

流体网络理论

罗志昌 编著



机械工业出版社

本书论述发生在工业动力装置、控制测量装置和生物医学工程等流体管路系统中的功率和信息的传输过程与流体瞬变现象。主要特色是将流体力学与电气网络理论有机地结合起来,在线性化的假设下,把由流体力学基本方程所导出的流体系统数学模型转化成电气网络形式。然后,用网络分析的方法去解决与上述各种实际问题有关的流体管路的传输和瞬变问题。全书共分九章,详细讨论了流体网络基本参数的电学比拟;直流流体网络;集中参数和分布参数交流流体网络;流体管路数学模型;流体网络瞬变理论基础以及行波法和特征线法在流体网络瞬态特性研究中的应用等。全书着重阐明概念和原理,尽量避免复杂的数学推导。书中附有各种应用实例、插图、函数表格和参考文献。

本书对液压、气动和流控专业的高校师生及工程技术人员来说,是一本较深入和系统的参考书。对在机械、化工、石油、仪表及生物医学工程部门中从事流体动力和控制方面工作的人员来说也是一本较好的读物。

流体网络理论

罗志昌 编著

*

责任编辑:盛君豪

封面设计:方 芬

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 850×1168¹/₃₂·印张15·字数 394 千字

1988年11月北京第一版·1988年11月北京第一次印刷

印数 0,001—7,700·定价:7.70 元

*

ISBN 7-111-00607-6/O·13

前 言

流体网络理论是由流体力学和网络理论结合而发展起来的一门应用科学。它主要用来研究发生在流体管路系统中流体功率及信息的传输过程和各种流体瞬变现象。在许多流体工程技术领域中（如机械工业部门的液压、气动技术；仪器仪表工业部门的流体参数动态测试技术；石油化工部门的压缩机管路压力脉动和管路防振技术以及新兴的生物学工程领域的血流动力学等），都有大量的流体传输和瞬变问题需要解决。因而，研究与上述各种实际问题有关的流体管路传输和瞬变问题，对正确认识 and 合理设计、使用一个流体动力和流体控制系统，使它能安全、准确和经济地为我们服务，显然是十分重要的。但目前系统地论述这方面内容的著作还比较少，而且又大多是从流体力学比较严格的定义和繁杂的数学推导出发的，这对大多数从事机械、自动控制、仪器仪表、石油化工和生物学工程等工作的来说，可能会感到有些困难。本书将近年来国内外有关管路传输流体力学的专门论述和分散在各个不同流体技术领域中的研究、应用成果，从电气网络的角度对它进行整理和分类，参照电气网络的基本概念和分析方法，组成流体网络独立的内容体系。其中，对流体力学中必要的基本概念和方法，只作介绍和引用，不作详细的数学推导。这不仅使本书内容简明易懂，同时也更具有独立性、系统性和实用性。

本书是在研究生讲义的基础上发展起来的，五年多来，经过本校流体控制专业和生物学工程专业历届研究生的试用，在内容上作了较大的修改和补充，增加了较多的应用实例。在编写过程中，得到了复旦大学力学系柳兆荣教授和清华大学电机系戚庆成教授的大力协助，他们无私地提供了许多宝贵的资料。在原稿的审阅工作中，得到了成都科技大学康振黄教授，北京工业大学

IV

陈明绍教授，浙江大学盛敬超教授和美国纽约州立大学布发罗分校余家斌教授的热情支持和鼓励，并提出了许多宝贵的意见。在此对他们表示深切的谢意。

本书可作为液压、气动和流体控制专业的高等院校师生及工程技术人员的参考书。同时对在机械、化工、石油、仪表和生物医学工程等部门中从事流体动力和流体控制系统研究工作的人员也有一定的参考价值。

由于作者水平有限，而本书内容又涉及流体力学和网络理论等各个不同的学科领域，因而错误和不妥之处一定很多。希望读者批评指正。

罗志昌

于北京工业大学生体医学工程研究室

目 录

前言

第一章 绪论	1
§ 1-1 流体网络的研究对象及其工程实际意义	1
§ 1-2 流体网络理论发展历史的回顾	2
§ 1-3 流体网络的特点和研究方法	6
第二章 流体网络的基本参数	10
§ 2-1 流体网络中流量和压力的电学比拟	10
§ 2-2 流体网络的基本参数	14
(1) 流阻	14
(2) 流容	17
(3) 流感	21
§ 2-3 流体网络中采用的单位制	27
第三章 直流流体网络	29
§ 3-1 管内流动的基本现象	29
(1) 层流与紊流	29
(2) 管内流速分布	31
(3) 阻塞流	33
§ 3-2 均匀流体管路	34
(1) 层流型流阻	34
(2) 紊流型流阻	35
(3) 由于流体发展引起的流阻	37
§ 3-3 非均匀流体管路	40
(1) 喷嘴	42
(2) 扩散器	46
(3) 接收道入口	47
§ 3-4 直流分叉管路	49
§ 3-5 直流流体网络的计算, 流阻的串联和并联	50
(1) 流阻的串联	50
(2) 流阻的并联	54

