

自控工程施工技术人员手册

中国石油天然气第一建设公司

中国·洛阳

2006.11

目 录

1 范围	4
2 目的	4
3 标准和规范	4
3.1 标准代号	4
3.2 施工验收	5
3.3 基础和通用	5
4 控制系统基础知识	6
4.1 仪表的分类	6
4.2 仪表主要品质指标	8
4.3 信号制及供电、供气	9
4.4 过程特点	11
4.5 控制方案	12
4.6 控制品质指标	13
5 施工程序	13
5.1 工程特点	13
5.2 施工程序	14
5.3 一般要求	14
5.4 工序原则	15
5.5 技术准备	15
5.6 现场准备	15
6 设备安装	15
6.1 一般规定	15
6.2 盘箱柜和操作台安装	16
6.3 温度仪表安装	17
6.4 压力仪表安装	17
6.5 流量仪表安装	18
6.6 物位仪表安装	18
6.7 过程分析仪表安装	19
6.8 旋转机械状态监控仪表安装	19
6.9 调节阀及其辅助设备安装	20
7 电气线路敷设	20
7.1 槽盒、桥架的安装	20
7.2 电缆（线）保护管敷设	20
7.3 电、光缆（导线）敷设	21
7.4 防爆	22
7.5 接地	23
7.6 导电与绝缘试验	23
7.7 配线	23
8 导压管路敷设	24
8.1 一般规定	24
8.2 中、低压导压管路	24
8.3 导压管路的焊接要求	26
8.4 高压导压管路	26
8.5 有毒、可燃介质导压管路	26

8.6 分析取样管路敷设	27
8.7 隔离与吹洗管路	27
8.8 导压管路固定	28
8.9 导压管路压力试验	28
9 气动管线敷设	28
9.1 气源管线	28
9.2 气动信号管线	29
9.3 气动管线的压力试验与吹扫	29
10 仪表管线伴热	29
10.1 蒸汽、热水伴热	29
10.2 蒸汽与回水系统安装	30
10.3 电伴热	30
11 校验与调整	31
11.1 一般规定	31
11.2 温度仪表	31
11.3 压力仪表	31
11.4 流量仪表	31
11.5 物位仪表	32
11.6 气动仪表	32
11.7 电动仪表	32
11.8 调节阀	34
11.9 旋转机械状态监控仪表	35
11.10 过程分析仪表	36
11.11 智能仪表	37
12 系统调试	38
12.1 一般规定	38
12.2 系统精度	38
12.3 系统离线测试	38
12.4 系统在线测试	40
12.5 在线测试注意事项	42
12.6 大型机组机电联调	43
13 交工验收	43
13.1 中间交工	43
13.2 交工技术文件	44
14 机具和校验设备	44
14.1 常用工具	44
14.2 常用机具	45
14.3 常用校验设备	46
15 一般故障处理	46
15.1 仪表故障的一般规律	47
15.2 故障分析判断方法	48
15.3 常见故障判断处理	51

1 范围

本手册适用于从事自控工程施工的工程技术人员，也可供项目管理人员以及仪表工参考。

2 目的

本手册的目的主要是指导新从事自控工程施工的工程技术人员，使他们尽快熟悉掌握本专业的技术工作，并使本专业的技术管理工作能够规范化。

3 标准和规范

施工企业都要按施工标准规范要求进行施工。我国标准用 GB 表示，GB 表示强制性标准，GB/T 表示推荐性标准。

3.1 标准代号

各国、各行业都有各自的标准规范，部分标准规范代号对照如下。

GB(GB/T) 中华人民共和国国家标准

JB(JB/T) 机械工业部行业标准

HG(HG/T) 化学工业部行业标准

HGJ 化学工业部工程建设标准

H 原化学工业部标准

CD 原化学工业部基本建设局标准

TC(CADC) 化学工业部自动控制设计技术中心站标准

SH 中国石化总公司行业标准

SHJ(SYJ) 中国石化总公司工程建设标准

SHB- Z 中国石化总公司自动控制设计技术中心站标准

SYJ 中国石油天然气工业总公司工程建设标准

NDGJ 电力工业部工程建设标准

JGJ 建设部工程建设标准

FJJ 纺织总会工程建设标准

EJ 中国核工业总公司行业标准

JJG 国家计量总局标准

ZBY 仪器仪表专业标准

ZBN 仪器仪表行业标准

JB/YQ 仪器仪表行业内部标准

ISO 国际标准化组织 INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR
STANDARDIZATION

IEC 国际电工委员会

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ISA 美国仪表协会 INSTRUMENT SOCIETY OF AMERICA

API 美国石油学会 AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE

ANSI 美国国家标准协会

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE

ASME 美国机械工程师协会 AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL
ENGINEERS

NEPA 美国国家防火协会、美国流体动力协会 NATIONAL FIRE PROTECTION
ASSOCIATION

NEC 美国国家电气规程 NATIONAL ELECTRICAL CODE
 NEMA 美国电气制造商协会 NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURES ASSOCIATION
 DIN 德国国家标准 DEUTSCHE INDUSTRIE NORM
 BS 英国国家标准 BRITISH STANDARDS
 JIS 日本国家标准 JAPANESE INDUSTRIAL STANDARDS

3.2 施工验收

工业自动化仪表工程施工及验收规范(GBJ50093—2002)
 自动化仪表安装工程质量检验评定标准(GBJ 131—90)
 石油化工仪表工程施工技术规程(SH3521—1999)
 长输管道仪表工程施工及验收规范(SYJ4005—84)
 电气装置安装工程低压电器施工及验收规范 (GB50254-96)
 电气装置安装工程接地装置施工及验收规范(GB 50169—92)
 化工建设项目进口设备、材料检大纲 (HG20134—93)
 工业控制计算机系统验收大纲(JB/T 5234—91)
 工业金属管道工程施工及验收规范(GB 50235—97)
 现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范(GB 50236—98)
 石油化工有毒、可燃介质管道施工及验收规范(SH3501-2002)
 工业设备、管道防腐蚀工程施工及验收规范 (HGJ229—91)
 火灾自动报警系统施工及验收规范(GB50166-92)
 安全防范工程技术规范(GB50348-2004)
 洁净室施工及验收规范(HGJ 71—90)
 现场总线基金会系统工程指南(版本 2.0)

3.3 基础和通用

过程检测和控制流程图用图形符号和文字代号(GB2625—81)
 过程检测和控制用文字代号和图形符号(HG20505—92)
 Instrumentation Symbols and Identification 仪表符号和标志(SHB-Z02-95 等同于 ISA S5.1—84)
 Binary Logic Diagrams for Process Operations 用于过程操作的二进制逻辑图(SHB-Z03-95 等同于 ISA S5.2—81)
 Graphic Symbols for Distributed Control/Shared Display Instrumentation, Logic and Computer Systems 分散控制/共用显示仪表、逻辑和计算机系统用图形符(SHB-Z04-95 等同于 ISA S5.3)
 Instrument Loop Diagrams 仪表回路图图形(SHB-Z05-95 等同于 ISA S5.4)
 Graphic Symbols for Process Displays 过程显示图形符号(ISA S5.5)
 分散型控制系统硬件设备的图形符号(JB/T5539—91)
 Process Measurement Control Function and Instrumentation Symbolic Representation 过程测量控制功能及仪表符号说明 (ISO3511)
 Recommended Graphical Symbols Part 15: Binary Logic Elements 推荐的图形符号：二进制逻辑元件(IEC 117-15)
 Graphic Symbols for Logic Diagrams (two state devices) 逻辑图用图形符号(二状态元件) (ANSI Y32.14)
 Symbolic Representation for Process Measurement Control Functions and Instrumentation 过程测量控制功能及仪表用符号说明 (BS 1646)

Bildzeichen für messen, steuern, regeln: Allgemeine bildzeichen. 自控图例：一般图形 (DIN 19228)

仪表符号 (JIS Z8204)

不间断电源设备(GB 7260—87)

国际单位制及其应用 (GB100—86)

工业自动化仪表电源、电压 (GB3368—82)

工业过程测量和控制用检测仪表和显示仪表精度等级 (GB/T13283—91)

自控安装图册 (HGJ516—87)

仪表单元接线接管图册 (TC50B1—84)

仪表回路接线图册 (TC50B2—88)

化工企业电缆直埋和电缆沟敷设通用图 (HGJ517—91)

仪器仪表运输、储存基本环境条件及试验方法 (ZBY002—81)

仪器仪表包装运输技术条件 (ZBY003—84)

石油化工施工安全技术规程 (SH3505—99)

《放射卫生防护基本标准》(GB4792—84)

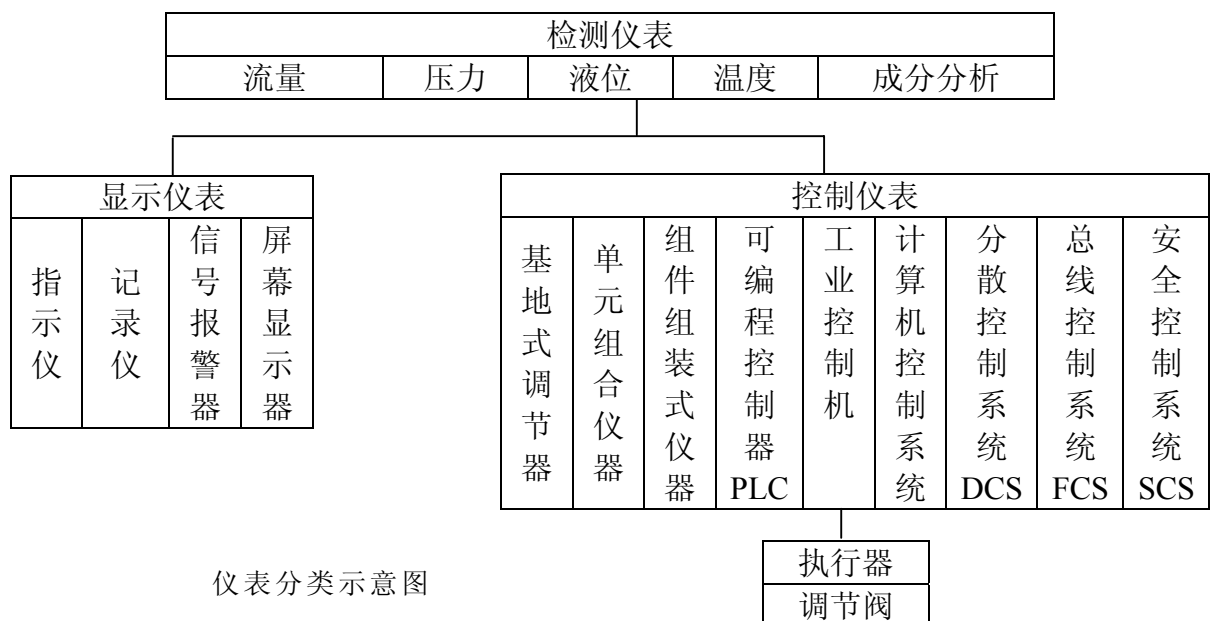
4 控制系统基础知识

在自动化控制系统中、控制仪表是实现自动化控制理论，完成生产自动化的重要工具。检测仪表将生产工艺参数变为电信号或气压信号后，由控制仪表与装置进行显示、记录与控制，让人们了解生产过程情况的同时对生产过程实施自动控制，使工艺参数符合工艺设计安全生产和降低成本的预期要求。

4.1 仪表的分类

过程是自动化系统实施控制的对象和存在的基础，没有过程就没有控制仪表和自动化控制系统。控制理论和实现控制理论的研发和使用均来自于对过程的认识和抽象、建模，在此基础上以有效控制为手段，以获得最佳结果（产品和状态）为目的的过程状态指示和控制。

自动化控制仪表可简单的分为检测仪表、显示仪表、控制仪表、执行器四大类，如下图所示。



按控制仪表依所用能源的不同，可以将其分为电动、气动、液动和混合式等几大

类。其中，气动和液动控制仪表发展最早，但电动控制仪表发展异常迅速，现在已占绝对统治地位。

气动控制仪表性能稳定，可靠性高，具有本质安全防爆性能，不受电磁场干扰，结构简单，维护方便，但不适应远距离集中控制。在许多控制系统和复杂程度大的生产过程中已不能满足要求。

电动控制仪表有本安和非本安之分，从原理上分类，电动控制仪表可分为模拟式和数字式控制仪表两大类。

模拟式控制仪表与装置按结构形式可分为基地式、单元组合式、组件组装式三大类。

基地式控制仪表以指示仪表及记录仪表为中心，附加一些线路或器件来完成控制任务。一般结构比较简单，价格低廉。适用小型企业的单机和自动控制系统。

单元组合式控制仪表根据自动检测与控制系统中各组成环节的不同功能和使用要求，将仪表划分为能独实现一定功能的若干单元。各单元之间联系采用统一标准信号。这些少量的单元经过不同的组合，可构成多种多样的、复杂程度不同的自动检测和控制系统。单元组合仪表应用灵活，通用性强，便于控制仪表生产，维护及备品库存。

组件组装式控制装置是在单元组合式仪表基础上发展起来的成套仪表装置，它的基本组成是一块块功能分离的组件，组件组装式控制装置在结构上可分为控制柜和显示操作盘两大部分。控制柜内插入若干个组件箱，若干块组件板又插入组件箱中。显示操作盘常常用一台电子显示屏集中显示操作，大大改善了人一机联系。在控制柜中各个组件之间的信息联系，采用矩阵端子接线方式，接线工作都集中在矩阵端子接线箱里进行。组件组装式装置可由仪表制造厂预先根据用户要求，组装好成套自控系统，再以成套装置形式提供给用户，从而使得自控系统的现场施工，系统安装和调试工作量减小，也使维护、检修和系统改组工作得以简化。

数字控制仪表装置可分为数字调节器、PLC、工业控制机、DCS 分散控制系统、FCS 总线控制系统等五大类。

数字调节器

有几个数据量采集及开关量输入/输出功能，主要用于实现一个或几个回路的连续控制。

数字调节器按控制回路数目分为：

单回路调节器：用于构成一个简单的控制回路，或一个串级控制回路，或一个比值控制回路等。

多回路调节器：可以对多个回路（2个、4个或8个）进行分时控制。

数字调节器按控制规律分为：PID（比例、积分、微分）调节器；PID 参数自整定调节器；自适应调节器；模糊控制器；智能调节器等。

PLC 可编程控制器

控制器提供多种软件功能模块，由用户通过组态功能实现各种控制系统，具有大的应用灵活性，软件系统较复杂。

固定程序调节器：不用用户组态，但有的可通过简单的设定在控制器给定的几种控制结构中进行选择。

工业控制机

用于对多个（几个到几十个）回路进行闭环连续控制及断续控制。采用模块化结构，由主机板和系统支持板组成。支持板种很多，如 A/D 转换板、内存扩展板、开关量输入输出板、CRT 接口板、打印机接口板、串行通信板等等。这些模板通过标准总线相互连接进行信息交换。总线包括电源线、数据线、地址线及控制线。实际使用时，所选用的功能模板都插在一个专用机架的总线插槽内，选择所需模板即可组成不同的数据处理及控制系统。这种总线结构的工业控制机具有模板种类多、组合灵活、

使用方便、可靠性高、抗干扰能力强及价格低廉等特点，并有丰富的应用软件及良好的开发环境，在小规模的控制系统中得到广泛应用。

集散控制系统 DCS

将数字技术，微电子技术、通信技术 CRT 显示技术与控制技术紧密结合产生的一种综合控制系统，它采用控制分散、集中显示操作及管理的策略，具有控制算法丰富，回路组态灵活、监控操作方便、系统安装简便、增扩修改容易，高可靠性及高可维护性等特点。近 20 多年来，DCS 日益得到广泛应用，已在工业控制中占主导地位。

现场总线控制系统 FCS

通用的或专用的微处理器置入传统的测量控制仪表中，使之具有数字计算和数字通信能力，采用一定介质（双绞线、同轴电缆、光纤、无线电、红外线等）作为通信总线，按照公开、规模的通信协议，在位于现场的多个设备之间以及现场设备与远程监控计算机之间，实现双向、串行、多点数据传输和信息交换，控制系统功能能够不依据控制室的计算机或控制仪表，直接在现场完成，实现了彻底的分散控制。无需按控制回路进行一对一的设备连线，但同时又为多个设备提供电源，打破了传统控制系统的结构形式。现已在各行业中逐步得到使用。有望成为 21 世纪控制系统的主流产品。

4.2 仪表主要品质指标

精度和精度等级

精度是指测量结果和实际值的一致程度，是仪表基本误差的最大允许值，习惯上也简单地称为基本误差或允许误差。精度高意味着系统误差和随机误差都很小。

精度等级是仪表按精度高低分成的等级，它决定仪表在标准条件下的误差限。仪表的精度等级是根据引用误差来划分的，如某台仪表的最大基本允许引用误差为 $\pm 1.5\%$ ，则该仪表的精度等级为 1.5 级。

滞环、死区和回差

滞环是指由输入增大的上升段和减小的下降段构成的特性曲线所表征的现象。

死区是指输入量的变化不致引起输出量有任何可察觉变化的有限区间。死区用输入量程的百分数表示。

回差（也叫变差）是指输入量上升和下降时，同一输入的两相应输出值间（若无其它规定，指全范围行程）的最大差值。回差包括滞环和死区，并以输出量程的百分数表示。

重复性误差和再现性误差

重复性误差是指在同一工作条件下，对同一输入值按同一方向，连续多次测量的输出值之间的差值。一般用量程的百分数表示。

再现性误差是指在同一工作条件下，在规定时间内对同一输入值两个相反方向重复测量的输出值之间的最大差值。再现性误差是包括重复性误差、滞环、死区和漂移的综合性指标，一般用量程的百分数表示。

灵敏度和灵敏限

灵敏度是表达仪表对被测参数变化的灵敏程度。是指仪表在达到稳定状态后，输出信号变化量与引起此输出信号变化的被测参数变化量之比。它是仪表输入与输出转换曲线上的斜率。

灵敏限是指能够引起仪表输出信号发生变化的输入信号的最小变化量。一般，仪表的灵敏限的数值不应大于仪表允许误差绝对值的一半。灵敏限实际上就是死区。

非线性误差

对于理论上具有线性特性的仪表，实际上输入输出特性曲线对理论线性特性的偏离程度。

动态误差

由于检测环节中存在的元件动惯量（时间常数），测量传递滞后（纯滞后时间）带来的误差。

时间常数

时间常数是当输入阶跃信号时，仪表的输出值达到其稳定值的 63.2%所需的时间。

全行程时间

全行程时间是指当输入满量程阶跃变化时，输出由下限至上限，或反行程移动所需的时间。通常以全量程的 5%作为输出下限值，全量的 95%作为输出上限值。

稳定时间

稳定时间是指从输入信号跃变化起，到输出信号进入并不再超过偏离其最终值规定（如 5%）时的间隔时间。

滞后时间

滞后时间也叫时滞，是指当输入产生变化的瞬间起，到它引起输出量开始变化的瞬间止的时间。

综合误差 TPE (Toal Probable Error) 是指仪表精度以及诸如静压、温度等多种附加误差的均方根误差。

稳定性（度）和可用性

稳定性是指在规定的条件下，仪表性能随时间保持不变的能力。通常用零点漂移来衡量。

可用性是指仪表在某时刻具有或维持规定功能的能力。可用如下关系来表示：

$$\frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\%$$

MTBF：平均无故障时间

MTTR：平均故障修复时间

4.3 信号制及供电、供气

一个过程控制系统由许多仪表组成，系统中仪表的输入和输出相互连接，所以需要统一的标准联络信号，才能方便的把各个仪表组合起来，构成系统。通信协议和信号制就是解决这一问题的。供电、供气为系统仪表提供工作能源。

