ICS 27.100
N 17

中华人民共和国国家标准

GB/T 38921—2020

火力发电厂汽轮机安全保护系统技术条件

Specification of steam turbine safety protection system for thermal power plant

2020-06-02 发布　　2020-12-01 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 …… Ⅰ
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　应用功能 …… 3
5.1　基本要求 …… 3
5.2　人机接口 …… 3
5.3　保护功能 …… 3
5.4　试验功能 …… 4
6　电子控制装置 …… 5
6.1　基本要求 …… 5
6.2　冗余配置要求 …… 6
6.3　安全性要求 …… 6
6.4　人机接口 …… 6
6.5　控制器 …… 6
6.6　机柜和接地 …… 7
6.7　过程输入/输出(I/O) …… 8
6.8　电源 …… 8
7　测量仪表和执行设备 …… 9
7.1　测量仪表 …… 9
7.2　执行设备 …… 9
8　验收与测试 …… 10
8.1　工厂验收 …… 10
8.2　现场验收 …… 11
8.3　考核与质保 …… 11
9　技术文件 …… 11
9.1　基本要求 …… 11
9.2　硬件资料 …… 11
9.3　系统软件资料 …… 12
9.4　I/O 清单设计资料 …… 12
9.5　其他资料 …… 12
10　包装和贮存 …… 12
10.1　包装 …… 12
10.2　贮存 …… 13
附录 A（规范性附录）　汽轮机安全保护系统功能验收表 …… 14

前　言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由全国电站过程监控及信息标准化技术委员会(SAC/TC 376)归口。

本标准起草单位:国网湖南省电力有限公司电力科学研究院、湖南省湘电试验研究院有限公司、上海新华控制技术集团科技有限公司、内蒙古电力科学研究院、国网浙江省电力有限公司电力科学研究院、广东电科院能源技术有限责任公司。

本标准主要起草人:朱晓星、陈厚涛、刘武林、王锡辉、王志杰、张建玲、寻新、陈光远、张国斌、苏烨、马骏、潘凤萍、王伯春、傅强、罗志浩。

火力发电厂汽轮机安全保护系统技术条件

1 范围

本标准规定了火力发电厂汽轮机安全保护系统的功能、性能指标和技术要求。

本标准适用于火电厂单机容量300 MW及以上机组的汽轮机安全保护系统，其他容量机组的汽轮机安全保护系统可参照执行。

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 2421.1 电工电子产品环境试验 概述和指南

GB 3836.2 爆炸性环境 第2部分：由隔爆外壳“d”保护的设备

GB/T 4208 外壳防护等级(IP代码)

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 13399 汽轮机安全监视装置技术条件

GB/T 17214.1 工业过程测量和控制装置工作条件 第1部分：气候条件

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验

GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验

GB/T 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验

GB/T 18271.3 过程测量和控制装置 通用性能评定方法和程序 第3部分：影响量影响的试验

GB/T 26863—2011 火电站监控系统术语

GB/T 30372 火力发电厂分散控制系统验收导则

GB/T 36285 火力发电厂汽轮机电液控制系统技术条件

GB 50229 火力发电厂与变电站设计防火标准

3 术语和定义

GB/T 26863—2011界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出了GB/T 26863—2011中的某些术语和定义。

3.1

汽轮机紧急跳闸系统 emergency trip system；ETS

在汽轮机运行过程中出现异常时，能采取必要措施进行处理，并在异常情况继续发展到可能危及设备及人身安全时，能采取断然措施停止汽轮机运行的自动控制系统。

[GB/T 26863—2011，定义7.13.1]

3.2

汽轮机安全保护系统　steam turbine protection system

由汽轮机紧急跳闸系统(ETS)及其相关的测量仪表与执行设备组成的系统。

3.3

分散控制系统　distributed control system;DCS

采用计算机、通信和屏幕显示技术,实现对生产过程的数据采集、控制和保护等功能,利用通信技术实现数据共享的多计算机监控系统。

注:主要特点是功能分散,操作显示集中,数据共享。根据具体情况也可以是硬件布置上的分散。

3.4

数字电液控制系统　digital electro-hydraulic control system;DEH

数字电调

由电气原理组成的敏感元件、数字电路(计算机),由电气/液压原理组成的放大元件和液压原理组成的伺服机构所组成的汽轮机控制系统。

[GB/T 26863—2011,定义 6.29.4.3]

3.5

超速保护控制　over-speed protection control;OPC

一种抑制超速的控制功能。

注:采用加速度限制方法实现,也有采用双位控制方式实现。前者当汽轮机转速出现加速度时,发出超驰指令,关闭主调节[汽]阀、再热调节[汽]阀;当加速度为零时由正常转速控制回路维持正常转速。后者当汽轮机转速达到额定转速的103%时,自动关闭主调节[汽]阀、再热调节[汽]阀;当转速恢复正常时再开启这些调节汽阀,如此反复,直到正常转速控制回路可以维持额定转速;或者两种方法同时采用。

3.6

超速跳闸保护　over-speed protection trip;OPT

汽轮机保护系统功能之一,当汽轮机转速超过某一限值时迅速关闭主汽阀、主调节[汽]阀、再热[汽]阀和再热调节[汽]阀,自动跳机。

[GB/T 26863—2011,定义 7.13.3]

