

UDC

GB

中华人民共和国国家标准

P

GB/T 50485-\*\*\*\*

## 微灌工程技术规范

Technical code for microirrigation engineering

请将你们发现的有关专利的内容和支持性文件随意见一并返回

(征求意见稿)

20\*\*—\*\*—\*\* 发布

20\*\*—\*\*—\*\* 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部  
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

## 前 言

本规范根据水利部国际合作与科技司制定、修订水利行业标准的计划要求，由中国灌溉排水发展中心组织修订、编制完成。

修编过程中，开展了广泛的调查研究，总结了《微灌工程技术规范》（GB/T 50485-2009）实施以来的经验，针对规范实施中发现的不足和问题，结合微灌工程规划、设计、施工和运行管理的工作实践，吸收了近年来发展的新技术、新成果，广泛征求了相关部委、各省（自治区、直辖市）水行政主管部门及有关科研、设计、施工、管理等单位专家和技术人员的意见和建议，经过反复讨论修改，最后经审查定稿。

本规范内容包括总则、术语和符号、工程规划、微灌技术参数、微灌系统水力设计、工程设施配套与设备选择、工程施工与安装、管道水压试验和系统试运行、工程验收、运行管理等 10 章和 2 个附录。与原规范相比，主要增加了信息化内容，并合并了《节水灌溉设备水力基本参数测试方法》SL571-2013 及《微灌用中小型移动式首部机组》SL480-2010 两项标准的相关内容，修订了水力计算方面内容。

本规范由水利部负责日常管理，中国灌溉排水发展中心负责具体技术内容的解释。本规范在执行过程中，请各单位结合工程实践，总结经验，积累资料，并将有关意见和建议反馈给中国灌溉排水发展中心（地址：北京市西城区广安门南街 60 号，邮政编码：100054），以备今后修订时参考使用。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

主编单位：中国灌溉排水发展中心

参编单位：中国水利水电科学研究院、中国农业大学、中国科学院地理科学与资源研究所、华北水利水电大学、武汉大学

主要起草人：姚彬、龚时宏、李光永、康跃虎、仵峰、罗金耀、李久生、王晓玲、徐海洋

主要审查人：

# 目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术 语	2
2.2	主要符号	5
3	工程规划	9
3.1	一般规定	9
3.2	水量平衡计算	9
3.3	微灌水质要求	11
3.4	灌水方式选择	12
3.5	管网布置	12
3.6	自动控制方式选择与信息监测	12
4	微灌技术参数	13
5	微灌系统水力设计	16
5.1	水头损失计算公式	16
5.2	灌水小区水力设计	17
5.3	系统设计流量和压力	18
5.4	水量平衡复核与节点的压力均衡	18
5.5	水锤压力验算与防护	19
6	工程设施配套与设备选择	20
6.1	一般规定	20
6.2	水源工程与首部枢纽	20
6.3	管道	21
6.4	灌水器	22
6.5	自动控制与信息采集设备	22
7	工程施工与安装	23
7.1	一般规定	23
7.2	施工程序	23
7.3	水源工程与首部枢纽施工	24
7.4	管网施工	25
7.5	自动控制与信息采集设备工程施工	27
8	管道水压试验和系统试运行	28
8.1	一般规定	28
8.2	管道水压试验	28
8.3	管道冲洗	28
8.4	系统试运行	29
8.5	自动控制与信息采集系统试运行	29
9	工程验收	30
9.1	一般规定	30
9.2	竣工验收	30
10	运行管理	32

10.1 一般规定 .....	32
10.2 水源工程 .....	32
10.3 自动控制与信息采集系统 .....	32
10.4 首部枢纽 .....	33
10.5 田间工程 .....	33
10.6 施肥管理 .....	33
10.7 用水管理 .....	34
附录 A 多口系数 F 公式 .....	35
附录 B 均匀坡毛管水力计算 .....	36
本规范用词说明 .....	44
条文说明 .....	45