1 信号制

信号制是指在成套系列仪表中，各个仪表的模拟输入、输出信号采用的统一的联络信号标准。

气动仪表的输入/输出：0.02~0.1 MPa

电动仪表的输入/输出：4 ~ 20mA DC （电Ⅲ型）

1 ~ 5 V DC （电Ⅲ型）

0 ~ 10mA DC （电Ⅱ型）

其中电Ⅱ型 0 ~ 10mA DC 现已很少使用。

控制系统中，电流信号适合于远距离传输，进出控制室的传输信号通常采用电流信号，控制室内部各仪表间联络信号一般采用电压信号，即连线的特点是电流传输、电压接受，并联接收电压信号的方式。

2 供电

根据生产过程对仪表自动化系统的重要性，可靠性、连续性的不同要求，仪表供电负荷分为保安负荷、重要负荷（双回路供电）、次要负荷和一般负荷（单回路供电）。保安供电不应与正常供电相混淆。

电源质量

通常应符合如下几项技术指标。

仪表受电端的电压及允许偏差：

交流：220V±10%， 110 V±10%

直流：24V±5%

频率与波形

频率为 50Hz，波形为正弦时，波形失真率小于 10%。

电源瞬时扰动

电源瞬时扰动是指持续时间等于或小于 0.2s 的扰动。它对测量和控制系统的正常工作有重大影响。电源瞬时扰动时间应满足仪表的最小允许瞬时扰动供电时间要求。

特殊用电要求

某些仪表设备对交流电源的谐波含量、直流电压纹波有特殊要求。一般要求交流电源的谐波含量<5%；直流电源的纹波电压<1%。

DCS 供电

系统供电分为 A，B 级，即：

电压：220V AC±5%（A），220V AC±7%（B）

频率：50±0.2Hz（A），50±0.5Hz（B）

波形失真率：<±5%

交流输出：220V AC±2%（UPS 而言）

切换时间：5 ~ 10ms（UPS 而言）

直流输出：24 V±1%（UPS 而言）

总之，仪表供电的电源质量必须符合仪表设备的要求。其中，电源容量为各类仪表耗电量总和的 1.2~1.5 倍。

电源类型

根据仪表设备负荷类型，供电要求，仪表电源分别设工作电源和保安电源。

工作电源：一般采用重要负荷类别的电源作为仪表的工作电源，由电气专业引入。

保安电源：通常可分不间断供电装置，带速自起动发电机组，由外部引入的符合保安电源要求的独立电源等三种。DCS 和 ESD（通常由 PLC 完成）系统必须采用保安电源。

供电方式

仪表电源应具备保安电源同工作电源并网运行的条件，工作电源可自动切接到保安电源工作。

大型工程装置分散，仪表用电种类多，容量大，常为三级供电。即总供电箱（中央控制室）、供电箱（装置控制室）、分组电箱（现场操作室）。

中、小规模工程、用电类型不变，容量也较小，装置相对集中，供电常采用单回路供电、环形回路供电和多回路供电方式。其中多回路供电使用的较多。

2 供气

供气压力

气动仪表 140kpa、薄膜执行机构（配电气转换器/定位器）140 ~ 260Kpa、活塞执行器（配电气转换器）350 ~ 550 Kpa。气源装置出口压力通常分为 500 ~ 800 Kpa 或 300 ~ 500 Kpa，压力上限值为汽源装置正常操作下的压力。气源装置送出的气源至用气仪表时，经过滤减压阀设定为气动仪表工作所需的压力范围，供气仪表工作。压力波动值的允许误差为额定值的±10%。

气源质量

仪表气源质量要求水分、灰尘、油分、污染物等项目。

露点：要求气源中不能含过多水分，否则在低于露点温度下工作时，这些水分一旦冷凝结露，会使管路和仪表发生故障，降低仪表工作可靠性，造成事故。

含尘：粉尘以两个方面影响仪表工作，一是含量多少，二是粒度大小。粉尘可造

成气动仪表内部的气路堵塞，仪表不能正常工作，甚至失灵，影响生产。

含油：油分在气源中以油雾、油滴两种方式存在。一旦进入仪表，粘附仪表部件及管路上，它可使灰尘聚集，堵塞节流孔和管路，损坏部件。

污染物：污染物通常是指 H_2S 、 SO_2 等腐蚀性气体和酸雾，以及易燃、易爆气体和蒸气等。

供气方式

仪表气源来自仪表气源装置，或称空压站。为仪表提供净化的常压空气，包括空压机组，冷却器、分离器、干燥器及仪表气罐等设备。

供气方式通常以配管方式的形式表现出来。包括单线、支干线、环形供气三种。单线式多用于分散负荷，或者耗气量较大的负荷。每台设备都设置有过滤减压阀，主要用于现场仪表供气。支干线式多用于集中负荷，或密度较大的仪表群，一台大功率过滤减压阀接多台仪表设备，主要用于控制室盘后集中供气。环形供气由工艺专业完成。通常是界区内或界区外不属于自控专业施工的气源管线。

气源管路铺设时不允许配“U”形弯。在气源管路的最低点污物易积积的地方装设排污阀。

气源的容量必须满足仪表设备正常运行的要求，可按下面公式进行评估：

$$Q_s = Q_c (2 + (0.1 \sim 0.3))$$

Q_s ：气源总容量

Q_c ：气动仪表稳定耗气量总和， Nm^3/n

(0.1~0.3)：供气管网系统泄漏系数

4.4 过程特点

实现工业自动化的装置。根据工业生产过程的特点，控制装置可分为连续生产过程、断续生产过程、批量生产过程三大类。数字控制发展十分迅速，应用领域越来越宽广，现已占有统治地位。

连续生产过程

连续生产过程是以稳定运行为正常工况。即使设定值可能根据工艺要求而变化，其变化过程也是相当缓慢的，且两次行走的时间间隔很长。以温度、压力、流量、液位及成分等连续量的闭环控制为主。如各类炼油、化工、冶金、制药生产装置。

断续生产过程

断续生产过程是生产过程周期短，一般以小时或天计，甚至以分秒计，停止启动频繁。如电子和汽车行业的生产线、机械厂的机加工、炼油化工的包装、搬运等都是典型的断续生产过程。它们是按照一定的时间顺序或逻辑条件一步一步对电气设备实现一系列通断控制（二值控制），即逻辑、顺序和条件控制。

批量生产过程

批量生产过程是在每个生产周期时兼备连续和断续两种生产过程。在批量生产之中，原料（或被加工件）或是一次投入或是分批投入，有时也依工艺条件连续投入，但成品或半成品都是分批生产出来的，工序间的转换是按顺序、逻辑和条件控制进行的。但在某一个或某几个工序中，又有连续生产过程的特点，要求闭环回路控制，有的是对一个或几个参数进行控制，有的则是进行时间程序给定控制。机械、电子、冶金、石化、制药、轻工等工业中都存在大量的批量生产过程，如机械行业中的热处理、电子行业的水处理，石化行业中的间歇式反应器等。

一个典型的生产过程往往包括连续、断续和批量这三种过程。过去是用不同的控制装置分别实施控制的，不仅使得控制系统复杂化，并且将一些相关过程分隔开来，不能达到高效的要求。随着微电子技术、计算机技术、通信技术及控制技术的高速发展，各类装置都正向着相互渗透的方向发展。连续过程控制的DCS分散控制系统、扩

充了用于断续过程控制的 PLC 功能。而 PLC 可编程逻辑控制器也由单纯进行逻辑、条件和顺序控制增加了回路控制功能。

4.5 控制方案

自动化控制系统根据不同的被控对象，通常可分为如下十二种控制方案。

1 单回路控制

控制方案中最为常见的一种，由一台调节器，一台传感器，一台执行器构成负反馈闭环进行定值控制。

2 串级控制

两个调节器相串联，主调节器的输出作为副调节器的给定，适用于时间常数及纯滞后较大的对象，如加热炉的温度控制。

3 比值控制

控制两种物料保持一定的比值关系。比值控制可分为单闭环比值控制、双闭环比值控制、串级比值控制、逻辑比值控制四种。如进重油气化炉的氧气和重油流量之间的比值控制。

4 均匀控制

控制两个有关的变量，使它们都是平缓变化，相互兼顾，从组成的仪表设备来看它们与单回路没有什么差别，主要差别在于传感器的量程确定（适当大一些）和调节器的参数整定上。如乙烯装置中脱丙烷塔的出料直接作为脱乙烷塔的进料，采用均匀控制系统既保证脱丙烷塔的液位，还要兼顾脱丁烷塔的进料流量。实际生产中，均匀控制通常分为简单均匀控制，串级均匀控制，双冲量均匀控制三种。

5 分程控制

由一个调节器去控制两个或两个以上的调节阀，用于一个被控变量需要两个或两个以上的控制变量来分阶段进行控制或者控制变量需要大幅度改变的场合。如化学工业中夹套反应器温度的控制；天然气为原料生产合成氨的大型氨厂中一段炉烧嘴燃料气压力的控制和废水中和过程的 PH 控制等。

6 模拟计算单元的控制（随动控制、预估控制）

调节器的给定值因为该被控变量无法直接用仪表测量出来，由模拟计算单元根据工艺工况的变化随时计算出来的值给出，如对某些流量需进行温度、压力校正然后实施控制和精馏塔的热焓控制等。

7 选择控制（超驰控制、取代控制）

调节器的流量值可以根据工艺的要求自动选择一个最高值、最低值或者可靠性，亦可以根据工艺的工况来自动选择预先设计好的几种控制系统的结构和组成。如使用触媒的固定床反应器温度控制，乙烯装置中塔釜压力与冷剂液位选择性控制等。

8 前馈控制

调节器根据干扰的大小、不等被控变量发生变化，直接进行校正控制，其常与反馈控制结合在一起使用，如热交换器的热焓控制和锅炉汽包液位的三冲量控制等。

9 非线性控制

当被控对象非线性较为严重时使用非线性控制，以起到补偿，平稳运行的目的。非线性控就是对对象的非线性进行补偿控制。如尿素装置的低压铵储槽液位控制和石化行业中的 PH 值控制等。

10 采样控制（间歇控制）

调节器的输入输出是断续的，即调节一段时间再保持一段时等等看。它常用于纯滞后特别大的对象，以防止控制作用超调。如石化行业中的轻油脱酚塔温度的控制。

11 模糊控制

模拟人的操作方式进行判断，推理并调节，常用于控制对象特性复杂，较难控制

的场合。模糊数学是其理论基础，如热处理中的均匀炉温控制。

12 解耦控制

消除控制对象内部存在的相关作用，保证控制品质，其常用于控制对象中有几个严重相关的被控变量的控制系统中。如精馏塔塔釜液位和塔底温度的控制。

此外，还有多输出、自适应、约束、智能、极值、最优时间等控制方案。每一次控制技术理论的突破，都带来了控制技术方案的进步。先进过程控制是数字控制技术的产物，多变量预估控制通过在未来时段（预测时域）上优化过程的输出来计算最佳输入序列的算法是先进过程控制的代表，具有更强的鲁棒性。

4.6 控制品质指标

生产过程的操作控制通常分为物料平衡控制和能量平衡控制、产品质量控制或成份控制、限制控制或软保护控制三大类。对控制的品质通常有如下要求。

1 衰减比

它是表征系统受到干扰以后被控变量衰减程度的指标，其值为前后两个相邻峰值之比。一般控制在 4 : 1 到 10 : 1 之间。

2 余差

它是指控制系统受到干扰以后，过渡过程终了时被控变量的残余偏差，即被控变量在扰动后的稳态值与给定值之差。

3 最大偏差

它表示被控变量偏离给定值的最大程度。对于一个衰减的（收敛）过程，最大偏差就是第一个波的峰值。

4 过渡过程时间

它表示从干扰产生的时刻起，直到被控变量建立起新的稳定为止的这一段的时间。

5 振荡周期

被控变量相邻两个波峰之间的时间叫振荡周期，振荡周期的倒数称为振荡频率。

调节器比例度、积分时间、微分时间的参数整定，其目的就是为了保证控制品质指标，使其工况运行达到最佳效果。

5 施工程序

5.1 工程特点

附属性

自控专业服务于工艺生产，设备安装在工艺设备或管道上，因此施工受限于其它专业。

复杂性

仪表设备、配件种类繁多，设备更新快，安装材料品种多，规格多，给施工维护管理带来种种困难。

多样性

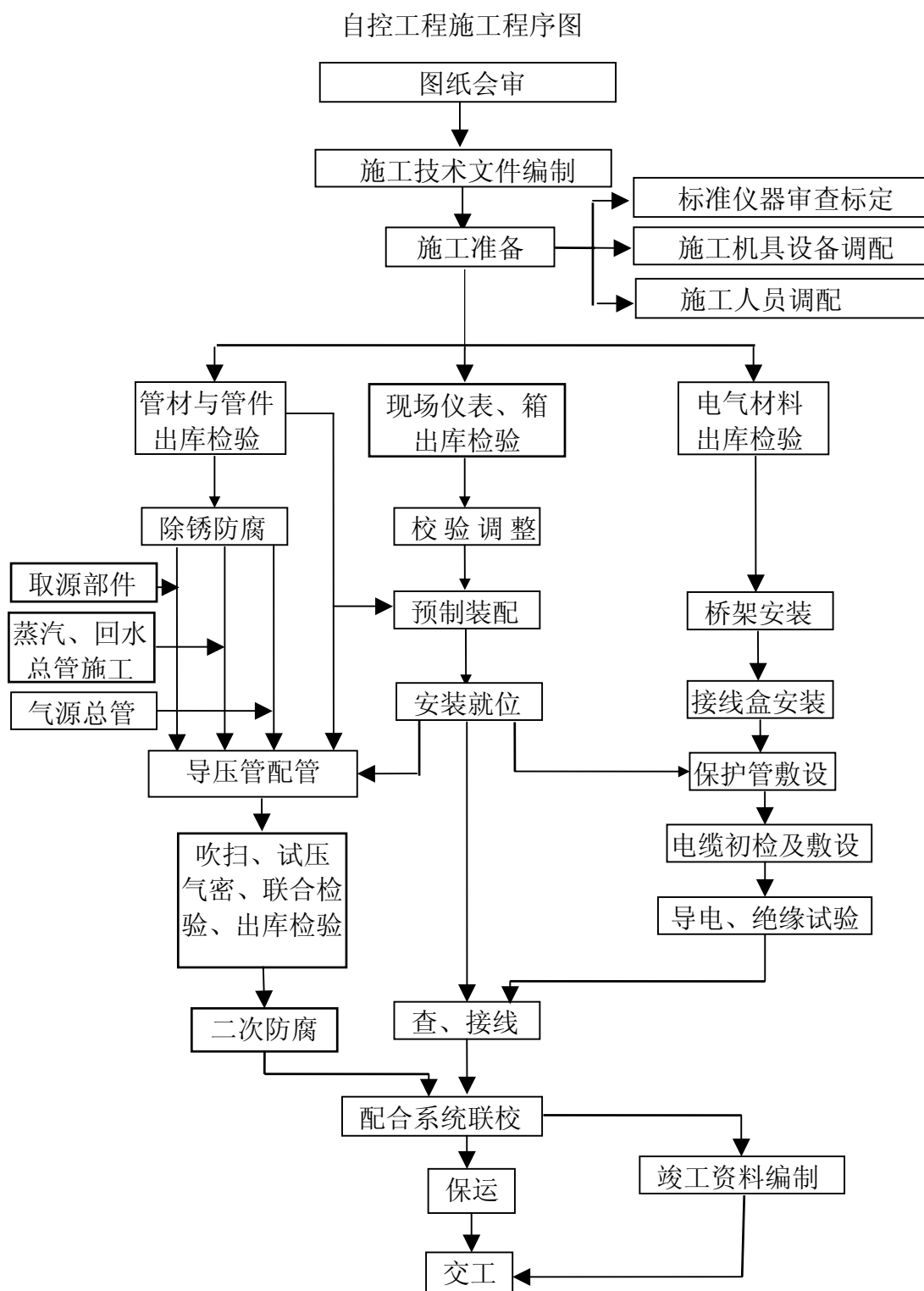
在世界范围内各国都重视自动化的发展，新型号、新技术、新产品的不断上市，安装形式多种多样，不断给安装维护工作带来新课题。

专业性

自控专业是一个专业性很强的专业，需要有专业化知识和技能。自控安装是一个综合性工作，不但要掌握本专业的知识和技能，还要掌握一定水平的其它专业技能，如电工、管工、钳工、电焊等。是集多专业于一身的综合性专业。

5.2 施工程序

自控工程施工程序如下图所示。



5.3 一般要求

为保证自动化仪表专业施工顺利进行，仪表技术员应先期进驻施工现场，全面仔细地核对、测算施工材料，及时进行施工图纸会审，编制施工方案和做好施工作业技术交底准备。

施工时严格执行《自控仪表安装工程质量检验计划》中的检查制度，每项工序完工时，按《自控仪表安装工程质量检验计划》要求由技术员填写施工质量检查申请书，书面通知工程监理和有关 QC 人员，对实际施工质量做出结论，并形成书面记录。上道工序安装质量不合格，不得进行下道工序作业。

与工艺管道和设备专业联系密切的仪表单元施工，应与工艺、设备专业积极配合（如水压试验和探头安装），必要时与相关专业一起编制相应的施工方案和技术交底。

持续改进文明施工及成品保护管理，确保工完、料净、场地清。严格遵守国家规范和施工现场的各项安全规定，确保人身安全和设备安全。

5.4 工序原则

遵循先单校后安装；先地下后地上；先安装设备再配管布线；先两端（控制室、现场仪表）后中间（电缆、导压管）的程序。

仪表设备安装要在控制室的土建及电气工程完工后进行，安装过程遵循先里后外、先高后低、先重后轻的程序。

仪表调校遵循：先取证后校验；先单校后联校；先离线测试后在线测试；先单回路再复杂回路；先单点后网络的原则。

5.5 技术准备

熟悉图纸、产品说明书、随机资料，提前进行图纸的专业会审工作，发现问题，及时以工作联络单的形式向业主、监理、设计单位提出。

做好施工技术交底，使施工人员懂得工艺原理、施工特殊要求及关键技术，保证各工序的施工质量。若需要可组织培训。

针对工程的特点和技术要求编写《自控仪表施工技术方案》、《自控仪表安装工程质量检验计划》等技术文件。

5.6 现场准备

按合同和总体计划做好专业施工计划、劳动力计划、机具计划、材料计划、培训计划工作。

对工程施工中需要用到的校验设备做好审查标定，调整好施工机具，确保施工的顺利进行。

按规定做好成套设备的开箱检查工作，做好管材与管件、仪表设备、电气材料的出库检验工作。

配合土建完成专业内各种预埋件及孔洞预留工作，配合工艺安装做好各种管咀的定位工作。

6 设备安装

6.1 一般规定

仪表安装前首先按照图纸对型号、规格、材质、位号进行核对，附件齐全、外观完好，并经单体调校和试验合格。

现场就地仪表安装高度，表中心距地面宜为 1.2m 左右，显示仪表安装在便于观察维护的位置。

安装在工艺管道上的仪表必须便于操作、维护、拆卸，并考虑操作工在操作时间的人身安全。

仪表外壳上的箭头指向必须与管道介质流向一致。

分散控制（DCS）、可编程度控制（PLC）和总线控制(FCS)系统必须在控制室的土

建、电气、安防、暖通工程全部完工后安装。

DCS、PLC、FCS 系统安装前必须建立起良好的工作使用环境，施工单位应会同监理和业主检查控制室和机房，共同确认安装必需的下列条件已具备：

- A 机柜基础型钢已安装完毕，并符合要求。
- B 地板、顶棚、墙面、门窗等均已施工完毕，室内杂物清理干净。
- C 空调系统安装调试完毕，已处于正常运转状态，室内温度、湿度均达到系统要求。
- D 不间断电源（UPS）及室内照明全部施工完毕，投入正常运行。
- E 接地系统施工完毕，接地电阻符合设计规定。
- F 自动消防系统施工完毕。
- G 控制室已具备封闭式管理条件，室内附属公用设施已完备。
- H 卫生清扫工具、吸尘器、灭火器具及防鼠器具等已准备就绪，临时防火安全设施齐全，控制室工作制度健全。
- I 机房附近不得有震动和电干扰施工。

