

电动单元组合仪表 的 设计分析和应用

DDZ-III系列仪表

重庆工业自动化仪表研究所

重庆出版社

责任编辑：张镇海
封面设计：何意富

**电动单元组合仪表的设计分析和
应用—DDZ—Ⅲ系列仪表**

重 庆 出 版 社 出 版 (重庆李子坝正街102号)
四 川 省 新 华 书 店 重 庆 发 行 所 发 行
重 庆 新 华 印 刷 厂 印 刷

*

开本：787×1092 1/16 印张22.5 插页7 字数441千
1984年7月第一版 1984年7月第一次印刷
科技新书目79—245 印数：1—8,600册

书号：15114·2 定价：2.98元

内 容 简 介

DDZ-Ⅲ系列仪表是电动单元组合仪表的第三代产品。全套仪表采用集成电路。本书按照仪表的变送、调节、计算、给定、显示、转换、辅助、执行各单元，详细阐述其基本结构、工作原理、设计计算方法及调校维护等基本知识，此外还介绍整套仪表的防爆措施和仪表的系统应用。

本书供仪表使用、维修、设计、制造部门的工人、工程技术人员参考，也可供中等技术学校和高等院校有关专业师生作教学参考。

主要常用符号表

C_D	微分电容	P	压力、比例带
C_I	积分电容	R	电阻、气体常数
E	平均电势, 电源电压	R_{cm}	导线电阻
e	瞬时或交流电势	R_D	微分电阻
E_B 或 E_0	电平移动电位	R_I	积分电阻
E_s	给定电位	R_P	比例电阻
E_{sr}	输入电位	S	位移
E_{sc}	输出电位	T	绝对温度、时间常数、周期
F	力、干扰系数、膜片有效面积	t	温度、时间
F_{sr}	输入信号力	T_D	微分时间
H	脉冲占空比	T_I	积分时间
I_{sr}	输入电流	u	瞬时或交流电压
I_h	恒定电流	U_f	反馈电压
I_{sc}	输出电流	U_D	微分电压
I_f	反馈电流	U_{sr}	输入电压(偏差电压信号)
i	瞬时或交流电流	U_{sc}	输出电压
K	比例常数	U_B	偏值电压
K_0	开环放大倍数	U_α	内偏值电压
K_D	微分放大倍数	U_β	外偏值电压
K_I	积分放大倍数	U_s	给定电压
K_p	比例放大倍数	α, β, ν	运算或分压等系数
L	长度		

前 言

电动单元组合仪表是集中监控操作的成套自动化装置，现已广泛应用于石油化工、冶金、能源、轻工、机械等工业部门。

电动单元组合仪表在我国已有20余年科研、生产、使用历史。其间经历三次升级换代。DDZ-Ⅲ系列是第三代产品，现已大批量生产。

50年代末期，我国研制成功主要元件为电子管的DDZ-I系列电动单元组合仪表。DDZ-I系列采用多单元结构，每一单元只完成某一指定功能，由用户根据工艺需要自由组成系统；联络信号采用0~10毫安直流电流，串联工作方式。

60年代中期又研制成功第二代产品，即晶体管化的DDZ-II系列电动单元组合仪表。它在很多方面较I系列有重要改进，仪表向少单元多功能方向发展，例如调节单元将I系列的三个单元合为一个，构成多功能PID调节器，大大减小了控制盘面积，为大、中企业的集中控制创造了条件。另外，仪表的品种规格较I系列大为增加，提高了仪表的配套性，扩大了仪表的使用范围。

70年代初，又开始研制第三代产品，即集成电路化的DDZ-Ⅲ系列仪表。Ⅲ系列仪表结构风格在单元化设计思想方面与II系列是一致的，但在很多方面有了重大发展。首先，仪表的传输信号采用国际电工委员会推荐的标准，即直流电流4~20毫安，直流电压1~5伏的并联工作方式。其次，由于传输信号采用“活”零点方式，因此变送器实现二线制传输，不但减少安装费用，而且可靠性大大提高。第三，采用了安全火花防爆技术（国外称本质安全防爆技术），电单仪表便可应用在易燃易爆的生产场所。这样，DDZ-Ⅲ系列仪表能较好地适应现代生产过程

