

锅炉及热网系统的 监测与计量仪表

杨振顺 编著

冶金工业出版社

(京) 新登字 036 号

内 容 提 要

本书简要介绍了监测计量仪表在锅炉及热网系统中的作用, 锅炉及热网系统应配备的监测计量仪表, 并简述了这些仪表的原理及优缺点; 重点分析了锅炉烟气氧含量监测、湿蒸汽流量的计量和热水热网系统中的计量等问题, 并提出了解决这些问题的技术措施。

本书可供从事能源计量的科技人员、工矿企业的仪表技术人员和技工使用。

锅炉及热网系统的监测与计量仪表

杨振顺 编著

*

冶金工业出版社出版发行

(北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号)

新华书店总店科技发行所经销

北京市华星计算机公司激光照排

文物出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 $3\frac{1}{2}$ 字数 97 千字

1992 年 1 月第一版 1992 年 1 月第一次印刷

印数 00,001~7,000 册

ISBN 7-5024-0990-4

TK·11 定价 3.00 元

前 言

耗能设备配备能源监测、计量仪表是合理用能的首要条件。要合理用能，首先必须了解耗能设备的运转状况和热网系统中热工参数的变化情况，然后才能针对存在的问题，制定节能措施。因此，能源监测、计量仪表的选择和使用是节能管理中必须要考虑的。

由于能源监测、计量仪表是节约能源的重要手段，因此不少企业的用能设备和热网系统都配备了必要的监测、计量仪表。近几年的实践表明，不少企业通过配备监测、计量仪表，提高了用能设备的效率，合理分配使用了能源，从而获得了经济效益。但是，也有少数企业，由于选择的仪表不合适，仪表安装质量不高以及缺乏必要的仪表维护管理，因此还体会不到配备监测、计量仪表给节能带来的好处。

编写本书的出发点就是为从事能源管理的干部，从事热工仪表安装、使用及维修的工程技术人员提供一份实用参考书。本书用很大篇幅叙述了能源监测、计量仪表存在的问题，如湿蒸汽流量的计量等问题，并提出了解决这些问题的技术措施。

尽管作者近几年接触了一些能源监测、计量的实际工作，但接触的面还不广，有些问题可能还未发现，有些问题虽然提出来了，但由于作者的水平有限，分析得可能不够准确，错误之处难免，希望广大读者批评指正。

编 者

1991年9月

目 录

第一章 监测、计量仪表在锅炉及热网系统中的作用	(1)
第一节 锅炉监测、计量仪表的作用.....	(1)
第二节 监测、计量仪表在热网系统中的作用.....	(5)
第三节 国家标准要求配备的测量仪表.....	(6)
第二章 锅炉及热网系统配备的监测、计量仪表	(10)
第一节 锅炉热系统配备的监测、计量仪表	(10)
第二节 锅炉燃烧系统配备的监测、计量仪表	(35)
第三节 热网系统配备的监测、计量仪表	(41)
第三章 监测、计量问题的探讨	(43)
第一节 锅炉烟气氧含量监测问题	(43)
第二节 锅炉蒸汽流量计量问题	(46)
第三节 热水热网系统的计量问题	(61)
第四章 新型流量、热量表	(64)
第一节 蒸汽锅炉热流仪	(64)
第二节 湿蒸汽热流仪	(68)
第三节 热水热流仪	(70)
附录 1 国务院关于节约工业锅炉用煤的指令	(73)
附录 2 企业能源计量器具配备和管理通则 (试行) ...	(75)
附录 3 评价企业合理用热技术导则	(80)
附录 4 企业能耗计量与测试导则	(91)
附录 5 饱和水与饱和水蒸汽表 (依压力排列)	(96)
附录 6 饱和水与饱和水蒸汽表 (依温度排列)	(100)
附录 7 分度号 Pt100	(102)

第一章 监测、计量仪表在锅炉及热网系统中的作用

第一节 锅炉监测、计量仪表的作用

一、锅炉监测仪表的安全保证作用

锅炉是在一定温度、压力下运行的耗能设备，根据设备生产的产品和产品的工艺要求，锅炉生产的蒸汽可能具有相当高的温度和压力。在高温高压下运行的设备，如果没有监测仪表，或是监测仪表失灵，都会造成严重后果。我国不少工业企业都曾发生过由于锅炉监测仪表失灵，引起锅炉爆炸，造成工厂设备损坏和人身伤亡的重大事故。因此，对于在一定压力和温度下运行的锅炉，必须配备监测仪表，在线连续监测锅炉运行。