对本安回路进行检查时，应首先确认与本安系统有关的电缆及端子排的色标（通常为蓝色）符合要求。

PLS、DCS、FCS 系统电缆的检查应按下列要求进行：

- A 随机电缆（系统电缆）的型号、尺寸、及其附件和工具应齐全，并满足相关系统资料的技术参数要求。
- B 随机电缆的外部绝缘层应无损坏，绝缘电阻符合制造厂标准。
- C 系统模件之间、节点之间及相关终端之间电缆应连接正确，网络通讯电缆、总线电缆之间的连接应符合制造厂及系统的设计要求。

安全接地、工作接地应按详细设计图和系统设备技术条件要求进行检查，并符合下列要求：

- A 系统设备的安全、工作接地应与接线图一致。
- B 设备内部接地网不应形成回路。
- C 机柜内部安全栅接地系统应符合设计规定和本安系统要求。
- D 机柜及设备内部易对人身造成伤害的地方应有明显的警示标志和防护措施。

应对所有的设备如机柜、各类卡件、现场仪表、打印机、拷贝机、PC 机、磁带机、投影仪等设备进行外观检查。所有设备均应有完整的技术文件、相应系统软件及设备驱动程序。

PLC、DCS、FCS 设备不宜在无空调、除湿设备的库房内长期存放。

系统硬件安装和检查时，应记录制造厂设置的 DIP 开关缺省位置，插拔卡时不得用手或工具直接接触电子线路板，严禁用易产生静电的刷子或化纤织物等清洗各类卡件及设备，操作者应采取防静电措施，如佩戴防静电手链等。

PLC、DCS、FCS 系统检查记录由检查人、监理及业主代表签字确认。

6.2 盘箱柜和操作台安装

DCS、PLC、FCS 系统设备出库运输时应选择平坦、无障碍的运输道路。运输过程中，车速不宜快，并应防止剧烈冲击与振动。装卸作业场地应平整、坚固，并具有足够的作业空间。

在设备吊装与搬运过程中，应保持平稳。宜用吊车或铲车进行作业，不得使用斜度大于 10°的滑梯、滑板进行人工装卸。

开箱检验应在制造厂代表在场的情况下会同监理、业主共同进行，检验后应签署检验记录。

设备开箱前，应检查外包装是否完整。开箱后，应检查内包装是否破损、有无积

水,防潮、防水及防震等措施是否齐备,防倾斜、防振动标志是否异常。当环境温度小于4℃时不宜对刚搬进室内的设备进行开箱,避免凝结水侵蚀设备。

设备开箱应使用适当工具,按层次顺序打开包装,严禁猛烈敲打。

开箱检验应按装箱单逐一清点,并应符合下列要求:

A 所有硬件、备件、随机工具的数量、型号、规格应与装箱单一致。

B 设备及备件外观良好,无变形、破损、油漆脱落、锈蚀等缺陷。

C 资料齐全,软件媒体外包装应完好无损。资料应包括系统硬件配置图、盘内平面布置图、盘内接线图、I/O地址分配表、梯形逻辑图、功能模块逻辑图或应用程序文件清单、因果表、启动停车顺序图、系统软件组态手册、系统安装手册、使用手册或系统操作手册等。

设备安装应由远及近。在控制室和机房内搬运或移动时,不得损坏地面,就位后应及时固定。

系统安装后应经常保持室内清洁,定期用吸尘器除尘,如需拖洗地面,不宜过湿。

系统分为控制室内安装和现场安装两种方式。在控制室内安装应保证符合系统安装手册中的有关要求。现场盘安装地点应避免高温、湿度大、振动大、电磁场强等场所,并应有防雨防潮措施。在要求防爆场合,应有密封垫和正压通风系统。盘接地和系统接地应符合设计和系统安装手册的要求。

盘箱柜和操作台安装严禁用气焊、电焊开孔,应采用机械或液压开孔器开孔。

支架底座尺寸要与设备尺寸一致,安装要垂直平整,牢固。

安装位置不影响操作、通行和维修,并标明编号。

钢结构上安装的仪表箱和接线盒,其支架应考虑防火涂层厚度,标高符合规范标准和设计要求。为了防止雨水进入接线箱,进出接线箱的电缆要从接线箱底部进出线,且做好密封。

盘箱柜和操作台利用镀锌螺栓固定在基础或支架底座上,严禁焊接。

盘箱柜和操作台安装误差符合规范标准和设计要求。

6.3 温度仪表安装

测温元件应安装在能准确反映介质温度的位置,一般设计已确定。

对于易燃、有毒、高温介质,为了便于维护,防止介质泄露,安装在管道上的温度检测仪表均配有保护套管。保护套管在安装前应进行液压强度试验,试验压力为工作压力的1.5倍,稳压10分钟无泄漏为合格。

工艺管道直径小于80mm时必须加扩大管。

工艺管道上的测温元件垂直或斜插45°安装时,插入深度应大于250mm或处在管道中心,斜插入方向与被测介质逆向。

测温点的温度高、插入深度深且是水平安装时,必须有防弯曲措施(如使用套管)。

安装在含固体颗粒介质的测温元件,应有防磨损的保护措施(如耐磨热电偶)。

6.4 压力仪表安装

在工艺管道基本结束时进行压力表安装,表的朝向面向操作员便于观察的方向。

低压测量时,压力表与压力变送器、压力开关的取压点尽量在同一高度且与取压部件高度一致。

现场高压设备和管道上的压力表,如在操作岗位附近,压力表必须加保护罩,否则安装高度应距地面1.8米以上。

当压力取源部件和温度取源部件处在同一管道上时,压力取源部件应安装在温度取源部件的上游侧且介质流速稳定的地方。

6.5 流量仪表安装

流量仪表一般大多数由管焊专业负责安装，本专业要配合并检查。

孔板、喷嘴和文丘里管等节流装置，安装前应进行外观尺寸检查，并作好记录，安装时孔板的锐边或喷嘴的曲面迎向被测介质的流向；孔板、喷嘴及文丘里管的前后直管段长度和孔板法兰的端面与轴线垂直度应符合设计和规范要求。

阿纽巴流量计安装时有四个孔的一侧迎向被测介质的流向，其一次元件通过并垂直于管道中心线。

涡街流量计安装在无振动的管道上，上下游直管段的长度应符合设计和规范要求；放大器与流量计分开安装时，两者距离不宜大于 20m 且需用专用电缆连接。

转子流量计必须安装在垂直管线上，被测介质的流向应由下向上，上游直管段长度应大于 5 倍工艺管道内径。

质量流量计应安装在水平管道上，介质为气体时，箱体管应处于工艺管道的上方；介质为液体时，箱体管应处于工艺管道的下方。

靶式流量计的靶板中心应安装在管道中心轴线上，并与轴线垂直，靶面应迎着介质方向。

超声波流量计安装，超声波流量计有接触式和非接触式二种，时差法和多普勒效应法检测原理应用较广，实际工作中，大多使用非接触式进行流量测量。非接触式换能器一般采用专用夹具安装在工艺管道上，管道应有一定的直管段长度，上、下游直管段长度规范标准尚无明确统一规定，按设计或产品要求确定。换能器分单声道和双声道二种安装方式，单声道安装方式有透射法（Z法）和反射法（V法）二种，双声道有交叉法（X法）、反射法（2V法）和平行法三种。换能器安装时，换能器轴向间距之间直管道不应有焊缝或法兰，管壁应打磨干净，表面不能有凸凹现象，换能器与管壁之间应涂抹足够的硅胶或硅脂耦合剂。同一台超声波流量计的换能器和转换器之间的专用电缆长度应尽可能保证一样长。换能器可安装在水平、倾斜和流体自下而上的管道上，水平管道上安装时，换能器应安装在工艺管道水平直径或 45° 夹角范围内。

电磁流量计可安装在无强磁场的水平管道或垂直管道上，并保证流量计、被测介质及工艺管道三者连成等电位，并有良好的接地。当流量计安装在垂直管道上时，介质流向应自下而上。电磁流量计上游直管段的长度应大于 5 倍工艺管道内径。

容积式流量计宜安装在水平管道上，刻度盘应处于垂直平面内，保持表内转轴水平，流量计外壳箭头方向应与介质流向一致。流量计上游应设置过滤器，若被测介质含有气体还要安装除气器。

6.6 物位仪表安装

浮筒液面计的安装高度应使正常液位或分界液位位于浮筒中心，并便于操作和维修，浮筒应垂直安装，其垂直度允许偏差为浮筒高度的 2/1000。浮筒液面计安装时，浮筒内浮杆必须能自由上下，不能有卡涩现象，垂直度允许偏差为 2mm。

浮子式液位开关应安装在液位变化反映明显、方便电气接线的地方，安装要牢固，浮子应活动自如。

玻璃板液面计应安装在便于观察和检修拆卸的位置，如果和浮筒液面计并用，安装时应使两台表的液位指示同时处于便于观察的方向，液面计安装应垂直，其垂直度允许偏差为液面计长度的 5/1000。安装玻璃管液面计时，填料应用扳手轻轻拧紧，防止玻璃管碎裂。

超声波物位计安装方式分悬吊式和法兰连接式二种，传感器分接触式和非接触式二种。安装时，传感器中轴线应垂直于被测物体表面，避开粗糙壁、焊缝、加料通道、横档和可能的障碍物。传感器的表面一般至少高于被测物料最高物位 300mm 以上（避

开测量盲区)。

雷达物位计一般采用脉冲和连续调频微波技术，安装方式有法兰、卡环、螺纹三种方式，天线有杆式、喇叭式和波导管三种，安装时，天线底部必须伸入到容器内部（避免管口壁的反射干扰），距器壁、管道及其它设备间距一般应大于 1m，不要安装在容器中心（避开反射干扰集中的地方），调整天线尽可能使雷达波束与被测介质物面垂直。雷达物位计没有测量盲区。

射线物位计安装前必须制定具体的、符合使用说明书要求的安装方案。安装中的安全防护措施必须符合国家标准《放射卫生防护基本标准》GB4792 的规定。发射源（钴-60 或铯-137）装置未抵现场之前，必须先同保卫、卫生、安全部门联系，确定保存地点，明确保管责任。发射源和接收探测器（电离箱、盖革箱、盖革计数管和闪烁计数管）安装位置应尽量避免操作人员经常行走的地方，在安装地点挂设明显的警示牌。在试验和使用之前，切勿开启发射源装置上的开关锁。射线物位计一般宜由供货商负责安装调试。

6.7 过程分析仪表安装

过程分析仪表主要包括取样与预处理装置、样品测量设备、显示及数据处理设备、样品排放及回收设施、能源供给及载体回收设施等五部分，并与 DCS 进行数据通讯。其中取样及预处理装置是过程分析仪表施工的主要内容。

取样部件安装位置应避开工艺调节阀的出口和节流装置前后直管段范围，严禁在工艺物料交汇处和工艺管道盲区安装取样部件。在水平或倾斜管道上取样部件安装的方位，若工艺介质为液相，选择在工艺管道下半部与管道水平直径 45°夹角范围内，当工艺介质为气相时，应选择在工艺管道的上半部。插入式或混匀式取样部件，其端口或端头应插至管道中心位置，取样端口为 45°坡口时，其端口应背向工艺介质流向。

分析仪表及取样系统安装位置尽量靠近取样点，并符合使用说明书的要求。

预处理装置主要由过滤器、分离器、热交换器、冷却器、稳压和稳流部件等组成，安装时必须了解其工作原理，明确样品走向、样品的进出口，确保配管正确（要求样品物相单一、取样管道洁净，一旦接错，可能需要对相应的管道和设备部件进行脱脂和洁净处理）。

6.8 旋转机械状态监控仪表安装

旋转机械监控包括热工参数和机械参数两部分。机械参数主要有轴振动、轴位移、膨胀差、轴偏心和转速等。热工参数主要有轴温、油温、油压、油液面等。旋转机械热工参数监控设备的安装可参比常规热工仪表的安装。

探头与前置放大器是成套配置的，不可互换。

在安装探头之前，首先进行探头和前置放大器联合试验（寻找最佳工作点，确定静态安装对应的电压值）。联合试验和探头安装是机械参数监控仪表施工的关键。安装时应有机电专业人员配合并确认安装尺寸（如轴串量的中点）。

探头安装分为直接定位和间接定位二种安装方法。

直接定位

直接定位安装法适用于机组盖可以打开，且探头安装螺纹孔在机器的机体上，测量探头端面与轴表面或止推盘的被测钢性靶板的间距很方便，可用塞尺或其它量具直接测量间距。定位安装完毕，测量前置放大器的输出值并观察监控仪的示值是否符合要求，如果有差，则应将探头进一步细调，直至符合要求。专用电缆视情况在机内固定，若制造商未设电缆卡螺钉孔，则应在机组组装尚未完成之前完成螺孔的锥丝工作。

间接定位法

探头安装时可将延伸专用电缆卸掉，将探头拧入机体外壳预留螺纹连接孔。拧探

头时应缓慢推进，当手感到有障碍感觉时应停止拧动。利用探头外壳螺纹距可粗调探头端面或止推盘的被测刚性靶板与轴表面的间距。然后，接线送电并稳定一会儿，再做进一步细调，测量前置放大器的输出电压并观测监控仪的示值是否符合要求，直至符合要求为止。

探头定位后，应通过锁紧螺母对探头进行紧固，拧锁紧螺母时应缓慢加力，并观察前置放大器输出电压和监控仪是否变化，若发生变化，则重新对探头进行定位。

转速探头安装时，应转动转轴，将键槽方位与探头预留安装孔错开，探头端面与轴表面的间距一般应为 1.0~2.0mm 左右。

6.9 调节阀及其辅助设备安装

调节阀本体由管焊专业负责安装。

调节阀的安装方向应与工艺管道及仪表流程图(P&ID)一致。

带定位器的调节阀，定位器的反馈连杆与调节阀阀杆连接应适度，活动自如。应对调节阀所带附件进行防护，防止损坏或丢失。

调节阀宜垂直安装，底座离地面距离应大于 200mm，阀体周围应有足够空间以便于操作、维修。调节阀膜头、电动头或活塞离其它管道设备外壁距离宜大于 300mm。

执行器输出轴与阀体连接的连杆或接头连接要牢固，保证执行器动作灵活平稳，止档限位应在出轴的有效范围内紧固，不得松动。

气动及液动执行机构的信号管应有足够的伸缩余量，使其不妨碍执行机构的动作。

安装蓄能器时，应通过其专用支架安装在在钢结构上，不宜置于格栅板或钢板平台上，以免阀动作时可能造成的蓄能器剧烈震动。

7 电气线路敷设

7.1 槽盒、桥架的安装

槽盒(即汇线槽)、桥架的结构形式、规格、选材、涂漆等均应符合设计规定，产品及材料均应有合格证。

电缆槽盒、桥架应按施工图施工。施工前应仔细核对工艺配管图及工艺设备布置图，现场仔细核对电缆槽盒、桥架实际走向，确保其走向与标高不与工艺管道及设备冲突。同时应编制电缆槽盒、桥架施工技术交底，指导施工作业人员正确施工。

电缆桥架的布置，必须考虑强电、弱电信号电缆按规范要求隔开一定距离。汇线槽底板应开漏水孔，泄水孔宜按之字形错开排列，孔径为 $\phi 5 \sim \phi 8$ ，开孔时应从里向外进行施工。

电缆槽盒、桥架安装前按照设计图纸制作好托架，对托架进行除锈、刷漆处理。

桥架、槽盒安装后，应按设计要求安装接地片。

保护管开孔位置应处于汇线槽高度的 2/3 以上，采用油压开孔机或其他机械开孔。

槽盒、桥架施工原则上不能用电焊或气焊焊接，对于因特殊情况必需重新加工或切割槽板、桥架时，应有必要的防腐措施。

槽盒、桥架之间用螺栓和连接板连接，为了防止损伤电缆，螺母要在其外侧。

水平长度超过 50 米时，槽盒、桥架不应直接固定在支架上，应在支架上焊接导向板，使其在导向板内能滑动自如，槽板、桥架接口处留适当的膨胀间隙。

7.2 电缆(线)保护管敷设

电缆保护管应本着避开高温管道及设备，避开油管线，避开振动设备，美观整齐便于安装的原则进行施工。

安装前要检查保护管是否有裂纹，镀锌层是否完好。

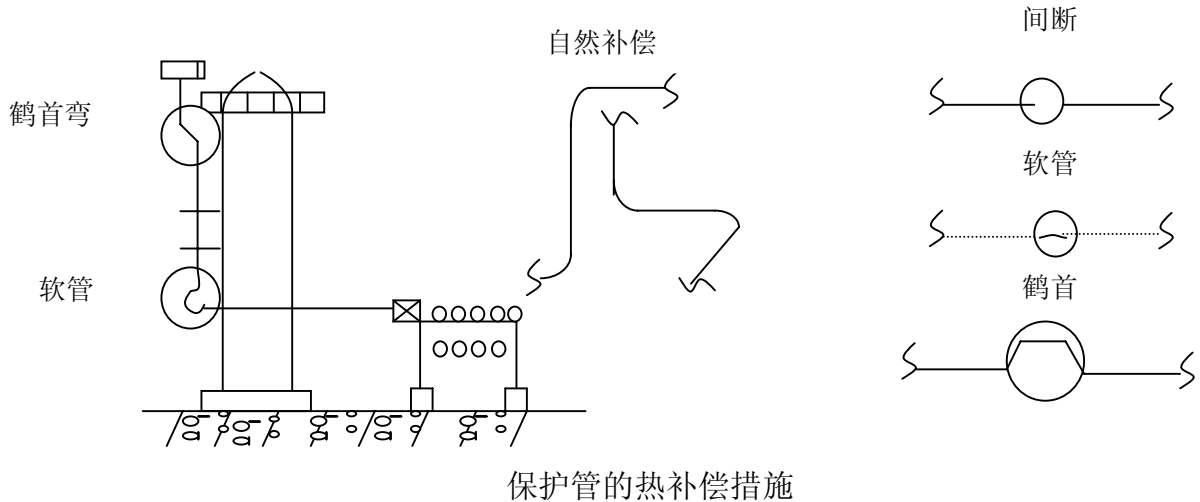
保护管引入接线箱或仪表盘(箱)时,宜从底部进入;不同信号线制的电缆不能共用同一根保护管,管内电缆充填系数应小于 40%,单根电缆的金属保护管其内径不应小于电缆外径的 1.5 倍。

