

选矿厂 自动化 原理

[苏] B. H. 古吉玛 著
陈鼎玖 郑 飞 译

中国建筑工程出版社

选矿厂自动化原理

(自动检测与调节)

[苏] В.И.古吉玛 著

陈鼎玖 郑 飞 译

中国建筑工业出版社

本书叙述选矿厂应用的自动检测和调节装置的工作原理和用途。介绍了自动调节理论的知识。讨论了破碎、筛分、磨矿、分级、浮选、重选、磁选、脱水和干燥过程的自动化系统。

本书可作为有关专业学校的教材，也可供选矿厂的工程技术人员和高等院校学生参考。

本书第一、二、三章由陈鼎玖翻译，第四章由郑飞翻译。郑飞统定全稿。全书由陈绿深校订。

В.И.ГУДИМА
ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК
(автоматический контроль и
регулирование)
МОСКВА «НЕДРА» 1979

* * *
选矿厂自动化原理
(自动检测与调节)

陈鼎玖 郑飞 译

*
中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*
开本：787×1092毫米 1/32 印张：7⁷/₈。字数：176 千字

1986年12月第一版 1986年12月第一次印刷

印数：1—21,000册 定价：1.50元

统一书号：15040·5069

目 录

绪言	1
第一章 自动检测	3
第一节 基本概念和定义	3
第二节 压力测量	6
第三节 物位(液面)检测	11
第四节 密度测量	19
第五节 流量测量及其计量	24
第六节 温度测量	35
第七节 液体介质成分的分析	39
第八节 固体产品成分的分析	44
第九节 水分测量	50
第十节 粒度组成测量	52
第十一节 运输机皮带速度及皮带上存在金属物体的检测	56
第十二节 传送变换器	58
第十三节 具有力补偿的变换器 ΓCII	61
第十四节 测量系统与仪表	63
第二章 自动调节原理	78
第一节 基本概念与定义	78
第二节 自动调节与自动控制系统分类自动调节系统的 基本装置	84
第三节 自动调节系统部件的数学描述	91
第四节 自动调节系统部件的动态特性	97
第五节 典型环节和环节的联接	104

第六节	调节对象的动态特性	120
第七节	连续作用调节器的动态特性	124
第八节	线性自动调节系统	132
第九节	线性自动调节系统的稳定性	138
第十节	线性自动调节系统中过渡过程的品质	143
第十一节	继电型的自动调节系统	149
第三章	自动调节装置	152
第一节	开关型电调节器	152
第二节	电子调节器	153
第三节	铁磁电动式调节器	170
第四节	气动调节仪表	175
第五节	调节器的执行机构	186
第六节	调节机构	190
第七节	浮选给药控制仪表	198
第四章	工艺过程的自动化	202
第一节	破碎与筛分	202
第二节	磨矿和分级	207
第三节	浮选	222
第四节	重选	229
第五节	磁选	234
第六节	脱水	235
第七节	干燥	238
参考文献		246

绪 言

工艺过程是保证某个生产过程达到一定的目标或结果的所有作用，主要是保证生产产品的质量或数量和生产过程的安全进行。在机械化生产中，人们必须对工艺过程进行控制。

在操作控制过程中，用技术设备代替人工操作称为自动化，而完成控制操作的技术设备称为自动装置。

自动检测、自动调节和自动控制是自动化的最重要的组成部分。

自动检测用以保证获得和处理控制过程所需要的信息，反映过程的进行及其所通过的技术设备的状况，以及影响过程的外部条件。

自动调节使表征过程状况的变量维持不变，或按给定的规律变化。

自动控制是在没有人直接参加下，完成过程控制中可能出现的整套操作。

生产过程自动化的技术设备，主要是仪表制造工业提供的。

整个国民经济部门的飞速发展和自动化的广泛采用，必须进行整套自动化装置的研制，以替换仅适用于现有的某些机组且用途不广的装置，这样的装置数量很大。为了满足工业增长的需要，苏联研制了统一的国定工业仪表与自动化装置系统（ГСП），它集合许多最通用的标准部件、仪表、

