现代灌区自动化管理技术实用手册

CANAL SYSTEMS AUTOMATION MANUAL
Volume I and II

美国内务部垦务局 著
高占义 谢崇宝 程先军 译
庞进武 刘志广 闫冠宇 校译
李代鑫 刘建明 姜开鹏 主审

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

需要全本请访问 www.ertongbook.com

现代灌区自动化管理技术实用手册

CANAL SYSTEMS AUTOMATION MANUAL
Volume Ⅰ and Ⅱ

美国内务部垦务局　著
高占义　谢崇宝　程先军　译
庞进武　刘志广　闫冠宇　校译
李代鑫　刘建明　姜开鹏　主审

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本手册是根据美国内务部垦务局（U.S. Department of the Interior，Bureau of Reclamation）于1991年出版的“Canal Systems Automation Manual”（Vol. Ⅰ，Vol. Ⅱ）翻译的。

本手册系统总结和介绍了美国内务部垦务局在渠系自动控制方面所采用的理论、方法、技术和设备等，共分十一章，主要包括：引言、运行、控制基础、现有渠系控制方法的选择、自动控制渠道的设计、模拟和分析、控制理论及应用、通讯系统、测量仪表、电子和机械系统、渠道自动化设备等，并附有英汉对照的词汇表，便于读者查阅。

本手册内容丰富，技术含量高，适用于渠系管理人员、调度运行人员，以及渠系的设计和研究人员。

图书在版编目（CIP）数据

现代灌区自动化管理技术实用手册/美国内务部垦务局著；高占义，谢崇宝，程先军译．—北京：中国水利水电出版社，2004

书名原文：Canal Systems Automation Manual

ISBN 7-5084-1915-4

Ⅰ．现… Ⅱ．①美…②高…③谢…④程… Ⅲ．灌区—自动化技术—技术手册 Ⅳ．S275-62

中国版本图书馆CIP数据核字（2004）第017513号

书　　名	现代灌区自动化管理技术实用手册
作　　者	美国内务部垦务局　著
译　　者	高占义　谢崇宝　程先军　译
出版发行	中国水利水电出版社（北京市三里河路6号　100044） 网址：www.waterpub.com.cn E-mail：sales @ waterpub.com.cn 电话：（010）63202266（总机）、68331835（营销中心）
经　　售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排　　版	中国水利水电出版社微机排版中心
印　　刷	北京市兴怀印刷厂
规　　格	787mm×1092mm　16开本　20.75印张　498千字
版　　次	2004年5月第1版　2004年5月第1次印刷
印　　数	0001—4100册
定　　价	58.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

序

我国人口众多，耕地、水资源等人均相对不足，决定了农业必须走节水灌溉农业的发展道路。从古到今，灌溉在中国农业生产和经济发展中的地位一直十分重要。1949 年新中国成立以来，党和政府十分重视灌排事业的发展，经过几十年的努力，全国农田灌溉面积由 2.4 亿亩增加到 8.3 亿亩，每年在灌溉面积上生产的粮食占全国总量的 75%，生产的经济作物占 90%以上。在总人口占世界的 22%、人口密度是世界平均的 3 倍、人均耕地是世界人均的 30%的情况下，我们的人均灌溉面积与世界人均水平持平，我国灌溉面积占耕地面积的比例是世界平均水平的 3 倍，这使我国成为世界上主要的灌溉大国之一。灌溉事业取得的巨大成就，使中国能够以占世界 6%的可更新水资源量、9%的耕地，解决了占世界 22%人口的温饱问题，为保障中国农业生产、粮食安全以及经济社会的稳定发展创造了条件。

然而，我国年人均水资源量只有 2200m^3，不足世界平均的 1/4，年人均水资源可利用量只有 700m^3，是世界上年人均水资源短缺的国家之一。随着我国经济发展和社会进步，我国干旱缺水问题越来越突出，已严重地制约了国民经济发展和社会进步。目前全国每年缺水量近 400 亿 m^3，其中农业缺水约 300 亿 m^3。20 世纪 90 年代以来，平均每年因旱受灾的耕地达 3 亿多亩，正常年份和较旱年份粮食减产 100 亿～250 亿 kg，遇到严重干旱年份，粮食减产曾高达 500 多亿 kg，经济作物损失 600 多亿元。提高用水效率，建立节水型农业势在必行。