保护管的弯制采用冷煨法,弯曲后角度不小于 90° ,单根保护管的直角弯不超过两个。 $\Phi 60$ 以上的保护管宜采用标准弯头。

保护管与连接件之间,采用螺纹连接,管端螺纹的有效长度要大于管接头的 $1/2$ 。并保持管路的电气连续性,丝扣连接部分涂导电性防锈脂。

保护管的直线长度超过 30m 或弯曲角度总和超过 270° 时,中间应加穿线盒。

当保护管直线长度超过 30m 且沿塔槽、加热炉或穿过建筑物伸缩缝时采取热膨胀补偿措施,根据现场情况参考下图选定。



保护管与仪表之间采用挠性连接管连接时,管口低于进线口约 250mm,保护管从上向下敷设时在管末端加排水三通,仪表进线口用密封垫或密封胶泥密封。

保护管要排列整齐,横平竖直,支架之间的距离不大于 2m,在拐弯、伸缩缝两侧和管端 300mm 处均应安装支架,并用 U 型螺栓或管卡固定。

保护管穿过楼板或钢平台时,不得切断楼板内钢筋或平台钢梁,开孔准确,大小适宜。穿过楼板时加保护套管;穿过钢平台时,焊接保护套或防水圈。

在不锈钢管道上做抱卡固定保护管时,抱卡和管道之间必须加垫层。

7.3 电、光缆(导线)敷设

电缆(线)敷设和接线前,必须进行导电检查与绝缘试验。用于绝缘试验的兆欧表必须检定合格并在有效期内。

电缆(线)敷设按规格型号、走向绘出电缆敷设排列图,敷设时注意整齐、美观。敷设前进行以下检查:

- A 槽盒安装完毕,清扫干净,内部平整,无毛刺,隔板安装间距正确。
- B 电缆型号、规格符合设计要求,外观良好,保护层无破损。
- C 导电与绝缘试验合格。

电缆(线)敷设原则上先远后近,先集中后分散。敷设前先实测长度,两端预留 1.0~1.5m,根据实测值对每盘电缆的敷设根数进行分配。补偿导线或电线穿管时,宜用钢线引导,穿线时涂抹适量滑石粉,不准强拉硬拽。不同信号、不同电压等级和本安电缆在槽盒内分开敷设。

补偿电缆(导线)不宜直接埋地敷设,可穿保护管或在汇线槽内敷设,本安电缆敷设不得与非本安电缆共用一根保护管。

与工艺设备、管道绝热层表面之间的距离应大于 200mm,与其它工艺设备、管道

表面之间的距离应大于 150mm，

补偿电缆（导线）不应有中间接头，必须接头时，正极丝与正极丝、负极丝与负极丝应分别缠绕，用气焊熔接或压接。有屏蔽层时，应确保屏蔽层连接良好，外包绝缘带，做好隐蔽工程记录。

电缆（线）在桥架、槽盒内要排列整齐，在垂直段槽盒内敷设时，用合适的夹具或尼龙锁扣固定，并做到松紧适度，电缆在拐弯、两端、伸缩缝补偿区段、易震部位等应留有裕度。电缆不允许有中间接头，如中间接头不可避免时，接头的芯线采用焊接或压接，屏蔽层必须连接良好，宜用热塑管热封，外包绝缘带挂标志牌，绝缘必须良好，同时在隐蔽记录中标明位置。

在槽盒内敷设完毕后，及时盖好盖板，避免造成电缆的机械损伤和烧伤。通过预留孔进入控制室槽盒、桥架，在电缆敷设完毕后，及时封闭。

控制室地板下电缆敷设按如下要求进行：

A 本安线路与非本安线路分开敷设，间距大于 500mm 。

B 信号线路与电源线路分开敷设，间距大于 1.5m 或用金属槽盒实施屏蔽，交叉处，可采用槽盒跨桥完成敷设。

电缆首尾两端按设计规定挂电缆标志牌。

光缆敷设时，弯曲半径不应小于光缆外径的 20 倍，光缆两端预留长度不应小于 8m。光缆接续时，应使用光功率计或其它仪器进行监视，使接续损耗量最小。接续后需安装光缆接头护套。敷设完毕，应用光时域反射计检查光纤通道全程波导衰减特性曲线。光缆的接续点和两端应做永久性标志。

7.4 防爆

爆炸危险区域的电气、仪表设备的防爆形式及配线方式必须符合设计要求，并符合使用区域的防爆等级规定。

安装在爆炸和火灾危险区域的仪表、电气设备和材料，必须符合现行国家或行业标准中规定的防爆质量技术鉴定文件和防爆产品出厂合格证书。设备、材料的外部应无损伤和裂纹。

汇线槽、电缆沟、保护管通过不同级别爆炸、火灾危险区域时，在分界处均应采取隔离密封措施。

电缆沟在通过不同级别爆炸、火灾危险区域分界处时，应采用下列措施之一进行隔离密封：

A 电缆沟内部充砂密封，每敷设一层电缆，充填一层砂，砂层厚约 100mm。电缆全部敷设完后，充砂盖砖填满电缆沟。

B 在分界处制作气密封砂封，分界处两侧安装隔板，隔板之间充砂，长度不少于 1m。

C 在分界处用阻火密封填料充填，形成密封阻挡层。

保护管通过不同防爆区域的隔墙和楼板时，应将保护穿墙孔和楼板孔用阻火密封填料堵塞严密。

敷设在爆炸和火灾危险区域内的电缆（电线）保护管应符合下列规定：

A 保护管应选用厚壁镀锌钢管。

B 接线箱、穿线盒、管箍、活接头等管件应按危险区域的级别，分别采用不同的防爆结构形式。

C 保护管之间及保护管与接线盒、分线箱、穿线盒之间应采用圆柱管螺纹连接，螺纹有效啮合部分应在 6 螺距以上，并用锁紧螺母锁紧。螺纹上应涂电力复合脂或导电性防锈脂，以保持良好的电气连续性。不得在螺纹上缠麻涂铅油、缠绝缘胶带或涂其它油漆。

D 保护管与接线箱连接时，应安装隔离密封接头，先向接头内填入石棉绳，再

灌注密封填料。密封管件与接线箱距离应不大于 0.45m。

E 保护管与现场仪表、检测元件之间应按其所在危险区域级别，选用隔爆型金属软管连接。

采用正压通风防爆仪表盘（箱）的通风管必须保持畅通，且不宜安装切断阀。安装后应保证盘（箱）内压力不低于设计压力值，当有压力联锁或报警装置时，其动作应准确可靠。

在爆炸和火灾危险区域安装的仪表盘（箱）应有“电源未切断不得打开”的标志。

本安回路的电缆、电线宜用永久性天蓝色胶带做一道环形标志。

本安回路电缆在汇线槽或电缆沟内敷设时，应集中于同一区内，与非本安回路之间应用金属隔板隔开，防止静电干扰与磁场干扰。

本安回路的电缆（线）应单独穿管保护，不得与非本安回路共用同一根保护管或同一根电缆。

本安线路分支，串并联接头必须设在增安型接线箱内。

本质安全关联设备（如各种类型的安全栅）的安装位置应在安全场所一侧，并应可靠接地。不同类型的安全栅不得互相代用。

7.5 接地

仪表接地系统分为保护接地和工作接地两种。接地对于抑制干扰信号、保证测量精度、保护人身及设备安全、保证高产稳产具有十分重要的作用。

保护接地与装置电气系统接地网相连，一般接地电阻 $\leq 4\Omega$ 。

工作接地包括信号回路接地、屏蔽接地和本安系统接地。其中信号回路接地和屏蔽接地与仪表系统接地网相连接，接地电阻符合制造厂标准；独立设置本安接地系统时，单独的本安接地极与装置电气系统的接地网或其他接地网之间的距离 $\geq 5.0\text{m}$ ，接地电阻 $\leq 1\Omega$ 或符合制造厂标准。

电缆屏蔽层应在控制室一端接地，接到仪表设备的接地汇流排上，信号屏蔽层在整个电缆连接中应保持连续。

接地线采用多股铜芯绞线，采用压接法连接。

接地线的绝缘护套颜色宜为黄绿相间色，两端应有标牌表明接地类型如：本安。

7.6 导电与绝缘试验

绝缘试验和导电检查时，裸露导体的端头不得触地，不得与其它裸露线接触。已连接在仪表设备端子上的导线必须拆开，使之完全脱离上述设备端子。

电缆(线)绝缘电阻用 500V 直流兆欧表测量，芯线之间、芯线对地之间绝缘电阻大于 $5\text{M}\Omega$ 为合格；补偿电缆（线）绝缘电阻用 100V 兆欧表测量，芯线之间、芯线对地之间大于 $5\text{M}\Omega$ 为合格。

电缆(线)的导电检查宜使用万用电表的电阻档或校线设备，当电缆导线的绝缘层有颜色区别时，应先按颜色确定线号，选定一公用线，然后逐一检查。

导通检查及绝缘试验中发现有问题的电缆或电线应予更换。

7.7 配线

核查电缆号准确无误后，按实际所需并留有余量后做好电缆头，电缆头用绝缘胶带包扎，密封处涂刷一层环氧树脂防潮或用热塑管热封，电缆头应牢固、美观、排列整齐。

屏蔽电缆的屏蔽层露出保护层 15~20mm，用铜线捆扎两圈，接地线焊接在屏蔽层上。

用兆欧表、万用表对电缆进行绝缘及导通检查并记录。所有芯线按设计规定或呼

应法标号穿上号头。

单股芯线将芯线顺时针弯成接线环连接，多股芯线采用合适的压接端子接线，布线整齐美观、编号清晰且导线留有适当余量。盘箱柜和台内配线，中间不允许有接头。

接线时，各回路的正负芯线颜色保持一致。

备用芯线按图纸接到备用端子上或绕成弹簧状置于电缆头部。

一个端子上最多连接二根导线。

8 导压管路敷设

8.1 一般规定

仪表导压管路（简称导压管）包括用于压力、流量、液位的检测导压管，用于分析仪表的取样管，隔离和吹洗管路，同时包括导压管路系统中使用的阀门、配件和容器等附件。

导压管路所用的管材和部件的材质、规格型号应符合设计要求，并具有质量证明书或合格证。

导压管路敷设前，管子及其部件内外表面应清洁干净，需脱脂的管路应经脱脂合格后再进行敷设。

导压管路敷设前宜将管材进行防腐处理，可预制的管路应集中加工处理。

导压管路不得用电、气焊切割。

从事导压管路焊接作业的焊工须持有效的焊工合格证书。

耐热合金钢管路焊接作业前，应经焊接工艺评定合格后方可施工。

导压管路敷设除设计另有规定外，宜按《自控安装图册》HG / T21581-95 的要求进行。

导压管路除有特殊要求外，一般不作射线检测。

导压管路不应直接埋地敷设。如设计未作规定，管路敷设位置应根据现场情况合理安排，不宜强求集中，但应整齐、美观、固定牢固，尽量减少弯曲和交叉，且不得有急剧和复杂的弯曲部位。

导压管路应敷设在便于操作和维修的位置，不宜敷设在有碍检修、易受机械损伤、腐蚀、振动及影响测量之处。

用于检测的导压管在满足测量要求的条件下应尽量短（过热蒸汽等高温介质除外），且不宜大于 15m。

导压管路在穿墙或过楼板时，应安装在保护管（罩）内。管线由防爆厂房或有毒厂房进入非防爆或无毒厂房时，在穿墙或过楼板处应进行密封。

导压管路与高温工艺设备、管路连接时应采取热膨胀补偿措施。

除设计另有规定外，导压管路 with 工艺设备、管道或建筑表面之间的距离宜大于 50mm。易燃、易爆介质的导压管路与热表面的距离宜大于 150mm，且不宜平行敷设在上方。当管路需要隔热时，应适当增加距离。

不锈钢管不得与其它钢材混合堆放。

导压管焊接前，应将仪表设备与管路脱离。

对特殊材质的管子、管件、加工入库后应及时标识。

8.2 中、低压导压管路

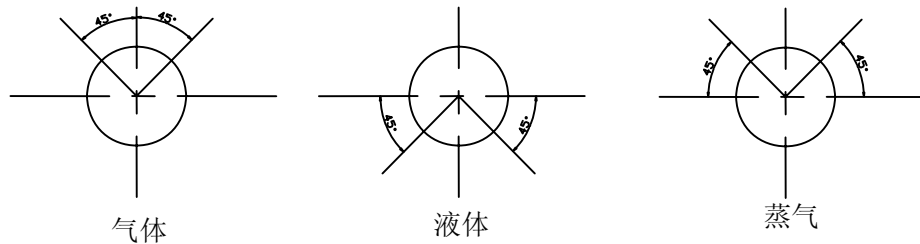
中、低压导压管路是指工作压力小于 10Mpa 的导压管道。

管路敷设应具备的条件：

A 工艺设备、管道上一次取源部件的安装经检查验收合格，满足测量导压管安装要求。

- B 管子、管件、阀门按设计图纸核对无误。
- C 管子外观检查无裂纹、伤痕和严重锈蚀等缺陷，管件、阀门无机械损伤和铸造缺陷，螺纹连接部分无过松过紧现象。
- D 阀门压力试验合格。
- E 设计图纸选用的导压管路敷设方式合理。
- 压力测量宜选用直接取压方式，测量液体压力时取压点一般宜高于变送器，测量气体时则相反。

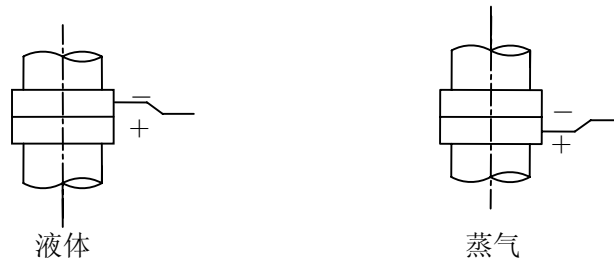
水平管道压力测量导压管取压管引出方式如下图所示。



水平管线导压管取压引出位置方式示意图

测量蒸汽或液体流量时，宜选用节流装置高于差压仪表的方案，测量气体流量时则相反。测量蒸汽流量时，安装的两只平衡容器，必须保持在同一个水平线上，平衡容器入口管水平位置允许偏差为 2mm。

垂直工艺管道流量导压管取压引出方式如下图所示。



垂直工艺管道流量导压管取压引出方式示意图

常压工艺设备液位测量导压管路接至变送器正压室。带压工艺设备液位测量时，宜选用工艺设备下部取压管接至变送器正压室，上部与变送器负压室连接。

导压管应根据不同介质测量要求分别按 1:10~1:100 的坡度敷设，其倾斜方向应能保证能排除气体或冷凝液，当不能满足要求时，应在管路集气处安装排气装置，集液处安装排液装置。

测量差压用的正压管及负压管应敷设在环境温度相同的地方。

弯制导压管宜采用冷弯法，弯曲半径不得小于管子外径的 3 倍。弯曲后，管壁上应无裂纹、凹坑、皱褶、椭圆等现象。

导压管路应装一、二次阀门（变送器直接安装在工艺管道上除外）。一次阀门装于取源部件之后，尽可能靠近取源部件。二次阀门装于测量仪表之前便于操作的位置。

不锈钢管路安装时，不得用铁质工具敲击，并应用绝缘材料与支架隔离。

壁厚小于 1mm 的不锈钢管宜采用卡套式连接。

检修时需拆卸的部位可采用卡套、活接头、法兰、螺纹等连接。

导压管的连接部分应轴线一致，保证其严密性，不得有泄漏和节流现象。

安装阀门前，应按设计要求核对阀门规格、型号（包括垫片），试压合格后安装。安装时应将阀门关闭，以防进入杂物。截止阀和止回阀的安装方向应正确。带手轮的阀门安装位置应便于操作。