# 1 总 则

- 1.0.1 为统一微灌工程技术要求，保证微灌工程建设质量，促进微灌事业健康发展，在吸收微灌科学技术发展的成果和经验基础上，制定本规范。
- 1.0.2 本规范适用于新建、扩建或改建的微灌工程规划、设计、施工、安装、验收和运行。
- 1.0.3 微灌工程建设应符合国家技术经济政策，因地制宜，充分利用已有水利设施，做到技术先进、经济合理和运行可靠。
- 1.0.4 微灌工程规划、设计、施工安装及监理单位应有相应技术能力。
- 1.0.5 微灌工程应选用经过法定检测机构检测合格或通过认证机构认证的材料与设备。
- 1.0.6 微灌工程的规划、设计、施工、安装、验收和运行，除应符合本规范的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

#### 2.1.1 微灌 microirrigation

通过管道系统与安装在末级管道上的灌水器，将水和作物生长所需的养分以较小的流量，均匀、准确地进行灌溉的一种灌水方法。包括滴灌、微喷灌、涌泉灌等。

#### 2.1.2 微灌系统 microirrigation system

由水源、首部枢纽、输配水管道和微灌灌水器等部分组成的低压微量灌溉的工程设施。

#### 2.1.3 滴灌 drip irrigation;

利用专门灌溉设备，灌溉水以水滴状流出浸润作物根区土壤的一种灌水方法。

#### 2.1.4 微喷灌 microsprinkler irrigation

利用专门灌溉设备将有压水送到灌溉地块，通过安装在末级管道上的微喷头（流量不大于 250 L/h）进行喷洒灌溉的一种灌水方法。

#### 2.1.5 涌泉灌 bubbler irrigation

利用稳流器稳流和小管分散水流，实施灌溉的一种灌水方法。

#### 2.1.6 首部枢纽 head control

集中安装在微灌系统入口处的过滤器、施肥（药）装置及量测、安全和控制设备的总称。

#### 2.1.7 微灌灌水器 emitter

微灌系统末级出流装置，包括滴头、滴灌管（带）、微喷头、微喷带等。

#### 2.1.8 滴头 dripper

使有压水减压形成水滴并断续滴出的灌水装置。

#### 2.1.9 压力补偿灌水器 pressure compensating emitter

在一定压力范围内不随压力变化而保持出水流量基本不变的灌水器。

#### 2.1.10 滴灌管（带） drip pipe ( drip tape; drip tube)

滴头与毛管制成一体，并有输水和滴水功能的软管。

#### 2.1.11 微喷头 sprayer; microsprinkler

将有压水流（流量不大于 250 L/h）粉碎成细小水滴，实行喷洒灌溉的微小喷头。

#### 2.1.12 过滤器 filter

安装在微灌首部，过滤水体中固体颗粒的装置，包括离心过滤器、砂石过滤器、网式过滤器、碟片过滤器等。

2.1.13 筛网过滤器 screen filter

用筛网滤除灌溉水中杂质的设备。

2.1.14 砂过滤器 sand media filter

用砂介质滤除灌溉水中杂质的设备。

2.1.15 叠片过滤器 disc filter

用叠在一起的表面具有细线槽的塑料片滤除灌溉水中杂质的设备。

2.1.16 旋流水砂分离器 centrifugal separator; sand separator; hydrocyclone

利用旋流使水和砂粒分离的设备。又称为离心过滤器。

2.1.17 施肥(药)装置 fertilizer (chemical) injector

用于向灌溉水内加入肥料(药)的装置，包括压差式施肥(药)罐、文丘里施肥(药)器等。

2.1.18 压差式施肥(药)罐 differential pressure tank

利用压差原理将密封于肥料容器中的肥料(药)液体注入灌溉系统的装置。

2.1.19 文丘里施肥(药)器 venturi injector