目前我国用水大户仍然是农业用水，约占总用水量的 70%，而农业用水的 90%是灌溉用水，因此节水首先要在灌溉节水上做文章，切实“把节水灌溉作为革命性措施来抓”。目前全国现有万亩以上大中型灌区 5600 多处，其中大型灌区 400 多处，是我国重要的粮棉基地。1998 年长江大水后，水利部党组针对农村水利发展的具体情况，把改造大型灌区作为农村水利工作的重中之重，提出重点抓好大型灌区“两改一提高”工作，即着力进行灌区节水改造和管理体制、运行机制的改革，不断提高灌溉用水效率。通过近几年的努力，灌区节水改造和管理体制、运行机制改革取得突出成绩，有力地推动了农村经济的发展和社会的进步。

近年来，水利部加强了水利信息化建设工作，以水利信息化建设推动水利现代化的发展。灌区信息化建设是水利信息化建设的重要内容之一，灌区信息化建设是实现水利部党组新的治水思路的要求，是促进农村水利现代化的根本手段。灌区信息化就是充分利用现代信息技术，深入开发和广泛利用灌区管理的信息资源，大大提高信息采集和加工的准确性以及传输的时效性，作出及时、准确的反馈和预测，为灌区管理部门提供科学的决策依据，提高灌区管理的效率和水平，促进灌区实现科学管理和高效管理的过程。灌区信息化建设的核心是应用现代科学技术提升灌区的管理水平和管理效率，实现灌区水资源优化配置，提高灌溉用水效率和效益，降低灌区运行管理成本，为用户提供更好的服务。

与先进国家相比，我国灌区信息化建设工作总体上还处于起步和试点阶段。中国国家灌排委员会和国家节水灌溉工程技术研究中心（北京）组织编译了《现代灌区自动化管理技术实用手册》，该手册系统地总结了美国垦务局在灌区管理自动化方面开展的技术研究和应用情况。希望该手册的出版能为我国灌区信息化建设提供经验和启示，并直接服务于我国节水型农业灌区建设。

翟浩辉

2003 年 9 月 8 日

需要全本请访问 www.ertongbook.com

译 序

水资源的紧缺已成为制约我国经济社会发展的重要因素。农业用水占我国总用水量的70%以上，其中的90%以上用于农田灌溉。目前全国共有万亩以上灌区5683处，其中30万亩以上大型灌区400多处。大中型灌区是我国重要的粮棉基地，近年来，随着以节水为中心的大型灌区续建配套工作的深入开展，以信息化建设推动灌区管理的现代化已被提到灌区建设的重要议程上。用现代化的管理技术提升我国大中型灌区的管理水平是灌区信息化建设的核心，这对实现灌区水资源优化配置，提高灌溉用水效率和效益，降低灌区运行管理成本，为用户提供更好的服务具有重要意义。

美国是世界上灌溉用水管理技术先进的国家之一。美国内务部垦务局从1966年就开始了有关灌区管理自动化方面的研究和应用，研究成果在许多灌区获得了成功的应用，取得了良好的效益。为了系统地总结和推广垦务局在灌区管理自动化方面的技术，并对有关问题进行深入研究，从1986年起美国内务部垦务局成立了《灌区管理自动化手册》编写组。该手册分三卷出版，由浅入深、系统地介绍了灌区管理自动化方面的概念、理论及设备的开发研制和应用情况。该手册的第一卷于1991年第一次出版，第二卷于1995年第一次出版。

为了学习借鉴美国在灌区现代化管理方面的经验，服务于我国正在开展的灌区信息化建设，国家节水灌溉工程技术研究中心（北京）在综合该手册第一卷和第二卷的基础上，组织编译了这本《现代灌区自动化管理技术实用手册》。参加本手册编译工作的有高占义、谢崇宝、程先军、柯蕾、王勇、邹燕红、黄斌、穆建新、王少丽。本手册由庞进武、刘志广、闫冠宇校订，李代鑫、刘建明、姜开鹏主审。由于我们的翻译水平有限，译文中一定存在不妥之处，敬请读者指正。

译 者

2003年8月30日 于北京

原 著 序 言

自从 1902 年美国垦务局成立以来，其主要目标之一就是向干旱土地输送灌溉用水。这包括蓄水大坝的建设和输水渠系的建设。如同承办千禧年纪念日的艺术家们一样精心，垦务局一直在探索改进配水的方法。最初的渠道设计主要是依据最大过流条件。这样的设计未能提供使渠系高效运行所必需的灵活性。为了改善运行，人们构想出自动控制的概念（约在 1950 年）。