工业自动化的要求。

近年来由于微处理器技术的出现促进了电动调节控制仪表的发展,仪表的功能大为增强,可以解决常规仪表难以解决的综合控制问题,具有良好的技术经济效益。

本书共分十章,第一章介绍DDZ-Ⅲ系列仪表总体概貌,二~九章介绍DDZ-Ⅲ系列八大类仪表各单元工作原理、设计计算、调校维护等知识,第十章为仪表的系统应用,结合具体对象,叙述系统构成、安装、调整和运行考验。

本书的第一章由谢兆盈副总工程师编写,第二章由严德群、孟鸿勋、谢兆盈工程师编写,第三章由赵振国工程师编写,第四章由谢兆盈副总工程师编写,第五章由赵振国工程师编写,第六章由单国祥、谢兆盈工程师编写,第七章由赵振国工程师编写,第八章由赵振国、谢兆盈工程师编写,第九章由王蓉华工程师编写,第十章由张家骏工程师编写。全书完稿后由谢兆盈、王蓉华两工程师进一步作了校阅。

本书在编写过程中得到重庆工业自动化仪表研究所所长兼总工程师马少梅同志的大力支持,在审稿过程中不少同志提出了宝贵的修改意见,在此一并表示谢意。

编 者

一九八三年三月于重庆

目 录

第一章 DDZ-Ⅲ系列电动单元组合仪表概述	1
第一节 DDZ-Ⅲ系列仪表基本特点	1
第二节 DDZ-Ⅲ系列仪表基本结构	2
第二章 DDZ-Ⅲ系列变送器类仪表	9
第一节 力平衡式变送器	9
一 基本原理和特点	9
二 主要技术性能及品种规格	12
三 元部件的主要特性	15
四 静态性能和动态性能	22
五 安全火花试验	24
六 调校安装和维护	25
第二节 DBW型温度变送器	32
一 温度变送器输出放大回路	34
二 热偶温度变送器	45
三 直流毫伏转换器	55
四 热电阻温度变送器	61
五 热电阻温差变送器	65
第三章 DDZ-Ⅲ系列调节单元类仪表	71
第一节 DTZ-2100型全刻度指示调节器	72
一 工作原理及主要技术指标	72
二 仪表关键元部件—高输入阻抗运算放大器的分析	73
三 仪表各组成部分的分析与计算	77
四 仪表调校	98
五 仪表常见故障及排除方法	101
六 整机电路图及元部件参数表	101
第二节 与工业控制机联用的调节器	103
一 SPC调节器	105

二	DDC后备调节器	110
三	DDC后备操作器	110
第四章	DDZ-Ⅲ系列计算单元类仪表	111
第一节	DJJ型加减器	111
一	工作原理及主要技术指标	111
二	仪表各组成部分的分析与计算	113
三	仪表调校与维修	116
四	线路图及元部件参数表	119
第二节	DJS型乘除器	120
一	仪表工作原理及主要技术指标	120
二	仪表各组成部分分析与计算	123
三	仪表应用	131
四	仪表调校	133
五	线路图及元部件参数表	137
第三节	DJK型开方器	140
一	仪表工作原理及主要技术指标	140
二	仪表各组成部分的分析与计算	142
三	仪表调校	147
四	仪表常见故障及排除方法	148
五	线路图及元部件参数表	150
第五章	DDZ-Ⅲ系列给定单元类仪表	152
第一节	DGB型比值给定器	152
一	工作原理及主要技术指标	153
二	仪表各组成部分分析与计算	154
三	仪表基本性能测试与调校	158
四	仪表常见故障及排除方法	160
五	整机线路图及元部件参数表	164
第二节	DGJ型报警给定器	166
一	工作原理及主要技术指标	167
二	仪表各组成部分的分析与计算	167
三	仪表基本性能测试与调校	168
四	仪表常见故障及排除方法	169
五	整机线路图及元部件参数表	170
第六章	DDZ-Ⅲ系列显示单元类仪表	172
第一节	DXJ型纵形单、双笔指示记录仪	172