单元，以及具有广泛适应性的装置。ΓCΠ 的结构 提供了用标准测量和自动装置来组成许多复杂多样的自动检测、调节和控制系统的可能性。

根据能源的种类、输入和输出信号的形式，ΓCΠ 分为电动、气动和液动三大类。电动和气动的ΓCΠ装置已在选矿厂得到应用。

选矿厂自动化的目的，在于提高技术经济指标，改善劳动条件和劳动的安全性。

根据选矿厂的特点来处理企业的自动化技术问题。这些特点是：生产的流动性和连续性；给料的物质组成，物理机械特性和数量的不稳定；在一个厂内，工艺过程和选矿设备多样化；原料的高磨损性和辅助材料的腐蚀性；所用机械设备的功率范围宽；整个选矿厂电耗和水耗量大；有大量各种运输和连接设备；存在有爆炸危险的、多尘的具有腐蚀性的介质和水分较高的车间工段。

影响选矿过程的主要工艺参数是：选矿原料和产品的物质组成；各种介质（固体、液体、气体）的流量；矿浆密度；在设备中的选矿产品品位；选矿矿浆和产品的温度；矿浆中药剂浓度；破碎和磨矿产品的粒度组成，矿石和精矿的水分；工艺管线和设备中的压力（真空度）。