第一次渠道自动控制的尝试比较粗略，但立即就获得了成功。通过自动控制的应用使得渠系运行取得的进展与电子学在工业中的应用发展相平行。现在，一些管理局的渠系和大坝正在应用现有最先进的计算机设备和程序控制。

第一个有关渠道自动控制的研究项目，于 1966 年由垦务局的中太平洋地区开始的。这些研究的成果被用于加利福尼亚的渠系。不久就出现了对该研究项目更广泛的需求，这种研究可应用于垦务局的所有地区。因此，在 1971 年垦务局的工程和研究中心（现在的丹佛办公厅）在科罗拉多州的丹佛组建了一个水系统自动控制小组。小组的成员由来自规划、设计和研究机构的工程师组成。小组的目的是协调和指导渠道自动控制研究发展和应用项目。来自各地区的代表们参加年会以确保研究计划符合区域的需要。

这个跨学科综合组努力的积极方面是加强渠系自动控制的能力，因此吸收了许多地区和丹佛办公厅的设计组的技术人员参加。随着地区和设计人员专业经验的发展和积累，对丹佛的跨学科小组的需求逐步减少。但是，在丹佛的部门主管认为，需要编写一本手册以巩固跨学科综合研究所取得的自动化知识和技术。

1986 年，由各部门负责人组成的水系统自动控制管理研究组在丹佛办公厅成立，以协助编写一本在水系统自动控制设计方面最新经验的手册。这个管理研究组产生了一个由 5 位工程师组成编著小组，以编写这本手册，其中 3 位来自研究部门，2 位来自设计部门，所有的这些工程师都积极投身于跨学科工作。此外，一位来自水调度和维护局的代表（现在的工程局），一位技术编辑也被委任为编写组的成员，以协助编著者的工作（包括计划、协调、编辑和制图工作）。

这本手册主要供下列读者使用：

·为了更有效地调度运行输水系统，对先进的供水调度技术感兴趣的管理人员和调度工程师。

·对工程运行负有技术监督责任的设计人员、研究人员和运行工程师。

1986 年 9 月编辑组开始工作，随后编辑组决定分三卷出版这套手册，以便满足不同读者的需要。这三卷手册从渠道自动控制的基础入手，由浅入深涉及复杂的控制理论的应用。第一卷的深度足以使规划者或系统管理人员理解各种控制概念。第二卷是针对规划和设计工程师编写的，将逐步深入到控制理论、用方程式阐明概念并介绍模拟方法和硬件技术。但是，其深度达不到对系统进行瞬态分析和确定控制参数的要求。第三卷拟重点致力于在垦务局的工程上尚未实现的一些研究和开发选题上。这可能引起研究和开发专家的兴趣。

以前发表的有关渠系自动控制方面的资料及数值模型的可用性，将在本手册中予以验证认可。手册中的部分内容包含自动控制专用术语的标准定义。词汇表收编了美国内务部垦务局最流行的用词。

本手册由下列人员编写：

Clark P. Buyalski
David Ehler
Henry Falvey
David L. King
David Rogers
Edward Serfozo
Rodney Johansen
Richard N. Walters
Peter Voorheis
Ronald Arrington
Larry Rossi

著 者

1991 年（第一卷）

1995 年（第二卷）

于丹佛

目　录

序
译序
原著序言

第一章　引言 …… 1

手册的范围 …… 1
1-1　概论 …… 1
1-2　目的 …… 1
1-3　组织机构 …… 1
基本术语 …… 2
1-4　渠道自动化 …… 2
1-5　输水系统 …… 3
1-6　输水系统的主要特征 …… 5
1-7　渠系控制方法 …… 7
渠系自动化基础知识 …… 9
1-8　目的和效益 …… 9
1-9　渠道运行和控制的概念 …… 10
1-10　基本的运行要求 …… 12
1-11　供求变化 …… 13
1-12　自动化的应用 …… 13
渠道控制的历史 …… 15
1-13　概论 …… 15
1-14　建设协议 …… 15
1-15　就地自动控制的历史 …… 16
1-16　监控历史 …… 20
1-17　小结 …… 21
参考文献 …… 21

