汽器	076
第七章 辅助蒸汽系统	080
第一节 系统的供汽汽源	080
第二节 系统的用途	081
第三节 系统投用	081
第八章 压气机系统	085
第一节 概述	085
第二节 轴流式压气机的增压比和效率计算	086
第三节 压气机滤网反吹	087
第四节 压气机进气加热系统	090
第五节 压气机水洗	091
第六节 压气机喘振	097
第九章 机组运行巡回检查	099
第一节 巡回检查总的要求	099
第二节 巡回检查分工及时间规定	100
第三节 巡回检查路线	108
第十章 热机定期维护试验	110
第一节 测振	110
第二节 汽包水位计冲洗	110
第三节 机组试验	111
第四节 辅机切换	120
第十一章 电气定期维护试验	130
第一节 电气定期维护试验项目	130
第二节 电气定期维护试验目的、方法及注意事项	130
第十二章 余热锅炉	145
第一节 概述	145
第二节 滑参数停机的过程及注意事项	151
第十三章 机组启动	157
第一节 机组启动过程节点	157

第二节 机组启动前检查及各阶段工作	157
第十四章 监盘	167
第一节 概述	167
第二节 监盘主要操作项目	175
第三节 异常情况分析、事故处理	177
附录 燃气轮机常用英文单词表	185

第一章

天然气系统

第一节 天然气系统作用及工作流程

一、天然气系统作用

当前联合循环电厂主要燃料分为气体燃料和液体燃料，本章介绍的是气体燃料中天然气的供应和处理。天然气主要由气态烃组成，主要成分为甲烷（占95%左右），还包括乙烷、丁烷等其他烷烃，同时还会含有一些非烃类，如二氧化碳、氮、硫化氢、氢、水蒸气等。天然气在进入燃烧室燃烧之前需进行处理。天然气系统可为燃气轮机机组提供符合要求的天然气，按功能分为调压站系统、前置模块、燃料模块三个子系统。

调压站系统对天然气进行过滤和压力调整，实现降压或增压功能。前置模块主要实现天然气的进一步过滤和加热（由来自机组中压省煤器出口的炉水加热天然气）。燃料模块通过燃气轮机控制系统对天然气的流量进行控制和分配后，最终将天然气送入燃烧室进行燃烧。

二、工作流程

天然气调压系统流程如图1-1所示。

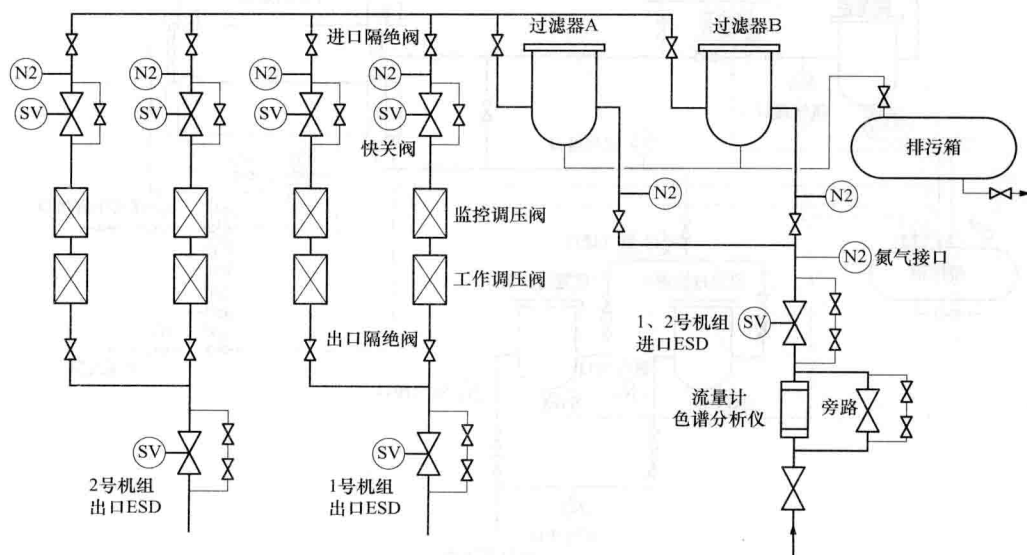


图 1-1 天然气调压系统流程

天然气调压站由计量、过滤、压力调节、天然气分配、排放、排污、安全监测、电气控制等装置组成。

过滤装置两台，一用一备，每台过滤器均能满足两台机组额定负荷下总流量。过滤器排污排出的杂质除了水分外，还含有高价液态烷烃，因此需设置排污箱和收集容器，将排出的液体收集后进行处理。