用于选矿厂的测量方法和自动化装置的结构形式，要满足选矿厂生产能力和使用可靠的特殊要求。

选矿厂实现自动化后，由于产品产量的提高和人员的减少使劳动生产率得以提高；还由于降低损失、减少电耗和材料消耗，使生产成本降低而成品的质量得到提高^[2]。

第一章 自动检测

第一节 基本概念和定义

检测任务是显示某一种过程一定的运行情况，如果这些情况的显示，没有人工直接参加或部分参加时，那么这样的检测通常称为自动检测。

实现自动检测的技术装置总体，称为自动检测系统。

测量表征过程进行情况及其数值的物理量，是检测最重要的组成部分之一。借助特殊的技术设备，用试验方法获取物理量的过程称为测量。

被测物理量的信息，通常称为测量信息。

在测量过程中，要确定被测量比其同类物理量大或小若干倍之比值，以此比值作为单位。

根据国定全苏标准 ГОСТ 9867-61，苏联从 1963 年开始实行国际制单位^①，缩写符号为 СИ (SI)。

测量物理量时，不可避免地会产生测量结果与被测量真值的偏差，此偏差称为测量误差。

要区分绝对误差和相对误差的概念。

测量结果 $x_{изм}$ 与被测量真值 x 之差称为绝对误差 Δx ，用被测量的单位表示：

$$\Delta x = x_{изм} - x$$

① 1960年第十一届国际计量会议上采用的国际制单位。

绝对误差与被测量真值之比称为相对误差 δ ：

$$\delta = \frac{\Delta x}{x}$$

由于 $x_{\text{изм}}$ 值往往接近 x 值，且 x 值是未知数，所以采取下式：

$$\delta = \frac{\Delta x}{x_{\text{изм}}}$$

相对误差用百分数表示，因此，上式的计算结果乘以 100。

测量设备与辅助设备总称为测量系统，测量设备和辅助设备用通讯网路连接，用以处理测量信息的信号^①，其形式要便于自动处理、传送和（或）便于在自动控制系统中采用。

测量变换器和测量仪表属于测量设备。

测量变换器^②是处理测量信息信号的测量设备，其输出信号在形式上要便于传送、进一步变换、加工和（或）保存，但是不能为观测者直接的感觉所接受。

输入被测量的测量变换器，即测量回路中第一部分，称为一次测量变换器（一次变换器）。处在被测量直接作用下的变换器元件称为敏感元件。

在测量回路内处在一次变换器后面的测量变换器，通常称为中间测量变换器（中间变换器）。

用以远距离传送^③测量信息信号的测量变换器，称为传

① 同被测物理量有函数关系的信号称为测量信息信号。进入测量设备输入端的信号称为输入信号，在其输出端取出的信号称为测量设备的输出信号。

② 测量变换器简称变换器。“发送器”术语在文献中经常遇到。

③ 在一定的距离内传送。

送测量变换器（传送变换器）。

用以处理测量信息信号，在形式上使观测者易于直觉了解的测量设备，称为测量仪表。

测量仪表完成指示、记录和积分^①。

指示仪表只能读数，为此，指示仪表装设了由指示器（指针）和刻度尺组成的读数装置。刻度尺包含标志线和某些读数的整数值、或一些相应顺序数值的其他符号。在刻度尺上指示被测量的最小值称为刻度尺的起始值，而刻度尺上指示被测量的最大值称为刻度尺的终止值。终止值与起始值之间的刻度尺数值区为指示范围。

记录仪表用于记录指示值。仪表上装有记录装置。自记式仪表是此类仪表的一种形式，它采用记录纸的形式进行指示记录，用记录笔或用带有给定间断点与数字标记的打印装置在运动速度恒定的记录纸带上实现记录数据。全部自记式仪表都具有读数装置，即它同时也是指示仪表。

在积分仪表中，对引入量按时间或按其他的独立变量进行积分。积分装置（计数器）经常安装在自记式测量仪表内。

测量设备的能源供应装置和保护测量设备免除外部干扰的保护装置等都属于测量系统的辅助设备。

对于每台测量设备都规定了相应的正常使用条件，如环境的温度、湿度等。测量设备在正常条件下使用的误差，称为基本误差。当工作条件偏离正常条件时将产生附加误差。

测量设备还能够允许使用时的最大误差（不考虑符号）称为测量设备的允许误差极限。

① 这里不讨论其他类型的测量仪表。

用精度等级来评定测量设备。精度等级是允许的基本误差和附加误差、以及对精度有影响的测量设备的其他性能的综合特性，在标准条件下，按单个测量设备来确定其精度值。

根据用途和提供的任务，测量系统可包含有一个或几个测量变换器和测量仪表。在结构上，系统的各部件可制成单独的装置，然后联接成单元器件或组合在一台设备之中。

在自动检测系统中还设有信号发送装置，表示参数超出指定范围，只要参数超出了给定范围，它便发出信号，而与超差的程度无关。这种装置称为发送器-继电器或信号器。

第二节 压力测量^①

SI制中，压力单位是帕斯卡（帕）。

工业仪表以公斤力/厘米²（公斤力每平方厘米）和公斤力/米²（公斤力每平方米）来测量压力。为了把仪表指示值换算为SI制单位，应当采用下面关系式：

$$1\text{帕} = 10.2 \times 10^{-6}\text{公斤力/厘米}^2 = 0.102\text{公斤力/米}^2$$

用于测量压力和压力差（压力降）的设备通称为压力计。就压力计的用途可分为下面几种形式：用于测量表压力的压力计，称为表压力计简称压力计；用于测量负压力（低于大气压力）的压力计，称为真空计或吸力计；用于同时测量表压力和负压力的压力计，称为压力-真空计或吸力-压力计；用于测量不是与周围介质的压力差（压力降）的压力

① 在本章第二～六节中所讨论的大多数测量设备都配备电变换器。因此，在图中不仅表示了电信号（见ГОСТ2.721-74），甚至除了电变换器之外还可能采用气动变换器。

计，称为压差压力计（差压计）。

压力计（吸力计）可测量的气压达40千帕。

所有压力计的敏感元件承受两个压力， P_1 和 P_2 ，并产生与其差值成比例的压差信号。对于表压力计、真空计、吸力计和压力计，压力 P_2 通常等于大气的压力。显然，所有的差压计照例具有两个引入压力的管接头，既可用于表压力测量又可用于负压力测量。

