

945/80

高等学校教学用书



供热、供煤气及 通风系统自动学

列·琴·斯克利茨基著

人民教育出版社

高等学校教学用书



供热、供煤气及 通风系统自动学

列·琴·斯克利茨基著

同济大学机电系^电供热、供煤气及通风^工教研组译

人民教育出版社

本书系根据 1957 年出版的苏联科学技术博士列·琴·斯克利茨基(Л. П. Скрицкий)教授编著的“供热、供煤气及通风系统自动学”(Автоматика в системах тепло-газоснабжения и вентиляции)译成的。原书经苏联高等教育部审定为建筑工程高等学校供热、供煤气及通风专业的教科书。

书中阐述：自动检测、远程控制、自动调节和运动学的设备(方法和器械)；各种供热、供煤气及通风系统和锅炉设备的自动化技术；以及自动化的技术经济意义和发展远景。

本书可作为上述专业的大学生及工程技术人员学习和参考之用。

簡 裝 本 說 明

目前850×1168毫米規格紙張較少，本書暫以787×1092毫米規格紙張印刷，定價相應減少20%。希鑒諒。

供热、供煤气及通风系統自动学

列·琴·斯克利茨基著

同济大学机电系 电 工 教研组译
供热、供煤气及通风

人民教育出版社出版 高等学校教学用书編輯部
北京宣武門內大街27号

(北京市书刊出版业营业登记证出字第2号)

国家統計局印刷厂印装

新华書店科技发行所发行

各地新华書店經售

統一书号 15010·984 开本 787×1092 1/32 印张 5 15/16

字数 138 000 印数 0001—4,000 定价 (7) 5 0.60

1961年1月第1版 1961年1月北京第1次印刷

作者贈言

中国現在正在建設巨大的工业与民用供热系統，敷設远距离的煤气輸送管道，建造大規模的采暖通风系統。

为了解决合理运用問題，这些系統就必須采用檢測、远程操縱和自动調節設備运行的自动化裝置。供热、供煤气及通风系統的自动化，只有在进行这些系統的設計时，就确定了自动化問題的全部原則，才可能有效地实现。

本书譯成中文出版后也許会便于这些問題的解决。

在中国已建立起仪表制造工业，并生产出各种型式的檢測仪表和自动調節裝置。

本书譯成中文出版后也許会有助于对这些仪表和裝置的掌握。

本书是考慮給“供热供煤气及通风”专业大学生学习自动技术用的，但作者也希望它对运用檢測仪表及自动調節器件的生产人員有所帮助。

应当指出，本书是由上海同济大学电工教研組和供热供煤气及通风教研組熊同舟、李恬鉴、聞望、陈沛霖、姜正候、欧天垣、徐乃琛及方怀德同志在很短時間內合譯成功的。

在翻譯本书时，作者正在同济大学工作，因此本书更显示了中苏两国人民之間的友誼。

如果譯本能对中国实施自动技术事业有所帮助，那末作者将感到极大的愉快。

技术科学博士

列·琴·斯克利茨基教授

1959年1月30日于上海

序

本书系根据苏联高等教育部批准的“自动学”教学大纲进行编写的，它适用于土建类高等学校和土木系的“供热、供煤气及通风”专业。

大纲所涉及的问题范围是较广的，课程内容也牵涉到很多方面。要将全部教材压缩到课本篇幅内来叙述便感到特别困难。

作者系根据自己在莫斯科 B. B. 古比雪夫建筑工程学院讲授“自动学”的经验来解决本书的材料结构及有关方法问题。

作者在书中力求介绍供热、供煤气及通风方面的工程师在实际工作中所必需具备的自动学领域内的基本知识。

第一篇探讨自动检测、远程控制、自动调节与远动学的设备（方法与器械）。

第二篇则论述供热、供煤气与通风系统的自动化问题。

书中所引入的只是那些线路与结构的描述，这些线路与结构都是从掌握用在供热、供煤气与通风系统中的自动仪表与器械的工作原理和结构形式的观点出发所必需的。

作者谨对列宁格勒建筑工程学院供热及通风教研组技术科学博士、T. A. 马克西莫夫教授，技术科学副博士、E. Ф. 布劳斯基副教授以及技术科学副博士、A. И. 沙夫诺夫副教授深致谢忱，他们对本书的原稿进行审阅并提出一系列有价值的建议。