一	工作原理及主要技术指标	173
二	仪表各组成部分的分析与计算	174
三	仪表调校及常见故障排除方法	184
四	仪表线路图及元部件参数表	186
第二节	DXS型比例 积算器	187
一	仪表工作原理及主要技术指标	187
二	仪表各组成部分分析与计算	188
三	仪表调校	194
四	仪表常见故障及排除方法	194
五	仪表线路图及元部件参数表	196
第七章	DDZ-Ⅱ系列转换单元 类仪表	199
第一节	DZL型电流 转换器	199
一	工作原理及主要技术指标	200
二	仪表各组成部分分析与计算	200
三	仪表基本性能测试和调校	202
四	仪表常见故障及排除方法	203
五	整机线路图及元部件参数表	204
第二节	DZK 型阻抗转换器	204
一	工作原理与主要技术指标	205
二	仪表各组成部分分析与计算	205
三	仪表基本性能测试和调校	207
四	仪表常见故障及排除方法	208
五	整机线路图及元部件参数表	208
第三节	ZPD型电气阀门定位器	209
一	工作原理及主要技术指标	209
二	仪表各组成部分计算与分析	210
三	基本性能测试与调校	215
四	仪表常见故障及排除方法	216
五	附表	217
第八章	DDZ-Ⅲ系列辅助单元类仪表	218
第一节	DFA型检测端 安全栅	219
一	安全火花防爆的一般概念	219
二	DFA 型检测端安全栅工作 原理 及主要技术指标	223
三	仪表各组成部分分析与计算	224

四	仪表调校	229
五	仪表常见故障及排除方法	230
六	仪表安装使用注意事项	232
七	仪表电路图及元部件参数表	232
第二节	DFA型操作 端安全栅.....	235
一	工作原理及主要技术性能	235
二	仪表各组成部分分析与计算	236
三	仪表调校	238
四	仪表常见故障及排除方法	238
五	仪表安装使用注意事项	238
六	仪表线路图及元部件参数表	238
第三节	DFC型信号 选择器.....	241
一	工作原理与主要技术指标	241
二	仪表各组成部分分析与计算	244
三	仪表基本性能测试与调校	246
四	仪表常见故障及排除方法	248
五	整机线路图与元部件参数表	248
第四节	DFF型信号限制器	249
一	工作原理及主要技术指标	250
二	仪表各组成部分分析与计算	251
三	仪表基本性能测试与调校	252
四	整机线路图及元部件参数表	254
第五节	DFP型配电柜	255
一	工作原理及主要技术指标	255
二	仪表各组成部分的分析与计算	256
三	仪表调校	258
四	仪表常见故障及排除方法	259
五	仪表电路图及元部件参数表	261
第六节	DFQ型 操作器.....	263
一	固定式操作器	263
二	手提式操作器	266
第七节	DFY 型稳压电源.....	276
一	工作原理及主要技术指标	276
二	仪表各组成部分分析与计算	277
三	仪表基本性能测试和调校	281

四	仪表常见故障及排除方法	283
五	线路图及元件参数表	283
第九章	DDZ-Ⅱ 系列执行单元类仪表	286
第一节	DKZ型直行程电动执行器	286
一	DKZ型电动执行器工作原理及主要技术指标	289
二	仪表各组成部分的分析与计算	293
三	仪表调校	302
四	常见故障及排除方法	304
五	整机线路图及元部件参数表	305
六	永磁式低速同步电动机	308
第十章	DDZ-Ⅱ 系列仪表应用	325
第一节	调节对象对调节系统的要求	325
第二节	调节方案的拟定	328
第三节	调节系统的安装和调整	341
第四节	调节系统运行考验	344

第一章 DDZ-III系列电动 单元组合仪表概述

为了适应我国工业生产过程自动化的不断发展，我们总结 DDZ-I 系列、II 系列电动单元组合仪表研究、制造、使用的经验，吸取国外同类仪表的先进技术，研制了 DDZ-III 系列电动单元组合仪表。这是一套新型的工业自动化仪表。

第一节 DDZ-III 系列仪表基本特点

DDZ-III 系列仪表，是按照自动检测与调节系统中各组成部分的功能和现场使用的要求，将整套仪表划分成各大类，每一大类又划分成基本能够独立实现一定函数转换作用的单元。各单元之间的联系采用统一的标准电信号，用这些通用的单元进行各种组合，可以构成复杂程度各异的多种自动检测、调节系统与计算机联用可构成计算机控制系统，适用于石油、化工、电站、冶金、机械、轻工等工业企业的生产过程自动化。

