

ICS 27.100

F 22

备案号: 40040-2013



中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1214 — 2013

9FA 燃气—蒸汽联合循环机组维修规程

Maintenance and repair specification for 9FA gas turbine and
steam turbine combined cycle unit

2013-03-07 发布

2013-08-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言 ····· II

1 范围 ····· 1

2 规范性引用文件 ····· 1

3 术语和定义 ····· 1

4 总则 ····· 2

5 9FA 燃气轮机的检修 ····· 2

5.1 检修间隔 ····· 2

5.2 检修范围 ····· 2

5.3 检修计划编制原则 ····· 4

5.4 9FA 燃气轮机的检修方法 ····· 5

5.5 9FA 燃气轮机本体检修 ····· 7

5.6 消防灭火系统（二氧化碳模块）检修 ····· 11

5.7 油系统检修 ····· 11

5.8 防冰系统检修 ····· 11

6 蒸汽轮机本体检修 ····· 11

6.1 检修范围 ····· 11

6.2 A 级检修工艺要求 ····· 12

7 燃料系统的检修 ····· 15

7.1 天然气调压站检修 ····· 15

7.2 天然气前置模块检修 ····· 16

7.3 燃气模块系统检修 ····· 16

8 电气系统检修 ····· 17

8.1 发电机检修 ····· 17

8.2 变压器检修 ····· 24

8.3 电气系统相关的继电保护试验 ····· 24

8.4 电力设备交接和预防性试验 ····· 24

9 余热锅炉的检修 ····· 24

9.1 余热锅炉汽包检修 ····· 24

9.2 余热锅炉模块检修 ····· 24

9.3 烟囱挡板检修 ····· 25

10 9FA 燃机控制系统的检修 ····· 25

10.1 燃机 Mark VI 控制系统检修 ····· 25

10.2 DCS 分散控制系统检修 ····· 27

10.3 危险气体监视测量传感器的检修 ····· 27

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 的规则起草。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业联合循环发电标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：中国华电集团公司望亭发电厂。

本标准主要起草人：朱卫凤、林伟、徐国飏、杨炜、郁建国、李跃、郑孝卿、虞卫根、章文贤、陈卫东、张宏、曹晓晖。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

9FA 燃气—蒸汽联合循环机组维修规程

1 范围

本标准规定了 9FA 燃气—蒸汽联合循环机组维修的基本要求。

本标准适用于以天然气为燃料的 9FA 燃气—蒸汽联合循环机组的维修。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 15135 燃气轮机 词汇

DL/T 573 电力变压器检修导则

DL/T 596 电力设备预防性试验规程

DL/T 735 大型汽轮发电机定子绕组端部动态特性的测量及评定

DL/T 838 发电企业设备检修导则

DL/T 995 继电保护和电网安全自动装置检验规程

3 术语和定义

GB/T 15135 中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

热通道 hot gas path

从燃料喷嘴开始到透平末级动叶为止，包括燃烧系统的燃料喷嘴、火焰筒、过渡段及其附件，燃气轮机透平的一、二、三级动静叶片及其附件。

3.2

透平排气框架 turbine exhaust frame

用螺栓固定于燃气轮机透平缸后，由外缸和有辐向结构的内缸构成，内缸支撑着燃气轮机的 2 号轴承。透平排气框架内部一般有冷却气体的通道。

3.3

燃烧器 combustion

燃烧器是燃气轮机的三大部件之一，其作用是将来自压气机的高压空气与燃料喷嘴喷入的燃料混合并经过燃烧，再将燃烧产物与其余的高压空气混合，形成均匀一致的高温高压燃气后送往燃机透平做功。9FA 燃气轮机的燃烧系统是环绕压气机排气缸圆周布置的 18 个燃烧室组成的逆流式燃烧系统，采用 DLN2.0+低氮燃烧器；最新的改进型为 DLN2.6+低氮燃烧器。

3.4

压气机进口可调导叶 air compressor inlet guide vanes (IGV)

在机组启动、停机过程中，以及机组带部分载荷运行情况下，压气机进口可调导叶的开度根据控制系统的指令进行调整，以满足燃机排气温度控制和在机组启停时压气机防喘的要求；调整进口可调导叶角度控制压气机进气量，达到配合燃烧方式的切换。可调导叶的调整动作由液压系统控制，包括液压油缸、伺服阀、遮断阀、蓄能器、滤芯。

3.5

燃料控制系统 fuel control system

负责将气体燃料（天然气）调整到合适的压力和流量，然后输送到燃机燃烧室燃烧，满足燃机点

火启动、升速、带各种负荷运行的要求。

3. 6

燃气速比截止阀 gas stop/speed ratio valve （SRV）

负责控制三个燃料调整门的入口压力（称为 p_2 压力），从而使得燃料调整门的开度与天然气的流量成固定的对应关系。

4 总则

4. 1 本标准将 9FA 燃气—蒸汽联合循环机组维修的分类、周期、项目和要求，作为燃机发电企业制订检修工艺规程和检修工艺卡的依据。
4. 2 根据检修工作范围及停用时间，燃气轮机的检修可分为燃烧系统检查（combustion inspection，亦称小修）、热通道检查（hot gas path inspection，亦称中修）、整机检查（major inspection，亦称大修）三个等级。
4. 3 应按照 DL/T 838 的规定，根据机组检修规模和停用时间，蒸汽轮机检修及发电机检修分为 A、B、C、D 四个等级。
4. 4 各发电企业在编制机组检修计划时应根据设备的实际状况，将燃气轮机的检修等级与蒸汽轮机、发电机检修等级组合考虑。

5 9FA 燃气轮机的检修

5. 1 检修间隔

5. 1. 1 调峰机组的检修间隔需应充分考虑热机械疲劳产生的蠕变、氧化和腐蚀情况。
5. 1. 2 确定燃气轮机检修间隔的基本条件：
- a) 燃用天然气。
 - b) 带基本负荷连续运行。
 - c) 无注汽/注水。
5. 1. 3 在 5.1.2 规定的基本条件下，运行的燃气轮机检查周期宜符合见表 1 的规定。

表 1 基本检修间隔

检修分类	运行小时数 h	启动次数 次
燃烧系统检查（小修）	8000	450
热通道检查（中修）	24 000	900
整机检查（大修）	48 000	2400
注 1：比照运行小时数和启动次数，以先到者为准安排检修。 注 2：以运行小时数/启动次数为准则的检查间隔期已包含对正常跳机的影响。		

5. 2 检修范围

5. 2. 1 燃烧系统检查（小修）范围

燃烧系统检查应包括从燃烧室头部至过渡段出口所有属于燃烧系统的部件，进行燃烧系统以及相邻部件的检查，应检查的主要部件为燃料喷嘴、火焰筒、过渡段、联焰管及持环、火花塞组件、火焰探测器和导流套等。检查的重点在火焰筒、过渡段、燃料喷嘴和端盖。

5. 2. 2 燃烧系统检查内容应包括下列部件：

- a) 燃烧室各部件的变形、圆度检查和各接触面的磨损、间隙检查以及部件腐蚀、过烧情况、外物击伤及掉块等。

- b) 每个联焰管、插片、保持架和火焰筒。
- c) 对火焰筒进行 TBC 脱落、磨损和裂纹检查。检查燃烧系统和排气段有无脱落后物。
- d) 导流套的焊缝有无裂纹，浮动密封环有无磨损。
- e) 过渡段有无磨损和裂纹。
- f) 燃料喷嘴前端是否积炭和堵塞，前端孔有无冲蚀和旋流器有无松动。
- g) 燃料喷嘴各流体通道有无堵塞、磨损和烧蚀等。
- h) 火花塞组件能自由活动无卡涩，检查电极和绝缘体。
- i) 更换所有损耗件或正常磨损或断裂的零件，如密封件、锁片、螺母、螺栓和垫片等。
- j) 对第一级透平喷嘴静叶进行目视检查，用内窥镜对透平第一、二级动叶及第二、三级静叶的叶片进行检查，观察并记录叶片表面有无异物击伤及烧蚀情况，为制定热通道检修计划提供依据。
- k) 采用内窥镜对压气机的动静叶片、叶根、填隙片进行检查。
- l) 用内窥镜从燃烧室侧检查压气机末端的叶片情况。
- m) 目测检查压气机进气口、进口可调导叶及其衬套，IGV 执行机构、齿轮和齿条的状况。
- n) 确认清吹阀工作正常，确认燃烧控制系统设置和标定正确。

5.2.3 热通道检查（中修）范围

热通道检查涵盖燃烧系统检查（小修）的所有项目；热通道检查包括从燃料喷嘴开始到透平末级动叶为止的所有零部件。

5.2.4 热通道检查应包括下列内容：

- a) 检查并记录第 1、2、3 级动叶的情况。如果需要把透平动叶拆出来，要遵守动叶拆卸和状态记录的指导程序。有保护涂层的动叶要评估其剩余涂层寿命。
- b) 检查并记录第 1、2、3 级喷嘴的情况，检查并记录 2、3 级喷嘴隔板密封间隙情况。
- c) 检查动叶及喷嘴空气冷却孔是否有堵塞。
- d) 检查密封有无磨损和间隙变化情况。
- e) 检查和记录透平各级动静间隙（所有径向和轴向间隙）。
- f) 检查动叶叶顶密封的间隙、磨损和状态恶化情况。
- g) 检查透平护环的间隙、裂纹、腐蚀、氧化、磨损和积垢。
- h) 检查轮间温度热电偶是否损坏。
- i) 进入压气机进气室，观察压气机前端情况。特别要注意进口可调导叶（IGV），检查标定叶片动作的最大和最小角度，查看有无腐蚀和由于间隙过大而引起的衬套磨损以及叶片有无裂纹，检查 IGV 执行机构、齿轮和齿条的状况。
- j) 进入燃烧外套，用内窥镜观测压气机后几级叶片的情况。
- k) 目视检查排气扩散段通流表面是否有裂纹。检查内外绝热部件是否有绝热材料缺失或固定件脱落现象。
- l) 目视检查压气机排气缸内支撑，是否有裂纹产生。

5.2.5 整机检查（大修）范围

整机检查应涵盖热通道检查的所有项目，包括从压气机的进气室开始到透平排气部分为止的所有内部转动和静止部件，所有的燃机中分面以上的部件应揭开检查。

5.2.6 整机检查应包括下列内容：

- a) 所有径向和轴向间隙（揭缸和合缸状态）并与原始值进行核对。
- b) 检查气缸、支架有无裂纹和腐蚀。
- c) 压气机进口和流道有无积垢、冲蚀、腐蚀和泄露，检查进口可调导叶（IGV）有无磨蚀、轴衬磨损和叶片裂纹。检查进口可调导叶（IGV）执行机构、齿轮和齿条的状况。

