

中华人民共和国能源行业标准

NB/T XXXXX—XXXX

螺杆膨胀机（组）调速控制系统技术规范

Governing system specifications of screw expander (unit)

（征求意见稿）

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施



## 目 次

前言.....	11
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	2
4 总则.....	2
5 调速控制系统的结构和性能要求.....	7
6 调速控制系统应用功能.....	8
7 验收和技术资料.....	9

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国螺杆膨胀机标准化技术委员会（SAC/TC512）归口。

本标准负责起草单位：江西华电电力有限责任公司。

本标准参加起草单位：深圳能源股份有限公司、江西华电螺杆发电技术有限公司。

本标准主要起草人：苏坚 胡达 赖华欣、

本标准为首次制定。

# 螺杆膨胀机(组) 调速控制系统技术规范

## 1 范围

本标准规定了螺杆膨胀机(组)调速控制系统的结构、性能指标、应用功能、试验和验收等技术要求。

本标准适用于工质为汽水两相、饱和蒸汽或过热蒸汽的螺杆膨胀机(组)，非水为工质(如低沸点工质)的双循环螺杆膨胀机(组)也可参考使用。

## 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，仅所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 4208-2017	外壳防护等级 (IP代码)
GB/T 17626	电磁兼容 测量和试验技术
GB/T 18271-2017	过程测量和控制装置 通用性能评定方法和程序
GB/T 30554-2014	螺杆膨胀机 术语
GB/T 32354-2015	螺杆膨胀机组技术规范
GB/T 35034-2018	螺杆膨胀机安全监视装置技术规范
DL/T 5707-2014	电力工程电缆防火封堵施工工艺导则
DL/T659-2016	火力发电厂分散控制系统验收测试规程

## 3 术语和定义

GB/T30554-2014界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 调速控制系统相关术语和定义

#### 3.1.1 调速控制系统 governing system

将控制信号按特定方式转换成进汽阀门位置的设备总和。包括测速元件、控制系统、阀门执行机构等。

注：又称调节系统

#### 3.1.2 控制系统 control system

控制系统是调速控制系统的重要组成部分。控制系统接受机组的运行参数，经过内部逻辑运算输出信号驱动阀门执行机构实现控制功能。

### 3.1.3 控制周期 control circle

控制周期是控制系统从数据采集到控制运算再到输出信号循环一次的执行时间。

### 3.1.4 中央处理器(CPU) central processing unit

中央处理器(CPU)是控制系统的控制中枢。它按照控制系统的组态程序,完成逻辑和算术运算功能,并将结果送入I/O模块。同时检查电源、存储器、I/O模块等模块的状态。

### 3.1.5 调速控制系统迟缓率 dead band

不会引起阀位改变的稳态转速变化的总量,以其与额定转速的百分率来表示。迟缓率是调速控制系统敏感度的一种衡量。

### 3.1.6 实时性 real-time

控制系统对外界扰动做出反应的时间。

### 3.1.7 可用率 availability

系统正确执行功能的时间和计划执行该项目的总时间之比,用百分比表示。可用率表明可恢复特性的系统能在规定的时间内完成其规定功能的概率。

### 3.1.8 电磁兼容性(EMC) electromagnetic compatibility

设备或系统在其电磁环境中符合要求运行并不对其环境中的任何设备产生无法忍受的电磁骚扰的能力。

### 3.1.9 线性可变差动变送器(LVDT) Linear Variable Differential Transformer

属于直线位移传感器的一种,精度高、动态性能好,可用于指示阀门位置开度。

## 3.2 其它专业术语和定义

### 3.2.1 阀位控制 valve position control

以调节阀开度作为被调量,手动控制调节阀开度,简称阀控方式。

### 3.2.2 速度控制 speed control

机组启动控制和升降转速控制。

### 3.2.3 负荷控制 load control

以发电机功率为被调量,按设定的变化率,自动控制发电机输出功率等于给定值。

### 3.2.4 压力控制 pressure control

以进汽压力(主汽阀前压力)为被调量,按设定的变化率,控制新蒸汽压力等于给定值。

### 3.2.5 同期控制 synchronized control (ASS)

在调速控制系统的支持下,实现发电机自动同期并网的控制系统。

### 3.2.6 超速限制 over speed protection control

机组转速超过设定值或达到规定的限制条件时,超速限制动作,快速关闭主汽阀和调节阀,防止机组过度超速。

## 4 总则

## 4.1 调速控制系统选配原则

4.1.1 为满足螺杆膨胀机组实现启动、速度控制、负荷控制的要求，提高机组运行的可靠性、经济性、可控性和负荷调整的适应性，螺杆膨胀机组的调速控制系统应采用技术成熟、可靠的控制系统。