3.7

危急遮断器　emergency governor;overspeed governor

汽轮机转速超过额定转速一定值时立即动作,使汽轮发电机组紧急停机的机构。

[GB/T 26863—2011,定义 7.13.5]

3.8

总燃料跳闸　master fuel trip;MFT

由人工操作或保护信号自动动作,快速切除进入锅炉(包括常压循环流化床)的所有燃料(包括到炉膛、点火器、风道燃烧器等的燃料)而采取的控制措施。

[GB/T 26863—2011,定义 7.12.3]

4　总则

4.1　汽轮机安全保护系统的保护功能、性能和整体方案,应与汽轮机主体结构相适应。

4.2　汽轮机安全保护系统应选用可靠性高、结构简单、易于维护的系统和设备。

4.3　汽轮机安全保护系统应既有防止保护拒动的措施,又有防止保护误动的措施,防止拒动优先于防止误动。

4.4　汽轮机安全保护系统的控制装置宜与机组其他控制系统(DCS 或 DEH)一体化配置,控制器应独

立、冗余配置。

5 应用功能

5.1 基本要求

5.1.1 应按照电厂工艺系统设计的要求，对汽轮机安全保护系统所有测点信号进行连续采集和处理。

5.1.2 用于保护和监视的信号采集应配置在完成相关功能的控制处理器的I/O模件中。

5.1.3 触发ETS跳闸信号以及动作信号应进入事件顺序记录(SOE)。

5.2 人机接口

5.2.1 控制系统应显示汽轮机安全保护系统的相关信号状态，能监视和处理异常工况和故障；任一信号或控制系统故障时，应有报警提示。

5.2.2 控制系统应能够进行应用软件的调试、修改、备份以及数据维护。

5.2.3 从任何一幅监视画面开始，调用任何一幅汽轮机安全保护系统监视画面不应超过三次击键。监视画面宜设计有快捷键，可一次按键调出其监控画面。画面显示的实时数据刷新周期应不大于1s。

5.2.4 报警显示。重要模拟量和开关量信号，应进行越限报警或动作报警。报警显示应按时间顺序、报警信号级别排列，最新发生的报警应优先显示在报警画面的顶部或底部；同时发生的报警按报警级别高低排序；应用不同的颜色区分报警的级别、报警确认状态、当前报警状态。

5.2.5 报警确认。应能够在包含某一报警点的任何一个画面对该报警进行确认，其他包含该报警点的画面也应同时被确认；若某一已经确认的报警再一次发出报警时，应具备报警重闪功能，同时以适当的显示方式标明其重复报警的次数。

5.2.6 跳闸首出功能。汽轮机安全保护系统的所有保护动作信号应设置首出原因记录、显示、复位功能。

5.3 保护功能

5.3.1 汽轮机安全保护系统应按失电动作的原则设计。

5.3.2 输入汽轮机安全保护系统的保护动作信号应专用，通过不同电缆的硬接线直接接入，取样点应可靠且有代表性。通过其他控制系统输出的保护动作信号，应配置在不同的输出模件中。

5.3.3 汽轮机转速、润滑油压、抗燃油压、轴向位移、凝汽器真空、润滑油箱油位、发电机断水等重要保护信号，应按三重及以上冗余输入通道配置，输入应配置在不同的输入模件中。应采用“三取二”、双通道并串联逻辑，或具备同等判断功能的逻辑。其他进入ETS的跳机信号也应配置在不同的输入模件中。

注：双通道并串联是一种将四个冗余配置的信号或设备分为两组，每组中的两个信号或设备相“或”，然后两组的输出结果相“与”的逻辑构成方式或物理连接方式。

5.3.4 汽轮机主保护功能应包括：

a) 手动停机保护。控制台上手动停机按钮应双重配置，且有防误动措施(带盖)，并独立于电子控制装置。手动停机触点应直接串接在跳闸电磁阀的供电回路中，同时送到ETS通过逻辑执行停机。

b) 汽轮机超速保护。当汽轮机转速大于或等于110%额定转速时，超速保护动作应执行停机。汽轮机测速装置宜安装于轴系的不同转子段，并同时独立显示机组转速。应至少配置两组(每组3个，共6个转速信号)用于超速保护的转速信号，每组均采用“三取二”逻辑判断方式，分别送信号至ETS执行停机，或直接串接在跳闸电磁阀的供电回路中。

c) 汽轮机振动保护。汽轮机振动信号(相对振动或绝对振动)经越限判断后送振动大报警、停机

信号至ETS。单个轴承振动大信号可引入其他旁证信号(信号不宜取自通信点)后输出停机信号至ETS执行停机。

d) 总燃料跳闸(MFT)保护。应配置3个独立的总燃料跳闸信号,从MFT柜通过硬接线送至ETS,经“三取二”逻辑判断后执行停机。

e) 发电机变压器组故障保护。应配置不少于3个独立的发电机变压器组故障跳闸保护信号,从发电机变压器组主保护控制柜通过硬接线送至ETS,经逻辑判断后执行停机。

f) DEH控制机柜失电保护。DEH控制机柜的两路进线电源应分别设置电源监视继电器,监视继电器分别送2副接点至ETS柜,经双通道并串联逻辑判断后停机,或实现同等功能,确保DEH控制机柜两路电源均失去后,汽轮机能自动安全停机。