8.3 导压管路的焊接要求

Φ14×2 以下碳素钢管一般采用对接焊，焊接时宜用对口工具防止错边，并检查直线度。不同直径导压管对接焊时，其内径相差应小于 2mm，否则应采用异径接头连接。

Φ18×3 以上碳素钢管宜采用承插焊接方式，其插入方向应顺介质流向。

不锈钢管或质量要求严格的导压管焊接宜采用氩弧焊或承插焊。

导压管路焊接时，不应承受机械外力。

阀门焊接时，应使阀门处于开启状态。

8.4 高压导压管路

高压导管路是指工作压力小于 10Mpa 的导压管道。

高压管路敷设应符合现行国家标准《工业金属管道工程施工及验收规范》GB50235 的有关规定。

高压管、管件、阀门的规格、型号、材质必须符合设计规定，并必须有合格证。

高压管应进行外观检查，不得有锈蚀等缺陷。

高压管端需加工螺纹时，应以内圆定心进行加工，并应使用螺纹规、标准螺纹管件等检查螺纹质量。用标准螺纹管件检查时，以徒手拧入为限，且不应过分松动。

高压管的弯制必须一次冷弯成型。

焊接高压管时，管口应加工坡度，坡口角度为 40°~50°，钝边为 0.5~1.0mm，对口间隙为 1.5~2.0mm。管路焊接应有焊接工作记录。

高压导管需要分支时，应采用与管路同材质三通，不得在管路上直接开孔焊接。

安装高压螺纹法兰时，应露出管端螺纹的倒角，安装透镜垫前应在管口及垫片上涂抹防锈脂（脱脂管道除外），透镜垫应准确地放置在管端密封面上。

设计规定有力矩要求的高压法兰螺栓，安装前应抽查 5%作强度及光谱试验。发现质量不合格，应及时通知监理、业主代表或总承包单位共同确认，并作退货处理。

高压法兰螺栓拧紧后，螺栓、螺母宜齐平。

敷设高压管路时，不允许强制组对或用修改透镜垫厚度的办法补偿安装偏差。

采用卡套连接件时，高压管外径允许偏差为±0.3mm，卡套钢管的咬合深度应大于 0.2mm。

高压管、管件、阀门、紧固件的螺纹部分，应抹二硫化钼等防咬合剂，但脱脂管路除外。

高压管路安装应有详细的记录，并在导压管路上作明显的标识。

8.5 有毒、可燃介质导压管路

管子、管件、阀门在使用前应按《石油化工剧毒、可燃介质管道工程施工及验收规范》SH3501 管道级别分类保管，作好标识，不得混淆和损坏。

SHA 级：毒性程度为极度危害介质管道（苯管道除外）

毒性程度为高度危害介质的丙烯腈、光气、二硫化碳和氟化氢管道
设计压力大于或等于 10.0Mpa 输送有毒、可燃介质管道

SHB 级：毒性程度为极度危害介质的苯管道

毒性程度为高度危害介质管道（丙烯腈、光气、二硫化碳和氟化氢管道除外）

甲类、乙类可燃气体和甲_A类液化烃、甲_B类、乙_A类可燃液体介质管道
管路敷设前，应对管子、管件、阀门进行外观检查，其表面应符合下列要求：

A 无裂纹、锈蚀及其它机械损伤。

B 螺纹、密封面加工良好，精度、粗糙度等符合设计要求。

C SHA 级管道上的导压管路用的管子应逐根进行外径及壁厚测量，其尺寸应符合制造标准；SHB 级管道上的导压管路用的管子应抽查 5%，且不小于一根。

D SHA 级管道上的导压管路的管件应抽 10%测量外径和壁厚；SHB 级管路的管件应抽 5%，且不少于一件。

管路阀门安装前，应逐个对阀体进行液压强度试验，试验压力为公称压力 1.5 倍，5min 无泄漏为合格。

管路阀门阀座密封面应作气密试验，并作记录。

SHA 级管道上的导压管弯制时，宜选用壁厚有正偏差的管子。

管路安装前，应逐根清理擦净，不得有砂土、浮锈，铁屑、焊渣、水、油及其它杂物。

管路应尽量短，连接宜选用焊接方式。

螺纹接头如采用密封焊时，不得使用密封带，其露出螺纹不应过长，并全部由密封焊缝覆盖。

管子对接焊时，应清理管子内外表面，在 20mm 范围内不得有油漆、毛刺、锈斑、氧化皮及对焊接有害的物质。

管路焊接应有焊接工作记录。

管路连接件安装前，应检查其密封面，不得有影响密封性能的缺陷。

连接件选用的垫片、密封填料应符合设计要求。非金属垫片应平整光滑，边缘应切割整齐。

剧毒、可燃介质的导压管路安装，应作好详细的施工记录，并在导压管上作明显标识。

8.6 分析取样管路敷设

分析取样管路系统敷设包括取样管、取样预处理系统组件、阀门、管件。分析取样管路敷设应按设计文件、分析仪器说明书有关规定执行。

取样系统管路应整齐布置，并使气体或液体能排放到安全地点。有毒气体应按设计规定的位置排放。

取样系统安装位置应安排合理，使其不受机械损伤，并且操作维修方便。

分析取样管路长度不宜超过 40m，烟气分析器管路长度不宜超过 10m。取样系统部件应尽量减少，以保证试样的正确传递和处理。

分析取样系统管路的材质宜用不锈钢，并应符合下列要求：

- A 不得与试样有化学作用。
- B 不得从试样中吸取组分。
- C 不得将杂质渗透和扩散进入试样。
- D 不得有着火或其它不安全因素。

管路敷设前应先将管子、阀门、配件、各设备组件清洗干净，保证无油、无锈、无有机物、无杂质。

管路系统连接宜采用承插焊或对接焊。焊缝不得有裂纹，内壁应无杂质。如采用螺纹连接，密封填料不得进入系统内。

在分析器入、出口处和试样返回线上应装截止阀，阀门流向正确。

分析取样系统应有合适的过滤器，系统应畅通无杂质。对固体含量高的试样回路，宜采用并联过滤器。

8.7 隔离与吹洗管路

腐蚀性介质和粘稠液体介质宜选用密封毛细管隔膜仪表。易汽化、冷凝或有沉积物介质，宜采用隔离和吹洗方法防止被测物质进入仪表内。

对于位移可以忽略不计的仪表可直接在管路中进行隔离，有显著位移的仪表要采用隔离器，使隔离液位保持水平，避免静液压误差。

隔离管路敷设时，应在管线最低位置安装隔离液排放装置。

被测介质粘度较大时，宜敷设冲洗液管路。

对挥发性较强的液体、气相易凝结的介质进行差压液位测量时，其取压管应安装隔离器。

吹洗管路敷设时，先预制好吹洗阀的连接管件，再将其两端分别与吹洗液总管和测量引线连接。

吹洗管阀门的安装位置应便于操作。

8.8 导压管路固定

导压管采用可拆卸的卡子或 U 型螺栓等固定，两道管之间不得用定位焊固定。

支架必须固定牢固，在振动场所，管路与支架必须加软垫隔离。

支架间距应均匀，水平管路宜为 1.0~1.5m，垂直敷设宜为 1.5~2m。

不锈钢管不得与碳钢直接接触。

支架不准直接焊在承压管道、容器以及需拆卸的设备构件上，可采用抱箍固定支架，并按要求作隔离处理。

8.9 导压管路压力试验

导压管路敷设完毕检查合格后，进行系统试验，试验前必须切断与仪表的连接，并将管路吹扫干净。

试验压力小于 1.6Mpa 且介质为气体的管路可采用气压试验（其它管路宜采用液压试验），气压试验用净化空气，试验压力为设计压力的 1.15 倍，停压 5 分钟，压力降值不大于试验压力的 1%为合格。

液压试验采用清洁水，试验压力为设计压力的 1.25 倍，停压 5 分钟，无泄漏为合格。管路材质为奥氏体不锈钢时，水中氯离子含量不得超过 25mg/L，试验后立即将水排净。冬季必需采取防冻措施，试验后立即将水排净并吹扫。

试压用压力表精度不低于 1.5 级，刻度上限宜为试验压力的 1.5~2 倍，并有检定合格证。

仪表管路随同工艺管道一起做强度和气密性试验时，在工艺管道开始试压前，打开管路一次阀和排污阀冲洗管路，检查管路是否畅通无阻，再关闭一次阀，检查阀芯是否关严，然后关闭排污阀，打开一次阀，待压力升至试验压力，停压 5 分钟，检查管路各部位有无泄漏现象。

试压合格后，宜在管道另一端放压，检查管路是否堵塞。应作好试验记录。

9 气动管线敷设

9.1 气源管线

供气系统的配管应整齐、美观，防止有积水弯出现，其末端和集液处应有排污阀。排污管口应远离仪表、电器设备及接线端子。排污阀与地面之间应留有操作空间。

供气管采用镀锌管时，应用螺纹连接，且连接处必须密封。缠绕密封带或涂抹密封胶时，不应使其进入管内。支管从总管顶部引出，总管上应按设计要求留备用接头。

仪表气源管线进入仪表前，必须加过滤减压装置。在仪表集中处，可采用流量较大的过滤减压装置，其安装位置应选择在操作方便、不妨碍仪表装拆、检修的地方。

集中过滤减压时，减压装置前后的空气管线上应装有压力表和安全阀，分散减压时，在减压装置后应装压力表。安装流量较大的过滤减压装置，应用两套并联的方法。

9.2 气动信号管线

气动信号管线敷设时，应尽量避免接头，如无法避免时，宜采用承插焊或卡套式中间接头，管线与仪表相接处，应用终端接头。

金属气动信号管线、管缆敷设前，应进行外观检查及气密检查，不得有明显的损伤及变形，金属管敷设前应进行校直。

金属气动信号管线必须用弯管器冷弯，且弯曲半径不得小于管子外径的 3 倍。弯曲后，管壁上应无裂纹、凹坑、皱折、椭圆等现象。

信号管线应固定牢固，单根信号管线不得单独悬空安装。管线宜短，横平竖直，尽量减少拐弯和交叉。

敷设的管缆应避免热源辐射，其周围的环境温度不应高于 60℃。

管缆敷设不宜在周围环境温度低于 0℃ 时进行，敷设管线时要防止机械损伤及交叉接触摩擦，应留有适当的备用管数与备用长度，固定时应保持其自然度，弯曲半径应大于管缆外径的 8 倍。

气动信号管线用的管子，应采用割管刀切割，切割带保护套的被复紫管或尼龙塑料管时，应将保护层和管端切割整齐，并使管端露出保护层。

安装在腐蚀性大气中的管线，其接头处和管子的露出部分应采取保护措施。

9.3 气动管线的压力试验与吹扫

供气系统安装完毕后应进行吹扫，吹扫前应将控制室供气总管入口、分支供气总入口和接至各仪表供气入口处的过滤减压阀断开敞口，先吹总管，然后依次吹各支管及接至各仪表的管路。

吹扫应使用符合仪表空气质量标准、压力为 0.5~0.7Mpa 的压缩空气；当排出口无固体尘粒、水、油等杂质时，吹扫即为合格。

气动管线压力试验的介质应采用空气或惰性气体。

压力试验用的压力表应校验合格，其精度不低于 1.5 级，刻度上限值宜为试验压力的 1.5~2 倍。

气压试验压力应为设计压力的 1.15 倍，当达到试验压力后，停压 5min 无泄漏，目测无变形为合格。

气动信号管线气密性试验时，应使用干燥的净化空气，选用 0.16Mpa 试验压力表，试验压力应为仪表的最高压力（即 0.1Mpa）。当达到试验压力后，停压 5min，无降压即为试验合格。

做好压力和气密性试验记录。

10 仪表管线伴热

10.1 蒸汽、热水伴热

伴热管应在主管道试压和焊口检查合格后进行施工。

仪表设备和管路的蒸汽伴热分为如下四种形式：

A 轻伴热：伴热管线与仪表设备和导压管之间应保持 1~2mm 的间距，可用橡胶石棉板等按约 200mm 的距离隔离。

B 重伴热：伴热管线紧贴仪表设备和导压管敷设。

C 强伴热：伴热管线缠绕在仪表设备和导压管上。

D 夹套伴热：在仪表设备和导压管、浮筒、阀体处加蒸汽夹套。导压管在夹套内不应有焊口或接头。夹套应在导压管、浮筒、阀体等试压气密合格后安装。

伴热管线应按设计选材。选用紫铜管时，采用卡套式连接，选用无缝钢管时，采

用焊接或接头连接。

差压仪表的导压管与伴热管宜以管束形式敷设。正、负压管分开敷设时，伴热管采用三通接头分支，沿高、低压管并联敷设，长度相近。

伴热管与保温箱、仪表设备之间的连接处或伴热管道通过管路接头及法兰处，应采用接头连接。当连接处需经常拆卸时，连接的管接头应伸出保温层外单独保温。

伴热管线应采用镀锌钢丝或不锈钢丝与导压管路捆扎在一起，捆扎间距 800mm，捆扎不宜过紧，且不应采用缠绕方式捆扎。

保温箱内伴热，可采用紫铜管、不锈钢管或无缝钢管加工成蛇形盘管，或采用小型钢串片散热器。

需要伴热的导压管路，当为不锈钢管、镀锌管及有色金属管时不应涂漆，当为其他材料时则应涂底漆。

供汽系统伴热管线安装后，应进行水压试验。试验压力为设计压力 1.5 倍。有条件时，可用伴热蒸汽进行系统吹扫试压，通入蒸汽时应逐渐加量，缓慢加热。

供汽系统伴热管线如需修理、补焊，应停汽和排除冷凝液后进行。

供汽和伴热系统投运后，应列入正常管理。冬季停汽时应排水、吹扫。

10.2 蒸汽与回水系统安装

蒸汽伴热的供汽系统，当供汽点分散时，宜采用分散供汽。当供汽点较集中时，宜采用蒸汽分配器集中供汽。

供汽管路宜选用 $\Phi 22 \times 3$ 、 $\Phi 18 \times 3$ 、 $\Phi 14 \times 2$ 的无缝钢管，管端应靠近取压阀或仪表，且不得影响操作、维护和拆卸。

供汽点应设在整个蒸汽伴管的最高点，管路不能有下凹部分，否则，应在下凹最低点设置排放阀。

蒸汽伴热管路应采用单回路供汽，不得串联。

蒸汽伴热回水系统与供汽系统对应，分散回水时，就近将冷凝液排入排水沟或回水管道。集中回水时，设回水总管或回水架，回水总管应比供汽管径大一级，并加止回阀。

排入排水沟的回水管管端应伸进沟内，距沟底约 20mm。

回水管路应在管线吹扫之后安装疏水器，并宜安装于伴热系统的最低处，疏水器应处于水平位置，方向正确，排污丝堵朝下。

供汽管路应保持一定坡度，便于排出冷凝液。回水管路应保持一定坡度排污。

热水伴热的供水管路宜水平取压，回水系统不设疏水器。

各分支管均应设截止阀。

10.3 电伴热

伴热用的器材应有出厂合格证。用于危险区域的伴热带及附件必须有防爆合格证。

伴热的安装应严格按照设计和制造厂的有关规定施工。

伴热安装前应进行外观和绝缘检查。外观应无破损、扎孔和缺陷。用 500V 兆欧表测试其绝缘电阻值不应小于 $1M\Omega$ ，敷设后应复查伴热线与被伴热管或仪表设备之间的绝缘电阻值。

伴热带可平行敷设或缠绕在管道及设备上，平行安装时伴热线宜紧贴在管线下。

电伴热线有严格温度要求时，应安装专用的温控器。

多根电伴热线的分支应在分线盒内连接，在电伴热线接头处及电伴热线末端均应涂刷专用密封材料。

电伴热线宜每隔 100mm 固定一点，在管道弯曲、分支等处尚应增加固定点。

11 校验与调整

11.1 一般规定

由有资格证的人员进行仪表的校验与调整工作，校验用的标准仪器，要具备有效的鉴定合格证，其基本误差的绝对值不宜超过被校仪表基本误差的绝对值的 1/3。单体校验一般不少于 5 点，回路校验一般不少于 3 点，且应在量程范围内均匀选取。

仪表校验前要首先对以下内容进行检查：

A 设备的型号、规格、材质、测量范围等要符合设计要求。
B 外观无变形、损伤、油漆脱落，零件丢失等缺陷，外形主要尺寸要符合设计要求。

C 端子、固定件等必须完整，附件齐全，合格证及鉴定证书齐备。

仪表校验调整后要达到下列要求：

A 基本误差必须符合该仪表精度等级的允许误差。
B 变差、同步误差必须符合该仪表精度等级的允许误差。
C 仪表零位正确，偏差值不超过允许误差的 1/2。
D 指针在整个行程中要无振动、磨擦和跳动现象。
E 电位器和可调节螺丝等可调部件在调校后要留有可调整余地。
F 数字显示仪表数字显示无闪烁现象。

11.2 温度仪表

双金属、压力式温度计安装前应在量程范围内要作示值校验，且不少于 2 点。

热电偶、热电阻作导通和绝缘检查，并按不同分度号各抽 10%进行热电性能试验，对于装置中的主要检测点和有特殊要求的检测点进行 100%热电性能试验。

校验时，温度传感器的输出值，应在恒温槽或干井炉温度稳定的情况下读数。

用信号发生器给温度变送器沿增大和减小方向输入对应量程范围的 mV/ Ω 信号，输出电流应为 4、8、12、16、20mA，允许误差及变差必须符合厂家规定。

热电偶配套的温度仪表有断偶保护装置时，进行断偶保护试验。

11.3 压力仪表

对于测量范围小于 0.1Mpa 的压力表的校验，可用仪表空气作信号源，用相应测量范围的标准压力计进行校验；测量范围大于 0.1Mpa 的压力表用活塞式压力校验台或手操泵加压，用标准砝码、标准压力表或数字式压力计进行校验。压力表校验合格后加铅封，并贴上有校验日期的标签。

压力开关的校验时，用手操泵按增大和减小方向分别施加压力信号，首先在其测量范围内改变几次设定值，检查其动作值和变差是否符合精度要求，再按设计值进行设定，检查设定点精度是否符合要求。当压力达到设定值时，开关触点应改变状态，如不满足要求可通过调整螺钉来进行调整。

11.4 流量仪表

涡轮流量计，质量流量计、涡街流量计，超声波流量计、Verabar 流量计、旋转容积式流量计及就地转子流量计等流量仪表根据出厂合格证和校验合格证，在有效期内可不进行精度校验，但需通电或通气检查各部件工作是否正常，电远传转换器作模拟校验。若需校验，可委托计量部门或厂家进行校验。

转子流量计用手推动转子上升或下降，指示变化方向必须与转子运动方向一致。

孔板、文丘利管等节流装置进行规格尺寸检查并记录。

11.5 物位仪表

浮筒液位计根据被测介质的比重计算出用水校验时的测量范围，先调整好浮筒的零点和量程，然后依次加水至测量范围的0%、25%、50%、75%、100%，对应的输出为4、8、12、16、20mA，基本误差和变差应符合制造厂的规定。浮筒液面变送器用水校验时，输入液位高度按阿基米德定理和线性原理依介质密度进行换算。

电容式物位开关校验前，使用500V兆欧表检查电极，其绝缘电阻应大于10MΩ。调整门限电压，使物位开关处于翻转的临界状态。将探头插入物料后，状态指示灯亮，输出继电器应动作。

音叉式物位开关校验时，将音叉股向上放置，通电后用手指按压音叉端部强迫停振，输出继电器动作。

浮球液位开关，检查浮球外观是否完整、用手推动浮球上升下降检测常开（NO）、常闭（NC）触点变化是否正常，作好校验记录。

超声、雷达物位计校验时，根据设计参数和产品技术文件要求，用其面板或红外线编程器进行组态设置即可，被测液位的容器不用灌满和清空。

放射性物位计校验必须严格按操作手册要求进行，一般协同外商和厂商代表共同来完成。

11.6 气动仪表

气动仪表校验用气源应清洁干燥，露点至少比当地最低温度低10℃。气源压力应稳定，波动值的允许误差为额定值的±10%。气动单元组合仪表已基本不使用。

当校验没有外供仪表空气时，应由移动式无油空气压缩机、过滤器、干燥器、稳压器等设备组成仪表空气发生装置提供校验气源。压缩机应设置压力连锁保护系统，运行时过滤器应经常排污排水。

气动仪表校验前，应检查校验连接管路是否正确，并应通入0.1Mpa的空气，可用肥皂水检查管路的气密性，仪表及管路应无泄漏。

气动信号管路宜采用 $\phi 6 \times 1$ 或 $\phi 8 \times 1$ 的尼龙管或铜管，不得使用乳胶管。

气动变送单元应进行变送精度校验。沿增大及减小方向分别输入0、25%、50%、75%、100%的输入信号，输出应分别为20、40、60、80、100kPa，基本误差及变差应符合被校仪表的精度要求。

带输出压力表的变送器应同时进行输出压力表精度校验。

气动差压变送器的校验应符合下列规定：

- A 进行零点校验时，应切断输入信号侧定值器的气源或将变送器的正压室放空。
- B 具有迁移机构的差压变送器，视情况在正或负压室加压，宜先将迁移量调整至零，按一般差压变送器校验。然后加入迁移量，按迁移量的量程校验。
- C 经清洗脱脂后重新装配的差压变送器应进行静压误差检查，用无油活塞式压力计或手操泵向正和负压室同时分别输入额定工作压力的0、50%、100%，变送器的输出均应为20kPa，静压误差不得超过基本误差的1.5倍。
- D 单法兰、双法兰膜片差压变送器的校验过程中拧紧法兰时应避免膜片受压。

11.7 电动仪表

电动仪表（电动Ⅲ型单元组合仪表已基本不使用）检验，送电前应确认下列事项：

- A 电源电压符合仪表铭牌的要求。
- B 接线与仪表端子排列图一致，信号线、电源线正负极连接正确。

电动仪表的校验应符合下列规定：

- A 工作电压为直流24V，允许误差为±5%。

B 负载电阻为 $0\sim 600\ \Omega$ 。

C 输入输出信号为 $4\sim 20\text{mA}$ 或 $1\sim 5\text{V}$ 。

电动压力、压差、温度仪表均应进行精度校验，沿增大及减小方向施加测量范围的 0 、 25% 、 50% 、 75% 、 100% 的测量信号，相应的输出电流应分别为 4 、 8 、 12 、 16 、 20mA ，误差不应大于仪表精度的允许误差，变差应小于仪表基本误差的绝对值。

安全保持器（安全栅）检验应符合下列规定：

A 在 0 、 25% 、 50% 、 75% 、 100% 五点进行输入输出特性校验时，变差应小于基本误差的绝对值。

B 短路电流测试值不应大于 35mA 。

C 开路电压试验值不应大于 35V 。

开方积算器校验时应按下表所示数值施加输入信号 V_I ，进行下列项目测定：

A 当用数字式电压表逐点进行测量积算输出脉冲周期时，其输出值 V_O 应该符合表中的规定，同时其基本误差应小于 0.5% 。

B 用频率计数器测量积算输出脉冲周期，输出值应符合表中的规定，基本误差不应大于积算率的 0.5% 。

C 小信号切除，输入 1% 以下信号时，输出应为 0 。

开方积算器校验输出值

输 入		开方输出		积算输出周期
$V_I(\text{V})$	(%)	$V_O(\text{V})$	(%)	(ms)
1.000	0.00	1.000	0	∞
1.040	1.00	1.400	10	1000
1.250	6.25	2.000	25	400
2.000	25.00	3.000	50	200
3.250	56.25	4.000	75	133
5.000	100.00	5.000	100	100

比率设定器运算公式为 $V_O = k(V_I - V_p) + V_b$ ，其中 V_p 、 V_b 为偏置参数。电 III 型比率设定器校验应符合下列规定：

A 输入指示允许误差应为测量范围 0.5% 。

B 置“测量—校验”开关于“校验”位置，测量指针和设定指针均应指示 50% ，允许误差为 0.5% 。

C 进行偏差校验时，应使偏置为 0 。当输入为 0 时，转动设定轮，使比率在 $0.3\sim 3.0$ 之间变化，输出应为 $0\pm 0.5\%$ ，使比率设定刻度为 1 ，当输入为 100% 时，输出应为 $100\%\pm 1\%$ 。