选矿厂所采用的压力计，按作用原理可分为液柱式和变形式两种基本类型。

整个系统的液柱式压力计充满液体，以形成两个承受压力 P_1 和 P_2 的液体腔。数值 $\Delta P = P_1 - P_2$ 被液柱高度 h 的静压力所平衡：

$$\Delta P = h\rho g$$

式中 ρ ——液体密度；

g ——重力加速度。

在液柱式压力计中，所求的压力按液柱高 h 确定，或依靠压力作用在容器表面上所形成的力来确定。双管压力计、单管压力计和浮子式压力计属于第一类型，而钟罩式压力计属于第二类型。

双管压力计（图1a），由两个下部连通的透明管子组成（或用一根弯成U字形的管子构成）。管子垂直固定在底座上，在其整个高度，以中间为零，向两个方向刻度。向管子中灌入液体（水、水银、油、酒精）到零刻度线处。测量时根据两个管子中的液面差来进行读数，不过这种方法有时使用不方便。

单管压力计（图1b）使用更为方便。单管压力计是双管压力计中一个管子用容器代替，容器的直径比另一个管子

的直径大得多。因为在容器内液面 h_2 的降低不多，可以忽略不计，所以可只按液柱高度 h_1 来进行读数。这样，简化了测量过程。

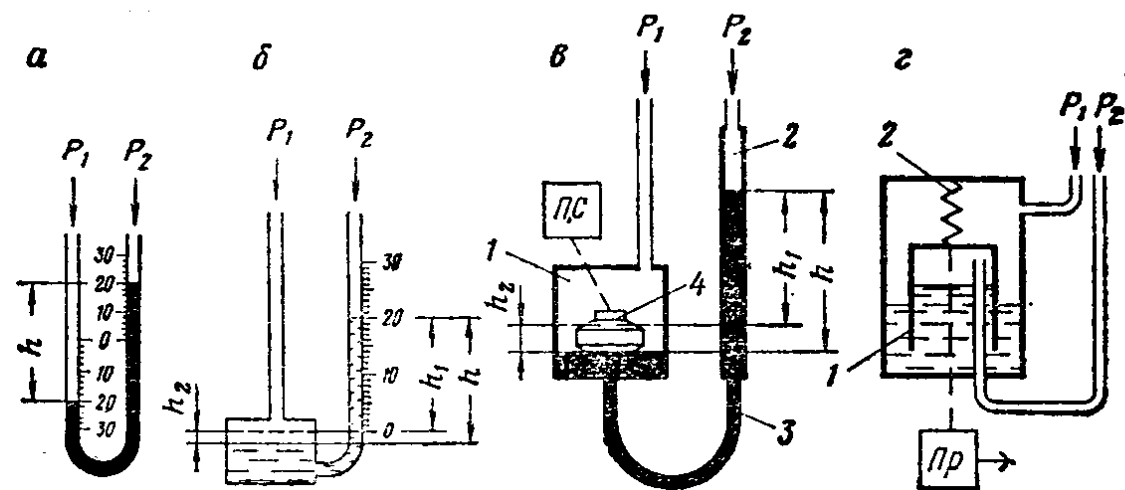


图 1 液柱式压力计

a—双管压力计；b—单管压力计；c—浮子式压力计；d—钟罩式压力计

浮子式压力计（图1c）带有两个容器1和2，容器之间用管子3连通。大的压力进入宽容器，在此容器内，处在液体（水银、油）的表面上的浮子4跟着液面变化。浮子的位移与压力差的数值有关，并把位移传给仪表读数装置的指针 Π 和仪表记录装置的记录笔C。

