

中华人民共和国国家标准

GB/T 5578—2024

代替 GB/T 5578—2007

固定式发电用汽轮机规范

Fixed power plant steam turbine specifications

(IEC 60045-1:2020, Steam turbines—Part 1: Specifications, MOD)

2024-05-28 发布

2024-12-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	VI
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 保证值	8
5 产品安全	9
6 运行和检修	11
7 部件	14
8 基础和建筑物	16
9 抽汽和排汽	16
10 汽轮机辅助系统	19
11 自动控制	21
12 其他保护装置	29
13 振动	30
14 噪声	30
15 试验	30
16 交货和安装	31
17 买方应提供的设计资料	31
18 供方提供的设计资料	36
附录 A (资料性) 结构编号对照一览表	38
附录 B (资料性) 技术差异及其原因一览表	45
附录 C (资料性) 规范性引用文件中我国文件与国际文件之间的一致性程度	47
附录 D (资料性) 汽轮机固定部件的焊接	50
参考文献	53
图 1 汽轮机接口	4
表 1 环境等级	21
表 2 控制器不等率和死区	24
表 3 非线性和稳定性	24
表 A.1 本文件与 IEC 60045-1:2020 结构编号对照情况	38
表 B.1 本文件与 IEC 60045-1:2020 技术差异及其原因	45
表 C.1 规范性引用文件中我国文件与国际文件之间的一致性程度	47
表 D.1 功能与其可预见的潜在风险和制造商的质量要求之间的相关性	50
表 D.2 结构完整性与质量水平的相关性	51
表 D.3 焊接及工艺方法的焊接工艺合格性	51

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 5578—2007《固定式发电用汽轮机规范》，与 GB/T 5578—2007 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 删除了部分术语和定义(见第 3 章)；
- b) 增加了“产品安全”的要求(见第 5 章)；
- c) 增加了买方应详细列出整个汽轮机设计寿命期内的负荷变化情况的规定[见 6.1.3d)]；
- d) 更改了使用汽轮机旁路系统的确定方式(见 6.1.5,2007 年版的 6.1.5)；
- e) 更改了背压式汽轮机排汽绝对压力要求(见 6.2.3,2007 年版的 6.2.3)；
- f) 更改了转速的要求(见 6.2.5,2007 年版的 6.2.5)；
- g) 增加了买方应提供汽轮机异常运行的边界条件的要求(见 6.3.3)；
- h) 增加了“未在国内标准或国际标准中规定的材料可由买卖双方商定”的规定(见 7.1)；
- i) 更改了完工后转子做动平衡的规定(见 7.4.1,2007 年版的 7.4.1)，增加了动平衡的方法和标准(见 7.4.1)；
- j) 更改了临界转速的规定(见 7.4.2,2007 年版的 7.4.2)，增加了临界转速计算的要求(见 7.4.2)；
- k) 更改了超速试验转速的要求(见 7.4.3,2007 年版的 7.4.3)；
- l) 增加了区域电网规范中有关电气故障的要求应由买方连同有关电网性能的适当信息一起规定的要求(见 7.4.4)；
- m) 增加了轴系的机械特性和扭转特性分工的规定(见 7.4.5)；
- n) 删除了再热式汽轮机蒸汽滤网的规定(见 2007 年版的 7.5)；
- o) 更改了保温层材料表面温度的要求(见 7.8,2007 年版的 7.8)；
- p) 增加了焊接的要求(见 7.9)；
- q) 增加了由买方负责确定首选的建筑施工规范的要求(见 8.1)；
- r) 删除了基础设计方应保证不会因基础部分的挠度、固有频率和其他特性所设计的基础在规定的转速范围内对机组的运行产生不利影响的规定(见 2007 年版的 8.2)；
- s) 增加了汽轮机组及其基础组成的阻尼系统的耦合计算的相关要求(见 8.2)；
- t) 删除了需方应使基础振动的固有频率不与机组运行转速的任何低倍频重合形成共振的要求(见 2007 年版的 8.4)；
- u) 增加了买方提供基础设计所需的所有文件的要求(见 8.4)；
- v) 删除了给水泵的驱动(见 2007 年版的第 9 章)；
- w) 增加了抽汽和排汽(见第 9 章)；
- x) 更改了汽轮机给水回热的描述(见 9.6.2 和 17.5,2007 年版的第 19 章)；
- y) 增加了汽轮机辅助系统通则(见 10.1)；
- z) 更改了主轴承运行的回油温度要求[见 10.2.12,2007 年版的 10.11)]；
- aa) 增加了设置在蒸汽管道上的安全阀如何提供及其参数由谁规定的描述(见 10.4)；
- ab) 增加了外部蒸汽管道应具备足够的疏水能力的要求(见 10.5)；
- ac) 将调节、仪表、保护系统整合为自动控制(见第 11 章,2007 年版的第 5 章、第 11 章和第 12 章)；

- ad) 增加了自动控制总则和通则(见 11.1、11.2);
- ae) 增加了汽轮机控制系统通则(见 11.3.1);
- af) 更改了调节系统功能要求(见 11.3.2,2007 年版的 5.1);
- ag) 删除了机械式调节器的不等率和迟缓率特性(见 2007 年版的表 1);
- ah) 增加了电液控制系统的工作特性(见 11.3.5);
- ai) 更改了阀门试验的要求(见 11.3.6,2007 年版的 5.4);
- aj) 增加了汽轮机控制系统设备的要求(见 11.3.7);
- ak) 增加了辅助系统控制的要求(见 11.3.8);
- al) 增加了汽轮机控制系统监视功能和/或信息通知的要求(见 11.3.9);
- am) 增加了汽轮机保护系统的通用要求[见 11.4.1.1d)~11.4.1.1f)];
- an) 更改了自动保护准则的范围(见 11.4.1.2,2007 年版的 12.2.4);
- ao) 更改了报警值的范围(见 11.4.1.3,2007 年版的 12.3);
- ap) 删除了小功率汽轮机超速保护系统应能在不停机时复位的规定(见 2007 年版的 5.5.4);
- aq) 删除了大功率汽轮机在汽轮机转速下降到不低于额定转速时,超速保护装置就应能复位的规定(见 2007 年版的 5.5.5);
- ar) 增加了采用具有内部试验回路设计的超速保护系统技术上不需要真实的超速试验的规定[见 11.4.1.4f)];
- as) 增加了保护系统的设计要求(见 11.4.1.5);
- at) 更改了标准仪表的范围(见 11.5.2,2007 年版的 11.2),增加了去轴封系统的辅助蒸汽压力和去轴封系统的辅助蒸汽温度(见 11.5.2);
- au) 删除了同步振动下,振动速度与振动位移峰峰值的计算公式(见 2007 年版的 13.1);
- av) 更改了轴承座上测量的振动技术要求(见 13.2,2007 年版的 13.2);
- aw) 更改了轴上测得的振动技术要求(见 13.3,2007 年版的 13.3),增加了测点位置和测点的要求(见 13.3);
- ax) 更改了水压试验的技术要求(见 15.2,2007 年版的 15.2),删除了水压试验压力的要求(见 2007 年版的 15.2),增加了水压试验应按照供方的标准进行(见 15.2);
- ay) 增加了试运行的规定(见 16.2);
- az) 增加了买方应提供的设计资料中汽轮机和辅机的特性内容[见 17.2g)和 17.2h)];
- ba) 增加了凝汽器和冷却器的条件[见 17.4e)];
- bb) 增加了交货现场条件油漆的特殊要求[见 17.9c)];
- bc) 增加了自动化系统买方应提供的资料(见 17.11);
- bd) 增加了买方应提供文件、质量监测、参与风险评估的设计资料的规定(见 17.12~17.14);
- be) 增加了供方应提供超临界汽轮机跳闸时阀门内质量流量瞬变的信息的要求[见 18a)],增加了供方应提供在其供货范围的给水加热器系统图[见 18c)],增加了辅助系统运行所需的电源、压缩空气和冷却水的要求[见 18g)],增加了投标和项目执行阶段的仪表与控制(I&C)相关信息[见 18i)和 18j)];
- bf) 删除了汽轮机上使用电-液式调节系统和超速保护装置的电子部分的描述(见 2007 年版的附录 A)。

本文件修改采用 IEC 60045-1:2020《汽轮机 第 1 部分:规范》。

本文件与 IEC 60045-1:2020 相比,在结构上有较多调整。两个文件之间的结构编号变化对照一览表见附录 A。

本文件与 IEC 60045-1:2020 相比,存在较多技术差异,在所涉及的条款的外侧页边空白位置用垂直单线(|)进行了标示。这些技术差异及其原因一览表见附录 B。

本文件做了下列编辑性改动：

- 将标准名称改为《固定式发电用汽轮机规范》；
- 增加了术语“湿蒸汽汽轮机”的注(见 3.1.2)；
- 增加了术语“背压式汽轮机”的注(见 3.1.3)；
- 增加了术语“凝汽式汽轮机”的注(见 3.1.4)；
- 增加了术语“抽汽式汽轮机”的注 1(见 3.1.5)；
- 增加了术语“联合循环汽轮机”的注(见 3.1.6)；
- 增加了术语“边界参数”的注(见 3.3.2)；
- 增加了术语“蒸汽参数”的注(见 3.3.3)；
- 增加了术语“热耗率”的注(见 3.7.1)；
- 增加了术语“寿命”的注(见 3.11.1)；
- 增加了术语“转速不等率”的注(见 3.12.2)；
- 删除了术语“局部转速不等率”的注(见 3.12.3)；
- 增加了辅助系统控制的注(11.3.8)；
- 用资料性引用的 GB/T 21109(所有部分)替换了 IEC 61511(见 5.3、11.4.1.1、11.4.1.5)；
- 用资料性引用的 DL/T 834 替换了 ASME TDP-1(见 10.5)；
- 用资料性引用的 GB/T 17799.2 替换了 IEC 61000-6-2(见 11.2.2)；
- 用资料性引用的 GB/T 17799.4 替换了 IEC 61000-6-4(见 11.2.2)；
- 用资料性引用的 GB/T 21109.1 替换了 IEC 61511-1(见 11.2.2)；
- 用资料性引用的 GB/T 18336(所有部分)替换了 ISO/IEC 15408(见 11.2.3)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国汽轮机标准化技术委员会(SAC/TC 172)归口。

本文件起草单位：上海电气电站设备有限公司上海汽轮机厂、上海发电设备成套设计研究院有限责任公司、北京北重汽轮电机有限责任公司、东方电气集团东方汽轮机有限公司、南京汽轮电机(集团)责任有限公司、哈尔滨汽轮机厂有限责任公司、杭州汽轮动力集团股份有限公司、中国长江动力集团有限公司、青岛捷能汽轮机集团股份有限公司。

本文件主要起草人：包锦华、杨宇、郝震震、王荣、马飞、曾辉、周欣康、马鑫、高展羽、张静、胡昕、张雪、马晓飞、廖小林、王开拓、孙宏云、张佩娟、黄强。

本文件于 1985 年首次发布，2007 年第一次修订，本次为第二次修订。

引 言

IEC 60045-1《汽轮机 第1部分:规范》上一版本发布于1991年。在日常实践中,该标准为汽轮机的招标过程提供了指导并得到了广泛的认可。随着近30年来汽轮机技术的迅速发展,更高等级汽轮机、可再生能源领域和要求具备更强灵活性运行能力汽轮机的广泛应用,相关技术更加先进和成熟。2020年,IEC 60045-1:2020《汽轮机 第1部分:规范》正式发布,该标准加入了产品安全的内容,并将前一版本中关于调节、控制、仪表和保护等方面的内容整合,为电站数字化铺平了道路。

GB/T 5578—2007《固定式发电用汽轮机规范》修改采用IEC 60045-1:1991,发布实施已十余年,随着IEC 60045-1最新版本的发布,有必要修订完善GB/T 5578,消除现有版本与现有技术之间的技术差异,以不断适应国内外汽轮机领域的新变化,更好地促进贸易、交流以及技术合作。

固定式发电用汽轮机规范

1 范围

本文件规定了大功率固定式发电用汽轮机设备的保证值、控制、运行和维护、部件等要求。

本文件适用于驱动发电机的固定式发电用汽轮机,有些条款也适用于其他用途的汽轮机。其他型式的汽轮机和小功率汽轮机参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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 3836(所有部分) 爆炸性环境[IEC 60079(所有部分)]

注: GB/T 3836(所有部分)与 IEC 60079(所有部分)各部分之间的一致性程度见附录 C。

GB/T 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第 1 部分:通用技术条件(GB/T 5226.1—2019, IEC 60204-1:2016, IDT)

GB/T 6075.3 机械振动 在非旋转部件上测量评价机器的振动 第 3 部分:额定功率大于 15 kW 额定转速在 120 r/min 至 15 000 r/min 之间的在现场测量的工业机器(GB/T 6075.3—2011, ISO 10816-3:2009, IDT)

GB/T 7441 汽轮机及被驱动机械发出的空间噪声的测量

GB/T 8117(所有部分) 汽轮机热力性能验收试验规程[IEC 60953(所有部分)]

注: GB/T 8117(所有部分)与 IEC 60953(所有部分)各部分之间的一致性程度见附录 C。

GB/T 8117.3 汽轮机热力性能验收试验规程 第 3 部分:方法 C 改造汽轮机的热力性能验证试验(GB/T 8117.3—2014, IEC 60953-3:2001, IDT)

GB/T 9239.1 机械振动 恒态(刚性)转子平衡品质要求 第 1 部分:规范与平衡允差的检验(GB/T 9239.1—2006, ISO 1940-1:2003, IDT)

GB/T 9239.12 机械振动 转子平衡 第 12 部分:具有挠性特性的转子的平衡方法与允差(GB/T 9239.12—2021, ISO 21940-12:2016, IDT)

GB/T 9239.14 机械振动 转子平衡 第 14 部分:平衡误差的评估规程(GB/T 9239.14—2017, ISO 21940-14:2012, IDT)

GB/T 9239.31 机械振动 转子平衡 第 31 部分:机器不平衡易变性和不平衡灵敏度(GB/T 9239.31—2023, ISO 21940-31:2013, IDT)

GB/T 11348.2 机械振动 在旋转轴上测量评价机器的振动 第 2 部分:功率大于 50 MW, 额定工作转速 1 500 r/min、1 800 r/min、3 000 r/min、3 600 r/min 陆地安装的汽轮机和发电机(GB/T 11348.2—2012, ISO 7919-2:2009, MOD)

GB/T 11348.3 机械振动 在旋转轴上测量评价机器的振动 第 3 部分:耦合的工业机器(GB/T 11348.3—2011, ISO 7919-3:2009, IDT)

GB/T 14098 燃气轮机和燃气轮机机组 气载噪声的测量 工程法/简易法(GB/T 14098—

2020, ISO 10494:2018, IDT)

GB/T 15706—2012 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小(ISO 12100:2010, IDT)

GB/T 16754 机械安全 急停功能 设计原则(GB/T 16754—2021, ISO 13850:2015, IDT)

GB/T 18268(所有部分) 测量、控制和实验室用的电设备 电磁兼容性要求[IEC 61326(所有部分)]

注: GB/T 18268(所有部分)与 IEC 61326(所有部分)各部分之间的一致性程度见附录 C。

GB/T 22198 汽轮机转速控制系统验收试验(GB/T 22198—2008, IEC 61064:1991, IDT)

JB/T 4058 汽轮机清洁度

ISO 20816-1 机械振动 机械振动的测量和评价 第 1 部分:总则(Mechanical vibration—Measurement and evaluation of machine vibration—Part 1: General guidelines)

ISO 20816-2 机械振动 机械振动的测量和评价 第 2 部分: 40 MW 以上,带流体膜轴承,额定转速 1 500 r/min、1 800 r/min、3 000 r/min、3 600 r/min 陆地安装的燃气轮机、汽轮机和发电机(Mechanical vibration—Measurement and evaluation of machine vibration—Part 2: Land-based gas turbines, steam turbines and generators in excess of 40 MW, with fluid-film bearings and rated speeds of 1 500 r/min, 1 800 r/min, 3 000 r/min and 3 600 r/min)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 汽轮机型式

3.1.1

高、中、低压汽轮机 high, intermediate and low pressure steam turbines

按蒸汽进汽压力等级分类的汽轮机。

3.1.2

湿蒸汽汽轮机 wet-steam turbine; saturated-steam turbine

新蒸汽为饱和或接近饱和参数的汽轮机。

注: 湿蒸汽汽轮机也称饱和蒸汽汽轮机。

3.1.3

背压式汽轮机 back-pressure turbine

不带凝汽器的汽轮机。

注: 排汽用于供热用户,其压力根据热用户要求来确定,一般高于大气压力。

3.1.4

凝汽式汽轮机 condensing turbine

排汽直接进入凝汽器的汽轮机。

注: 凝汽式汽轮机的排汽压力一般低于大气压力。

3.1.5

(可调整)抽汽式汽轮机 extraction turbine

通过在汽轮机内部控制所抽取蒸汽压力的方式,将部分蒸汽在汽轮机膨胀中途抽出的汽轮机。

注 1: 控制装置位于汽轮机通流内部,或者直接坐在汽缸上,或者在各汽缸间的联通管上。目的是提供流程用汽(例如:回热循环、工业流程、区域供暖、燃烧后碳捕获系统和脱盐等)。

注 2: 抽汽压力的调整控制方式包括机内、机外或机内机外联合方式。对于机外控制方式,控制装置位于抽汽管道。目的是对控制装置下游即工艺流程一侧的蒸汽参数进行控制,这种情形的汽轮机不是(可调整)抽汽式汽轮机。