4.1.2 调速控制系统的功能、性能和整体方案，应与螺杆膨胀机组的主体结构相适应。并根据机组的容量、类型和结构特点和实际应用需求，确定调速控制系统的功能和性能指标的选配原则。

4.1.3 在实现相同功能的条件下，调速控制系统应以系统结构简单、实用、可靠、易于维护，作为选型的基本原则。调速控制系统的设计、控制逻辑的组态和调试，应为熟悉螺杆膨胀机组的专业单位。

4.1.4 调速控制系统设备生产商，应具有完善的质量管理保证体系和优良业绩，能提供当前先进的、成熟的、可靠的技术和设备。

## 4.2 调速控制系统的基本要求

### 4.2.1 测速元件：

4.2.1.1 应选用电涡流式或磁电式测速探头，量程和精度满足调速控制系统要求并根据螺杆膨胀机组类型合理选择测速探头的数量。

### 4.2.2 控制系统：

4.2.2.1 控制系统的重要组成部分（如电源模块、CPU 模块）的冗余配置应由供需双方商定。

4.2.2.2 参与控制和保护的重要信号如转速、压力、温度、阀门位置反馈信号等尽可能冗余配置，并分别设置在不同 I/O 模块上。

4.2.2.3 控制系统单一硬件出现故障时，应不影响或有限影响调速控制系统的性能。

4.2.2.4 控制系统的故障不应导致调速控制系统保护功能失效。

### 4.2.3 阀门执行机构：

4.2.3.1 阀门执行机构可根据螺杆膨胀机组的类型和现场实际需求选用电动、气动或液压驱动模式。

4.2.3.2 阀门执行机构应与调速控制系统相适应，接受调速控制系统的信号，按照阀门流量生成曲线进行阀门开度调节。

4.2.3.3 阀门执行机构应具有响应速度快、线性好、定位精度高的特点，其性能应满足机组控制实时性的要求。

4.2.3.4 阀门位置反馈装置采用开关量和模拟量（4-20mA）或位移传感器LVDT，阀门位置反馈的安装、调试需符合设计要求。

## 5 调速控制系统的结构和性能要求

### 5.1 测量仪表

5.1.1 基本要求：满足“GB/T 32354 10 仪表”标准要求。

5.1.2 所有仪表均应经过检验合格并在有效检验期内使用。

## 5.2 机柜

5.2.1 机柜的防护等级应满足“GB/T4208-2017 外壳防护等级”标准要求。

5.2.2 机柜内的端子排等各类硬件设备布置合理，方便接线、汇线和布线以及其它操作。

5.2.3 机柜与工程师站、操作员站以及其它设备间的电缆（包括两端的接触件），应满足 DL/T5707-2014 标准要求。

5.2.4 机柜应有导电门封电条，以提高抗射频干扰（RFI）能力。

5.2.5 机柜应有独立的安全地、屏蔽地及相应接地铜排。调速控制系统可采用中心接地汇流排的方式，实现系统的单点接地。电缆屏蔽层应在机柜单点接地。

## 5.3 操作员站和工程师站

5.3.1 操作员站是操作人员对被控对象进行控制操作的工具和手段。具有如下基本功能：

a) 控制操作功能 b) 显示功能 c) 报警功能 d) 打印存储功能

5.3.2 操作员站基本配置如下，在保证操作员站功能齐备的前提下，供需双方可商定具体配置清单。

a) 显示器 b) 处理器 c) 键盘和鼠标 d) 打印机

5.3.3 工程师站用于调速控制系统应用功能的组态、修改、维护，以及控制参数的设置、调整等。

5.3.4 工程师站如与操作员站采用相同硬件类型时，可与操作员站兼容使用。

## 5.4 中央处理器 CPU

5.4.1 中央处理器冗余配置可由供需双方商定。冗余配置的中央处理器应双向勿扰切换。调速控制系统的控制和保护功能不应因冗余切换而丢失或延迟。

5.4.2 中央处理器电源故障重新受电，各模件应能自动恢复正常工作而无需人为干预。

5.4.3 中央处理器局部故障，应不影响或有限影响控制系统的可用性，但不应丧失保护功能。

5.4.4 中央处理器中的随机存储器（RAM），应至少能保存三个月的运行数据。

## 5.5 电源

5.5.1 电源装置应能接受两路交流 220AV、50Hz 单相电源，其中一路来自不停电电源（UPS）。两路电源应能互为备用。