每台机组设置两路管线，一用一备，每条管线上设置有快关阀、工作调压阀和监控调压阀。设置快关阀是防止管线超压，当出口压力过高时能快速关闭切断气源，工作调压阀用于调节管线出口压力；监控调压阀作为工作调压阀的后备保护，当调压站出口压力过高时，监控调压阀进行调节，当调压站出口压力过低时，备用管线的调压阀开启，参与调节出口压力。

调压站进口总管线及每台机组管线出口上设置有紧急切断阀（ESD），当天然气系统发生泄漏、火灾等故障时，操作人员可以通过紧急切断阀切断天然气气源。

管线上还设置有较多氮气接口，可以满足不同范围设备的隔绝置换工作。

前置过滤器主要作用为进一步过滤，去除天然气中液态成分，两台过滤器一用一备。性能加热器用中压省煤器的给水加热天然气，将天然气温度提高至需要值。在机组启动阶段天然气流量较小，当中压省煤器的给水温度尚未满足条件时，用电加热提高天然气温度。除湿器的主要作用是进一步过滤天然气中液态成分。前置模块流程见图 1-2。

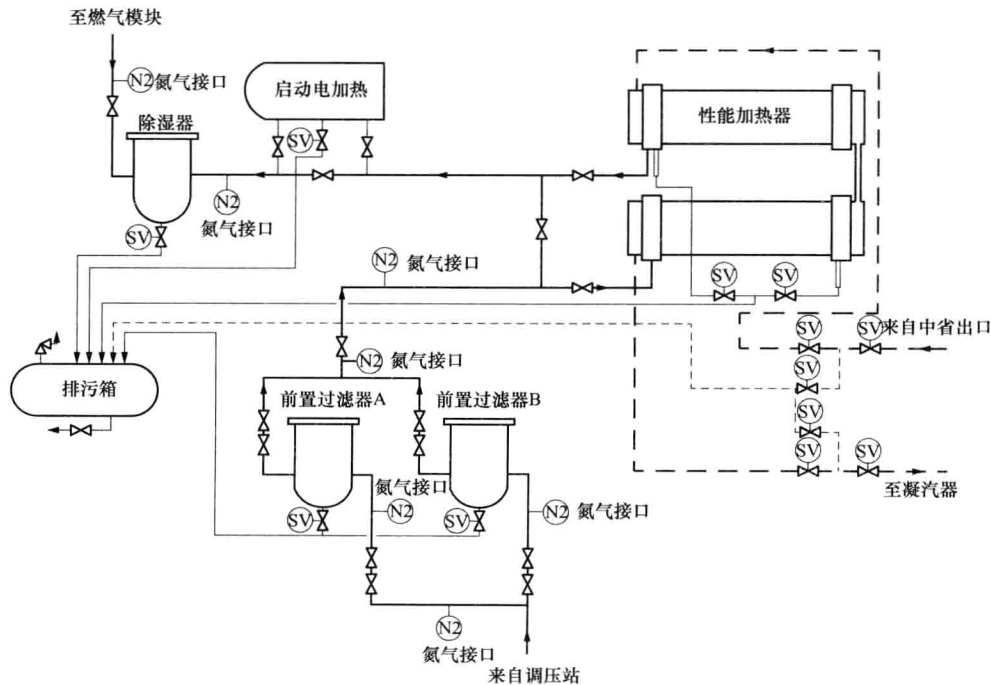


图 1-2 前置模块流程



燃料模块入口有滤网，主要作用为防止异物进入燃烧系统，其下部的排污阀，在气体置换时起排空阀作用。速比阀除了调节作用，也具有截止功能，但由于其本身允许具有一定的漏流量，因此还配备有辅助截止阀。流量控制阀通过不同开度进行不同燃烧模式下燃料的分配。