利用文丘里原理将肥料(药)液体吸入与主流混合后注入灌溉系统的装置。

2.1.20 施肥(药)泵 fertilizer pump

将肥料(药)溶液注入灌水管道中的泵机组。

2.1.21 进排气阀 air release valve

破除真空和排除管道内空气的设备。

2.1.22 压力调节器 pressure regulator

在上级管道压力上升时，能保持下级管道压力恒定的装置。

2.1.23 流量调节器 discharge regulator

管道压力增加时，可以自动缩小过流断面以保持流量恒定的装置。

2.1.24 毛管 lateral

直接向灌水器配水的管道。

2.1.25 支管 manifold; submain pipe

直接向毛管配水的管道。

2.1.26 干管 main pipe

向支管供水的管道。

2.1.27 设计耗水强度 **designed daily water requirement of crop**

设计年作物耗水高峰期的日平均耗水量。

2.1.28 设计灌水强度 **water application rate**

满足作物高峰期耗水强度及额外灌水量的灌水强度。在无盐分淋洗需求时，即为设计耗水强度；在有盐分淋洗需求时，为设计耗水强度和设计淋洗强度之和。

2.1.29 设计供水强度 **water supply rate**

满足设计灌水强度、过滤器冲洗等其他需求的供水强度。

2.1.30 灌溉水利用系数 **water efficiency of irrigation**

灌到田间用于植物蒸腾蒸发的水量与灌溉供水量的比值。

2.1.31 灌水均匀系数 **irrigation uniformity**

表示微灌系统中同时工作的灌水器出水量均匀程度的系数。

2.1.32 灌水器制造偏差 **manufacturing variation**

表示灌水器制造精度的参数，为规定工作压力水头下灌水器样本流量的标准差与平均流量的比值。

2.1.33 灌水器设计流量 **designed discharge rate of emitter**

设计工作压力下，单个灌水器流量。

2.1.34 灌水器设计工作压力水头 **designed operating pressure of emitter**

灌水器设计流量所对应的工作压力水头。

2.1.35 灌水小区 **subunit**

具有独立阀门控制或调压稳压装置、下游同时灌溉毛管组成的单元。

2.1.36 设计流量偏差率 **discharge deviation**

灌水小区内灌水器的最大、最小流量之差与设计流量的比值。

2.1.37 最大流量偏差率

灌水小区内灌水器的最大、最小流量之差与最大流量的比值。

2.1.38 灌水小区压力水头差 **pressure-head difference in a subunit**

灌水小区内灌水器的最大、最小工作压力水头之差。

2.1.39 设计水头偏差率 **pressure-head deviation**

灌水小区内灌水器的最大、最小工作压力水头之差与设计工作压力水头的比值。

#### 2.1.40 土壤湿润比 percentage wetted area

在计划湿润层内，湿润土体与总土体的体积比。

## 2.2 主要符号

### 2.2.1 流量、流速

$Q$ —微灌系统设计流量

$Q_s$ —水源可供流量

$Q_x$ —需要的供水流量

$Q_q$ —灌水小区的流量

$Q_{\text{轮}}$ —实测的轮灌组流量

$Q_g$ —管道流量

$Q_{qi}$ —干管分干管任意断面下游第  $i$  个灌水小区的流量

$q_d$ —灌水器设计流量

$q_{\text{max}}$ —灌水器最大流量

$q_{\text{min}}$ —灌水器最小流量

$q_i$ —各灌水器流量

$q_v$ —灌水器设计流量偏差率

