

内 容 提 要

本书是作者集三十余年从事热控自动仪表的实际检修工作的经验,详细的介绍了热控自动仪表、保护、电动执行机构、压力、温度、流量、转速、皮带电子秤等仪器仪表在运行中出现的常见故障实例以及故障原因和处理方法,给从事热控自动仪表检修人员提供了参考和帮助,对刚参加工作的同志,更是一本较好的培训资料。本书适用于从事火电厂及水电厂的热控自动仪表检修工作的技术人员,也适用于化工、石油、水泥、制药、钢铁等行业工厂中从事自动仪表的检修人员。

图书在版编目 (CIP) 数据

热控自动仪表故障检修实例/廖华编著.-北京:中国电力出版社,2001

ISBN 7-5083-0617-1

I.热... II.廖... III.热工仪表:自动化仪表—检修 IV.TK38

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 24943 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2001 年 8 月第一版 2001 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 12 印张 255 千字 6 插页

印数 0001—4000 册 定价 21.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前言



工业自动化仪表是指自动控制、自动调节、自动检测和显示、自动保护等装置和仪表。它是实现现代工业生产过程自动化的重要设备，通过自动装置和仪表来操作，了解生产过程中的物质变化状况，并将生产过程控制在额定状态。随着我国社会主义建设的发展，工业自动化仪表已广泛应用于冶金、电力、化工、石油、轻纺、机械等工业部门。搞好自动化仪表的维护检修工作，对提高企业生产的安全性和经济效益，具有重要的意义。

作者在火电厂热工自动化仪表车间从事检修维护工作已近三十年，积累了相当丰富的经验和体会，这些经验和体会对于这一领域的同行极具有参考价值。本书以 DDZ-Ⅱ型和 DDZ-Ⅲ型仪表为主，参考相关的规程和资料结合作者的前述经验详细介绍了热控自动仪表故障检修的技术。

全书分十章，分别介绍了热工自动、电动门、保护、流量、压力、水位、温度、转速、皮带电子秤等专业仪表在运行中或在检修中出现的故障现象、故障原因和故障的检修方法。书中的内容比较详细，条理清楚，通用性比较广，适用性大，对电力、冶金、化工、石油、水泥、轻纺、机械等行业从事自动仪表工作的人员都有一定的参考价值。该书将成为从事自动与仪表专业人员的良师益友。

本书编写过程中得到金竹山电厂自动化专业高级工程师李绍姜老师、华北电管局高级工程师刘俭、湖南省电力局付

总工程师周昕、高级工程师罗日平以及中心试验研究所副总工程师张经玲、厂热工主任袁愈美的帮助，以及中国电力出版社有关编辑的热心指导。在此一并致以感谢。

由于作者水平有限，书中如有不妥或错误之处，敬请读者批评指正。

金竹山电厂 廖华

第一章



自动调节器

热工自动系统的作用是以调节器为主，与温度、压力、流量等变送器、计算器、电动执行器等单元配合，组成定值、比率、串级等调节系统，实现对电厂机组的温度、压力、流量、水位等参数的自动调节。加强对调节系统的维护、维修工作是非常重要的，下面讲述热工自动调节器故障检修方法。

第一节 DTL-153 型自动调节器故障检修

自动调节器 DTL 系列单元型号比较多，但大体相似，现以 DTL-³²¹₁₅₃ 型调节器为例说明自动调节器的一些常见故障以及进行检修方法。

检修调节器时，应将“正一反”开关置“正”，积分时间“TI”置最大位置，顺时针旋到底，同时跟踪电压端子⑭⑮短路，微分时间“TD”置最小位置逆时针旋到底，同时微分开关置“O”位置，比例带“P”置最小位置。