- d) 检查压气机转子和静子叶片有无磨损、冲击损伤、腐蚀、弯曲和裂纹，并测量叶顶间隙。
- e) 检查透平护环间隙、腐蚀、磨损、裂纹和积垢。
- f) 检查透平喷嘴和隔板的密封和根槽有无擦伤、磨损、腐蚀和热退化。
- g) 拆除透平叶片，对叶片和叶轮的燕尾槽作无损探伤（评估第 1 级叶片的保护涂层剩余寿命）。在热通道检查时没有重新喷涂的叶片要进行更换。叶轮燕尾槽的圆角、压力面、边和交叉特征必须要仔细检查磨损、裂纹和腐蚀情况。
- h) 按照维修和检查手册检查转子。
- i) 检查轴瓦和密封的间隙和磨损。
- j) 检查进气系统有无腐蚀、开裂的消音器和松动的部件。
- k) 目视检查压气机和压气机排气缸的根槽有无磨损迹象。
- l) 检查燃机与蒸汽轮机以及蒸汽轮机与发电机的对中。

5.3 检修计划编制原则

- 5.3.1 应考虑燃气轮机的运行方式、操作模式及其所处的环境如空气质量等因素。
- 5.3.2 在编制燃气轮机检修计划时应充分考虑和关注燃气轮机制造厂不断更新的技术通知函（TIL）。
- 5.3.3 影响检修计划的主要因素：
 - a) 制造厂推荐的维护程序。
 - b) 诊断和专家系统。
 - c) 可靠性需求。
 - d) 现场检修能力。
 - e) 设计特征。
 - f) 工作循环。
 - g) 应用需求。
 - h) 环境。
 - i) 停工期费用。
 - j) 燃料类型。
 - k) 备件可用性/投资。
 - l) 储备需求。

5.3.4 FA 机组零件修复和更换周期（以 PG9351FA 机组为例）（见表 2）

表 2 PG9351FA 机组零件修复和更换周期

零部件名称	修复周期	更换周期（运行小时）	更换周期（启动次数）
燃烧室火焰筒	CI	5（CI）	5（CI）
火焰筒头部	CI	5（CI）	5（CI）
过渡段	CI	5（CI）	5（CI）
燃料喷嘴	CI	3（CI）	3（CI）
联焰管	CI	1（CI）	1（CI）
头部组件		6（CI）	3（CI）
一级喷嘴	HGPI	2（HGPI）	2（HGPI）
二级喷嘴	HGPI	2（HGPI）	2（HGPI）
三级喷嘴	HGPI	3（HGPI）	3（HGPI）
一级护环	HGPI	2（HGPI）	2（HGPI）

表 2（续）

零部件名称	修复周期	更换周期（运行小时）	更换周期（启动次数）
二级护环	HGPI	2（HGPI）	2（HGPI）
三级护环	HGPI	3（HGPI）	3（HGPI）
一级动叶	HGPI	2（HGPI）	2（HGPI）
二级动叶	HGPI	3（HGPI）	3（HGPI）
三级动叶	HGPI	3（HGPI）	3（HGPI）
注：对热通道部件的修复和更换周期可参考本表，并结合实际运行情况适当调整。			

5.4 9FA 燃气轮机的检修方法

5.4.1 检修大纲

机组检修前应编制检修大纲，其内容应包括：

- a) 设备运行状态。
- b) 历史记录。
- c) 本次检修内容。
- d) 本次检修范围。
- e) 检修工艺。
- f) 具体施工方案。
- g) 人力计划。
- h) 费用计划。
- i) 检修预实现目标。
- j) 备品备件清单。
- k) 耗材清单。
- l) 专用工具清单。
- m) 验收要求。

5.4.2 检修前的准备工作

检修前的准备工作至少有以下几个方面：

- a) 监理和检修队伍的确定。
- b) 备品备件的准备。
- c) 专用工具的准备。
- d) 技术准备。
- e) 参阅制造厂技术通知函技术建议。

5.4.3 检修过程中应注意的事项

5.4.3.1 在燃机检修过程中，应进行过程控制，尤其是关键部位的拆卸、检查、试验和复装等工作，检修工作中发现的各种问题和处理结果应有详细记录。

5.4.3.2 检修过程中应注意的重点：

- a) 拆卸前的对中检查。
- b) 螺栓的拆卸。
- c) 拆下的螺栓和销子的保管。
- d) 一次性零件的更换。
- e) 压气机和透平动静间隙的测量。

- f) 轴承的拆卸。
 - g) 燃料喷嘴的拆卸、检查、修理和复装。
 - h) 热通道部件的检查。
 - i) 压气机动、静叶片的检查。
 - j) 点火火花塞和火焰探测器的检查和试验。
 - k) 压气机和透平流通部分的清洗。
 - l) 拆下管道两端口及未拆下管道开口端的封盖。
 - m) 机组的支撑。
- 5.4.3.3 保证检修质量应采取下列措施：
- a) 应有检修质量策划和准备。
 - b) 应确定有经验的检修和监理队伍。
 - c) 应有合理的检修工序。
 - d) 应制定工艺卡制度和验收制度。
- 5.4.4 检修后的验收试验
- 5.4.4.1 检修后的验收应以检修合同的条文等为依据，如果检修合同中对检修后的出力和热效率有明确的要求，应在检修后开机带负荷达到稳定运行条件时，进行机组的热力性能测试，以确定检修后机组的振动、出力和热效率、环保等方面应达到合同要求；如果检修合同中对检修后机组的出力和热效率没有提出明确的要求，可以不进行正式的热力性能测试，只进行温度的修正。
- 5.4.4.2 测试应进行下列试验：
- a) 在规定的运行条件下燃气轮机以及联合循环机组的功率。
 - b) 在规定的运行条件下燃气轮机以及联合循环机组的热效率。
 - c) 机组的超速保护装置和熄火保护装置的跳闸反应情况。
- 5.4.4.3 测试可选做下列试验：
- a) 机组的启动和停机试验。
 - b) 振动测试。
- 5.4.4.4 试验达到稳态条件的规定：
- a) 当负荷工况调定后，如果在15min内，透平叶轮间温度变化不超过3℃时，可认为机组已经达到稳定运行条件。
 - b) 在稳定的试验工况下，在测试期间，相关参数数值的最大波动范围不应超出给定的允许变化值。
 - c) 在试验时，机组至少在基本负荷状态下稳定运行3.5h，当做联合循环的试验时，还应增加1h的稳定时间。
- 5.4.4.5 测试数据的读取和规定
- 在稳态运行状态下测试机组的热力性能参数时，应在5min内读取6组数据，然后取其平均值。在做联合循环的试验时，应采用数据采集系统来读取数据，采样的累计时间为1h，取其平均值。
- 5.4.4.6 试验参考条件宜与新机组验收试验时所规定的调节为依据。
- 5.4.4.7 试验参考条件应包括以下一些参数：
- a) 大气压力。
 - b) 大气温度。
 - c) 相对湿度。
 - d) 压气机进口的总压降。
 - e) 燃气轮机的排气压降。
 - f) 冷却水温度。

- g) 供汽水系统的补水量（一般规定为 0）。
 - h) 余热锅炉的排污量（一般规定为 0）。
 - i) 发电频率。
 - j) 功率因素。
 - k) 燃料种类。
 - l) 燃料进入燃气轮机燃烧室的温度。
- 5.4.4.8 测试中应采集下列有关数据：
- a) 负荷。
 - b) 振动大小。
 - c) 燃料流量和压力。
 - d) 排气温度和温度场变化。
 - e) 启动时间。
 - f) 惰走时间。
- 5.4.5 检修报告至少应包含的内容：
- a) 检修过程的简述。
 - b) 检修质量的简述。
 - c) 检修过程中发现的问题及处理。
 - d) 对机组今后运行的建议。
 - e) 更换的主要零部件的目录表。
 - f) 各类检查记录表格和有关的附图。
- 5.5 9FA 燃气轮机本体检修
- 5.5.1 解体拆卸步骤
- 5.5.1.1 应对压气机和透平转子进行定位检查及检修前数据测量。
- 5.5.1.2 应进行拆卸前的燃机、蒸汽轮机和发电机的对中检查。
- 5.5.1.3 应对压气机进口可转导叶（IGV）进行检查及检修前数据测量。
- 5.5.1.4 应在气缸下安放机械式千斤顶。
- 5.5.1.5 拆卸燃烧系统的下列部件：
- a) 拆天然气燃料支管。
 - b) 拆清吹单向阀。
 - c) 拆燃料喷嘴。
 - d) 打开燃烧室端盖并取出预混管组件。
 - e) 拆除火焰探测器和点火火花塞。
 - f) 拆卸燃烧室前部外壳。
 - g) 拆联焰管定位的弹性卡板、联焰管、火焰筒及导流衬套。
 - h) 拆卸燃烧室后部外壳。
 - i) 拆卸过渡段。
- 5.5.1.6 应拆除机组气缸水平中分面上部的所有管道。
- 5.5.1.7 拆卸压气机进气缸上半部分。
- 5.5.1.8 拆卸压气机中缸上半部分。
- 5.5.1.9 拆卸透平排气缸上半部分。
- 5.5.1.10 拆卸透平缸上半部分。
- 5.5.1.11 应检查一级喷嘴的同心度并拆卸一级喷嘴上半部分和支撑环上半部分。
- 5.5.1.12 应测量转子的轴向移动量，测量压气机及透平的各有关间隙。

- 5.5.1.13 拆卸压气机排气缸（CDC）上半部分以及排气内缸上半部分，并做转子弯曲度检查。
- 5.5.1.14 拆卸压气机前和燃气轮机后轴承座的上半部分及各轴瓦的上半部分，拆卸透平排气侧锥形体上半部分。
- 5.5.1.15 吊出转子。
- 5.5.1.16 拆出压气机前和燃气轮机后轴承的下半轴瓦。
- 5.5.1.17 拆卸第1级喷嘴的下半部分。
- 5.5.1.18 拆卸第2级喷嘴弧段。
- 5.5.1.19 拆卸第3级喷嘴弧段。
- 5.5.2 **应对下列部件进行检查：**
 - a) 压气机和透平转子（详见 5.5.4 转子检查）。
 - b) 压气机进口可转导叶。
 - c) 压气机静叶片。
 - d) 一级喷嘴。
 - e) 第1级喷嘴支撑环。
 - f) 第2级喷嘴。
 - g) 第3级喷嘴。
 - h) 各轮间热电偶。
 - i) 第1、2、3级护环。
 - j) 压气机前和燃气轮机后轴承轴瓦。
 - k) 燃烧系统应检查以下设备：
 - 1) 燃料喷嘴。
 - 2) 火焰筒。
 - 3) 过渡段。
 - 4) 联焰管和弹性卡板。
 - 5) 导流衬套。
 - 6) 燃烧室外缸。
 - 7) 检查并试验点火火花塞。
 - 8) 检查并试验火焰探测器。
 - l) 检查透平排气热电偶。
 - m) 检查压气机排气的压力和温度传感器。
 - n) 检查燃烧段外壳。
- 5.5.3 **复装部分**
 - 5.5.3.1 应进行复装前的合缸检查。
 - 5.5.3.2 复装第1级喷嘴下半部分。
 - 5.5.3.3 复装第2级喷嘴弧段。
 - 5.5.3.4 复装第3级喷嘴弧段。
 - 5.5.3.5 复装压气机前和燃气轮机后轴承的下半轴瓦。
 - 5.5.3.6 复装转子。
 - 5.5.3.7 复装主副推力面的下半部分。
 - 5.5.3.8 复装压气机前和燃气轮机后轴承。
 - 5.5.3.9 复装负荷联轴器。
 - 5.5.3.10 测量转子的轴向移动量、测量压气机及透平的有关间隙。
 - 5.5.3.11 复装压气机的排气内缸上半部分。