5.5.2 电源装置冗余配置可由供需双方商定。冗余配置应有冗余电源切换装置和回路保护装置。

5.5.3 电源装置应为调速控制系统提供具有足够的容量，满足设备负载的要求的直流电源。

5.5.4 电源装置应合理分配，为 I/O 模件、通信模件和变送器等设备提供电源。任一模件电源故障不应影响其它模件正常工作。

## 5.6 输入/输出（I/O）模块

5.6.1 I/O 模块包括模拟量、开关量以及其它类型输入/输出模块（如热电偶、热电阻、转速、振动）。

5.6.2 信号处理：I/O 模块应能完成数据扫描、整定、线性化、热电偶冷端补偿、质量判断、工程单位转化等功能。

5.6.3 诊断功能：I/O 模块应具有电源状态、I/O 通道状态和其它诊断报警的 LED 指示；热电偶、热电阻回路具有断偶和开路检测功能。

5.6.4 隔离功能：信号与内部电路均应采取隔离措施，（如光电隔离或其它隔离。I/O 模块中开关量输出信号应采用电隔离输出。

5.6.5 保护功能：I/O 模块中供电回路设置保护措施（例如熔断器）进行保护，且保护措施（例如熔断器）更换无需拆拔其它组件。

5.6.6 抗冲击电压能力：I/O 模块冲击电压承受能力应满足在误加 250V 直流或交流电源时，应不损坏电源和其它系统的要求。

5.6.7 I/O 模块应能够在线更换、带电插拔，同类模块在线更换后应能够自动恢复工作。

5.6.8 数据通信模块：用于调速控制系统与其它系统之间的信号互通。

## 5.7 抗干扰要求

5.7.1 调速控制系统安装于控制室电子间或安装于工业现场环境的硬件设备的电磁兼容性（EMC）性能等级的满足“GB/T 17626”相关标准要求，抗电干扰性能应满足“GB/T 18271”相关标准要求。

5.7.2 调速控制系统接地的原则是单点接地。

5.7.3 调速控制系统的安装应尽可能远离高压柜、大动力设备和高频设备。

5.7.4 调速控制系统的电源电缆、输入/输出电缆、动力电缆和接地线必须合理布线，以减少外部环境信号对电缆的干扰以及各种电缆之间的干扰，提高系统的稳定性。

## 5.8 系统裕量

系统裕量为系统投入运行后，按最终容量计算的百分比值。

- a) 最繁忙时，控制系统CPU的负荷率不大于60%，操作员站CPU负荷率不大于40%。
- b) 内部存储器占有容量不大于80%，外部存储器占有容量不大于40%。
- c) 每种I/O点裕量不少于10%，I/O模块槽裕量不少于10%。
- d) 电源负荷裕量30%~40%。
- e) 通信总线的负荷率以太网不大于20%。

## 5.9 系统实时性

5.9.1 操作画面对按键、键盘或鼠标操作指令的响应时间不大于 1s。发出的操作指令从发出到执行确认的响应时间应小于 2s。画面显示数据刷新周期 1s。

5.9.2 控制系统的控制周期，应满足螺杆膨胀机组的控制响应速度要求。其中模拟量控制的处理周期应不大于 250ms；开关量控制的处理周期应不大于 100ms；转速控制的处理周期应不大于 50ms；超速限制的控制周期应不大于 20ms；保护信号不经运算硬接线直接输出。

## 5.10 系统迟缓率

5.10.1 调速控制系统的迟缓率应小于或等于 0.15%。

## 5.11 系统可用率

5.11.1 调速控制系统的可用率仅限于调速控制系统本身，不包括接入系统的变送器和执行机构等现场设备。

5.11.2 调速控制系统投入正常使用后，即可进行可用率统计。计时开始时间可由供需双方商定。

5.11.3 调速控制系统的可用率应达到 99.8%以上。

系统的可用率 (A, 单位%) 计算方法:  $A = t_1 / t_2 \times 100$

t: 连续考核统计时间

t<sub>0</sub>: 非系统因素造成的空等时间 (可与需方协商确定)

t<sub>1</sub>: 实际试验时间  $t_1 = t - \sum t_0$

t<sub>2</sub>: 故障时间  $t_2 = \sum (K t_{2i}) t_{2i}$ . 任一装置故障停用时间 K: 加权系数 (参见 DL/T659-2016 附录A)