1. 调节器有输入信号，无输出电流

如图 1-1 所示，按调节器的接线端子，在主通道的输入端①号接信号“+”端，②号接信号“-”端。信号源输出

“正一反”开关置“正”，输出 10mA 电流，则在调节器端子①②端子上应有 2V 直流电压。说明调节器已加入了输入信号，但调节器无输出电流。

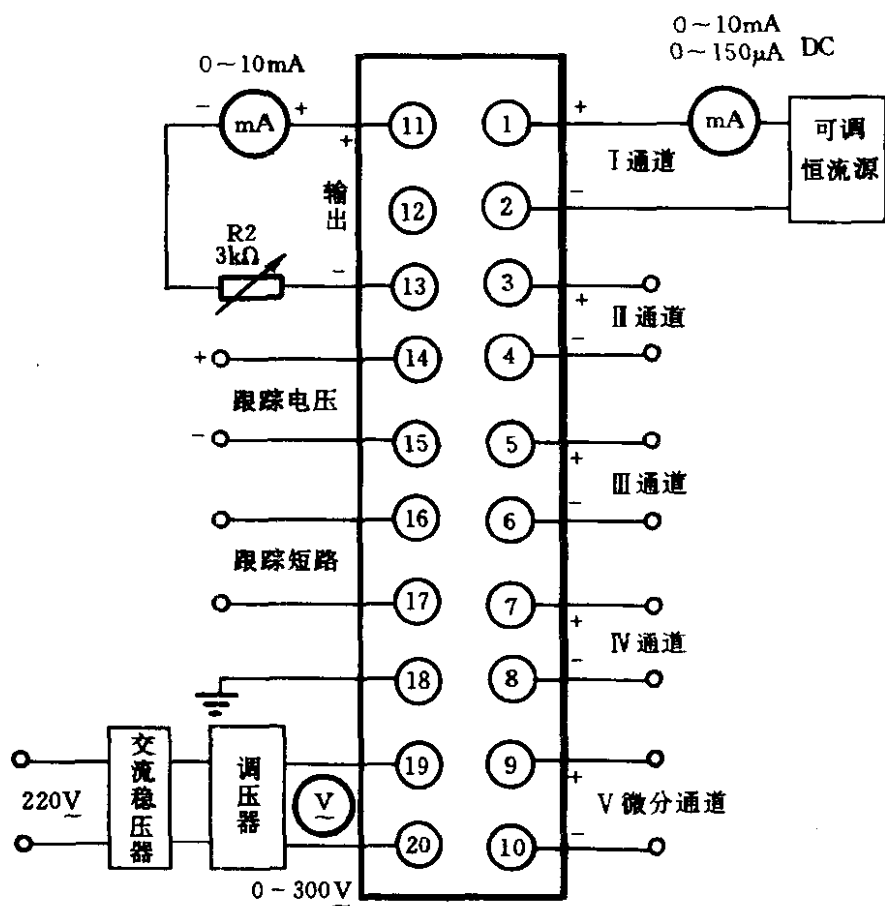


图 1-1 DTL-152A 型调节器调校接线图

故障原因

- (1) 熔丝断，电源部分有问题。
- (2) 输入回路有问题。
- (3) 输出回路有问题。
- (4) 振荡器不起振，电压放大器、检波放大器有问题。

故障处理方法

- (1) 调节器投入电源后，其指示灯亮。若指示灯不亮，

应检查电源熔丝，若烧断应更换保险丝，指示灯亮，电源已进入调节器。

调节器内电源部分故障的检查，以 DTL-153A 型调节器的电源为例，如图 1-2 所示。

①内给定供电电源，由变压器二次侧绕组输出交流电压 33V，经 V1 二极管整流，VS2 和 VS1 稳压管稳压得到 6V 直流电压。若无 6V 电压输出，用万用表检测 V1 整流二极管是否开路，C1 电容是否短路，若正常应检查 VS1 稳压管，若稳压管击穿短路，应更换稳压管，（若输出电压大于 6V 时，可能是 VS1 稳压管开路），故障排除。