第二节 天然气系统投运及停用操作

一、操作安全措施

进入调压站、前置模块等天然气区域操作时，应执行一般安全措施，包括：

- (1) 进入天然气区域前，应触摸静电释放装置以释放静电，交出火种。
- (2) 进入天然气区域工作，应穿全面服装，穿不带钉的鞋子，关闭手机，使用防爆对讲机。工作中，应使用铜制工具，不得使用非防爆型电动工具。
- (3) 天然气置换及充压过程中，应控制流速不大于 5m/s。
- (4) 天然气区域进行操作，必须有人监护，严禁单独操作。操作时需核对命名，认清设备。

系统检修完毕投用前，应进行气密性试验及紧急切断阀开关试验（是否需要执行磅压试验应视检修内容而定）。紧急切断阀开启需要系统压力大于 0.5MPa，因此可以和气密性试验一起做，试验范围可以根据检修工作内容进行调整。一般气密性试验合格后即进行气体置换，故试验中也用氮气作为介质。

二、系统投用前检查和试验

以 1 台机组天然气系统为例，其用氮气进行试验（不含与 2 号机组的公用部分）的步骤为：

- (1) 检查调压站 A、B 路天然气进口隔绝阀及旁路均在关闭位置。
- (2) 检查出口紧急切断阀（ESD）在关闭状态，开启紧急切断阀旁路阀，检查紧急切断阀电源已送上。
- (3) 检查确认下列阀门状态。
 - 1) 开启调压站 A、B 路出口隔绝阀。
 - 2) 开启调压站 A、B 路天然气进口快关阀。
 - 3) 开启前置模块前置过滤器 A、B 进气、出气阀及出气总阀。
 - 4) 开启性能加热器进气、出气、旁路阀。
 - 5) 开启启动电加热器进气、出气、旁路阀。
 - 6) 关闭燃气模块辅助截止阀。