钟罩式压力计（图1d）的敏感元件是悬挂在弹簧2上的钟罩1。钟罩部分地浸入封闭液（油）中，把大压力室（在钟罩上面）与小压力室（在钟罩下面）隔开。

钟罩1在压力差的作用下产生位移，并为平衡弹簧2所缓冲。传送变换器 Πp 与钟罩有机械连结。

工业生产的浮子式压力计和钟罩式压力计用于测量压力差，即作为差压计之用。

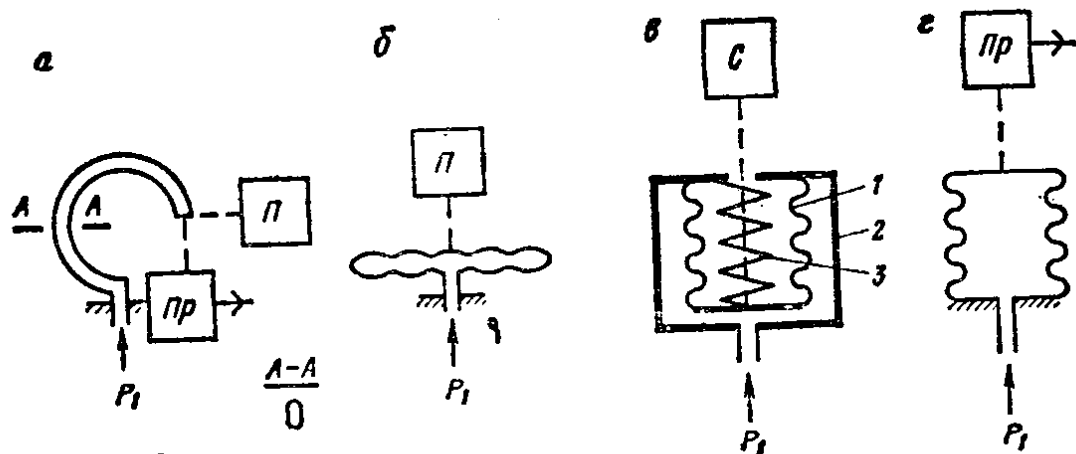


图 2 变形式压力计

a —弹簧管式压力表； $б$ —膜片式压力计； $в$ —具有外压力传递的波纹管式压力计； $г$ —具有内压力传递的波纹管式压力计

变形式压力计的工作原理，是建立在敏感元件的弹性变形压力或元件展开力与压力有关的基础上的。采用弹簧、膜片、波纹管 and 挠性膜片作为敏感元件。因此压力计又可分为弹簧管式压力计、膜片式压力计、波纹管式压力计、以及挠性膜片式压力计。

具有单圈弹簧管的弹簧管式压力表是广泛采用的压力表之一。这种压力表能在很大的测量范围内测量表压力和负压力。

弹簧管（图 2 a ）是具有椭圆形或扁圆形横截面的弯曲管。弹簧管与测量介质联系的一端固定不动，另一端严密焊接。在内部压力的作用下，弹簧管力图减少本身的弯曲度，因此使弹簧管的自由端（密封端）产生位移。这个位移传给仪表的读数装置或记录装置，或被传送变换器所接受（图 2 a 表示带有传送变换器 Πp 的仪表指示装置 Π ）。

此类仪表还有另一种形式，它装有接点，当被测量达到给定值时接点动作。这种仪表称为电气接点压力计。

在压力计、吸力计和吸力-压力计中有采用膜片作为敏感元件的。这种仪表的弹性敏感元件是膜盒（图2б），膜盒由两片沿着圆周边焊在一起的圆盘形波纹膜片组成。膜盒的内腔和大压力的介质联通。在大气压力与被测压力的压力差作用下，膜盒被压缩或被展开，并传给仪表读数装置的指针 Π 。