②振荡级和放大级供电电源是由变压器另一个次级绕组输出交流 33V，经 V2、V3 二极管整流，C2、C3 电容滤波，经 VS3 稳压管得到 -10.5V 直流电压，又经 VS4 稳压管得到 12.5V 直流电压。若无这两个电压输出，用万用表检测变压器次级绕组，有 33V 交流电压。再检测电容器 C2、C3 两端电压，若无电压，检测 V2V3 两个二极管的正反向电阻值，若正常，C2C3 电容严重漏电，近似短路，更换电容器 C2C3，故障消除。

③相敏整流放大器供电电源是由变压器又一个二次绕组输出交流电压 80V，经 V4~V7 桥式整流和 C4 电容滤波后，再经 VS5、VS6 两个稳压管串联稳压得到 50V 直流电压。若输出电压较低时，可能是电容器 C4 漏电，或 VS5、VS6 损坏变成一个小电阻，用万用表进行检测，确是属于损坏，应更换之，故障排除。

(2) 上述电源电压正常，而相敏整流放大器 VT5 的 U_{cs} 无电压的检查方法。

①用万用表检测 T1 线圈两端是否有 $\geq 1V$ 交流信号，

若有说明振荡电路部分正常，故障出自在检波放大电路，应对检波放大电路进行检查。

②检查输出回路是否开路，⑪⑫或⑪⑬端子接至电流表的导线是否开路，如导线固定螺钉松动而接触不良，新老仪表尾巴线接错使输出回路不成回路，恢复正常后仍无电压。

③检测 C13 电容器击穿损坏，应更换新电容，在修理时焊反电容极性，应加以纠正。

④检测滤波线圈 T2 的两端 T21，T22 直流电阻，若正常，再检测 R30 电阻值，看是否开路，以及二千线插座接触是否良好，恢复后 VT5 的 U_{ces} 有电压。

(3) VT5 的 U_{ces} 有 50V 电压，而仪器无电流输出。

检查 VT5 各管脚是否有虚焊，在修理中发现被更换过的 VT5 时，应检查各管脚是否焊对，有必要时应将管子焊取下来，检测一下三极管及三极管的放大倍数，若正常才能将它焊上去。检查 C14 电容是否短路损坏，若损坏则应更换。

(4) T1 线圈 T13、T14 两端无 1 以上交流信号。

T1 线圈 T13、T14 两端无 1 以上交流信号，故障不在检波放大级而是在振荡放大电路和输入回路。检查的办法是在调节器输入端加入 10mA 电流信号，用万用表检测 C5 电容两端电压，正常时应有 -2V。

①若 C5 两端无电压时，输入 10mA 电流从电流表中观察到信号已加入到调节器，着重检查电位器 W5、W6、W7 的电触点是否接触良好，若正常，应检查内给定电位器 W1 的电触点是否接触良好，引线是否虚焊以及其内部元件是否虚焊而开路等，恢复正常时，C5 电容两端有电压。

值得注意的是在校检中，一定要将“正一反”开关置

“正”，否则仪表不工作，同时给定电压大于输入信号电压时，内给定刻度要设置成“0”。

②若 C5 两端有 -2V 的电压时，故障发生在调制放大器中。可用万用表检测 VT1 的 U_{gs} 电压，正常时 $U_{gs} = -1.2\text{V}$ 左右，若电压值相差较大，可以调节 W6 电位器，观察夹断电压变化范围的大小来检查 VT1 场效应管，若正常，调整 W6 使 $U_{gs} = -1.2\text{V}$ 。

③检测 VT2 输入信号。若无交流信号，可能是 VT1 有击穿短路或损坏开路等问题，直流信号不能调制成交流信号，造成 VT2 无信号。此时应对 VT1 进行检查，用万用表 X1K 档测量 VT1 的 $R_{gs} \geq 50\text{k}\Omega$ ， $R_{DS} \leq 300\Omega$ ，则该场效应管是好的，否则是坏的，应更换之（更换时，在焊接 VT1 时，电烙铁一定断电源焊接，带电焊接会损坏管子。对于初学修理的学徒应注意到这点）。