g) 凝汽器真空保护(凝汽式汽轮机)。按5.3.3要求配置,每一个凝汽器(排汽装置)的保护应配置不少于3个独立的真空低信号。

h) 主、再热汽温度下降速率过快保护。高、中压主汽阀门前应分别设置不少于3个独立的主、再热蒸汽温度测点。机组正常运行时,若10 min内下降超过50 ℃,送出不少于3对开关量信号,进行“三选二”或双通道并串联逻辑判断执行停机。

i) 轴向位移、润滑油压、抗燃油压、润滑油箱油位、发电机断水保护(若进入ETS)。保护信号按5.3.3要求配置。

5.3.5 根据汽轮机特点,可选择的保护功能包括:

a) 差胀保护。高、中、低压缸差胀保护信号,设计单点信号时宜设置一定延时;设计两点信号时宜采用“二取二”逻辑判断,量程上限宜不大于跳机值的110%。

b) 主汽温度保护。主汽阀前蒸汽温度应设置不少于3个独立的蒸汽温度测点,经越限判断(宜采用机组负荷的函数设置蒸汽温度低限值)后送出不少于3对开关量信号,进行“三选二”或双通道并串联逻辑判断后执行停机。

c) 轴承(包括支撑轴承、推力轴承)温度保护。每个轴承宜独立设置不少于2个轴承温度信号,经越限判断后送出不少于2对开关量信号,经“二取二”或“三取二”逻辑判断后执行停机。每个轴承确实只有1个温度测点的,应引入其他旁证信号,且有防拒动、误动的措施。

d) 高压缸排汽温度保护。每个高压缸应配置不少于3个独立的高压缸排汽温度高开关量信号,经“三取二”或双通道并串联逻辑判断后执行停机或“切缸”;或配置不少于3个独立的高压缸排汽温度模拟量信号,经越限判断后送出不少于3对开关量信号,进行“三取二”或双通道并串联逻辑判断后执行停机或“切缸”。

e) 低压缸排汽温度、高压安全油失去、凝汽器水位、高排压比保护。保护信号按5.3.3要求配置。

f) 其他保护项目。

5.3.6 机组停机时,汽轮机跳闸应通过程序逆功率保护联跳发电机,不应直接联跳。除发电机变压器组故障、发生机组甩负荷等无法控制的情况外,发电机不应带负荷与系统解列。

5.3.7 表征汽轮机已跳闸的信号应可靠。用于动作发电机时,宜采用“所有主汽门关”信号;用于其他逻辑(如跳闸锅炉、动作抽汽逆止门等)时,宜采用高压安全油(危急遮断油)压低开关量信号(或模拟量转开关量信号)进行“三取二”逻辑判断后的信号。

5.3.8 汽轮机安全保护系统保护回路中,不应设置供运行人员切(投)保护的任何操作手段。

5.4 试验功能

汽轮机安全保护系统试验功能包括:

a) ETS配置有双通道四跳闸线圈的机组,应能实现单通道动作试验功能;

b) 三重冗余配置的用于保护跳闸的开关量信号,宜具备单通道试验功能;

c) 配置有专用ETS操作盘或在控制系统CRT画面上设有ETS软键盘的机组,应能实现汽轮机

安全保护系统操作盘测试功能；

d) 超速保护试验；

e) 失去任一电源试验；

f) 喷油试验(若有)。

6 电子控制装置

6.1 基本要求

6.1.1 环境条件影响的要求

在海拔2 000 m以下火电厂的ETS电子控制装置硬件应满足GB/T 2421.1的要求，在下列环境条件下应能正常运行：

a) 环境温度。允许的环境温度范围：+5 ℃～+40 ℃（GB/T 17214.1中B2级，适用于户内或掩蔽场所）。

b) 相对湿度。允许的环境相对湿度：0%～95%，不结露，严酷等级应达到40 ℃±2 ℃。

c) 振动。振动等级为控制室或低振动级场所，振动频率10 Hz～150 Hz，位移峰幅值0.075 mm。

6.1.2 抗干扰要求

电磁兼容性(EMC)要求：ETS系统安装于电子间的硬件，应满足下列要求：

a) 静电放电抗扰度试验遵循GB/T 17626.2，试验等级2级：接触放电试验电压4 kV，空气放电试验电压4 kV。

b) 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验遵循GB/T 17626.4，试验等级2级：供电电源端口：1 kV峰值；I/O信号端口：500 V峰值。

c) 浪涌(冲击)抗扰度试验遵循GB/T 17626.5，试验等级2级：开路试验电压1.0 kV。

d) 电压暂降和电压变化抗扰度试验遵循GB/T 17626.11，电压暂降按2类要求：暂降后剩余电压为参考电压的0%持续0.5周期、1周期及70%持续25周期(50 Hz)/30周期(60 Hz)。电压变化：电压试验等级70%，降低所需时间为突变，降低后电压持续时间为1周期，电压增加所需时间为25周期(50 Hz)/30周期(60 Hz)。

