

1 绪论

1.1 研究目的及意义

天然气具有燃烧完全、污染少、费用低等优点,已广泛地应用在生产和生活各个领域。随着我国汽车对压缩天然气的需求量日益增长,在满足车用天然气燃料的同时,又对 CNG 加气站的安全管理技术提出了更高的要求,尤其是高压运载与储存、可燃气体防爆等安全技术问题。

因此,研究并开发一套 CNG 加气站自动监控系统,即能为加气站的安全运行和管理提供实时的,快捷的,可靠的第一手资料,实现对加气站全方位实时监控,又能使加气站之间的气量自动调节使用。本系统通过传感器、数据采集模块在现场进行数据采集,并将数据传输到上位机,通过在上位机中对数据的实时监测来判断 CNG 加气站的运行情况。通过这样可以加气站生产过程中发生事故,减少加气站运行时操作人员的工作量,提高工作效率。这对于提高加气站的管理水平和确保加气站设备的安全运行具有重要意义。

1.2 研究的主要内容

本文就目前国内 CNG 加气站气量调节和加气站监测系统的发展情况,针对加气站数据采集监测系统若干问题进行了研究:

设计一套 CNG 加气站硬件系统,其中包括传感器选型、传感器安装位置选择和数据采集与数据通信的实现。传感器的正确选型,能够精确的测量加气站所需监测的参数数据。

实时监控软件系统的开发。基于组态软件设计监控软件不仅能实时监测参数,还能够通过系统运行界面查看到加气站运行状况。还能记录储存数据,能够观看实时曲线和查询历史曲线,并且能够进行报表查询和实时报警。通过设计的双机冗余系统,可以确保加气站计算机管理的安全运行。数据库的转储使数据既能实时查询又能供第三方软件调用。

1.3 本文主要创新点

本文利用组态软件开发的 CNG 加气站自动监控系统,实现了对加气站全方位实时监控和加气站之间的气量自动调节使用,提高了 CNG 加气站的自动控制水平。它具有实时画面监测、实时曲线和历史曲线绘制、报表生成、实时报警、实时数据库存储等功能,能够对 CNG 加气站运行过程中的各个方面进行实时模拟,通过监测画面就可以反映出加气站作业现场的各项工作,对采集到的数据能够实时的显示和存储。该软件还能与 SQL server 数据库连接,解决了大量数据存储的问题。该系统能够对各地多个加气站进行远距离集中控制管理,实现了 CNG 安全管理的智能化、自动化监控。

2 CNG 加气站介绍

2.1 CNG 加气站工艺流程 CNG 加气站的主要设备由压缩机组、计量装置、气体净化干燥器、储气装置、充气顺序控制盘、加气柱售气机等组成。根据功用的不同可分为标准站、加气母站和加气子站 3 种类型。

标准站直接从燃气管网取气，经过预处理系统、压缩、储存等一系列工艺后，通过售气机给汽车加气。

CNG 加气母站除具有标准站的功能外，还通过设在站内的加气术将压缩天然气充入高压气体运输半挂车（简称半挂车），运到加气子站为汽车加气。同时，作为管道输气的有效补充手段，在距天然气管线较远的中小城市，可采用半挂车将压缩天然气通过公路运输方式运送至使用城市，经过调压后进入燃气管网，向居民用户及其它天然气用户供气。