④检测调节器振荡器各级三极管的静态工作点是否正常。下面提供各静态工作点电压值： $U_{g1} = -1.2\text{V}$ ， U_{D8} 测不出。 $U_{S2} = 4\text{V}$ ， U_{G2} 测不出， $U_{D2} = 8\text{V}$ 。 $U_{e3} = 3.3\text{V}$ ， $U_{b3} = 0.9\text{V}$ ， $U_{c3} = 4\text{V}$ 。 $U_{e4} = 3.3\text{V}$ ， $U_b = 4\text{V}$ ， $U_{c4} = 12\text{V}$ 。

若某级放大三极管静态工作点电压与正常电压相差较远时，可用电烙铁将三极管焊取下来，进行检测，其管性能变差时应更换之。若 VT4 的 U_{c4} 电压值大于 U_{b4} 电压值时，应检查调增益的电位器 W4，其阻值为 470Ω ，若接点接触不良而开路，应更换电位器。更换电位器后 $U_{c4} > U_{b4}$ ，再检查 T11、T12、T13、T14 内部是否有短路，T1 线圈 T13、T14 引出端断线，造成 VT4 的工作点变化大，应加以恢复。

⑤屏蔽罩装好后无输出，元件离屏蔽罩太近，遇到这种

情况，应将元件尽量朝屏蔽中心移，以防止元件与屏蔽罩短路。以上问题解决好了，故障排除。

2. 调节器无输入信号, 输出电流大

故障原因

- (1) T1 线圈 T13、T14 两端有信号电压大于 1V 以上。
- (2) 调节器端子⑭⑮跟踪电压端子没有短接。

处理方法

(1) 自励振荡器不可控，比例带电位器 WP 在 200%，电流仍然输出大。①VT1 场效应管损坏，应更换之。②调增益电位器 W4，在最高位置，放大倍数太大，适当选择 β 值较小的三极管调换 VT4 试试。③负反馈电压没有起作用。首先调节比例带电位器 WP，若不起作用，用万用表 $\times 100$ 电阻档检测电位器接触点变化状况，若正常，检测电容器 C12 两端是否有电压，若无电压，应检测电容器 C12 是否击穿短路，稳压管 VS16 是否被击穿短路，若损坏应更换新的电容和稳压管。若仍无电压，检测 V10、V11 整流二极管是否被击穿短路，是交流电通过电容短路进入负端。若正常，检查 T2 滤波线圈 T21、T22 有无短路现象，T24、T25、T26 反馈线圈是否有短路现象，引脚虚焊或断线等。进行修复后 C12 两端有 10V 左右。

(2) 调节器端子⑭⑮跟踪电压端子没有短接，实际上是积分电容没有短路，旋转比例带电位器 WP 时，仪表输出反而增加，若微分电容没短路，还会发生微分作用，同样是输出增加，检修前一定将积分，微分电路短路，恢复后故障排除。

3. 加入小信号时, C5 两端电压高, 输出电流大

故障原因

R2 电阻有开路, 内给定电源与放大器电源的变压器绕组引出线短路。

处理方法

仪器加入小信号, 正常时 C5 两端电压应小于 $-2V$, 可电路加入小信号时 C5 两端电压就大于 $-2V$, 这主要是输入电阻 R2 的 200 欧线绕电阻可能断线, 输出信号大, 主通道①②两端有大于 $10V$ 直流电压。用万用表检测 R2, R2 电阻值无穷大, 修复后故障还没有消除。应检查内给定电源与放大器电源的变压器绕组引线短路, 造成 C5 两端有直流电压, 恢复后故障排除。

4. 比例带电位器 WP, 置实测 100% 时, 线性不好

故障原因

- (1) 输出电流调不到 $10mA$ 。
- (2) $P = 100\%$ 时线性误差大于 $\pm 0.5\%$ 。
- (3) 输入信号回零, 输出电流大于 $0.1mA$ 。