$[q_v]$ —灌水器设计允许流量偏差率

$[q_s]$ —管道允许最大渗漏量

$\bar{q}$ —灌水器平均流量

$\overline{\Delta q}$ —灌水器流量的平均偏差

$v$ —管道流速

$\Delta V$ —管中流速变化值

### 2.2.2 压力、水头、水头损失

$H$ —系统设计水头

$h_{\max}$ —灌水器最大工作水头

$h_{\min}$ —灌水器最小工作水头

$h_d$ —灌水器设计工作水头

$h_v$ —灌水器工作水头偏差率

$[h_v]$ —灌水器设计允许工作水头偏差率

$h_o$ —典型支管单元进口的工作水头

$h_{co}$ —支管单元附属设施（包括过滤、施肥、调压等）所需要的工作压力水头差

$h_f$ —管道沿程水头损失

$h'_f$ —等距、等量分流多孔管道沿程水头损失

$h_j$ —局部水头损失

$\Delta H$ —直接水锤的压力水头增加值

### 2.2.3 灌溉制度

$m_d$ —设计净灌水定额

$m_{\max}$ —最大净灌水定额

$m'$ —设计毛灌水定额

$\gamma$ —土壤容重

$A$ —灌溉面积

$A_s$ —规划微灌面积

$z$ —土壤计划湿润层深度

$p$ —设计土壤湿润比

$E_a$ —设计耗水强度

$I_a$ —设计供水强度

$I_L$ —设计淋洗强度

$I_b$ —设计灌水强度

$I_q$ —其他需求的供水强度(如过滤器冲洗等)

$\theta_{\max}$ —适宜土壤含水率上限

$\theta_{\min}$ —适宜土壤含水率下限

$T$ —设计灌水周期

$T_{\max}$ —最大灌水周期

$t$ —一次灌水延续时间

$t_d$ —水源每日供水时数

#### 2.2.4 几何特征

$S_e$ —灌水器间距

$S_l$ —毛管间距

$S_r$ —植物的行距

$S_i$ —植物的株距

$Z_r$ —典型灌水小区管网进口的高程

$Z_b$ —系统水源的设计水位

$L$ —管长

$V$ —蓄水池工程容积

$e$ —管壁厚度

$D$ —管道内径

$D_0$ —管道外径

#### 2.2.5 系数、指数

$\eta$ —灌溉水利用系数

$\eta_0$ —蓄水利用系数

$C_u$ —灌水均匀系数

$f$ —摩阻系数

$\zeta$ —局部阻力系数

$b$ —管径指数

$n$ —灌水器个数

$n_s$ —每株植物的灌水器个数

$n_m$ —同时工作的灌水小区数量

$n_e$ —同时工作的灌水器个数

$m$ —流量指数

$K$ —复蓄系数

$F$ —多口系数

$x$ —流态指数

$K_s$ —渗漏系数

$E_s$ —管材的弹性模量

$C$ —水锤波的传播速度

## 3 工程规划

### 3.1 一般规定

3.1.1 微灌工程规划应符合当地水资源开发利用、农村水利、农业发展及园林绿地等规划要求，并与灌排设施、道路、林带、供电等系统建设和土地整治规划、农业及生态环境保护等规划相协调。

3.1.2 微灌工程规划应收集水源、气象、地形、土壤、植物、灌溉试验、能源与设备、社会经济状况和发展规划等方面的基本资料。

3.1.3 平原区灌溉面积大于  $100\text{hm}^2$ ，山丘区灌溉面积大于  $50\text{hm}^2$  的微灌工程，宜分为规划、设计两个阶段进行。

3.1.4 微灌工程规划应包括水源工程、系统选型、首部枢纽和管网规划。具有信息监测管理和自动控制灌溉功能的系统，规划时应纳入相关内容。规划成果应绘制在不小于  $1/5000\sim 1/10000$  的地形图上，并应提出规划报告。

### 3.2 水量平衡计算

3.2.1 水源供水能力计算应符合以下规定：

1 规划必须对水源水量、水位和水质进行分析，确定设计供水能力。由已建水源工程供水的微灌系统，供水能力应根据工程原设计和运用情况确定；对于新建水源工程，供水能力应根据水源类型和勘测资料确定。