- 5.5.3.12 复装压气机排气缸上半部分。
- 5.5.3.13 复装第1级喷嘴支撑环上半部分。
- 5.5.3.14 复装第1级喷嘴上半部分并测量第1级喷嘴的同心率。
- 5.5.3.15 复装燃烧室的过渡段。
- 5.5.3.16 复装透平缸上半部分。
- 5.5.3.17 复装透平排气缸上半部分。
- 5.5.3.18 复装压气机中缸上半部分。
- 5.5.3.19 复装压气机进气缸。
- 5.5.3.20 复装燃烧系统应包括下列部件：
 - a) 复装燃烧室后部外壳。
 - b) 复装导流衬套、火焰筒和联焰管。
 - c) 复装燃烧室前部外壳。
 - d) 复装燃料喷嘴。
 - e) 复装气体燃料管路和清吹管路的单向阀。
 - f) 对于双燃料机组，还要复装雾化空气支管，其安装程序跟气体燃料管路的安装完全一致。
 - g) 安装火焰探测器和点火火花塞。
- 5.5.3.21 复装缸体外部的其他管道。
- 5.5.3.22 拆除机组下部的机械式千斤顶。
- 5.5.3.23 复装后的对中检查。
- 5.5.3.24 压气机和透平转子的定位检查。
- 5.5.3.25 清理现场。
- 5.5.3.26 检修后的验收。

5.5.4 转子检查

- 5.5.4.1 当累计启动次数或运行时间达到检修间隔周期时，整个转子应送至设备制造厂的维护工厂进行检修，对压气机和透平的所有转子部件进行全面分解检查。
- 5.5.4.2 计划转子维修间隔期应充分考虑燃机启动时产生热应力的影响，燃机快速启动和快速升负荷以及甩负荷停机、特别是甩负荷停机后立即重新启动均会缩短转子维修间隔期。
- 5.5.4.3 在甩负荷跳机、全速空载跳机或正常停机后重新启动前应盘车1h。
- 5.5.4.4 转子的检查应包括检查燕尾槽的磨损和裂纹情况，对于已达到或将要达到使用寿命的转子部件应进行更换。
- 5.5.4.5 根据转子的检修程度和备件更换情况，应对后续检查的间隔期给出指导性建议。
- 5.5.4.6 以启动次数为基准的转子维修周期的确定应按式(1)和式(2)计算：

$$\text{转子维修周期(次)} = \frac{5000}{\text{转子维修系数}} \quad (1)$$

$$\text{转子维修系数} = \frac{F_h N_h + F_{w1} N_{w1} + F_{w2} N_{w2} + F_c N_c + F_t N_t}{N_h + N_{w1} + N_{w2} + N_c} \quad (2)$$

式中：

- F_h ——热态启动影响系数（快速启动 $F_h=1.0$ ，正常启动 $F_h=0.5$ ）；
- F_{w1} ——第1类温态启动影响系数（快速启动 $F_{w1}=1.8$ ，正常启动 $F_{w1}=0.9$ ）；
- F_{w2} ——第2类温态启动影响系数（快速启动 $F_{w2}=2.8$ ，正常启动 $F_{w2}=1.4$ ）；
- F_c ——冷态启动影响系数（快速启动 $F_c=4.0$ ，正常启动 $F_c=2.0$ ）；
- F_t ——在带负荷时跳闸影响系数（快速启动 $F_t=4.0$ ，正常启动 $F_t=4.0$ ）；

N_h ——热态启动次数;
 N_{w1} ——第 1 类温态启动次数;
 N_{w2} ——第 2 类温态启动次数;
 N_c ——冷态启动次数;
 N_t ——跳闸次数。

注 1: 对于在热态停机后 1h 内重新启动的情况, 取用冷态启动时的转子影响系数。

注 2: 转子维修系数应不小于 1, 转子维修周期不超过 5000 次启动。

注 3: 热态启动指停机 1h~4h; 第 1 类温态启动指停机 4h~20h; 第 2 类温态启动指停机时间在 20h~40h; 冷态启动指停机时间 40h。

5.5.4.7 以运行小时数为基准的转子维修周期计算方法:

$$\text{转子维修系数} = \frac{H}{H} \frac{2P}{P} \frac{2TG}{P} \quad (3)$$

$$\text{转子维修周期 (h)} = \frac{144\,000}{\text{转子维修系数}} \quad (4)$$

式中:

H ——基荷运行小时数;

P ——峰荷运行小时数;

TG ——盘车装置工作小时数。

5.5.5 内窥镜检查

5.5.5.1 采用内窥镜检查可以在不拆除缸体的情况下监视燃气轮机及压气机内部动、静部件的状况。采用内窥镜检查有助于更好地制订机组的检修计划, 有针对性地准备检修所需的备品备件, 从而更好地进行检修前的准备, 降低维修成本, 提高机组的可用性和可靠性。

5.5.5.2 以天然气为燃料的 9FA 燃气—蒸汽联合循环机组每年应安排进行一次内窥镜检查, 应将所有内窥镜检查孔打开进行检查。内窥镜检查间隔周期可根据运行经验、机组运行模式、燃料和以前内窥镜检查结果进行调整。

5.5.5.3 内窥镜检查计划的制订应考虑到燃气轮机的运行环境以及随机提供的运行维护手册和技术信息函所提供的信息。

5.5.5.4 内窥镜检查应重点关注所有静止部件和转动部件不应有非正常积垢、表面缺陷 (例如磨蚀、腐蚀或者脱落)、部件移位、变形或外物击伤、材料部分缺失、击痕、凹陷、裂纹、摩擦或接触痕迹, 或者其他非正常现象。

5.5.5.5 在进行内窥镜检查时, 应对所有上游设备 (包括从进气室到压气机进口的所有设备) 进行检查。检查前应进行一次离线水洗。

5.5.5.6 内窥镜检查的结果应详细记录; 对于发现的问题应要求制造厂给予明确的指导性建议并实施。

5.5.6 燃烧调整试验

5.5.6.1 燃气轮机机组进行燃烧系统的检修, 更换全部或部分燃烧器工作后, 在机组投运前应进行燃烧调整试验。

5.5.6.2 当燃气轮机机组运行中发生燃烧工况不稳定、温度场不均匀、燃烧方式切换不正常等情况时, 宜进行燃烧调整试验。

5.5.6.3 燃烧调整试验应由取得相应资质的专业人员操作。

5.5.6.4 由于燃烧调整试验对于机组负荷的升降及保持的时间有特殊的要求, 在实验进行之前应编制试验计划并将计划报有关电力调度部门及天然气管理部门, 以保证电力调度满足试验要求并有足够的天然气保证实验的顺利进行。

5.5.6.5 在试验进行的过程中发生的设备缺陷应及时消除。

5.6 消防灭火系统（二氧化碳模块）检修

5.6.1 CO₂储存罐检修

5.6.1.1 应对储存罐各管座角焊缝宏观检查（必要时着色），应无裂纹及焊接缺陷。

5.6.1.2 系统管道、阀门检查应无泄漏，吊架、支架检查应完整。

5.6.1.3 制冷系统滤网清理应无积灰。

5.6.1.4 压缩机中油位检查应正常。

5.6.2 安全卸压阀检修

5.6.2.1 安全卸压阀应每年做一次试验。

5.6.2.2 安全卸压阀压力整定值为：动作压力 2.46MPa，回座压力 2.24MPa。

5.6.2.3 安全卸压阀泄漏应更换。

5.6.3 切换阀检修

5.6.3.1 在安装前，阀门试验应严密不漏。

5.6.3.2 阀门内漏需研磨阀芯、阀座密封面。

5.6.3.3 阀门填料更换时阀芯应处于中间位置，填料规格应与原规格相同。

5.7 油系统检修

应按照 DL/T 838 标准规定的相关要求执行。

5.8 防冰系统检修

5.8.1 手动隔离阀检修应包括下列内容：

- a) 阀芯与阀座接触阀线应接触完好且均匀连续，无断点。
- b) 阀杆弯曲度应小于 0.05mm。
- c) 装复后门杆开关动作应活络无卡涩。

5.8.2 进气抽气加热控制阀

5.8.2.1 气控头的检修应包括下列内容：

- a) 应无磨损、划痕、拉伤等缺陷。
- b) 气控头缸体椭圆度、锥度应小于 0.02mm。
- c) 齿轮轴与齿条活塞轮齿啮合情况，红丹粉检查应无断口，印记均匀。
- d) 测量弹簧自由长度与原始记录进行对比无明显改变。弹簧应无严重的锈蚀及裂纹等缺陷。
- e) 更换所有密封件。

5.8.2.2 阀体的检修应包括下列内容：

- a) 阀芯与阀座接触阀线应接触细且均匀连续，无断点。
- b) 阀杆弯曲度应小于 0.05mm。
- c) 装复后门杆开关动作应活络无卡涩。

5.8.3 进气抽气加热管道垂直段底部的支撑方式应根据技术通知函的要求实施改造，以消除进气抽气加热管道、支撑件以及压气机进气段底板可能产生的裂纹。

5.8.4 每次停机，在条件允许时应对抽气加热管道垂直段顶部的连接处及底部的支撑处进行目视检查，是否有磨损、裂纹等缺陷。

6 蒸汽轮机本体检修

6.1 检修范围

6.1.1 本标准仅给出蒸汽轮机本体检修 A、B 级检修范围，在 B 级检修计划中可根据机组状况评估结果，有针对性地实施部分 A 级检修项目或定期滚动检修项目。C、D 级检修范围根据机组的实际运行情况以及设备的状况现场确定。

6.1.2 A 级检修范围

6.1.2.1 汽缸检修应包括下列内容：

- a) 检查、修理汽缸及喷嘴，清理、检查汽缸螺栓、疏水孔、压力表孔及温度表计套管；
- b) 合缸检查及测量汽缸、隔板的变形量，并做好相应调整；
- c) 清理、检查隔板、测量隔板挠度、必要时处理；
- d) 检查清理滑销系统；
- e) 测量上、下汽缸结合面间隙及纵横向水平；
- f) 测量、调整隔板的洼窝中心；
- g) 检查、更换向空排气阀膜片，检查去湿装置；
- h) 修补汽缸保温层。