作者谨对 B. A. 别钦施坦工程师与 Ю. B. 弗弗尔工程师深致谢忱，他们对本书作了巨大的校订工作并提出一系列很重要的指正。

作者也对技术科学博士 T. И. 巴巴特教授深致谢忱，他对本书的原稿提出重要的改进意见。

作者

目 录

作者贈言	iii
序	iv
緒論	i
 第一篇 供热、供煤气及通风系統用的自动装置	
第一章 参数的自动检测	7
§ 1. 温度的测量	7
§ 2. 压力的测量	21
§ 3. 流量的测量	28
§ 4. 热量的测量	33
§ 5. 其他参数的测量	35
第二章 电力拖动的远程控制	38
§ 6. 基本概念	38
§ 7. 主电路的元件	40
§ 8. 控制电路中的电器	42
§ 9. 信号电路的元件	46
§ 10. 远程控制系统	47
第三章 自动调节	53
§ 11. 基本概念	53
§ 12. 调节对象的特性	55
§ 13. 自动调节系統和调节器的特性	60
§ 14. 自动调节器的組成元件	71
§ 15. 自动调节器	87
§ 16. 调节器型式的选择	97
第四章 远动学与調度	98
§ 17. 远动学	98
§ 18. 調度	105
 第二篇 供热、供煤气及通风系統的自动化	
第五章 热网的自动化	107

§ 19. 热水管网自动化的工艺基础	108
§ 20. 管网水泵的自动化	114
§ 21. 补给装置的自动化	118
§ 22. 管网水温的自动调节	124
§ 23. 凝结水站的自动化	126
§ 24. 排除渗入水的自动化	130
§ 25. 热水管网的过压保护	133
§ 26. 热力网的远程控制与遥控	135
第六章 采暖、通风及供热水系统的自动化	136
§ 27. 采暖系统压力的自动调节	137
§ 28. 水量的自动调节	138
§ 29. 采暖房间温度的自动调节	140
§ 30. 空气温度及湿度的电气调节系统	146
§ 31. 通风加湿设备的电动水力(电动气压)自动调节系统	148
§ 32. 有加热器系统中的水温调节	153
§ 33. 直接从网路中取水的水温调节	155
第七章 煤气供应系统的自动化	157
§ 34. 煤气压力的调节	157
§ 35. 煤气压力升高或降低的保护	164
§ 36. 煤气管网的运动学	167
第八章 锅炉装置自动化	168
§ 37. 自动化的原则	168
§ 38. 锅炉内固体燃料燃烧过程的自动调节	169
§ 39. 锅炉煤气燃烧过程的自动调节	173
§ 40. 筒式锅炉给水的调节	177
第九章 自动化的经济性与远景	179
§ 41. 自动化的技术经济优越性	179
§ 42. 供热、供煤气及通风系统自动化的远景	181
参考书目	183

緒 論

自动学系整个科学技术領域中的一个分支，它是研究使人类从生产过程的直接控制职能中解放出来的技术設備与方法的总称。

控制生产过程的装置叫做自动装置，将生产过程轉換为自动控制，則称作生产过程的自动化。

自动化的实质在于工人用最少的体力消耗来完成生产过程，这样人們只要对生产进程施行主要的控制而得以从繁重的劳动中解放出来。

在自动化生产条件下，改变了工人劳动的性质，而且工人的劳动亦日益与技术員和工程师的劳动接近起来。

生产过程自动化是在1766年由H. H. 波尔佐諾夫首創的，他在工业鍋炉装置中采用了直接作用調節器。

这种調節器系利用下述作用原理进行工作的：当鍋炉里的水位下降时，浮标亦随着降低，从而打开装在給水管終端的閥門，以增加进水量。

約二十年后，即1784年，英国技师詹姆士·瓦特提出在蒸汽机上装置离心式轉速調節器，它后来获得了广泛的应用。

在几十年間，自动学的发展主要是經由机器运转的調節和个别装置的控制的过程。这是由于当时的生产水平較低，工艺过程緩慢，不能刺激自动化的发展。

只是在十九世紀末叶，由于生产规模的扩大与工艺过程的日趋复杂，生产中开始需要連續控制，生产自动化才得到广闊的发展。最初出現的是手动的自动檢測装置；随后，要求进行一定距离