锅炉安全运行要求有可靠的压力仪表来监测锅炉的蒸汽压力，最好同时采用两块压力仪表，这样即使一块压力仪表失灵，另一块压力仪表也能反映锅炉的蒸汽压力。

保证锅炉安全运行的另一块监测仪表是锅筒液位表。锅炉生产蒸汽是通过燃料在炉膛中燃烧，使锅筒内的炉水不断产生蒸汽。锅炉正常运行的一个主要标志是锅炉在运行过程中，锅筒水位应始终保持在某一高度范围。锅筒水位过高，会导致炉水进入蒸汽管道，甚至进到用汽设备，这是不允许的；锅筒水位过低，严重时锅筒烧干，造成锅炉爆炸事故，这是更不能允许的。为了准确、可靠地监测锅筒水位，最好采用两套锅筒水位监测仪表，一套是安装在锅炉本体上的玻璃管或玻璃板式水位计，另一套是安装在仪表盘上的锅炉水位显示仪，前者是就地直读式仪表，后者是通过一次仪表或变送器后的二次仪表，可以显示锅筒液位，并对高低水位越限报警。

锅炉蒸汽压力和锅筒液位是锅炉安全运行的重要参数，必须进行监测。我国早期使用的锅炉，都装有简单的弹簧管压力表和玻璃式水位表，至今这两种表还用在锅炉上。随着科技水平的不断提高，测量技术的不断改进，以及对安全的更加重视，目前，锅炉又配有各种类型的蒸汽压力表和锅炉水位表。

二、锅炉监测仪表的节能作用

锅炉监测仪表的节能作用主要是指通过监测仪表，调整锅炉的运行工况，使其处于最佳运行状态，从而减少锅炉的各项热损失，提高锅炉的热效率。

锅炉热效率可用下列两个公式表示：

锅炉正平衡热效率表达式

$$\eta = Q_1 / Q_{\text{供}}$$

式中 η ——锅炉热效率，%；

Q_1 ——有效热量，MJ/kg；

$Q_{\text{供}}$ ——供给锅炉的燃料热量，MJ/kg。

$$Q_{\text{供}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_{\text{pu}}$$

Q_2 ——排烟损失热量，MJ/kg；

Q_3 ——燃料气体未完全燃烧损失热量，MJ/kg；

Q_4 ——燃料固体未完全燃烧损失热量，MJ/kg；

Q_5 ——锅炉散热损失，MJ/kg；

Q_6 ——燃料灰渣的物理损失热量，MJ/kg；

Q_{pu} ——相对锅炉排污损失热量，MJ/kg。

锅炉反平衡热效率表达式

$$\eta = 100\% - q_2 - q_3 - q_4 - q_5 - q_6 - q_{\text{pu}}$$

式中 q_2 ——排烟损失热量，%；

q_3 ——燃料气体未完全燃烧损失热量，%；

q_4 ——燃料固体未完全燃烧损失热量，%；

q_5 ——锅炉散热损失，%；

q_6 ——燃料灰渣的物理损失热量，%；

q_{pu} ——相对锅炉排污损失的热量, %。

锅炉热效率表达式说明: 锅炉节能就是要在提高锅炉热效率上下功夫, 就是要求在一定供给热量下尽可能增大产生的有效热量, 减少锅炉的各项热损失。为了说明锅炉监测仪表的节能作用, 下面例举两种监测仪表。

1. 燃烧系统监测仪表的节能作用

在锅炉反平衡热效率表达式中, 有 6 种损失热量, 其中排烟损失热量 Q_2 和燃料固体未完全燃烧损失热量 Q_4 是锅炉主要损失热量, 在损失热量中占有相当大的比重。这两项损失热量都取决于锅炉的燃烧状况, 而锅炉燃烧状况主要取决于燃料与空气的配比。燃料燃烧需要有一定空气量, 如果将燃料燃烧的理论空气量设定为 1, 那么燃料充分燃烧时, 实际需要的空气量大于 1, 由此引入了过剩空气系数 α 。过剩空气系数 α 是反映锅炉燃烧状况的重要参数之一, 因此必须监测 α 值。