D 当进行比率设定值校验时，应使偏置设定为 0 。其比率刻度值分别置于 1.0 、 1.5 、 2.0 ，其输入信号分别应该为 0 、 50% 、 100% ，输出值应按符合下表的规定值，基本误差不应大于输出范围的 0.5% 。

比率刻度校验输出值

输出 V_O \ 比率 k	1.0	1.5	2.0
输入 V_I			
1.000	1.000	1.000	1.000
3.000	3.000	4.000	5.000
5.000	5.000		

加法器的运算的校验应根据不同的运算关系，采用不同的输入值。电 III 型加法器应符合下列规定：

A 零点校验：根据运算公式，选择 V_1 、 V_2 、 V_3 、 V_4 的输入值，使输出值为

1V, 实际输出值应为 $1 \pm 0.004V$ 。

B 量程校验: 根据运算公式, 选择 $V1$ 、 $V2$ 、 $V3$ 、 $V4$ 的输入值, 使输出值为 $5V$, 实际输出值应为 $5 \pm 0.004V$ 。

C 公式范围内, 选择适当的 $V1$ 、 $V2$ 、 $V3$ 、 $V4$ 值, 校验三点, 基本误差不应大于 0.5% 。

指示调节器的校验以电III型为例应符合下列规定:

A 使输入信号分别为 1.00 、 2.00 、 3.00 、 4.00 、 $5.00V$, 测量指针应分别指示 0 、 25% 、 50% 、 75% 、 100% , 允许误差为 $\pm 0.5\%$ 。

B 设定指针的基本误差不应大于 $\pm 0.5\%$ 。

C 将“测量-校验”开关置于“校验”位置, 测量与设定指针均应指示 50% , 同步误差不应大于 0.5% 。

D 将切换开关置于软手动位置, 用软手动操作输出指针从刻度的始点到终点, 电流应在 $3 \sim 21mA$ 之间变化。

E 当软手动开关倾斜一半时, 输出 $4mA$ 变化到 $20mA$ 的全行程时间应为 $100s$, 当软手动开关全部倾斜时, 全行程时间应为 $6s$ 。

F 用硬手动操作输出, 使输出表指示在 0 、 50% 、 100% 时, 输出电流应分别为 4 、 12 、 $20mA$, 允许误差为 $\pm 3\%$ 。

G 控制点偏差宜采用闭环跟踪法试验。各开关分别置于积分最小, 微分断、反作用、“测量-校验”开关置于测量位置、“手动-自动”开关置于自动位置、比例度最小位置, 调整设定轮, 使设定值分别为 0 、 50% 、 100% , 测量针应跟踪设定针, 输出宜依次稳定在 10% 、 50% 、 90% , 测量针与设定针的同步允许误差为 $\pm 0.5\%$ 。

H 比例度 (P) 校验不应少于三点, 允许误差为 $\pm 20\%$ 。

I 积分时间 (I) 校验不应少于三点, 允许误差为 $\pm 50\%$ 。

J 微分时间 (D) 应符合微分输出曲线。

K 调节器校验完毕后, 应根据工艺控制要求预置 PID 参数, 实际应用参数由工艺操作员根据工艺调整。PID 参数可按下表预置。

PID 参数预置值

调节器类别	P	I	D
LC (液位控制)	$50\% \sim 100\%$	$1 \sim 5$	0
FC (流量控制)	$90\% \sim 120\%$	$1 \sim 5$	0
TC (温度控制)	$100\% \sim 200\%$	$5 \sim 10$	$5 \sim 20$
PC (压力控制)	$90\% \sim 100\%$	$1 \sim 5$	0

11.8 调节阀

调节阀、调节切断阀、滑阀、塞阀等是整个控制装置的执行部分, 其性能直接关系到产品的质量, 系统和设备的安全。其校验应符合下列规定:

外观检查

零部件齐全、装配关系正确、紧固件无松动, 整体洁净。

执行机构气室的密封性试验

将额定压力的气源输入薄膜气室中, 切断气源, 在 5 分钟内薄膜气室中的压力不得下降。

基本误差校验

将规定的输入信号平稳地按增大和减少输入薄膜气室 (或定位器), 测定各点所对应的行程值、计算基本误差。

变差校验

校验方法同上, 在同一输入信号所测得的正反行程的最大差值即为变差。

死区校验

在输入信号量程的 25%、50%、75%三点上进行校验，其方法为缓慢改变输入信号，直到观察出一个可察觉的行程变化，此点上正反两方向的输入信号差值即为死区。

调节阀泄漏量试验

试验介质用清洁水或清洁空气。

试验压力为 0.35MPa，当阀的允许压差小于 0.35MPa 时用规定的允许压差。

事故切断阀及有特殊要求的调节阀体必须进行气体泄漏量试验，试验介质用清洁空气，试验压力为 0.35MPa 或规定的压差，采用排气法，收集 1 分钟内调节阀的泄漏量，允许泄漏量必须符合下表中规定。

调节阀允许泄漏量

规 格	允 许 泄 漏 量	
	ml/min	每分钟气泡数
DN≤25	0.15	1
DN 40	0.30	2
DN 50	0.45	3
DN 65	0.60	4
DN 80	0.90	6
DN 100	1.70	11
DN 150	4.00	27
DN 200	6.75	45
DN 250	11.10	
DN 300	16.00	
DN350	21.60	
DN 400	28.40	

行程试验

调节阀进行行程试验，行程偏差符合设计规定；对带阀门定位器的调节阀，行程允许偏差为±1%；事故切断阀和设计明确规定全行程时间的调节阀，必须进行全行程时间试验，该时间符合设计规定（一般小于 10 秒）。

有手动与自动状态的调节阀进行手动、自动的切换试验。

电动调节阀开关位行程开关和过扭力矩保护调校设定时要严格控制，避免执行器电动机和阀体损坏。

智能调节阀，应先用编程器按设计参数和产品技术文件要求检查或组态设置，然后检验。

11.9 旋转机械状态监控仪表

旋转机械监视仪表校验时，应按设计资料核对仪表位号、型号、规格、被测表面材质。探头、监视仪表、前置放大器、延长电缆及其他零部件均应按位号成套提供。

涡流传感型轴位移、轴振动、轴转速探头均应作间隙/输出电压特性试验，试验宜用模拟法。试验时探头必须与同一位号的延长电缆、前置放大器成套进行试验。轴试验设备的探头试片材质宜与被测轴的表面材质一致。

探头特性试验应符合下列规定：

A 确定零间隙时，应将测微计对准刻度“0”，使探头端面与试片表面轻轻接触，不宜过紧。

B 调整螺旋测微计，缓慢增加间隙，每隔 100μm 记录一次电压值，直到数字电压表的读数基本不变为止。

C 将所得数据标在直角坐标图上，作出探头的间隙—电压特性曲线，曲线中间

应为一一直线段，其电压梯度应符合该仪表的技术要求。

轴位移监视仪连同探头、专用电缆、前置放大器等应按下列顺序作系统试验：

A 接通电源，调整探头与待测表面的间隙为特性曲线的中点，或调整间隙为出厂资料中的规定数值，使仪表指示零。

B 旋转测微计，使试片向前推进，推进的距离为仪表的最大刻度值，仪表应指示正向最大刻度，否则，调整“校准”电位计。然后旋转测微计，使仪表回零，并使试片向后移动到最大距离，仪表应指示负向最大刻度值。零位和范围反复调整，直到符合要求。

C 调整测微计，使试片表面与探头间距分别为全刻度的 0、±50%、±100%，记录仪表的读数，允许误差为 5%。

轴振动监视仪的校验可采用相应的轴试验设备中心倾斜转盘作为振动源，在校验前，应对振动源的振幅值进行标定。

轴振动监视仪校验应按下述步骤作系统试验：

A 安装好探头（在倾斜转盘中央上方的固定卡套中），使滑动臂对准“0”，调整探头和倾斜转盘的间隙，用塞尺检查间隙值为 1.0mm 或为探头特性曲线直线段的中点。

B 抽去塞尺，接好探头与前置放大器的连线，分别给仪表和转盘接通电源，仪表应指示零。

C 将转盘转速调整到额定转速。

D 调整探头卡套滑臂，增加转盘倾斜度，以提高转盘旋转时的振动值，使滑臂末端分别指示测量范围的 25%、50%、75%、100%，轴振动仪的指示应与此相对应，允许误差为±5%，否则应反复调整仪表的零位与范围，直到符合要求。

报警及紧急停车参数的整定应符合下列规定：

A 调整探头间隙，使仪表指示零，仪表面板上的对应指示灯应亮。

B 分别按下仪表正负限报警试验按钮，旋转报警调整电位器，使指针指示工艺要求的正负限报警值，松开按钮，指针应回零。

C 分别按下仪表正负向紧急停车试验按钮，旋转仪表的调整电位器，使指针指示工艺要求的正、负向停车值，松开按钮，指针应回零。

D 调整测微计，使探头间隙刚好超过报警值，报警灯应亮；再调整测微计，使探头与试片的间隙刚超过停车值，停车灯应亮。负方向按照同样的方法试验，报警值允许误差为 5%。

转速显示仪的校验可用低频信号发生器作为脉冲信号源，信号频率在 0~20000Hz 范围内可调，脉冲幅度应可调整。校验步骤如下：

A 根据机组提供的主、从齿轮的齿数，计算出对应的频率数，并调整好显示表的分频开关。

B 按图连接线路。

C 送电前，将低频信号发生器的信号频率置于“0”，信号电压置于“0”，检查接线与电源无误后，分别接通电源。

D 把低频信号发生器的频率调整到 100Hz，旋转电压旋钮，逐渐提高信号电压，直到转速显示仪开始显示频率数字。

E 调整频率旋钮，使频率分别为被测机械最大额定转速的 0、25%、50%、75%、100%、120%，转速表的显示数值允许误差为仪表量程的为 0.2%。

11.10 过程分析仪表

过程分析仪一般不进行单表校验。氧分析仪、色谱分析仪、红外分析仪、PH 分析仪及可燃气体检测器等分析仪表。在安装完毕后，按照说明书的要求，利用厂家提供的标准方案和标准样气（液），进行性能检查和精度校验。过程分析仪表的校验，一般

协同外商和厂商代表共同来完成。

11.11 智能仪表

智能仪表进行调试前，应作通电检查。备用电源、保护电池以及调节器液晶显示面板、发光二极管及其它状态指示信号灯应能正常工作。

启动自诊断测试功能，并检测通过。使用内置或外置编程器、通讯器、PC机，调用系统功能菜单，检查仪表的在线、离线测试功能、组态功能、存储功能。

检查制造厂设置的缺省参数值，将智能仪表原有信息存入编程器的寄存器中，对智能仪表按设计、工艺操作要求进行确认和修改。

智能仪表检查调试和组态设置一般要求如下：

智能控制仪表

- A 检查仪表的操作员级参数设置，记录设定后的参数值。
- B 检查仪表的班长级参数设置，记录设定后的参数值。
- C 检查仪表的组态级参数设置，记录设定后的参数值。
- D 根据控制方案检查所选定的功能模块能否满足控制要求。
- E 功能模块之间的软连接是否正确，记录功能模块连接图。
- F 利用编程器、通讯器或PC机所提供的软件功能，编制并输入相应的程序，然后调试程序并记录所输入的程序。
- G 运算功能模块的基本运算功能的参数设置、运算公式及运算结果应满足工艺条件的需要。对于温度、压力补偿、比率计算、线性化等，分别加入所需参数的模拟信号，检查计算结果与理论要求的误差。
- H 控制功能模块的功能，如PID控制、串级控制、选择控制等。若需校验，其校验方法与常规调节器相似。
- I 输入输出功能模块的功能。如数字滤波、自动 \leftrightarrow 手动无扰动切换、逻辑输出继电器等能否正常工作。
- J 通讯功能的参数设置。包括：波特率、奇偶校验位、优先级、通讯地址等。

智能变送器

- A 能改变输出状态的参数
 - 工程单位
 - 测量范围上、下限
 - 输出方式（线性、开方、小信号切除）
 - 阻尼时间常数
- B 不能改变输出状态的参数
 - 仪表型号
 - 量程范围代码
 - 仪表位号
 - 描述符
 - 信息描述
 - 校验日期登录
- C 通讯功能的参数设置，包括：波特率、奇偶校验位、优先级、通讯地址等。
- D 编程器选择测试方式画面，选择“零点”回路测试，查看输出是否为4mA。选择“满量程”回路测试，查看输出是否为20mA。检查合格后，应按常规变送器要求进行精度校验。

做好智能仪表检查调试和组态设置记录。进入智能仪表组态设置的密码要妥善保存。其它智能仪表的检查和组态设置和上述要求相似，只是因功能不同导致相应的检查调试和组态设置不同而已。

12 系统调试

12.1 一般规定

系统调试是指对整个装置控制方案的试验检测，应按照检测调节系统、报警系统、联锁保护系统、先进过程控制系统分别进行调试，达到具备试车的条件。每完成一个通道或回路（也可能是其一部分）调试后，用色笔在回路图上作出标记，并及时填写调试记录，由监理和甲方有关人员现场共同确认，并签字；对于重要联锁保护系统开关量仪表的整定，及重要调节回路的仪表单体调试，其整定调试完毕到仪表投用之间的时间不宜超过两个月。

系统调试时,应具备下列条件:

- A 有关仪表电缆，电气电缆均已安装、检查合格。
- B 已制订详细的调试计划、调试步骤和调试报告格式。
- C 有关电气专业的设备已具备接受和输出信号的条件。
- D 系统的现场检测仪表和执行机构已安装调试合格。
- E 有关工艺参数的整定值均已确认，离线测试完成。

对 DCS、PLC、FCS 机柜组件及配线进行检查时，应确认盘内所有的接线符合设计及制造厂有关图纸的要求。

根据电源接线图检查电源输入/输出回路至各系统设备电源控制开关的正确性，并检查电源极性是否正确，确认电源电压等级和波纹系数符合制造厂和设计要求。

PLC、DCS、FCS 及智能控制仪表相互之间的通信接口进行检查与组态测试时，应检查通信协议、通信速率、奇偶校验位、优先级、通讯地址等，并检查数据传输和数据数值是否正确。

系统送电前施工单位应会同监理代表、业主代表、设计代表和制造厂代表等有关人员，对系统的安装、电源、接地、系统电缆及配线进行检查确认。

系统中的信号输入元件（如压力、温度、液位、流量、成分）和各种由组态确定的虚拟仪表报警点应根据设计提供的设定值进行参数整定，没有设计认可，设定值不得随意改变。

成套设备的随机仪表、分析仪表、内部逻辑等协同外商和厂商代表共同调试。

PLC、DCS、FCS 系统上电检查正常，应用软件开始调试前及调试后，必须立即作软件备份。

12.2 系统精度

在系统的输入信号端输入模拟信号，在操作站的 CRT 显示屏上检查过程测量值 (PV)，计算系统精度，其精度值不应超过系统内各单元仪表精度平方和的平方根值：

$$\Delta B = \sqrt{(\Delta A_1)^2 + (\Delta A_2)^2 + \dots + (\Delta A_n)^2}$$

式中： ΔB —检测系统的精度

$\Delta A_1 \dots \Delta A_n$ —系统内各单元仪表的精度

系统校验点宜为五点，分别为设计量程的 0%、25%、50%、75%、100%，最少不得少于三点，宜分别为设计量程的 0%、50%、100%。

12.3 系统离线测试

1 电缆接线检查

查看电缆绝缘电阻测试记录，必要时抽查实测。

核对所有电源线、信号线、通讯总线等连接无误，且标志清晰，接线端子压紧无

松动。

2 硬件外观检查

控制站、操作站、工程师站等机柜内卡件，适配器及接口的型号、位置正确无误。各卡件上的预设旋鈕位置正确。

各电源单元及卡件上电源开关均处于 OFF 位置，各保险丝规格符合设计要求。

3 接地电阻测试

从控制室接地板上拆开各接地母线，用接地电阻测试仪分别测量其接地电阻，须符合设计要求。若不符合要求，增加接地极根数，直至符合设计要求为止。

4 UPS 电源测试。

检查电源盘内各电源开关均处于 OFF 位置。

由电气人员将 UPS 投运，测量送至仪表电源盘主电源开关前的电压应为 $220\text{VAC}\pm 10\%$ ， $50\text{HZ}\pm 2\%$ 。

5 通电试验

逐个将各机柜、操作台进行以下通电试验：

全部机柜电源开关置 OFF 位，将电源盘内去机柜电源开关置于 ON 位置，用数字电压表检查机柜主电源开关前电压，电压为 $220\pm 5\%\text{VAC}$ （A 级供电）或 $220\pm 5\%\text{VAC}$ （B 级供电）。

确认机柜内各卡件（除电源卡件外）已拔离卡座，然后依次将机柜主电源开关、电源单元、电源卡件上电源开关置于 ON 位置，用数字电压表测量各直流电压输出，其值应符合厂商说明书要求，如超过偏差范围，则进行调整。

进行双电源手动切换试验。

将各嵌套风扇、信号变换器风扇、硬盘驱动器风扇、柜顶或门风扇等电源接通，检查各风扇运转是否正常。

检查电源报警电路是否起作用。

断电后，安装 CPU 卡、存储卡、通讯卡、I/O 卡及辅助卡等，重新供电后，各卡件上发光二极管指示正确无误。

检查机柜内部温度高报警是否起作用。

6 软件下装

系统组态完成且系统受电后，从工程师站下装系统软件、应用软件和数据库，启动局域网上的全部节点。

7 系统组态功能检查

软件下装后，一般需通过自检和类似 Microsoft Windows 系统的操作，确认系统操作员站操作功能、通信功能、操作流程画面/分组画面显示功能、组显示、趋势显示、细目显示、报表打印功能、控制调节功能、报警/确认打印功能状态正常。

检查备用电池保护功能，分、合 CPU 卡电源开关，确认内存中程序未丢失，取出备用电池，5 分钟后，程序和不应丢失。

检查确认由运算模块组成的 PV 值运算回路（如流量补偿、累积、平均值、线性化处理等校验工作），这一检验工作一般与先进过程控制系统（ACS）回路检查同时进行。

8 通道测试

系统的 I/O 通道测试在系统受电完毕后进行，I/O 检查分为模拟量输入、数字量输入，模拟量输出、数字量输出回路测试。

对模拟量输入回路，应按 I/O 地址分配表、回路图、数据表等，在相应端子排上用精密信号发生器加入相应的模拟量信号，根据编程组态设定的量程来测试模拟量输入回路的精度是否符合工艺操作和设计的要求，应按 CRT 上的显示值(同时也可用编程器检查系统所采集到的数值)来检查系统的精度，同时在操作站的 CRT 显示屏确认报警声响及报警总貌画面上报警信息显示，在趋势记录仪和 CRT 上确认趋势记录。

对模拟量输出回路，可根据编程组态设定的运算控制方式（PID、逻辑等），满足输出模块的条件，在操作站手动输出，测试模拟量输出回路相应端子的信号，检查系统的精度。控制回路的控制点、同步精度测试若需要可参照电动指示调节器实行。

对于数字量输入输出回路，根据 I/O 地址表、真值表、梯形图、程序清单等，通过调试软件对逻辑系统进行初始化后，在相应端子上短接（若需要也可编程、组态设定等方法调整模拟输入输出），检查数字量输入输出 DI 卡上相应地址发光二极管的变化，同时在操作站的 CRT 显示屏（也可用编程器）确认其逻辑状态变化。

9 冗余试验

中央处理器（CPU）冗余的系统，调试中应检查主 CPU 和备用 CPU 的切换。切断主 CPU 电源或按备用 CPU 请求“运行”开关，备用 CPU 自动切换成为主 CPU，系统应正常。