6.1.2.2 汽轴封检修应包括下列内容：

- a) 检查、清理、调整汽轴封间隙，少量更换轴封、隔板汽封；
- b) 检查、清理轴封套；
- c) 测量轴封套变形，测量、调整轴封套的洼窝中心。

6.1.2.3 转子检修应包括下列内容：

- a) 检查主轴、叶轮及其他轴上附件，测量及调整通流部分间隙、轴颈扬度；
- b) 测量轴颈锥度、椭圆度及转子弯曲度，测量叶轮、联轴器、推力盘的瓢偏度、晃动度；
- c) 必要时修补研磨推力盘及轴颈；
- d) 检查、清理动叶片、拉筋、复环、铆钉，必要时对末级叶片进行防蚀处理；
- e) 部分叶片测频，叶片叶根探伤检查；
- f) 对重点监视的叶轮槽、叶轮连接螺栓，探伤检查。

6.1.2.4 轴承检修应包括下列内容：

- a) 检查、清理支持轴承、推力轴承，测量、调整轴承及油挡的间隙、轴承紧力。
- b) 清扫轴承箱。

6.1.2.5 盘车装置检修

应检查和测量齿轮、蜗母轮、轴承、导向滑套等部件的磨损情况，必要时修理、更换。

6.1.3 C级检修范围

检查各支持轴承和推力轴承，检查巴氏合金表面，是否有严重磨损、拉毛、裂纹、脱胎等异常现象，修理、测量、调整轴承及油挡的间隙、轴承紧力，必要时挖出下瓦检查。

6.2 A级检修工艺要求

6.2.1 修前应做好的准备工作

- a) 对检修工作人员应进行安全 and 质量教育；
- b) 应根据运行状况和检修技术记录，明确各部件磨损情况，确定重点检修项目和施工计划；
- c) 备品备件准备；
- d) 检修专用工具、普通工具和量具准备，确保合格可用；
- e) 起重工具（包括葫芦、行车、千斤顶、钢丝绳等）试验合格可用；
- f) 施工电源、气源、照明电源、灯具的布置；
- g) 编制检修定置图，检修现场已铺好橡皮垫，专用搁架布置到位；
- h) 完成检修文件包审批；
- i) 储油桶、枕木、板木、垫铁、废油桶、垃圾桶及其他所用物品应准备足够；
- j) 清理检修现场，按照设备定置图铺设木板和橡皮，并围好栏杆；
- k) 开缸用的电加热箱电源应接好，各种电加热棒应准备好；
- l) 现场压缩空气管道应接好；
- m) 应确认隔绝范围已正确执行，工作票已开出；

n) 拆除高、中压缸化妆板,放置于指定的地方。

6.2.2 高中压缸的检修工艺要求

6.2.2.1 在高中压内缸壁温度冷却到规定值以下时,方可拆汽缸保温。

6.2.2.2 高中压缸解体过程应注意以下问题:

- a) 松螺栓时,应先从间隙最大的中部螺栓开始,应左右两侧同时进行。
- b) 法兰螺栓应用专用加热棒加热后松,禁止用氧—乙炔烘烤直接加热。
- c) 用液压千斤顶(50t)在汽缸的凹穴内均匀平稳地将上缸顶起,用行车大钩拉紧钢丝绳。
- d) 在起吊中汽缸四角高度之差小于2mm。
- e) 拆去隔断汽封等法兰螺栓及定位销,在拆卸前应将隔断汽封周围的空隙堵好,以防杂物落入。吊出上隔板套并吊至规定地点。
- f) 翻缸时,钢丝绳与汽缸盖棱角处应垫好木板或亚麻袋等加以保护。

6.2.2.3 汽缸检查、测量、调整的质量要求:

- a) 所有导汽管法兰应无毛刺和经向沟槽。应使法兰接触面积达75%以上。
- b) 焊缝应无裂纹、吹损现象。
- c) 导流叶片组件应无裂纹、吹损、疏松等缺陷。
- d) 汽缸外观检查应无裂纹、吹损等缺陷,结合面应光滑、平整、无漏汽痕迹。
- e) 汽缸内外壁应无裂纹、吹损、脱焊、夹渣、疏松等缺陷。
- f) 高压喷嘴应无吹损、裂纹,汽封齿无松动、磨损、歪扭等损伤。
- g) 汽缸水平与上次检修及与原始安装值比较无异常变化。
- h) 通常要求在不紧螺栓时,结合面最大间隙应小于0.30mm,汽缸变形情况与上次记录比较无异常变化;在紧1/2或1/3汽缸螺栓时,结合面间隙应小于0.05mm,并且塞尺塞入的深度不应超过结合面的1/3。
- i) 汽缸洼窝标准:上、下、左、右洼窝差值不应大于0.10mm。
- j) 大轴各部晃度要求:
 - 1) 联轴器径向晃度应不大于0.02mm。
 - 2) 轴封外圆晃度应不大于0.03mm。
 - 3) 大轴其他各部位晃度应不大于0.03mm。
 - 4) 轮缘外径的晃度应不大于0.05mm。
 - 5) 推力盘外圆晃度应不大于0.02mm。
 - 6) 转子弯曲度应不大于0.03mm,大于0.06mm应直轴。
- k) 推力盘端面瓢偏应不大于0.02mm,联轴器端面瓢偏应不大于0.02mm,叶轮端面的瓢偏度应不大于0.03mm。
- l) 螺栓及螺母应清理干净,加热孔畅通,丝扣无裂纹、损伤、倒角、歪扭等现象,配合时不过松、过紧或卡涩。汽缸螺栓如伸长量大于1%时需更换。

6.2.2.4 转子的清理、检查、测量的质量要求:

- a) 叶片清理后,应露出金属本色,表面无划痕。
- b) 叶轮和各平衡孔圆周上应无裂纹、损伤。
- c) 轴颈/推力盘表面应无毛刺、磨损及凹凸不平现象。
- d) 推力盘瓢偏和晃度应不大于0.02mm。
- e) 轴颈锥度、椭圆度要求不大于0.02mm。
- f) 轮缘外径的晃度应不大于0.05mm,叶轮端面的瓢偏度应不大于0.03mm。
- g) 对轮止口间隙:紧力0.02mm~0.04mm。

6.2.2.5 隔板的清理、检查、测量的质量要求:

- a) 轴封套水平和垂直接合面应无漏汽痕迹。
- b) 隔板中分面间隙及高、中压隔板平面间隙应符合质量要求。接触面积应在合格范围内。
- c) 隔板各点的挠度不应大于该点与叶轮轴向间隙。
- d) 高压缸隔板底销间隙、隔板轴向间隙及隔板下落量应符合质量要求。
- e) 隔板洼窝的调整应考虑隔板椭圆度及汽缸变形量，各隔板洼窝中心标准要求应符合质量标准。

6.2.2.6 汽封的检修质量要求：

- a) 汽封弹簧片弹性应良好；
- b) 汽封间隙应符合质量标准。

6.2.2.7 盖缸及轴承恢复质量要求：

- a) 整个盖缸过程应连续进行，不得中断。
- b) 每个部件吊入汽缸前均应吹扫干净。
- c) 各中分面涂抹密封涂料时，在中分面内侧和定位销孔周围留 10mm 左右不抹涂料。
- d) 螺栓与罩螺母之间顶隙、螺母与外缸内壁间隙、螺栓孔内的周隙应符合安装要求。
- e) 紧螺栓的顺序以消除中分面的间隙，同时兼顾结合面变形而造成的间隙为原则，应从间隙最大垂弧处开始，左右对称地前后同时进行。
- f) 待热紧螺栓冷却后，需测伸长量，应符合制造厂的标准要求。

6.2.3 低压缸的检修

6.2.3.1 解体的注意事项：

- a) 起吊中低导汽管前应装好导汽管护板；
- b) 上外缸放置处地面用道木垫平，以避免缸体产生变形；
- c) 低压内上缸吊出后按定置图规定摆放好，用道木垫平稳。

6.2.3.2 低压缸的汽缸、转子、隔板、汽封的检修质量要求以及低压缸盖缸及轴承恢复要求与高压缸的相关部分相同。

6.2.4 轴系找中心

6.2.4.1 液压拉伸器应检查下列内容：

- a) 在使用液压拉伸器前，应先确认锥套或螺杆锥度方向，安装液压拉伸器应沿螺杆有锥度方向（即安装在螺杆的小头方向）；
- b) 每次使用液压拉伸器前，确认其活塞位于最低位置；
- c) 每次使用液压拉伸器时，需先将液压系统空气排尽；
- d) 在进行液压拉伸器时，油压和行程不允许超过规定值。

6.2.4.2 转子中心的测量与调整

转子中心的调整应根据修前测得的下列数据综合考虑：

- a) 发电机转子的空气间隙；
- b) 各转子中心校验数据；
- c) 各道轴承的轴颈扬度和油挡洼窝中心；
- d) 低压外缸汽缸洼窝中心；
- e) 通流部分间隙；
- f) 中低导气管对中心的影响；
- g) 半缸、全缸中心的区别。

6.2.4.3 联轴器的装复要求：

- a) 对轮、垫片同心度应在合格范围内；
- b) 各对轮的连接螺栓的紧固初始力矩和最终力矩应严格按照制造厂的数据执行。

6.2.5 压气机、燃气轮机、蒸汽轮机、发电机轴瓦检修要求：

- a) 轴瓦间隙应符合标准。
- b) 轴承解体时各瓦块、垫片、球面垫块和轴承垫块均应按序编号。
- c) 各轴承进出油孔及顶轴油孔都应畅通、无杂物，顶轴油孔应光滑，四周无毛刺、无圆周及轴向贯通槽道。节流孔板应测量尺寸，做好记号。
- d) 轴瓦乌金无磨损、裂纹，无脱胎，与轴颈接触沿轴向大于 80%。接触点呈斑点状。
- e) 上、下瓦组合不允许错口，检查轴瓦中分面应密合。
- f) 轴瓦中分面如果进行研刮则需重新调整紧力。
- g) 各瓦轴瓦间隙应在合格范围内。
- h) 轴瓦、瓦枕的顶部紧力应符合要求。

7 燃料系统的检修

7.1 天然气调压站检修

7.1.1 过滤器外部应检查下列内容：

- a) 焊缝无裂纹，无焊接缺陷；
- b) 液位计指示清楚正确，磁浮子完整；
- c) 筒体壁厚无明显减薄；
- d) 支座完整，焊缝完好。

7.1.2 过滤器内部应检查下列内容：

- a) 挡板焊缝应完整，挡板应无变形、开裂；
- b) 密封面应无贯穿的沟槽、麻点，接触面完整，垫床应更换；
- c) 超压试验时筒体本体必须与外部系统隔断；
- d) 过滤器进出口压差大于 0.05MPa 时应调换滤芯。