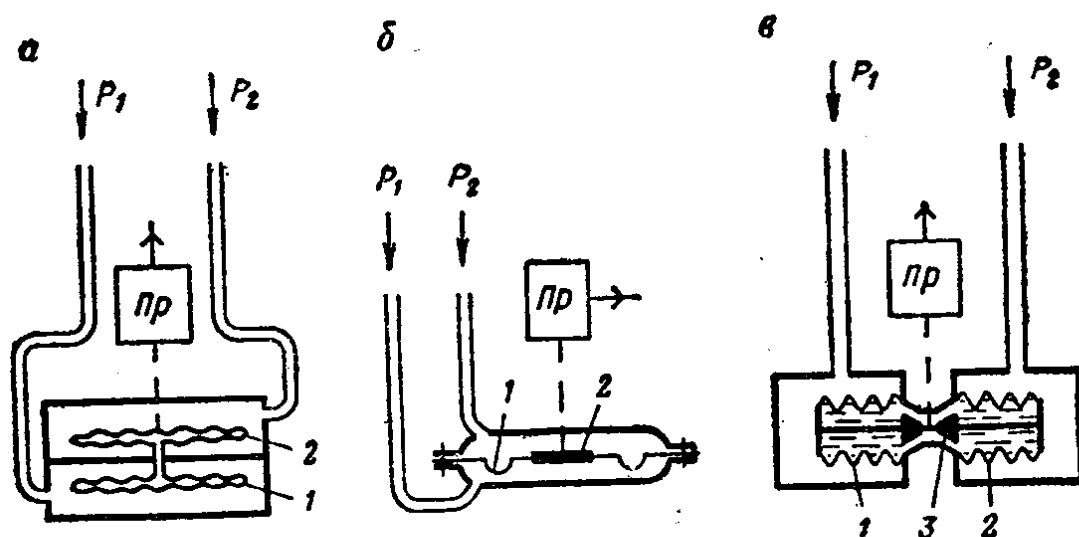


图 3 变形式差压计

а—膜片式差压计；б—挠性膜片式差压计；в—波纹管式差压计

波纹管是一端打开的波纹形的薄壁金属管。波纹管式压力计有从波纹管外面传受被测压力（图2в）和从波纹管里面传受压力（图2г）两种形式。

前一种压力计（见图2в），波纹管 1 安装在外壳 2 内。被测压力值变化，引起波纹管和处于波纹管内的标定弹簧 3 的弹性变形。波纹管底面的位移传给仪表的记录装置 C。

后一种压力计（见图2г），展开波纹管的力被产生输出信号的变换器 Πp 所平衡（补偿），输出的信号与被测量的压力成比例。

变形式差压计如图 3 所示。

膜片式差压计（图3a）的弹性敏感元件是膜片部件，由充满液体（蒸馏水）的相互联通的膜盒 1 和膜盒 2 组成。大的压力引入下室，下室内配置膜盒 1。而小的压力引入上室，膜盒 2 安置在上室内。

在压力差的作用下，膜盒 1 被压缩，盒内的水排入膜盒 2，使之膨胀，膜盒 2 膨胀引起的位移为传送变换器 Πp 所接受。

差压计的敏感元件（如图3b所示）是用外壳压住的带有刚芯 2 的挠性（软）膜片 1。膜片将压力差变换成力，它为变换器 Πp 所平衡并由变换器产生测量信息的信号。

波纹管式差压计的敏感元件（图3c），由配置在共同基底上的两个波纹管 1 和 2 组成，两波纹管的封闭端之间用联接杆 3 刚性联接，内腔充满液体（硅有机物）。在压力差的作用下，波纹管开始变形，使联接杆移动，联接杆与补偿变换器 Πp 机械相连。

