

# 电厂热工仪表压力测量技术应用的探究

张 靖 宋博文 元佳惠

北方联合电力有限责任公司包头第二热电厂 内蒙古 包头 014000

**摘要：**本文聚焦电厂热工仪表压力测量。首先阐述其核心需求是为机组运行控制等提供精准数据，明确测量精度、稳定性等基本要求；接着介绍核心原理，包括弹性变形、力平衡、压力传感器原理，以及常用仪表类型与智能仪表特点；然后从合理选型、正确安装、调试校准三方面说明现场应用要点；还分析常见故障类型、成因及处理方法，并提出故障预防措施。旨在为电厂热工仪表压力测量提供全面指导，提升测量准确性与可靠性。

**关键词：**电厂；热工仪表；压力测量；技术应用

引言：在电厂运行中，热工仪表压力测量至关重要，它为机组运行控制、设备状态监测提供精准、实时数据，保障热力设备在规定压力范围内安全运行，还能助力生产效率调节。电厂压力测量介质多样，物理化学性质差异大，且测量环境恶劣，对仪表测量精度、稳定性、响应速度等提出明确要求。基于此，深入探讨电厂热工仪表压力测量的核心需求、原理、常用仪表类型、现场应用要点、常见故障及处理方法等内容，有助于提升电厂压力测量水平，保障电厂安全稳定运行。

## 1 电厂热工仪表压力测量的核心需求与基本要求

电厂热工仪表压力测量的核心需求是为机组运行控制、设备状态监测提供精准、实时的压力数据，确保各类热力设备在规定压力范围内安全运行，同时为生产效率调节提供数据依据。电厂压力测量涉及的介质多样，包括高温高压蒸汽、水、烟气等，不同介质的物理化学性质差异较大，且测量环境多处于高温、高压、振动、粉尘等恶劣条件下，因此对热工仪表压力测量提出了明确的基本要求<sup>[1]</sup>。

从测量精度来看，不同设备的压力测量精度要求存在差异，关键设备如主蒸汽管道、锅炉汽包的压力测量精度需控制在 $\pm 0.1\% \sim \pm 0.5\%$ 之间，普通管道的压力测量精度可控制在 $\pm 1.0\%$ 以内，确保数据能够真实反映设备运行状态。从稳定性来看，热工仪表需能够长期在恶劣环境下稳定工作，避免因温度、振动、粉尘等因素导致测量偏差过大或仪表故障，保障压力数据的连续性与可靠性。从响应速度来看，对于锅炉炉膛压力、汽轮机紧急停机相关的压力测量，仪表需具备快速响应能力，响应时间控制在毫秒级，及时反馈压力异常，为机组安全控制提供充足时间。此外，仪表还需具备良好的抗干扰能力，避免电磁干扰、信号传输干扰等影响测量结果，同时便于安装、调试与维护，降低运维成本。

## 2 电厂热工仪表压力测量的核心原理与常用仪表类型

### 2.1 压力测量的核心原理

电厂热工仪表压力测量的核心，是将介质压力信号转为可测、可传信号，再经显示或传输至控制系统。其测量原理主要有三类：（1）弹性变形原理，应用最为广泛。利用弹簧管、膜片等弹性元件，在压力下产生与作用压力成正比的弹性变形，经机械传动使指针偏转，实现机械显示。（2）力平衡原理，测量精度高，适用于高精度场景。通过外力与介质压力平衡，借反馈机构调节外力，让弹性元件变形量固定，以测量外力间接获取介质压力。（3）压力传感器原理，借助压电式、电容式等传感器，把压力信号转为电压、电流等电信号，经信号调理电路处理后，传输至显示仪表或控制系统。该原理响应速度快、测量范围广，便于自动化控制，常用于大容量、高参数机组的压力测量<sup>[2]</sup>。

### 2.2 常用热工压力仪表类型

结合电厂压力测量需求与原理，常用热工压力仪表分机械指针式、压力变送器、智能压力仪表三类，可根据需求选用。（1）机械指针式压力仪表基于弹性变形原理，是传统测量仪表，有弹簧管、膜片、波纹管压力表等。弹簧管压力表结构简单、成本低、安装方便，适用于中低压、常温环境，常用于电厂普通管道和辅助设备压力监测；膜片压力表以膜片为弹性元件，灵敏度高，能测量腐蚀性、粘稠介质压力，可避免介质损坏内部结构；波纹管压力表测量范围广、精度适中，适用于低压、微压场景，如凝汽器真空度测量。（2）压力变送器是电厂高参数、关键设备压力测量的核心，基于压力传感器原理，可将压力信号转为标准电信号，实现远距离传输，便于与机组控制系统联动。常见类型中，电容式精度高、抗干扰强、稳定性好，适用于高温高压环境；电阻应变式结构简单、响应快，适用于动态测量；压电