在锅炉实际运行中, 锅炉最佳燃烧工况应该是使 Q_2 和 Q_4 都处于最小值, 这意味着在燃料尽可能燃烧 (Q_4 最小值) 的情况下, 使排烟的损失热量 Q_2 尽可能小。 Q_4 的大小, 有经验的司炉工人可估算出, 它的准确值可以用仪器分析。 Q_2 的大小则由过剩空气系数判断。在实际测量中, 一般不测 α 值, 由于 α 与烟气中的氧含量有一定关系, 确切地讲, 在锅炉烟道无漏风的情况下, 烟道中烟气的氧含量与过剩空气系数 α 有一对应关系, 如表 1.1 所示。

表 1.1 烟气氧含量 (Q_2) 与过剩空气系数 (α) 的关系

O_2 (%)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
α	1.24	1.31	1.40	1.50	1.62	1.75	1.91	2.10	2.33	2.63	3.00

监测烟气中的氧含量可以了解燃料与空气的配比, 要使锅炉燃烧得好, 司炉工人应该根据烟气氧量监测仪, 调节燃料与空气的配比, 在燃料充分燃烧的前提下, 使烟气中的氧含量尽可能小。

除了监测烟气氧含量调节燃料与空气的配比外，还应通过监测炉膛负压调节锅炉的引风量，使引风与鼓风相匹配，保证炉膛在微负压状态下燃烧。国家标准规定，炉膛负压应在 $-20\sim 0\text{Pa}$ 。另外，还可通过监测排烟温度，大致了解排烟热损失。排烟温度的高低取决于锅炉的质量和烟气余热的回收程度。在未安装省煤器的老式锅炉中，排烟温度一般超过 250°C ；安装了省煤器的锅炉，排烟温度约为 200°C 。国家标准对不同容量的锅炉，规定了排烟标准。锅炉容量大于或等于 1t/h ，而小于 4t/h 时，排烟温度 $t\leq 250^{\circ}\text{C}$ ；锅炉容量为 4t/h 时，排烟温度 $t\leq 200^{\circ}\text{C}$ ；锅炉容量为 6t/h 以上时，排烟温度 $t\leq 180^{\circ}\text{C}$ 。

2. 炉水监测仪表的节能作用

人们非常关注锅炉的水质，因为炉水质量的好坏，不但关系到节能节水，而且还涉及到锅炉的安全运行。普通水不能进入锅炉，在普通水中含有大量的Ca离子、Mg离子和碱度，在高温下，很容易使炉壁结垢。因此，进入锅炉的水必须进行软化处理。

锅炉软化水的质量应该监测，否则，锅炉运行一段时间也会结垢。炉壁结垢会使热阻变大，传热效果变差，生产同样蒸汽消耗的能源就多。实验表明，炉壁结垢 1mm ，多耗燃料 $2\sim 3\%$ ，结垢 2mm ，多耗燃料 $5\sim 6\%$ 。另外，当炉壁结垢严重时，在高温下会产生裂纹，引发锅炉严重事故。

目前，一般都采用氯离子滴定法测定炉水中的Ca离子、Mg离子和碱度含量。用这种人工定期取样的分析方法检查炉水的质量，需要配设专职化验工，而且不能及时得到水质结果，因此，应配备水质监测仪表。但我国水质监测仪表，如工业电导仪、盐量计等仪表性能差，测量误差大，用户无法使用。本书将介绍一种新型仪表（蒸汽锅炉热流仪），这种仪表能准确显示炉水的含盐量。

采用显示仪表连续监测锅炉水质，可以防止锅炉炉壁结垢，保证炉壁的传热效果，减少排污热损失，提高锅炉热效率，节约能源。

三、锅炉计量仪表的作用

常见锅炉（不包括余热锅炉）都是通过燃烧一次能源得到二次能源的，煤炭是常见的一次能源，也有用重油作燃料的，而锅炉生产的二次能源就是蒸汽或热水。

目前，我国工业锅炉已规格化、系列化。根据锅炉容量划分，有 2t/h、4t/h、6t/h、10t/h 等蒸汽锅炉。对于一台具体容量的锅炉，不一定在额定负荷下运行，到底产汽多少，需要有蒸汽流量仪表来显示记录锅炉的产汽量。

