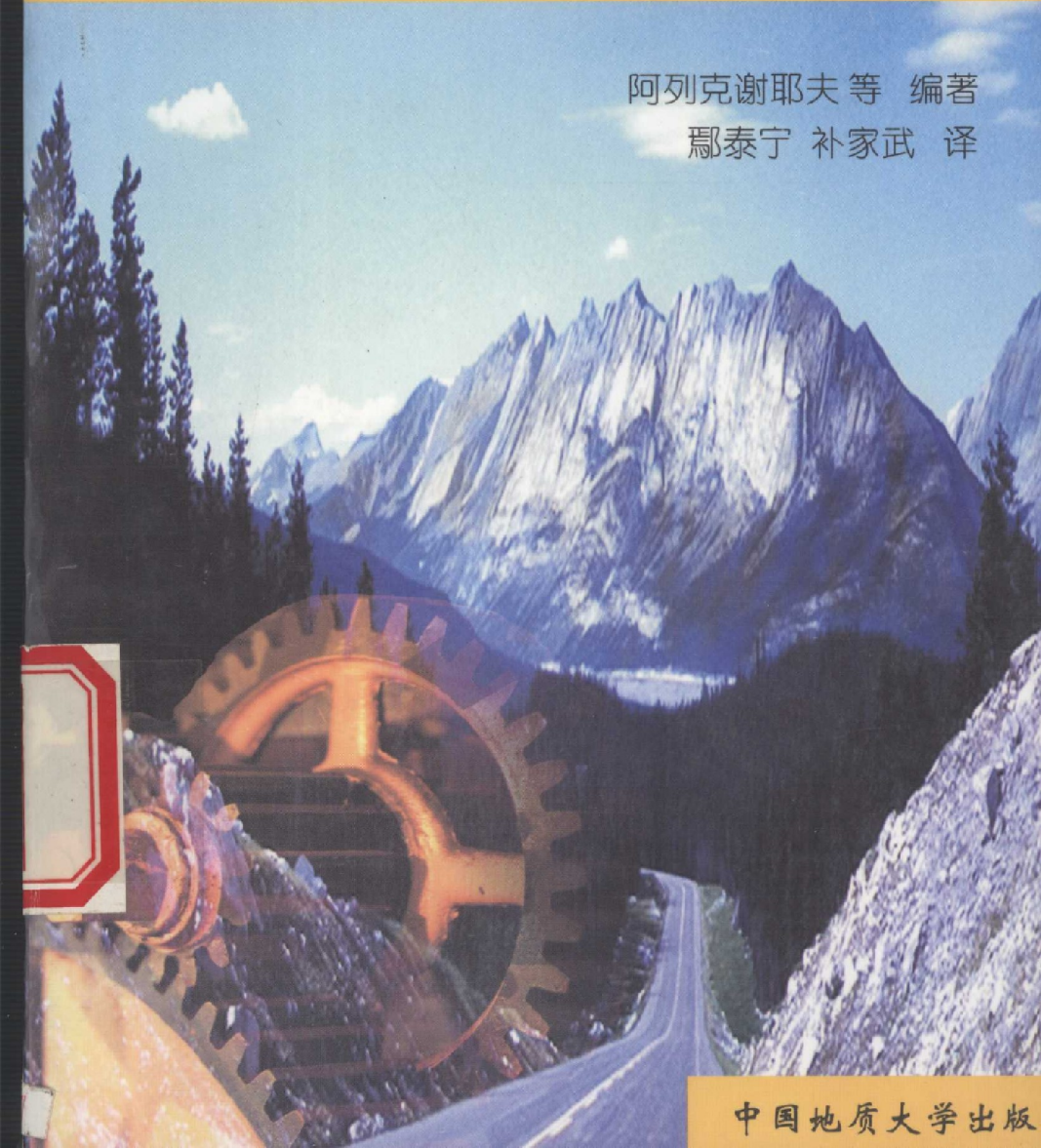


矿山与地勘工作自动化

阿列克谢耶夫等 编著

郗泰宁 补家武 译

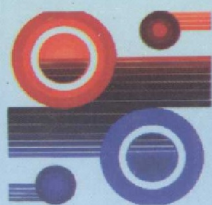


中国地质大学出版社



责任编辑：张华瑛

封面设计：林 森



ISBN 7-5625-1683-9



9 787562 516835 >

定价：13.80 元

矿山与地勘工作自动化

В. В. Алексеев 等编著

鄢泰宁 补家武 译

中国地质大学出版社

内 容 简 介

该翻译教材的原作者是俄罗斯莫斯科国立地质勘探学院矿山与地勘工作机械化与自动化教研室主任 В. В. Алексеев 院士和他的同事 И. В. Шендеров, В. Л. Акимов, 该书俄文版于1998年正式出版, 作为俄罗斯高等学校矿业、地矿类工科专业的专业课教材。书中介绍了自动化技术的部分基础知识, 论述了电驱动的自动控制原理及过程特性, 分别讨论了抽水设备、矿山与坑道通风系统、压风设备、传送带运输、提升机和钻探过程自动化的具体特点、系统组成、工作原理及实际应用。该书紧密结合矿山与地勘工作自动化的特点, 强调自动化在具体工艺过程中的应用, 可作为国内原矿业、地矿、冶金类工科院校矿山机械、采矿工程、探矿工程、设备管理与维修等专业的教材或教学参考书, 也可供从事相关技术工作的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

矿山与地勘工作自动化/阿列克谢耶夫等编著; 鄢泰宁, 补家武译. —武汉: 中国地质大学出版社, 2001. 8

ISBN 7-5625-1683-9

I. 矿…

II. ①阿…②鄢…③补…

III. 自动化-矿山-地质勘探

IV. P633, P634

矿山与地勘工作自动化

阿列克谢耶夫 等编著
鄢泰宁 补家武 译

责任编辑: 张华斌

责任校对: 胡义珍

出版发行: 中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路31号)