处理方法

(1) 输出电流调不到 $10mA$, 可能是电源电压低, 按电源部分修理方法进行恢复。若电流还低时, 应检查仪表外接负载电阻是否大于 $1.5k\Omega$ 以上, 或者 C14 电容漏电, 恢复后故障排除。

(2) 在 $P = 100\%$ 时线性误差大可能是积分电容没有短

接，微分开关没有置“0”。应将其短接和开关置“0”。①C5 电解电容漏电大或接反时，应更换电容或重新焊对极性。②调制器的开环放大倍数没有调好，应重新调对。③反馈线性差，如反馈线圈 T1 铁氧体破碎或气体间隙大。反馈线圈 T24-T25、T25-T26 反馈电压不对称。反馈信号整流二极管反向漏电流大，或电解电容 C12 有漏电现象等，进行处理后，故障排除。

(3) 输入信号回零而输出信号大于 0.1mA：①检波放大器 VT5 的穿透电流大，应更换 VT5。②VT1 预夹断电压偏大，应调节好 W6 电位器，使夹断电压符合要求。③积分电容没有短接。应进行短接。④C13 钽电容漏电流过大，更换电容。故障排除。

5. 仪表在开环放大倍数不符合技术要求的检查方法

(1) 重新调节 VT1 的夹断电压，其电压值约为 -1.2V 为宜。对振荡级电路中三极管工作不稳定时，可以更换参数符合要求的三极管。

(2) 对电解电容 C8 漏电流大，引起工作点漂移。电解电容 C10 有开路或短路现象，应更换 C8 和 C10 电容器。

(3) VS8 稳压管 (2CW1) 的动态电阻大，使放大器电源 12V 和 8V 电压偏高，或 R19、R20 的 $4.7\text{M}\Omega$ 阻值不对，电噪声大时，应进行更换或加以调整。

(4) 调零电位器 W2 性能不好，调零电路有故障，更换调零电位器。

(5) 功率检波放大级的性能不好。T1 线圈 T13、T14 相位对放大器输出回路有影响，将 T13、T14 引出线反接一

下，消除对输出回路造成的自激振荡影响。C11 0.22 μ f 电容开路，VT5 极间电容大或错用了 3DK 型开关管。

(6) 反馈回路的影响，比例带电位器 WP 零点电阻大。积分电容“CI”没有短接。微分电容 CD 没开路，开关没有置零。

(7) 跟踪电压误差大，内给定设置“0”，微分开关 TD 设置“0”，开环放大倍数没有调好，反馈线圈 B2 铁氧体破碎，比例带电位器 WP 该设置在 20% 以上等。进行恢复后故障排除。

第二节 DTL-321 型自动调节器故障检修

DTL-321 型 PID 调节器大体与 DTL-153 型调节器相似，不同的是：增加限幅作用，把调节器的输出电流限制在允许范围以内，以保证被调对象的安全运行，有防止积分饱和的作用。改进手动操作，手动 $\Leftrightarrow$ 自动双向无扰动切换。直流电源全采用桥式整流，三极管稳压电路。这里着重讲述电源部分故障的检查处理和限幅电路故障的处理方法。电路原理如图 1-3 所示。

1. 调节器的电源部分

(1) 内给定供电电源：它由变压器二次侧绕组 I 组输出 15.5V 交流电压，经 V3~V6 桥式整流，C1 滤波，VS2、VT6 和 VS1 稳压得到 6V 直流电压。若 VS1 稳压管两端无 6V 或电压很小时，首先用万用表检测 VS1 的正反向电阻，VS1 被击穿或稳压质量差时，应更换 VS1。若 VS1 正常，检查 VT6 调整管是否损坏开路，VS2 稳压管是否被击穿等。