第二章　运行 …… 23

渠道运行引言 …… 23
2-1　运行的原则 …… 23
2-2　渠系 …… 25
2-3　用水计划 …… 25
2-4　输水步骤 …… 27
渠道水力学 …… 27
2-5　水流型态 …… 27
2-6　稳定流 …… 28
2-7　非稳定流 …… 29
2-8　蓄水情形 …… 30
配水概念 …… 32
2-9　概况 …… 32
2-10　轮流配水 …… 32
2-11　计划配水 …… 33
2-12　按需配水 …… 34
2-13　配水概念的对比和组合 …… 34
运行方法 …… 35
2-14　渠段运行方案 …… 35
2-15　下游常水深法 …… 36
2-16　上游常水深法 …… 38
2-17　等容积法 …… 39
2-18　控制容积法 …… 39
节制闸的运行 …… 41
2-19　控制建筑物 …… 41
2-20　顺序运行技术 …… 42
2-21　同步运行技术 …… 45
2-22　选择性运行技术 …… 47
约束条件 …… 47
2-23　结构特性 …… 47
2-24　蓄水 …… 52
2-25　弃水 …… 54
2-26　电力限制 …… 56
2-27　人力 …… 56

参考文献…… 57

第三章　控制基础…… 58

控制理论 …… 58
3-1　渠道控制 …… 58
3-2　控制的分类 …… 58
3-3　基本部件 …… 58
3-4　增强型渠道控制器 …… 59
3-5　控制的稳定性 …… 60
自动控制的基本特性 …… 61
3-6　控制模式 …… 61
3-7　正向操作和反向操作 …… 64
3-8　算法 …… 64
渠系控制方法 …… 65
3-9　就地人工控制 …… 65
3-10　就地自动控制 …… 65
3-11　监控法…… 66
3-12　综合控制方法 …… 70
控制算法 …… 71
3-13　小人算法 …… 71
3-14　科文算法 …… 73
3-15　电子过滤水位补偿器和电子过滤水位补偿器＋复位装置…… 74
3-16　比例＋比例积分算法 …… 75
3-17　比威尔算法 …… 75
3-18　控制水量 …… 76
3-19　闸门连续启闭 …… 77
3-20　变目标…… 77
自动控制单元 …… 77
3-21　渠测控制器及远端装置…… 77
3-22　主控室及控制中心 …… 79
3-23　传感器…… 80
3-24　通信系统 …… 81
参考文献…… 82

第四章　现有渠系控制方法的选择…… 84

规划 …… 84
4-1　规划过程 …… 84
工程项目的确定 …… 85
4-2　工程的概况 …… 85
4-3　运行准则 …… 90
控制方法的选择 …… 92
4-4　运行和控制概念…… 92
4-5　运行方法 …… 93
4-6　实际控制方法的选择 …… 95
明确需求…… 100
4-7　运行研究…… 100
4-8　对设备的考虑 …… 100
4-9　现场调查…… 101
4-10　控制设备 …… 101
4-11　安装和测试 …… 102
4-12　维护 …… 102
可行性 …… 103
4-13　费用 …… 103
4-14　效益 …… 104
4-15　评估 …… 105
4-16　报告 …… 105
实施 …… 105
4-17　最终的设计 …… 105
4-18　说明书 …… 106
4-19　现场准备 …… 106
4-20　检验和安装 …… 107
参考文献 …… 107

第五章　自动控制渠道的设计 …… 108

渠道及渠道控制设计 …… 108
5-1　新渠道设计 …… 108
设计规划…… 109
5-2　运行控制及自动化 …… 109
5-3　设计过程…… 109
5-4　设计方案选择 …… 111
5-5　技术分析…… 112
5-6　经济可行性 …… 114
项目定义…… 116
5-7　项目目标…… 116
5-8　布局 …… 116

5-9 输水 …… 118
5-10 运行准则 …… 119
运行 …… 122
5-11 运行设计 …… 122
5-12 运行概念 …… 122
5-13 运行方法 …… 123
结构设计 …… 125
5-14 结构考虑 …… 125
5-15 输水渠道 …… 125
5-16 节制建筑物 …… 128
5-17 分水口 …… 132
5-18 溢流道 …… 132
5-19 虹吸和跌水 …… 134
5-20 调节水库 …… 134
5-21 泵站 …… 137
5-22 交叉排水 …… 140
5-23 量水建筑物 …… 141
参考文献 …… 145

第六章 模拟和分析 …… 147

模拟 …… 147
6-1 模拟 …… 147
6-2 物理模拟 …… 147
6-3 电模拟 …… 150
6-4 数值模拟 …… 152
分析 …… 163
6-5 分析 …… 163