e) 射频电磁场辐射抗扰度试验遵循GB/T 17626.3，一般试验等级2级：频率80 MHz～1 000 MHz，安装在标准机柜内，试验场强为3 V/m。数字无线电话试验等级2级：频率1.7 GHz～2.0 GHz，安装在标准机柜内，试验场强为3 V/m。

f) 工频磁场抗扰度试验遵循GB/T 17626.8。稳定持续磁场，试验等级3级，磁场强度为10 A/m。

6.1.3 硬件质量认证的要求

ETS电子控制装置的控制器、I/O模件应通过下述测试和实验，并由具有国家检验资质授权的检验机构出具检验证书和检验报告：

a) 电磁兼容性(EMC)测试。应满足6.1.2的要求。

b) 环境影响测试。环境温度、相对湿度及抗振动性能，应满足6.1.1的要求。

c) 供电电源影响测试。电源电压瞬变影响和电源电压降低影响，应满足GB/T 18271.3的要求。

d) 长期工作漂移试验。应满足GB/T 18271.3的要求，测试长期工作漂移性能不应少于30 d。

6.1.4 通信负荷率的要求

数据通信负荷在最繁忙的情况下，令牌网平均通信负荷率不应超过40%，以太网平均通信负荷率

不应超过20%。

6.2 冗余配置要求

6.2.1 ETS电子控制装置的控制处理器、通信网络及通信模件(接口)应冗余配置。

6.2.2 ETS电子控制装置的供电电源应冗余配置。

6.2.3 操作台手动停机按钮应配置两个独立的操作按钮,每个按钮宜提供不少于4对动合(断)触点。

6.2.4 用于触发汽轮机跳闸的保护信号应从取样点到输入模件全程冗余配置。信号应来自相互独立的一次元件,或其他控制系统中相互独立的输出通道,通过硬接线直接接入ETS不同输入模件的通道,任一过程元件故障应报警但不会引起系统误动或拒动。

6.3 安全性要求

6.3.1 硬件故障安全要求

6.3.1.1 模件单通道电源故障的影响范围不应超出其所在的模件;模件电源故障不应引起系统电源故障;汽轮机安全保护系统机柜任一路进线电源故障不应对系统有扰动;对每一路进线电源均应进行监视,任一路失去时应在集控室进行声光报警。

6.3.1.2 冗余配置的模件或部件在主控侧故障时,冗余侧应及时接替控制,不应对系统产生扰动;单一通道、部件硬件故障不应引起其所在子系统的故障;主控通信网络或I/O通信网络上任何节点故障,不应引起其他节点及该节点所在网络的故障。

6.3.1.3 ETS电子控制装置上位级硬件或系统故障时,下位级硬件或系统应具有保护汽轮机安全的能力;主控通信网络故障,控制器应能在安全模式下运行,保证汽轮机安全;控制处理器或I/O通信网络故障,I/O模件应能够按照预先设定的安全模式,控制外部设备,保证汽轮机的安全。

6.3.2 软件故障安全要求

6.3.2.1 冗余配置的控制器或模件,主控侧软件发生故障或死机时,备用侧应能够检测并及时接替控制功能,不应对系统产生扰动。

6.3.2.2 ETS电子控制装置运行过程中,在线修改、下载软件,不应对原有软件的运行产生扰动或引起软件故障、死机等(不包含修改、下载软件本身的缺陷以及控制逻辑本身对系统的扰动)。

6.3.2.3 系统设计应保证在汽轮机安全保护系统故障时,汽轮机能安全停机。

6.4 人机接口

6.4.1 采用当前成熟的主流机型的计算机工作站或工业控制计算机作为人机接口站,或采用专用操作盘。当采用计算机工作站或工业控制计算机时,操作系统宜采用开放、标准的操作系统,并应有防止和清除计算机病毒的措施和管理。

6.4.2 人机接口站以及其他设备之间互联的预制电缆(包括两端的接触件),应符合GB 50229的要求。

6.4.3 工程师站应具有下列基本功能:

a) 输入、输出信号及中间过程点管理;
b) 控制算法应用软件组态、维护、编译、下载、调试;
c) 组态、设计文档管理、打印。

6.4.4 工程师站应设置软件保护密码,以防无授权下擅自改变控制策略、应用程序等。

6.5 控制器

6.5.1 处理能力

6.5.1.1 控制器的处理周期应不大于50 ms。执行汽轮机超速保护控制(OPC)和超速跳闸保护(OPT)

部分的逻辑，处理周期应不大于 20 ms。

6.5.1.2 在最大负荷运行时，负荷率不应超过 60%。平均负荷率不应超过 40%。

6.5.1.3 控制处理器之间及与上位机的通信网络负荷率不应超过 20%。

6.5.2 冗余切换及故障影响

6.5.2.1 控制器在冗余工作方式时，应具有可靠的冗余切换性能。冗余控制器的数据同步和切换时间应满足工艺过程的实时性要求。冗余切换应是无扰的，应保证系统的控制和保护功能不会因冗余切换而丢失或延迟。发生切换应自动产生报警信息。