注 3：如果不对抽汽压力进行任何控制，这样的汽轮机也不是(可调整)抽汽式汽轮机。

3.1.6

联合循环汽轮机 **combined cycle turbine**

利用燃气轮机的排出热量作为蒸汽循环热源的汽轮机。

注：联合循环由锅炉、汽轮机和燃气轮机构成。

3.1.7

单轴联合循环汽轮机 **single-shaft combined cycle turbine**

汽轮机和燃气轮机驱动同一台发电机的联合循环汽轮机。

3.2 新蒸汽进汽方法

3.2.1

部分进汽 **partial-arc admission**

第一级进汽环区分为若干不连续的进汽弧段，单独供给每个弧段的蒸汽通常都有一个对应的调节阀来控制，各调节阀可同时或依次开启。

3.3 接口和边界参数

3.3.1

接口 **interface**

需进行信息交换的位置，以便对汽轮机进行详细说明。

注：本文件规定了对接口信息交换的最低要求，在边界参数中予以描述。但本文件不提供满足这些要求的技术方案。相关接口如下。

——功率输出接口。

——蒸汽进口：

- 初始(主)蒸汽进口；
- 再热蒸汽进口；
- 其他补汽口。

——蒸汽出口：

- 凝汽排汽口；
- 背压排汽口；
- 不可调抽汽口；
- 可调抽汽口。

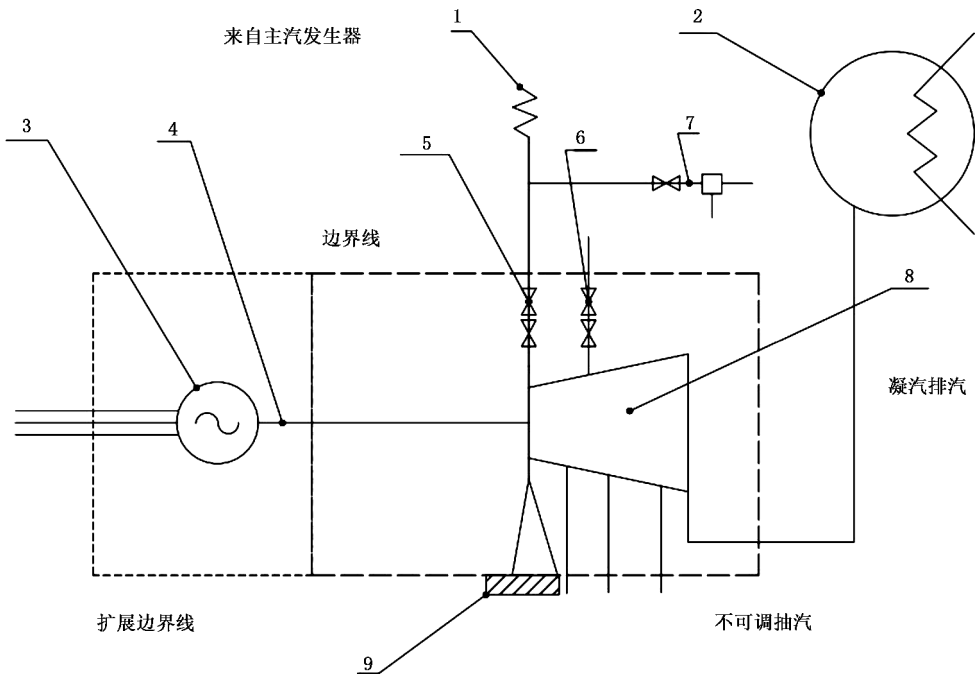
——辅助系统。

——基础。

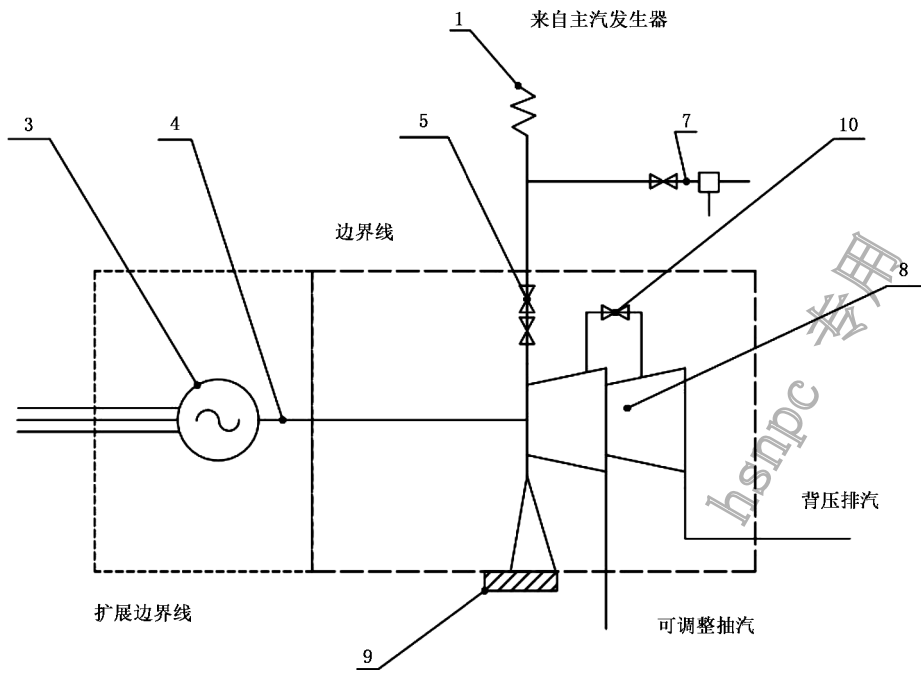
——轴系。

——环境(噪声、振动、地震载荷、风载荷、雪载荷、温度、湿度、灰尘和易爆气体)。

图 1 示意性地说明了汽轮机的配置和接口。接口线显示本文件范围的边界。辅助系统和调节系统的接口不在此示例中包含，但也是本文件的范围。接口线之外的系统和组件也有相应的其他标准，并且在接口上也要与这些标准要求相匹配。

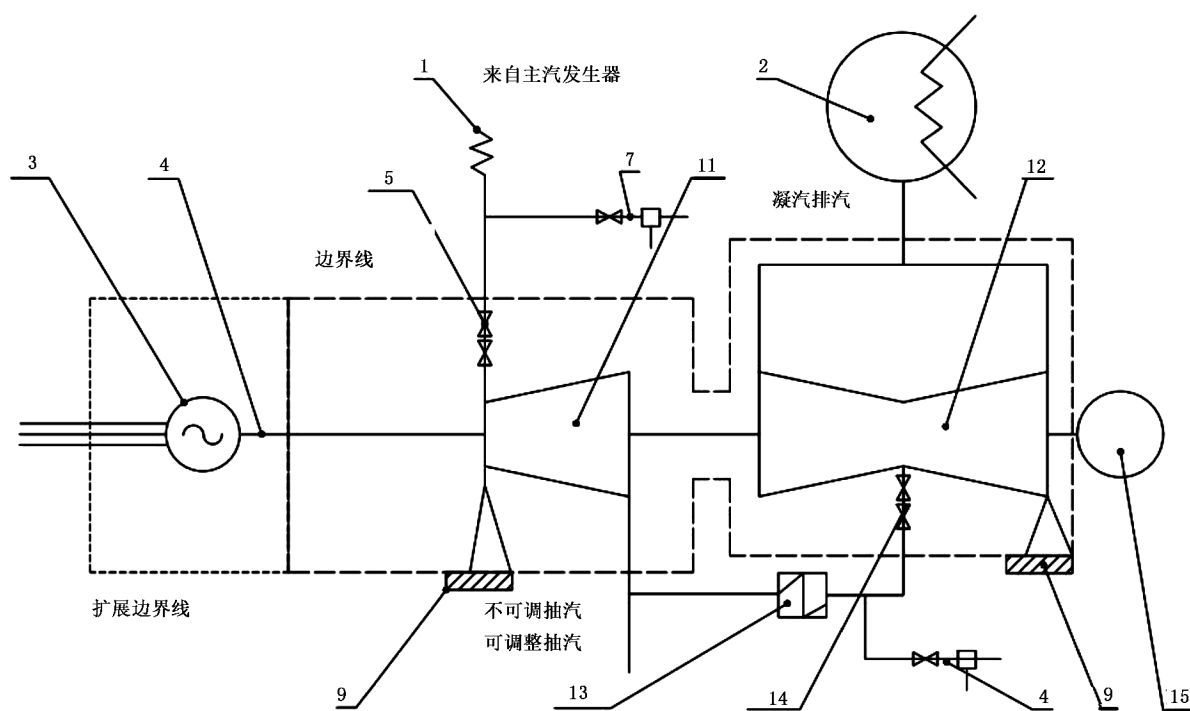


a) 凝汽式汽轮机接口

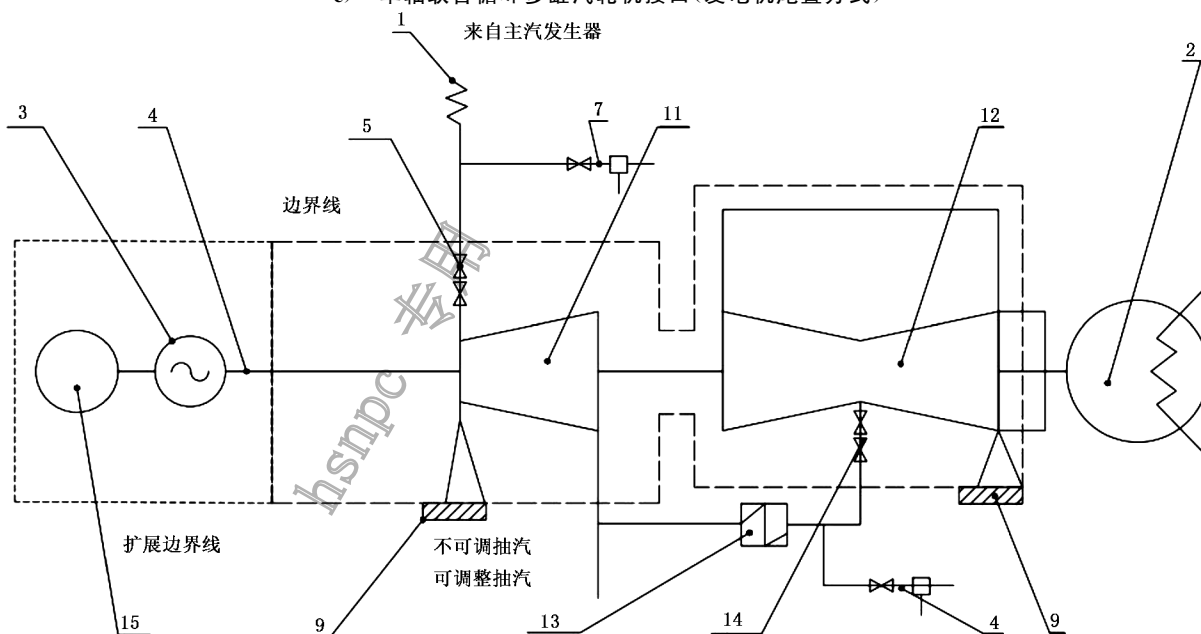


b) 抽汽式汽轮机接口

图 1 汽轮机接口



c) 单轴联合循环多缸汽轮机接口(发电机尾置方式)



d) 单轴联合循环多缸汽轮机接口(发电机中置方式)

标引序号说明:

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1——过热器; | 9——基础; |
| 2——冷凝器; | 10——抽汽调节机构; |
| 3——发电机; | 11——高压汽轮机; |
| 4——轴; | 12——中/低压汽轮机; |
| 5——主蒸汽进汽阀组(包括主汽阀和调节阀); | 13——再热器; |
| 6——补汽进汽阀组(包括主汽阀和调节阀); | 14——再热进汽阀组(包括主汽阀和调节阀); |
| 7——汽轮机旁路; | 15——燃气轮机。 |
| 8——汽轮机; | |

图 1 汽轮机接口(续)

3.3.2

边界参数 terminal condition

在合同的装置边界点上规定的参数。

注：这些参数通常包括：

- 新蒸汽和再热蒸汽参数(指再热汽阀进口处的蒸汽参数,也被称作热端再热蒸汽参数)；
- 冷端再热压力；
- 最终给水温度(有回热循环的汽轮机)；
- 排汽压力；
- 输出功率；
- 转子转速；
- 抽汽要求；
- 回补水要求。

3.3.3

蒸汽参数 steam condition

蒸汽热力状态。

注：蒸汽参数通常是(静)压力和温度或干度(或蒸汽品质)。蒸汽压力采用绝对压力,而不用表压。

3.3.4

最高蒸汽参数 maximum steam condition

要求汽轮机连续运行的最高的蒸汽参数(3.3.3)。

3.3.5

抽汽参数 extraction steam condition

汽轮机抽汽口处的蒸汽参数(3.3.3)。

3.4 转速

3.4.1

额定转速 rated speed

汽轮机在额定功率下运行时的规定转速。

3.5 功率

注：除非另有规定,所有功率或出力都是对汽轮机在额定边界参数(指合同上标明和/或保证的规定输出功率、热耗率所对应的终端参数。由于有些核电蒸汽发生器的供汽压力随负荷降低而升高,汽轮机设计时需考虑到该情况)下运行而言。

3.5.1

功率 power

汽轮机或其被驱动机械的功率。

注：其定义宜说明测量位置和所有扣除的损失或辅助功率；功率也称作输出功率或负荷。

3.5.2

最大连续功率 maximum continuous rating; MCR

卖方给定的,机组能在额定的边界参数条件下,不超过规定寿命时,发电机端子处的保证连续功率。

3.5.3

辅机功率 electrical auxiliary power

非汽轮机驱动的汽轮机和发电机的辅机所耗功率。

注：通常包括所有控制、润滑、发电机的冷却和密封所耗功率；也包括附加的辅机(例如,电动机驱动的锅炉给水泵)

所耗功率。由买方与承包人商定包括哪些附加的辅机。

3.6 蒸汽流量与汽耗率

3.6.1

汽耗率 steam rate

新蒸汽流量与输出功率之比。

注：新蒸汽流量指在新蒸汽参数(指主汽阀进口处的蒸汽参数,也被称为主蒸汽参数)下,进入汽轮机主汽阀的蒸汽流量。该蒸汽流量包括供应阀杆、汽封或平衡活塞的所有蒸汽,也包括供应辅机(例如,锅炉给水泵汽轮机、汽/汽再热器、射汽抽气器等)的所有蒸汽。

3.7 热耗率

3.7.1

热耗率 heat rate

外界输入循环的热量与输出功率之比。

注：热耗率是热效率(3.8.1)的倒数。

3.8 效率

3.8.1

热效率 thermal efficiency

输出功率与单位时间内向热力循环输入的热量之比。

注 1：热效率为热耗率(3.7.1)的倒数。

注 2：如果要保证该值,则热效率的定义应列入合同中。

3.9 运行方式

3.9.1

两班制运行 two-shift operation

每天 24 h 约有 16 h 或不到 16 h,以 MCR 或接近该功率运行,其余时间停用的运行方式。

3.10 变负荷方式

3.10.1

补汽阀 overload valve

可将蒸汽送入汽轮机不同于调节阀进汽位置的其他位置的阀门。

注：也称过载补汽阀。

3.11 运行寿命

3.11.1

寿命 lifetime

设计寿命 design life

汽轮机的设计运行时间。

注：这种运行含计划性保养,但不包括像转子等重要部件的更换。

3.11.2

运行小时 running hours

汽轮机带蒸汽运行的小时数。

3.12 控制与保护

3.12.1

调节系统/控制系统 control system

将控制信号按一特定形式转换成阀门位置的装置和机构的总和。

注 1: 调节系统包括传感器、电子控制系统及任何其他蒸汽阀门的操纵装置。

注 2: 全机械液压调节系统包括调速器、转速控制机构、同步器(转速变换器)、代替传感器和电子控制系统的减负荷系统。

3.12.2

转速不等率 steady-state speed regulation; speed governing droop

当机组孤立运行,在设定转速值不变,且假设迟缓率为零的前提下,负荷从零到额定值之间变化时,以额定转速的百分率表示的稳态转速变化量。

注: 迟缓率指不会引起调节阀位置改变的稳态转速变化的总量与额定转速的百分率,是调节系统敏感度的一种衡量,也称为死区。

3.12.3

局部转速不等率 steady-state incremental speed regulation; incremental speed droop

在一个给定的稳态转速和负荷特性曲线上,假定没有死区,稳态转速相对于某一负荷的稳态转速变化率,该值是曲线上指定负荷点的斜率。

4 保证值

4.1 通则

合同中可规定几项保证值,例如热效率、热耗率或汽耗率、输出功率或辅机功率,也可对调节系统的功能、振动和噪声级等特性提出保证值。

所有保证及条款均应陈述和表达清晰完整,相应的计算式应列入合同。

4.2 汽轮机的热效率或热耗率或汽耗率

4.2.1 应在验收试验按相应标准并包括商定修正方法的前提下给出热耗率或汽耗率的保证值。合同应明确规定验收试验标准,可采用 GB/T 8117(所有部分)。按合同可对一个规定负荷或多个负荷的加权值来确定汽轮机的热效率或热耗率或汽耗率。

4.2.2 如果汽轮机供方的合同内不包括冷凝器或给水加热器,则买方应在规范中提供附有足够数据的给水加热系统图,以便列出整个机组的热耗率保证值的计算公式,否则,汽轮机供方应在其标书中说明计算热耗率时采用的给水加热器数量和配置、给水加热器的终端差和汽轮机与各加热器之间的压降。

4.2.3 对于湿蒸汽汽轮机,如果汽水分离器、再热器或二者均未包括在合同内,则应采取 4.2.2 的类似做法。

4.2.4 如果给水加热器包括在合同内,则应符合第 18 章的要求。

4.2.5 不属于汽轮机供方供应范围的装置,例如加热器、阀门、管道或泵,如果其性能与保证值所依据的条件不同,则汽轮机供方应调整其合同阶段中的保证值,或对热力性能试验结果按商定办法进行修正。