检查冗余电源互备性能，分别切换各电源箱主回路开关，确认主、副 CPU 运行正常。I/O 卡件状态指示灯保持不变。

冗余 I/O 卡试验，分别插拨互为冗余的输入输出卡，检查输出状态指示表及输出逻辑保持不变。

通讯冗余试验时，应分别插拨互为冗余的通讯卡或除去冗余通道电缆，系统运行应正常。硬件复位后，相应卡件的状态指示灯应自动恢复正常。

系统离线测试完成后，进行系统软件、应用软件和数据库备份。

12.4 系统在线测试

系统离线测试完成，现场仪表已完成单体调试且安装基本结束，气、电、风均已到位，现场不受工艺等外部条件的干扰，开始进行系统在线测试。系统在线测试是自控工程的重要环节，是对全装置自控工程在中交前的又一次质量把关和检验。

系统在线测试中，所有检测单元都在其检测的工艺参数取样处加模拟信号，DI 类信号在考虑阻抗匹配的情况下，采取开路与短接的方法加以模拟。所有控制回路的输出都反馈到控制阀上，即：系统在线测试覆盖了整个回路的始终。

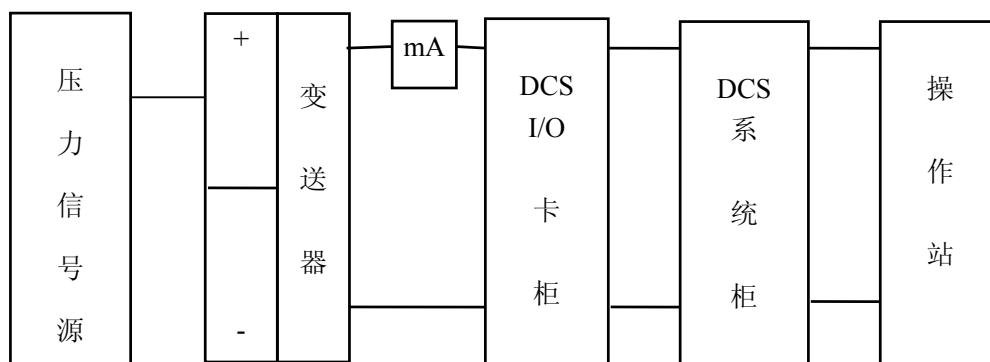
系统在线测试应使系统测量的精度及输出信号的精度在允许的范围内，并对有报警要求的点检查该点报警值的准确性。

检测调节控制回路：除完成输入、输出的测试内容，要进一步核对信号的量程、工程单位、报警上下限等，要检查设定值、比例积分微分时间（PID）预设定、输出正反作用及调节阀气开气闭是否正确。

连锁回路：模拟其全部参与连锁的工艺条件，并检查其全部连锁输出，检查动作的正确与可靠性。

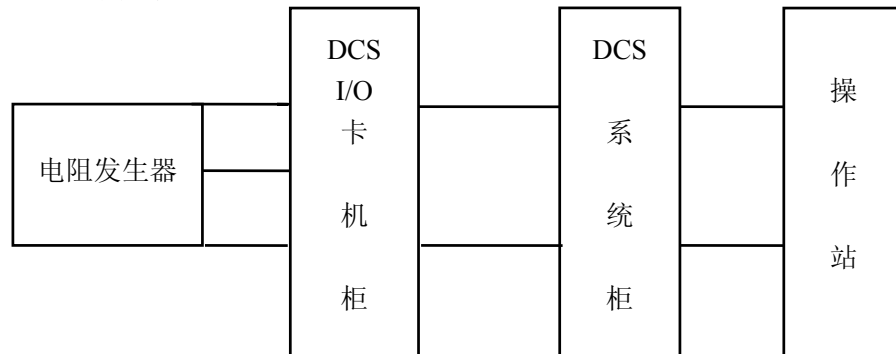
复杂的调节回路：进行多输入或多输出和可能的数学模型系统模拟测试，验证复杂的调节回路输出是否正确。

1 变送器的测试



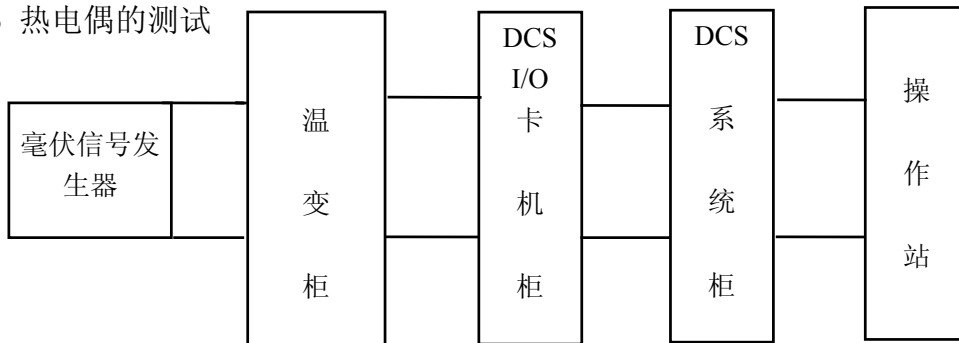
先调试好变送器的零点和量程，但零值误差不得超过基本误差的 1/2，以缓慢的速度调整压力信号源，依次给出变送器测量范围的 0%、50%、100%、100%、50%、0%，观察操作站 CRT 显示对应各点的输出值，计算各点的系统误差和变差，其最大值应在允许范围之内。

2 热电阻的测试



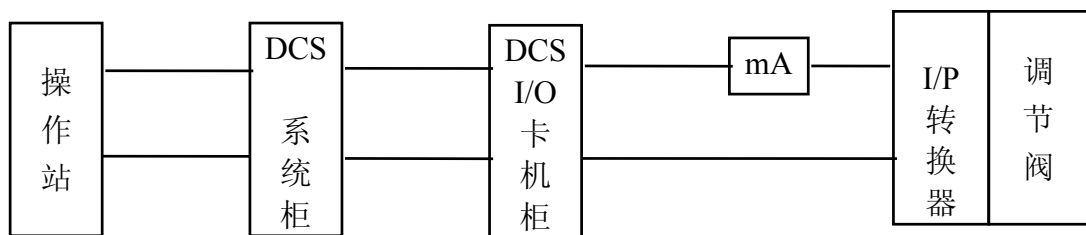
在检测点，调整电阻发生器的电阻，依次给出热电阻测量范围的 0%、50%、100%、100%、50%、0%时所对应的电阻值，观察操作站 CRT 显示对应各点的输出值，计算各点的系统误差和变差，其最大值应在允许范围之内。

3 热电偶的测试



在检测点调整毫伏信号发生器的毫伏值，依次给出量程范围的 0%、50%、100%、100%、50%、0%时所对应的温度值，观察操作站 CRT 显示对应各点的输出值，计算各点的系统误差和变差，最大值应在允许范围之内。注意冷端温度补偿可能产生的误差。

4 调节阀的校验



由操作站输出模拟信号，依次给出 0%、50%、100%、100%、50%、0%检查调节阀动作情况，观察调节阀对应各点的输出值，计算各点的系统误差和变差，其最大值应在允许范围之内。

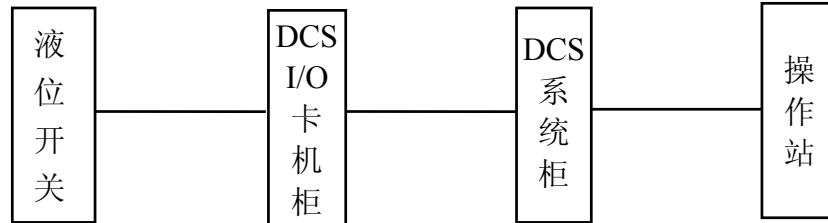
5 压力开关的测试



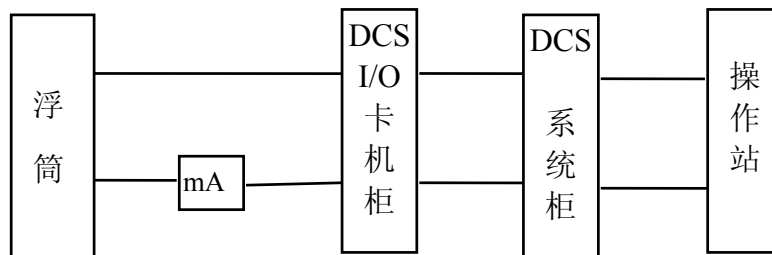
压力高报（低报）时，以缓慢的速度调整压力信号源，压力增至（减至）报警设定点时，观察操作站 CRT 显示，压力开关接点的动作情况，再缓慢减小（增加）压力，检查压力开关的复位和回差。

6 液位开关的测试

其报警设定点因无法改变，只需人为短接、断开其接点，观察操作台上的状态变化情况。



7 浮筒的测试



根据被测介质的比重计算出用水校验时的测量范围，根据计算出的测量范围，先调整好浮筒的零点和量程，但零点误差不得超过基本误差的 1/2，再依次加水至测量范围的 0%、25%、50%、75%、100%、100%、75%、50%、25%、0%，测量与输入信号相对应的各点的输出值，观察操作站 CRT 显示对应各点的输出值，计算各点的系统误差和变差，其最大值应在允许范围之内。

8 联锁报警保护系统测试

首先,检查所有联锁报警保护回路信号触点（分常开常闭二类）,并对联锁报警保护逻辑系统进行初始化。

对整个逻辑回路所包含的现场输入点，采用模拟现场条件的办法，每次只选择一个能直接影响控制输出接点状态的输入点进行测试，而短接或断开回路中其他相关现场输入接点，分别使测试点短接或断开，来检验输出接点的动作是否满足设计的联锁功能。然后对能影响这一输出接点状态的所有输入点逐一进行检查，以检验整个逻辑回路要求的机械设备和阀门开停(启闭)动作信号、声光信号、动作时间等是否符合设计要求，试验完毕恢复接线。

机组连锁试验应切断电动机的供电线路，采用接触器的吸合与释放模拟机组的启动、运行、停车。

12.5 在线测试注意事项

系统在线测试时应一次完成每个回路及联锁分支，避免遗漏和人力物力的浪费，确保调试进度和质量。

系统在线测试时，各回路逐点开通，调试合格后现场挂牌，避免因疏忽造成现场短路而烧毁保险或设备。

调试及运行时应连续供电。更换组件或卡件时，严格按照厂商操作程序进行。

组态的任何增、删及修改，需作详细记录。

为确保系统正常工作，任何无关的磁盘不能带入控制室。

建立门卫安全保卫制度，专人值班，凭证出入。

控制室内严禁吸烟，配备消防器材，预防火灾发生。
防鼠。

12.6 大型机组机电联调

系统在线测试完毕，根据工艺单机运行计划配合机电联调，大机组试车，配备专职人员，配合工艺试车，确保安全质量。机电联调是装置开车前，设计、施工、监理、建设单位对大型机组及外围设备安装的全面检验与确认，要组织电气、机械及工艺等专业人员共同确认。

组织联合检查。电气专业检查合格后，二次回路、动力投电，机械及工艺专业检查合格，自控在线测试工作完成且检查合格后，控制系统投电，机电设备达到准运行条件。通过调试软件初始化联锁保护系统后进行机电联调，确认动作正确、可靠，机电设备运转各参数符合设计或产品技术要求。

由工艺生产操作人员现场配合，待各控制回路投入且正常运行后，按 I/O 地址表、真值表、梯形图、程序清单等在现场进行故障模拟，检查现场机械设备和阀门开停(启闭)动作、动作时间、控制室内显示的状态和声光信号等是否满足设计工艺要求。

大型机组起动、停车机电联调内容如下：

- A 机组润滑、密封油控制系统。
- B 机组轴系统。
- C 流量、压力调节和防喘振控制系统。
- D 机组外围设备控制系统。
- E 联锁保护系统。

大型机组的启动、停车机电联调应满足如下要求：

- A 所有启动条件均满足时，机器方可启动。
- B 在一条件不满足时，机器不应启动。
- C 在运行中，某一条件超越停车设定值时，应立即停车。
- D 所有停车条件应逐一测试检查，并满足设计和制造商要求。

启动、运行、停车程序运行时，对每一程序过程进行测试检查。执行元件的动作状态、程序时间、音响、灯光均应符合设计要求，动作必须准确可靠。

13 交工验收

自控系统经 48h 连续正常运行后，即为负荷运行合格，施工单位应向业主交工。交工时，由监理单位组织验收，经监理、业主、施工、设计单位共同验收签字后，即为正式交工。

自控系统的负荷试运行过程一般应由生产单位负责组织，施工单位配合保运。

13.1 中间交工

工程中间交工应符合下列要求：

自控工程按详细工程设计资料 and 标准规范的要求安装调试完毕，自控系统经无负荷运行合格，方可中间交工。

自控工程中的取源部件、仪表管路、仪表供电、供气和供液系统，仪表所属电气设备及其附件的安装，经自检合格后，由施工和生产单位共同按系统进行检查，并应符合设计文件、设备说明书及有关规范要求。

按系统进行无负荷试运行时，由安装单位负责，生产单位配合。无负荷试运行合格的仪表系统，经施工、生产单位双方检查签字后，不得再随意动用，交生产单位做负荷试运行准备工作。

因特殊原因而未完成的仪表项目及无条件试运行的分析器、调节仪器，应根据具体条件和生产情况，由生产和施工单位双方确认，共同协商处理并办好移交手续。

13.2 交工技术文件

在工程施工的过程中，要随时做好交工技术文件和工程质量验评资料的准备工作。施工单位交工时，应向建设单位提供交工技术文件资料，其主要内容如下：

交工技术文件说明
 交工验收证书
 隐蔽工程记录
 工程中间交工记录
 合格焊工登记表
 设计变更一览表
 未完工程项目明细表
 各种仪表调试记录
 报警、联锁系统试验记录
 仪表系统调试记录
 仪表盘、箱、操作台安装记录
 仪表保护箱、保温箱安装记录
 仪表管路试压、脱脂、酸洗记录
 节流装置安装检查记录
 电缆（线）绝缘电阻测试记录
 接地极、接地电阻安装测试记录
 智能仪表、PLC、DCS、FCS 组态记录工作单
 无损检测报告
 工程签证
 工程竣工图
 仪表设备合格证
 工程交工时，一般要求工程质量验评资料随交工技术文件资料一起提交。

14 机具和校验设备

机具和校验设备型号规格很多，施工中要尽量考虑采用适用的、先进的机具和校验设备。

14.1 常用工具

钢丝钳 6" ~8"	剪刀 1#
尖嘴钳 125、140、160mm	铁皮剪刀 2#
圆嘴钳 125、140、160mm	玻璃刀
偏口钳 125、140、160mm	管刀 $\phi 6 \sim \phi 12$
弯嘴钳 5"	“一”口螺丝刀 1 $\frac{1}{2}$ " ~6"
剥线钳 140、180mm	“十”口螺丝刀 1 $\frac{21}{2}$ " ~6"
压线钳 0.5~1.5mm ²	钟表起子 1~6#
手虎钳 1"	钟表镊子
台虎钳 4"	活扳手 4" ~18"
管子台虎钳 1#	单头扳手 18 件
管钳 150~450mm	双头扳手 6、8、10 件
电工刀 88、112mm	套筒扳手 6~17 件

梅花扳手 6、8 件	千分尺 0~(25±0.01) mm
内六角扳手 13 件	塞尺
什锦组锉 12 支	内、外卡钳
板 锉 6" 中齿	钳工划规 中号
扁 锉 6" 细齿	皮带冲 $\phi 1.5 \sim \phi 32$
方 锉 6" 中齿	样 冲
三角锉 6" 中齿	锯 子
圆 锉 6" 中齿	钳工手锤 0.5~1kg
半圆锉 6" 中齿	铜 锤 0.5kg
板 牙 M1~6	铜制活扳手 8"、12"
板牙扳手 2~6mm	弯管器 $\phi 6 \sim \phi 12$ 、1/2" ~ 3/4"
丝 锥 M1~6	电烙铁 20w、75w、100w
丝锥扳手 2~6mm	试电笔 100~550v
套丝机配套用板牙	喷灯 / 电吹风
螺纹规 公制、英制	钢字头冲子 英文、数字
钢板尺 150~1000mm	磁力线坠
钢卷尺 2m、5m	电焊把头
布卷尺 30、50、100m	气焊工具 氧气、乙炔瓶 / 减压器、 割把、焊把
角 尺	焊条筒
水平尺	电源箱 带有漏电保护器、总开关、 分开关
水准仪	钻头 配套于各种电钻的
游标卡尺 150~300mm	
百分表	

14.2 常用机具

电焊机
电动套丝机 12.5~100mm
电动 / 液动弯管机 90° / 120°
液压开孔器 $\phi 20 \sim \phi 60$ 、 $\delta = 2 \sim 3\text{mm}$
手压泵 满足现场试压要求即可
高压气瓶 15MPa
无齿锯 $\phi 400$
角向磨光机 $\phi 100$ 、 $\phi 125$
台 钻 视现场情况定
手枪钻 $\phi 6 \sim \phi 13$
冲击钻 $\phi 6 \sim \phi 16$
电 锤 $\phi 6 \sim \phi 28$
磁力钻 $\phi 30$
手拉葫芦 0.5~2t
打号机 (主要用于电缆线芯编号)
对讲机 3~5 Km
兆欧表 100V、250v、500v
接地电阻测试仪
曲线锯

电缆跟踪仪 T510 100、300、1000m
 便携式红外线测温仪 -30-500℃、200-760℃
 袖珍钳形表 0~5~50~250A
 升降梯 7m

14.3 常用校验设备

Fluke 过程综合校验仪 F-744
 Fluke 万用表 F112
 Fluke 过程校验仪 F-718
 Fluke 测试泵 700LTP 低压
 700PTP 中压
 700HTP 高压
 Fluke 压力模块 700 系列 满足现场校验要求, 700 系列包括: 差压、表压、
 绝压、高压模块
 Fluke 过程校验仪 F-705 回路
 F-712 热阻
 F-714 热偶
 罗斯蒙特智能 Hart 协议通讯器 275、375 型
 智能手操器 / 编程器 随智能仪表配套
 Fluke 热阻 / 热偶校验仪 (带 HYDRA 干井炉)
 精密铂铑-铂热电偶 300~11000C±10C
 II 级标准玻璃温度计 -32~3020C, 分度值: 0.10C 7 支组
 本特利电涡流探头校准仪 TK3-2
 压力校验台 0.05 级, 1~6Mpa、0~60Mpa
 标准压力表
 标准真空泵 0.35 级 0~1000kPa (绝压)
 小型空压机 0.6Mpa (配过滤减压阀)
 气动定值器 0~0.1mPa, 0.5 级
 计数器
 示波器 垂直频响: 0~1MHz
 灵敏度: 不大于 50mV/cm
 水平响应: 2~500kHz
 灵敏度: 不大于 150mV/cm
 余辉: 中
 低频信号发生器 0~20V, 1~200kHz
 直流电源 5A 24DCV
 交流稳压器 1000W
 秒表

15 一般故障处理

仪表故障的分析处理, 在自控工程建造和保运过程中是不可避免的, 也是经常遇到的工作, 是维持正常生产施工秩序的重要保证之一。故障的分析处理水平是队伍和个人水平的重要标志之一。

在进行故障处理前要和业主、监理进行沟通, 得到认可。处理过程宜和业主、

监理共同进行。故障元件、材料应妥善保存并做好记录。

15.1 仪表故障的一般规律

1 气动仪表

对气动仪表而言，大部分故障出在漏、堵、卡三个方面。

漏

因为气动仪表的信号源来自压缩空气，所以任何一部泄漏都会造成仪表的偏差和失灵。易漏的部分有仪表接头、橡皮软管、密封圈、垫，特别是一些尼龙件、橡胶件，容易老化造成泄漏。通过分段憋压的方法很容易找到泄漏点。