的控制,亦即所謂远方控制。

此外,自动調節与自动控制也是复杂的工艺过程所必須的;因此,在二十世紀的前半世紀中,自动調節装置达到了很高的技术水平。

在最近二十五年中由于供煤气与供热系統的作用半徑很大,并且有大量的分支,因而也需要用有限的訊路来进行控制和測量,这就是所謂的远动技术。

祖国的学者和工程师,对于生产过程自动化的理論与实践作出了巨大的貢獻。

自动調節理論經過 H. A. 維什涅格拉斯基教授的工作得到发展,他在 1877 年出版了关于調節器的著作。A. H. 西达洛夫教授与 H. E. 茹可夫斯基教授也对自动調節問題有过許多貢獻。

当前苏联科学研究机构的工作人員正在从事自动学理論的研究与自动仪表的創制工作。例如苏联科学院自动学与远动学研究所与 Ф. Д. 捷尔任斯基全苏热工研究所等都是有关科学的主要組織机构。

十月革命以后,仪表的制造业在苏联得到特別大的发展,苏維埃仪表制造技术創建起来了。并且掌握了很多新型的仪表和成套装置的制造工作,这些产品都有着很高的技术經濟指标。

苏共第二十次代表大会的指示規定自动装置的生产将有进一步的扩大,1960 年大約將为 1955 年的三倍半。

目前供热、供煤气及通风系統系相互作用的复杂綜合装置,热电厂与中心鍋炉房的供热系統遍布整个城市,供煤气系統的作用半徑几达一百公里,工业企业的通风也是有极多分支的装置。

这样的系統要进行手控不仅是很困难的,而且还要求有很多的工作人員。最有效而經濟的办法,便是使这样的系統采用新的(高度的)技术,也即用机械(机械化)与生产过程的自动化来代替

手的劳动。

自动化的必要条件之一是生产过程的連續性,供热、供煤气及通风系統具有实现自动化的最有利条件;因为,它的工艺过程是連續的(蒸汽、水、煤气与空气都是經常供应的)。

供热系統自动化在于使供热站、热力网与系統的热用戶保持給定的热水的与暖气的工作状态(水、蒸汽等傳热介质的压力、温度与流量)。

借自动化工具的輔助,鍋炉装置可以在最高效率条件下使鍋炉的燃燒过程与供应状态保持在蒸汽(压力与温度)与水(温度)的給定参数范围之內。

为了明确自动化任务的一般概念,不妨先来研究供热与通风系統的簡化示意图(图 1),图上的黑点系表示实现自动检测、远程控制与自动調节的地方。

自动化的基本任务可归納如下:

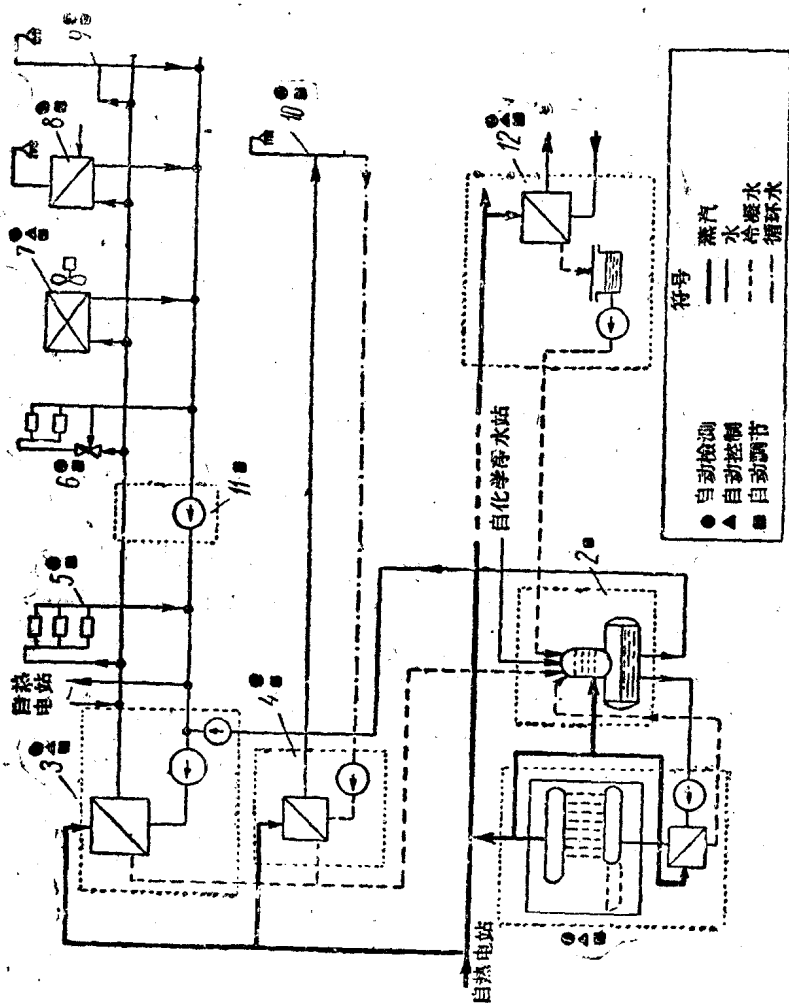
在鍋炉装置 1 中有压力为 25 公斤/厘米² 以下,温度达到 400°C 以及流量到 200 吨/小时^①的自动检测。对于直径达 400 毫米的蒸汽管道上的閘門以及执行燃料輸送和鼓风的电动机实施远程控制(距离达 200 米)。

在除气装置 2 中有蒸汽压力在 1.2~3 大气压范围内的自动調节与除气器内水位的自动調节。

在預热水泵装置 3 与 4 中有水压达 20 公斤/厘米²,温度达 150°C,水的流量达 3,000 吨/小时,蒸汽压力达 10 公斤/厘米²,蒸汽与凝結水流量达 200 吨/小时的自动检测,水的温度与蒸汽压力采用自动調节。

在采暖气系統 5 与 6 中有水流量达 200 吨/小时,水的温度

① 系指区域鍋炉而言。



150°C, 水压达 3 公斤/厘米² 的自动检测; 水压与室内空气温度采用自动调节。

在通风系统 7 中进行空气温度达 20°C、水的流量达 200 吨/小时与水的温度达 150°C 的自动检测, 对空气的温度与相对湿度进行自动调节; 电动机与机械装置则采用距离达 500 米的远程控制。

在热水供应装置 8, 9 与 10 中有水的流量达 30 吨/小时与水的温度达 75°C 的自动检测; 水的温度可以进行自动调节。

在网路变电站 11 进行压送与水压的自动调节。

在蒸汽用户 12 有蒸汽与凝结水流量达 50 吨/小时的自动检测, 进行预热水的温度达 130°C 与凝结水位(抽出)的自动调节; 对直径达 400 毫米的蒸汽管道上的闸门采用距离达 200 米的远程控制。

应当指出, 从有利于自动化状况的观点出发, 在相当广泛的供热与通风系统中, 被调节量的偏差应保持在容许范围内, 例如, 热网中水的温度大约可以保持到 $\pm 1 \div 3^\circ\text{C}$ 的准确度(当水的温度的绝对值为 60~150°C 时); 在有采暖设备的房间中空气的温度可以具有 $\pm 0.5 \div 1^\circ\text{C}$ 的准确度。