7.1.3 过滤器安全阀检修应包括下列内容：

- a) 阀门解体装复后，应进行压力试验无泄漏；
- b) 整定起座压力 4.5MPa，回座压力 4.2MPa。

7.1.4 天然气增压装置检修应包括下列内容：

- a) 增压装置进出口强制密封气动球阀及旁路球阀应确保严密无泄漏；
- b) 天然气压缩机检修后要进行天然气泄漏检测，确保无泄漏。

7.1.4.1 空气压缩机检修应包括下列内容：

- a) 联轴器应完好无裂纹及变形；
- b) 轴承轴径间隙符合标准；
- c) 齿轮应无掉块、裂纹及断齿，齿轮磨损超过原厚度的 1/3~2/3 应更换齿轮；
- d) 螺杆使用寿命达到 10 万 h 后应更换；
- e) 各齿轮接触沿齿长方向应达到 50% 以上，沿齿高方向应达到 40% 以上。

7.1.4.2 空气过滤器检修应包括下列内容：

- a) 空气过滤芯应清洁、无堵塞，滤网无破损，空气过滤器压差大于 0.005MPa 时更换滤芯；
- b) 油气分离器滤芯应清洁、无堵塞，滤网无破损，油气分离器差压大于 0.08MPa 时应更换；
- c) 安全阀阀线应密封良好无泄漏，弹簧应有弹力，无变形、断裂；安全阀整定值为 1.2MPa。

7.1.5 接地装置检查应包括下列内容：

- a) 接地装置完整，无脱焊或虚焊情况，定期测量接地电阻是否合格；
- b) 放散管路系统的完整及牢固，放散口以下的管道应完好，支架应牢固、完整。

7.2 天然气前置模块检修

7.2.1 前置模块过滤器外部检查应包括下列内容：

- a) 焊缝应无裂纹，无焊接缺陷；
- b) 液位计指示应清楚正确，严密无渗漏；
- c) 筒体壁厚应无明显减薄；
- d) 支座应完整，焊缝应完好。

7.2.2 过滤器、除湿器内部检查应包括下列内容：

- a) 旋流器保持完整，无变形、开裂，焊缝完好；
- b) 密封面无贯穿的沟槽、麻点，接触面完整，垫床更换；
- c) 超压试验时筒体本体必须与外部系统隔断；
- d) 第一次测厚数据作为依据，以后的数据与其进行比较，对壁厚减薄情况进行分析，设计允许壁厚腐蚀量为 3mm。

7.2.3 安全阀检修应包括下列内容：

- a) 整定起座压力 3.4MPa，回座压力 3.1MPa；
- b) 阀门解体装复后，进行压力试验，应无泄漏。

7.2.4 接地装置检查应包括下列内容：

- a) 接地装置完整，无脱焊或虚焊情况，法兰间的连接线牢固，定期测量接地电阻是否合格；
- b) 放散管路系统的完整及牢固，放散口以下的管道必须完好，支架牢固、完整。

7.2.5 排污系统检修应包括下列内容：

- a) 管道完整。无腐蚀、泄漏，当管子减薄 30% 时进行调换，阀门及阀门结合处无泄漏，对于泄漏的球阀进行调换，截止阀进行研磨同时调换盘根。
- b) 根据测厚情况，了解箱体的腐蚀减薄情况。

7.2.6 性能加热器及启动加热器检查应包括下列内容：

- a) 管道完整。无腐蚀、泄漏，当管子、弯头减薄 30% 时进行调换。
- b) 阀门及阀门结合处无泄漏，对于泄漏的球阀进行调换，截止阀进行研磨同时调换盘根。

7.3 燃气模块系统检修

7.3.1 清吹阀检修

7.3.1.1 清吹阀气控机构检查应包括下列内容：

- a) 气控机构筒体内壁应无磨损、划痕、拉伤等缺陷；
- b) 筒体椭圆度、锥度应小于 0.02mm；
- c) 齿轮轴与齿条活塞轮齿啮合情况，红丹粉检查应无断口，印记均匀；
- d) 测量弹簧自由长度与原始记录进行对比无明显改变。弹簧无严重的锈蚀和裂纹。

7.3.1.2 清吹阀阀体检查应包括下列内容：

- a) 阀杆弯曲度应小于 0.05mm；
- b) 阀芯与阀座接触阀线应接触完好且均匀连续，无断点；
- c) 填料室内应光滑，无变形，表面无拉毛；
- d) 阀壳内外宏观检查，应无砂眼、裂缝、疏松等缺陷。

7.3.1.3 阀门装复后应进行开关校验，阀门开关应活络，开启时间应符合要求。

7.3.2 燃料控制阀（D5、PM1、PM4）的检修应包括下列内容：

- a) 阀体法兰结合面应无毛刺、划痕及凹坑。
- b) 阀杆弯曲度应小于 0.05mm。
- c) 阀芯与阀座接触阀线应接触细且均匀连续，无断点。
- d) 填料室内应光滑，无变形，表面无拉毛。

- e) 测量弹簧自由长度与原始记录进行对比无明显改变。弹簧无严重的锈蚀和裂纹。
- f) 油动机组装后需进行泵压试验、开关往复试验。
- g) 阀门及控制系统装复后应进行校验，指令信号与反馈的误差应在允许范围内。

7.3.3 速比阀的检修应包括下列内容：

- a) 阀门法兰结合面无毛刺、划痕及凹坑。
- b) 阀芯与阀座接触阀线应接触细且均匀连续，无断点；如有缺陷，必要时更换阀头、阀座。
- c) 阀体检查无砂眼、裂缝、疏松等缺陷。
- d) 阀门装复后应进行开关校验，关闭时间应不大于 0.2s，开启时间 $0.5s \pm 0.25s$ 。

7.3.4 辅助截止阀的检修

7.3.4.1 气控头的检修应包括下列内容：

- a) 应无磨损、划痕、拉伤等缺陷；
- b) 气控头缸体椭圆度、锥度应小于 0.02mm；
- c) 齿轮轴与齿条活塞轮齿啮合情况，红丹粉检查应无断口，印记均匀；
- d) 测量弹簧自由长度与原始记录进行对比无明显改变，弹簧无严重的锈蚀和裂纹。

7.3.4.2 阀体的检修应包括下列内容：

- a) 阀杆弯曲度应小于 0.05mm；
- b) 阀芯与阀座接触阀线应接触细且均匀连续，无断点；
- c) 填料室内应光滑，无变形，表面无拉毛。

8 电气系统检修

8.1 发电机检修

8.1.1 检修范围

8.1.1.1 A 级检修：抽出发电机转子对发电机进行全面检查、维护试验。

8.1.1.2 B 级检修：根据运行情况打开发电机端盖，重点检查发电机端部，检查测试发电机线棒、槽楔、铁芯、出线等，结合发电机组的运行情况及日常检查维护记录，消除缺陷及不正常的运行情况。

8.1.1.3 C 级检修：不抽出发电机转子，检查发电机端部、风道、集电环小室及其他辅助设备。

8.1.2 A 级检修项目（本规程仅列出发电机检修 A 级检修项目及要求，B、C 级检修项目及要求根据检修范围以及发电机的实际运行情况和设备的状况确定）

8.1.2.1 定子检修应包括下列内容：

- a) 检查、清洁端盖、内护板、导风板、衬垫、人孔盖等，装配面密封检查；
- b) 检查、清洁定子绕组引出线、套管、电流互感器、电压互感器；
- c) 检查、清洁中性点接地箱、接地变压器、接地隔离开关、接地电阻、电流互感器等；
- d) 检查、清洁端部铁芯、压圈、铜屏蔽、齿压板、压紧螺母、定位筋；
- e) 检查、清洁绕组端部绝缘（防晕层）、绑线、隔块、环箍、支架、连接螺栓；
- f) 定子端部封氢橡胶环检查；
- g) 检查、清洁定子膛铁芯通风孔、线棒绝缘、槽楔、铁芯冲片；
- h) 检查、清洁并校验测温装置、液位检测装置、转子匝间检测器、铁芯热监视仪、发电机局部放电监视仪、空间加热器等；
- i) 检查、清理中心点罩、出线罩、底部集水管；
- j) 电气预防性试验；
- k) 发电机整体气密性试验；
- l) 发电机外壳喷漆。

8.1.2.2 转子检修应包括下列内容:

- a) 气间隙测量;
- b) 抽穿转子;
- c) 检查、清洁转子表面;
- d) 检查轴颈;
- e) 检查护环、中心环, 金属探伤;
- f) 检查平衡块;
- g) 检查转子风扇、集电环风扇, 金属探伤;
- h) 检查槽楔;
- i) 检查通风孔通流情况, 逐孔检查清理, 转子通风试验;
- j) 转子气密试验;
- k) 检查、清洁集电环、导电螺栓、引线、绝缘套, 集电环光洁度、磨损检查;
- l) 检查、清洁接地电刷组件, 测量元件检查, 轴电压监视装置检查校验;
- m) 电气预防性试验。

8.1.2.3 发电机氢气冷却系统检修应包括下列内容:

- a) 检查清洁冷却器, 冷却器水室应干净无杂物, 密封良好; 密封件更换; 冷却器水压试验, 压力 0.8MPa, 水压保持 4h 应无渗漏。
- b) 检查清洁氢气冷却器室。
- c) 检查氢气系统、二氧化碳系统的管道、阀门、法兰、表计及自动装置等。
- d) 检查清洁氢气干燥器, 加热器、氢气冷却器检查。
- e) 气、水回路仪表校验。
- f) 氢气、二氧化碳系统查漏。
- g) 检修冷却系统电动机, 轴承更换, 绕组清洁检查, 电气试验。
- h) 干燥塔控制系统调试。

8.1.2.4 盘车检修应包括下列内容:

- a) 盘车电机解体检修, 必要时更换轴承, 绕组清理检查, 电气试验;
- b) 盘车控制盘检查清洁, 控制元件检查, 控制调试;
- c) 排气风机装置检修清洁。

8.1.2.5 励磁系统检修应包括下列内容:

- a) 检查、清洁集电环小室、刷架、刷握、集电环组件, 测温元件校验;
- b) 检查、清洁冷却风道, 滤芯清洁及更换, 差压计检查、校验;
- c) 检查、调整刷握、刷架、刷板及导电构件、紧固件, 检查、更换研磨电刷, 检查电刷压力, 绝缘检查;
- d) 更换集电环极性;
- e) 励磁间 (EX2100) 检查、清洁, 控制柜、整流柜、辅助柜、交流进线柜、直流出线柜检查、清洁, 过滤装置检查、清洁更换;
- f) 仪表风机更换、顶部通风风机更换;
- g) 励磁开关检修;
- h) 灭磁电阻、可控硅、阻容元件检查清洁, 灭磁装置检查、试验;
- i) 空间加热器及装置检查、清洁, 通电试验;
- j) 励磁部分控制装置、测量装置校验及调试;
- k) 励磁变压器、励磁变压器断路器检修及预试, 保护装置校验;
- l) 所有的电气、数据连接部位、卡口、构件紧固部分检查清洁;

m) 励磁间空调装置检修。

8.1.2.6 启动系统检修应包括下列内容：

- a) 启动间（LS2100）检查清洁，控制柜、电源桥柜、冷却柜、负荷桥柜检查清洁。
- b) 隔离变压器检修及预试。
- c) 检查、清洁冷却器及冷却系统（包括水箱、阀门、水泵、管道、绝缘水管）等，进行冷却器水压试验，消除泄漏。
- d) 仪表校验。
- e) 更换冷却剂、活性炭过滤器、去离子装置。
- f) 内循环泵电机检修。
- g) 控制部分软硬件维护调试。
- h) 启动装置、空调装置检修。
- i) 可控硅、阻容元件、熔断器检测。