4.3 输出功率或蒸汽流量

汽轮机应考核合同规定的边界参数下额定输出功率或其额定蒸汽流量。该考核试验应按 4.2.1

进行。

4.4 辅机功率

如果给出连续运行的辅机所耗功率的保证值,则应商定这些辅机的清单。其每项所耗的功率应在汽轮机规定输出功率和规定边界参数(指合同上标明和/或保证的规定输出功率、热耗率所对应的终端参数。由于有些核电蒸汽发生器的供汽压力随负荷降低而升高,汽轮机设计时要考虑该情况)下测得,或在由买卖双方商定的参数下测得。

4.5 蒸汽表

保证值和计算试验结果所使用的蒸汽表应由买卖双方商定,采用国际蒸汽性质协会发布的查取蒸汽和水特性值的表(IAPWS-IF97),并列入合同中。

对于汽轮机改造,蒸汽表应按照 GB/T 8117.3 的规定由买卖双方商定。

4.6 允差

保证值在验收时的允差不属于本文件的范围。必要时该允差由买卖双方商定。

4.7 老化

机组第一次并网以后,随时间推移而需对保证值考虑其老化的影响,其任何的修正量由买卖双方商定,并符合相应的验收标准。

5 产品安全

5.1 通则

本章阐述对人身伤害或死亡以及对环境的风险,对人体或环境没有伤害风险的设备不在本章讨论范围。

“产品安全”的总体目标是设备经设计及维护,可确保在其指定应用领域的整个生命周期内,达到适当的安全水平。应采用 GB/T 15706—2012 定义的过程。买卖双方也可以商定采用另外一种等效规范。

汽轮机及其辅机系统在其所有生命周期阶段宜符合国际的、国家的和地方的相关安全性要求。

本文件的内容不宜妨碍汽轮机安全领域的技术进步和提高产品安全性的创新。

本过程一方面给出了整个汽轮机范围全面风险评估的实施方法,另一方面给出了整个生命周期内适当降低风险的定义和验证方法。

降低风险所能达到的水平需根据风险评估的结果来确定。

对整套汽轮发电机组(汽轮机+发电机)的风险评估不属于汽轮机供方的范围,而属于整个汽轮发电机组供方的范围。

若需参与和共同见证风险评估的部分内容,例如危险与可操作性分析,需要写入技术规范,见 17.14。

5.2 风险评估

5.2.1 通则

应进行风险评估,以便确定汽轮机及其在供应范围内的相关设备是否对人体造成伤害或对人体的

生命构成威胁。

风险评估过程的内容宜尽可能解决 GB/T 15706—2012 提出的安全问题,包括在汽轮机生命周期内的预期使用和合理可预见的误用。

5.2.2 评估范围

评估范围应说明本文件规定的设备和预期用途。

在适当的情况下,买方应在接口处定义需要作为风险评估基础的性能参数,接口可以是:

- 机械接口(如进汽接口、抽汽接口、冷凝器接口、附属管道接口);
- 本文件其他条款未作要求的机械接口处的工艺(参数)条件(如主蒸汽供应、再热蒸汽供应、冷再热条件、轴封蒸汽供应、控制空气供应、水供应);
- 电气接口(如电源);
- 安装条件(如环境条件,附加的防爆区域的规定);
- 预期寿命;
- 运行条件下的预期功能;
- 检修和维护条件下的预期功能。

5.2.3 需考虑的危險

GB/T 15706—2012 附录 B 定义了危险的示例。风险评估应最低限度地考虑这些实例,还要另外考虑与该产品有关的其他可能危害。

5.2.4 危险识别

对于设备的设计以及设备的整个寿命阶段,应进行危险识别。

设备和保护系统的设计和制造应在对可能的运行故障进行适当分析后进行,以避免由于可合理预见的误用造成的危险情况。

5.2.5 风险评估

5.2.5.1 应根据供方的定义通过适当的方法进行风险评估;风险评估见 GB/T 15706—2012 的 5.5。

注 1: 安全是通过将风险降低到可接受的水平来实现的。可接受的风险是在绝对安全的理想与产品、过程或服务以及其他众多因素所要满足的要求之间寻求最佳平衡来确定的,这些因素包括对用户的利益、目的的适用性,成本效益和有关社会的习俗等。因此,有必要不断审查可接受的水平,特别是当技术和知识方面的发展带来的经济上可行的改进,能实现与产品、工艺或服务的使用相容的最低风险时。

注 2: IEC 61511-3:2016 概述了风险评估的定量办法。GB/T 20438.5—2017 概述了确定安全完整性等级(SIL)水平的风险评估的定性办法。

5.2.5.2 如果需要将与安全仪表功能(SIF)无关的部件和/或设备的潜在风险降低到可接受的水平,应进行适当的定量或定性风险评估,或将两种方法混合使用,以确保达到可接受的风险水平。

注: 除 5.2.5.1 注 2 的文件外,在 IEC 60812、IEC 61025 和 IEC 61882 中还提供了关于风险评估过程的详细指导和一些可以使用的技术。

5.2.5.3 所获得的风险水平应假定遵守了本文件的要求,且操作和维护程序可确保所获得的风险水平得到保持。

5.2.5.4 对于风险评估,宜注意确保所使用的参数得到明确定义,以便进行客观判断,并适当校准每个参数的值,以确保它们对正在进行的评估有效。

注: IEC 61511-3:2016 中的 D.3 在风险图的上下文中概述了校对过程,并且所描述的原理同样适用于其他定性

方法。

5.3 风险降低

应减轻风险评估期间识别的风险,可按下列顺序应用于以下三个层次的风险减少或减轻:

- 通过设计手段消除风险;
- 采取被动式防护措施(例如防护套)或主动防护措施(如超出预设限值时自动保护投入);
- 通过指令将剩余风险传达给操作员,以将风险降到可接受的水平。

在采取减少风险措施的情况下,应确保附加的措施不会带来额外的危险。

应采用“最先进水平的”方法减轻风险。

买方应在投标阶段的技术规范中,规定如压力容器、防爆、电气设备、起重设备等需减轻风险的特定法规。

如果采取主动性防护措施降低风险,可根据 GB/T 21109(所有部分)采取“功能安全”评估规则,同时引入 SIL。

通过采用与安全相关的一些控制功能可将潜在的危险降低到可接受的水平,在这种情况下,应采用定性或定量的风险评估方法来确定保护系统的相应的安全要求(见 11.4)。

注: GB/T 23821 规定了可能导致风险的移动部件的接触距离。

5.4 接口描述

接口处的设计限制应由供方在工程设计阶段通过适当的文件进行沟通(如允许的管道操作、汽封蒸汽供应的蒸汽质量、控制气参数、基础载荷等)(见第 18 章)。

此外,应将总体风险评估中考虑的风险减轻措施(具有风险降低系数,但未经供方验证)连同适当的文件传达给接口合作伙伴。这些工作应在工程阶段完成(例如,对外部系统的可靠性要求,以实现规定的 SIL),也可以是运行及维护手册(维护期间的检查要求,以维持特定的 SIL 操作测试)的一部分。买方有责任核实这些要求。

5.5 文档编制

风险评估应记录归档,档案文件可保存在供方处,不用交给买方。

供方应长期保存与产品安全性相关的内部文件。除另有规定或法律要求外,相关数据应至少保存十年。

6 运行和检修

6.1 正常运行

6.1.1 正常运行时,汽轮机特性应能使汽轮机及被驱动机械与任何已运行的一些机组并列运行,且无论单机或作为整体均无异常特性。

6.1.2 过热蒸汽汽轮机(指新蒸汽有显著过热度的汽轮机)的起动可按汽轮机起动时的热状态分类。典型的分类准则是按不同部件(如高压内缸)金属已冷却到的温度;但通常也按上次运行后的停机时间长短来分类。下面给出典型的相关特点,并可作为参考。

典型的起动分类:

- a) 冷态起动:停机超过 72 h(金属温度已下降至约为其满负荷值的 40%以下);
- b) 温态起动:停机在 10 h~72 h 之间(金属温度约为其满负荷值的 40%~80%之间);

- c) 热态启动:停机不到 10 h(金属温度约为其满负荷值的 80%以上);
- d) 极热态启动:机组跳闸后 1 h 以内(金属温度仍保持或接近其满负荷值)。

6.1.3 买方应明确下列条件,供汽轮机设计之用。

- a) 6.1.2 规定的各种分类的启动次数。

注 1:如买方未提出这方面的要求,则由供方阐明该汽轮机设计时考虑的各种启动的次数,主要要求作两班制运行的汽轮机典型计划安排可包括:

- 100 次冷态启动;
- 700 次温态启动;
- 3 000 次热态启动。

- b) 大负荷循环的次数。

- c) 考虑到电厂其他设备(如余热锅炉)的任何限制后,各类主要负荷循环要求的负荷变化率。

注 2:允许的负荷变化率和负荷循环的幅度与余热锅炉的特性(见 6.1.4)和每次负荷变化期间汽轮机的运行方式以及汽轮机的具体结构有关。在负荷变化期间,汽轮机内部蒸汽温度的剧变与所有上述因素有关,这可能导致某些部件出现过高的热应力,从而极大地降低其寿命。

除已限定的主要负荷循环外,与稳定工况相比仅有较小变化的负荷(即:负荷增量小于 10%的额定负荷)是可接受的,而无需计数。

- d) 买方应详细列出整个汽轮机设计寿命期内的负荷特性,汽轮机的典型寿命为 25 年。

6.1.4 买方应如实提供余热锅炉的特性,包括所有预计的启动方式、负荷循环和停机方式下,压力和新蒸汽温度及再热蒸汽温度随蒸汽流量的变化。

6.1.5 买卖双方应商定是否采用汽轮机旁路系统。如果采用的话,则应对其容量、蒸汽参数和流量进行商定。

6.1.6 供方应规定辅助汽源的蒸汽参数要求。

6.2 额定参数变化的极限值

6.2.1 新蒸汽压力

任一 12 个月运行期内,进汽压力的平均值不应超过额定压力。维持此平均值期间,新蒸汽压力不应超过额定压力的 105%。偶然出现不超过 120%额定压力的波动也是允许的,但每 12 个月运行期内这种波动时间累计不应超过 12 h。

提高新蒸汽压力通常会使得汽轮机发出的功率超过其正常的额定值,除非通过控制系统的作用限制了蒸汽流量。发电机和相关的电气设备可能承受不了这种附加输出功率,且也可能使汽轮机产生过高的应力,买方因此应提供负荷响应的保护手段来限制汽轮机在上述情况下的输出功率。

买方还应提供手段,以保证再热器前汽轮机高压缸的排汽压力不会超过汽轮机在额定输出功率下运行时该处规定压力的 125%。

6.2.2 新蒸汽温度和有再热时的再热蒸汽温度

6.2.2.1 额定蒸汽温度小于或等于 566 °C 时,在任一 12 个月运行期内,汽轮机进汽温度的平均值不应超过额定温度。维持此平均值期间,进汽温度不应高于额定温度 8 °C。如果在异常情况下超过额定温度 8 °C,则温度的瞬时值可在超过额定温度 8 °C~14 °C 之间变化,但在此两极限值之间的总运行小时在任何 12 个月运行期内不超过 400 h。在超过额定温度 14 °C~28 °C 极限值之间作不超过 15 min 的短暂波动运行也是允许的,但在此两极限值之间的总运行小时在任何 12 个月运行期中不超过 80 h。温度绝不应超过额定温度 28 °C。额定蒸汽温度超过 566 °C 时,允许偏差由买卖双方商定。

6.2.2.2 如果通过两根或更多根平行管道向汽轮机任一端点供汽,则其中任何一根管子的蒸汽温度与

另外任何一根的温差不宜超过 17 °C；任一 4 h 期间，波动时间不超过 15 min、温差不超过 28 °C 应是允许的，但最热管道的蒸汽温度不应超过 6.2.2.1 给出的极限值。

6.2.3 背压式汽轮机的排汽压力

在任一 12 个月运行期内，排汽压力的平均值不应超过规定排汽压力。
在维持此平均值的前提下，排汽绝对压力波动范围可由买卖双方商定。

6.2.4 凝汽式汽轮机的排汽压力

对规定的冷却水温度和流量范围，或在规定的排汽压力范围所发生的任何排汽状态变化，汽轮机都应能运行。如有限制，供方应说明。

6.2.5 转速

除非另有规定，汽轮机应能在 98%~102% 的额定转速下运行而不限制输出功率和持续时间。
除非另有规定，不准许在与额定值有更大偏差的转速下运行。

6.3 异常运行

6.3.1 如果需要在以下任何一类情况下运行，则买方应提出要求：

- a) 隔离凝汽器的部分冷却管；
- b) 停用部分或所有给水加热器；
- c) 超负荷以及其实现的方式；
- d) 旁路运行；
- e) 带厂用电运行/孤岛运行(这种情况应指定负荷)和汽轮机额定转速空负荷，这种情况应写明运行时间；
- f) 波动量和/或波动频率大的负荷变动包括甩负荷、甩部分负荷和未定负荷(甩部分负荷但不解列)；
- g) 快速减负荷要求；
- h) 保护要求(如锅炉或核反应堆引起的汽轮机跳机)；
- i) 引起特殊工况的任何其他运行方式。

6.3.2 供方应明确由规定的异常运行而引起的任何限制，可包括诸如结构性负荷分配或输出功率调整之类的问题及这些限制所允许的持续时间。

6.3.3 买方应提供汽轮机异常运行的边界条件，如在机组跳闸时各阀门处的蒸汽瞬时变化的信息等。

6.4 安装条件

6.4.1 买方应提出安装是在室内还是室外、有无顶棚，以及汽轮机机组应在什么条件下运行，包括空气或冷却水的最高和最低温度、相对湿度、潜在爆炸性环境、异常的尘埃问题、降水量、风速(如装在室外)以及其他有关因素。

6.4.2 买方应提供与汽轮机设计所需与地震情况相关的一切数据。

6.5 检修

当买方提出要求时，供方应提供汽轮机装置预期的检修周期和检修范围的资料。

6.6 运行说明书

为能使其供应的设备安全运行,供方应提供完全适当且内容明确的运行说明书。说明书应包括设备运行涉及的所有限制值,也可包括供方对蒸汽品质的要求。

7 部件

7.1 材料、结构和设计

机组结构中采用的一切材料、部件和焊接以及所有管道、支架、接头和辅助装置,应符合相应的国内标准或国际标准的要求;这些标准应在合同中规定。未在国内标准或国际标准中规定的材料可由买卖双方商定。

7.2 承受高温的部件

7.2.1 非受力部件

不承受明显载荷的部件在其运行温度下的材料选择,应做到避免由于下述原因引起不能接受的材料性能的恶化:

- 内部结构或组织的变化;
- 材料因其周围环境而引起的变化。

7.2.2 受力部件

受力部件的材料除应满足 7.2.1 的要求外,宜在试验确定数据的基础上选择材料,以确保部件在其使用的应力、温度和时间条件下,不会开裂或发生超过允许范围的变形。

7.3 汽缸和轴承座

汽缸、轴承座应设计成能承受一切正常和危急使用情况下的负荷、允许的管道推力和力矩以及温度引起的位移。汽缸应设计成在运行时的热应力尽可能小。汽缸应有合适的支承,以保证与转子保持良好的对中。

为了便于装配和拆卸的需要,应提供顶起螺栓、起吊环、吊环螺钉、导向销等必要的专用工具。

7.4 转子

7.4.1 完工后的转子应做动平衡。柔性转子机械平衡的方法和标准按照 GB/T 9239.12,刚性转子机械平衡的方法和标准按照 GB/T 9239.1 和 GB/T 9239.14。

7.4.2 汽轮机及被驱动机械的共同轴系临界转速应有足够裕量避开额定转速。

临界转速计算考虑轴承支撑和油膜特性。在功率输出的运行转速范围内,按照 GB/T 9239.31,针对类型 II 的机械的模式灵敏度应在 A 或 B 模式灵敏度范围内(非常低或低模式灵敏度)。如果供方能够通过具体的设计特点或同类型机组的成功运行经验来证明,可以接受更高的模式灵敏度。

如果被驱动的机械不是由汽轮机制造厂供应,则由哪一方对汽轮机及其被驱动机械的共同轴系临界转速负责应由相关制造厂和买方一起商定。

7.4.3 每台汽轮机转子都应进行一次超速试验,试验宜在汽轮机制造厂进行。超速试验持续时间不应超过 2 min,并只可进行一次。

对于具有精确的超速遮断系统的汽轮机,例如具有快速反应的电子超速保护系统并应用了高精度

的超速计算方法的机组,超速试验通常应在计算出的最高转速下进行。该速度是假定在调速器失灵且最高转速仅受到超速遮断器动作限制的情况下所能出现的最高转速。

对于具有不太精确的超速遮断系统的汽轮机,例如采用机械/液压超速保护系统和/或采用不太精确的超速计算方法的汽轮机,超速测试通常应在超过最大计算转速(例如2%)的速度下进行。该速度是假定在调速器失灵且最高转速仅受到超速遮断器动作限制的情况下所能出现的最高转速。

特定的技术原因也可能导致应用一个比计算的最大超速更高的超速测试速度。

如果超速遮断器的正常设定值为超速10%,则超速试验不应超过额定转速的20%。

7.4.4 转子和联轴器(如有,还应包括齿轮传动机构)应设计成能承受由发电机短路或电网中其他特定扰动造成的运行条件。

买方应采用减少或排除电网中任何电力故障对汽轮发电机组影响的保护装置。

买方应规定区域电网规范中有关电气故障的要求,并提供电网性能的适当信息。

注:这些要求可能与电网稳定性有关,以防止次同步振荡[例如,带有高压直流耦合(HVDC)的电网中]。买方通过“技术规范”指定所需的输入数据。由汽轮机供方提供输入信息,使电网运营商能够创建电网的模拟模型,该模型将用于模拟和评估发电机组的扭振激励。