2 以水量丰富的江、河、水库和湖泊为水源时，可不作供水量计算，但必须进行年内水位变化和水质分析。

3 以小河、山溪和塘坝为水源时，应根据调查资料并参考地区水文手册或图集，分析计算设计水文年的径流量和年内分配。

4 以井、泉为水源时，应根据已有资料分析确定供水能力。无资料时，应对水井作抽水试验，对泉水进行调查，分析、计算确定供水能力。

5 以水窖等雨水集蓄利用工程为水源时，应根据当地降雨和径流资料、水窖蓄水容积及复蓄状况等，分析确定供水能力。

3.2.2 微灌用水量计算应符合以下规定：

1 用水量应根据设计水文年的降雨、蒸发、植物种类及种植面积等因素计算确定。

2 当有微灌试验资料时，应由试验资料计算确定微灌用水量。缺少资料的地区可参考条件相近地区试验资料或根据气象资料分析计算确定。

### 3.2.3 水量平衡与调蓄计算应符合以下规定：

1 在水源供水流量稳定且无调蓄时，可发展的微灌面积可用下式计算：

$$A = \frac{\eta Q_s t_d}{10 I_a} \quad (3.2.3-1)$$

或者规划的微灌面积已定，无调蓄设施时，需要的供水流量为：

$$Q_x = \frac{10 I_a A_s}{\eta t_d} \quad (3.2.3-2)$$

当  $A_s \leq A$  或  $Q_s \geq Q_x$  时，水量平衡。

其中

$$I_b = \begin{cases} E_a & \text{无盐分淋洗要求时} \\ E_a + I_L & \text{有盐分淋洗要求时} \end{cases} \quad (3.2.3-3)$$

$$I_a = I_b + I_q$$

式中  $A$ —灌溉面积， $\text{hm}^2$ ；

$A_s$ —规划微灌面积， $\text{hm}^2$ ；

$Q_s$ —水源可供流量， $\text{m}^3/\text{h}$ ；

$Q_x$ —需要的供水流量， $\text{m}^3/\text{h}$ ；

$I_a$ —设计供水强度， $\text{mm}/\text{d}$ ；

$I_b$ —设计灌水强度， $\text{mm}/\text{d}$ ；

$E_a$ —设计耗水强度， $\text{mm}/\text{d}$ ；

$I_L$ —设计淋洗强度， $\text{mm}/\text{d}$ ；

$I_q$ —其他需求的供水强度(如过滤器冲洗等)， $\text{mm}/\text{d}$ ；

$t_d$ —水源每日供水时数， $\text{h}/\text{d}$ ；

$\eta$ —灌溉水利用系数。

2 在水源有调蓄能力且调蓄容积已定时，微灌面积可按下式确定：

$$A = \frac{\eta_0 KV}{10 \sum I_{ai} a_i T_i} \quad (3.2.3-4)$$

式中  $K$ —复蓄系数,  $K=1.0\sim 1.4$ ;

$\eta_0$ —蓄水利用系数,  $\eta_0=0.6\sim 0.7$ ;

$V$ —蓄水工程容积,  $m^3$ ;

$T_i$ —灌水周期,  $d$ ;

$Ia_i$ —一个灌水周期内第  $i$  种作物的毛供水强度,  $mm/d$ ;

$a_i$ —第  $i$  种作物的种植比例, %。

3 在灌溉面积已定, 需要确定系统需水流量时, 可用公式 (3.2.3-1) 计算; 需要修建调蓄工程时, 可用公式 (3.2.3-4) 确定调蓄容积  $V$ 。

### 3.3 微灌水质要求

3.3.1 微灌水质应符合现行国家标准《农田灌溉水质标准》GB5084 的规定。当使用微咸水、再生水等非常规水质进行微灌时, 应进行论证。

3.3.2 应根据水质情况分析评价灌水器堵塞的可能性, 并根据分析结果对水质作相应处理。微灌水质的评价可参照表 3.3.2 进行。

表 3.3.2 微灌水质评价

水质分析指标	单位	堵塞的可能性		
		低	中	高
悬浮固体物	mg/L	<50	50-100	>100
硬度	mg/L	<150	150-300	>300
不溶固体	mg/L	<500	500-2000	>2000
pH 值		5.5-7.0	7.0-8.0	>8.0
Fe 含量	mg/L	<0.1	0.1-1.5	>1.5
Mn 含量	mg/L	<0.1	0.1-1.5	>1.5
H <sub>2</sub> S 含量	mg/L	<0.1	0.1-1.0	—