更换 VT6、VS2。若 VT6、VS2 正常，检查滤波电容 C1 是否漏电，V3~V6 有一个二极管击穿短路，应更换电容和二极管。故障即排除。

(2) 调制放大器供电电源：它由变压器次级绕组 II 组输出 15.5V 和 15.5V 两分绕组。交流电压经 V7~V10 整流后，分别由 VT7、VS3 稳压得到 -12V 直流电压供调制级使用。与 VT8、VS4 稳压得到 +12V 直流电压供放大级使用。若输出电压无 $\pm 12V$ 电压或输出电压小时，用万用表检测交流绕组有 15.5V 电压，检测 C8、C7 的电压有 16V 左右，再检测 VS3 和 VS4 稳压管，若二个稳压管正常，故障可能在 VT7、VT8。检测 VT7 和 VT8 的电压降，若电压值很大，说明 VT7 和 VT8 损坏，更换 VT7 和 VT8。故障即排除。

(3) 上限幅供电电源：它由变压器二次绕组 III 组输出 55V 交流电压，经 V15~V18 二极管整流，C10 滤波，由 VT9、VS6 稳压得到 50V 直流电压。若稳压管无输出电压或输出电压小时，用万用表检测整流管输出 C10 两端电压，若有 50.5V，说明整流管、C10 电容正常。着重检测 VT9 三极管和 VS6 稳压管，测得 VT9 的 U_{ce} 电压值大，VS6 稳压管正常，VT9 三极管电阻变大或开路，更换 VT9，若三极管的引脚虚焊，应重新焊接。故障即排除。

(4) 下限幅供电电源：它由变压器二次侧绕组 IV 组输出 15.5V 交流电压，经 V11~V14 二极管整流、C9 电容滤波、输出 15V 直流电压。如果输出电压小或无输出电压时，检查负载正常时，一般是 C9 击穿短路或 V11~V14 有一只二极管损坏，应更换之。故障即排除。

2. 上限恒流源不能起限幅作用

故障原因

VS7 稳压管损坏, W9 电位器接触不良, VT10 三极管损坏。

处理方法

电源输出的电压经过 R31 和稳压管分压, 稳压管稳得 10V 电压, 该电压经过 W9 加到三极管 VT10, 经过放大输出一个恒定的电流, 限制调节器的最大输出电流; 当上限恒流源有故障无电流输出时, 用万用表检测 VS7 稳压管两电压, 若无电压, 可检测 VS7 的正反向电阻, 其电阻值小, 说明 VS7 损坏, 更换 VS7。若 VS7 稳压管端电压正常, 应检测 VT10 的 U_{ce10} 电压降, 并转动 W9 电位器, U_{ce10} 无变化, 再检测 U_{be10} , 旋转 W9 电位器, U_{be10} 无变化时, 说明电位器 W9 接点接触不良或损坏, 更换之。若电位器正常, U_{be10} 、 U_{ce10} 无变化, 证明三极管 VT10 损坏 (U_{be10} 和 U_{ce10} 电压值高, 发射极开路, U_{ce10} 、 U_{be10} 电压值小, 三极管击穿短路), 更换之, 故障排除。

3. 下限恒流源不能起限幅作用

故障原因

VS9 稳压管损坏, W12 电位器有故障, VT12 三极管有问题。

处理方法

电源输出的电压经 C9 滤波后加到 R36 和 VS9 两端, 经稳压管稳压得到 10V 直流电压, 加到三极管 VT12 的基极上, 经放大后输出一个恒流电源出限制调节器的最小输出电

流。若下限恒流源有故障无输出电流时，用万用表检测 VS9 稳压管两端电压有 10V，再检测 VT12 的 U_{be12} ，旋转电位器 W12； U_{be12} 无变化，可能是 W12 或 VT12 损坏，更换后故障排除。