6.5.2.2 某一个控制器故障，不应影响其他控制器的运行。数据通信总线故障或单个 I/O 总线故障时，控制器应能继续运行，完成本身的控制运算和 I/O 处理功能。

6.5.2.3 控制器出现电源故障后，一旦重新受电，应能自动恢复正常工作而无需任何人工干预。

6.5.3 在线修改组态和下载

6.5.3.1 应能够在线修改控制器应用软件中的可调整参数，如延时和脉冲宽度时间、允许调整的量程和状态等。

6.5.3.2 具有在线强制数据或状态能力的控制器，应标记强制状态，应能够部分或全部复位强制状态。

6.6 机柜和接地

6.6.1 机柜防护

6.6.1.1 电子装置机柜的外壳防护等级应满足 GB/T 4208 的 IP42 要求。

6.6.1.2 机柜门应有导电门封垫条，以提高抗射频干扰(RFI)能力。柜门上不应装设任何系统部件。

6.6.1.3 对需散热的电源装置，机柜内应安装单独开关的排气风扇或内部循环风扇。装有风扇的机柜均应提供易于更换的空气过滤器。

6.6.1.4 机柜的钢板厚度宜不小于 2.0 mm；机柜内的支撑件应有足够的强度，应使机柜在搬运、安装时不产生变形。

6.6.2 机柜安装

6.6.2.1 机柜的设计应满足电缆由柜底引入的要求。

6.6.2.2 机柜内的端子排应布置在易于安装接线的地方，距离柜底宜在 300 mm 以上和距柜顶宜在 150 mm 以下。

6.6.2.3 机柜内弱电信号的端子排物理上应与控制、电源供电回路的端子排分开。所有继电器、控制开关和设备的备用接点应引至端子排上。机柜内的每个端子排和端子都应有清晰的标志，并与图纸和接线表相符。

6.6.2.4 端子排、电缆夹头、电缆走线槽及接线槽均应采用“阻燃”型材料制造。除电源、电磁阀等大容量设备接线端子外，其他的端子应能同时接入 2 根 1.5 mm^2 线径的导线。

6.6.2.5 机柜内应预留充足的空间，使安装工人能方便地接线、汇线和布线。

6.6.3 接地

6.6.3.1 ETS 电子控制装置可不要求单独的接地网。其单点接入接地电阻小于 4 Ω 的电厂电气接地网后，应能够可靠地运行。如果 ETS 系统与 DCS 或 DEH 电子控制装置一体化，其接地应由 DCS 或 DEH 统一设置。

6.6.3.2 ETS 系统机柜中应设有安全地、屏蔽地及相应接地铜排，机柜应单点接地。电缆屏蔽层应在

机柜侧单端接地。

6.6.3.3 当ETS电子控制装置和DEH或DCS之间，通过各自的I/O模件以硬接线方式连接，实现控制信息的交换时，其两端对接地或浮空等的要求应相匹配，否则应采取电隔离措施。

6.7 过程输入/输出(I/O)

6.7.1 基本要求

6.7.1.1 信号处理。应能完成扫描、数据整定、A/D输入、D/A输出、线性化等功能。

6.7.1.2 自诊断。应具有电源状态、模件出错信息、模拟量信号开路和短路以及输入信号超出工艺可能范围的诊断信息。应通过模件面板LED指示或通信报文传达诊断、状态信息。

6.7.1.3 I/O模件的采集周期。普通模拟量信号采集周期应不大于250 ms；普通开关量信号采集周期应不大于100 ms；用于保护和快速过程的采集周期：模拟量信号应不大于125 ms；开关量信号应不大于50 ms。

6.7.1.4 长期运行零漂和增益稳定性要求。新投入使用模件应在1年内保证达到产品规范要求的性能指标；已使用1年以上模件经过校准后应在六个月内保证其性能达到产品规范要求。

6.7.1.5 抗冲击电压能力。在加250 V直流电压或交流峰-峰电压时，应不损坏电源和整个系统。

6.7.1.6 输入通道、输出通道及其工作电源，宜互相隔离。信号与内部电路宜采取隔离措施，如光电隔离或其他隔离。

6.7.1.7 精确度。模拟量输入信号(高电平)的精度应小于或等于±0.1%；模拟量输入信号(低电平)的精度应小于或等于±0.2%；模拟量输出信号精度应小于或等于±0.25%。

6.7.1.8 模拟量输入模件的通道不宜超过8点，开关量输入、输出的通道不宜超过16点。

6.7.1.9 I/O模件的供电回路应配置适当的熔断器，在该模件故障或与之相连的外部设备故障时不应引起系统电源故障。熔断器的更换应不需先拆下或拔出任何其他组件，也可采用快速自恢复熔断器。

6.7.1.10 I/O模件应能够在线更换，应能够带电插拔，同类模件在线更换后应能够自动识别、自动下载组态和自动恢复工作。

6.7.1.11 每种I/O点裕量应不少于10%，I/O模件槽裕量应不少于10%。

6.7.2 对各种I/O模件的要求

6.7.2.1 模拟量输入(AI)。应能够提供4 mA～20 mA二线制变送器的直流24 V电源。对1 V～5 V DC输入，输入阻抗应不小于500 kΩ。每个通道宜配置单独的A/D转换器。