第七章 控制理论及其应用 …… 168

控制系统基础 …… 168
7-1 定义 …… 168
7-2 输入和输出变量 …… 170
7-3 控制 …… 170
控制和渠道的响应特性 …… 172
7-4 响应特性的描述 …… 172
7-5 水力学部分 …… 172
7-6 控制器 …… 174
分析和运行特性 …… 179
7-7 目标 …… 179
7-8 方法 …… 179
7-9 性能说明 …… 180
单个建筑物的闭环控制 …… 183
7-10 开发 …… 183
7-11 小人控制器 …… 183
7-12 科文控制器 …… 184
渠道系统的闭环控制 …… 187
7-13 控制器需求 …… 187
7-14 HyFLO控制器 …… 187
7-15 ELFLO 控制器 …… 187
7-16 ELFLO+RESET 控制器 …… 190
7-17 P+PR 控制器 …… 191
7-18 流量控制器 …… 196
渠道系统的开环控制 …… 203
7-19 状态估计算法 …… 203
参考文献 …… 205

第八章 通讯系统 …… 207

通讯系统设计 …… 207
8-1 通讯系统的目的 …… 207
8-2 本章讨论的问题 …… 207
8-3 通讯系统选择的影响因素 …… 208
金属电缆系统 …… 209
8-4 背景 …… 209
8-5 系统设计 …… 209
8-6 电缆架设 …… 211
8-7 电缆埋设 …… 212
8-8 应用 …… 214
8-9 优缺点 …… 214
光纤 …… 215
8-10 背景 …… 215
8-11 系统设计 …… 216
8-12 应用 …… 216
8-13 优点和缺点 …… 216
超高频/甚高频（UHF/VHF）无线电 …… 217
8-14 背景 …… 217
8-15 系统设计 …… 217

需要全本请访问 www.ertongbook.com

8-16 应用 …… 218
8-17 优点和缺点 …… 218
微波 …… 218
8-18 背景 …… 218
8-19 系统设计 …… 218
8-20 应用 …… 219
8-21 优点和缺点 …… 219
租用线路 …… 220
8-22 背景 …… 220
8-23 系统设计 …… 220
8-24 应用 …… 220
8-25 优点和缺点 …… 220
卫星通讯 …… 221
8-26 背景 …… 221
8-27 系统设计 …… 223
8-28 应用 …… 223
8-29 优点和缺点 …… 223
流星瞬闪通讯 …… 224
8-30 背景 …… 224
8-31 系统设计 …… 225
8-32 应用 …… 225
8-33 优点和缺点 …… 225
架构 …… 225
8-34 架构类型 …… 225
8-35 通讯系统架构的选择 …… 226
通讯信道的类型 …… 226
8-36 信道类型 …… 226
雷电防护 …… 228
8-37 雷电防护设备 …… 228
8-38 接地 …… 229
8-39 电源故障 …… 229

第九章 测量仪表 …… 230

测量仪表系统 …… 230
9-1 测量仪表系统 …… 230
测量参数和设备 …… 231
9-2 水位 …… 231
9-3 流量（Q） …… 235
9-4 闸门和阀门开度测量 …… 242
9-5 电量 …… 244
9-6 设备状态 …… 245
9-7 警报和报警 …… 246
9-8 传感器 …… 248
环境测量 …… 251
9-9 观测数据类型 …… 251
设备保护和环境 …… 252
9-10 水文测站和仪表平台 …… 252
9-11 控制和环境保护 …… 253
测量仪表 …… 253
9-12 仪表分类 …… 253
9-13 模拟仪表 …… 254
9-14 数字仪表 …… 255
9-15 仪表选择 …… 256
参考文献 …… 258

第十章 电子和机械系统 …… 259

10-1 闸门及闸门操作人员 …… 259
10-2 分水泵站 …… 265
10-3 电动机及其驱动 …… 266
10-4 能源需求 …… 268
10-5 替代/备用动力系统 …… 268
10-6 自动控制系统的安全需求 …… 270
10-7 其他设备 …… 273
参考文献 …… 274

第十一章 渠道自动化设备 …… 275

11-1 规划、故障模式研究及现场预处理 …… 275
11-2 就地控制系统 …… 277
11-3 遥测系统 …… 277
11-4 数据采集及监控系统(SCADA) …… 279
11-5 SCADA 系统性能需求 …… 281
11-6 SCADA 系统设计 …… 284
11-7 远程终端设备（RTU） …… 298
词 汇 …… 303
术 语 …… 316