锅炉消耗的一次能源也应该计量，通过计量仪表，可了解在一个生产周期里，需要多少燃料，做到心中有数，便于能源的有效管理。

计量了锅炉的燃料消耗量，又计量了产汽量，就可核算每吨蒸汽的成本，对用汽单位可按成本收费。按成本收费，可以大大避免蒸汽的流失和浪费，具有显著的节能效果，不少企业已获得了明显的经济效益。另外，通过对燃耗量和产汽量的计量，也可了解锅炉的热效率，这对规划锅炉的运行周期和大修时间提供了科学依据。配齐锅炉计量仪表，还可考核、评价司炉班组的工作。这里应当指出的是，仅计量产汽流量还不够，最好能同时计量产汽流量和热量，因为在相同的流量下，蒸汽压力（或温度）不同，热量是不同的，应该说计量热量更准确，更科学，更便于了解锅炉运行的热效率和评价司炉班组的工作成绩。

第二节 监测、计量仪表在热网系统中的作用

蒸汽锅炉生产的蒸汽通过热网管路输送到各个车间的用汽设备，用汽设备在生产过程中往往对用汽质量有一定要求，如蒸汽压力或温度不能低于某一界限值，低于界限值，产品质量达不到要求；蒸汽水分含量不能高于某一界限值，水分含量过高也影响产品质量，要满足这些类似要求，必须配备监测仪表。

除了生产工艺要求对蒸汽质量进行监测外，在热网系统中，还

需要计量蒸汽（或热水）的流量和热量，以便有效管理二次能源。在当前经济改革形势下，企业内部必须对各车间的用汽量（或热水用量）进行计量，按计量收费、考核产品的能耗。这不但促使企业加强对能源的科学管理，而且可使企业获得经济效益。

在热网系统中配齐计量仪表有利于堵塞能源流失。例如：某单位的热水锅炉供几栋楼房冬季取暖，在未装计量仪表前，由于按住房面积收取暖费，热网中热水流失量很大，锅炉需经常补充大量锅炉水，由此需多消耗许多能源和水；当安装了计量仪表后，每栋楼按计量收费，热水流失量减少，一个冬天取暖期可节约燃煤6%。

第三节 国家标准要求配备的测量仪表

一、《评价企业合理用热技术导则》国家标准中强调的测量仪表

《评价企业合理用热技术导则》是为促进企业合理有效利用热量，达到节能目的而制订的能源国家标准。这个标准对下列四个方面作出了具体规定：燃料燃烧的合理化；传热的合理化；减少传热与泄漏引起的热损失；余热的回收利用。

在燃料燃烧的合理化中，要求燃烧装置配备必要的监测、计量仪表，测量和记录燃烧装置的燃料用量、温度和压力以及烟气中的氧含量。燃烧装置配备必要的监测、计量仪表，是为了了解燃烧工况，使燃烧合理化。例如，一台运行中的锅炉，通过测量燃料燃烧温度，可以了解炉膛温度的高低；通过测量烟气中的氧含量，可以了解燃料与空气的配比是否合适；通过测量压力可以了解鼓风与引风是否匹配；通过测量燃料用量可以了解燃料的消耗量。燃烧装置配备监测、计量仪表是燃烧合理化的必要条件和技術保证。

在传热的合理化中，要求测量和记录载热体的温度、压力和流量，以及表征设备热工状况的其它参数。对于锅炉来说，载热

体是蒸汽（或热水），要求测量和记录蒸汽的温度、压力和流量，以及锅筒的液位高度。测量这些参数，既可保证设备的安全运行，又可反映蒸汽的质量和数量。因此，监测和计量仪表也是传热合理化的必要条件。

在减少传热与泄漏引起的热损失中，要求了解设备的热损失状况，定期测量保温温度。对于锅炉，要求测量排烟温度，了解排烟热损失；定期测量锅炉表面和蒸汽管道表面温度，了解锅炉表面和蒸汽管道表面的散热损失。通过测量，掌握了热量的流失情况，从而采取措施，减少不必要的热损失。