## 6 调速控制系统应用功能

调速控制系统控制机组转速从静止开始上升以及机组带满负荷。

### 6.1 控制方式

6.1.1 自动控制: 自动控制为机组的高级控制方式, 根据机组的运行参数按设定的启动曲线, 自动完成机组启动、升速、带负荷全过程。在自动控制方式下也可进行人为干预。

6.1.2 操作员自动控制:

6.1.2.1 操作员自动控制为机组的基本控制方式, 是机组必备的控制方式。操作员根据机组状态设定转速变化率和目标转速、负荷变化率和目标负荷, 完成机组转速和负荷闭环控制。

6.1.2.2 操作员自动控制也可纳入自动控制模式, 作为自动控制方式下的人为干预手段。

6.1.3 手动控制: 阀位控制是机组的低层级控制方式, 操作员手动操作, 通过控制机组的调节阀开度, 实现负荷开环控制, 又称阀位控制。

### 6.2 控制功能

6.2.1 转速控制: 包括启动控制、升速控制和定速控制。转速应能在额定转速上、下 3% 范围以内进行调整且满足自动同期装置的要求 (驱动发电机组); 转速应能在满足需方要求的商定范围以内进行调整 (驱动非发电机组); 可配备外控的转速调整手段 (驱动发电机组)。

6.2.2 负荷控制：包括升、降负荷控制和稳定负荷控制。当发电机孤立运行时，从空负荷到满负荷之间（包括两者）所有负荷下的转速稳定；当发电机并网或与其它发电机并列运行时，负荷能稳定输入电网。

6.2.3 压力控制包括：

6.2.3.1 定压控制：改变调节阀的开度来升、降负荷，保持新蒸汽压力恒定。

6.2.3.2 滑压控制：保持调节阀的开度不变或基本不变，负荷随新蒸汽压力变化而变化。

6.2.4 同期控制（驱动发电机组）：接受同期装置的同期信号，实现机组同期并网。

### 6.3 限制和保护功能：

6.3.1 限制功能：当机组转速超过设定值或达到规定的限制值时，调速控制系统应根据机组的运行要求采取相应的措施，迅速关闭主汽阀和调节阀，防止机组过度超速。

6.3.2 保护功能：当调速控制系统故障、转速信号故障、调速控制系统电源失去时，应产生相应的保护信号，送至“安全监视装置”（GB/T35034-2018）；调速控制系统不应在任何部件故障时妨碍机组安全停机。

### 6.4 试验功能：

6.4.1 阀门动作试验：在不妨碍机组运行的情况下，主汽阀、调节阀在线活动试验，检查阀门能否自由活动。

6.4.2 阀门严密性试验：主汽阀、调节阀严密性试验，检查阀门的严密性。

6.4.3 限制和保护试验：试验保护动作情况。

### 6.5 接口功能：

6.5.1 同期接口（驱动发电机）。

6.5.2 数据通信接口：可与其它数据采集系统或分散控制系统共享资源。

6.5.3 安全监视装置接口。

### 6.6 人机接口和数据处理功能：

6.6.1 操作员站应能够实时监测机组、相关工艺系统和设备的运行状态。

6.6.2 工程师站应能够进行应用程序的调试、修改、备份及数据库维护。

6.6.3 显示画面操作以及键盘、按钮操作正确可靠。

6.6.4 运行参数的显示、报警、记录、打印和追忆。

6.6.5 远程接口（例如手机、云平台）由供需双方商定。

## 7 验收和技术资料

## 7.1 试验和验收

7.1.1 供方负责调速控制系统的试验、安装和调试，需方可在合同中规定要求参加“观察”和“见证”试验过程。

7.1.2 调速控制系统的试验结果和数据需经供需双方共同认可。

7.1.3 验收应在调速控制系统随机组稳定运行一段时间后进行，具体时间由供需双方商定。

## 7.2 技术资料一般应包括以下内容：

- a) 调速控制系统硬件手册；
- b) 调速控制系统设备清单和备品备件设备清单；
- c) 调速控制系统的控制组态手册；
- d) 调速控制系统组态生成软件；
- e) 调速控制系统控制逻辑图、系统接线图和 I/O 清单；
- f) 调速控制系统说明书、操作手册、维护手册。

其中，c)、d)、e)、f) 部分的资料可由供需双方商定。建议需方应接受供方专业人员的指导维护。