DDZ-III 系列仪表的基本特点

一、信号制及传输方式

根据国际电工委员会 (IEC) 推荐标准“过程控制系统的模拟直流电流信号”，同时根据我国的情况，本系列仪表传输信号（进出控制室信号）采用直流 4~20 毫安，联络信号（控制室内）为直流 1~5 伏，即采用电流传输，电压接收的并联制的信息系统。

二、调节器多功能化

本系列仪表调节器不但显示醒目直观，显示标尺长达 100 毫米，显示方式既有偏差指示，亦有全刻度指示；“手动—自动”切换采用双向非平衡无扰动切换，操作简单安全，同时兼有输出值保持机能；调节器还能与工业控制计算机联用；对于一些特殊调节规律的系统，可以扩展成各种特殊调节器，满足系统的要求。

三、安全火花型防爆性能

本系列仪表为了满足石油化工生产易燃易爆危险场所自动化需要，设计成安全火花型（即本质安全型）防爆系统。

四、变送器信号传输方法

DDZ-III 系列仪表采用直流电源集中供电，传输信号采用“活”零点方式使变送器能实现

两线制传输，即电源线与输出线合用二根传输线。试看以下的原理：

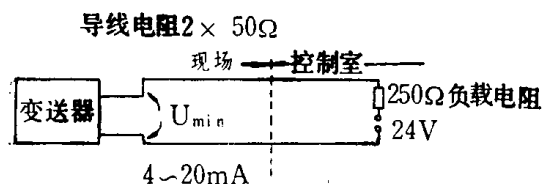


图1-1-1 两线制变送器传输原理

(一) 变送器最小工作电压

假设传输导线电阻为100欧姆，负载电阻为250欧姆，则总电阻为350欧姆。传输电流为20毫安，则压降为7伏，考虑电源电压24伏负向变化5%为22.8伏，则变送器最小工作电压为 $U_{min} = 22.8 - 7 = 15.8$ 伏。

(二) 变送器最小工作电流

按信号制规定最小工作电流不大于4毫安。

DDZ-Ⅲ系列仪表变送器的检测放大器，在设计上满足了在最小工作电压和最小工作电流下正常工作的条件，实现了二线制传输，简化了安装，减少了安装费用。

五、采用集成电路

DDZ-Ⅲ系列仪表由于采用线性集成电路，使仪表实现了高密度组装，因而体积小，重量轻，功能多，功耗低，提高了仪表使用的可靠性、稳定性。

六、系统构成形式多样化

按照工业自动控制的要求，DDZ-Ⅲ系列仪表品种、规格繁多，能灵活地组成不同形式的各种调节系统。

七、采用低压直流集中供电

控制室内安装仪表采用直流低压24伏集中供电，一方面可以满足安全火花防爆的要求，另一方面当突然发生电源断电事故时，能自动将备用电源接入，从而提高整套仪表供电的可靠性。