CNG 加气子站建在燃气管网尚未到达的地方，挂车从加气母站运来的压缩天然气，经储存、压缩等工艺，通过售气机向汽车加气。

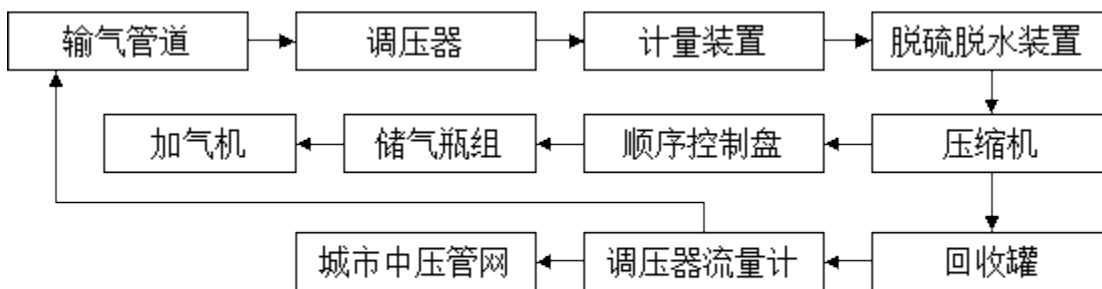


图 2.1 CNG 标准站流程

2.2 CNG 加气站组成

1、调压计量系统

在天然气进站管道上设置调压装置，要选性能好，体积较小的调压器，实现对燃气的调压；同时在进站管道上设计量装置，实现对燃气的计量。

2、脱硫装置和脱水装置

如果天然气中的游离水未脱净，水中的 H₂S 容易引起钢瓶腐蚀。含有硫化氢的水溶液在高压状态下对钢瓶或容器的腐蚀速度比在 4MPa 以下的管网中腐蚀得更快、更容易。气体中硫化氢的含量应小于 15mg/m³。根据脱水干燥设备在 CNG 加气站工艺流程中的位置，分为低压、中压和高压脱水三种，这三种方式各有优缺点。在需要深度脱水时常采用高压脱水方式，但采用高、中压脱水时，因天然气进入压缩机前未经脱水，大量含水的天然气容易导致压缩机故障。目前，国产压缩机通常采用高压脱水，进口压缩机通常采用低压脱水。

3、压缩系统

压缩机是 CNG 加气站的核心设备。目前,国内加气站设计的压缩机末级出口压力为 25.0MPa。加气母站压缩机进口压力为 0.3~1.0MPa,子站压缩机进口压力 2.0~20MPa。选择压缩机时应根据加气站进、出站天然气压力,加气能力,压缩机的性能、价格,储气容积,施工场地大小及条件等因素综合选定。压缩机通常单排布置在压缩机房内,并根据设计台数确定备用台数。

4、储气瓶组

储气瓶组是用钢瓶并联成多组而形成的储气设施。加气站应选用同一种规格型号的储气瓶,目前国内常选用 60L 的钢瓶。每组储气瓶的总容积不宜大于 4m³,且瓶数不宜大于 60 个。储气瓶组可显著改善加气系统的稳定性和可靠性,大大提高系统的工作效率。优点:①使压缩机有停机的机会,避免因车辆加气间隔的不确定而造成压缩机频繁启动而使压缩机受损。②可对压缩机的冲击气流起缓冲作用,保证输出气流的稳定性,使振动大大降低,管道、阀门、仪表之间连接不易松动,燃气的泄漏现象大大减少。③提高了加气速率,将储气瓶组按一定比例分成三组,提高加气速率和储气瓶组的容积利用率。④将压缩气体暂时储存在容器中,以备使用。不足是气瓶组有较多的接头使得泄漏点多,系统阻力较大,供气规模不能太大。天然气压缩到 25MPa 后进入优先控制盘进行分配,照储气瓶组设定加气压力和加气容量给储气瓶组加气。给储气瓶组加气时,先给高压瓶组加气,然后给中压瓶组加气,最后给低压瓶组加气。当瓶组充满后再通过加气柱给 CNG 拖车加气。当有汽车来加气时,通过加气机给汽车加气。从储气瓶组内取气,通过优先控制盘控制,先后从低、中、高压瓶组取气,当高压瓶组内的压力不能给汽车加满 20MPa 时,直接启动压缩机给汽车加气。

5、控制系统控制系统具有对电源、压缩机、生产环境及工艺过程进行全面监控的功能,通过计算机和自动阀件来进行控制。

6、售气系统就是向汽车加气的售气装置,能够对天然气进行智能的计量和计价。

2.3 CNG 加气站危险因素

1、天然气易燃易爆

天然气的主要成分甲烷属一级可燃气体,爆炸浓度极限为 5%~15%,最小点火能量仅为 0.28 mJ,极易燃烧、爆炸,且扩散能力强,火势蔓延迅速。

2、天然气的泄漏

工艺过程处于高压状态,很容易造成设备泄漏,如管道焊缝、阀门、法兰盘、气瓶、压缩机、干燥器、回收罐等。气体一旦遇到引火源,就会发生火灾和爆炸。

3、高压储存的危险

CNG 加气站的压缩机必须加压至 25 MPa 以上才将天然气压缩到储气瓶内, 系统高压运行容易发生超压, 当系统压力超过了其能够承受的最大许用压力时, 必将导致设备及配件的强度超限发生爆炸或局部炸裂。