在余热回收利用中，要求掌握余热介质的温度与数量、余能载体的压力及流量。我国耗能设备的能源利用率很低，总的平均利用率还不到 30%，其中相当大的部分被白白浪费掉。对余热、余能的回收利用是节能的主要途径之一，要回收余热、余能，就必须测量余热的温度和数量、余能的压力和流量，以便分析回收的经济效益，制定回收方案及措施。

总之，企业要做到合理用热，用能设备必须配备测量仪表，否则，企业就不可能节约能源，特别是用能大户，不可能有较高的经济效益。

二、《企业能源计量与测试导则》标准及国家对企业能源计量的要求

企业能源计量是企业能源管理，节约能源的基础工作。国家技术监督局颁发的《企业能耗计量与测试导则》标准，对企业能源计量作了明确规定，要求对一次能源、二次能源及耗能工质都要进行计量；要求对自用与外销能源、企业与企业附属集体单位使用的能源、用作原料与燃料的能源、生产与生活使用的能源以及生产系统与辅助生产系统和附属生产系统使用的能源等实行分别计量。

一次能源包括：煤、石油和天然气。二次能源包括：电、焦炭、成品油、煤气、瓦斯气、石油气和蒸汽。耗能工质包括压缩

空气、氧气、氮气、氢气及水。锅炉消耗的一次能源主要是煤，只有少量锅炉以重油或天然气作燃料。锅炉生产的二次能源主要是蒸汽或具有一定压力的高温热水。

国务院颁发的《企业能源计量器具配备和管理通则》对一次能源、二次能源的计量作了具体规定。

对煤的计量：进出厂的煤，要求计量检测率达 98%；车间重点用煤及生活用煤，要求计量检测率达 95%。

对蒸汽的计量：进出厂、车间重点用汽装置和生活用汽，要求计量检测率达 95%。

对水的计量：进出厂、车间重点用水设备，要求计量检测率达 90%；生活用水、家庭用水，要求计量检测率达 100%。

《企业能源计量器具配备和管理通则》还对能源计量仪表的准确度作了规定：

对水流量计，要求仪表计量的准确度不低于 $\pm 2.5\%$ 。

对蒸汽流量计，包括过热蒸汽流量计和饱和蒸汽流量计，要求仪表计量的准确度不低于 $\pm 2.5\%$ 。

对煤气等气体流量计，要求仪表计量的准确度不低于 $\pm 2.0\%$ 。

目前，企业普遍反映蒸汽流量计量不准，仪表计量的准确度达不到 $\pm 2.5\%$ ，本书将分析几种常用蒸汽流量仪表的测量误差，以使计量人员对几种常用的蒸汽流量计有所了解。

当配备能源计量仪表时，要求能源计量仪表的选型、准确度、稳定度等性能参数应能满足产品制定能耗定额，实行定额管理的需要；要求制定企业能源计量测点网络图，编制能源计量仪表的配备规划；要求对用于不同场合的能源分别计量。企业应首先考虑将资金用于能源计量仪表的配置。

不少企业的能源计量管理是薄弱环节，有的企业将能源计量纳入行政科管理，有的则纳入设备科管理，由此造成能源计量仪表的维修人员与管理部门脱节，有的企业甚至无人维修，根据

《全国厂矿企业计量管理实施办法》规定，能源计量器具应由企业的计量机构统一管理，由企业的计量机构制定能源计量测点网络图和计量仪表的配备规划，编制能源计量器具购置计划和仪表的安装、调试及维修工作。

企业应当重视对能源计量人员的配备，在企业计量人员编制内应有专职从事计量管理、检定测试和维修人员。企业计量人员占职工总人数比例可根据实际情况核定，计量人员中，技术干部的比例一般不低于 10%，计量人员应有一定技术水平和计量测试知识，专职计量人员要取得政府计量部门技术考核合格证件。