7.4.5 汽轮机的买方和供方应就轴系的机械特性和扭转特性的分工达成一致。汽轮机的买方和供方应就整个轴系基础的责任达成一致,包括其机械完整性和振动特性。

7.5 阀门

汽轮机应配置适当数量的调节阀。这些阀门应在整个转速和负荷范围内能适当地调节供给汽轮机的新蒸汽量。此外还应与这些调节阀串联配置适当的主汽阀。对这些最先通过新蒸汽的阀门,除以下情况外,应在每个阀的上游尽可能靠近阀的位置上装设一个蒸汽滤网:

- 第一个阀是摆动式阀时,滤网应设置在主汽阀和调节阀之间;
- 再热是在汽/汽再热器中进行,可以不设滤网。

7.6 主轴承和轴承箱

7.6.1 径向轴承应有水平中分面,并附有可更换的轴瓦、瓦块或衬瓦。

注:轴向排汽缸内的轴承可能无水平中分面。

7.6.2 推力轴承应设计成能承受任一方向的轴向推力。转子在检修时轴向位置可调,确保轴向间隙适当。

7.6.3 应不拆开汽缸就能更换所有轴承。

7.6.4 径向和推力轴承应设计成压力供油润滑,并保证排油畅通。

7.6.5 轴承座应能防止水分或异物进入,以及防止润滑油漏出。

7.6.6 为了尽可能降低摩擦静电效应产生电流对轴承的影响,应将汽轮机及被驱动机械的轴接地。如果这些设备由不同的供方提供,则买卖双方应商定轴接地点的位置。较小功率的工业汽轮机通常不需接地。

注:除轴承外,齿轮箱或联轴器等其他部件也可能因电流而损坏。

7.7 汽缸汽封和级间汽封

转子的端部汽封和级间汽封应采用合适的材料,以将运行温度下的变形或膨胀减少到最小限度。

汽封的结构应使其在运行中万一发生摩擦时将对转子的损伤减少到最小限度。

7.8 保温

当有规定时,汽轮机应安装保温,买方应提出保温材料外表面温度的要求(当环境温度不超过27℃

时,保温层外表面温度不超过 50 ℃;当环境温度超过 27 ℃时,保温层外表面温度不超过环境温度 23 ℃)。保温设计应便于汽轮机检修。

买方应说明对保温材料的任何限制。

7.9 焊接

焊接工艺是汽轮机生产过程中的一个非常重要的质量影响因素。制造商的焊接质量概念应成为合同的一部分。

附录 D 基于与汽轮机部件焊接相关的国际标准(国内可按照国家标准、行业标准等),列出了根据可靠性要求对不同部件焊接所需要的适当设计、工艺和测试等内容。

8 基础和建筑物

8.1 汽轮机供方向买方或基础设计方提供其本身设计职责和买方职责之间接口的有关资料(静载荷和动载荷、外形图、台板详图、力与力矩限制要求、基础允许挠度、热膨胀等),使整个支承系统的设计和建造得以进行。买方负责确定首选的建筑施工规范,以及旨在确定场地参数的任何相关场地特定研究,如短期和长期频谱加速度、土壤条件或重要因素的变化。如果没有提供附加信息或优先权,制造商应假定该地区的国家认可的建筑规范是设计依据。

注:基础允许挠度由基础设计方提供。

8.2 汽轮机的买方和供方应商定是否需要以及由谁(如果需要)来进行汽轮机组及其基础组成的阻尼系统的耦合计算。计算结果应能表明,期望的振动水平符合 ISO 20816-1、ISO 20816-2 或 GB/T 6075.3。

8.3 买方应将运行和停机时传递到汽轮机上各种载荷的详情,包括所有管道力和力矩在内,均提供给汽轮机供方并取得认可。

8.4 除非另有规定,买方应提供基础设计所需的所有文件(见 17.6),供方应有在设计阶段发表意见的机会。

8.5 为便于设备运入和设备安装,基础与建筑物中应有足够空间和必要的通道。在设备周围,买方应提供足够使用的空间,包括吊出转子和放置汽缸上半的场地。

8.6 汽轮机与基础或建筑物结构之间的连接设备的设计和供货由供方负责。

8.7 与汽轮机直接相连的辅助设备(例如汽水分离器和加热器),如果安装在其他与汽轮机分开的基础上,则汽轮机供方应对其相对汽轮机基础的允许位移做出规定。

9 抽汽和排汽

9.1 通则

蒸汽会以抽汽或排汽形式离开汽轮机。蒸汽应通过每个汽缸末端的一个或几个排汽口离开汽轮机,或去锅炉再热器;或从一个汽缸转到另一个汽缸,或去冷凝器。如果用背压式汽轮机,要有一个蒸汽用户,例如海水淡化厂。部分蒸汽从不同位置通过抽汽口离开汽轮机,在非调整抽汽的情况下,被称为抽汽,否则称之为可调整抽汽。所抽取蒸汽有以下用途:

- 给水回热;
- 锅炉给水泵汽轮机;
- 工业生产用汽;

- 区域供热；
- 碳捕捉；
- 轴封密封；
- 其他。

对于多级抽汽(如给水加热或区域供热),买方和供方应对不同的抽汽压力进行优化,以便优化(汽轮机)装置的整体循环性能。同样,压力、温度、流量和抽汽级数也应由买方和供方之间达成一致。未优化的大量抽汽会影响整个系统的经济性。

9.2 抽汽蒸汽参数及容积流量的要求

根据应用的不同,抽汽口处所需的压力和流量可以有很大的不同。最小和最大容积流量和质量流量应由买方和供方商定。

注:对于带给水加热的再热式汽轮机[指蒸汽从汽轮机膨胀过程中抽出,再加热(一次或多次)后重新返回的汽轮机],最高的抽汽压力会高于再热压力。最大的容积流量通常出现在低压抽汽侧(如用于区域供热的抽汽口处)。为了保证抽汽时的效率,汽轮机会在不同位置提供几个抽汽口,包括一个或多个抽汽压力高于再热压力的抽汽口。根据斯托多拉流量锥法则,某一抽汽口处的抽汽压力取决于质量流量和/或汽缸排汽压力。

在特定的情况下,需要通过内部和/或外部节流来控制抽汽压力。节流组件故障会导致抽汽压力升高。可利用抽汽系统中的安全阀(买方范围)或电子压力保护系统(见第 11 章,供方范围)来实现超压保护。买方应将保护的预期设计目标通过技术规范告知供方。

9.3 蒸汽出口设计

抽汽截面通常由一个或多个位于蒸汽流道外部的通道组成,蒸汽经通道从级间流出。在通道后抽汽室里,蒸汽被汇集并流向一个或多个抽汽口,最终流出汽轮机。在汽缸的排汽端,全部蒸汽经一个足够大的出口截面及排汽口离开蒸汽流道。

抽汽的设计要确保机组效率。每一个抽汽点的流速要合理,以便减小压力损失和噪声。在有湿蒸汽的情况下,要考虑水蚀的影响。

9.4 供货范围

在蒸汽离开汽轮机的任何接口上,买方和供方之间应明确规定供货界限。除非另有规定,供货边界为汽轮机蒸汽管道接口。如果蒸汽只是从一个汽缸进入另外一个汽缸(例如从中压缸到低压缸),连通管通常在供方的供货范围内。

在通流内部或分缸点对抽汽压力进行机内控制的装置通常属于汽轮机供方范围;在抽汽管道上对抽汽压力进行机外控制的装置通常不属于汽轮机供方范围。

止回阀以及止回阀前的疏水阀通常属于汽轮机供方范围,尤其是需要保护汽轮机安全运行时。这些阀门一般以散件方式提供。通常在有较高抽汽压力的抽汽口和排汽口(如高压排汽)都是如此(配置)。汽轮机甩负荷或脱扣时,应避免由于蒸汽回流进汽轮机而引发超速问题,当汽轮机连接有蒸汽联箱时,更要特别注意。供方对不同抽汽管道上应装设的止回阀数量和类型负责(见 9.6)。

如果已经评估了蒸汽回流至汽轮机的可能性,且其对汽轮机超速的影响结果是可接受的,那么在一些较低压力的抽汽口,也可以不使用止回阀。

汽轮机与其他部件(如再热器管、预热器和凝汽器接颈等)之间的连接管通常不包括在汽轮机供应商的范围内。

9.5 用于保证的边界条件

买方和供方应明确约定保证值的边界条件(见 4.2.2)。在抽汽点,相关条件为抽汽参数(压力、温度

和焓值)和抽汽流量。为了提供恰当的抽汽参数,可能需要使用(给水)喷水减温系统。

无论凝结水回水还是补充水,应明确其参数(压力和焓值)以及在汽水循环中的回水或补水位置。

如果换热器等蒸汽消耗设备也在供货范围,则其性能及汽耗也应包括在保证范围(除非另有规定)。

9.6 防止水和蒸汽回流的保护设备

9.6.1 来自给水加热系统或其他冷凝系统的进水

防止水从给水加热系统进入汽轮机的保护措施应由供方向加热装置的买方说明,这样的保护措施至少包括以下要求。

a) 汽轮机的每一级回热抽汽管线都布置成加热器表面应先满水时才可能使汽轮机进水。加热器宜布置在低于汽轮机的位置。如果加热器位置无法低于汽轮机,设计中宜采用水位控制关断阀以防止加热器的水回流至汽轮机。

b) 对每台给水加热器而言,应有两套独立的自动防止水从抽汽系统进入汽轮机的措施;该系统应设计成任何一个措施失效时都不会导致汽轮机进水。

通常该独立措施可采用下列组合方式中的任何一种:

——3)和1)或2);

——4)和1)或2);

——3)和4)。

其中:

1) 加热器设置开式差压密封重力疏水;

2) 加热器设置一路可自动切换的大容量疏水线路;

如果条件允许,优先使用1),其次是2)。

3) 在汽轮机和给水加热器之间的回热抽汽管道,以及逐级进入加热器的疏水管道中,设置自动隔离阀;

4) 对加热器进水侧设置自动隔离阀。在这种情况下,通常需要设置加热器给水自动旁路。

按上述3)或4)设置的每个自动隔离阀的动作时间,从接到关闭信号至全关位置,应是流入壳侧的水流量相当于下列二者之中较大者相应的时间:

——从两根断裂管子(从管子断头)流出的水流量;

——水流量相当于加热器管侧在MCR时流量的10%。阀门应在水充满高水位报警器(它引发阀门关闭)到自动隔离阀之间的有效容积之前关闭。

2)、3)和4)通常应由加热器壳侧的高水位传感器引发,并具有保证可靠动作的相应预防措施。

c) 如果从一个单一的抽汽管同时给几个加热器供汽时,则每个加热器应有其自己的一些阀门;或者如果这些阀门安装在抽汽总管上时,从一台满水的加热器溢出的水应流入并列的加热器中,并在水可能流入抽汽总管乃至汽轮机以前要先完全灌满该并列加热器。

d) 每台加热器都应配置多重的高水位检测开关或模拟传感器,每个开关或传感器在机组运行中应能试验其是否正确动作。如果超过了保护装置动作允许的最大值,保护装置应启动。

9.6.2 避免蒸汽回流到汽轮机以免超速

为汽轮机限制甩负荷时和脱扣后的转速飞升,通常在抽汽管道上靠近汽轮机抽汽口的位置装设止回阀、紧急关断阀或快关碟阀(仅适用于供热抽汽管道)。从汽轮机到止回阀的抽汽管段的最大允许蒸汽容积应由供方指定(见9.4)。

在汽轮机抽汽管道上安装的止回阀的数量和类型将根据超速计算结果而定。在评估了可能返回汽

轮机的蒸汽量,并且由此产生的超速影响是可以接受的情况下,可以取消一些抽汽管道上的止回阀。

紧急关断阀或快关碟阀和隔离阀的布置应在机组运行时能够进行测试(关闭试验)。

止回阀和带有动力辅助的止回阀的布置应能在机组运行时进行活动试验,对于带动力辅助的止回阀,至少能显示执行机构的限位。为此需要设置具有本地或远程位置指示的止回阀或其执行机构。如果对汽轮机的风险分析表明,只在静止状态(例如在机组检修期间)进行活动检查就足够,而不需要在运行中进行检查,那么位置指示不是强制性的。

9.6.3 意外蒸汽

如果使用的是由高压和低压旁路组成的串联汽轮机旁路,那么有必要防止再热系统冷段中不需要的蒸汽进入到高压汽轮机的排汽中。

这通常通过提供至少一个止回阀来实现。止回阀可根据供方的要求进行电源辅助。

10 汽轮机辅助系统

10.1 通则

除汽轮机辅助系统外,买方可指定其他的辅助系统,例如:

- 发电机辅助系统;
- 旁路系统;
- 冷却系统;
- 冷凝和排汽系统。

买方的规范应包含设备在线检修时有关设备冗余程度和设备隔离可能性的信息。

10.2 润滑油系统

10.2.1 汽轮机应设置一台由汽轮机本身或由一台电动机驱动的主油泵。

10.2.2 应再供应一台完全与主油泵分离的动力源驱动的辅助油泵。这台辅助油泵在汽轮机起动或停机时工作,并在油压偏低时,自动投入运行以替代主油泵,维持汽轮机继续运行。

10.2.3 当汽轮机驱动的主油泵出口油压较高兼做控制油并经减压装置减压后供润滑时,应再配置一台辅助润滑油泵(即交流润滑油泵)。

10.2.4 应具备在带负荷条件下用模拟低油压的办法使所有辅助润滑油泵自动起动的试验设施。

10.2.5 应再供应一台用直流电动机驱动的事故油泵,其容量大小足以使机组能安全地逐渐停下来。或经商定,也可用重力油箱来达到同样目的。

10.2.6 如有必要,或根据客户规定,应提供一套顶轴油压系统向汽轮机和发电机各轴承供应高压油以顶起转子。这将减少机组在起动或停机时盘车的起动力矩和轴承磨损。

10.2.7 冷油器和过滤器应具有足够的容量。对于没有特别可用性要求的机组,可只供应一台冷油器和过滤器。对于不间断的长时间运行的机组,宜采用冗余油过滤器,以便一个堵塞的滤油器可以在线被取出。在这种情况下,冷油器的进、出口切换阀应配置成在机组运行时不会切断流向各轴承的油。

10.2.8 润滑油的清洁度应由必要的滤油器、滤油网和油净化装置等来保证。油系统清洁度应在机组投运前达到并符合 JB/T 4058 的规定。

10.2.9 所有管道、阀门、冷油器壳体和过滤器壳体均应采用钢或其他合适材料,例如灰铸铁等脆性材料都是不合适的。管子连接宜尽可能采用焊接。润滑油管路应符合 10.8 的要求。

10.2.10 应采取预防措施,将油箱与油管内部的锈蚀减低至最低限度。

10.2.11 汽轮机供方应规定所使用润滑油的特性。如初次注入油不是由汽轮机供方负责,则所用油应经汽轮机供方认可。

10.2.12 润滑油系统设计应确保在正常运行时,每个主轴承运行的回油温度一般不超过 80 °C。小功率汽轮机的回油温度一般不超过 85 °C。

10.2.13 供方应规定要使用的机油标准。应采取预防润滑油泄漏引起火灾的措施。买方宜描述发电厂的整体防火理念,并说明防火要求。供方宜提供汽轮机范围的消防特性信息、汽轮机设备引起火灾的负荷以及买方应执行降低风险措施的的建议的信息。

10.2.14 在大功率汽轮机中,应对轴承合金层(巴氏合金)进行温度监视,温度控制值按汽轮机供方的要求执行。

10.3 控制油

控制系统和操纵蒸汽阀用的动力油既可来自润滑系统,也可来自一个完全独立的油源。该独立油源的供油泵应是冗余的,当一台泵故障时能自动切换至另一台。切换过程中应采取措施维持控制的油压力。

如果所用控制油不是润滑油系统的油,供方应确定所使用的油的性质。除非另有商定,有关材料、冷却器和过滤器的数量要求按 10.2。控制油管道应符合 10.8 的规定。

10.4 转子和阀门汽封的密封系统

转子轴端和阀门汽封的密封系统设计应确保没有蒸汽泄漏到汽轮机厂房,例如设置汽封冷却器。汽封蒸汽的控制应是完全自动化的。必要时,应在蒸汽管道上设置安全阀,密封蒸汽系统的设计人员应确定安全阀的需求和技术参数。供方应说明其是否希望安全阀包括在买方的范围内。如需辅助蒸汽(例如起动时),供方应说明其对蒸汽参数和蒸汽量的要求。

10.5 疏水系统

在每个汽缸、蒸汽室或其他容器以及所有可能积水的地方充分疏水。

疏水通常应排入相应的疏水容器中。在排入疏水容器之前,疏水管上应装有合适的阀门、疏水器或孔板。

外部蒸汽管道(如主蒸汽管道、进汽蒸汽管道、排汽和抽汽管道)的排放通常不在汽轮机供方的责任范围内。这些部件应具备足够的疏水能力,见 DL/T 834。

10.6 排汽系统

从汽封冷却器风机的蒸汽排风扇和润滑系统排风扇至指定的室外场所或商定的地方应设置排放管。

10.7 盘车装置

为限制汽轮机停机中转子产生热变形,应设置盘车装置,以使转子在停机时,能连续或断续地缓慢转动。当润滑油的供给不充分或盘车未能完全啮合以前,不能开始盘转。汽轮机转速超过盘车转速时,盘车装置应自动脱开。