1、天然气的质量问题

如果天然气中的游离水未脱净, 水中的 H₂S 容易引起储气瓶腐蚀。含有硫化氢的水溶液在高压状态下对钢瓶或容器的腐蚀速度比在 4MPa 以下的管网中腐蚀得更快、更容易。

2、多种引火源的存在

CNG 加气站多建在交通干道一侧, 周围环境较复杂, 受外部点火源的威胁较大。操作中也存在多种引火源, 加气站设备控制系统是对站内各种设备实施手动或自动控制的系统, 潜在着电气火花; 售气系统工作时, 天然气在管道中高速流动, 易产生静电火源等。

2.4 安全参数确定

1、压力

(1) 进加气站的气体压力。加气母站压缩机进口压力为 0.3~1.0MPa, 子站压缩机进口压力 2.0~20MPa。如果进站气体压力不符合则产生相应的报警。

(2) 压缩机压后的气体压力。需要压缩机末级出压压力为 25MPa 如果出压压力不符合则产生相应的报警。

2、温度为了保证各种传感器和压缩机等仪表正常运行, 对温度要实时监测, 低于低限或高于高限则产生相应的报警。

3、可燃气体浓度检测

安装在压缩天然气储气瓶间、天然气泵、压缩机房和加气机等处检测环境中 CH₄ 的浓度, 有紧急情况则产生紧急报警。

4、微量水分分析仪对 CNG 的水露点进行监测, 如果未达标则产生相应的报警。

5、硫化氢对 CNG 的硫化氢含量进行实时监测, 如果未达标则产生相应的报警。

3 系统硬件设计

系统硬件设计主要包括了仪器仪表选型、数据采集的实现和信号传输这三个部分。传感器主要完成对现场数据的采集, 将各种物理量转换为电信号;

数据采集卡主要完成多路数据的采集、放大和转换; 信号传输是利用 RS-485 传输协议通过传输线路将数据传输到上位机中, 在上位机中对数据进行处理。

结构框图如下:

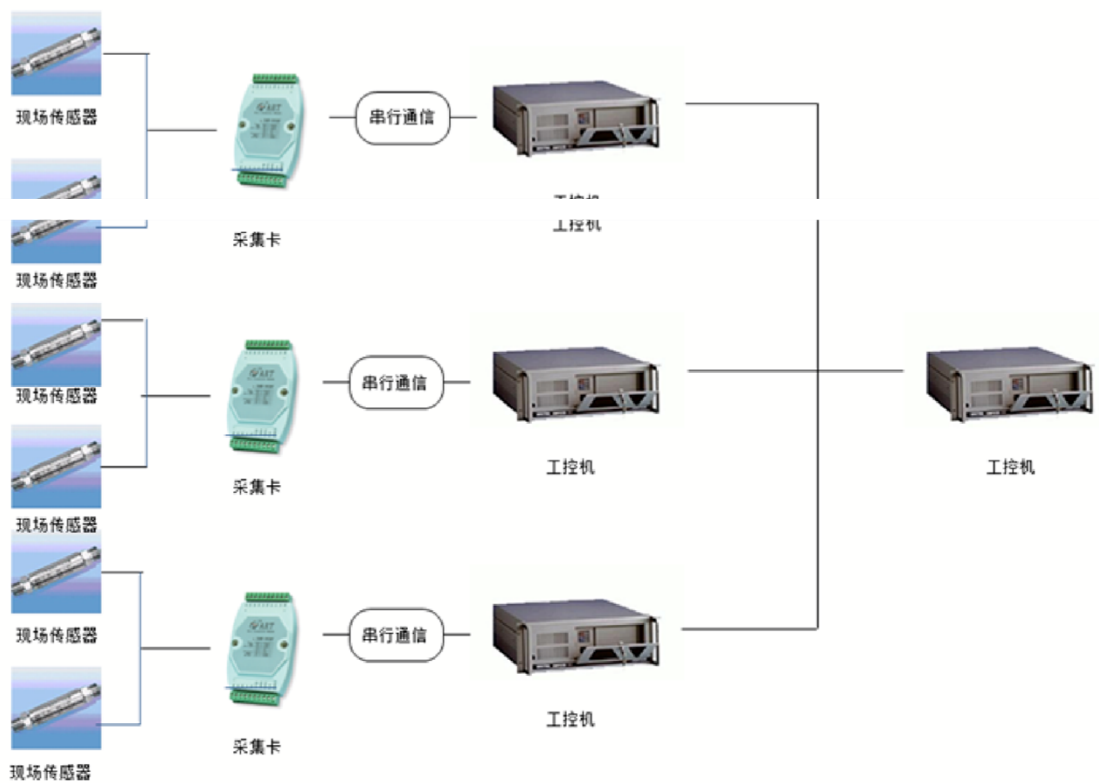


图 3.1 硬件系统结构框图

3.1 传感器选型

传感器的作用是将现场所需测量参数的物理量转换为电信号，传感器的选择关系到所测量参数的准确性。在对 CNG 加气站进行监测中，由于该工艺的高压环境，这要求传感器能够耐腐蚀、耐高压、耐高温，还要有高精度输出。

3.1.1 温度传感器

(1) 作用

温度传感器的作用是检测加气站工作环境中温度量，压缩机和其他仪器仪表正常工作都有一定的温度范围。检测温度是否超过上限或低于下限，否则报警。

(2) 优先选型

热电阻温度传感器是利用导体或半导体的电阻率随温度的变化而变化的原理制成的。JWB 一体化温度变送器在温度传感器的接线盒内安装了变送模块，变送模块选用专用芯片进行放大和线性化处理，提高了传感器测量精度，冷端无需补偿，负载能力大，传输距离远，抗干扰能力强。

主要技术指标：

供电电压：24VDC

量程：根据所选用传感器不同而有所不同。

精度：1 级，0.5 级、0.25 级储存环境：-10-70℃



图 3.2 JWB 一体化温度变送器
温度范围可根据要求订做, 感温元件如下:

代号	测温范围	分度号	级别	允差 $\Delta t^{\circ}\text{C}$
WZP	-200 至+500℃	PT100	A	$\pm (0.15+0.002 T)$
			B	$\pm (0.30+0.005 T)$
WZC	-50 至 150℃	CU50		$\pm (0.30+0.006 T)$

3.1.2 压力传感器

(1) 作用

压力传感器的作用是测量加气站工艺过程中的气体压力值，如进站压力，气体经压缩机压后的压力，储气罐的压力等。

(2) 优先选型电阻应变片的工作原理是吸附在基体材料上应变电阻随机械形变而产生阻值变化的现象，俗称为电阻应变效应。

RL-P-Y 压力传感器/压力变送器，全不锈钢封焊结构，介质兼容性好，耐用性好。

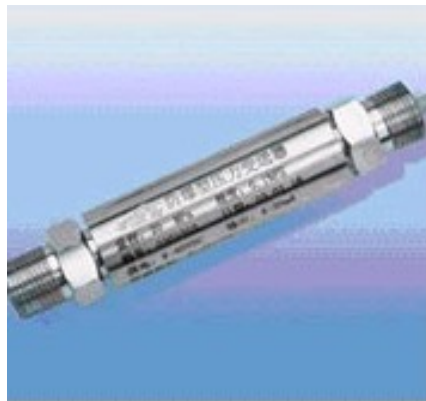


图 3.3 RL-P-Y 压力传感器主要技术指标：量程：0—30MPA

精度：±0.1%FS，±0.2%FS，±0.5%FS 环境温度：-20—85℃

112CP 温度压力一体变送器是美国德州仪器专有 Klixon 技术生产的，能同时将压力和温度的变化精确地转换成两个电量的变化。112CP 复合式温度压力传感器是由压力电容敏感元件、NTC 热敏传感器、集成控制电路组成完美的放大输出的复合式温度压力变送器。它具有全温范围补偿及相应的线性补偿，保证产品的长期稳定性。112CP 复合式温度压力传感器可实现单一输入，两路信号输出的功能，可以满足极其严酷的环境使用要求。

压力：这是 0-5VDC 输出设计的压力传感器，不需要最终用户放大输出。与其他德州仪器压力传感器相同的是，输出电压与输入电压成比例。它有一个数据转换电路，能参考输入电压，不管输入电压如何改变，都能保证精确度。另外，电路设计还包括了线性补偿，能改进精确度性能。