堵

因为仪表用空气中仍含有一定水汽、灰尘和油性杂质，会使一些节流元件堵塞或半堵塞。如放大器节流孔、喷嘴等处，只要沾上一点灰尘，就会程度不同地引起输出信号改变，特别是潮湿天气，空气中湿度大，更易发生。

卡

因为气动信号驱动力矩小，只要某一部位摩擦力增大，都会造成传动机构不佳或反应迟钝。常见部位有连杆、指针和其他机械传动部件。

2 电动仪表

对电动仪表而言，大部分故障出在接触不良、短路、断路、松脱等几个方面。

接触不良

仪表插件板、线路端子的表面氧化、松动及导线的似断非断，均是造成接触不良的重要原因。

断路

仪表引线一般较细，在拉机芯或操作中稍有相碰，都可能造成断路，保险丝烧毁，电气元件内部断路也是一方面。

短路

导线的裸露部分相碰，晶体管，电容击穿是短路的常见现象。

松脱

主要是机械部分，如滑线盘、指针、螺钉等。

3 DCS、PLC、FCS 系统

大部分故障出现在 I/O 卡、安全栅、通讯、CRT、雷电或静电干扰、UPS、接地、环境、组态等九个方面。

I/O 卡

取自装置现场的开关信号，因静电积累、干扰电压造成的叠加电位较高和长期处于大电流导通状态（如控制电磁阀），经常会造成 I/O 卡无触点接点开关管和功放管的损坏。

电焊机地线搭接或夹接在信号保护管上，信号线在电焊电流的作用下产生感应电压，在感应电压冲击和接地电压双重作用下致使 I/O 卡损坏。

安全栅

一些齐纳式安装栅具有过流速断或过流夹断的功能，当工艺波动时会使输出瞬间升高，进入安全栅过流区，从而引发安全栅输出电压截止，对于联锁回路，如机组的防喘振控制，就会引发停车联锁。

CRT

因内存数据意外丢失（自动加载一般需要 2~3 分钟）或显卡、CPU 卡故障时，操作站 CRT 会出现屏幕死锁或黑屏。在设计时，人机接口的最低配置应在

两套以上。避免重大事故发生。

当工艺波动频率较高致使仪表输出信号波动频率较高（当然也可能是仪表自身输出信号波动的频率较高）时，会造成分布式信号采集系统信号采集的峰—谷值差异，各操作站 CRT 上显示的同一位号检测点的实时数据出现不同，但数据趋势曲线是一致的。

通讯

如果通讯有故障，监控画面的通讯故障诊断信息窗口会显示相应的故障诊断信息。通讯故障一般起因于可能的地址、波特率设置不匹配、通讯电缆接头接触不良、传输距离过长（如标准 RS232C 传输距离小于 15m，RS422、RS485 传输距离小于 1.2km）、线路破损、电磁干扰等。注意避免由于通讯线缆重量垂挂引起的接触不良。

雷电或静电干扰

雷电或静电干扰往往会导致系统设备损坏，联锁停车事故。仪表电缆槽、仪表箱最好选用金属且密封式结构，接地系统必须符合设计和厂家要求。

UPS

UPS 后备电池组中个别电池内阻增大，以致 UPS 逆变转换失败、造成系统停电。

因 UPS 供电的现场设备短路，分支空气开关保护拒动，致使 UPS 输出总空气开关过流跳闸。

UPS 输出总母线因长期过热相间绝缘下降出现短路，致使 UPS 输出空气开关跳闸。

UPS 输入空气开关接触不良，UPS 自动转入电池逆变供电，致使后备电池电力耗尽，出现断电。

接地

当接地不良时，可能会出现多个工艺参数不规则波动现象，其频率基本是一致的，且有不断变坏的趋势。

环境

环境温度通常应控制在 0~40℃，环境温度变化率要限制在 10℃/h 之内（可能导致电器元件特性发生变化），湿度一般应控制在 40%~70%之间，不得结露，粉尘无明确指标，但也要予以控制（可能会造成端子爬电）。否则，可能会导致系统死机或误动作。

组态

通常发生在单位选择、参数设定、数据库变量定义、权限设置等方面，在系统调试时这些问题一般都会被发现并处理。若在使用中出现类似问题，可通过操作员站或工程师站进行在线调整处理。

15.2 故障分析判断方法

仪表故障的分析判断大致可分为如下十一种方法。

1 调查法

通过对故障现象和它产生发展过程的了解，分析判断故障的原因的方法。一般包括如下几个方面。

故障发生前的情况和有无何征兆。

故障发生时有无打火、冒烟、异常气味等现象。

供电电压和供气气压情况。

过热、雷电、潮湿、碰撞等外界情况。

有无受到外界强电场、磁场的干扰。

是否有使用不当或误操作情况。

在正常使用中的故障，还是在修理更换元器件后出现的故障。

以前发生过故障没有，发生过了，它是什么故障情况。

采用调查法分析故障，要深入细致，对现场操作人员反映的情况要核实。

2 直观检测法

通过人的眼、耳、鼻、手去观察故障的方法，直观检查分为外观检查和开机检查两种。

外观检查

仪器仪表外壳及表盘玻璃是否完好，指针数量是否变形，指针是否与刻度盘相碰，装置紧固件是否牢固，各开关旋钮的位置是否正确，活动部分是否灵活，调整部位有无明显变动。

连线有无断开，各接插件是否正常连接，电路板插座上的簧片、排针是否弹力不足接触不良，对于采用组合装配的仪表，特别要注意各单元板连接螺丝是否拧紧。

各继电器、接触器的接点是否有错位、卡住、氧化、烧焦粘死等现象。

电源保险丝是否熔断，电子元件是否损坏，如晶体管外壳涂漆是否变色、断极，电阻是否烧焦，线圈是否断丝，电容器外壳是否膨胀、漏液、爆裂。

印刷板敷铜条是否断裂、搭锡、短路，各元件焊点是否良好，有无虚焊、漏焊、脱焊现象。

各零部件排列和布线是否歪斜、错位、脱落、相碰。

开机检查

机内指示灯、卡件状态指示灯是否正常。

机内有/无高压打火、放电、冒烟现象。

有无振动并发出噼啪声、摩擦声、撞击声。

变压器、电机、功放管等易发热元件及电阻、集成块温升是否正常，有无烫手现象。

机内有无特殊气味，如绝缘层烧坏的焦糊味，示波管高压打火使空气电离所产生的臭氧气味。

机械部件是否运转正常，有无啮合不好，卡死、打滑、传动失灵的现象。在检查元件和连线时只能轻轻摇拔，以防拗断元件、连线和印刷线路板铜箔。

开机检查通电时手不要离开电源开关，如发现异常要及时断电。带电设备要特别注意人身安全。在电路中大容量滤波电容有充电电荷，要防止触电。

3 断路法

将怀疑的部份与整机或单元电路断开，看故障可否消失，从而断定故障所在的地方的方法。

断路法对单元化、组合化、插件化的仪表故障检查尤为方便，对一些电流过大的短路性故障也很有效。但对整体电路是大环路的闭合系统回路或直接耦合式电路不宜采用。

4 短路法

将所怀疑发生故障的某级电路或元器件暂时短接，观察故障状态有无变化来判断故障部位的方法。

短路法用于检查多级电路时，短路某一级，故障消失或明显减小，可判断故

障在短路点之前，故障无变化则在短路点之后，如某级输出电位不正常，将该级的输入端短路，如此时输出端电位正常，则该级电路正常。将该晶体管基极和发射机短路，观察集电极电压变化情况，判断管子有无放大作用。在 TTL 集成电路中，用短路法判断门电路，触发器是否正常工作。将可控硅控制极和阴极短路判断可控硅是否失效。将某些仪表（如电子电位差计）输入短路，看仪表指针变化来判断仪表是否受到干扰等。

5 替换法

通过更换某些元件或线路板以确定故障部位的一种方法。

用规格相同，性能良好的元器件或卡件替换所怀疑的元器件或卡件，然后通电试验，故障是否消失，即可确定所怀疑的元器件或卡件是否为故障所在。在替换前，要先认真分析，不要盲目替换，如故障是由短路或热损造成的，则替换上好的元器件或卡件也可能再被损坏。电路有关参数不符合要求，替换后仍然存在故障隐患。元器件和卡件的替换，按仪表设备技术规定进行。如 DCS、PLC、FCS 的卡件可以热拔插，而电子元器件则不行。严禁通电情况下边焊接边试验。

6 分部法

查找故障的过程中，将电路和部件分为几个部分，检查判断故障原因的方法。

一般检测控制仪表电路可分为外部回路（由仪表的接线端往外到检测元件、控制执行机构为止的全部电路），电源回路（由交流电源到电源变压器的全部电路），内部回路（除外部回路，电源回路外的全部电路）等三大部分。分部检查根据划分出来的各个部分，采取从外到内，从大到小。由表及里的方法检查各部分，逐步缩小怀疑范围，找到故障部位。

7 人体干扰法

我们处在杂乱的电磁场中，会感应出微弱的低频电动势（几十至几百微伏）。当接触到仪器仪表的某些电路时，电路就会发生反映，就可以简单的判断某些故障部位。但必须对该仪器仪表的功能原理十分了解，必须注意安全，以免触电。此方法一般不宜采用。

8 电压法

电压法就是用万用表（或其他电压表）适当量程测量怀疑部分，分测交流电压和直流电压两种。测交流电压主要是交流供电电压，如交流 220V，交流稳压器输出电压，变压器线圈电压及振荡电压等，测直流电压指直流供电电压，半导体元器件各级工作电压，集成块各引出脚对地电压（TTL 电平）等。

9 电流法

电流法分直接测量和间接测量两种。直接测量是将电路断开后串入电流表，测出电流值与仪器仪表正常工作状态时的数据进行对比，从而判断故障。间接测量不用断开电路，测出电阻上的电压降，根据电阻值的大小计算出近似的电流值，进行故障判断。电流法与电压法相互配合，能检查判断出电路中绝大部分故障。

10 电阻法

电阻检查法即在不通电的情况下，用万用表电阻档检查仪器仪表整机电路和部分电路的输入输出电阻是否正常，各电阻元件是否开路、短路、阻值有无变化，电容器是否击穿或漏电。电感应圈、变压器有无断线、短路，半导体器件正反向电阻，各集成块引出脚电阻等。

应用电阻法检查故障时，应注意如下几点：

A 电路中有不少非线性元件，注意万用表笔的红、黑极性的使用。

B 避免使用 $\Omega \times 1$ 档（电流较大）和 $n \times 10$ 档（电压较高）直接测量普通小

电流和耐压低的晶体管、集成电路块，以免造成损坏。

C 被测元件在电路中要牵连许多其他元件，因此，对于软击穿、漏电或电阻阻值比较大的场合，要把被测元件脱开后再进行检查。对于只有两个引出脚的元件，脱开一个脚即可，而对于有三个引出脚的如三级管等，则应脱开二根引出线。

11 工艺法

当仪器仪表本身并无故障但工作仍不正常，此时应对控制回路结合工艺流程对工艺工况、测量引线进行检查。根据工艺介质（液、气、蒸汽）检查测量引线管低点排凝和高点放空是否有效，测量引线管路是否夹液或夹气，工艺工况是否正常，进行故障判断处理。

15.3 常见故障判断处理

1 温度系统

指示值突然跑最大或最小

一般为仪表原因，因为温度测量滞后较大，不可能“突变”。其中以引线断路或短路，放大器失灵居多。

指示快速振荡

一般为仪表原因。如 PID 参数整定不当。

记录线笔直

应怀疑是否是假指示值。可拨动测量拉线盘，看上下行是否有力矩，如有力矩，则属正常。如无力矩或力矩太小，则属仪表原因。

如工艺人员怀疑温度值有误差，首先，排除热电偶和补偿导线极性接反，接线盒进水、接线柱之间短路、端子锈蚀、接线端子松动，保护套管内进工艺介质、陶瓷绝缘损坏、冷端温度变化、补偿导线绝缘老化、热电偶和补偿导线不配套等因素。了解工艺状况，物料温度是否均匀、液面过低测温元件是否暴露在气相、测温元件保护套管外是否结垢严重等。可先将调节器切手动，对照有关示值协助判断，必要时可用标准温度计在现场同一检测位置测试核对。

2 压力系统

压力指示不正常，首先了解介质是气体、液体还是蒸气，了解简单工艺流程。

压力指示值突然降到零

指示值突然降到零，为仪表原因。这种故障现象发生在引压管到二次表或虚拟仪表之间时，调节阀开度突变，引起压力值剧变，可手动遥控调节阀，再处理故障。

安全阀起跳

压力指示值未高于设定值，安全阀即起跳。应对照相关仪表，如各点温度正常，则为安全阀未调好，如各点温度升高，则为压力示值低于真实压力。

压力波动

压力波动虽大，但缓慢，一般应为工艺原因，负荷、加料、回流、温度等变化以及操作不当，均会引起压力变化。压力波动快速振荡，一般为 PID 参数和调节阀参数整定及仪表本身原因。

3 流量系统

指示值最小

检查现场一次表，如一次正常，则为二次表故障或虚拟仪表参数设定问题。

如一次表指示值最小，观察调节阀开度，如开度为零，则为仪表原因，一般为调节器到调节阀之间的故障。

如一次表指示值最小，但调节阀开度正常，在工艺方面，可能是系统压力不够、堵泵、无量、冬天开车管道结晶、工艺管道堵塞造成局部涡流以及操作失误等原因。在仪表方面，如是孔板检测，有可能是正引压管堵、平衡阀内漏、变送器正压室漏。如用转子流量计检测，有可能转子卡在下部。如用椭圆齿轮流量计检测，有可能椭圆齿轮卡、过滤器堵、发讯簧片失效等。

指示值最大，

一次表一般也会指示最大。可手动遥控调节阀，如流量能降下来，则一般为工况原因，如流量降不下来，则可能为仪表原因。

指示值波动频繁

用手动控制，如波动仍频繁，一般为工艺原因；如波动减小，一般为仪表原因或 PID 参数整定不当。

4 液面系统

指示值跑最大或最小

可先检查一次表，如一次表正常，则为二次表或虚拟仪表故障。如一二次表或虚拟仪表一致，则手控调节阀检查液面有无变化，有变化一般为工艺原因（通常主要是密度变化），无变化一般为仪表问题。

带负迁移的指示值跑最大或最小

指示值跑最大应怀疑负压侧漏。有气相压力接引到负压侧的仪表示值跑到最小，应怀疑负压侧集液过高。

指示值波动频繁

用手动控制，如波动仍频繁，一般为工艺原因。如波动减小，一般为仪表原因或 PID 参数整定不当。

怀疑指示值为假液面指示

一、二次表或虚拟仪表正常，将系统切手动，工艺、仪表人员共同对测量介质温度、压力进行分析。通常为密度和气相压力变化。

5 分析仪表

预处理系统

在线分析仪表的故障，多数发生在样品预处理系统。因样品流量、压力、温度不稳定或因样气中含水、尘埃油雾、化学试剂失效等原因产生的故障经常发生。

样气中带水、带液

处理水冷器、水气分离器、制冷器，改进排放、排污、节流回路。

样气中带油雾

处理除雾器、旋风分离器、静电除雾器、制冷温度，增设自清扫回路、增大除雾后排放回路，检查系统是否局部堵塞。

输出压力和流量不稳定

更换或维护调节阀或改变设定参数。系统堵、漏，化学试剂粒度过细。

样品失真或变质

化学试剂使用不当，温度压力不当（样品发生化学反应），系统泄漏（大气反扩散）或不当的材质（污染或造成的记忆效应）

红外线气体分析仪

指示回零

切光马达坏，检测电容短路。

指示满度

光源断路，参比电压单端对地短接。

灵敏度

检测器漏气，光路透镜污染，元件老化。

零点漂移

工作气室污染、漏气，晶片上有尘埃

指示出现摆动干扰

切光片松动，滤波电容坏，电压波动，电气接触不良、虚焊。

工业酸度计故障处理

测量误差明显

被测溶液压力、温度、流速不能满足电极的工作条件，KCL 储瓶压力不当，电极污染、特性变坏，盐桥堵塞，参比电极内的溶液浓度变化，温度补偿电阻开路或短路，电气接触不良。

响应缓慢

被测溶液置换缓慢，电极没有充分浸泡，盐桥堵塞，测量线路绝缘降低。

示值单向漂移

玻璃电极有微孔或裂纹，参比电极 KCL 溶液渗透太快，参比电极内有气泡，新电极浸泡时间不够（24h 以上）。

工业气相色谱仪

工业气相色谱仪常见的故障有基线不稳，无峰或峰太低、乱峰、重复性差等四种。

上述四种故障通常可通过处理炉温漂移、载气流速不稳或泄漏、色谱柱固定液严重流失、放大器零漂，管路泄漏及堵塞、电气接触不良、电源干扰、样品污染、程序设置等加以解决。

可燃、有毒气体检测报警器故障处理

无指示或指示偏低

检测元件污染、失效，过滤器堵塞，记录器或输出表头损坏，电路接触不良或损坏。

指示不稳定

检测器安装位置风向不定、气流波动较大，振动过大，检测气体局部污染，过滤器局部堵塞，电路接触不良，供电不稳。

指示跑最大（时而报警，时而稳定）

现场泄漏量大（配合工艺紧急处理现场），检测、参比元件污染损坏，电路故障。

6 DCS、PLC、FCS 系统

故障自诊断系统弹出故障诊断画面（和 windows 系统类似）时，可按使用维护手册的规定要求进行其对应的故障处理。由大规模集成电路为电路基础的 DCS、PLC、FCS 系统的可靠性很高，一般其平均无故障时间在 1250000h 以上。下面对现场三个常见故障处理做一介绍。

I/O 卡

线开关卡输入击穿损坏，用数字万用表测量正常使用中的输入端，发现输入端叠加有数百伏的静电电位时，可采用微型继电器进行隔离的方法进行故障处理。

开关卡输出长期过流，加之可能的线圈反电势冲击（如控制电磁阀），导致功放管损坏，可采用微型继电器串联在开关卡的输出侧，微型继电器的全部触点相并联，使之触点总容量是控制设备额定容量的 3~4 倍的方法进行故障处理。

乱接电焊地线烧坏 I/O 卡，当电焊地线搭接或挂接在保护管上时，I/O 卡在焊接电流产生的感应电压和接地电压双重作用下，造成 I/O 卡损坏。要求电焊工的地线一律随焊把走，就近在焊件上夹接，不准搭接在仪表的保护管和测量引上。

数字输入操作

在系统运行中，数字输入操作要极为认真，因为小数点一旦点错未忘记点了，将会造成误动作甚至停车联锁，在操作过程中应尽量采用模拟数据输入来完成数字的输入工作。

爬电

当系统中某一设备（如继电器）出现莫名其妙的动作，这里提供一个思路，可能是在其线路上某一接线端因导电粉尘原因出现了爬电现象。用仪表风吹扫或清洗剂清洗端子并用兆欧表检查端子之间绝缘（检查时被检查端子上的接线必须全部拆除），其绝缘符合要求。

故障是随机发生的，故障处理具有多样性和重复性的特点，加之新技术的不断使用，改良仪表和新型仪表的不断上市，在进行故障处理前，要认真阅读产品随机资料，对其工作原理、技术特性、注意事项全面了解掌握。要仔细分析故障原因，做到心中有数。不断学习、举一反三并积累经验。

为了企业的发展和业务水平的提高，错误和不足之处，敬请提出宝贵意见。