10.8 管道系统

10.8.1 所有蒸汽、水、油或空气管道应采用符合国内标准或国际标准的钢材,也可采用经买方和汽轮机供方商定的其他材料。这些标准宜在合同中规定。

10.8.2 如可行,应使用焊接接头。经买方和汽轮机供方商定,也可采用其他连接形式。

10.8.3 汽轮机供方应说明其装置允许承受作用在其设备重要端口上的附加管道力、力矩的大小和方向。

11 自动控制

11.1 总则

本章描述汽轮机的仪表、控制、监视和保护的要求。带有电子、液压或气动执行机构的电调自动控制系统是目前的主流解决方案。小容量机组的超速保护可采用机械/液压系统。

11.2 通则

11.2.1 环境条件

设备应能够在表 1 规定的环境中安全连续运行。

表 1 环境等级

等级	环境温度	环境相对湿度	典型位置
1	5 °C ~ +40 °C	45% ~ 75%	控制室和设备室
2	-25 °C ~ +55 °C	45% ~ 100%	户外或电站现场
3	-10 °C ~ +70 °C	45% ~ 100%	特殊条件

对于以上三个等级,以下标准环境条件也应适用:
 ——振动:10 Hz~65 Hz,0.15 mm 振幅;
 ——大气压力:68 kPa~106 kPa。
 注:地震条件见 6.4.2。

如自动控制设备的空调由买方采购,供方应描述设备的热辐射及其他热源(如光),以便买方确定空调容量。

11.2.2 电磁兼容性

在自然和规定的电磁干扰下,设备能正常工作。具体规范见 GB/T 17799.2 或同等标准。

设备不应发出超过规范要求的无线电电磁干扰。具体规范见 GB/T 17799.4 或同等标准。

为了安全,推荐更高级别的防电磁干扰[依据 GB/T 18268(所有部分)]应用规范(相对于 GB/T 21109.1)。

11.2.3 软件和硬件的设计要求

为保证中心电站大型汽轮机控制的稳定性,推荐使用冗余的自动化硬件。带负荷运行时,冗余设计允许电子模块在线更换。

对于分散型电站的工业汽轮机,硬件是否冗余由买卖双方商定。

汽轮机自动控制系统包括汽轮机控制系统和保护系统。

汽轮机控制系统可以采用独立的电子硬件,也可与保护系统采用相同的电子硬件。

汽轮机自动系统与分布式控制系统(DCS)的接口采取硬接线或总线方式(Modbus、Profibus、以太

网等),具体方式由买卖双方商定。无论哪种方式,应保证信号传输快速安全。

宜详细定义信号交换的体系和协议,推荐采用国际标准,如 IEC 62541(所有部分)。买方宜说明为保证接口硬件和软件的完整性的责任分工,如接口调试的责任等。

规范书中宜说明对供方的接口要求及供方与买方或其他供方的分工合作要求。

自动控制软件宜基于高级编程语言。

辅助系统的控制也可以采用远程可编程逻辑控制器(PLC)的形式。远程 PLC 的监视信号应进入到汽轮机控制系统(TCS)。

人机界面(HMI)设计应符合人机工程学的发展水平,见 GB/T 18978(所有部分)。

操作员站上显示的报警宜符合报警管理的相关标准,见 GB/T 41261。

如汽轮机控制系统的硬件与 DCS 不同,汽轮机可以通过连接到 TCS 的 HMI 和/或连接到 DCS 的 HMI 操作。买方应说明需要从 DCS 人-机界面操作的汽轮机及其辅助系统的确定范围。DCS 人机界面对汽轮机的操作只需要有限的典型的功能即可。

对于特殊的过程应用,仪表需具有防爆功能。买方应指出潜在爆燃性大气区域,并根据 GB/T 3836(所有部分)提供有关爆炸介质和设备防护等级(EPL)分类的信息(见 17.11)。

自动控制系统宜具有远程数据存取功能,并符合信息技术安全保护。应采取必要的防护措施防止数据和控制功能被篡改[见 GB/T 18336(所有部分)]。

买方宜明确 TCS 的自动化程度;应根据人工参与的程度来决定。

自动控制系统允许在线监测和试验。报警应有设备故障类型提示。

自动控制系统应支持事件追溯功能。系统应提供可以远程设置时间和日期的时钟。

自动控制系统推荐设计成简单的可替换模块。对于冗余元件,可以在线更换。

买方至少提供两路独立的电源,以便在其中任一路电源故障时,自动控制系统可以正常工作。

通常现场元件和仪表柜之间的电缆不在汽轮机供方的供货范围内。在此情况下,供方应提出电缆要求。

自动控制系统电子元件的设计和选择应满足 GB/T 5226.1。

汽轮机供方应明确备件和软件的有效期(或者其后的可替代性),对于仪表来说至少 10 年~12 年,过后,可以买到具备同样功能的替代产品。

11.2.4 自动控制系统的测试

11.2.4.1 工厂测试

买方见证的试验[参照 IEC 62381 的工厂验收试验(FAT)]应事先达成一致。

11.2.4.2 现场测试

对于汽轮机控制设备,需要在指定模式下进行测试[参照 IEC 62381 的现场验收试验(SAT)]。包括汽轮机自动控制系统基本功能测试、回路检查和功能测试。如一些功能在 DCS 中实现,也包括同样的测试范围。

汽轮机自动控制系统和电站自动控制系统的综合测试(参照 IEC 62381 的 SAT)由买方组织完成(架构工程师)。

如买方责成第三方完成全部或部分 SAT,供方应提供足够的测试说明书(见 16.2)。

11.3 汽轮机控制系统(TCS)

11.3.1 通则

汽轮机控制系统包含对汽轮机及其附属系统的控制和监视。

TCS 包括调节系统(转速控制、负荷控制、压力控制)、自启停功能、辅助系统的控制、顺序试验和监视。

注：辅助系统的功能或部分功能也能够 在 DCS 中实现,见 11.3.8。

需要满足汽轮机与发电机、燃气轮机和汽水循环系统的接口功能。

11.3.2 调节系统功能要求

汽轮机的调节系统应能实现以下闭环控制：

- 从静止开始的转速控制,控制可用手动或自动,对于中心电站设备应具备自启停顺序控制功能；
- 当机组孤网运行时,从空负荷到满负荷之间(包括两者)所有负荷状态下的转速保持稳定；
- 转子和厚壁汽缸(可选的,由汽轮机的尺寸和设计决定,见第 6 章)的瞬变温度；
- 机组在孤网或并网模式下,能量功都能以稳定的方式输入到相关系统(见 6.1.1)；
- 主蒸汽、再热或低压补汽蒸汽的压力；
- 抽汽压力(适用于可调抽汽)；
- 排汽压力(适用于背压式汽轮机)。

对于采用顺序阀控制的部分进汽汽轮机,如有特殊要求(如预暖机、阀门升程试验等),应提供切换至全周进汽[指所有调节(控制)阀向第一级进汽环区全周均匀供汽]运行模式的功能。

控制系统的设计应满足任何元件的故障都不会妨碍机组安全停机。

调速器和阀门执行机构应满足,在额定参数或 6.3.1 规定的异常参数下,如果瞬时甩去包括最大负荷的任何负荷,都不应导致汽轮机跳闸。

注：以上甩负荷不跳闸的要求不适用于联合循环中的单轴汽轮机(燃气轮机、汽轮机和发电机在同一轴系上)。这种应用中,甩负荷至厂用电或空负荷会导致汽轮机停机。甩负荷之后,燃气轮机会带厂用电或维持在额定转速下空负荷运行。

11.3.3 转速和负荷调整

除非合同中另有规定,当空负荷运行时,汽轮机转速应能在额定转速 $\pm 5\%$ 范围内调整;在额定转速下,转速和负荷控制器改变目标负荷(从零调到满负荷)的时间通常不应超过 50 s,但也可由买卖双方商定。应提供调整设定值的方式。

11.3.4 控制器特性

电液调节系统转速不等率和死区特性见表 2。

以下数值供参考,对工业汽轮机和额定输出功率超过电网容量 5%的发电用汽轮机,应作特殊考虑。

表 2 控制器不等率和死区

控制器型式		电液调节系统		
汽轮机 MCR/MW		≤20	20~150(包括)	>150
不等率/%		3~5		
局部转速不等率/%	0~90%	3~8		
	90%~100%	≤12		
平均局部转速不等率/% 90%~100% ^a		≤10		
死区(额定转速的)/%		0.15	0.10	0.06
注：电液控制系统是当前主流技术方案。老的机械式调节已被取代。如实际中,需要采用机械式调节,相关要求可以参考本文件的之前版本。				
^a 对采用部分进汽喷嘴调节[指调节(控制)阀依次关闭的调节方式。是定压运行中部分进汽轮机常用的调节方式]的汽轮机而言,用除最后一组喷嘴组外的任何喷嘴组的调节阀控制,在 90%~100%负荷范围内的平均不等率不应超出总不等率的 3 倍。对于通过补汽阀有附加蒸汽进入的汽轮机,补汽阀开启时的平均不等率不应超出总不等率的 3 倍。				

11.3.5 工作特性

电液控制系统的工作特性主要取决于控制阀门位置的机械和液压元件以及阀门自身特性。与控制阀和单独油动机直接耦合的电液控制系统相比,有各种机械接头和若干液压元件的控制系统更容易滞后和迟缓。除非另有约定,整个控制系统应符合 11.3.2 的规定。

转速控制装置(负荷参考)应能调整功率波动范围为额定功率的±0.5%。

系统非线性和稳定性参考值见表 3。

表 3 非线性和稳定性

汽轮机 MCR MW	≤20	>20~≤150	>150
非线性 %MCR	—	—	在(0~100%)MCR 范围内 ≤±3
短期稳定性 ^a %MCR	2.5	1.5	1
长期稳定性 ^b %MCR	10	10	10
^a 在规定的条件下,对于所设定的负荷和转速,任何 30 min 间隔内该负荷的变化量与额定负荷的百分率。			
^b 在负荷设定值和转速不变的情况下,相隔 12 个月的两次 30 min 间隔内平均负荷的变化量与额定负荷的百分率。在这两次试验期中环境条件宜在要求范围内,但可不严格一致。			

11.3.6 阀门试验

如汽轮机只有一个主汽阀或调节阀,或者调节阀仅由一个油动机控制,主汽阀和调节阀需要具备在不停机的情况下进行在线部分行程活动试验的能力。

连续运动中的调节阀,如定压运行[指运行时新蒸汽压力保持恒定,通过将所有调节阀同步(全周进汽方式)关小或依次(部分进汽方式)逐渐关小的方式来减少负荷]机组,可以用连续监视阀的动作代替活动试验。

对两班制运行的机组,主汽阀和调节阀的活动试验可以省略(见 6.1.3)。

对于其他类型的汽轮机,应提供阀门(见 7.5)依次进行在线全关试验的控制方案。

供方应说明试验时功率限制的范围。

11.3.7 设备

TCS 可以包括买方指定的其他功能,如:

- 自启停顺控;
- 远程和/或就地控制;
- 与其他控制系统的接口;
- 甩负荷和跳闸防护;
- 可变不等率;
- 各种阀门的控制(主蒸汽、再热蒸汽、抽汽等);
- 转速和/或负荷限制;
- 电网故障下的调节阀快关控制。

11.3.8 辅助系统控制

辅助系统(第 10 章)控制功能包括:

- 辅助系统的启停;
- 冗余设备的切换(泵、风机);
- 辅助系统中参数的闭环控制(压力、液位、温度、流量等);
- 开环阀门控制[止回阀(NVR)的强制动作、通风阀的开关、疏水阀的动作等];
- 顺控试验。

以上功能更适合在 TCS 中实现。根据买方的需求,以上所有或部分功能可以在 DCS 中实现。在这种情况下,汽轮机供方需提供详细的功能规范及所有接口信息(如仪表接线、辅助系统的仪表和用电设备)。

注:召开设计联络会以确保供方、买方和 DCS 供方之间的配合,会议内容包括 DCS 的最终软件、辅助设备技术文件的提交时间、汽轮机代表参加 DCS 的工厂验收。

11.3.9 监视功能和/或信息通知

监视功能和/或信息通知用于支持汽轮机安全稳定运行。系统提供必要的信息,为运行人员采取必要的措施提供依据。

依据汽轮机的设计和容量特点,典型的监视功能包括如下(具体监视项目可根据汽轮机的设计确定):

- 热力状态(需要关注的压力和温度);
- 性能指示;

- 部件温度；
- 部件应力(温差)；
- 汽轮机部件的寿命损耗；
- 汽轮机及辅助系统运行时间；
- 轴系振动。

11.4 汽轮机保护

11.4.1 通则

汽轮机保护系统满足以下要求。

- a) 汽轮机保护系统应设计成一旦接收到汽轮机遮断信号,所有蒸汽阀(即:主汽阀、调节阀、再热主汽阀和再热调节阀)应立即关闭;冷端再热汽管、到给水加热器的抽汽管和其他通常由汽轮机供汽的系统中的止回阀(若有)都应强制关闭。这样一旦发生事故就能使汽轮机安全地停机,否则会造成汽轮机或其辅机损坏。

注:正向低功率保护或逆功率保护导致的发电机解列后,汽轮机安全降负荷停机。正向低功率保护或逆功率保护不属于汽轮机保护系统。

- b) 保护设备应按失效保护原则设计,执行机构(电动、液动、气动)在失去动力时,应立即关闭主汽阀和调节阀。
- c) 当引发遮断系统动作的条件消失后,不应使遮断装置自动复位和蒸汽阀重新开启。遮断系统应设计成只能由运行人员复位,在遮断系统复位之前任何蒸汽阀不能重新开启。遮断系统的复位不应导致机组重新启动,而是仅具备重新启动的条件(见 GB/T 15706)。
- d) 汽轮机保护系统应具有查看引起跳闸事件的顺序记录功能。
- e) 保护措施要防止人员误操作,宜执行 GB/T 21109(所有部分)的要求,或者其他适当的标准。
- f) 为保证保护功能的可靠性,不应使用无线信号传送。

11.4.2 自动保护准则

经济合理的保护范围由供方确定,这取决于汽轮机设计和容量及其运行工况。

遮断系统应基于但不限于以下启动准则:

- 超速保护(见 11.4.1.4);
- 符合 GB/T 16754 的就地和遥控操作的危急停机按钮;
- 排汽压力高保护(高压、中压及低压排汽,如需要);
- 进汽压力过低保护(如需要);
- 润滑油压过低保护;
- 排汽温度高保护(高压、中压及低压排汽,如需要);
- 调速装置失效保护;
- 由发电机或其辅助系统故障引发的保护,例如发电机定子线圈断水保护;
- 由于电气部分故障自动引发的电气保护;
- 由 DCS 引发的跳闸(如锅炉保护、燃气轮机保护、凝汽器水位保护)。

对于列出的保护条件应提前报警。汽轮机的报警值和遮断值应有足够的差值并保证运行人员可以手动干预。

11.4.3 无自动保护的典型报警信号

买方应明确机组的自动化水平,如无人操作情况下,机组可以运行的时间。这会影 响报警和手动停机是否可接受。

对于设置的报警点,在故障状态下,操作人员对报警应有足够的反应时间。因此,汽轮机的报警值和手动跳闸值应有足够的差值。

根据汽轮机设计和运行需求设置的报警如下,包括但不限于:

- 推力轴承过度磨损(轴向位移);
- 低压缸排汽温度过高;
- 轴承温度过高(回油温度或金属温度);
- 轴振动和/或轴承座振动过大;
- 汽缸或转子膨胀过大;
- 汽缸变形过大(通常由汽缸温差表示);
- 进汽温度过低;
- 进汽温度过高;
- 高压或中压排汽温度过低;
- 高压或中压排汽温度过高;
- 汽封蒸汽温度过高或过低;
- 电网频率过高或过低;
- 胀差。

11.4.4 超速保护(危急遮断器)

超速保护装置应满足以下要求。

- a) 除了转速控制器之外,汽轮发电机组还应设有超速保护系统,在转速过高时,使机组跳闸停机。
- b) 超速保护动作值为额定转速的 $110\% \pm 1\%$ 。
- c) 在异常状况下(如,为了达到 11.3.2 中的要求),经协商,超速保护动作值为额定转速的 $110\% \pm 1\%$ 。无论如何,如甩负荷时控制系统失灵,超速保护系统需要将最高的飞升转速限制在安全值以内,以防止损坏汽轮机或被驱动设备,或者连接在发电机上的电机,以及驱动的设备。供方应在运行说明书中对超速保护设置进行说明。
- d) 超速保护系统冗余配置,并独立于调速系统,在超速保护动作下,关闭主汽阀和调节汽阀。转速控制和超速保护采用高级诊断功能的冗余回路。见 GB/T 20438(所有部分)。
- e) 为了满足 5.3、5.4 定义的降低风险的需要,在额定转速下,不影响主汽阀的开度可以实现每个超速保护通道的在线试验功能。当一个通道在试验时,不应影响其他通道的正常运行。
- f) 采用具有内部试验回路设计的超速保护系统技术上不需要真实的超速试验(如,数字式故障安全保护系统)。买方应说明是否需要真实的超速试验。此方面需与国内标准一致。

11.4.5 保护系统的设计要求

宜根据 GB/T 21109(所有部分)或其他适当的标准设计防止对人员造成伤害的保护功能(见 5.3)。

保护系统的软件可以运行在与 TSC 相同的电子硬件上,但应与 TCS 充分独立。

注:保护系统如何达到与基础程序控制系统(BPCS)充分独立,见 GB/T 21109(所有部分)。

信号如果经过隔离和有效的诊断,保护系统的信号传感器也可以用于控制[见 GB/T 21109(所有部分)]。

对于中心电站汽轮机,电子设备应设计成信号故障不会产生拒动或误动。可采用任何适用的冗余形式。

需考虑跳闸功能的可测试性。可以接受采用不同部件(传感器、逻辑元件、执行机构)不同试验间隔时间的顺序测试程序。必备的试验范围由供方确定,买方可以提出额外的要求。

11.5 仪表

11.5.1 通则

汽轮机及辅助系统应具备可靠、高效的运行和监视所需的仪表。

仪表范围取决于汽轮机的额定功率和运行工况,11.5.2~11.5.5 的要求适用于大功率汽轮机。

安装在汽轮机管道和辅助系统测量蒸汽参数(压力、温度)且在运行中必需的就地仪表,宜由汽轮机供方作为扩展供货范围提供。

注:如装在汽轮机管道和辅助系统的用于测量蒸汽参数(压力、温度)的就地仪表,仅用于接口系统,此仪表通常不属于汽轮机供方的供货范围。

11.5.2 标准仪表

应至少在下列地方设置一次测量元件。

a) 压力,包括:

- 主蒸汽、再热蒸汽和低压补汽;
- 抽汽式汽轮机的抽汽;
- 去给水加热器的抽汽;
- 各汽缸的排汽(如有);
- 供给轴承的润滑油;
- 控制油系统的供油;
- 去轴封系统的辅助蒸汽。

b) 温度,包括:

- 主蒸汽、再热蒸汽和低压蒸汽;
- 各汽缸的排汽;
- 去给水加热器的排汽;
- 润滑油系统和控制油系统的冷油器出口油温;
- 轴承回油或轴承金属温度;
- 去轴封系统的辅助蒸汽。

c) 液位,包括:

- 主润滑油箱的油位;
- 控制油箱的油位。

11.5.3 汽轮机安全监视系统(TSI)

TSI 的监视范围主要与轴系有关,应设置下列仪表。

a) 转速:汽轮机的旋转速度。

b) 负荷:发电机的输出功率(通常该仪表不包括在合同内)。

c) 转子和轴承座(或汽缸)的位移:在推力轴承远端测量转子相对汽缸或轴承座的轴向位移差(胀差)。轴承座相对基础的轴向位移(如果需要,取决于汽轮机设计)。

- d) 振动:转子和/或轴承座的振动。也可要求同时测转子偏心和相位角。相位角测量仅限于提供给专业人员连接设备,用于特殊的研究。
- e) 金属温度:应设置测量仪表,用于测量为汽轮机安全运行考虑、或估算汽轮机汽缸壁(或其他部件)的热应力所需的所有金属温度或温差,以便为机组提供安全的升速率或负荷变化率的参考数据。
- f) 阀门开度:所有主蒸汽、再热蒸汽和低压补汽阀的开度。除非买卖双方另有商定,非调节阀门可只指示全开或全关。
- g) 具有汽水分离器和再热器的湿蒸汽汽轮机,应测定再热蒸汽流量(再热排水流量),汽水分离器和再热器疏水箱的水位。
- h) 另外,应提供 11.4 中列出的报警和跳闸所需要的设备。

11.5.4 附加仪表

附加一次测量元件可由买方规定,也可由汽轮机供方推荐。

对于大功率汽轮机,这些仪表一般包括:

- 冷却水温度;
- 凝汽器压力;
- 各类容器内的压力和液位;
- 给水加热器和其他热交换器的进、出口处蒸汽和给水温度;
- 给水泵进、出口压力;
- 凝结水、给水和主蒸汽流量。

上述仪表可由汽轮机供方以外的其他供方提供。

11.5.5 试验测点

在汽轮机正常运行和控制所需测点之外,为进行热耗(见 4.2)或其他原因的性能试验,所需增加的试验和监视测点由买卖双方商定。

应就不属于供方合同范围的所需测点的布置和责任达成协议。

12 其他保护装置

12.1 防止低压缸和凝汽器压力过高保护装置

低压缸和凝汽器应设置足够尺寸的泄放阀或泄放膜以防止超压,保持其压力在允许限值内。除了设计有限通流能力的设备(如 10%通流能力的泄放膜),还需考虑凝汽器压力保护的可靠性,即可以快速安全地关闭汽轮机的进汽阀和旁路阀(见 11.4)。

采取的措施需与国家规定一致。

12.2 阀体的过压保护

汽轮机进汽阀壳应通过汽水系统提供的设备以防止超压,如打开安全阀和高压旁路。

通过阀门的合理设计可以避免压力过高,这不仅对阀门的完整性很重要,而且也关系到阀门关闭的可靠性。

汽轮机的供方提供长期和短期运行允许的高压压力值给买方。

注:止回阀见 9.6。

13 振动

13.1 通则

汽轮机每个轴承或靠近轴承处应具备有可供进行振动测量的条件,需测量轴承座振动或轴相对于轴承座的振动,轴向振动通常不测量。

13.2 轴承座上测量的振动

轴承座上测得的振动按 ISO 20816-1、ISO 20816-2 或 GB/T 6075.3 所给出的限值执行和评估。

13.3 轴上测得的振动

轴振动通常测量轴相对于轴承座的振动,测点位置需接近轴承,每个测点设置 X、Y 方向两个监测点。振动应符合 ISO 20816-1、ISO 20816-2、GB/T 11348.2 或 GB/T 11348.3 给出的限制值。

14 噪声

14.1 汽轮机产生的噪声

汽轮机噪声排放的测量按 GB/T 7441 或 GB/T 14098。

注:噪声排放,指噪声功率,由独立的元件发射出来,如汽轮机、泵、马达等。

14.2 汽轮机组附近的噪声级

汽轮机组附近的噪声级取决于多种因素,例如汽轮机不同部件发出的声功率、电站其他设备部件发出的声功率、汽轮机与其他设备的相对位置以及环境周围和建筑物的音响效应,其中也包括消声材料采用的多少。

如果所有上述因素都在汽轮机供方范围之内,则买方可向汽轮机供方提出有关汽轮机附近允许噪声级的要求。如果这些因素并不全在汽轮机供方范围内,则需要买方、汽轮机供方和其他因素的责任方共同来满足买方的要求。汽轮机附近其他部件或其他设备的供方应对他们本身所供的设备或部件产生的噪声负责。

注:噪声级指在不同测量位置的噪声压力,取决于若干组成部分,也取决于环境(如天花板、墙壁等)。

如果这些要求不能靠设备的本身设计来满足,则可通过供应合适的隔声屏或罩壳来解决。

15 试验

15.1 通则

本文件要求的全部试验应按规定的条文执行。

买方任何进一步要求的试验和买方或其代表任何见证的范围应在买方的技术规范中说明。

15.2 水压试验

作为质保大纲的一部分,所有在正常运行时承受的压力超过大气压的部件均应按照供方的标准进行水压试验,零部件的完整性和密封性可通过无损检测来证明。

凡运行中不会向大气泄漏的部件,水压试验可取消。

15.3 性能试验

任何要求的性能试验范围和希望供方参加的范围应一并在买方的技术规范中提出。

热力验收试验应按 GB/T 8117(所有部分)或其他等效的标准进行。

转速和负荷调节试验应按 GB/T 22198 或其他等效的标准进行。

15.4 试验结果和数据

供方应提供买方所需的证书或报告,这些证书或报告可证实合同规定的所有试验目标已经达到。

16 交货和安装

16.1 运往现场和临时包装保护

在运出工厂之前,为防止运往现场途中和在安装前的储存阶段发生腐蚀、应力腐蚀和装卸损坏,所有汽轮机部件均应适当包装保护。储存条件和时间应由买卖双方商定。

买方应适当规定货物运输时的限制条件,例如允许的路面载荷,以及供货时以公路或是铁路运输时的空间和时间限制。

16.2 安装和调试

安装和投运程序应按供方在图样上或由其他文件提出的建议和说明进行,如果合同不包括安装和调试部分,则建议买方至少应接受供方专业人员指导。

试运行是调试的最后阶段,试运行的目的是验证设备的性能。产品规范要明确在什么情况下,一个重要部件的故障会构成试运行的中断。对于非常短时间的故障,买方可以给出让步标准,例如只需在停运期间简单地将试运行时间延长。买方不能接受试运行时发生太多故障的情况,因此买方会明确撤回让步的标准,例如买方给出不能超过的故障次数和故障时长。

产品说明书上应该明确说明调试成功完成的条件(见 17.10),包括实现产品最低性能的条件、适用于现场实现产品合法安全运行的条件和义务,以便在规定时间内在现场对产品进行较小的改动,消除较小的缺陷等。买卖双方应商定好机组调试后的试运行时间。

17 买方应提供的设计资料

17.1 通则

通常买方应向供方提出其要求的详细技术规范,建议这些要求或其他相关资料至少包括 17.2~17.14 的内容。

17.2 汽轮机和辅机的特性

汽轮机和辅机的特性包括下列内容:

- a) 在发电机终端或汽轮机联轴器处按 3.5 定义的额定输出功率[如联轴器端的净功率、发电机输出功率、MCR、阀门全开功率(VWO)、最大超负荷功率、最经济连续功率(ECR)、净电功率等];

注 1: 联轴器端的净功率指汽轮机联轴器端的功率,如果汽轮机的辅机被分开驱动,则扣除辅机所耗功率。

注 2: 发电机输出功率指扣除任何外部励磁功率后的发电机端子处功率(3.5.1)。

- 注 3：阀门全开功率指在规定的边界参数(3.3.2)下,调节(控制)阀全部开启时,汽轮机能发出的功率(3.5.1)。阀门全开功率又称最大功率。对于联合循环发电厂运行的汽轮机,其最大出力还要取决于,在低温环境下燃气轮机增加的功率输出或余热锅炉的补燃能力(如果适用)。
- 注 4：最大超负荷功率指在规定的超负荷边界条件下且调节(控制)阀全部开启时,机组能发出的最大功率,规定的超负荷边界条件是指切除末级给水加热器或提高新蒸汽压力。
- 注 5：最经济连续功率指在规定的边界参数(3.3.2)下,汽轮机能达到最低热耗率或汽耗率时的输出功率。该工况能够作为热耗保证工况。对于定压或者喷嘴控制方式运行的汽轮机,通常采用单独的 ECR。在其他运行方式下,ECR 能等价于 VWO 或 MCR。
- 注 6：净电功率指发电机输出功率(扣除外部励磁功率)扣除辅机功率后的电功率。
- b) 当要求执行 4.2 的要求时,热力性能保证用的加权值;
 - c) 要求的转速或电网频率和运行转速的范围;
 - d) 3.9、3.11 和 6.1.3 所述的所需运行总时数(寿命)和运行方式;
 - e) 汽轮机安装场地的详细情况和任何环境限制条件;
 - f) 要考虑的任何地震条件;
 - g) 潜在爆炸性的区域,GB/T 3836(所有部分)中关于爆炸介质的信息和分类;
 - h) 现场压缩空气和电源参数(电压的变化范围、不应引起汽轮机跳闸的电压中断时间、频率变化范围、终端要求)。

17.3 汽、水条件

汽、水条件包括下列内容。

- a) 在额定功率时,汽轮机各主汽阀进口处的额定蒸汽参数和最高蒸汽参数。
- b) 在额定功率时,汽轮机各排汽法兰处的蒸汽压力。如果汽轮机供方不供应凝汽器,则宜包括汽轮机排汽法兰处的压力。如果汽轮机供方也供应凝汽器,则所需资料如 17.4 所列。
- c) 对火电厂而言,如果汽轮机在汽缸间配置了再热器,但再热器不由汽轮机供方提供:
 - 冷端再热压力;
 - 再热器的压降;
 - 各再热系统安全阀的设定压力。
- d) 若汽轮机配置一外置式水分离器,但水分离器不由汽轮机供方提供:
 - 水分离器内蒸汽的压降;
 - 水分离效率;
 - 分离器疏水的去处;
 - 不属于汽轮机供货范围的安全阀或其他装置的整定压力。

若水分离器后有一级或多级汽/汽再热器,但再热器不由汽轮机供方提供:

 - 被再热蒸汽的来源(节流阀和汽轮机抽汽口);
 - 再热器管束内的压降;
 - 再热蒸汽管的压降;
 - 各级再热器的温度端差;
 - 再热器疏水的去处。

只要合适,上述参数应作为蒸汽流量的函数表示。
- e) 如果新蒸汽或再热蒸汽用喷水调温,应提供水源、水流量和水的焓值。
- f) 如果因清洗和弥补锅炉损失而向凝汽器补充水,应提供水量和水温。
- g) 如果为热电联供或其他辅助目的,应提供抽汽所需流量和压力、疏水的去处和焓值、补水位置、

补水流量和焓值,抽汽压力是否需要调整。

- h) 低压补汽:
- 压力;
 - 平均温度(或干度)和范围;
 - 蒸汽流量;
 - 控制进汽的方法;
 - 仅有高压蒸汽时所要求的最大输出功率。

注 1: 供方可要求高压蒸汽流量不低于规定值。

- i) 可用的辅助汽源及其参数,例如为了起动时供汽封密封用汽。
- j) 供汽的化学特性。
- k) 对于锅炉给水泵,买方应提供第 9 章所列的资料以及所有电厂热力和机械方面配套所需要的其他资料。凡有可能,资料中应包括这些参数随给水流量或汽轮机输出功率而变化的详细数据。

注 2: 对上述 c)、d)、e)和 g),要求买卖双方之间交换一些资料,因为非供方供应范围的设备其最终设计将受到汽轮机最终设计压力分配的影响。

17.4 凝汽器和冷却器的条件(如果该设备属供方供应范围)

凝汽器和冷却器包括下列内容:

- a) 冷却介质的来源和品质,或换热面使用的材料和设计中采用的清洁系数;
- b) 冷却介质的最高和最低温度以及年平均温度;
- c) 冷却介质可用流量或允许温升的任何限制;
- d) 冷却水系统各端点的最高和最低压力以及端点间的压降;
- e) 管道损失造成的冷却面余量的确定。

17.5 给水加热器的信息

当给水加热器不在汽轮机供方的供货范围,买方应提供布置依据[见 4.2.2 和本条 a)~m)],包括协议中规定的一个或多个特定工况。通常,给水加热系统的下列信息宜作为汽轮机供方的热力学输入信息,以便制定整套装置的热耗率保证。

- a) 给水抽汽回热级数,部分来自:
 - 从主汽轮机供汽;
 - 从驱动其他设备(如锅炉给水泵或辅助发电机或类似设备)的辅助汽轮机供汽。
- b) 每级给水加热所用的热交换器的数目和布置,以及每一加热器是由汽轮机的一个抽汽点单独供汽,还是同一给水回热级的所有加热器由一根母管供汽。
- c) 给水泵在给水加热系统中的位置,每台泵出口的给水压力和经过每台泵的给水焓升。
- d) 在相应终端点所要求的给水温度及其与要求值的允许偏差。还有,最终给水温度是否允许随汽轮机负荷自然地变化;若不允许,则由买方提出要求。
- e) 串联加热器的疏水方式以及疏水在哪一处或哪几处(如有的话)向前注入给水系统。
- f) 每台加热器的终端差,即加热器内蒸汽的饱和温度与加热器出口处给水温度之差。在进入给水加热器饱和区以前,抽汽如需冷却,则需考虑过热冷却器中的给水补充加热。
- g) 无论是单独的或与抽汽加热器做成一体的每台疏水冷却器(除扩容式外)的终端差,即加热器凝结水在疏水冷却器出口处的温度与给水在疏水冷却器进口处的温度之差。
- h) 给水系统中凝结水通过任何一台不由供方供应的热交换器的焓升。

- i) 从每个汽轮机抽汽出口至加热器的压降,或从抽汽出口至加热器的饱和温降。
- j) 抽汽蒸发器(如有的话)的型式及其在系统中的位置;所需补充水量、蒸发器的排污量和进入蒸发器的原水的焓值。
- k) 如果来自辅助设备的凝结水也由本给水加热系统处理,该凝结水的量和焓值以及进入给水加热系统的地点。
- l) 除汽轮机功率外而需调节的运行工况细节,例如在除氧器最低压力有规定时,为满足这个要求,有何可供选择的汽源及其参数。
- m) 如果加热给水的汽源不是来自主汽轮机:各汽源的压力、焓值和流量以及被凝结蒸汽的去向,与此类似,如供热介质不是蒸汽时有关的细节。

如果在投标阶段,买方无法提供足够详细的给水加热系统图,供方应说明在制定热耗率保证时使用的给水系统假设。

17.6 使用、安装和运行方式

使用、安装和运行方式包括下列内容。

- a) 被驱动机械的详情(如不由汽轮机供方供应):
 - 制造厂厂名;
 - 外形尺寸、安装尺寸和布置方式;
 - 包括汽轮机承受的所有正常或异常扭矩以及任何轴向推力和径向轴承负荷等相关特性的全部说明;
 - 对润滑油和冷却水等辅助装置的要求;
 - 如果该机械通过齿轮箱被驱动,其输出轴的转速;
 - 有关平衡、对中、膨胀的要求或影响安装后机组良好运行的其他问题。转向应与汽轮机供方商定。
- b) 被驱动机械的负荷特性、预期运行模式和运行方式。
- c) 会引起异常扭矩的电网系统的扰动次数、特性和强度。

为满足电网系统要求,应从周围的电网系统中获得数据,并且提供给负责轴系计算的一方。如果发电机和汽轮机不由同一供方供应,则发电机应向汽轮机供方详细说明,由发电机施加在汽轮机上的异常扭矩;在确定这些异常扭矩时可要求发电机和汽轮机制造厂之间共同合作。
- d) 影响汽轮机运行的有关因素,例如:
 - 工作负载(见 6.1.3);
 - 滑压的采用(见 3.10);
 - 要求最大的加负荷率[见 6.1.3c)];
 - 短期异常运行工况(见 6.3.1);
 - 蒸汽发生器的特性(见 6.1.5);
 - 如采用旁路的话,汽轮机旁路系统的容量(见 6.1.7)。
- e) 影响设备经济上最优化的有关因素,这些包括买方的一些供汽轮机本身及其凝汽设备进行优化设计的评估数据。