第二节 DDZ-Ⅲ系列仪表基本结构

一、品种分类

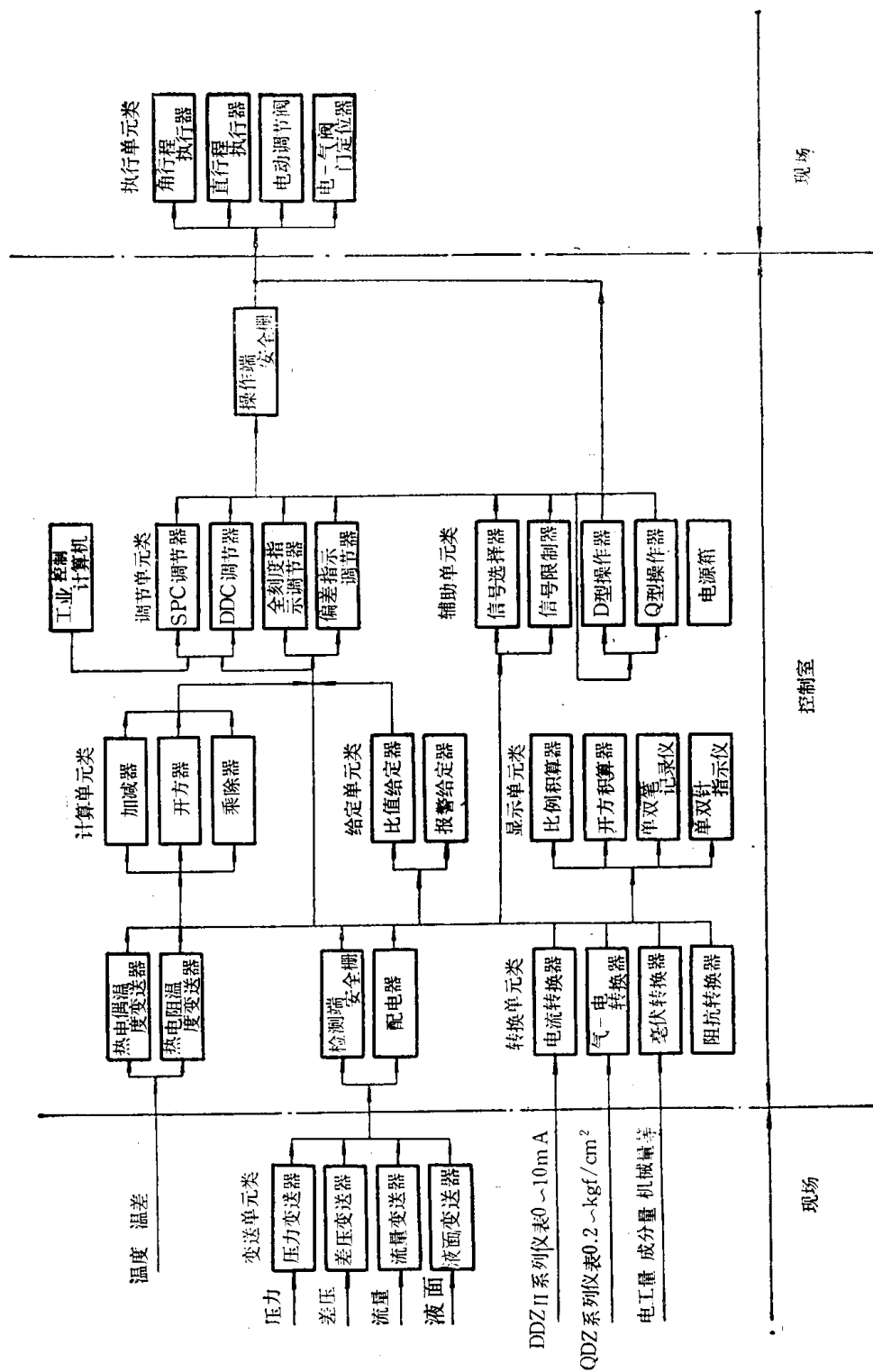
DDZ-Ⅲ系列仪表可分为现场安装仪表和控制室安装仪表两大部分。根据在系统中所起不同作用，现场安装仪表可分为变送器类仪表和执行器类仪表；控制室内安装仪表又可分为调节器类、转换器类、计算器类、显示仪表类、给定器类和辅助单元类等八大类。

整套仪表现有品种共计148个，规格478个，其中基型品种64个。

二、系统组合示意图

在DDZ-Ⅲ系列仪表中有一系列安装在现场的把各种自然参数（如温度、压力、流量等）转换为统一电信号的变送器。这些电信号传送到控制室，根据生产过程的工艺要求进行处理，如显示、比例积分微分运算等，处理后的信号又从控制室传输到现场，操纵现场执行机构，使这些自然参数按照生产过程的需要进行调节。