邮编: 430074 电话: (027)87483101 传真: 87481537

E-mail: cbo@cug.edu.cn

开本: 850 毫米×1168 毫米 1/32

字数: 146 千字 印张: 5.25

版次: 2001年8月第1版

印次: 2001年8月第1次印刷

印刷: 湖北荆州鸿盛印刷厂

印数: 1 1 000册

ISBN 7-5625-1683-9/P·574

定价: 13.80元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

《矿山与地勘工作自动化》由莫斯科国立地质勘探学院矿山与地质勘探工作机械化与自动化教研室主任 В. В. Алексеев(阿列克谢耶夫)院士等三人编著,于1998年在莫斯科“Недра”(矿业)出版社正式出版。该书被俄罗斯教育部推荐作为高等学校“矿产勘探工艺与技术”、“地勘设备管理与维修”专业的教材,亦作为非自动化专业高等学校学生的教材或教学参考书。

随着社会进步和科学技术的发展,自动化技术及其设备几乎已普及到国民经济的所有领域。因此,对一个未来的工程师而言,自动化的基本原理就像数学、物理、电学和机械学一样,是必不可少的基础知识。

只有实现矿山与地勘工作主要工艺过程的自动化,才可能大幅度提高劳动生产率,保证矿山和地勘工作的安全生产,降低材料和能量消耗,为从业人员创造一个良好的劳动环境,把他们从繁重的手动操作中解放出来,减轻他们的心理和体力负担。这是一个矿业工程师义不容辞的责任。由于大多数生产过程的基础都是把电能转换成机械能,而电驱动的自动控制已是成熟的技术,故书中在介绍自动化技术基础知识之后,用一章的篇幅论述了电驱动的自动控制系统及其工作原理、特性分析及应用实例。接着以矿山与地勘工作中主要的自动控制对象来分章,分别讲述了抽水设备、通风系统、压风机、传送带运输、提升机和钻探过程的自动化特点与工作原理,详述了对各受控对象的速度、位移、扭矩、压力、流量、温度等物理量的监测控制方法及技术手段。考虑到该书的读者是非自动化专业的学生和技术人员,书中尽量回避了大量繁琐的数学推导,强调从矿山与地勘生产工艺过程的特点出发,掌握设计或选择自动控制流程的思路与方法。在写