(3) 计算应用举例.....	55
第四章 集中参数交流流体网络.....	59
§ 4-1 低频脉动下流体系统的集中参数特性	59
§ 4-2 脉动情况下系统参数的线性化 (小信号分析).....	60
(1) 单变量函数的线性化方法.....	60
(2) 多变量函数的线性化方法.....	63
§ 4-3 流体系统的集中参数等效线路	67
(1) 集中参数的选取.....	67
(2) 流体系统等效线路的建立.....	68
(3) 流体系统等效线路的计算方法.....	69
§ 4-4 流体网络中的 $R-C$ 阻容线路.....	71
§ 4-5 流体网络中的 $R-L-C$ 振荡回路	74
§ 4-6 流体低通滤波器	80
§ 4-7 心血管流体系统的集中参数模型	82
§ 4-8 流体控制系统的集中参数等效线路及其分析计算方法	87
(1) 放空式偏向型比例放大器的集中参数模型及其等效线路.....	88
(2) 放空式偏向型比例放大器的传递函数.....	93
(3) 等效线路中动态参数的计算.....	95
(4) 流体控制系统中级联流体部件的等效线路和传递函数.....	99
(5) 多级流体控制系统传递函数计算举例	104
§ 4-9 集中参数流体四端网络.....	113
(1) 流体四端网络的传输方程	114
(2) 流体四端网络的输入阻抗和特性阻抗	117
(3) 流体四端网络的连接与匹配	119
第五章 分布参数交流流体网络	122
§ 5-1 高频脉动下流体系统的分布参数特性.....	122
§ 5-2 分布参数理论.....	123
§ 5-3 分布参数管路的集中参数近似式.....	130
(1) 按管路几何长度集中	131
(2) 按台劳级数法展开	134
(3) 按无穷乘积法展开	137
§ 5-4 单管路的传递函数.....	139

§ 5-5 复合管路传递函数中的链形规则	144
§ 5-6 复合管路中不同流体分支元件对应的 G 函数代表式	146
(1) 蓄能器	146
(2) 终端封闭的分支长管 (T 型滤波器)	147
(3) 终端封闭的串联分支长管	148
(4) 终端封闭的串联分支短管 (H 型滤波器)	149
(5) 带连接管的蓄能器	150
§ 5-7 利用传递函数法对液压伺服系统中脉动压力的计算	152
(1) 终端封闭分支长管 (T 型滤波器) 的压力脉动	155
(2) 终端封闭串联分支短管 (H 型滤波器) 的压力脉动	159
(3) 带连接管蓄能器的压力脉动	160
§ 5-8 交流网络计算固有频率的流体阻抗法	165
(1) 均匀单管路的固有频率	166
(2) 串联异径管系的固有频率	167
(3) 分叉异径管系的固有频率	169
§ 5-9 交流网络计算固有频率的传递矩阵法	174
(1) 传递矩阵法原理	175
(2) 管系各部分的传递矩阵	177
(3) 计算程序举例	182
§ 5-10 压力传感器频率响应的计算	185
§ 5-11 共振式喷嘴的分析	189
§ 5-12 分布参数流体滤波器的分析计算	191
(1) 单分支管路用作滤波器的理论分析	192
(2) 多分支管路用作滤波器的理论分析	198
第六章 流体管路模型理论	203
§ 6-1 引言	203
§ 6-2 圆形管路流体流动的基本假设和流体力学的基本方程	207
§ 6-3 圆形流体管路的数学模型	208
(1) 无损流体管路模型	208
(2) 平均摩擦管路模型 (均匀绝热)	211
(3) 分布摩擦管路模型 (尼科尔-布朗模型)	214
§ 6-4 圆形流体管路模型参数的频率特性分析	218