3.3.3 进入微灌管网的水不应含有油类等物质。

### 3.4 灌水方式选择

3.4.1 应根据水源、气象、地形、土壤、植物、社会经济、生产管理水平和劳动力等条件，因地制宜地选择滴灌、微喷灌、涌泉灌等灌水方式。

3.4.2 应充分考虑农业种植和用户特点，按经济性、实用性和可靠性等原则，通过技术经济比较，选择最佳灌水方式。

### 3.5 管网布置

3.5.1 微灌管网布置应符合微灌工程总体要求，综合考虑地形、植物、用户类型、控制方式、管理维护等因素，通过方案比较确定。

3.5.2 管道应避免穿越障碍物，避开地下电力、通信等设施。

3.5.3 输配水管道宜沿地势较高位置布置；支管宜垂直于植物种植行向布置，毛管宜顺植物种植行向布置。

3.5.4 对于地形复杂或规模较大的管网，应根据地形、灌溉方式、压力要求、运行管理等进行压力分区。

3.5.5 当管道布置与铁路交叉时，应按铁路工程的相关技术规范执行；当穿过河流、渠（沟）道时，可采用管桥或河（沟）底穿越等型式，有条件时尽量利用已有或新建桥梁进行架设。

### 3.6 自动控制方式选择与信息监测

3.6.1 应根据农业种植、地形、气象、用户特点和经济条件等因素，选用自动控制方式，自动控制方式应具备手动控制功能。

3.6.2 自动控制系统应根据项目规模和控制要求因地制宜选择控制类型：规模小的灌溉项目，宜选择简单定时控制系统；规模较大控制复杂的灌溉系统，可采用本地控制和远程控制相结合的方式。

3.6.3 信息监测宜包括水源、首部、管网、主要设备设施等的运行状况，以及土壤、作物、墒情、地下水、农田小气候等要素。

3.6.4 信息监测宜采用自动采集与传输系统。通讯方式应根据工程特点、规模，以及当地通讯现状综合确定。

## 4 微灌技术参数

4.0.1 微灌工程设计保证率应根据自然条件和经济条件确定，不应低于 85%。

4.0.2 微灌设计湿润比应根据自然条件、植物种类、种植方式及微灌的形式，并结合当地试验资料确定。在无实测资料时可按表 4.0.2 选取。

表 4.0.2 微灌设计土壤湿润比参考值 (%)

作物	滴灌、涌泉灌	微喷灌	作物	滴灌	微喷灌
果树	30~40	40~60	蔬菜	60~90	70~100
乔木	25~30	40~60	小麦等密植作物	90~100	—
葡萄、瓜类	30~50	40~70	马铃薯、甜菜、棉花、玉米	60~70	—
草、灌木	—	100	甘蔗	60~80	60~90

注：干旱地区宜取上限值。

4.0.3 设计耗水强度应由当地试验资料确定。无实测资料时，可通过计算或按表 4.0.3 选取。

表 4.0.3 设计耗水强度参考值 (mm/d)

作物	滴灌	微喷灌	作物	滴灌	微喷灌
葡萄、树、瓜类	3~7	4~8	蔬菜(露地)	4~7	5~8
粮、棉、油等植物	4~7	—	冷季型草	—	5~8
蔬菜(保护地)	2~4	—	暖季型草	—	3~5

注：1 干旱地区宜取上限值；

2 对于在灌溉季节敞开棚膜的保护地，应按露地选取设计耗水强度值

4.0.4 灌溉水利用系数，滴灌不应低于 0.9，微喷灌、涌泉灌不应低于 0.85。

4.0.5 微灌系统设计日工作小时数不应大于 22h。

4.0.6 微灌系统灌水小区灌水器设计允许流量偏差率应满足下式的要求：

$$[q_v] \leq 20\% \quad (4.0.6)$$

式中  $[q_v]$ —灌水器设计允许流量偏差率，%

4.0.7 灌水小区内灌水器流量和水头偏差率可按公式 (4.0.7-1)、(4.0.7-2) 计算：

$$q_v = \frac{q_{\max} - q_{\min}}{q_d} \times 100 \quad (4.0.7-1)$$

$$h_v = \frac{h_{\max} - h_{\min}}{h_d} \times 100 \quad (4.0.7-2)$$

式中  $q_v$ —灌水器设计流量偏差率, %;