法上注重深入浅出,对某些传统的自动化(半自动化)监测控制电路的工作原理及其工艺流程作了详尽的分析,以便学生能“举一反三”地把它应用到自己今后的工作任务中去。而且当你致力于以单片(板)微机和工业控制微机为核心来实现类似的自控系统时,这些工作原理与工艺流程也是共同的基础。

该书由中国地质大学鄢泰宁(翻译第五、六、七、八章)和补家武(翻译第一、二、三、四章)共同翻译出版。译者认为我国高等学校专业的划分、教材的建设和矿山与地勘工作的技术进步,都曾在很大程度上受到前苏联的影响。加之目前国内还未见到类似的专门论述矿山与地勘工作自动化的教材,所以这本翻译教材可供国内原矿业、地矿、冶金类工科院校中非自动化专业的矿山机械、采矿工程、探矿工程、设备管理与维修等专业学生使用,也可作为从事矿山与地勘工作自动化技术人员的培训教材与参考书。在该书出版之际,要感谢 B. B. Алексеев(阿列克谢耶夫)院士赠送并委托我们翻译他们新出版的教材,感谢中国地质大学出版社为该书编辑、出版、发行付出的辛勤劳动。

由于译者水平有限,书中的错误之处敬请读者批评指正。

译 者

2001年5月于武汉

УДК 622.62.52(039)

ББК 33.1

А 47

Рецензенты:

Кафедра «Автоматизированный электропривод» Московского энергетического института, д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки и техники *В. И. Щуцкий*

Алексеев В. В., Шевырëв Ю. В., Акимов В. Д.

А 47 Основы автоматики и автоматизация горных и геологоразведочных работ. М.: ОАО «Издательство «Недра»», 1998. — 432 с.: ил.

ISBN 5-247-03778-2

Описаны основные элементы, применяемые в автоматике. Приведены методы анализа и синтеза логических управляющих устройств. Рассмотрено применение микропроцессоров в системах автоматики. Рассмотрены основные системы электроприводов, нашедшие применение при автоматизации производственных процессов. Даны основы теории автоматического регулирования. Освещены принципы автоматизации стационарных машин и установок, даны основы построения систем автоматического управления процессом бурения.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности «Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых».

ISBN 5-247-03778-2

© В. В. Алексеев, Ю. В. Шевырëв,
В. Д. Акимов, 1998

© Оформление. ОАО «Издательство
«Недра»», 1998

目 录

第一章 自动化技术基础	(1)
§ 1.1 生产过程控制和自动化概述	(1)
§ 1.2 自动化系统的性质和特征	(6)
§ 1.3 遥控技术的一般知识.....	(20)
§ 1.4 自动化设备的元件.....	(22)
第二章 电驱动的自动控制	(30)
§ 2.1 电驱动的开环自动控制系统.....	(30)
§ 2.2 电驱动的闭环自动控制系统.....	(40)
§ 2.3 直流电传动的坐标辅助控制系统.....	(43)
§ 2.4 电传动坐标辅助控制系统的实际应用.....	(47)
§ 2.5 电传动坐标辅助控制系统的静态特性和动态特性	(55)
§ 2.6 在启动和制动条件下过渡过程的形成.....	(59)
第三章 抽水设备的自动化	(63)
§ 3.1 对抽水设备自动化的基本要求.....	(64)
§ 3.2 自动监测与自动控制的技术手段.....	(65)
§ 3.3 抽水设备的自动控制.....	(70)
§ 3.4 抽水设备自动化的发展前景展望.....	(78)
第四章 矿山与坑道通风系统自动化	(80)
§ 4.1 概述.....	(80)
§ 4.2 通风设备的电传动.....	(81)
§ 4.3 主风站的送风机自动化.....	(85)
§ 4.4 局部通风时送风机送风量自动检测.....	(87)
§ 4.5 局部通风时送风机的温度保护设备.....	(92)