§ 6-5 各个流体应用领域中管路模型的不同形式	226
(1) 圆形截面气动管路模型	227
(2) 液压管路模型	234
(3) 人体动脉血管模型	243
(4) 气动集成回路中矩形截面的流体管路模型	248
(5) 流体管路表格式模型	251
(6) 流体管路集中参数模型	257
第七章 流体网络瞬变理论基础	260
§ 7-1 引言	260
§ 7-2 小扰动波的传播速度	262
(1) 均匀刚性管中小扰动波的传播	262
(2) 均匀弹性管中小扰动波的传播	265
(3) 弹性薄壁圆管中小扰动波的传播速度	266
§ 7-3 小扰动波的类型及数学表达方法	271
(1) 正或负的压力阶跃	271
(2) 持续时间为 τ 的压力阶跃脉冲	272
(3) 任意形状的压力波扰动	272
§ 7-4 描述流体管路瞬态特性的基本方程	274
§ 7-5 研究流体管路瞬态特性的付里叶法和达朗贝尔法	276
(1) 终端堵塞时理想流体管路的瞬态特性	276
(2) 以腔室为终端阻抗的理想流体管路的瞬态特性	283
(3) 始端阻抗和终端阻抗为纯流阻时理想流体管路的瞬态特性	291
§ 7-6 压力阶跃在理想流体管路中的瞬态特性	296
(1) 流体管路始端和终端阻抗分别为纯流阻 Z_0 和 Z_l	296
(2) 流体管路始端阻抗为纯流阻 Z_0 , 终端阻抗为纯流阻 R_l 和纯流容 C_k 串联	301
§ 7-7 压力阶跃在理想流体管路中的瞬态特性的实际应用	307
(1) 单稳元件控制口的切换压力波形和元件动态阻抗的计算	307
(2) 压力传感器用于测量瞬态压力时, 减小波形畸变的分析	311
(3) 人体桡动脉脉搏波的分析计算	313
§ 7-8 压力阶跃在粘性流体管路 (均匀绝热) 中的瞬态特性	323
(1) 终端堵塞时粘性流体管路的瞬态特性	324

(2) 终端为腔室时粘性流体管路的瞬态特性	327
第八章 行波方法在流体网络瞬态特性研究中的应用	338
§ 8-1 引言	338
§ 8-2 行波方法的理论基础	339
§ 8-3 流体网络中常见的各种管路连接点的行波瞬态特性	342
(1) 管路终端连接集中阻抗——终端阻抗连接点的行波瞬态特性	342
(2) 管路中点连接并联阻抗——中点并联阻抗连接点的行波瞬态特性	345
(3) 管路中点连接串联阻抗——中点串联阻抗连接点的行波瞬态特性	346
(4) 两条不同管径的串联管路连接——异径管连接点的行波瞬态特性	348
(5) 不同管径的并联管路连接——并联管路连接点的行波瞬态特性	350
§ 8-4 流体网络中行波叠加的图解法——网格图法和特征线图解法	355
(1) 网格图法	355
(2) 特征线图解法	366
§ 8-5 复杂流体网络的行波方法	371
(1) 集中参数流体元件(流感和流容)与分布参数流体管路的相互等值和转换	372
(2) 复杂网络连接点的简化与等值	376
(3) 多个扰动源时分支管路的简化——等值波法则	383
(4) 使用电子计算机计算网络瞬态特性的“分支时间表”	390
§ 8-6 流体网络接通和断开过程中的相消波	394
第九章 特征线法在流体网络瞬态特性研究中的应用	401
§ 9-1 引言	401
§ 9-2 特征理论的数学原理	402
(1) 一个变量的一阶拟线性偏微分方程	402
(2) 两个变量的一阶拟线性偏微分方程组	404
§ 9-3 流体管路瞬态特性基本方程的特征方程和特征关系式	408

X

§ 9-4 流体管路特征方程和特征关系式的数值求解方法	411
(1) 稳定性准则及时间步长的选取	412
(2) 数值解法基本原理	412
(3) 两种常用管路模型的数值解法	417
§ 9-5 流体管路特征方程的边界条件	418
(1) 边界点上的特征关系	419
(2) 物理边界的假设	420
(3) 常见边界点的边界条件	420
§ 9-6 流体管路特征方程求解的计算步骤及应用举例	424
§ 9-7 管路参数随频率变化的似稳特征线法	430
§ 9-8 特征线法在复杂流体网络瞬态特性研究中的应用	438
(1) 无损管路模型的等值计算模式	439
(2) 各种集中参数流体元件的等值计算模式	440
(3) 流体网络的节点压力方程	443
(4) 基本流体管路系统瞬态压力计算实例	444
(5) 复杂流体网络瞬态特性的计算	448
(6) 管路损耗的近似考虑方法	453
附录	457
附录一 脉动流中 $\frac{M'_{10}(\alpha)}{\alpha^2}$ 和 $\varepsilon_{10}(\alpha)$ 随 α 的函数值 ($\alpha = 0 \sim 10$)	457
附录二 圆形管路和矩形管路的无量纲特性阻抗 (Z_c/Z_{c0})、特性导纳 (Y/Y_{c0}) 和传播常数 ϕ 对 ω/ω_c 的函数关系	458
参考文献	465