天然气流程见图 1-3。

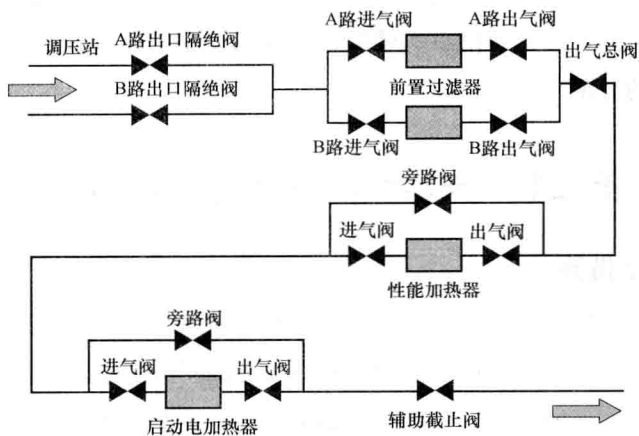


图 1-3 天然气流程图

(4) 燃气模块进气滤网切换阀放中间位置。

(5) 其他辅助设备阀门按系统投运检查卡检查，紧急切断阀电源已送上。

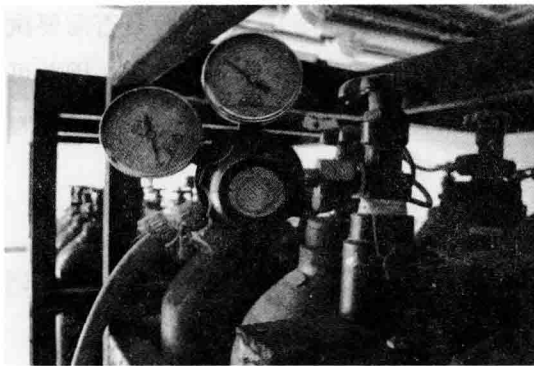


图 1-4 天然气气体置换用氮气瓶

(6) 将氮气瓶（见图 1-4）连接至调压站 A（或 B）路天然气进口隔绝阀后氮气吹扫阀，开启氮气吹扫阀。

(7) 确认氮气出口调压阀在关闭位置，缓慢开启氮气瓶出气阀，并调节调压阀，将出口压力调整至 1MPa 左右。逐渐将系统压力升至 0.6MPa，关闭氮气瓶出气阀。

(8) 通过操作员站上出口紧急切断阀按钮，进行开关试验。

(9) 对天然气管道系统用肥皂水捉漏，检查严密性，严密性试验合格，试验工作结束。

三、系统投用试验安全注意事项及说明

(1) 试验时，两台前置过滤器一用一备或两台均为运行方式，不影响试验情况。两台均为运行方式，主要是为了给之后的置换工作少留死角。

(2) 试验期间，不应进行燃气模块阀门校验工作，避免影响气密性试验结果。

(3) 气密性试验压力及其他数据可根据厂家资料或其他规定而定。

(4) 天然气系统气密性试验中，燃气模块部分一般和燃气轮机间内燃料管道一

起做。

(5) 升压速率一定要缓慢、均匀, 否则可能使调压阀皮膜瞬间承受较大压差, 导致其破损。

(6) 氮气瓶减压后温度不宜低于 5°C , 温度过低易使系统的密封部件等设备受损, 其次容易使管道中水蒸气结冰冻掉阀门, 影响试验进度。

(7) 天然气系统进、出口均设置了紧急切断阀, 进行出口紧急切断阀开关试验时, 应认清设备, 避免误操作, 影响运行设备。

(8) 燃气模块空间较小, 在操作过程中一定要注意人身安全及防止踩坏、碰坏仪表管等设备。

四、调压站 A (B) 路天然气进口快关阀操作步骤及注意事项

(1) 开启快关阀旁路 1, 用手掌垂直向下按住旁路 2 直至快关阀前后压力相等。

(2) 如图 1-5 所示, 右手握住快关阀操作把手, 左手用手掌沿轴向向里推, 按图中顺时针操作到位。

(3) 按下图 1-5 中的销子, 检查指示牌由 “CLOSED” 变为 “OPENED” 后操作人员缓慢松开右手, 确认已锁住后松开左手。

(4) 操作人员站在地上不方便操作, 站在支架上操作用力时需注意安全。

(5) 操作快关阀一定要保证阀门前后无压差, 否则可能操作不动。

(6) 操作时, 一人操作把手, 另一人操作销子。

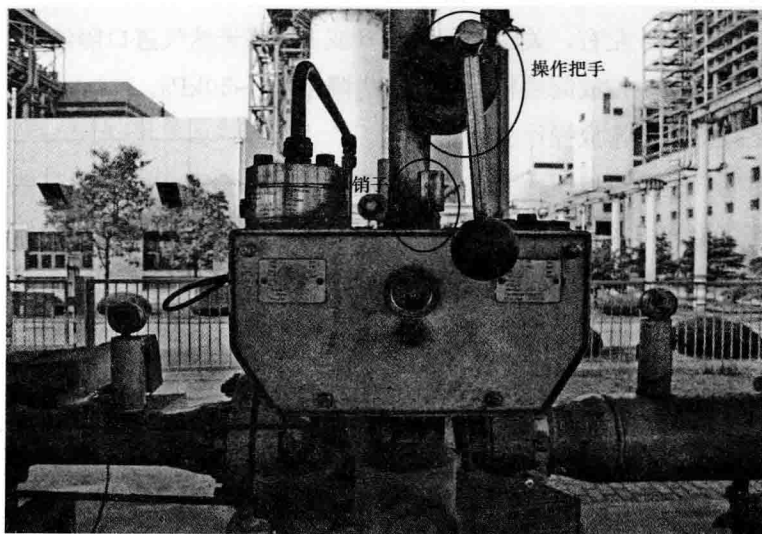


图 1-5 天然气调压站快关阀

五、气体置换

气体置换一般采用氮气作为中间介质，置换前根据置换范围大小准备相应数量氮气瓶（组）。气密性试验合格后即可进行气体置换工作，阀门状态相同，不用再进行检查。置换范围可根据实际情况调整。