温度：它使用 NTC 热敏电阻作为温度传感器，在 25℃时电阻值为 10KΩ 或 100KΩ（可任选）。与其他传感器产品不同的是，112CP 复合式温度压力传感器将测温电阻器直接安装在测试介质（流体流）中，从而保证了比其他安装方式更精确更快速的测量结果（温度响应时间可缩短 50%）。反应时间更快，比带外盒或套管安装的测温电阻器更精确。



图 3.4 112CP 温度压力一体变送器

技术参数（112CP 温度压力变送器）压力量程：从 0 至 6504.5Mpa

性能（压力）：精度±0.75%量程

性能（温度）：精度±1%量程

NTC 热敏电阻（25℃）：10KΩ 或 100KΩ 工作温度：-40℃to+135℃ 电气参数：供电电压：5Vdc

3.1.3 CH4 气体浓度传感器

（1）作用

CH4 气体浓度传感器的作用是检测加气站的环境可燃气体浓度，杜绝安全隐患。主要检测的地方有：压缩机房、储气罐区和售气机处。

（2）优先选型

重庆安富机电设备有限公司的 GJ4 型低浓度甲烷浓度传感器主要在加气站及天然气爆炸危险环境中使用。除能连续监测外还能自动地将检测到的甲烷浓度转换成标准的电信号输送给加气站监控系统。采用了新型的单片微机和高集成的数字化电路，整机电路结构简单，性能可靠，便于维护、调试。具有就地显示甲烷浓度值，超限声光报警等功能。采用了新型的开关电源，整机功耗低，增加了信号的传输距离。具有故障自检功能，使用、维护方便。外壳结构采用了高强度的不锈钢材料，增强了传感器的抗冲击能力。



图 3.5 GJ4 型低浓度甲烷浓度传感器

GJ4 型低浓度甲烷传感器主要技术指标：整机工作电压：9~24VDC（本安电源）

测量范围：0.00~6.00%CH₄

基本误差：±0.05%CH₄

传感器显示值稳定性：在 0.00~4.00%CH₄ 范围内，当甲烷浓度保持恒定时，传感器的显示值或输出信号值（换算为甲烷浓度值）的变化量不超过 0.04%CH₄ 显示方式：四位红色数码管报警方式：二极管间歇式声光报警；声音强度≥80dB；光强能见度>20m。

3.1.4 H₂S 含量传感器

(1) 作用

天然气中的 H₂S 是有毒气体，且 H₂S 在游离水中对储气罐具有很强的腐蚀作用。因此脱硫脱水后如果气体中 H₂S 的含量大于 15mg/m³ 时应产生报警。

(2) 优先选型

对含量常常低至 mg/m³ 级的 H₂S 进行测定是气体传感器的一项主要应用，利用掺银薄膜传感器监测城市燃气中的硫化氢。该传感器阵列由四个传感器构成，通过基于库化滴定的通用分析装置和半导体气体传感器阵列的信号，记录硫化氢浓度，用 CaO-SnO₂ 元件能十分灵敏地检测燃气中的硫化氢。

H₂S/C-50 型 H₂S 浓度传感器长时间工作下信号输出很稳定，适合用于连续在线检测分析仪，在线的固定式变送器和单点壁挂的变送器或部分的分析仪器上使用。



图 3.6 H₂S/C-50 型 H₂S 浓度传感器主要参数：

测量范围：0~40mg/m³ 工作寿命：空气中 2 年

温度范围：-40° C to 80° C

3.1.5 含水量传感器

(1) 作用

根据国家的相关标准，CNG 中的水露点含量应当≤-13℃，如果水露点超标，可能会腐蚀钢瓶，在车辆运行中造成安全隐患。因此要检测天然气脱水后的水露点。

(2) 优先选型

Transmet IS 是安装方便的一体自给式露点变送器, 专门为危险区域的使用而设计, 适用于易燃和非易燃气体的微量水分含量测量。Transmet IS 的外壳为不锈钢, 入口保护级别为 IP66 (NEMA 4)。工作范围宽覆盖 $-100\sim+20^{\circ}\text{C}$ 露点, 精度高至 1°C 露点。Transmet IS 具有敏捷的反应速度, 使用户能做到真正的持续测量而不需配置和校验 Transmet IS 出厂时已经过设置和校验, 可以很快安装并投入使用。它便于安装, 具有高稳定性, 重复性和长期可靠性的优点。