第五章 压风机的自动控制	(96)
§ 5.1 概述	(96)
§ 5.2 活塞式压风机的电驱动	(98)
§ 5.3 压风机自动控制的基本原理	(99)
§ 5.4 压风机压力的自动控制	(103)
§ 5.5 活塞式压风机自动控制电路的举例	(106)
第六章 传送带运输的自动化	(111)
§ 6.1 传送带运输自动化的特点	(111)
§ 6.2 传送机的电驱动	(113)
§ 6.3 传送机自动检测与自动保护的技术手段	(115)
§ 6.4 传送带生产线的自动化	(118)
第七章 提升机的自动化	(124)
§ 7.1 实现提升机自动化的准则	(124)
§ 7.2 实现提升机自动化的技术手段	(130)
§ 7.3 用异步电机驱动的提升机自动化	(135)
§ 7.4 用直流电机驱动的提升机自动化	(141)
§ 7.5 提升机自动化的发展方向	(144)
第八章 钻探过程的自动控制	(146)
§ 8.1 作为自动控制对象的钻进过程	(146)
§ 8.2 钻进过程自动控制系统的结构	(150)
§ 8.3 实现钻进过程自动化的技术手段	(152)
§ 8.4 “ПАРУС”型钻进过程自动控制系统	(154)
参考文献	(158)

第一章 自动化技术基础

众所周知,任何工艺过程和生产过程都要求在一定的控制条件下来进行。例如,在钻探过程中必须控制钻杆柱的转速、轴向压力和冲洗液流量,以便在不同的岩石性质条件下都能保证最理想的钻进效果。在矿山采掘工作中,为了保持巷道里的空气质量不受通风管网参数和送风设备状况的影响,也必须对矿井内的通风机运行过程加以控制。当种种原因造成工作规程偏离设定值时,任何被控制的目标都不可能自行消除这种偏差,而必须采取一定控制手段来加以调节。

§ 1.1 生产过程控制和自动化概述

1.1.1 有关控制和自动化的基本概念

控制是作用于某个客体的一种目标明确的行为,它用改变客体状态的方法来达到一定的目标。也就是说,控制不是一种简单作用于客体的外部影响,而是一种有目的的行为。在控制之前,首先必须建立控制的目标,要十分明确我们想通过对某个生产过程的控制得到什么结果。例如,钻探生产中是要实现最大生产效率,还是在矿山采掘中要保持正常的空气质量,或是要使矿井抽水设备维持设定的水位,等等。

如果不提出目标,那么我们谈论控制是毫无意义的。在应用“控制”这个术语的同时,人们还经常用到“调整”这个术语。“控制”的概念比“调整”要宽一些。“调整”可以看作是这样一种“控制”:其控制目标只是让客体被调整的值保持在等于设定值的水平。

为了能目标明确地影响各种工艺过程和生产过程,必须知道反

映该过程特征的诸参数实际值,也就是说必须有信息。

信息可以理解反映受控对象或过程所处时间、空间特征的知识总和。只有在信息的基础上控制行为才能达到预定的目标。

信息的存在总是与一定的物质载体分不开的,例如电磁场、大气、纸张、微机软盘等。

信息要通过信号来传递和体现。信号指的是发生在信息物质载体上的某种物理过程,它的变化规律与新传递的信息相一致,而且可以用人工或仪器的方法加以再现与回放。信号可以是任何物理量:电流、电压、气压、照度、磁通量等等。借助幅值、频率、相角、长度等参数在时间域的变化情况可以传递信息。