波纹管式差压计有指示式 and 自记式两种。

第三节 物位（液面）检测

用以连续测量物位的设备（物位计），以及当物位变化高于或低于给定值时用以发送电气信号的物位发送器—继电器（物位信号器、物位继电器），已在选矿厂中得到应用。

物位计 物位用米或毫米单位进行测量。

浮标式液面计、吹气式液面计、静压力式液面计、电容式物位计、声学（超声波）式物位计、电触点式物位计、探针式物位计和放射性同位素物位计，已用于选矿过程自动检

测与调节的系统中。

前三种型式的物位计（浮标式、吹气式、静压力式）仅用于液体和矿浆的液面测量。

浮标式液面计的敏感元件（图4a），是一个漂浮在液体表面上的浮标1。液面变化所引起的浮标位移，被传送变换器 Πp 所接受。

当浮标式液面计在有粘附倾向的介质中使用，出现与浮标质量变化有关的附加误差，因为浮标的质量变化导致浮标沉入程度的变化。这就限制了浮标式液面计的使用，其中包括在浮选矿浆中使用。

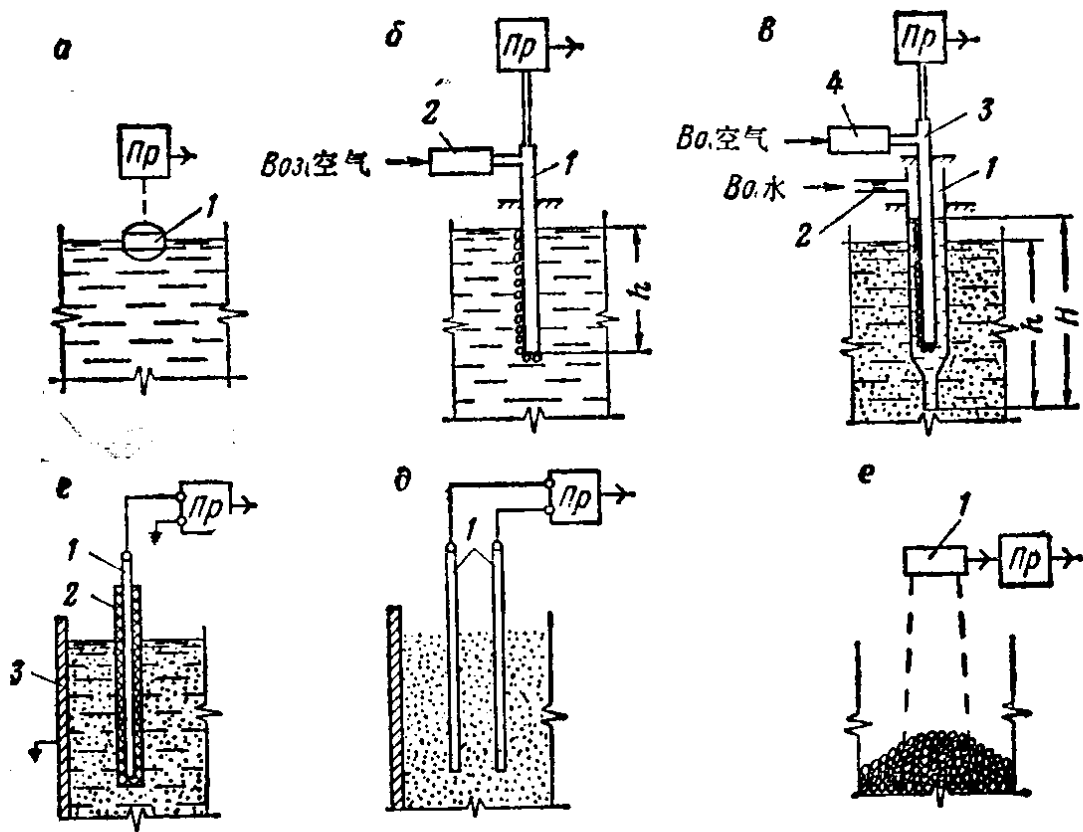


图 4 物位计

a—浮标式；b—吹气式；c—静压力式；d—用于导电介质的电容式；
e—用于非导电介质的电容式；f—超声波式物位计