图 3.7 Transmet IS 型水露点变送器技术参数

测量范围: $-100^{\circ}\text{C}\sim+20^{\circ}\text{C}$ 露点精度: $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ($-60\cdots+20^{\circ}\text{C}$) $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ($-100\cdots-61^{\circ}\text{C}$) 工作压力: 30MPa
工作温度: $-20\cdots+60^{\circ}\text{C}$ 变送器主体: 不锈钢 工作电源: 10-28VDC

3.2 气体流量计的选择

- (1) 作用测量各个环节天然气流量。
- (2) 优先选型由于是从长输气管道取气, 瞬时流量能达到 $4000\text{m}^3/\text{h}$ 。所以选则测量稳定的孔板流量计。

孔板流量计的原理是充满管道的流体流经管道内的节流装置, 在节流件附近造成局部收缩, 流速增加, 在其上、下游两侧产生静压力差。在已知有关参数的条件下, 根据流动连续性原理和伯努利方程可以推导出差压与流量之间的关系而求得流量。

体积流量公式: $Q_v = C \varepsilon A / \sqrt{2 \Delta P / (1 - \beta^4) / \rho_1}$ (3.1) 其中: C 流出系数 ε 可膨胀系数

A 节流件开孔截面积, M^2

ΔP 节流装置输出的差压, Pa β 直径比

ρ_1 被测流体在 I-I 处的密度, kg/m^3

Q_v 体积流量, m^3/h



图 3.8 孔板流量计

3.3 数据采集卡选型

数据采集卡的选择对数据采集和转换的精确性有很大影响，本设计选用阿尔泰公司生产的 DAM-3058R 8 路模拟量输入数据采集模块（如图 3.9 所示）。该模块支持 VC、VB、C++ Labview、组态软件等语言的平台驱动，工程级源代码，可直接编译通过。



图 3-8 DAM-3058R 数据采集模块主要技术指标为：

8 路模拟量输入模块输入类型：V，mV，Ma 通道输入：6 路差分，2 路单端或 8 路差分采样频率：

10Hz

精度：±0.1%

输入阻抗：20 Ω 零点漂移：20uV/°C 满量程漂移：25ppm/°C

隔离电压：3000VDC 内置看门狗

电源：未处理+10~+30VDC 表 3.1 波特率配置代码表

代码	00	01	02	03	04	05	06	07
波特率	1200	2400	4800	9600	19200	38400	57600	115200

表 3.2 模拟量输入范围配置代码表:

信号类型	范围	代码	
mV、V、mA	0~10mA	00	
	±100mV	03	
	±150mV	04	
	±500mV	05	
	±1V	06	
	±2.5V	07	
	±5V	08	
	±10V	09	
	±20mA	0A	
		0~20mA	0B
		4~20mA	0C
		0~5V	0D

数据通信:

目前常用的串行数据通信方式包括了 RS-485, RS-232 两种。以下是

RS-485 与 RS-232 的对比:

表 3.3 RS-485 与 RS-232 的对比

接口	RS-232	RS-485
连接台数	1台驱动器 1台接受器	32台驱动器 32台驱动器
传送距离 与速率	15m-20Kbit/s	12m-10Mbit/s 120m-1Mbit/s 1200m-100Kbit/s

由此可见, RS-485 显然更适于多点互连与较远距离的数据传输。传输速率也明显优于 RS-232。因此, RS-485 更适合联网构成分布式系统。故本文选择了 RS-485 串行通信形式。

但是由于一般的个人计算机上的通讯接口只有 RS-232 接口。为了建立数据采集端和工控机的数据通信, 就需要将 RS-485 转为 RS-232。 3.4 自动监控系统设计

3.4.1 自动监控方案的确定

当过程特性或其环境改变时, 系统自动修正电路参数, 以保证维持所期望得到的性能, 这一般被称作自动调节。

采用基于组态软件的自动 PID 调节器, 运用闭环负反馈调节系统。这种系统最大的特点是最终使输出跟随输入, 当偏差在小范围内波动时, 系统通过在闭环辨识, 估计出被控过程的数学模型, 然后整定控制器参数。当偏差较大时, PID 参数调节功能启动, 通过控制策略来修正 PID 的各个参数, 从而达到比较好的控制效果。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/397043162031006116>