企业能源计量应建立计量标准，要根据计量仪表准确度等级、使用情况和环境条件，确定计量仪表的检定周期，计量仪表周期受检率应达到 98~100%，抽检合格率应达到 95~98%。能源计量仪表的安装、使用要严格按照产品说明书进行，要保证正确安装、使用和维修。近年来，有些企业没有按产品说明书要求正确安装仪表，致使仪表无法使用，能源计量仪表起不到应有的作用。

第二章 锅炉及热网系统配备 的监测、计量仪表

第一节 锅炉热系统配备的监测、计量仪表

锅炉热系统系指锅炉载热介质的流入、流出系统，它包括锅炉给水、锅筒、载热介质输出三部分。锅炉热系统是锅炉的重要组成部分，它的质量好坏，不但涉及到锅炉的热效率，而且直接影响到锅炉的安全运行。

锅炉热系统的监测仪表包括锅筒水位表和蒸汽压力表，分别用来监测锅筒水位和锅筒内蒸汽压力。这两种表是保证锅炉安全运行的必备仪表。蒸汽压力超过锅炉额定蒸汽压力，会引发锅炉运行事故；锅筒水位过满，大量炉水会进入蒸汽管道，锅筒水位过低，严重时锅筒干枯，造成锅筒爆炸。因此，锅炉运行时必须可靠地监测锅筒水位和蒸汽压力。

锅炉生产厂在为用户安装锅炉时，在锅炉本体上都配备了这两种表，其中，蒸汽压力表采用的是弹簧管压力表，锅筒水位表选用的是玻璃管水位表或玻璃板水位表。随着科技的不断发展，新的监测仪表大量问世，它们的特点是集中在仪表盘上显示，对较大容量的锅炉，还提供自动控制信号，实现锅炉自动供水。

锅炉热系统仪表还包括锅炉给水表、蒸汽流量表、热量表、蒸汽温度（或热水温度）表，有的用户还考虑配备锅炉排污流量表。从软化水进入锅炉，到载热介质流出锅炉分析，锅炉给水流量应等于蒸汽流量和排污流量之和，如果仪表计量可靠，计量两个流量就可以了，一般计量蒸汽流量和给水流量。目前，不少企业的锅炉都配备了这两块表，也有一些企业，由于条件所限，只配了蒸汽流量表。

对锅筒水位、蒸汽压力、蒸汽温度或热水温度等参数的测量，技术上已成熟，测量这些参数的仪表已标准化、系列化。在流量测量方面，锅炉给水流量的测量没有什么技术难度，因为进入锅炉的水属于单相流体介质，无论是采用差压式流量计，还是采用涡轮流量计，都能测量锅炉给水流量。这两种类型的流量仪表也已标准化、系列化。对于蒸汽流量的测量，用户对目前使用的仪表普遍反映测量误差大，仪表性能差。

本节对锅炉热系统中常见的监测计量仪表作简单介绍。

一、常用的锅筒水位计

1. 玻璃水位计

玻璃水位计是在锅筒本体上就地安装的直读式仪表。它是根据连通器中液柱静压平衡原理，直接显示水位。玻璃水位计有玻璃管式和玻璃板式两种类型，玻璃管式水位计用于低压锅炉，它由玻璃管、汽阀、水阀组成，玻璃管上、下两端分别插入汽阀和水阀的端头里，锅筒水位通过连通管、汽阀及水阀与玻璃管连通，玻璃管内的液位与锅筒水位一致。玻璃板水位计用于较高压力的蒸汽锅炉，它由玻璃板、框盒、汽阀和水阀组成，玻璃板靠炉水一侧有沟槽，能使光线产生折射，使炉水呈黑色，蒸汽仍保持光亮透明，从而容易辨别水位。

玻璃水位计结构简单，安装使用方便，可根据锅炉的蒸汽压力等参数选用合适的玻璃水位计。另外，在投入使用时，应先打开汽阀，后打开水阀。

2. 电接点水位计

电接点水位计是利用水、汽之间导电能力的极大差异实现水位测量的。炉水中的电阻很小，蒸汽中的电阻很大。当锅筒内炉水水位升高时，两电极都浸在炉水中，从而两电极导通，仪表显示出导通的信号。根据这一原理制成的仪表，除水位计外，还有水位灯光报警仪、水位声响报警仪等。