引　　言

手 册 的 范 围

1-1　概论

本手册论述了渠道运行、控制和自动化实践方面的内容。其组织方式是从基础和基本的概念入手，逐步更详尽地予以专题论述，以更复杂的控制理论分析结局。本手册中有关可用而成功的控制技术是立足于方法论的角度予以论述的。因此，控制方法不会随设备技术的进展而变得过时落后。

1-2　目的

本手册有两个主要目的。其一是将美国内务部垦务局（以下简称垦务局）在渠系自动调度方面的经验汇总整理成一本参考资料。其二是为管理者、操作者和工程师选择成功且可行的渠系调度系统提供自动化方案的信息和导则。

对于那些日常工作为将水从水源输送到配水点的配水人员来说，本手册是很有用的。本手册拟提供的内容为：

- 名词术语的定义；
- 调度和控制的基础知识；
- 技术和设计方面考虑的因素；
- 重要的研究和发展课题；
- 自动化渠系调度在垦务局建设的工程上已实施运用的实例。

1-3　组织机构

本手册分为三卷（本书含其中一、二卷），分别为三个不同层次的读者编写：

第一卷针对的读者为用水户和调度者；

第二卷针对的读者为规划和设计工程师；

第三卷针对的读者为研究和开发专家。

为了实现这一目的，本手册的编写是由基本的概念出发逐步进展到复杂的控制理论的

应用。这样的编排能使读者将注意力集中于其最感兴趣的部分。但是，作者们建议读者也应阅览本手册的其他部分，以便扩大视野，熟悉渠道调度要求和目标。在取得了专业知识之后，可以选择实际控制系统。

第一卷描述了调度和控制的基本概念。渠系的管理者、调度者和用水户会对这一卷特别感兴趣。第一卷共有四章。第一章介绍了本手册及其渠系自动控制的课题。第二章详细论述了渠道系统调度的基本原理，包括基本的明渠水力学和配水概念及渠系调度和结构方面的约束条件。第三章论述了基本的控制理论和方法，这些理论和方法可应用于节制闸建筑物。第三章还讨论了基本的控制算法。第四章提供了充足的资料，以便水管人员和工程师们能评估和选择其控制方法，这些方法将提高现有渠系的调度水平。

第二卷论述有关渠道调度和控制的其他技术领域。将详细讨论有关调度需求和各种控制方法。规划和设计工程师将从本手册的这一部分获益，因为他们能更好地理解对所选控制系统的技术要求。第五章着重于控制理论和应用方面。也就是说，这章包括控制响应、各种控制方法的典型应用和更先进的状态评估（预测）算法。第六章对渠系设计工程师来说是重要的部分。对于设计过程和有关调度、物理特性和渠系的实际控制将给以较充分的论述。正如第七章所阐明的那样，渠道调度的模拟对于控制理论应用的某些方面事关重要。第八章到第十一章论述硬件技术。这几章将包括有关通信系统、仪器、电气、机械系统及渠道自动控制设备方面的内容。

第三卷拟论述研究和开发的选题。有关复杂控制理论应用方面的重要资料将在这卷中考虑。研究和开发专家将会发现这些资料很有用。当将闭环反馈控制系统用于自动调节控制水工建筑物时，建立水运动稳定性所需条件将在该卷中论述。已研究过的现成的势能控制概念，但是还没有在垦务局渠系实际上应用过的资料也将包括在该卷中。有关现正运行的渠道自动控制工程的实例将作为第三卷的附录。它们是控制方法在现有渠系上应用的特例，将有助于人们选择合适的控制系统。

本书提供了有关渠系自动控制上应用的专有名词和词组的词汇表。在本手册中应用的许多的名词和词组有一些在应用于渠系自动控制时有其特定的含义。

基 本 术 语

在设计过程中，从事选择、规划、设计和执行人员间的良好沟通对于一个成功的渠系自动化控制工程来说是必不可少的组成部分。对于描述渠系自动控制技术的名词和词组的共同理解对于确保工程的成功是必要的。下述的定义介绍和阐释了用于讨论渠系自动控制工程的基本术语。

1-4 渠道自动化

自动化是一个通用的工程名词，定义为：应用机械或电子设备替代人的观察、工作和决策去调节一个系统的过程或方法，这是自动控制的条件。

因此，渠道自动化定义为：为提高渠系运行的传统方法所实施的控制系统。

上述定义中的几个名词需进一步予以精益求精地阐释：

控制系统——指令或引导渠系调节的电子、电气和机械部件的配置。

提高——使渠系配水能力和用水户的需求得以更好地匹配。其结果使所改进了的反馈功能和系统的效益超过了传统调度方法所能达到的程度。

传统的方法——渠系的控制是由人工（渠道管理者或水管人员）就地调度完成。可应用节省劳力的装置和机械协助渠道设施的控制。渠道管理员依据由中央机构水务主管人员制定的配水计划，负责执行渠道系统的现场控制。水务主管人员负责全面的调度运行。