$q_{\max}$ —灌水器最大流量, L/h;

$q_{\min}$ —灌水器最小流量, L/h;

$q_d$ —灌水器设计流量, L/h;

$h_v$ —灌水器工作水头偏差率, %;

$h_{\max}$ —灌水器最大工作水头, m;

$h_{\min}$ —灌水器最小工作水头, m;

$h_d$ —灌水器设计工作水头, m。

4.0.8 灌水器工作水头偏差率与流量偏差率之间的关系可由下式表达:

$$h_v = \frac{q_v}{x} \left( 1 + 0.15 \frac{1-x}{x} q_v \right) \quad (4.0.8)$$

式中  $x$ —灌水器流态指数。

4.0.9 最大净灌水定额宜按下列公式计算:

$$m_{\max} = 0.1\gamma Zp(\theta_{\max} - \theta_{\min}) \quad (4.0.9)$$

式中  $m_{\max}$ —最大净灌水定额, mm;

$\gamma$ —土壤容重, g/cm<sup>3</sup>;

$z$ —土壤计划湿润层深度, mm;

$p$ —设计土壤湿润比;

$\theta_{\max}$ —适宜土壤含水率上限 (占干土重量的百分比);

$\theta_{\min}$ —适宜土壤含水率下限 (占干土重量的百分比)。

4.0.10 设计灌水周期宜按下列公式确定:

$$T \leq T_{\max} \quad (4.0.10-1)$$

$$T_{\max} = \frac{m_{\max}}{I_b} \quad (4.0.10-2)$$

式中  $T$ —设计灌水周期, d;

$T_{\max}$ —最大灌水周期, d。

4.0.11 设计灌水定额宜按下列公式确定:

$$m_d = T \cdot I_b \quad (4.0.11-1)$$

$$m' = \frac{m_d}{\eta} \quad (4.0.11-2)$$

式中  $m_d$ —设计净灌水定额, mm;

$m'$ —设计毛灌水定额, mm。

4.0.12 一次灌水延续时间应按下列公式确定:

$$t = \frac{m' S_e S_l}{q_d} \quad (4.0.12-1)$$

对于  $n_s$  个灌水器绕植物布置时,

$$t = \frac{m' S_r S_t}{n_s q_d} \quad (4.0.12-2)$$

式中  $t$ —一次灌水延续时间, h;

$S_e$ —灌水器间距, m;

$S_l$ —毛管间距, m;

$S_r$ —植物的行距, m;

$S_t$ —植物的株距, m;

$n_s$ —每株植物的灌水器个数。

## 5 微灌系统水力设计

### 5.1 水头损失计算公式

5.1.1 管道沿程水头损失应按下列式计算

$$h_f = f \frac{Q_g^m}{D^b} L \quad (5.1.1)$$

式中  $h_f$ —沿程水头损失, m;

$f$ —摩阻系数;

$Q_g$ —管道流量, L/h;

$D$ —管道内径, mm;

$L$ —管长, m;

$m$ —流量指数;

$b$ —管径指数。

各种管材的  $f$ 、 $m$ 、 $b$ 值, 可按表5.1.1选用。

表 5.1.1 管道沿程水头损失计算系数、指数表

管 材		$f$	$m$	$b$
硬 塑 料 管		0.464	1.77	4.77
聚乙烯管(LDPE)	$D > 8$ mm	0.505	1.75	4.75
	$D \leq 8$ mm	Re > 2320	1.69	4.69
		Re ≤ 2320	1.75	1.00

注: 1 Re为雷诺数。

2 聚乙烯管的  $f$  值相应于水温10℃, 其他温度时应修正。

5.1.2 微灌系统的支、毛管为等距、等量分流多孔管道时, 其沿程水头损失可按下式多口系数法或其他方法计算:

$$h_f' = h_f \times F \quad (5.1.2)$$

式中  $h_f'$ —等距、等量分流多孔管道沿程水头损失, m;