第三节 调节系统现场故障检修

1. 虚假水位的消除

故障原因

“虚假水位”现象的扰动有两个，一是蒸汽流量，二是给煤量。

处理方法

“虚假水位”的形成是当气鼓内压力升高时（相当于炉膛热负荷大于蒸汽负荷时），对应的饱和温度跟着升高。随汽温升高，汽化时间增长，使汽、水混合物中汽的比例减少引起水位下降，象这样不是由于物质的不平衡所引起的水位变化量，即为“虚假水位”。虚假水位不是汽鼓的实际水位，若用反馈调节，开始只能按“虚假水位”来进行调节，不可能正确反映出物质平衡的关系，结果造成调节过程有很大的偏差。所以单回路的反馈调节系统不能消除“虚假水位”。

由于引起“虚假水位”现象的扰动有两个，一是蒸汽流量，二是给煤量。而给煤量的变化也是能归结为蒸汽的变化来影响水位的。因此引起“虚假水位”的干扰归结于蒸汽流量的变化。所以采取前馈调节的措施，取蒸汽流量信号，当蒸汽流量增大时，使得给水阀门开大，由于“虚假水位”使给水阀门关小，两者可以抵消，使得阀门动作。等到“虚假

水位”现象消失后，蒸汽流量信号很强，又必等到水位下降，就使给水阀门开大，这样就消除了“虚假水位”带来的影响，又防止了误动作，正确地使阀门提前动作，满足调节的要求。

2. 调节器指示灯不亮

故障原因

- (1) 电源开关没有投入。
- (2) 保险丝烧断。
- (3) 指示灯损坏。

处理方法

- (1) 将电源开关投入，使调节器通电。
- (2) 指示灯不亮，应检查电源熔丝，若烧断应更换保险丝（注意熔丝容量要符合要求，不能随意选大容量的熔丝）。
- (3) 指示灯损坏应更换新的指示灯。更换时，指示灯小不好取装，可用比指示灯略小的塑料套管取一节，一端套在指示灯灯头上，另一端手拿着反时针转动取下指示灯，顺时针转动装上指示灯，非常方便。

3. 调节器输出电流不变化，执行机构不动作

故障原因

- (1) 流量变送器，温度变送器有故障；
- (2) 接线端子或调节器输入接线有开路。

处理方法

- (1) 如给水自动调节系统，流量变送器有故障，无输出电流；或温度变送器有故障，无输出电流，使调节器输入回

路无输入信号，即无参数变化量，调节器无输出变量。则修理时可通过参照仪表检修流量、温度变送器来恢复。

(2) 调节器输入端子，固定螺钉松动导线接触不良近似开路，或导线没有打环，因螺钉松动而脱落开路。接线时，导线应打环套在螺钉上，拧紧螺钉，故障排除。

4. 当增用微分作用与增用积分作用时，对比例度应作的修整

(1) 当增用微分作用时，可以适当将比例度减小一些，以免系统过于稳定，一般减小 20% 左右。因此在同一个调节系统中，增加适量的微分作用，可以使被调参数波动幅度有所减小，使系统的稳定性增加，用减小比例度来提高灵敏度。

(2) 当增加积分作用时，可以适当将比例度增大一些，以保证系统有足够的稳定程度，一般增大 20% 左右。因为在同一个调节系统中，增用积分作用要带来一定程度的振荡倾向，所以适当的增大比例度来增大稳定性。

5. 对 DTL-153 型调节器一些误差的调整

(1) 输出电流再现性校验调整。①将“自动—手动”开关置“自动”。②将“正—反”开关置“正”。③“内—外”开关置“外”，同时内给定刻度置“0”。④“偏差—平衡”开关置“平衡”。⑤比例带 $P = 1\%$ ，跟踪电压端子⑮⑭短路，微分开关置“0”位置。⑥当输入端不加信号，比例带 P 置于 1% 时，输出电流为 1mA。⑦当 P 置于 100% 时，输出电流应回零，允许不回零电流 $\leq 15\mu\text{A}$ 。⑧如输出电流下降或振荡，则需调整小预夹断电压电位器 W6 来实现，但