渠系运行——将水从水源输送到灌溉、市政和工业、渔业和野生动物及排污的配水点。

渠道自动控制的定义阐释为：渠系的运行通过安装了控制系统而得以改善或提高。不能把提高和更新相混淆。虽然一个控制系统可由应用最新的技术生产的新设备而得以更新，但实际的运行也许可能提高，也许不能提高。

1-5 输水系统

输水系统（配水系统）是整个水利工程的重要组成部分之一。其基本功能是将水从一个地方输送到另一个地方。以下是几个输水目标：

- 灌溉农业用地；
- 市政和工业用水；
- 渔业和野生物的繁育；
- 增加工程供水；
- 减轻洪水破坏；
- 发电。

a. 分类

输水系统的目标决定其总体分类，分类如下：

配水系统——将水从一个水源（如水库）输送到多个用水点。配水系统是一个通用的类别，它与灌溉、市政和工业、渔业及野生物供水的渠系相连接。

集水系统——将水从几个不同的水源，如地下水水井、排水沟和用于排放暴雨和融雪的地表排水渠，输送到一个分水点。集水系统与增加供水和减轻洪水破坏的工程相联系。

连接系统——将水从一个水源输送到另一个地点，典型的情况是既无中间集水又无分水渠系。连接系统与泵站或电站的引水口及调节水库相联系。

图 1-1（a）是一需求型的配水系统，它必须将可以提供的水源从渠首工程输送到下游的出水口，必须匹配任何数目配水点的变化的需水量。下游的需水量决定了渠系所需流量或计划供水。

相反，如图 1-1（b）所示的集水系统是供给型的。它必须将变化的水源从几个水源输送到下游的一个配水点。典型的情况是集水系统无渠侧分水。上游的来水水源决定了渠系所需流量或计划供水。

如图 1-1（c）所示，连接系统可能是需求型的，也可能是供给型的。如果其目的是使上游的供水满足下游的可能变化的需水量，则系统是需求型的；如果其目的是使下游的配水与上游的供水相匹配，则系统是供给型的；典型的情况是连接系统型的水利工程因其无集水点和分水点，因而不像配水系统或集水系统那样复杂。可是，为了满足泵站或电站的流

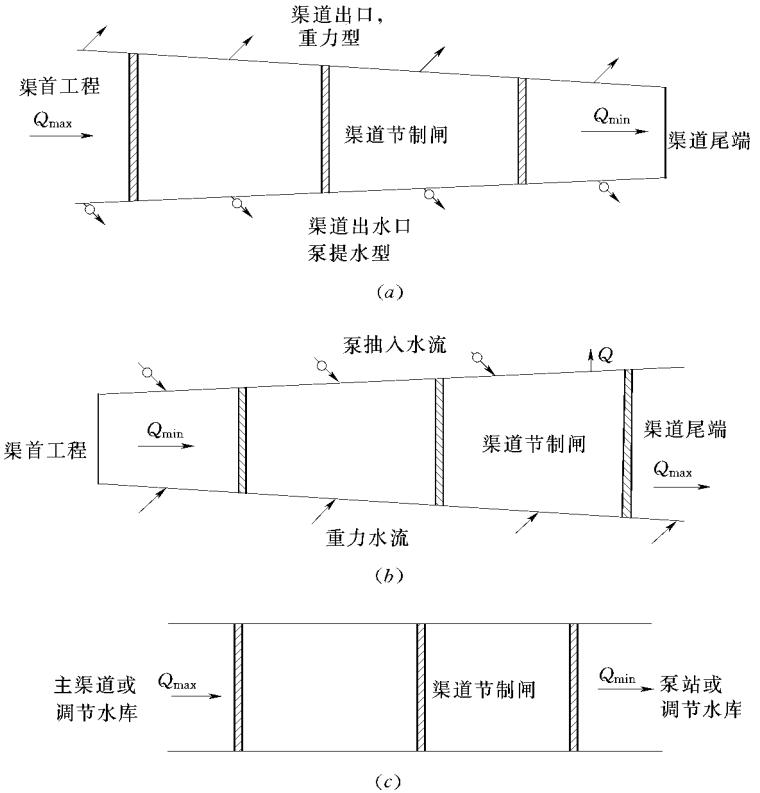


图 1-1　三类主干渠系统的示意图

（*a*）配水系统——需求型渠道；（*b*）集水系统——供给型渠道；
（*c*）连接系统——需求或供给型渠道。

量，可能需要匹配突然而巨大的流量变化。

配水、集水和连接渠系的类别并不是相互排斥的。对于多数水利工程而言，渠系至少包含两类，而有一些工程则包含三类渠系，以减少水利工程的费用。因此，渠系的运行调度是复杂的。