其它工业自动化仪表通过若干转换器，转换成Ⅲ系列仪表统一的电信号之后，也可纳入DDZ-Ⅲ系列仪表的调节控制系统。系统组合的示意图如下：



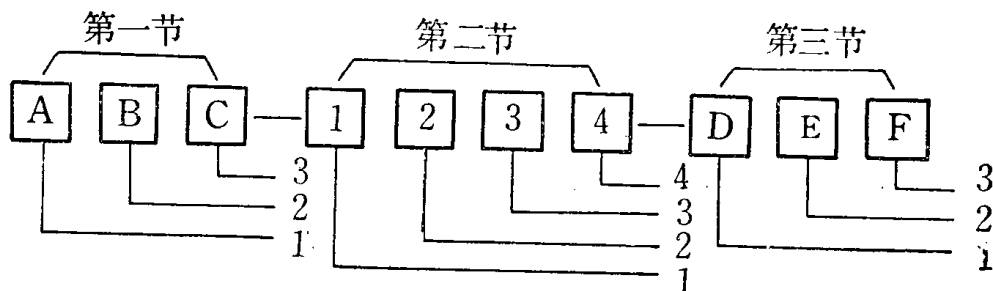
DDZ-II 系列电动单元组合仪表系统组合示意图

三、型号命名

根据各类产品的特点和习惯用语的情况，除指示和记录仪表称为指示仪和记录仪外，其余仪表均称为器，如变送器、转换器、计算器、调节器、执行器等。

整套仪表以电(Dian)、单(Dan)、组(Zu)三字的汉语拼音第一个大写字母标志，即DDZ，并取DDZ-Ⅲ系列代表具有上述设计特点的电动单元组合仪表。

根据“工业自动化仪表产品型号编制原则”的规定，DDZ-Ⅲ系列仪表各类产品的型号由三节构成，各节之间以短横线隔开。其组成形式如下：



DDZ-Ⅲ系列电动单元组合仪表的型号命名

(一) 第一节由三个汉语拼音大写字母组成(个别品种可用四位)。

第一个字母取D，以表示电动单元组合仪表的产品。

第二个字母代表产品的大类：

变送单元类 (B)

转换单元类 (Z)

计算单元类 (J)

显示单元类 (X)

调节单元类 (T)

辅助单元类 (F)

执行单元类 (K)

给定单元类 (G)

第三个字母代表产品的小类如：

温度、温差 (W)

压力 (Y)

差压 (C)

交流mV转换 (T)

流量 (L)

液位 (U)

直流mV转换 (H)

浓度 (N)

加减 (J)

指示断续调节 (D)

乘除 (S)

开方 (K)

角行程执行器 (J)

指示 (Z)

记录 (J)

直行程执行器 (Z)

报警 (B)

积算 (S)

频率转换 (P)

限幅 (F)

选择 (C)

气电转换 (Q)

安全栅 (A)

配电器 (P)

比值给定 (B)

电源 (Y)

气动操作 (Q)

电动操作 (D)

指示调节 (Z)

.....

(二) 第二节由四位阿拉伯数字组成，这四位阿拉伯数字代表产品的系列、规格和结构特征。

(三) 第三节由1个或数个汉语拼音大写字母组成, 标志产品的特殊用途: 安全 火花 防爆(A)、隔离防爆(B)、防腐(F)、船用(C)等等。如果某台仪表具备上述情况中的某一种则第三节由一个字母组成; 如具备两种或两种以上的, 则按上述次序排列。

四、结构形式

DDZ-Ⅲ系列控制室内安装的仪表结构形式分为两种:

(一) 盘装式结构

1. 盘装式结构单机尺寸系列如图1-2-1所示:

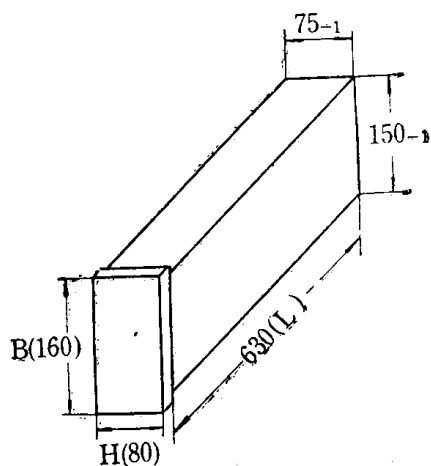


图1-2-1a 盘装仪表(竖)外形图

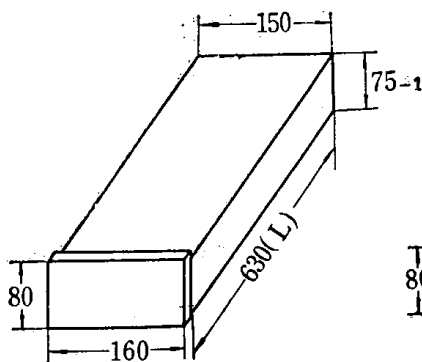


图1-2-1b 盘装仪表(横)外形图

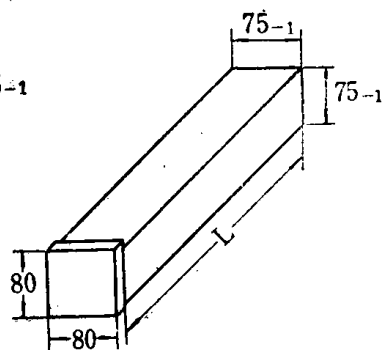


图1-2-1c 盘装仪表外形图

图1-2-1a 盘装仪表(竖)外形图

名义尺寸: 宽(B)×高(H)×深(L) $80 \times 160 \times 360$
 630

安装尺寸: 宽(b')×高(h) $76^{+1} \times 152^{+1}$

箱身尺寸: 宽(b)×高(h) $75_{-1} \times 150_{-1}$

图1-2-1b 盘装仪表(横)外形图

名义尺寸: 宽(B)×高(H)×深(L) $160 \times 80 \times 360$
 630

安装尺寸: 宽(b')×高(h') $150^{+1} \times 76^{+1}$

箱身尺寸: 宽(b)×高(h) $150_{-1} \times 75_{-1}$

图1-2-1c 盘装仪表外形图

名义尺寸: 宽(B)×高(H)×深(L) $80 \times 80 \times 360$
 630

安装尺寸: 宽(b')×高(h') $76^{+1} \times 76^{+1}$

箱身尺寸: 宽(b)×高(h) $75_{-1} \times 75_{-1}$

2. 盘装式仪表集装时其尺寸规定如下:

(1) 集装型仪表的外壳高度尺寸如表1-2-1所示。

表1-2-1 仪表集装时外壳高度尺寸表

名义尺寸 H	外形尺寸 H'	箱身尺寸 h	安装孔尺寸
160	160	150 ₋₁	152 ⁺¹

单位mm

(2) 集装仪表的外壳宽度尺寸如表1-2-2所示。

表1-2-2 仪表集装时外壳宽度尺寸表

仪表个数	名义宽度B	最大宽度B'	组合总宽度b	安装孔宽度b'
1	80	80	75 ₋₁	76 ⁺¹
2	160	156	151 ₋₁	152 ⁺¹
3	240	232	227 ₋₁	228 ⁺¹
4	320	308	303 ₋₁	304 ⁺¹
5	400	384	379 ₋₁	380 ⁺¹
n	80n	76n ⁺⁴	(76n-1) ₋₁	76n ⁺¹

单位：mm

(3) 盘装式仪表集装时尺寸示意如图1-2-2所示。

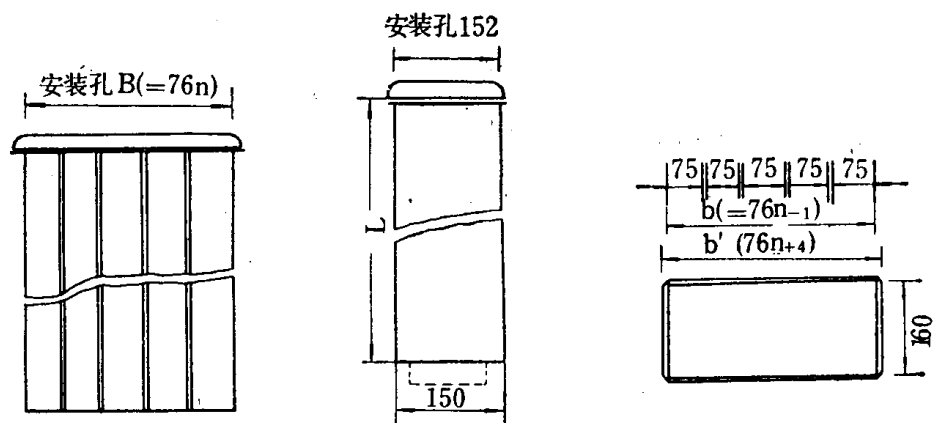


图1-2-2 集装仪表表壳组合示意图

注：n. 组合箱子数
b. 组合箱身总宽
b'. 组合最大宽度

(二) 架装式仪表外形及安装尺寸如图1-2-3所示。

(三) 现场安装式仪表安装尺寸

1. 变送器安装尺寸

(1) 可横或竖夹装在 $\phi 60 \pm 5$ 毫米的管道上；