6.7.2.2 开关量输入(DI)。提供对现场输入接点的“查询”电压。“查询”电压宜为48 V。所有输入通道都应有防抖动滤波处理，如果输入接点信号在4 ms之后仍抖动，模件不应接受该接点信号。

6.7.2.3 开关量输出(DO)。应采用电隔离输出，隔离电压不小于250 V。宜配置多种容量和电压等级的输出接口，以满足电厂不同设备的需要。应具备通道故障情况下，安全信号输出的设置功能。

6.7.2.4 汽轮机转速测量。应能够直接接受转速传感器(被动式或主动式)的交变电压(或脉冲)信号，根据测速齿轮的齿数，计算汽轮机的瞬时转速。模件输入频率应满足汽轮机最大量程的需要。

6.8 电源

6.8.1 ETS电子控制装置总电源装置(柜)应能接受两路交流220×(1±10%)V、50 Hz±1 Hz单相电源，其中至少一路来自不停电电源(UPS)。也可采用两路独立的直流220 V(或110 V)供电电源。两路电源应在ETS电子控制装置总电源装置(柜)内互为备用。

6.8.2 总电源应合理地分配到机柜、人机接口站等，并配置相应的冗余电源切换装置和回路保护设备。

6.8.3 ETS电子控制装置总电源应为系统机柜提供冗余的直流电源，并具有30%～40%的裕量，满足

设备负载的要求。两套直流电源应分别由两路交流电源供电。

6.8.4 对I/O模件、处理器模件和通讯模件等应提供冗余电源。任一通道电源故障不应影响其他通道正常工作。

6.8.5 任何一路电源的故障均应报警。

6.8.6 ETS电子控制装置系统内部电源回路环路连接，任一接线松动不应导致电源失去。

6.8.7 ETS系统输出继电器应由独立的两路电源供电；当电源全部失去或主、副控制器全部失效(初始化或重启)时，其输出继电器系统应能可靠输出跳闸信号。

7 测量仪表和执行设备

7.1 测量仪表

7.1.1 就地测量仪表应满足现场巡视及就地操作的需要。

7.1.2 下述重要测点应配置就地显示仪表：

a) 液压系统控制油、保护油压力；

b) 油箱油位；

c) 密封容器压力；

d) 汽轮机转速。

7.1.3 接入汽轮机安全保护系统的测量仪表应满足下列要求：

a) 能经受其所处的极限工作环境条件，且不致造成仪表损伤和性能降低；

b) 经过校验合格并在有效检验期内使用；

c) 防护等级户内不低于GB/T 4208的IP54要求，户外不低于GB/T 4208的IP65要求。

7.1.4 接入汽轮机安全保护系统所需的压力、压差、流量、液位、温度及行程开关等开关量仪表除满足7.1.3的基本要求外，还应满足下列要求：

a) 触点容量不小于220 V(AC)，5 A；110 V(DC)，1 A；

b) 重复性不大于满量程的1.5%；

c) 设定值及切换差可调；

d) 安装于有爆炸风险环境的仪表外壳防爆能力满足GB 3836.2的规定要求。

7.1.5 接入汽轮机安全保护系统所需的汽轮机本体轴系参数测量仪表应满足GB/T 13399的规定要求。

7.1.6 装于汽轮机本体的传感器应具有抗油、耐温、防震的性能，其连接导线应选用抗油、耐高温导线。

7.1.7 接入汽轮机安全保护系统的开关量仪表、变送器和测量装置，在实验室中采用标准校验台进行校验，合格率应为100%。

7.1.8 触发汽轮机跳闸的开关量仪表、变送器和测量装置信号应首先进入保护系统。

7.1.9 触发汽轮机跳闸的信号取样装置应有防堵、防震、防漏、防冻、防雨、防抖动、防倒坡、防高温辐射的措施。

7.1.10 应设置必要的接线盒(箱)，作为与汽轮机安全保护系统的接口件，接线端子应具有防震性能。接线盒容量应满足布线、接线及检修维护操作空间需求。接线盒防护等级应不低于IP56。

7.2 执行设备

7.2.1 电磁阀

7.2.1.1 控制汽轮机进汽的所有调节型执行机构应配置可实现快关功能的电磁阀，在OPC控制回路或功率负荷不平衡回路触发时，电磁阀动作、执行机构应快速关闭。

7.2.1.2 未配置低压保护系统和高压遮断组件的汽轮机组，开关型、调节型执行机构均应配置可实现快关功能的电磁阀。电磁阀宜冗余配置，任意一只失电时，执行机构应快关。