供煤气系统自动化在于使煤气压力保持在给定的标准上, 并且防止装置发生不良的超压或低压情况。

供热、供煤气及通风系统采用的自动学, 在苏联与其他国家都已达到相当大的规模。

在苏联, 多数工业用的与采暖用的锅炉, 特别是以煤气作燃料的一些锅炉都已自动化, 在热网中, 预热装置和水泵装置、供热设备和供热入口也都已自动化。

特别在莫斯科、列宁格勒、基辅都已在有采暖设备的处所装置着调节温度的大批自动设备; 在莫斯科的很多区域中热网的用户

入口,也已經全盤自動化。

目前在莫斯科有 300 余用戶采暖入口以及 600 余熱水供應系統的預熱裝置已經自動化。

在熱水網中,對保持各種靜態水位也裝設了自動設備,大規模的空氣調節裝置也已經完全自動化。

所有煤氣網,對壓力調節與防止有害工作狀態都已經有了自動裝置。

自動化可以是局部自動化也可以是綜合自動化,前者對生產工藝過程的控制要求人們定時參與,而後者則是生產過程的完全自動化,人的參與僅在於對自動工作的裝置進行監督與調整。在供熱、供煤氣及通風系統暫時還只採用局部自動化。使這些系統向綜合自動化過渡,正是最近的任务。

為了能夠正確解決供熱、供煤氣及通風系統的自動化問題,應當預先熟習所有現代的複雜的自動裝置。

必須研究自動化的方式與方法,並且探討供熱、供煤氣及通風系統自動化的典型綫路。

第一篇 供热、供煤气及通风 系统用的自动装置

第一章 参数的自动检测

在任何工艺过程中，都有表示过程质量或生产率的所谓过程参数的量。

在供热、供煤气及通风系统中，以温度、压力、物质或能的消耗量、液位以及湿度为基本参数。

供热、供煤气及通风系统工作时，参数的观测系借助于就地作用和远方作用的自动检测仪表来实现的。

任何自动检测仪器都是由敏感(接受)元件和带有刻度盘的测量装置组成的，前者在被测参数作用之下改变自己的性质或大小；后者则将被测参数的变化量转换为指针(在指示式仪表)或记录笔(记录式仪表)沿着刻度盘的相应位移。测量流量的仪器还可能有积算装置。

在就地作用的仪器中，带有刻度盘的测量装置与敏感元件共同放在一个外壳中或者以较短的(不大于10米)的联接线(以水管、毛细管或导线等方式)与敏感元件联系起来。

在远方作用的仪器中，另外还有把读数传送到离开测量参数地点相当远(大约数百米)的一个或数个叫做二次仪表(指示式、记录式)的特殊装置。一次仪表也可能是没有刻度盘的，这时称它为无刻度发送器。

§ 1. 温度的测量

在供热供煤气及通风系统中，测量温度采用液体式、压力式、

膨胀式、双金属式温度计,以及电阻温度计和热电偶。

液体式温度计 这种温度计的原理基于工作液体与温度计管壁玻璃具有不同的体膨胀系数。用水银或酒精作为工作液体。

液体式温度主要作为就地作用的仪器。在毛细管中焊入触头的水银温度计可以用来作为自动调节器的发送器,也可以作为信号装置和连锁装置。

压力式温度计 压力式温度计的原理基于温度提高而体积不变时液体或气体的压力就要增加,或者基于与液体接触的饱和蒸汽压力的增加。这些仪器中的液体或气体被置在一个由温包、毛细管及压力计组成的封闭系统中。

根据填充物的不同把压力式温度计分为三类:液体的、气体的和蒸汽的。

液体的压力式温度计常用水银填充;气体的则用惰性气体,例如氮;蒸汽的压力式温度计用易蒸发的液体填充,例如酒精、醚、氯乙烷等。温度计的温包则放置在需要测量温度的介质中。