第一章 绪 论

§ 1-1 流体网络的研究对象及其工程实际意义

流体网络理论是由研究管内流体传输与瞬变而发展起来的一门应用科学。它可以用来分析发生在工业动力装置、控制测量装置和生物医学工程等各种流体管路系统中功率和信息的传输过程，以及由于扰动引起的各种流体瞬变现象。它主要涉及两个学科的内容，一是流体力学，二是电气网络和传输线理论。流体力学虽然是一门古老的学科，但它在与其它有关学科结合的发展过程中，逐渐形成许多新的学科分支。如高速空气动力学，电磁流体力学、流控流体力学…等等。流体力学在和电气网络理论相结合的过程中，也正在逐渐形成流体网络理论这样一个新的学科分支。由于流体（气体和液体）是自然界中最基本和最常见的一种介质，各种利用流体作为动力或用流体作为控制和测量手段的流体装置在各个生产领域中是常见的。在这些流体系统中，各个元件之间的功率和信息都是通过管路来传递的。因而管内流体传输与瞬变的问题在许多生产领域中经常发生，如流控技术和气动、液压技术中的动态过程分析；水电站设计和运行中的水击现象研究；天然气、石油和工业压缩机管路中的压力波动和压力谐振，以及它们的消除措施；柴油机进排气管系的脉动分析和利用；流体滤波器和消声器的设计计算；仪器仪表中流体动态测试的精度确定以及生物流体力学中的血液流动的研究等等。研究这些与各种实际问题有关的管内流体传输与瞬变问题，对正确设计和合理使用一个流体动力和流体控制系统显然是十分重要的。例如，在机械工业部门中，为了使气动、液压和流控装置在动态情况下能稳定地工作，可以通过对流体信号在不同管路中传输特性的分析研究，以获得流体管路和流体元件之间的合理布局以及最佳阻抗

匹配。这对提高流体系统的稳定性能显然是十分重要的。在石油、化工部门中，人们早就已经注意了活塞式压缩机管路中的压力波动和谐振现象。随着压缩机的转速和排气量的提高，这个问题愈来愈引起人们的重视。这个压力波动会引起管路以及与之相连装置的振动，进而导致管路和气阀的破坏。近年来已出现由于压力波动而引起的大量事故。因而研究工业管网中的压力波动以及减振、消振措施已成为一个重要的问题。又如，在生物力学领域中，通过心脏收缩产生的脉搏波在动脉管中的传播规律研究，对于分析心血管系统的某些生理病理特性，以及为利用浅表动脉处脉搏波对某些心血管疾病的无创伤诊断等都是很有用的。对于上述这些流体管路系统的传输和瞬变问题，如果能将它们作为一个流体网络问题来处理，就有可能利用比较成熟的网络理论去对它们进行分析计算，可以比较容易地得出在工程上有实用价值的结果。因而，这门学科的建立和发展，将会大大促进管内流体传输和瞬变问题的研究工作，无论在理论上或是实际应用上都是十分重要的。

§ 1-2 流体网络理论发展历史的回顾

管内流体传输与瞬变的研究工作最早是从研究波在管路中的传播过程开始的。早在十九世纪初，许多学者已对这个问题有广泛的兴趣^[1]。1808年英国物理学家托马斯·杨(Thomas Young)从研究血液流动出发，提出了充满理想流体的弹性管内波传播速度的公式。1850年纳维(Navier)和斯托克斯(Stokes)两人发展了流体力学的基本方程，提出了有名的纳维-斯托克斯方程，对可压缩流体的研究起了重大的作用。1878年，莫恩丝(Moens)对波的传播速度进行了试验，证实了托马斯·杨所提出的波速公式。同年，科特威(Korteweg)推导了波传播速度公式，这就是有名的莫恩丝-科特威公式。到了十九世纪末期，由于当时水利工程中设计水网分配系统的需要，流体传输和瞬变的一个重要研究领域是对水利工程管系中的水击现象研究。1898年俄国学者儒柯夫