7.2.1.3 配置有危急遮断组件的汽轮机组，宜配置四个失电时执行停机功能的危急遮断电磁阀，并采取双通道并串联布置方式。

7.2.1.4 配置有 OPC 电磁阀的汽轮机组，OPC 电磁阀应冗余配置。

7.2.1.5 配置电磁阀基本要求包括：

a) 所有电磁阀应能耐受其所处的极限工作环境条件，且不致造成性能降低；

b) 危急遮断电磁阀或其他带电运行的电磁阀应满足长期带电工作要求；

c) 安装于室外的电磁阀，应有防雨、防雪、防潮措施。

7.2.2 就地停机装置

7.2.2.1 汽轮机头部宜设置手动停机装置，且应设有防止误动的防护设施。

7.2.2.2 通过机械设备实现就地手动停机的机组，应留出足够的空间便于手动操作。

7.2.2.3 具备机械超速保护停机功能的汽轮机组，应包含以下设备和功能：

a) 危急遮断器。危急遮断器的动作转速应在汽轮机额定转速的 110%±1%范围内可调，且应有保证危急遮断器可靠性的试验措施，如喷油试验等。危急遮断器可靠性试验应定期进行。

b) 复位阀组件。应具备复位危急遮断器滑阀功能，在汽轮机挂闸过程中与危急遮断电磁阀配合动作，建立安全油压。

c) 喷油/遮断隔离组件。喷油/遮断隔离组件应具备危急遮断器可靠性验证试验功能。

7.2.3 液压系统

液压系统应满足 GB/T 36285 的相关要求。

8 验收与测试

8.1 工厂验收

8.1.1 一般要求

8.1.1.1 系统工厂验收过程中应检查设备的数量、配置、使用的材料、组装工艺是否满足要求。应通过试验和演示，初步验证系统所实现的功能和达到的性能。

8.1.1.2 工厂验收项目的测试方法、测试仪器及测试环境要求应按照 GB/T 30372 有关内容执行。

8.1.1.3 设备厂家已完成模件测试、出厂前联调自测以及电磁兼容性检测等测试内容，并应提供相应测试报告。

8.1.2 验收条件

工厂验收应具备以下条件：

a) 全部硬件集成完毕并已通电试验，硬件运行正常；

b) 应用软件全部编制完毕，并且已经下载到预定的过程控制站中，经过初步测试；

c) 全部工厂验收试验项目所必需的各种试验和仿真设备准备到位。

8.1.3 验收项目

工厂验收按照附录 A 中表 A.1 的要求进行。

8.2 现场验收

8.2.1 一般要求

现场验收分为初步验收和最终验收两个阶段，每阶段验收又包括功能测试和性能测试。应根据工程实施情况，在机组现场调试和试运等阶段分别测试并记录。最终验收测试应在机组试生产阶段中已经稳定运行，且汽轮机安全保护系统已随机组连续运行时间超过 60 d 后进行。

8.2.2 验收条件

8.2.2.1 根据汽轮机安全保护系统所包含的功能范围，现场验收应满足以下条件：

a) 接入汽轮机安全保护系统的全部现场设备均完成安装、调试、试运行并通过验收合格；

b) 汽轮机安全保护系统的硬件和软件按技术协议要求完成安装和调试，已投入连续运行，并提供完整的调试报告；

c) 汽轮机安全保护系统的工作环境符合技术规范的要求；

d) 机组具备带满负荷的基本条件。

8.2.2.2 初步验收的时间要求：新建机组应在 168 h 连续试运之后；技术改造机组应在机组启动并报竣工之后。

8.2.2.3 最终验收的时间要求：系统功能和性能的最终验收是为了证实汽轮机安全保护系统的功能和性能是否达到(或符合)有关在线测试验收标准以及符合程度所进行的验收。新建机组应在 168 h 连续试运完成三个月之后进行最终验收，技术改造机组应在机组启动并报竣工一个月之后进行最终验收。

8.2.3 验收项目

8.2.3.1 系统功能和性能的初步验收按照表 A.1 的要求进行。

8.2.3.2 系统功能和性能的最终验收按照表 A.1 的要求进行。

8.3 考核与质保

8.3.1 系统功能和性能的考核应在质保期内进行，并由具备检验资质的单位出具检验测试报告。

8.3.2 新建及改造项目汽轮机安全保护系统的质保期应从初步验收完成开始，为期 12 个月。非因汽轮机安全保护系统设备原因造成初步验收不能如期进行，质保期从机组竣工日期开始计算。在质保期内，汽轮机安全保护系统的功能和性能应持续保持不低于有关标准的要求。

9 技术文件

9.1 基本要求

9.1.1 提供的所有图纸资料应完全符合所供的设备，并应标明修改的版本号和日期。

9.1.2 应保证所供文件和图纸完全能满足电厂安装、投运、正常运行和维护的需要。

9.1.3 应向用户提供 9.2、9.3、9.4、9.5 列出的所有文件。应提供所有这些文件的书面文件和电子文档，数量应满足工程需要。

9.1.4 应负责提出与其他各方所供设备间的接口资料。

9.2 硬件资料

9.2.1 硬件资料应包括涉及汽轮机安全保护系统电子控制装置所有系统部件的安装、运行、注意事项

和维护方法的详细说明，此外还应包括所购设备的完整设备表和详细指南。与设备表相对应的设备项目代号应在所有相关图纸上表示出来。

9.2.2 应提供下列手册和图纸：

a) 系统硬件手册、维护手册；
b) 构成系统所有部件的原理图；
c) 内部布置图；
d) 符合用户要求格式的外部连接图，图上应有端子编号；
e) 汽轮机安全保护系统专用卡件（布朗卡等）运行维护手册；
f) 设备和材料清册。