b. **型式**

输水系统的基本型式可分为：

封闭的水道——水的流动限定在所有边界内，也就是管道系统。

明渠——水流的顶部边界是自由面，也就是渠道系统。

管道系统对下游需水的变化能立即作出反应。管道系统的流量变化是以压力波的形式出现的，它在管道中的传播速度很快，可达到 4000ft/s（1200m/s）。

建设管道系统的费用远高于建设渠系的费用。对于输配大流量的多数输水系统来说，较高费用的方案是不可取的。因此，渠道系统常为水利工程的主要输水型式。调节渠系中的流量要比调节管道系统中的流量困难得多。渠道中流量变化是以移动波锋面的形式出现的，移动波的波速较慢，大约比管道中的压力波慢 200 **倍。典型的渠道移动波速在** 10～20ft/s（3～6m/s）**之间；因此，对于下游需水变化的反映速度，渠系要比管道系统慢得多。**

本手册主要论述有关渠系的控制，对于管道系统自动控制的探讨需要同样篇幅的专论，超越了本手册的范围。

1-6 输水系统的主要特征

如图 1-2 所示，输水系统的主要特征是根据向下游输水的要求划分的。

输水系统的主要特征是：

主干渠系统——从一个主要的供水源向几个分水点或渠侧的出水口配水，将水分配到更小的配水系统。

配水系统——从主干渠的渠侧出水口向单独的用水户配水，或向其他较小的配水系统配水。

蓄水水库——收集和储蓄暴雨径流和溶化的雪水，它是向水工程和主干渠系统供水的主要水源。通常，大的蓄水水库位于水工程主干渠的上游。大水库具有多目标的用途，除了灌溉、市政和工业供水、渔业和野生物的保护外，还有发电、防洪、航运、旅游等功能。水库也可能是主干渠系统的整体组成部分之一。其用途是：

（1）离线水库——建设在主干渠侧，通常在一条天然的排水沟中。正常的情况下用泵站从主干渠提水向水库供水。在一些水工程上兴建抽水蓄能电站是可行的。离线水库主要是用于储蓄冬季的多余径流，以供灌溉季节使用。

（2）在线水库——兴建在与渠道同一条线上，基本上为主干渠上的一个大水池。小的在线水库主要用于调节干渠的流量以维持平衡的运行。可是，大的在线水库也可能用作多年调节水库。

（3）调节水库——可能建成为主干渠系统的离线水库或在线水库。调节水库的主要目的是减少下游需水和上游供水的不匹配情况，以维持平衡的运行。

分水坝——分水坝通常建在天然河道上，用于节制或抬高水位，以便将水引向主干渠系统。分水坝也可用于储蓄或调节来自上游大水库的弃水。

渠道节制闸——它是渠系上的主要控制结构。图 1-3 显示了用于维持上游水位的节制闸，*YU* 调节下游渠池和渠侧出水口的流量（*QTO*）[3]。节制闸可根据每小时、每天或每周的需水量进行调节。

通常，节制闸至少应有一个闸门，有时在大的渠系上有 5 个闸门。在实际工程中，美国垦务局在大的渠道节制闸结构上使用弧形闸门[3]。通常，垂直提升的闸门用于流量小于 $100ft^3/s$（$2.8m^3/s$）的小渠道[2]。在较老的渠系上，节制闸可能由设置叠梁的堰组成，以控制流量。

渠池——两座节制闸间的渠段部分（图 1-3）。

渠段——主要的流量控制结构，如泵站和水库之间的由一系列渠段组成的主渠系部分。有时渠段边界定义为渠道流量或主要结构段变化的地方。

分水闸——在渠系上的分水建筑物。依据其下游配水系统的特点，分水闸可以分为：

（1）自流型——水流被引入较小的渠系。

（2）管道型——水流被引入管道系统。

（3）泵站型——水流被引入水泵站的进水池中，然后在压力的作用下将水提到较

需要全本请访问 www.ertongbook.com