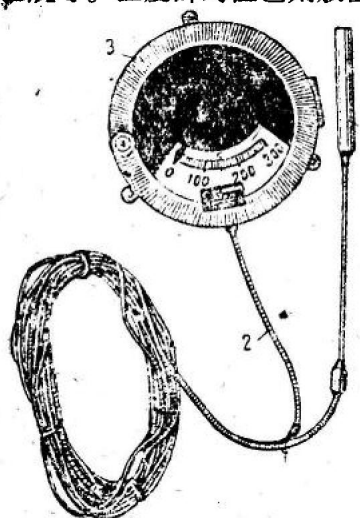


图2. 压力式温度计。

压力式温度计以摄氏温度刻度。国产(指苏联、下同——译者)仪器的连接毛细管,其最大长度为60米,也就是说,可以把仪器从温包放置的地方移到这样远的距离。

毛细管通常要放在周围温度波动不大的地方。

压力式温度计测量温度的范围是从 -40° 到 $+550^{\circ}\text{C}$,并且制成指示式和自记录式两种。图2表示由温包1、毛细管2及具有摄

氏刻度的压力计 3 組成的指示式的压力式温度计。

膨胀式温度计 这一种测量温度装置的作用原理是利用不同材料制成的棒的伸长度的差异性。

常采用线膨胀系数彼此相差很大的金属作为这些材料。最常用的成对金属是：鋼——黃銅($\alpha_{\text{鋼}}=0.000012$; $\alpha_{\text{黃}}=0.000019$)或者黃銅——因鋼^①($\alpha_{\text{因}} \approx 0$)。

图 3 系表示膨胀式温度计的原理图。

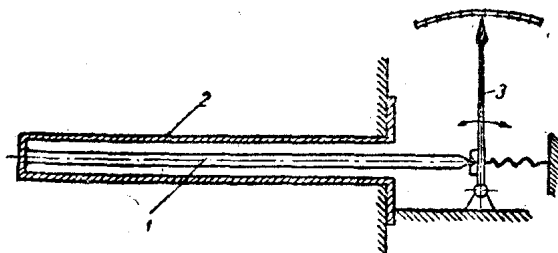


图 3. 膨胀式温度计原理图。

用因鋼制成的棒 1，其一端連結在用黃銅制成的封閉管 2 的底座上，而另一端随着黃銅管的伸长可以产生位移，并作用于指示机构 3。

位移的大小是随棒的长度 l ，温度变化 Δt 及制造温度计的金属的线膨胀系数差 $\Delta \alpha$ 而异。

位移的大小决定于下式：

$$\Delta l = \Delta \alpha l \Delta t. \quad (1)$$

这个量是十分小的。对于黃銅管和鋼棒制的温度计，当 $l = 500$ 毫米， $\Delta t = 100^\circ$ 时，自由端位移 Δl 为

$$\Delta l = (19 - 12) 10^{-6} \cdot 500 \cdot 100 = 0.35 \text{ 毫米}。$$

这就有必要采用一套杠杆系统，用来将棒的运动傳送到指针上去。

① 因鋼是一种铁和镍的合金，具有极小的线膨胀系数，实用上可认为等于零。

在一定范围内，这个缺点被发生于温度计中的相当大的力所补偿。实用上这个力决定于许可应力 σ (公斤/厘米²) 和温度计棒 (或管子) 的截面 F (厘米²) 的乘积。

$$p = \sigma F \text{ 公斤。} \quad (2)$$

可以使膨胀计对电的发送器产生作用以实现读数的远距传送。

双金属温度计 这种温度计的原理基于双金属片受热时由于制造薄片的金属间的膨胀系数差而引起的弯曲。

双金属片系焊接或铆接两片具有不同线膨胀系数的有弹性的金属薄片制成。

双金属温度计的构造原理如下述。

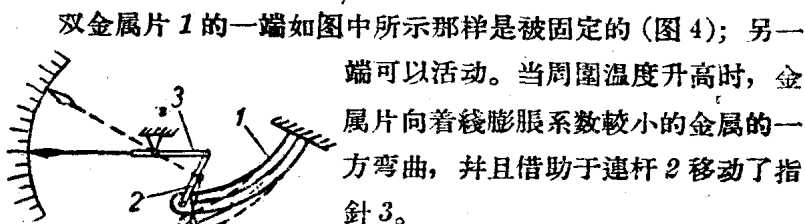


图4. 双金属温度计原理图。

读数的传送可用不同的方法实现，例如可使双金属片作用到感抗或纯电阻上，然后用电气仪表测出这些电量，而电气仪表可标有温度刻度。

电阻温度计 这种温度计的原理基于温度改变时金属本身的电阻也改变的特性。

电阻大小和温度的关系用下式表示

$$R = R_0 [1 + \alpha(t - t_0)], \quad (3)$$

式中 R_0 ——在某一初始温度 t_0 时的电阻；

t ——被测温度；

$\alpha = \frac{1}{R_0} \cdot \frac{dR}{dt}$ ——相对于初始温度 t_0 时的电阻温度系数。