9.3 系统软件资料

9.3.1 应提供系统组态手册，使用户能够进行检查和修改所有系统的应用程序和组态文件，这些文件包括打印出来的程序或组态图，并装订成册。

9.3.2 应提供控制工程师使用的工程师站手册，包括下列有关文件：

a) 系统操作手册；
b) 控制工程师组态维护手册；
c) 图形、画面手册；
d) 试验、检查、故障检修的投运步骤指南。

9.4 I/O 清单设计资料

9.4.1 提供工程所有过程输入、输出清单，该清单应包括下列项目：输入/输出点说明、模件和插槽代号、设计编号、机柜编号、端子排号，端子号、信号类型、故障状态、电缆编号、报警限值、保护定值、测点用途、记录/报表要求、显示格式和修改版本号等。

9.4.2 应提供 I/O 清单的书面和电子文件。

9.5 其他资料

应提供以下报告和资料：

a) 产品质量认证证书、检验报告；
b) 设备供货清单、备品备件清单；
c) 培训资料。

10 包装和贮存

10.1 包装

10.1.1 包装应符合 GB/T 13384 的规定。

10.1.2 每个包装件应有与该包装件相符合的装箱清单，放置于包装件明显位置上，并采用防潮的密封袋包装。包装件内装入的零部件，有明显的标记与标签，标明部件号、编号、名称、数量等，并应与装箱单一致。

10.1.3 推荐的备品、备件、专用工具及试验设备应分别单独包装。所有备品、备件应包装在适用于永久保存的箱内，并分系统、分类包装。

10.1.4 专用工具和试验设备的包装箱上应明确所配给的设备和系统。

10.1.5 设备和器材的某些部分（如铭牌、密封面等）应进行必要的保护，以防运输中损坏。

10.1.6 设备的包装应采取防雨、防潮、防锈、防震等措施，以免在运输过程中由于振动和碰撞引起轴承等部件的损坏。

10.1.7 包装件应符合运输作业的规定，以避免在运输和装卸时包装件内的部件产生滑动、撞击和磨损，造成部件的损坏。

10.2 贮存

10.2.1 储存环境温度：－25 ℃～55 ℃。

10.2.2 装箱件应在防雨、通风、干燥的环境中保管，箱子不应倒置、倾斜。

10.2.3 非装箱件允许垫平露天存放，但不宜与地面接触。

附 录 A
（规范性附录）
汽轮机安全保护系统功能验收表

汽轮机安全保护系统功能验收的要求见表 A.1。

表 A.1 汽轮机安全保护系统功能验收表

产品	试验项目	试验要求		
		工厂验收	现场验收	最终验收
工作站、控制器、I/O 卡件、通信设备	外观	√	√	—
机柜（箱）和操作台	尺寸及允许偏差	√	√	—
	机柜防护能力测试	√	—	—
控制器	控制器冗余切换功能检测	√	√	√
	控制器的硬件地址、网络地址空间分配设置，是否符合实际要求	√	√	√
	模拟在线控制器的处理器故障，观察备用处理器的切换时间和状态	√	√	√
	控制器处理周期是否满足要求	√	√	√
	记录控制器的空间、内存的消耗（平均值、峰值）	√	√	√
	控制器负荷率是否满足要求	√	√	√
电源柜	电源切换试验	√	√	√
	电源适应能力测试	√	√	√
人机接口站	主机电源、风扇工作是否正常，确认各项指示灯显示正常，风扇工作无异音	√	√	√
	检查人机接口站显示器各项调节功能	√	√	√
	监视过程数据刷新周期是否满足要求	√	√	√
	控制器、I/O 卡件状态监视功能是否满足要求	√	√	√
	系统操作响应时间是否满足要求	√	√	√
	数据备份和导出功能是否满足要求	√	√	√
	报警功能是否满足要求	√	√	√
	打印功能是否满足要求	√	√	√
	卫星对时功能是否满足要求	√	√	√
	工程师站功能是否满足要求	√	√	√
	操作容错是否满足要求	√	√	√

表 A.1（续）

产品	试验项目	试验要求		
		工厂验收	现场验收	最终验收
I/O 卡件	输入信号精度测试是否满足要求	√	√	√
	检查输入参数真实性判断功能是否满足要求	√	√	√
	检查输入参数二次计算功能是否满足要求	√	√	√
	检查参数越限报警功能是否满足要求	√	√	√
	模件故障自诊断功能是否满足要求	√	√	√
人机接口站通信设备	系统的重置能力是否满足要求	√	√	√
	通信负荷率是否满足要求	√	√	√
其他	抗干扰能力是否满足要求	√	√	√
	控制系统接地是否满足要求	√	√	√
	跳闸继电器是否满足失电动作要求	√	√	√
	跳闸回路动作是否满足要求	√	√	√
	环境影响测试	√	—	—
注：“√”——需要验收的项目；“—”——不需验收的项目。				