例如,当我们谈空气是信息的物质载体时,则声音,即在空间传播的空气压力振荡就是信号。声音这种信息正是通过振荡的幅值与频率变化来传递的。

信号通常分为模拟(连续)信号和数字信号。模拟信号的参数在给定的变化范围内可以取任意值,是时间的连续函数。数字信号的参数只能取有限个数值,它是时间的不连续函数。

可以用不同的方法来实现控制目标。这要取决于我们选择什么样的控制算法。

控制算法指的是某些规则和指令的总和,执行它就可以达到预定的控制目标。

在矿山和地质勘探工作中常采用下列控制方式:现场控制,远距离控制,半自动控制,自动控制,生产过程自动化和中央控制。

1. 现场控制 设备的开动、停止、工作规程的改变和运转过程的检测都由操作者在设备安装的现场直接进行控制。

2. 远距离控制 受控对象位于离控制台比较远的地方(不超过1 000m),而工作台一般安放在方便操作和观察的位置。

3. 半自动控制 一部分作业靠操作者自己完成,而其他作业不需人的参与,由自动装置完成。

4. 自动控制 所有关于开机、关机、调整工作规程的指令都由

自动化仪表发出,不需要人的参与。

5. 生产过程自动化 指操作者通过控制电钮或开关发出开机信号,而剩下的其他工作都不需要人的直接参与而自动进行。当作业结束时,由操作者关机。而当发生事故时,则系统会自动关机。

6. 中央控制 在中心调度室通过远距离控制或遥控方式来实现整个工艺过程或企业所有机械设备的启动、运行和监控,通常中心调度室距离被控制对象很远。

控制可以是手动控制,也可以是自动控制。手动控制时,由人借助仪表跟踪观察生产过程,并对受控对象施加动作。自动控制时,由专门的控制设备对受控对象施加动作,即控制操作由一系列技术装备完成。在手动控制时这些操作都必须由人来完成。例如,升降机司机要用手工按照规定的运行图进行操作。采用专门的控制设备则可以自动完成上述工作,而不必人的参与。

不需要人参与就能完成控制作业的工艺流程被称为自动化,而把所用的技术装备称为自动化设备。于是,把受控对象和自动控制设备之间联系起来的总体就叫做自动控制系统或自动化技术系统。

自动化技术属于现代科学技术范畴,它的功能是建立不需人直接参与而实现生产过程控制的系统和技术手段。

机械化生产的发展是引发自动化技术的客观原因。随着生产复杂性和精度的增加,生产过程的提速,机械与机组尺寸和功率的增大,各机组之间的关系复杂化,使得控制任务的难度越来越大。人的心理和生理上的能力是有限的,人不借助专用的辅助手段,在许多场合仅靠手工不可能对生产工艺过程进行监控,也不可能以自动化工具可达到的速度和精度来完成工艺过程的控制。

1.1.2 自动化的优越性

自动化的优越性:

(1) 提高生产过程的运行速度,在这种速度下,人工是不可能做到生产过程跟踪监控的;

- (2) 保障生产过程的高精度,排除人对生产流程的主观影响;
- (3) 把人从危险和繁重的体力劳动中解放出来;
- (4) 由于限制了超载的强度和超载运行的时间,可增加设备的使用寿命;

(5) 保持机械在原料和电能消耗最优的条件下处于合理规程下运行;

(6) 降低事故率,减小设备的停待时间。

于是,可实现下述目标:

- (1) 明显减轻人的劳动强度;
- (2) 提高全社会的劳动和生产技能;
- (3) 消除体力劳动和脑力劳动之间的差别;
- (4) 提高劳动生产率,降低产品的生产成本;
- (5) 节约原材料和能源。

1.1.3 自动控制系统类型

1.1.3.1 按控制功能分类

自动控制系统有不同的类型,它们完成不同的功能:

- (1) 自动监测——获得并处理受控对象工作条件和工作状态的信息;
- (2) 自动保护——在无人干预的情况下,使受控对象脱离事故(非正常)状态;
- (3) 组成使机械设备自动开机、关机和反转的系统;
- (4) 自动保持工艺过程参数在规定的水平上(如排水设备的水位,电动机的转速,发电机的电压等);
- (5) 按给定的指令自动改变工艺过程参数;
- (6) 自动寻找最合理的机械工作参数(例如,在原料和能源消耗最少的条件下,保障过程达到规定的效果)。