式灵敏度极高,但受温度影响大,需配合温度补偿装置用于精密测量。

### 2.3 智能压力仪表的核心特点

智能压力仪表是在传统压力仪表与压力变送器的基础上,融入微处理器技术、通信技术,具备自动校准、自我诊断、数据存储与远程通信等功能,是电厂压力测量技术的重要升级方向。其核心特点体现在三个方面:

(1) 测量精度更高,通过微处理器对测量信号进行精准修正,消除温度、零点漂移等因素的影响,测量精度可达到 $\pm 0.05\% \sim \pm 0.1\%$ ,满足高参数机组的测量需求;

(2) 具备自我诊断功能,能够实时监测仪表自身的运行状态,及时发现零点漂移、信号异常、部件损坏等问题,并发出报警信号,便于运维人员及时处理,降低故障影响;(3) 便于远程运维与数据集成,通过通信接口与电厂控制系统、运维平台联动,实现压力数据的远程传输、存储与分析,运维人员可远程进行校准、参数设置,无需现场拆解仪表,提升运维效率,同时实现压力数据与其他热工参数(如温度、流量)的集成分析,为机组运行优化提供数据支撑<sup>[3]</sup>。

## 3 电厂热工仪表压力测量技术的现场应用要点

### 3.1 仪表的合理选型

仪表选型是保障电厂压力测量精度与稳定性的关键,要综合测量场景、介质特性、精度要求等因素,合理挑选仪表类型、范围与精度等级,防止选型失误引发测量偏差或仪表损坏。(1) 选型时,先明确介质特性,像温度、压力范围、腐蚀性、粘稠度等。高温高压蒸汽介质,要选耐高温高压的电容式压力变送器,并配冷凝管、隔离罐等,避免高温介质直接接触传感器;腐蚀性介质,选耐腐蚀材质(如哈氏合金、氟塑料)的仪表或采用隔离式测量。(2) 依测量精度要求选合适精度等级的仪表,关键设备用高精度仪表,普通辅助设备用常规精度仪表,兼顾质量与成本。还要考虑测量环境,振动剧烈处(如汽轮机附近)选抗振能力强的仪表;粉尘多处(如锅炉炉膛附近)选密封性好的仪表。另外,仪表测量范围要合理,一般为被测压力最大值的1.2 - 1.5倍,防止超量程损坏仪表或影响测量。

### 3.2 仪表的正确安装

热工压力仪表安装质量关乎测量准确性,安装时须严格遵循规范,结合测量场景与仪表类型,合理确定安装位置、方式,并做好密封、保温、防振动等工作。

(1) 安装位置选择上,要选介质流动平稳、无涡流和气泡之处,避开管道弯头、阀门附近,以防介质流动不均致测量偏差。气体介质压力测量,仪表应装在管道上

方,便于排出冷凝液;液体介质则装在管道侧面,防止杂质沉积在传感器上,也便于排气泡。(2) 安装方式方面,机械指针式压力仪表常用螺纹或法兰连接,要确保连接紧密、密封良好,防止介质泄漏。压力变送器安装需考虑信号传输距离,避免过长致信号衰减,位置要便于调试维护,远离电磁干扰源。此外,高温介质测量要装冷凝管,保护传感器;振动剧烈场景需装减震装置;腐蚀性介质要装隔离罐,用隔离液隔开介质与传感器,防止腐蚀<sup>[4]</sup>。

### 3.3 仪表的调试与校准

热工压力仪表安装后,必须严格调试与校准,以保障测量精度与正常工作。(1) 调试涵盖零点、量程及信号传输调试。零点调试是在无压力时调整仪表零点,防止零点漂移产生测量偏差;量程调试借助标准压力源施加不同压力,调整量程使仪表显示与标准值一致,误差在允许范围;信号传输调试针对压力变送器,检查电信号传输质量,确保无衰减、干扰,能准确传至显示或控制系统。(2) 校准是保障仪表长期稳定工作的关键,要定期进行,消除部件磨损、温度变化等因素导致的测量偏差。校准需用符合精度要求的标准压力源,按规范逐步加压,记录偏差,超出范围则调整、维修或更换仪表。校准周期依使用环境与精度要求确定,关键设备仪表为3 - 6个月,普通仪表为6 - 12个月,仪表故障维修后也需重新校准。

## 4 电厂热工仪表压力测量的常见故障及处理方法

### 4.1 常见故障类型及成因

在电厂热工仪表压力测量过程中,受安装不当、环境影响、部件磨损、维护不及时等因素影响,仪表易出现各类故障,导致测量偏差过大、信号异常或无法正常工作,常见的故障类型主要包括零点漂移、测量精度下降、信号中断、仪表损坏四类。