（一）天然气系统用氮气置换空气步骤

（1）检查阀门状态。

（2）如果气密性试验结束后系统未进行泄压，则开启燃气模块排放阀进行泄压，压力降至 30~50kPa。

（3）确认氮气出口调压阀在关闭位置，缓慢开启氮气瓶出气阀，并调节调压阀，将出口压力调整至 0.5MPa 左右，逐渐将系统压力升至 0.5MPa 左右，关闭氮气瓶出气阀，开启燃气模块排放阀进行泄压，压力降至 30~50kPa。

（4）反复进行充压排放操作。

（5）开启燃气模块进口压力变送器排污阀，检测含氧量，当含氧量低于 2% 时，置换合格，置换工作结束。开启燃气模块排放阀进行泄压，压力降至 30~50kPa。

（6）关闭天然气进口隔绝阀后氮气吹扫阀和氮气瓶出气阀，联系检修人员拆除置换管道。

（二）天然气置换空气步骤

（1）检查阀门状态。

（2）缓慢开启调压站 A（或 B）路天然气进口隔绝阀，控制升压速率，进行缓慢升压，升压至 0.5MPa 左右，关闭调压站 A（或 B）路天然气进口隔绝阀。

（3）开启燃气模块排放阀进行泄压，压力降至 30~50kPa。

（4）反复进行充压排放操作。

（5）开启燃气模块进口压力变送器排污阀，使用两台及以上天然气浓度检测仪测定浓度，当连续检测 3 次（每次间隔 5min）天然气浓度均大于 90% 时，置换合格，置换工作结束，关闭调压站 A、B 路天然气进口隔绝阀。

（6）关闭氮气瓶出气阀、调压阀和天然气管线上氮气吹扫阀。

（三）安全注意事项及说明

（1）置换口应安排在置换管线的一端，排放口及测量点安排在另一端，以保证尽量不留死角。

（2）置换过程中，泄压及升压压力控制的越低，越经济，因此边充边排更经济，但需运行人员随时调整压力，对运行人员要求较高，边充边排操作相对简单些。

（3）在降压过程中，为确保经济性可以将压力将得更低些，但需注意要保持管道

内为正压,尤其是天然气置换氮气的过程,防止空气漏入管道。

(4) 浓度检测中,天然气浓度实际为甲烷浓度。

(5) 天然气进气管线为两路,在升压过程中两路最好轮流或同时进行,保证不留死角。

(6) 氮气瓶出口压力控制在 0.5MPa 左右主要考虑实际使用的连接管为橡胶管,如果为不锈钢管则出口压力可以控制的高一些,避免升压速率过于缓慢。

(7) 天然气浓度检测仪实际测量值为甲烷的浓度,因此置换中要求的天然气浓度大于 90% 实际为要求甲烷浓度大于 90%。

六、系统充压和投用

(一) 操作步骤

天然气置换氮气工作结束后,对天然气系统进行充压及投用。充压及投用步骤为:

(1) 缓慢开启调压站 A (B) 路天然气进口隔绝阀。

(2) 紧急切断阀后压力大于 0.5MPa 时,开启紧急切断阀。

(3) 检查调压站监控调压阀和工作调压阀动作正常。

(4) 出口压力升至设定值时检查工作调压阀应全关,监控调压阀应处于全开位置,之后开足调压站 A (B) 路天然气进口隔绝阀。

(5) 检查工作调压阀及监控调压阀指挥器内辅助压力正常(大于工作调压阀后压力 0.3MPa)。

(6) 关闭调压站 A (B) 路天然气进口隔绝阀旁路阀。

(7) 关闭性能加热器或启动电加热器旁路阀。

(8) 前置过滤器投一组,备用组关闭进气阀,出气阀保持开启。

(9) 燃气模块进气滤网切至 A 组或 B 组。

(二) 安全注意事项及说明

(1) 开启调压站 A (B) 路天然气进口隔绝阀时速度要慢,如果升压速度过快,在调压阀皮膜上会产生一个较大的压差,造成皮膜损坏。具体压差控制幅度应根据厂家要求来定。

(2) 天然气系统中球阀类型的手操隔绝阀在关闭操作中关到位即可,不要用 F 型扳手来紧,避免损坏阀门执行机构,反而造成阀门关过头或关不到位造成内漏。

七、系统停用隔绝置换操作

(一) 天然气系统随机组停用

(1) 机组降至一定负荷,检查性能加热器退出运行。