两个电接点导通，说明两电接点都在炉水里，要反映炉水在

图 2-1 是电接点水位计原理线路图,当两电极导通时,晶体管 T_1 导通,从而使斯密特电路中的 T_2 截止, T_3 导通,使 R_{c_3} 有电流流过,若 R_{c_3} 是灯泡,则灯泡亮。采用斯密特电路是保证电路能可靠导通或截止,由于 T_3 导通, i_{c_3} 在 R_{c_3} 上的压降使 T_2 的发射极得到足够的反向电压,而可靠截止。当其中一电极在汽相介质中时,情况与上述相反, T_1 截止, T_2 导通, T_3 截止,灯光不亮。

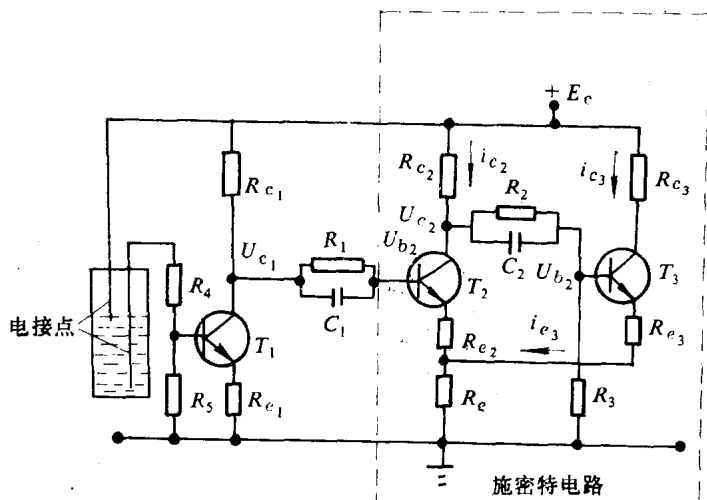


图 2-1 电接点水位原理线路图

电接点水位计和电接点灯光、声响报警仪都是为保证锅炉安全运行而设计的水位监测仪，它们的优点是装在仪表盘上，便于司炉工人观察或提醒司炉工人注意锅炉的上水或停止上水。

安装电接点水位计时，主要要注意对测量筒的安装，测量筒与地面应保持垂直，电极与筒壁不要短路。使用过程中，应有专职人员维护，定期清洗测量筒中的污垢，使仪表可靠运行。

3. 差压式水位计

差压式水位计主要由差压变送器和与它配套的二次显示仪组成。锅筒炉水的水位差压经导压管送至差压变送器，差压变送器将此差压信号转变成 $0\sim 10\text{mA}$ 或 $4\sim 20\text{mA}$ 的电信号，由显示仪以水位高度值显示出来。

图 2-2 是差压变送器原理图。锅筒 是一个封闭的压力容器，它的上部是蒸汽，下部是炉水，锅筒 1 上部取压孔通过引压导管、冷凝容器 2 与差压变送器 3 相接；锅筒 1 下部取压孔通过引压导管与差压变送器 3 相接，差压变送器得到的差压值为：

$$\begin{aligned}\Delta P &= [(H + h)\gamma_1 + P_1] - [H'\gamma_2 + P_1] \\ &= H\gamma_1 - [H'\gamma_2 - h\gamma_1] \\ &= KH - K'\end{aligned}$$

式中 γ_1 、 γ_2 —— 分别为锅筒水和冷凝水的重度；

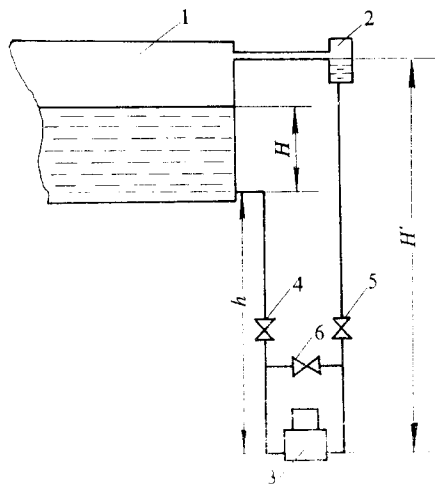


图 2-2 差压式水位计原理图

1—锅筒；2—冷凝容器；3—差压变送器；4—正压阀；5—负压阀；6—平衡阀