零点漂移是最常见的故障之一,其成因主要包括仪表传感器老化、温度变化、安装位置不当、介质残留等,表现为仪表在无压力作用下显示不为零,或零点随时间、温度变化而偏移,导致测量偏差。测量精度下降的成因主要包括仪表校准不及时、部件磨损(如弹性元件疲劳、传感器损坏)、介质污染(如杂质附着在传感器表面)、电磁干扰等,表现为仪表显示值与实际压力值偏差超出允许范围,无法真实反映设备运行状态。信号中断主要发生在压力变送器上,成因包括信号传输线路损坏、接线松动、传感器故障、电源故障等,表现为控制系统无法接收压力信号,或信号显示异常(如固定为某一数值、波动剧烈)。仪表损坏的成因主要包括被

测压力超出测量范围、介质腐蚀、高温高压损坏、振动冲击、维护不当等，表现为仪表无法显示、指针卡死、传感器破裂等，无法正常进行压力测量。

#### 4.2 常见故障的处理方法

针对不同类型的故障，需结合成因采取针对性的处理方法，及时排除故障，恢复仪表的正常工作，确保压力测量的连续性与准确性。对于零点漂移故障，首先需检查仪表的安装位置是否合理，是否受温度、振动等因素影响，若存在此类问题，需调整安装位置、加装减震、保温装置；其次，检查介质是否残留，若有残留需清理仪表传感器，再进行零点校准，若零点漂移严重，可能是传感器老化，需及时更换传感器。

对于测量精度下降故障，首先需对仪表进行重新校准，使用标准压力源调整仪表的零点与量程，消除校准不及时导致的偏差；若校准后精度仍不达标，需检查仪表部件是否磨损，如弹性元件疲劳、传感器损坏，需及时维修或更换部件；同时，检查信号传输线路是否存在干扰，若有电磁干扰，需远离干扰源或加装抗干扰装置，清理传感器表面的杂质，避免介质污染影响测量精度。对于信号中断故障，首先检查电源是否正常，接线是否松动，若电源故障需恢复电源，接线松动需重新紧固接线；其次，检查信号传输线路是否损坏，若线路损坏需更换线路；若上述检查无问题，可能是传感器故障，需检测传感器的工作状态，及时维修或更换传感器<sup>[5]</sup>。

对于仪表损坏故障，需先排查故障成因，避免再次出现同类问题，若因被测压力超出测量范围导致损坏，需重新选用合适测量范围的仪表；若因介质腐蚀、高温高压损坏，需选用耐腐蚀、耐高温高压的仪表，并配备相应的辅助装置；若因振动冲击损坏，需加装减震装置，调整安装位置，损坏严重的仪表需直接更换，更换后需进行调试与校准，确保符合测量要求。

#### 4.3 故障预防措施

为减少热工仪表压力测量故障的发生，降低故障对电厂生产运行的影响，需采取针对性的预防措施，做好仪表的日常运维工作。首先，建立完善的仪表运维管理

制度，定期对仪表进行巡检、清洁、校准与维护，及时发现仪表的异常状态，提前处理潜在故障，避免故障扩大。其次，加强仪表的日常清洁，定期清理仪表表面的粉尘、污渍，清理传感器表面的介质残留，防止杂质附着影响测量精度或损坏部件；对于腐蚀性、粘稠介质的测量仪表，需定期检查隔离装置、密封部件，及时更换损坏的密封件、隔离液，防止介质泄漏腐蚀仪表。

此外，加强运维人员的专业培训，提升运维人员的操作技能与故障判断能力，确保仪表的安装、调试、校准与故障处理工作规范开展，避免因操作不当导致仪表损坏或测量偏差；同时，合理储备仪表备件，对于易损坏的部件（如传感器、密封件、弹性元件），提前储备，便于故障发生时及时更换，缩短故障处理时间，保障压力测量工作的连续性。

#### 结束语

电厂热工仪表压力测量涵盖多方面内容，从核心需求与要求，到测量原理、仪表类型，再到现场应用要点、故障处理与预防，每个环节都紧密相连且至关重要。准确把握这些要点，合理选型、正确安装、严格调试校准仪表，及时处理故障并做好预防，能显著提升压力测量的准确性与可靠性，为电厂机组安全稳定运行提供坚实保障。未来，随着技术发展，还需不断探索创新，推动电厂热工仪表压力测量技术迈向新高度，更好地服务于电厂生产与发展。

#### 参考文献

- [1]张永振,樊聪.火力发电厂的热工仪表安装及测量技术研究[J].中国设备工程,2023,(14):195-197.
- [2]鲁娟.热工仪表压力测量技术在火电厂的应用故障及措施[J].电气技术与经济,2022,(01):41-43.
- [3]项东.火电厂热控仪表常见故障改善策略分析[J].仪器仪表用户,2024,31(07):107-109.
- [4]王建军.电厂热控仪表故障及预防措施研究[J].现代制造技术与装备,2024,60(01):113-115.
- [5]田连波.热工仪表故障及处理策略[J].现代制造技术与装备,2023,59(11):216-218.