对于固定的新蒸汽参数和新蒸汽流量,合理选择汽轮机设备的参数,包括凝汽器及冷却水系统的相关参数,能够增加输出功率和提高效率。

买方应阐明其对下列情况作评估时采用的数据。
 - 改善一个单位的保证热耗率(指在额定边界参数下,基于指定出力以及 17.3/17.4 中所述

指定循环下所保证的热耗率。关于进出系统的流量、热量的假定都应明确。总之,用于定义热耗率的公式应在合同中明确)对其效益的影响。

- 在热耗率保证值中没有考虑的辅机电耗每增加 1 kW 对其成本的影响。
 - 增加一个单位容积流量的冷却水和补充水对其成本的增加。
 - 任何要考虑的其他装置的特性或尺寸。
- f) 安装条件(见 6.4)。
- g) 保温要求(见 7.8)。
- h) 允许噪声级(见第 14 章)。
- i) 所需的附加仪表(见 11.2.3)。
- j) 是否需要进汽压力低卸负荷或跳闸装置(见 11.4.1.2)。

17.7 基础

如果买方负责基础设计,则应尽早向汽轮机供方提供基于第 8 章中涉及资料而设计的基础外形图。

17.8 接口

买方应提供汽轮机接口的条件。

17.9 交货现场条件

现场交货条件包括下列内容:

- a) 交货地点;
- b) 影响运输状况和进入现场通道的条件、现场可用设施和延期贮存有关的任何要求;
- c) 油漆的特殊要求。

17.10 试验

性能试验范围见 15.3,安排人员参加自动化系统 FAT 和现场综合试验(SIT)的调试,试验成功完成的条件见 16.2。

17.11 自动化系统

买方应在说明书中提供下列信息:

- a) 运行环境详细资料;
- b) 电源详细资料;
- c) 机组或过程控制方案大纲;
- d) 所需控制功能清单;
- e) DCS 与 TCS 的接口要求(见 11.2.3);
- f) 对试验的特殊要求;
- g) 关于人员配备水平的信息;
- h) 可供供方使用的仪表与控制(I&C)系统的不同部分之间的电缆敷设规定(如电缆桥架);电缆的要求(如优选类型);适用标准、电线直径、标识标志等,电缆敷设要求(例如的接地、屏蔽、I&C 电缆和电源电缆的隔离、生物安全隔离、密封等)。

17.12 文件

买方提供的文件应至少包括以下信息：

- 安装、调试、运行和维护需考虑的标准(例如 GB/T 19678.1)；
- 设备识别系统,用于技术文件、软件对部件的功能、产地、型号进行说明,并用于标识；
- 标书和合同中使用的计量单位。

17.13 质量监测

买方可规定与供方质量体系有关的最低要求。此要求适用于汽轮机供方,不必适用于其所有分供方,见 GB/T 19000 系列标准。

提供一份文件,说明对供应范围适用的质量措施。

17.14 风险评估

买方可要求供方代表参加风险评估。

| 18 供方提供的设计资料

供方应向买方提供其设备的详细资料,至少包括下列项目。

- a) 为保证汽轮机的稳定性,买方在进行接口与管道系统的机械设计时,要限制来自主蒸汽管道的力和力矩。供方应提供满足需要的管道力和力矩资料(见 7.3),供买方按此设计管道系统;如果给水加热器或类似设备在供方的供货范围内,就水管系而言,也可要求提供类似的资料;对于超临界汽轮机(指新蒸汽压力高于水的临界压力的汽轮机,更高进汽参数的汽轮机也可非标准化命名为超超临界汽轮机),供方应提供关于汽轮机跳闸时阀门内质量流量瞬变的信息,以及在部分阀门跳闸后剩余开启阀门因跳闸而关闭时的质量流量瞬态信息(见 6.3.3)。
- b) 接口在有关运行条件下的热膨胀。
- c) 当给水加热器在汽轮机供方的供货范围,供方应提供给水加热系统图(见 4.2.2),包括协议中规定的一个或多个特定工况。通常,给水加热系统的下列信息宜作为汽轮机买方的热力学输入信息,以确定整个水-蒸汽循环效率:
 - 给水加热器数量和布置,
 - 阀门和管道损失,
 - 泵损失,
 - 给水加热器端差,
 - 汽轮机和加热器之间压差。
- d) 到买方管道系统的所有管子接口尺寸以及焊缝坡口。
- e) 必要的技术资料 and 图样相互提供的时间建议表,以使汽轮发电机组及其辅机能纳入总体电站设计中去。
- f) 启动时汽封密封用辅助蒸汽的参数和流量要求。
- g) 辅助系统运行所需的电源、压缩空气和冷却水的要求。
- h) 第 8 章中所述的汽轮机基础资料。
- i) 投标阶段的 I&C 相关信息,包括:
 - 初版信号交换清单(电厂辅助设备范围内);
 - 初版测量装置清单;

- 初版耗电量清单。
- j) 项目执行阶段的 I&C 相关信息,包括:
- 电缆要求(如果电缆不在汽轮机供电范围内);
 - 信号交换清单(电厂辅助设备范围内);
 - 调试说明(如果调试在买方的范围内);
 - 选定范围的功能说明书,以备买方要求在 DCS 中实现汽轮机控制的某些功能(例如辅助设备的控制)。

附 录 A
(资料性)
结构编号对照一览表

表 A.1 给出了本文件与 IEC 60045-1:2020 结构编号对照一览表。

表 A.1 本文件与 IEC 60045-1:2020 结构编号对照情况

本文件结构编号	IEC 60045-1:2020 结构编号
1	1
2	2
3	3
3.1	3.1
3.1.1	3.1.1~3.1.3
3.1.2	3.1.5
3.1.3	3.1.9
3.1.4	3.1.10
3.1.5	3.1.13
3.1.6	3.1.14
3.1.7	3.1.15
3.2	3.2
3.2.1	3.2.2
3.3	3.3
3.3.1	3.3.1
3.3.2	3.3.2
3.3.3	3.3.2.2
3.3.4	3.3.2.4
3.3.5	—
3.4	3.4
3.4.1	3.4.1
3.5	3.5
3.5.1	3.5.1
3.5.2	3.5.4
3.5.3	—
3.6	3.6

表 A.1 本文件与 IEC 60045-1:2020 结构编号对照情况 (续)

本文件结构编号	IEC 60045-1:2020 结构编号
3.6.1	3.6.1、3.6.2
3.7	3.7
3.7.1	3.7.1
3.8、3.8.1	3.8
3.9	3.9
3.9.1	3.9.2
3.10	3.10
3.10.1	3.10.5
3.11	3.11
3.12	3.12
3.12.1	3.12.1
3.12.2	3.12.3、3.12.5
3.12.3	3.12.4
4	4
4.1	4.1
4.2	4.2.1、4.2.2
4.3	4.2.3
4.4	4.2.4
4.5	4.2.5
4.6	4.2.6
4.7	4.2.7
5	5
5.1	5.1
5.2	5.2
5.2.1	5.2.1
5.2.2	5.2.2
5.2.3	5.2.3
5.2.4	5.2.4
5.2.5、5.2.5.1~5.2.5.4	5.2.5
5.3	5.3
5.4	5.4

表 A.1 本文件与 IEC 60045-1:2020 结构编号对照情况 (续)

本文件结构编号	IEC 60045-1:2020 结构编号
5.5	5.5
6	6
6.1.1	6.1.1
6.1.2	6.1.2
6.1.3	6.1.3
6.1.4	6.1.5
6.1.5	6.1.6
6.1.6	6.1.8
6.2	6.2
6.2.1	6.2.2
6.2.2	6.2.3
6.2.3,6.2.4	6.2.4
6.2.5	6.2.5
6.3	6.3
6.3.1	6.3.1
6.3.2	6.3.2
6.3.3	6.3.3
6.4	6.4
6.4.1	6.4.1
6.4.2	6.4.2
6.5	6.5
6.6	6.6
7	7
7.1	7.1
7.2	7.2
7.2.1	7.2.1
7.2.2	7.2.2
7.3	7.3
7.4	7.4
7.4.1	7.4.1
7.4.2	7.4.2

表 A.1 本文件与 IEC 60045-1:2020 结构编号对照情况 (续)

本文件结构编号	IEC 60045-1:2020 结构编号
7.4.3	7.4.3
7.4.4	7.4.4
7.4.5	7.4.5
7.5	7.5
7.6	7.6
7.6.1~7.6.6	7.6a)~7.6f)
7.7	7.7
7.8	7.8
7.9	7.9
8、8.1~8.7	8
9	9
9.1	9.1
9.2	9.2
9.3	9.3
9.4	9.4
9.5	9.5
9.6	9.6
9.6.1	9.6.1
9.6.2	9.6.2
9.6.3	9.6.3
10	10
10.1	10.1
10.2、10.2.1~10.2.14	10.2
10.3	10.3
10.4	10.4
10.5	10.5
10.6	10.6
10.7	10.7
10.8、10.8.1~10.8.3	10.8
11	11
11.1	11.1

表 A.1 本文件与 IEC 60045-1:2020 结构编号对照情况 (续)

本文件结构编号	IEC 60045-1:2020 结构编号
11.2	11.2
11.2.1	11.2.1
11.2.2	11.2.2
11.2.3	11.2.3
11.2.4	11.2.4
11.2.4.1	11.2.4.1
11.2.4.2	11.2.4.2
11.3	11.3
11.3.1	11.3.1
11.3.2	11.3.2
11.3.3	11.3.3
11.3.4	11.3.4
11.3.5	11.3.5
11.3.6	11.3.6
11.3.7	11.3.7
11.3.8	11.3.8
11.3.9	11.3.9
11.4	11.4
11.4.1	11.4.1.1
11.4.2	11.4.1.2
11.4.3	11.4.1.3
11.4.4	11.4.1.4
11.4.5	11.4.2
11.5	11.5
11.5.1	11.5.1
11.5.2	11.5.2
11.5.3	11.5.3
11.5.4	11.5.4
11.5.5	11.5.5
12	12

表 A.1 本文件与 IEC 60045-1:2020 结构编号对照情况 (续)

本文件结构编号	IEC 60045-1:2020 结构编号
12.1	12.1
12.2	12.2
13	13
13.1	13.1
13.2	13.2
13.3	13.3
14	14
14.1	14.2
14.2	14.3
15	15
15.1	15.1
15.2	15.2
15.3	15.3
15.4	15.4
16	16
16.1	16.1
16.2	16.2
17	17
17.1	17.1
17.2	17.2
17.3	17.3
17.4	17.4
17.5	17.5
17.6	17.6
17.7	17.7
17.8	17.8
17.9	17.9
17.10	17.10
17.11	17.11
17.12	17.12
17.13	17.13

表 A.1 本文件与 IEC 60045-1:2020 结构编号对照情况 (续)

本文件结构编号	IEC 60045-1:2020 结构编号
17.14	17.14
18	18
段	18.1
18a)~18j)	18.2~18.9
附录 A	—
附录 B	—
附录 C	—
附录 D	附录 A
参考文献	附录 B
图 1a)	图 1
图 1b)	图 2
图 1c)	图 3
图 1d)	—
表 1	表 4
表 2	表 5
表 3	表 6
—	3.1.4, 3.1.6~3.1.8, 3.1.11, 3.1.12, 3.1.16, 3.2.1, 3.3.2.1, 3.3.2.3, 3.3.2.5~3.3.2.8, 3.4.2~3.4.6, 3.5.2, 3.5.3, 3.5.5~3.5.8, 3.7.2, 3.7.3, 3.9.1, 3.9.3~3.9.5, 3.10.1~3.10.4, 3.10.6~3.10.8, 3.12.2, 3.12.6~3.12.8, 4.2, 6.1.4, 6.1.7, 6.2.1, 14.1, 表 1~表 3

附 录 B
(资料性)
技术差异及其原因一览表

表 B.1 给出了本文件与 IEC 60045-1:2020 技术差异及其原因的一览表。

表 B.1 本文件与 IEC 60045-1:2020 技术差异及其原因

本文件结构编号	技术差异	原因
1	修改了适用范围,删除了多余的表述	删除不适合我国标准的表述
3.1.1	将术语“高压汽轮机”“中压汽轮机”“低压汽轮机”合并为“高、中、低压汽轮机”	定义表述一致,不影响标准执行
3.3.1	增加了图 1d)单轴联合循环多缸汽轮机接口	增加联合循环汽轮机常用布置方式,便于标准使用者的理解
3.3.5	增加了术语“抽汽参数”	便于标准使用者的理解和执行
3.5.3	增加了术语“辅机功率”	便于标准使用者的理解和执行
4.5	用规范性引用的 GB/T 8117.3 替换了 IEC 60593-3	引用国家标准,便于标准的使用,也适应我国的技术条件和标准编写要求
6.1.2	删除了环境温度启动	不影响标准执行,也适应我国的技术条件
6.2	删除了 6.2.1 通则	不影响标准执行
6.2.1	删除了表 1	表 1 的内容已经在正文中体现,删除后不影响标准执行
6.2.2.1	删除了表 2	表 2 的内容已经在正文中体现,删除后不影响标准执行
6.2.2.1	额定蒸汽温度超过 566 ℃时,允许偏差由买卖双方商定	适应我国的技术条件
6.2.3	增加了背压式汽轮机的排汽压力	规定更全面和明确,便于标准执行
6.2.4	增加了凝汽式汽轮机的排汽压力	规定更全面和明确,便于标准执行
6.3.2	删除了供方应明确指定的异常运行工况时电厂运行的一些要求	与上一版保持一致
6.3.3	删除了汽轮机管道系统的设计应满足罕见工况的要求;删除了卖方应提供当保持打开的阀门由于机组跳机而关闭时的,瞬时积聚汽流的数据	适应我国的技术条件,便于标准执行
7.4.1	用规范性引用的 GB/T 9239.12 替换了 ISO 11342;用等同采用国际标准的 GB/T 9239.1 和 GB/T 9239.14 代替了 ISO 1940	引用国家标准,便于标准的使用,也适应我国的技术条件和标准编写要求

表 B.1 本文件与 IEC 60045-1:2020 技术差异及其原因 (续)

本文件结构编号	技术差异	原因
7.4.2	用规范性引用的 GB/T 9239.31 替换了 ISO 21940-31	引用国家标准,便于标准的使用,也适应我国的技术条件和标准编写要求
7.4.3	试验应在汽轮机制造厂进行改为宜在汽轮机制造厂进行	适应我国的技术条件
7.8	更改了保温的技术要求	适应我国的技术条件,便于标准执行
8.2	用规范性引用的 GB/T 6075.3 替换了 ISO 10816-3	引用国家标准,便于标准的使用,也适应我国的技术条件和标准编写要求
10.2.8	增加了规范性引用的 JB/T 4058	适应我国的技术条件,便于标准执行
11.2.2	用规范性引用的 GB/T 18268(所有部分)替换了 IEC 61326(所有部分)	引用国家标准,便于标准的使用,也适应我国的技术条件和标准编写要求
11.2.3	用规范性引用的 GB/T 3836(所有部分)替换了 IEC 60079	引用国家标准,便于标准的使用,也适应我国的技术条件和标准编写要求
11.2.3	用规范性引用的 GB/T 5226.1 替换了 IEC 60204-1	引用国家标准,便于标准的使用,也适应我国的技术条件和标准编写要求
11.4.1.2	用规范性引用的 GB/T 16754 替换了 ISO 13850	引用国家标准,便于标准的使用,也适应我国的技术条件和标准编写要求
13.2	用规范性引用的 GB/T 6075.3 替换了 ISO 10816-3	引用国家标准,便于标准的使用,也适应我国的技术条件和标准编写要求
13.3	增加了规范性引用的 GB/T 11348.2	适应我国的技术条件,便于标准执行
13.3	用规范性引用的 GB/T 11348.3 替换了 ISO 7919-3	引用国家标准,便于标准的使用,也适应我国的技术条件和标准编写要求
14.1	用规范性引用的 GB/T 14098 替换了 ISO 10494,增加了规范性引用的 GB/T 7441	引用国家标准,便于标准的使用,也适应我国的技术条件和标准编写要求
15.3	用规范性引用的 GB/T 22198 替换了 IEC 61064;用规范性引用的 GB/T 8117(所有部分)替换了 IEC 60953(所有部分)	引用国家标准,便于标准的使用,也适应我国的技术条件和标准编写要求
18	删除了供方应提供的热辐射设计资料	不影响标准执行,也适应我国的技术条件

附录 C

(资料性)