1.1.3.2 按信号特性分类

根据信号的特性,可以把自动控制系统分成连续控制和离散控制。前者控制设备的输入和输出信号是模拟量,为连续的时间函数;后者为数字量,为不连续的时间函数。

1.1.3.3 按组成分类

自动控制系统的控制设备可由不同的器件组成。这些器件分成两大类:用传统电器组装成的硬逻辑和程序逻辑。其中由硬逻辑器件组成的设备采用的是机电元件——继电器、接触器,以及小型、中型积分电路。这种控制设备的不足之处在于适应性差,当控制参数和控制结构发生变化时,就必须对电路进行改装,譬如更换旧的电器元件、补充新元件、改变联接电路等,即必须改变控制电路的元器件。这种控制设备还有一个缺点是很难执行复杂的控制算法。

带程序逻辑的控制设备是建立在微处理器系统基础上的。它包括专用的微处理器,微处理器可根据预先编写的程序顺序执行控制算法所设定的必要命令。带程序逻辑的设备主要优越性在于具有很好的适应性。通过替换一个程序,不仅可改变自动控制系统的参数,而且可改变其结构。这时,并不必改变系统的器件。采用带程序逻辑的设备可不受复杂控制算法的限制。在微处理器系统的基础上可组成自诊断和自适应控制设备,检验变换器、电动机、传感器、机械设备是否正常,并提前预报事故。

1.1.3.4 按自动化程度分类

建立自动控制系统的必要前提是机械化。机械化可解放人的繁重体力劳动,在生产过程中由机器来完成以前靠人力实现的动作。例如,提升重物的升降绞车,矿山排水的水泵就是机械化设备。

生产过程自动化是机械化生产发展的高级阶段,这时技术设备赋予了以前靠人脑完成的控制功能(信号检测、信号处理、选择最合理的工作规程等)。

例如,自动控制水泵的装置就可完成与人的脑力活动类似的控制功能:监测水位,选择开泵和关泵的时间,信号处理,防止事故工况,关闭非正常运行的泵组等等。

根据人在工艺过程控制中直接参与的程度,原则上可分成局部自动化、综合自动化和全面自动化。

1. 局部自动化 人仅从一些简单的控制任务中解放出来,它们

是:监测系统的输出量及其在给定水平上的稳定性、对象的工作特性、事故情况和信号采集情况。这时完全可以实现单台机械设备的自动化。对于整个控制对象来说,下述工作还须靠人来完成:为各台机组和调节器选择工作规程,评价工艺过程的运行状态,因事故停机后决定应采取的措施。

2. 综合自动化 覆盖了整个生产的全部基本作业和辅助作业。综合自动化的主要标志之一是具有使若干单台机械设备联动的统一控制信号。所有的监控技术手段都连接到中央调度站。人的作用仅在于选择设备的工作规程,观察生产过程并分析其结果。

3. 全面自动化 所有的监测控制功能都由自动化技术设备来承担。这个阶段是在综合自动化的基础上,广泛应用电子计算机和遥控系统,从而构成生产自动化体系。所有的生产过程信息进入工业控制计算机,在计算机里按照设定的程序对信息进行处理。在自动采集的信息基础上,不需人的参与,系统自动对生产过程最优控制的问题进行求解。人的作用仅仅是观察生产过程、调整设备和控制系统。

§ 1.2 自动化系统的性质和特征

1.2.1 自动控制系统的功能框图

1.2.1.1 结构框图和功能框图

任何自动控制系统都是由若干单个模块和部件组成的,这些模块和部件分别完成一定的功能并相互作用。例如,钻探过程控制系统的部件是电动机、变速箱、钻杆、泵组。作为自动化系统的组成部件必定是在其中独立起作用的成员。

自动控制系统中的每一个部件既受到该系统内部其他部件的影响,又受到来自该控制系统之外的客体的影响。我们可以把这种相互影响看作是对部件或整个系统起作用的影响因素。

对直接电机而言,电压和电机轴上的阻力矩就是其影响因素。对

钻杆而言,影响因素是电动机的转速和岩石破碎工具上的压力。

影响因素的表现形式之一是信号,信号携带着反映某种客体目前状态的信息。让信号作用于部件,则可使部件的工作状态发生改变。例如,当水位达到规定值时,则排水机械的控制设备发出信号,使泵的电机工作状态发生改变,开机抽水。