斯基 (Joukowski) 发表了论述圣彼得堡 (St. Petersburg) 水网系统中水击现象的一篇经典论文, 在该论文的分析中已用到了经典的波动理论和许多实验结果。1903年阿里维 (Allievi) 开始应用图解分析方法去研究水击现象, 引起了水利工程师们对水利工程管网系统中流体瞬态过程的广泛兴趣。1927年奎克 (Quick) 最早从理论上对水击现象进行概括, 水击现象的基本原理已被当时的人们所掌握。到了三十年代后期, 由研究水击现象发展起来的图解分析方法已开始用于研究其它一些流体瞬变的问题中, 如透平机管路和带有腔室及分叉管路的压力波动问题等。

以上所进行的工作都已开始涉及到如何正确建立流体管路的数学模型上, 这个问题一直是历来许多从事流体传输和瞬变研究的学者感兴趣的研究课题。但直到本世纪初期, 流体管路模型理论还只是停留在理想流体无损管路一维波动方程的初级模型基础上。在这个模型中, 忽略了流体的粘性和管壁的热传导作用, 并将流体考虑为理想流体。四十年代开始, 由于液压技术的迅速发展, 特别是后来气动技术和射流技术的兴起, 进一步推动了流体管路模型的研究工作。由于液压油比水有更大的粘性以及管路直径的减小和工作频率的增加, 在流体管路模型中考虑粘性损耗的影响已成为十分重要的问题。1937年伍特 (Wood) 和1945年里奇 (Rich) 先后发表了应用海维赛特 (Heaviside) 算子理论求解具有正比于平均速度线性摩擦项的波动方程的论文。伍特对这个模型的瞬态响应进行了计算, 并将它和无损模型相比较。发现用上述线性摩擦项来代表流体的粘性效应, 虽然可以提供一种考虑流体损耗流动机理的方法, 但它在正确预测粘性效应上仍然是不充分的。直到1950年伊伯勒 (Iberall) 利用水击理论和不可压缩流体力学等方面的研究成果, 得出了管路中包含粘性摩擦和热传导两个因素下流体管路第一个完整的模型^[2], 它表示成特性阻抗和传播常数的动态形式。由于流体损耗是频率的函数, 导致在已给流体中高频分量比线性摩擦项更大的衰减。它与三十年代至四十年代发展起来的无损管路模型或线性摩擦模型相比, 更加

完善和更加精确,成为那时期以来研究工作的重要理论基础。但由于该结果十分繁杂,不便于在实际工程问题中应用。之后经过了七年,1957年由鲁尔曼(Rohman)和格罗根(Grogan)对伊伯勒所提出模型的解直接和电传输线的结果相比拟,由于采用线性化的分析方法,压力被模拟为电压,体积流量被模拟成电流,并引入相应于电阻、电感和电容的等值流体参数,从而使解答具有更加简洁的形式。自那时以来,在流体管路模型研究中占重要地位的是尼科尔(Nichols)和布朗(Brown)两人所进行的工作^{[3][4]}。1962年尼科尔在频域中导出了伊伯勒的解,并将它化成等值电路的形式,从理论上进一步证实了管路传输中流体集肤效应的物理本质。同一年,布朗在拉氏(Laplace)域中提出一个解答及它的近似公式,并推导出管路中阶跃和脉冲瞬态响应的解析式。1972年古德逊(Goodson)和伦纳德(Leonard)总结了圆形管路流体模型的研究工作,并将它归纳为无损管路模型、平均摩擦管路模型和分布摩擦管路模型三种形式^[1]。由于这些流体管路模型的形式和电传输线方程的形式是一致的,从而为利用电网络传输线理论去研究流体管路传输和瞬变问题提供了重要的理论根据。

四十年代开始,由于液压、气动和射流技术的兴起和发展,大大地推动了流体传输和瞬变的研究工作。随着这些流体系统中元件的增加和工作频率的提高,对流体系统进行动态分析,研究各个元件参数之间的相互联系,已成为正确设计一个流体系统和使它能稳定工作所迫切需要解决的问题。自1957年鲁尔曼和格罗根在线性化的假设条件下,首先提出将电气回路模拟气动系统以来^[5],用电气等值回路的方法去研究流体系统的动态传输过程得到了重大的发展。同年,伊齐基尔(Ezekiel)等人引入系统的概念去分析流体系统,将包含各种分离元件如传感器、调制器(阀)、执行器和无源元件等的整个流体系统以由流阻、流感和流容组成的网络来表示,并很容易地编制了在电子计算机上进行计算的程序^[6]。1958年以后,用电气网络等值回路方法去分析流