规范性引用文件中我国文件与国际文件之间的一致性程度

表 C.1 给出了规范性引用文件中我国文件与国际文件之间的一致性程度。

表 C.1 规范性引用文件中我国文件与国际文件之间的一致性程度

序号	我国文件与国际文件之间的一致性程度
1	GB/T 3836.1—2021 爆炸性环境 第 1 部分:设备 通用要求(IEC 60079-0:1998,MOD)
2	GB/T 3836.2—2021 爆炸性环境 第 2 部分:由隔爆外壳“d”保护的装置(IEC 60079-1:2014,MOD)
3	GB/T 3836.3—2021 爆炸性环境 第 3 部分:由增安型“e”保护的装置(IEC 60079-7:2015,MOD)
4	GB/T 3836.4—2021 爆炸性环境 第 4 部分:由本质安全型“i”保护的装置(IEC 60079-11:2011,MOD)
5	GB/T 3836.5—2021 爆炸性环境 第 5 部分:由正压外壳“p”保护的装置(IEC 60079-2:2014,MOD)
6	GB/T 3836.6—2017 爆炸性环境 第 6 部分:由油浸型“o”保护的装置(IEC 60079-6:2015,MOD)
7	GB/T 3836.7—2017 爆炸性环境 第 7 部分:由充砂型“q”保护的装置(IEC 60079-5:2015,MOD)
8	GB/T 3836.8—2021 爆炸性环境 第 8 部分:由“n”型保护的装置(IEC 60079-15:2017,MOD)
9	GB/T 3836.9—2021 爆炸性环境 第 9 部分:由浇封型“m”保护的装置(IEC 60079-18:2014,MOD)
10	GB/T 3836.11—2022 爆炸性环境 第 11 部分:气体和蒸气物质特性分类 试验方法和数据 (ISO/IEC 80079-20-1:2017,IDT)
11	GB/T 3836.12—2019 爆炸性环境 第 12 部分:可燃性粉尘物质特性 试验方法 (ISO/IEC 80079-20-2:2016,IDT)
12	GB/T 3836.13—2021 爆炸性环境 第 13 部分:设备的修理、检修、修复和改造(IEC 60079-19:2019,MOD)
13	GB 3836.14—2014 爆炸性环境 第 14 部分:场所分类 爆炸性气体环境(IEC 60079-10-1:2008,IDT)
14	GB/T 3836.15—2017 爆炸性环境 第 15 部分:电气装置的设计、选型和安装(IEC 60079-14:2007,MOD)
15	GB/T 3836.16—2022 爆炸性环境 第 16 部分:电气装置的检查与维护(IEC 60079-17:2013,MOD)
16	GB/T 3836.17—2019 爆炸性环境 第 17 部分:正压房间“p”和人工通风房间“v”保护的装置(IEC 60079-13:2017,MOD)
17	GB/T 3836.18—2017 爆炸性环境 第 18 部分:本质安全电气系统(IEC 60079-25:2010,MOD)
18	GB 3836.20—2010 爆炸性环境 第 20 部分:设备保护级别(EPL)为 Ga 级的装置(IEC 80079-26:2006,IDT)
19	GB/T 3836.21—2022 爆炸性环境 第 21 部分:防爆产品生产质量管理体系的应用(ISO/IEC 80079-34:2018,MOD)
20	GB/T 3836.22—2017 爆炸性环境 第 22 部分:光辐射设备和传输系统的保护措施(IEC 60079-28:2006,MOD)
21	GB/T 3836.24—2017 爆炸性环境 第 24 部分:由特殊型“s”保护的装置(IEC 60079-33:2012,MOD)

表 C.1 规范性引用文件中我国文件与国际文件之间的一致性程度 (续)

序号	我国文件与国际文件之间的一致性程度
22	GB/T 3836.25—2019 爆炸性环境 第 25 部分:可燃性工艺流体与电气系统之间的工艺密封要求 (IEC TS 60079-40:2015,MOD)
23	GB/T 3836.26—2019 爆炸性环境 第 26 部分:静电危害 指南(IEC TS 60079-32-1:2013,MOD)
24	GB/T 3836.27—2019 爆炸性环境 第 27 部分:静电危害 试验(IEC 60079-32-2:2015:2010,MOD)
25	GB/T 3836.28—2021 爆炸性环境 第 28 部分:爆炸性环境用非电气设备 基本方法和要求(IEC 60079-36:2016,MOD)
26	GB/T 3836.29—2021 爆炸性环境 第 29 部分:爆炸性环境用非电气设备 结构安全型“c”、控制点燃源型“b”、液浸型“k”(IEC 60079-37:2016,MOD)
27	GB/T 3836.30—2021 爆炸性环境 第 30 部分:地下矿井爆炸性环境用设备和元件(ISO/IEC 80079-38:2016,MOD)
28	GB/T 3836.31—2021 爆炸性环境 第 31 部分:由防粉尘点燃外壳“t”保护的装置(IEC 60079-31:2013,NEQ)
29	GB/T 3836.32—2021 爆炸性环境 第 32 部分:电子控制火花时限本质安全系统(IEC TS 60079-39:2015,MOD)
30	GB/T 3836.33—2021 爆炸性环境 第 33 部分:严酷工作条件用设备(IEC TS 60079-43:2017,MOD)
31	GB/T 3836.34—2021 爆炸性环境 第 34 部分:成套设备(IEC TS 60079-46:2017,MOD)
32	GB/T 3836.35—2021 爆炸性环境 第 35 部分:爆炸性粉尘环境场所分类(IEC 60079-10-2:2015,MOD)
33	GB/T 3836.36—2022 爆炸性环境 第 36 部分:控制防爆设备潜在点燃源的电气安全装置(IEC TS 60079-42:2019,MOD)
34	GB/T 8117.1—2008 汽轮机热力性能验收试验规程 第 1 部分:方法 A——大型凝汽式汽轮机高准确度试验(IEC 60953-1:1990,IDT)
35	GB/T 8117.2—2008 汽轮机热力性能验收试验规程 第 2 部分:方法 B——各种类型和容量的汽轮机宽准确度试验(IEC 60953-2:1990,IDT)
36	GB/T 8117.3—2014 汽轮机热力性能验收试验规程 第 3 部分:方法 C 改造汽轮机的热力性能验证试验(IEC 60953-3:2001,IDT)
37	GB/T 18268.1—2010 测量、控制和实验室用的电设备 电磁兼容性要求 第 1 部分:通用要求(IEC 61326-1:2005,IDT)
38	GB/T 18268.21—2010 测量、控制和实验室用的电设备 电磁兼容性要求 第 21 部分:特殊要求 无电磁兼容防护场合用敏感性试验和测量设备的试验配置、工作条件和性能判据(IEC 61326-2-1:2005,IDT)
39	GB/T 18268.22—2010 测量、控制和实验室用的电设备 电磁兼容性要求 第 22 部分:特殊要求 低压配电系统用便携式试验、测量和监控设备的试验配置、工作条件和性能判据(IEC 61326-2-2:2005,IDT)
40	GB/T 18268.23—2010 测量、控制和实验室用的电设备 电磁兼容性要求 第 23 部分:特殊要求 带集成或远程信号调理变送器的试验配置、工作条件和性能判据(IEC 61326-2-3:2006,IDT)

表 C.1 规范性引用文件中我国文件与国际文件之间的一致性程度 (续)

序号	我国文件与国际文件之间的一致性程度
41	GB/T 18268.24—2010 测量、控制和实验室用的电设备 电磁兼容性要求 第 24 部分:特殊要求 符合 IEC 61557-8的绝缘监控装置和符合 IEC 61557-9 的绝缘故障定位设备的试验配置、工作条件和性能判据 (IEC 61326-2-4:2006, IDT)
42	GB/T 18268.25—2010 测量、控制和实验室用的电设备 电磁兼容性要求 第 25 部分:特殊要求 接口符合 IEC 61784-1, CP3/2 的现场装置的试验配置、工作条件和性能判据 (IEC 61326-2-5:2006, IDT)
43	GB/T 18268.26—2010 测量、控制和实验室用的电设备 电磁兼容性要求 第 26 部分:特殊要求 体外诊断 (IVD) 医疗设备 (IEC 61326-2-6:2005, IDT)
44	GB/T 18268.31—2022 测量、控制和实验室用的电设备 电磁兼容性要求 第 31 部分:安全相关系统和预期执行安全相关功能(功能安全)设备的抗扰度要求 一般工业应用 (IEC 61326-3-1:2017, IDT)
45	GB/T 18268.32—2010 测量、控制和实验室用的电设备 电磁兼容性要求 第 32 部分:安全相关系统和预期执行安全相关功能(功能安全)设备的抗扰度要求 特定电磁环境的工业应用 (IEC 61326-3-2:2017, IDT)

附 录 D
(资料性)
汽轮机固定部件的焊接

D.1 总则

本附录所依据的是电站汽轮机一般固定焊接结构的现有国际标准。

可根据本附录进行补焊。

本附录不包括旋转部件的焊接。

产品焊缝的工艺评定见 GB/T 40800。

注：在以下仅提及 ISO 标准的情况下，由买方和供方商定类似标准或具体制造商标准的同等标准。

D.2 焊接设计、鉴定和执行原则

材料的尺寸和选择是制造商的责任，宜考虑以下原则：

- 材料半成品焊接和检验导向设计；
- 材料适合焊接，填充材料与基本材料相匹配；
- 结构焊缝主要位于低负荷区域；
- 在进行测试时，结构焊缝之间有足够的距离。

设计部门通过焊缝的功能和可预见的潜在风险，根据 GB/T 19418 指定焊接质量等级；根据 GB/T 12467(所有部分)指定质量要求(见表 D.1 和表 D.2)。

其他质量要求可来自制造商规范。考虑到制造过程中质量保证程度，制造商的设计部门也应确定无损检验(NDE)的范围。

注：保证相邻焊缝的间距，例如 1.5 倍外径或 10 倍材料厚度。

这些标准不包括完工焊缝，宜进行相应处理。

表 D.1 功能与其可预见的潜在风险和制造商的质量要求之间的相关性

辅助部件	主要功能部件		
机器的可靠性和功能不受直接影响	连接,组件的可靠性不受其直接影响	连接,其可靠性直接影响组件的可靠性	带有特殊负载或特殊工艺的连接,直接影响构件的可靠性,影响人的安全
对制造商的质量要求 GB/T 12467(所有部分)			
第 4 部分	第 3 部分	第 3 部分或第 2 部分	第 2 部分
焊接等级			
WC 3	WC 2	WC 2 或 WC 1	WC 1

焊接质量等级(GB/T 19418)的分类是基于对焊缝表面结构完整性的评估。主负载情况的使用级别决定了检查的范围。宜根据制造商的内部经验来确定检验的范围。

表 D.2 结构完整性与质量水平的相关性

具有辅助功能的连接件	具有显著功能的连接件(根据对焊缝低周疲劳的评估)		
机器的可靠性和功能不受直接影响	应用于非关键区。为焊缝定义的非临界区域 $D < 0.1$	标准焊接类 ($0.1 < D < 0.5$)	受蠕变影响的零件以及循环加载组件临界区域 ($0.5 < D < 1$)
质量水平 GB/T 19418			
一般	一般	中等	严格、中等 ^a
<p>注：D——疲劳利用，取决于与接合处疲劳曲线对应的统计基础。</p> <p>当 $1\ 000 < N_{eq} \leq 10\ 000$ 时，$D = 0.5$。</p> <p>N_{eq}——等效全压循环数。</p>			
^a 适用于符合 GB/T 40800 的钢铸件。			

对 GB/T 22085.1 中堆焊和 GB/T 33214 中激光焊接/电弧混合焊接的评估具有重大意义。

图纸上焊缝的表示宜至少符合 GB/T 324。系统 A 或 B 应在图纸上确定。

典型焊缝的焊接准备的推荐见 GB/T 985(所有部分)和 ISO 17659。对于特殊焊缝，供方可能会采用不同的焊接设计，此时供方应确定焊接工艺参数(焊缝类型、最小厚度、焊接工艺评定等)。

注：考虑填料的适用性(例如适当的长时间蠕变应力)。

关于焊接工艺合格性(WPQR)的要求，应满足表 D.3 的要求。

表 D.3 焊接及工艺方法的焊接工艺合格性

工艺方法 ^a	合格性检查方法	评定标准	焊接等级		
			WC1	WC2	WC3
111、12、13、14、15	焊接工艺试验	ISO 15614(所有部分)	×	×	×
	生产前焊接试验	GB/T 19868.4	×	×	×
	标准焊接工序	GB/T 19868.3	—	—	×
	先前的焊接经验	GB/T 19868.2	—	× ^b	×
51、52	焊接工艺试验	GB/T 29710 GB/T 33645	×	×	×
<p>注 1：相关产品标准和(或)规范可能要求其他工艺规程的合格性。</p> <p>注 2：“焊接等级”中，“×”表示允许，“—”表示不允许。</p>					
<p>^a 焊接及相关工艺方法的代号见 GB/T 5185—2005 第 4 章。</p> <p>^b 参考。</p>					

焊接宜根据 GB/T 19867(所有部分)中的焊接工艺规范(WPS)进行，其中包括了有关具体焊接工艺的详细信息。在制造和检验计划中，明确给出了包括焊接、热处理和试验在内的生产跟踪的重要步骤。

符合 GB/T 18591 的焊接过程中的热控制和焊后热处理应根据制造商的要求进行，见 ISO 17663。

D.3 焊接监理、焊接人员

焊接监理(协调)人员的任务见 GB/T 12467(所有部分)的相应部分。

对于生产厂家的焊工和操作人员(资质、合格检验证书及其有效性)的资质和委派,根据 GB/T 19419,由焊接协调机构负责。

焊工和操作人员的检查宜按照 GB/T 15169、GB/T 24598、GB/T 30563、GB/T 32257、GB/T 36234 和 GB/T 19805。

D.4 试验

用于单一检验或所有焊接试验(有损和/或无损)的测试方法、验收标记、偏离指定值和测试区域由制造商负责,并取决于以下因素:

- 材料;
- 参考的经验;
- 负荷;
- 操作过程中单个焊缝的计划使用寿命;
- 可靠性和安全性;
- 如同意,检验人员宜符合 GB/T 9445 的要求。

测试范围宜由设计部门确定。使用某种焊接解决方案的经验越多,所规定的产品质量保证越多,可能需要的测试范围就越小。应进行 100% 的目测试验。其他如渗透剂测试(PT)、磁粉测试(MT)、射线检测(RT)、超声检测(UT)、泄漏和压力测试等测试方法的范围,由供方决定。

D.5 文件

供方提供的焊接质量文件的范围,见 GB/T 12467(所有部分)对制造商的质量要求部分(见表 D.1),并在 GB/T 12467.1—2009 附录 A 中作了说明。

参 考 文 献

- [1] GB/T 324 焊缝符号表示法
- [2] GB/T 985(所有部分) 焊接和相关工艺
- [3] GB/T 5185—2005 焊接及相关工艺方法代号
- [4] GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证
- [5] GB/T 12467(所有部分) 金属材料熔焊的质量要求
- [6] GB/T 12467.1—2009 金属材料熔焊质量要求 第1部分:质量要求相应等级的选择准则
- [7] GB/T 15169 钢熔化焊焊工技能评定
- [8] GB/T 17799.2 电磁兼容 通用标准 第2部分:工业环境中的抗扰度标准
- [9] GB/T 17799.4 电磁兼容 通用标准 第4部分:工业环境中的发射
- [10] GB/T 18336(所有部分) 信息技术 安全技术 信息技术安全评估准则
- [11] GB/T 18591 焊接 预热温度、道间温度及预热维持温度的测量指南
- [12] GB/T 18978(所有部分) 人-系统交互工效学
- [13] GB/T 19000 质量管理体系 基础和术语
- [14] GB/T 19418 钢的弧焊接头 缺陷质量分级指南
- [15] GB/T 19419 焊接协作 任务及职责
- [16] GB/T 19678.1 使用说明的编制 构成、内容和表示方法 第1部分:通则和详细要求
- [17] GB/T 19805 焊接人员 金属材料机械化焊接和自动焊的焊接操作工和焊接安装工的资格测试
- [18] GB/T 19867(所有部分) 金属材料焊接工艺的规范与评定 焊接工艺规程
- [19] GB/T 19868.2 基于焊接经验的工艺评定
- [20] GB/T 19868.3 基于标准焊接规程的工艺评定
- [21] GB/T 19868.4 基于预生产焊接试验的工艺评定
- [22] GB/T 20438(所有部分) 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全
- [23] GB/T 20438.5—2017 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第5部分:确定安全完整性等级的方法示例
- [24] GB/T 21109(所有部分) 过程工业领域安全仪表系统的功能安全
- [25] GB/T 21109.1 过程工业领域安全仪表系统的功能安全 第1部分:框架、定义、系统、硬件和应用编程要求
- [26] GB/T 21109.3 过程工业领域安全仪表系统的功能安全 第3部分:确定要求的安全完整性等级的指南
- [27] GB/T 22085.1 电子束及激光焊接接头 缺欠质量分级指南 第1部分:钢
- [28] GB/T 23821 机械安全 防止上下肢触及危险区的安全距离
- [29] GB/T 24598 铝及铝合金熔化焊焊工技能评定
- [30] GB/T 29710 电子束及激光焊接工艺评定试验方法
- [31] GB/T 30563 铜及铜合金熔化焊焊工技能评定
- [32] GB/T 32257 镍及镍合金熔化焊焊工技能评定
- [33] GB/T 33214 钢、镍及镍合金的激光-电弧复合焊接接头 缺欠质量分级指南
- [34] GB/T 33645 钢、镍及镍合金的激光-电弧复合焊接工艺评定试验

- [35] GB/T 36234 钛及钛合金、锆及锆合金熔化焊焊工技能评定
 - [36] GB/T 40800 铸钢件焊接工艺评定规范
 - [37] GB/T 41261 过程工业报警系统管理
 - [38] DL/T 834 火力发电厂汽轮机防进水和冷蒸汽导则
 - [39] ISO 15614(所有部分) Specification and qualification of welding procedures for metallic materials—Welding procedure test
 - [40] ISO 17659 Welding—Multilingual terms for welded joints with illustrations
 - [41] ISO 17663 Welding—Quality requirements for heat treatment in connection with welding and allied processes
 - [42] IEC 60812 Failure modes and effects analysis (FMEA and FMECA)
 - [43] IEC 61025 Fault tree analysis (FTA)
 - [44] IEC 61511-3:2016 Functional safety—Safety instrumented systems for the process industry sector—Part 3: Guidance for the determination of the required safety integrity levels
 - [45] IEC 61882 Hazard and operability studies (HAZOP studies)—Application guide
 - [46] IEC 62381 Automation systems in the process industry—Factory acceptance test (FAT), site acceptance test (SAT), and site integration test (SIT)
 - [47] IEC 62541(所有部分) OPC Unified Architecture
-

⚠ 版权声明

中国标准在线服务网(www.spc.org.cn)是中国标准出版社委托北京标科网络技术有限公司负责运营销售正版标准资源的网络服务平台,本网站所有标准资源均已获得国内外相关版权方的合法授权。未经授权,严禁任何单位、组织及个人对标准文本进行复制、发行、销售、传播和翻译出版等违法行为。版权所有,违者必究!



定 价: 97元



GB/T 5578-2024

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
固定式发电用汽轮机规范
GB/T 5578—2024

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址:www.spc.net.cn

服务热线:400-168-0010

2024年5月第一版

*

书号:155066·1-76031

版权专有 侵权必究