8.1.3 发电机检修要求

8.1.3.1 抽转子应注意下列事项：

- a) 应有专人进行起重指挥，起吊用具应合格并符合使用要求。
- b) 发电机励磁端应保证有足够的空间。
- c) 转子的护环、风扇、集电环、轴颈等处不得作为着力点。
- d) 抽转子过程中应保护所有的精加工面不受损伤。
- e) 发电机两侧均应有专人监视定转子气隙，防止转子晃动，以免擦碰定子铁芯、绕组绝缘等。
- f) 转子重心移出定子膛后，应有专人监视保护转子汽端防止晃动。
- g) 转子底部枕木不得置于绕组槽楔部位。
- h) 做好定转子部分的防灰、防潮措施，发电机空间加热器应投入，对转子绕组通入低压小电流加热或用加热带。

8.1.3.2 转子抽出后的预防性试验应符合下列要求：

- a) 定子槽部绕组防晕层对地电位不大于 10V；
- b) 应按 DL/T 735 标准的要求进行测量，自振频率不应介于基频或倍频的 $\pm 10\%$ 范围内；
- c) 绝缘测量值应不小于 $2M\Omega$ ；
- d) 在冷态下进行测量，与初次（交接或大修）所测结果比较，其差别不应超过 2%。

8.1.3.3 发电机定子铁芯检修应注意以下事项：

- a) 进入定子膛内的通风、照明、着装应符合要求，现场应配备二氧化碳灭火器。
- b) 清洗推荐使用异丙基乙醇、1, 1, 1—三氯乙烷，禁止使用四氯化碳、二氯甲烷，作业现场不得有明火。
- c) 铁芯内不得遗留任何异物。
- d) 铁芯应无锈斑、油垢。
- e) 铁芯无碰伤、擦毛及短路过热现象。
- f) 铁芯应压紧，无松散、倒边等现象。
- g) 通风孔应干净、无异物，段间隔板应紧固、无脱落。
- h) 两端阶梯状铁齿应夹紧，无断片，无局部过热，无黄粉或红粉。

8.1.3.4 机座、端盖检修应符合下列要求：

- a) 机座完好无裂纹，弹性框架及其他构件完好，无松动位移。
- b) 机座底脚固定，安装装置完好，紧固无位移。
- c) 机座、端盖的结合面、止口完好清洁，端盖本体无变形、裂纹、锈蚀。
- d) 端盖紧定螺丝六角头完整，丝口完整、无锈蚀。

- e) 端盖本体无变形、裂缝、锈蚀，漆膜完好、无脱皮。
 - f) 机座接地电缆无损伤、接地回路导通良好。
- 8.1.3.5 定子绕组检修应符合下列要求：
- a) 检查线棒绝缘应无变色、电晕腐蚀、松动、磨损。
 - b) 线棒表面干净、无油垢，防晕层完好，绝缘漆层完好。
 - c) 线棒出槽口处防晕层应良好，无白粉等电晕放电现象。
 - d) 端部线棒间隙之间无异物卡塞。
 - e) 定子端部线棒与绑环、绑环与绝缘支架的绑扎固定应紧固，无松动磨损线棒绝缘现象，适形材料及隔块均应紧固、无位移。
 - f) 端部线棒绝缘无过热、破损、膨胀、脱漆、开裂、变形、变色、爬电等现象。
 - g) 线棒槽口垫块无松动、位移、振动磨损线棒现象，绑扎应紧固、无破损。
 - h) 喷漆应薄，喷漆表面应彻底清洁并完全干燥，喷漆作业区域应避免火源，喷漆装置金属构件应接地。
 - i) 处理、喷漆后均应作振动模态试验。
- 8.1.3.6 定子绕组引出线检修应符合下列要求：
- a) 端部环连接、引出线绑扎应紧固、无破损，夹紧件无松动、开裂。
 - b) 连接线、引出线绝缘无破损、黄粉，无局部过热、变色、放电痕迹。
 - c) 引线接头手包绝缘无松胀、脱层、放电、变色现象。
 - d) 引线接头绝缘盒应无开裂、变形、变色、放电痕迹。
 - e) 引线、连线及其绑扎和固定件均应干净，无油垢。
- 8.1.3.7 定子槽楔检修应符合下列要求：
- a) 槽楔表面应清洁，无油垢、灰尘等脏物，无过热变色、龟裂、黄粉等现象。
 - b) 端槽楔不得松动外移、槽楔应紧固，直线部分轻度松动长度不能超过槽长的 1/3。
 - c) 封氢隔环应无裂纹、断裂、松动脱落。
- 8.1.3.8 定子绕组端部固定检修应符合下列要求：
- a) 若发现定子绕组端部结构有松动现象，除应重新紧固外，还应仔细进行振动模态试验，确认固有频率符合要求（应避开 94Hz~115Hz 频率范围）。
 - b) 绝缘支架无裂纹、螺钉紧固无发热变色。
 - c) 支架与绑环均应干净、无油垢，支架与绑环应绑紧。
- 8.1.3.9 定子端罩、出线罩检修应符合下列要求：
- a) 定子出线罩底部干净无油污，出线套管四周无积油。
 - b) 端罩、出线罩无锈蚀、油污。
 - c) 端罩与机座结合要紧固，无漏氢现象。
 - d) 出线罩与端罩要结合紧固，无漏氢现象。
 - e) 出线罩与出线套管台板的要结合紧固，无漏油、漏氢现象。
- 8.1.3.10 定子出线套管、电流互感器检修应符合下列要求：
- a) 过渡引线绝缘无破损，应干净、无油污。
 - b) 出线套管应完好，无裂纹、掉瓷、爬电痕迹，表面干净、无油污。
 - c) 出线套管氢密封良好，套管更换内密封后要做气密试验，压力 0.52MPa，历时 30min 不漏。
 - d) 套管安装应与台板垂直，法兰螺钉应对角均匀紧固，密封垫圈无劣化、偏移、开裂。
- 8.1.3.11 测温元件、空间加热器检修：
- a) 测温元件直流电阻应合格，用 250V 绝缘电阻表测量绝缘电阻应不小于 1MΩ（冷态值）。
 - b) 加热器用 1000V 绝缘电阻表测量绝缘电阻应不小于 10MΩ（冷态值），屏蔽接地良好。

- c) 接线端子应紧固, 密封无劣化及损伤, 密封良好, 无漏氢、漏油。
 - d) 接线板应紧固, 螺钉均匀受力, 密封胶垫无劣化及损伤, 无漏氢、漏油。
- 8.1.3.12 发电机中心点接地装置检修应符合下列要求:
- a) 发电机中性点接地箱、端子箱壳体完好无损、密封良好, 中性点接地回路导通良好, 箱体接地可靠。
 - b) 中心点变压器清洁无积垢, 铁芯完整无松动、变色, 绝缘完好无异常, 电气试验数据与出厂及交接试验数据比较无明显变化。
 - c) 接地电流互感器绝缘完好, 绝缘电阻值符合标准, 特性曲线合格。
 - d) 接地电阻完好无损伤、锈蚀、变形, 电阻值 0.451Ω 。
- 8.1.3.13 氢气冷却器检修应符合下列要求:
- a) 将氢气冷却器吊出检修, 冷却器吊出后水平放在道木上, 不得触及铜管, 并有防变形措施。
 - b) 冷却器应无锈蚀、漏水, 铜管无穿孔、结垢, 结构件漆层完好。
 - c) 冷却器清洗应逐管反复进行, 清洗后的管道畅通, 水质透明无杂质。
 - d) 水室应干净无杂物, 密封良好。
 - e) 冷却器应进行水压试验, 压力 0.8MPa , 保持 4h 无渗漏。
 - f) 冷却器侧面封氢橡胶垫应完整无损, 无老化龟裂, 应富有弹性。
 - g) 冷却器铜管外壁散热鳍片完好、干净。
 - h) 氢气冷却器小室应干净、无水迹、无锈蚀。冷却器安装可靠, 密封垫无老化破损, 密封良好, 不漏氢。
- 8.1.4 发电机转子检修
- 8.1.4.1 发电机转子本体检修应符合下列要求:
- a) 转子表面应干净, 漆层完整, 无过热变色及爬电迹象。
 - b) 转子槽楔无松动、位移、开裂、变形凸起, 与齿槽接触处无灼伤过热迹象, 槽楔的间隙值为 $0.13\text{mm}\sim 0.15\text{mm}$ 。
 - c) 转子本体平衡螺钉应紧固。
 - d) 转子出风斗无变形、损坏, 通风孔应干净、无堵塞。
 - e) 从通风孔检查转子绕组有无过热变色、位移等异常。
- 8.1.4.2 发电机护环、心环检修应符合下列要求:
- a) 护环与转子、护环与中心环搭接处无锈蚀、磨损、电灼伤及过热变色现象。
 - b) 护环无松动位移, 止动环键完好。
 - c) 中心环对护环嵌装完好, 无松动位移。
 - d) 护环及中心环干净, 无应力腐蚀裂缝, 金属探伤内部无应力腐蚀裂缝。
- 8.1.4.3 转子绕组检修应符合下列要求:
- a) 绕组及绝缘完好, 无磨损、变形, 通风孔无堵塞, 清洁无积垢。
 - b) 绕组端部、绝缘、隔块完好无松动、变形、磨损, 清洁无积垢。
 - c) 绕组端部引线连接无过热变色, 同心绕组并接处无过热变色。
- 8.1.4.4 转子主风扇、集电环风扇检修应符合下列要求:
- a) 叶片的音质清脆、无哑声。
 - b) 风扇叶片无磨损、无内伤, 新更换的叶片应与原来的重量尺寸一致, 不影响动平衡。
 - c) 风扇叶片的装配角度应一致。
 - d) 风扇环座无裂伤、位移, 嵌装可靠, 嵌装面无锈斑和红粉, 金属探伤无异常。
 - e) 风扇环上的平衡块紧固无松动位移并锁死。
 - f) 风扇叶片、风扇环座干净, 漆层完好。

8.1.4.5 集电环检修应符合下列要求:

- a) 集电环应无过热变色现象, 绝缘无松动破损, 无过热及爬电灼伤痕迹。
- b) 集电环引线连接及连接螺钉无过热变色, 连接螺钉应紧固。
- c) 集电环磨削后的粗糙度: $\leq Ra0.812\mu m$ (集电环面宽度 $< 177.8mm$), $\leq Ra0.203\mu m$ (集电环面宽度 $\geq 177.8mm$)。
- d) 集电环螺旋槽无异物堵塞, 更换新集电环, 正常的集电环磨损率 $0.025mm/kh$, 两个集电环直径差不超过 $1.52mm$ 。
- e) 集电环直径的磨损极限为原始螺旋槽沟的深度 ($3mm$), 由于集电环带有轴向通风孔, 故能否开槽需联系设备制造厂商。

8.1.4.6 转子预防性试验应符合下列要求:

- a) 转子绕组连同集电环的绝缘电阻应大于 $2M\Omega$ (冷态: $20^{\circ}C$, 未经干燥), 极化指数应不小于 1.25 。转子绕组直流电阻值与出厂及历次测量值比较应接近, 换算到同一温度 ($20^{\circ}C$) 下误差不得超过 2% 。
- b) 转子交流阻抗值与历次测量值比较应相近, 无明显变化。

8.1.4.7 中心孔气密试验应符合下列要求:

- a) 转子气密试验要用清洁干燥的压缩空气进行。
- b) 转子气密试验合格的标准: 通入 $0.52MPa$ 的压缩空气, 保持 $6h$ 无渗漏, 压力降低应不大于 10% 。
- c) 检查转子绕组引出线导电螺钉的密封胶圈应无老化损坏, 密封严密。
- d) 检查转子两端中心孔挡板应安装紧固, 其密封垫应无老化破损, 密封严密。

8.1.5 发电机转子安装

8.1.5.1 穿转子前应做到下列要求:

- a) 定子膛内及端部应干净, 无任何遗留物。
- b) 转子应干净, 通风孔无堵塞。
- c) 检测转子绝缘电阻应大于 $2M\Omega$ (冷态, 未干燥)。
- d) 工具齐备, 组织合理, 工作现场条件良好, 照明充足。

8.1.5.2 穿转子检修应符合下列要求:

- a) 透平端应有专人监视转子与定子膛的气隙情况。
- b) 严禁转子的任何部分碰撞损伤定子端部绕组绝缘。在吊索与定子端面接触部位应放入木板保护定子端面的精加工面。
- c) 严禁转子套箍碰擦定子铁芯。

8.1.6 发电机装复

8.1.6.1 端盖装复应符合下列要求:

- a) 端盖安装前应清理干净, 检查完整无损, 不变形; 端罩与端盖的结合面应干净。
- b) 转子风扇叶片与导风圈的间隙一周应均匀, 参照值为 $1.905mm \pm 0.024mm$, 发电机定子、转子气隙误差应在 $\pm 1.25\%$ 以内。
- c) 励磁侧轴承、密封座 (盖)、轴承座 (盖) 等对发电机座的绝缘值应不小于 $100k\Omega$ (用 $5k\Omega/V$ 的 $100V$ 高阻计测量)。
- d) 端盖安装紧固, 螺钉受力均匀, 上、下端盖结合面间隙及端盖与端罩结合面间隙均应不大于 $0.05mm$ 。
- e) 各人孔门的结合面干净, 密封垫无老化破损, 密封严密。

8.1.6.2 发电机整体气密试验应符合下列要求:

- a) 发电机整体气密试验应在各部件查漏试验合格后再进行, 但是发电机定子查漏试验在无特殊

情况下，可与发电机整体气密试验一同进行。

- b) 气密试验所用的压缩空气应清洁和干燥；试验中要始终保持密封油压大于气压 0.039MPa。
- c) 在 24h 内，常温情况下，从初始压力 0.1MPa 下降不应超过 0.003 5MPa，相当于漏氢率（压力 0.003 5MPa）不大于 2%。

8.1.6.3 电刷架安装应符合下列要求：

- a) 刷架在转子轴向与集电环的轴向相对位置的确定，测量靠近发电机集电环内侧端面与最近的电刷侧面距离为 49.53mm。
- b) 刷架、刷握、螺钉、绝缘件等完好洁净，刷握的固定螺钉应紧固、不滑牙，刷握中心线与集电环圆面切线方向保持垂直，导向支撑销端部与集电环表面径向间隙 3.048mm~4.572mm。
- c) 双销刷握清洁完好无过热、灼伤、楔型面清洁光滑，贝勒维尔（belleville）弹簧应预压紧良好。
- d) 电刷的规格牌号应一致，不得混用。电刷磨损极限值：电刷顶部离磨损量板槽口在 3.2mm 以内；电刷的刷辫无发蓝过热、烧损、松散、断股，新电刷铜辫子长度应为 104.6mm；固定螺钉紧固、不滑牙。
- e) 导向销表面光洁，新电刷孔和销之间的设计间隙为 0.406mm~0.533mm，电刷上下滑动自由无卡涩；研磨电刷与集电环的接触面应不小于 80%。
- f) 电刷限位挡板与电刷的间隙为 0.25mm~0.5mm。
- g) 电刷的压力一致，保持在 $1.03\text{kg}/\text{cm}^2 \sim 1.38\text{kg}/\text{cm}^2$ 电刷能自由滑移无卡涩。
- h) 极性更换规定：不同极性的集电环的正常磨损存在一定差异。为了延长集电环的寿命，通过更换电缆连接或更换母线排连接来完成，同时应注意励磁控制设备也需要做相应的变化，尤其是装有电极位置传感器的静态启动设备。

8.1.6.4 发电机出线部分检修应符合下列要求：

- a) 密封气室无变色、爬电、异物；端子电连接无过热变色、腐蚀、螺栓松动，接触面镀银层无脱皮露铜、腐蚀现象。
- b) 发电机出口开关气体化学分析合格，电气试验合格。
- c) 发电机出口断路器、隔离开关操作机构无卡涩、异响，闭锁正常，电动机及控制部分完好。
- d) 发电机出口开关冷却装置清洁、无积垢、无杂物阻塞，冷却风扇无积垢、变形、锈蚀，风扇电机无卡涩、润滑良好。
- e) 封闭母线无积灰、油垢、水等，密封良好，母线连接点紧固、无过热氧化，绝缘件无破裂、污损。
- f) 母线微正压装置完好。

8.1.6.5 励磁系统检修应符合下列要求：

- a) 清扫用的吸尘器应有超细过滤装置，禁止使用压缩空气清扫，避免造成电气元件损坏以及二次污染。
- b) 从事励磁装置维护的作业人员应使用防静电工具，应戴接地环。
- c) 在板卡带电时禁止拆装、调整连接。
- d) 用清洗液清洗板卡时，严禁使用强溶解性的化学溶剂，不能采用含氨、乙醛、碱、芳烃、酮等的清洗剂。
- e) 禁止使用含盐分残留物或溶剂性的洗涤剂清洗绝缘构件。
- f) 严禁用金刚砂布或砂纸打磨触头，磨屑会夹进触头表面。

8.1.6.6 启动装置检修应符合下列要求：

- a) 清扫用的吸尘器应有超细过滤装置，用压缩空气会导致某些电气元件损坏以及二次污染。
- b) 从事维护作业的人员应使用防静电工具，手部应戴接地环。

- c) 在板卡带电时禁止拆装、调整连接。
- d) 用清洗液清洗板卡时，严禁使用强溶解性的化学溶剂，不能采用含氨、乙醛、碱、芳烃、酮等的清洗剂。
- e) 禁止使用含盐分残留物或溶剂性的洗涤剂清洗绝缘结构。

8.2 变压器检修

变压器检修应符合 DL/T 573 的要求。

8.3 电气系统相关的继电保护试验

继电保护和电网安全自动装置的检验应符合 DL/T 995 的要求。

8.4 电力设备交接和预防性试验

电力设备预防性试验应符合 DL/T 596 的规定。

9 余热锅炉的检修

9.1 余热锅炉汽包检修

9.1.1 余热锅炉汽包检查应符合下列要求：

- a) 先由化学监督人员检查汽包内壁及内部装置表面的污垢及腐蚀情况，并进行取样。
- b) 检查汽水分离装置的完整性、严密性和固定状况，并做好记录。
- c) 检查汽水分离装置的连接螺栓和固定螺栓。
- d) 汽包水平度测量。
- e) 下降管及其他可见管管座焊缝检查应符合以下要求：
 - 1) 汽包内的下降管管座边缘无裂纹。
 - 2) 下降管管口十字隔板角焊缝无裂纹和腐蚀。
 - 3) 排污管、加药管、水位计和压力表的连通管管座角焊缝无裂纹。
 - 4) 安全门管座角焊缝无裂纹。
- f) 支吊架检查。

9.1.2 余热锅炉汽包检修应符合下列要求：

- a) 汽水分离装置完整、严密，无松动、无倾斜、无腐蚀，钢丝网分离器无破损和变形。
- b) 汽水分离装置的连接螺栓和紧固螺栓无脱落、无松动。
- c) 汽包内壁及汽水分离装置和附件表面光洁。
- d) 排污管、取样管、加药管、水位计和压力表的管座连通管畅通。
- e) 汽包人孔门应在确认汽包内无任何遗留物后方可关闭。

9.2 余热锅炉模块检修

9.2.1 模块受热面防爆防磨检查应符合下列要求：

- a) 当管子壁厚减薄至理论计算最小壁厚时，应进行处理。
- b) 当管子胀粗大于 2.5%（合金钢）或 3.5%（碳钢）管径时，应进行处理。
- c) 管排应平整，节距应均匀，应无管子出列，挡烟板、震动支架、隔音装置应无变形、无脱焊。

9.2.2 模块受热面管子更换应符合下列要求：

- a) 管子的坡口表面应平整、光滑，坡口加工为 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$ ，钝边为 1mm~1.5mm。
- b) 管子对口间隙为 2mm~3mm，对口端面应与管子中心垂直，偏斜度不得超过 0.5mm，错口值不得超过壁厚的 10%，管子偏折度小于 1/200mm。
- c) 新管表面应无裂纹、锈皮、腐蚀、机械损伤等缺陷，管子壁厚的公差应小于管子公称壁厚的 10%，椭圆度小于 6%，通球试验合格。
- d) 新管内无污染、无异物。

e) 管子焊接后, 焊口探伤合格, 焊后处理合格。

9.3 烟囱挡板检修

9.3.1 烟囱挡板的外部检查应符合下列要求:

- a) 传动连杆、轴销应完好。
- b) 烟囱挡板开关应无卡死的现象。
- c) 实际开度应与表计指示一致。
- d) 轴承位置应正常, 无损坏、卡死等。

9.3.2 烟囱挡板的内部检查: 挡板与连轴应焊接牢固, 挡板应不变形、不开裂。

10 9FA 燃机控制系统的检修

10.1 燃机 Mark VI 控制系统检修

10.1.1 Mark VI 控制系统检修内容应包括以下:

- a) 相关设备包括控制器 (UCVE) 卡件。
- b) 通信 (VCMI) 卡件。
- c) I/O 卡件。
- d) I/O 总线。
- e) 数据公路通信线 (双绞线, 多模光纤)。
- f) 柜间连接电缆。
- g) 接线柜端子板。
- h) 供电分配器。
- i) GPS 定时系统。
- j) 同轴电缆。

10.1.2 Mark VI 控制系统检修应符合下列要求:

- a) 机柜内所有部件应做到无灰尘覆盖, 卡件无积灰, 印刷条和芯片清晰。
- b) 散热风扇应无卡死和噪声, 运转自如, 机柜散热良好。
- c) 数据公路通信线应连接良好, 控制柜通信无异常。
- d) 控制柜任一机柜和接地铜排汇集点应小于 1Ω 。
- e) 控制柜上各类稳压电源检查 (28V DC、110V DC、220V AC), 各输出额定值的电压应在 $\pm 5\%$ 范围内; 交流输入切换试验应切换正确, 且无扰、无间断; 直流输出交流纹波各挡数值应小于 50mV。110V DC 接地检查, 110V 两端对地电压应分别为 +55V DC、 $\sqrt{55}$ V DC。
- f) 供电分配器上的熔丝容量应符合配置要求且完好。
- g) 检修工作应做好相关记录。

10.1.3 Mark VI 控制柜电源断电、送电应符合下列要求:

- a) Mark VI 控制柜电源断电、送电利用电源分配柜中的开关进行。
- b) 断电无特殊要求。
- c) 送电步骤: 先依次送保护卡 (VPRO) 的电源 (X、Y、Z), 再依次送控制器的电源 (R、S、T)。

10.1.4 控制器 (UCVE) 卡的更换步骤:

- a) 切断对应机架电源, 戴上防静电接地腕带, 拔出通信 (VCMI) 卡, 确保断开该卡与后板的连接, 拔出旧的控制器 (UCVE) 卡。
- b) 插入新的控制器 (UCVE) 卡, 完成配置安装。
- c) 重启机架电源。
- d) 在工程师软件 (TOOLBOX) 中打开对应的程序 (M6B) 文件, 在设备 (DEVICE) 菜单处选

择下装 (DOWNLOAD) → 产品代码 (PRODUCT CODE RUNTIME), 维持缺省值不变, 询问重启控制器时选择 NO。

- e) 选择整个程序 M6B 文件对控制器进行下装。
 - f) 切断机架电源。
 - g) 插入通信 (VCMI) 卡。
 - h) 重启机架电源。
 - i) 选择整个程序 M6B 文件下装 (DOWNLOAD) 应用程序代码。
 - j) 按控制柜上电顺序重新停送一遍保护模块电源 (X、Y、Z) 和控制器 (R、S、T) 控制系统电源。
- 10.1.5 同一机架控制器 (UCVE) 的旧卡如果插回使用也应从第 10.1.4.d) 步开始执行操作。
- 10.1.6 通信 (V) 系列卡的更换步骤:
- a) 切断相应机架的电源。
 - b) 戴上防静电接地腕带, 更换相应的 V 卡。
 - c) 机架电源送电, 控制器完成重启。
 - d) 在工程师软件 (TOOLBOX) 中打开对应的程序 (M6B) 文件, 选择对应的通信 (V) 卡下装固件 (DOWNLOAD→FIREWARE)。
 - e) 重启控制器。
 - f) 选择 Mark VI I/O, 下装配置参数 (DOWNLOAD→CONFIGURATE)。
 - g) 重启控制器。
- 10.1.7 燃气轮机人机接口工作站检修要求:
- a) 机箱清洁, 卡件吹灰要求同 10.1.2 条 a)。
 - b) 散热风扇运转要求同 10.1.2 条 b)。
 - c) 数据公路应做到与卡件连接可靠, 通信正常。
 - d) 联机检查各种功能应做到调用正常、连续工作无死机现象。
 - e) 操作员软件 (SIMPLICITY) 全部功能应做到调用画面齐全并不会造成死机, 操作功能正常, 画面修改功能正常。
 - f) 工程师软件 (TOOLBOX) 应做到具备所有功能 (数据和趋势调用正常, 在线显示正常), 软件开发齐全 (控制柜逻辑修改、软件上传/下载等)。
 - g) 接口软件 (TCI) 应做到报警、事件记录准确。
 - h) Mark VI 供电用的电源切换柜应做到电源切换柜交流输入切换不会引起输出交流扰动。
- 10.1.8 燃气轮机 Mark VI 软件检修要求:
- a) 所有人机接口工作站硬盘上无用的文件应清除, 做到硬盘空间有富余, 所有需要的命令和开发功能调用正常。
 - b) 控制柜数据库上传、修改和复制备份, 应做到每个控制柜应有最新的 3 个版本, 3 个版本作为一份确保保留三份, 一份保存在专业, 一份保存在班组, 一份保存在机房, 其余版本确保删除。
 - c) 控制柜逻辑整理、检查和修改, 质量标准同上。检查和记录好各控制器中逻辑强制信号。
 - d) 用户画面修改和备份, 硬盘备品的格式化和软件加载, 每个人机接口站都要用 GHOST 软件制成最新备份文件, GHOST 备份软件要有最新的 3 个版本, 3 个版本作为一份确保保留三份, 一份保存在专业, 一份保存在班组, 一份保存在机房, 其余版本确保删除。
 - e) 所有人机接口站、控制器之间应进行以太网数据通信试验, 做到工程师站下载软件功能和文件互相查询传送均能够畅通。
 - f) 做好相关记录。

10.1.9 控制系统应进行以下冗余性能试验：

- a) 操作员站冗余切换试验；
- b) 通信冗余切换试验；
- c) 模件、系统或机柜供电冗余切换试验。

10.2 DCS 分散控制系统检修

10.2.1 停运前检查及测量项目：

- a) 各散热风扇的运转状况。
- b) 不间断电源（UPS）供电电压、各机柜供电电压、各类直流电源电压及各电源模件的运行状态。
- c) 机柜内各模件工作状态、各通道的强制（或退出扫描状况）和损坏情况、各操作员站、控制站、服务站、通信网络的运行状况等。
- d) 报警系统，对重要异常信息（如冗余失去、异常切换、总线频繁切换等）做好详细记录。
- e) 检查各类记录：计算机控制系统运行日志，计算机自诊断系统，汇总系统自诊断结果中的异常记录，计算机设备和系统日常维护消缺记录，汇总需要停机消缺的项目。
- f) 测量工程师室和电子设备室的温度及湿度。
- g) 做好计算机控制系统软件和数据完全备份工作。

10.2.2 停运后以下系统硬件设备应进行检修：

- a) 操作员站、工程师站、历史站硬件。
- b) 控制站。
- c) 计算机外设。
- d) 网络及接口设备。
- e) 电源设备。

10.2.3 停运后系统软件方面应进行以下检查：

- a) 操作系统。
- b) 应用软件及其完整性。

10.2.4 DCS 控制系统基本性能试验

10.2.4.1 应进行以下冗余性能试验：

- a) 操作员站冗余切换试验。
- b) 控制站主控制器和模件冗余切换试验。
- c) 通信冗余切换试验。
- d) 模件、系统或机柜供电冗余切换试验。
- e) 控制回路冗余切换试验。

10.2.4.2 系统容错性能应进行以下试验：

- a) 进行部分系统和外围设备重置试验。
- b) 模件热插拔试验。

10.2.4.3 系统实时性测试包括以下方面：

- a) 调用显示画面响应时间。
- b) 画面显示数据刷新时间。

10.2.5 DCS 分散控制系统应进行以下基本功能试验：

- a) 系统组态和在线下载功能试验。
- b) 操作员站人机接口功能试验。

10.3 危险气体监视测量传感器的检修

10.3.1 氢气传感器标定校验步骤和安装的要求：

- a) 采用 50%LEL 标准氢气进行标定。
 - b) 启动监视盘平板电脑上的配置软件并且与危险气体监视机箱建立通信，将准备进行校验的传感器通道设置为 BYPASS 方式。
 - c) 现场氢气传感器首先通入新鲜空气，然后启动相应通道的危险气体校验程序。
 - d) 程序自动进行零位校验，零位校验完成后程序给出提示，通知现场人员采用 50%LEL 标准氢气对传感器喷射，确保连续 1min 后再继续自动校验程序，并一直保持直到校验程序全部完成。
 - e) 校验结束关闭标准气体，然后对氢气传感器通入新鲜空气，使指示恢复到“0”，然后取消传感器通道的 BYPASS 方式，再次对传感器进行标准气体喷射校验，同时核对 Mark VI 与危险气体监视系统的指示是否一致。
- 10.3.2 甲烷传感器实际标定校验步骤和安装的要求：
- a) 采用 50%LEL 标准甲烷进行标定。
 - b) 启动监视盘平板电脑上的配置软件并且与危险气体监视机箱建立通信，将准备进行校验的传感器通道设置为 BYPASS 方式。
 - c) 现场甲烷传感器首先通入新鲜空气，然后启动相应通道的危险气体校验程序。
 - d) 程序自动进行零位校验，零位校验完成后程序给出提示，通知现场人员采用 50%LEL 标准甲烷对传感器喷射，确保连续 1min 后再继续自动校验程序，并一直保持直到校验程序全部完成。
 - e) 校验结束关闭标准气体，然后对甲烷传感器通入新鲜空气，使指示恢复到“0”，然后取消传感器通道的 BYPASS 方式，再次对传感器进行标准气体喷射校验，同时核对 Mark VI 与危险气体监视系统的指示是否一致。
- 10.3.3 危险气体通道报警值，跳闸值校验
- 每次机组检修后应对所有危险气体通道报警、跳闸值进行校验，对有模拟量输出到 Mark VI 的通道在 Mark VI 上校验，其他通道在监测盘上校验，并核对监测盘输出到 Mark VI 上的开关量报警是否正确。
- 10.3.4 做好各项检修检验记录。
- 10.3.5 恢复系统到运行状态，检查端子、铭牌标志清晰完整。
-

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
9FA 燃气—蒸汽联合循环机组维修规程
DL/T 1214 — 2013

*

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>)
北京博图彩色印刷有限公司印刷

*

2013 年 8 月第一版 2013 年 8 月北京第一次印刷
880 毫米×1230 毫米 16 开本 2 印张 57 千字
印数 0001—3000 册

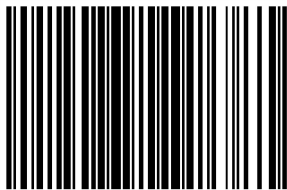
*

统一书号 155123 • 1570 定价 17.00 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



155123.1570

上架建议：规程规范/
电力工程/火力发电