在自动控制系统中设有专用的连接件来传递各个部件间的影响。可以作为连接件的有导线、电缆、管路、轴、杠杆、离合器、调速器等。钻杆柱便是连接件的一个例子,它把来自电动机的影响传递给岩石破碎工具。

在自动化技术中为了清楚地表达某种系统的基本原理,经常用框图来表述在系统中有哪些部件,它们所处的位置及相互作用的情况。常用的框图有两种形式:结构框图和功能框图。二者的图形表达形式相同,但实质内容有区别。在结构框图中表述的是系统各个部件间的相互关系。而功能框图比结构框图更详细地揭示了各个部件和装置所完成的功能。

在这些框图中,自动控制系统的部件都用矩形或圆圈来简化表示。对部件的影响则用带箭头的线段来表示,箭头表明影响作用的方向。

图 1-1(a)中表示的是结构框图中的一个部件。

每一个部件都有入口和出口。在部件的入口上施加一个输入影响(信号) X ,它以一定的方式被变换成输出影响(信号) Y , Y 又是另一个部件的输入影响。在这儿 X 叫做输入量,而 Y 是输出量。

通常输入量和输出量是不同的物理量。

图 1-1(b)中用符号表示了直流电机在电路中的工作条件,而图 1-1(c)则是在结构框图中的表达形式。电动机的三个输入是:电枢线电压 U_R 、电机轴上的阻力矩 M_C 和励磁电压 U_B ;电机的输出是:转速 ω 、电枢电流 I_R 和励磁电流 I_B 。

由这个例子可看出,一般情况下自动控制系统可能有若干个输入与输出值。

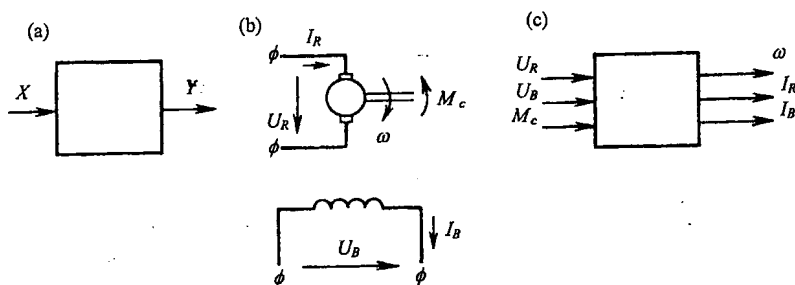


图 1-1 在自动控制系统框图中表述部件的符号

1.2.1.2 开环控制与闭环控制

各自动控制系统可能因受控的对象、目的、控制设备部件的物理实质和结构不同而相互有区别。然而尽管它们有这样或那样的区别，所有的控制系统均属于两大类：闭环控制和开环控制。图 1-2(a) 为开环自动控制系统的功能框图，它表示了由各个部件完成的功能特性。

我们来分析一下此功能框图中各部件的用途和组成：

1. 受控对象 受控对象可以是电动机、钻机等。对象的输出量 x_p 就是我们想控制的，叫做受控变量。尽管受控对象大多相同，但它们的受控变量可能是不同的物理量，例如，电动机的角速度（转速）、温度，液体或气体的压力、流量，发电机的电压等。在受控对象上有二个输入影响：干扰值 f 和控制量 $x_{y.o}$ 。干扰值是来自控制设备外部的影响，它可能是电机轴上的阻力矩，发电机的电流，压风站系统中的压缩空气流量等等。控制量是由控制设备发出的，它直接进到受控对象的入口。

2. 执行机构 执行机构直接作用于受控对象，它的输出量是进入受控对象入口的控制量 $x_{y.o}$ 。由于执行机构直接作用于受控对象，故它的功率通常很大。

3. 放大-变换设备 它用于对控制设备中的信号进行功率放大和变换，使来自其他能源的信号经它处理后成为可进入执行机械的