体系统的动态过程已相当普遍, 当时出版的许多教科书都曾描述过各种气动系统的等值回路。1959年美国戴门军械引信实验室 (Diamond Ordnance Fuze Laboratories) 的鲍尔斯 (Bowles) 等人宣布射流元件发明以来, 大大地推动了这项研究工作的进程。由于当时还缺乏描述射流元件性能的适当方法, 使在元件的级联和动态分析方面遇到困难, 从而严重地妨碍了该技术的进一步发展。1962年以来, 许多学者都在致力于射流元件的性能和射流线路的分析工作, 其中比较有代表性的是布什 (Boothe) 和基斯纳尔 (Kirshner) 的工作。1964年布什提出用集中参数代表式去预测比例流体放大器的动态响应, 实验证实了它在大多数实际情况下的有效性〔7〕。1965年基斯纳尔发表了流体线路理论的简明摘要, 在详细地探索了流体和电气之间的模拟关系后, 得出了电流模拟应该是质量流量和电压模拟应该是机械势的重要结论, 从而奠定了流体网络理论的重要基础〔8〕。1966年贝尔斯脱林 (Belsterling) 发表了论述射流线路设计的更进一步的研究工作。提出了有关线路静态和动态分析的大量理论和实验研究, 分析了各种类型射流放大器的等值回路和频率响应特性。他应用电气等值回路的方法求出一个完整系统的动态特性, 这是当时发表的第一篇有关流体系统设计完整过程的详细报导〔9〕〔10〕。它使工程师们可以不依赖流体力学的复杂计算, 只需按照类似于设计电气或电子线路的方法去设计一个流体系统, 从而给设计者带来很大的方便。在上述工作的基础上1974年夏伊特尔 (H. M. Schaedel) 发表了“射流网络信号分析”〔11〕一文, 他在线性化和电学比拟的条件下, 完全从电气网络的观点和方法去研究流体传输和瞬变的问题, 他把不同的流体系统归纳为类似于电气网络中的直流回路、交流回路、传输线等问题来研究。从而初步形成了流体网络理论这样一个新的学科分支。

近年来国内流体传输和瞬变的研究工作也已取得可喜的进展, 其中比较重要的是复旦大学柳兆荣等人所做的工作〔12〕〔13〕。他们比较详细地研究了压力阶跃在理想流体管路中的瞬态特性,

推导出当管路两端阻抗为已知的情况下，管路中任一点的压力和流量的瞬态解析表示式。并成功地应用于人体动脉管系脉搏波传播的瞬态特性计算中。无疑，他们这些研究工作已成为流体网络理论的重要组成部分，并得到愈来愈多的应用。

§ 1-3 流体网络的特点和研究方法

流体网络理论是由研究管内流体传输与瞬变而发展起来的一门应用科学，流体的传输和状态的变化都发生在特定形状和尺寸的元件与管路中，形成管路内部的复杂流动。它具有如下一些特点：

(1) 流体管路的轴向长度远大于其横向长度，其轴向流动速度远大于其横向流动速度。因而可以略去横向流动速度分量，认为所有流动参数（速度、压力等）是沿管路横截面求平均值的。

(2) 流体的流动参数（压力，速度或流量）不仅随位置变化而变化，而且还与时间有关。即流动是随时间和位置而变化的。这时的流动参数是轴向距离 x 与时间 t 的函数，称为一元不定常流动。

(3) 流源压力（或扰动压力）的波形可以是正弦波、矩形波，也可以是按一定函数规律变化的规则与不规则波形。

(4) 流体传输与瞬变不仅在简单的单管路中进行，在许多情况下往往是在以网络形式出现的管系中进行的。这个管系既包含有许多分布参数的主管路和分叉管路，又包含有许多集中参数的流体元件。

除上述特点外，管内流动还受许多因素如流体惯性、粘性、压缩性、热传导、管路几何形状和大小以及管路端部阻抗等的影响而变得十分复杂。即使对于最简单的单管路传输问题，其流体力学运动方程已是非线性的，求解已十分困难。对于常见的带有若干分叉管路和不同流体部件的流体管系，因其内部流动现象的许多机理还不十分清楚，要完整地建立起描述其运动过程的流