$F$ —多口系数, 计算公式可参考附录 A。

5.1.3 管道局部水头损失应按下列式计算

$$h_j = \xi \frac{v^2}{2g} \quad (5.1.3)$$

式中  $h_j$ —局部水头损失，m；

$\xi$ —局部阻力系数；

$v$ —管道流速，m/s；

$g$ —重力加速度，9.81 m/s<sup>2</sup>。

当参数缺乏时，局部水头损失可按沿程水头损失的10%估算。

## 5.2 灌水小区水力设计

5.2.1 当毛管入口安装压力调节装置调节进口压力时，或采用全压力补偿式灌水器时，毛管为灌水小区。当只在支管入口安装压力调节装置调节支管工作压力且灌水器不为全压力补偿式时，支管单元为灌水小区。

5.2.2 当灌水小区内的灌水器为非压力补偿式或部分压力补偿式时，灌水小区的流量或水头偏差率应满足如下条件：

$$q_v \leq [q_v] \quad (5.2.3-1)$$

或 
$$h_v \leq [h_v] \quad (5.2.3-2)$$

式中  $q_v$ —灌水器设计流量偏差率，%； $[q_v]$ 通过4.0.7中方法计算；

$[q_v]$ —灌水器设计允许流量偏差率，%；

$h_v$ —灌水器工作水头偏差率，%；

$[h_v]$ —灌水器设计允许工作水头偏差率，%。

5.2.3 采用全压力补偿式灌水器时，灌水小区内灌水器工作水头应在其允许的工作水头范围内。

5.2.4 当毛管单元为灌水小区时，灌水器设计允许的水头偏差应全部分配给毛管；当支管单元为灌水小区时，灌水小区内灌水器设计允许工作水头偏差率应在支、毛管间分配，分配比例应通过技术经济比较确定，初估时，可各按50%考虑。毛管水力计算具体可参考附录B。

5.2.5 全自动控制的微灌系统，支管单元的设计工作压力不应低于电磁阀的启动压力。

5.2.6 灌水小区的流量应按下式计算：

$$Q_q = \frac{n_e Q_d}{1000} \quad (5.2.7)$$

式中  $Q_q$ —最小灌水单元的流量，m<sup>3</sup>/h；

$q_d$ —灌水器设计流量, L/h;

$n_e$ —同时工作的灌水器个数。

### 5.3 系统设计流量和压力

5.3.1 干管和分干管任意断面流量为其下游同时工作的灌区小区流量之和, 应按下式计算:

$$Q = \sum_{i=1}^{ns} Q_{qi} \quad (5.3.1)$$

式中  $Q$ —系统设计流量,  $m^3/h$ ;

$Q_{qi}$ —干管分干管任意断面下游第*i*个灌水小区的流量,  $m^3/h$ ;

$n_m$ —同时工作的灌水小区数量。

5.3.2 应遵循经济合理的原则, 综合材料、施工安装和运行管理等多种因素, 确定干管、分干管的管径及材质。

5.3.3 微灌系统设计水头, 应在最不利轮灌组条件下按下式计算:

$$H = Z_p - Z_b + h_0 + \sum h_f + \sum h_j + h_{co} \quad (5.3.3)$$

式中  $H$ —系统设计水头, m;

$Z_p$ —典型灌水小区管网进口的高程, m;

$Z_b$ —系统水源的设计水位, m;

$h_0$ —典型支管单元进口的工作水头, m;

$h_{co}$ —支管单元附属设施 (包括过滤、施肥、调压等) 所需要的工作压力水头差, m;

$\sum h_f$ —系统进口至典型灌水小区进口的管道沿程水头损失 (含首部枢纽沿程水头损失), m;

$\sum h_j$ —系统进口至典型灌水小区进口的管道局部水头损失 (含首部枢纽局部水头损失), m。

### 5.4 水量平衡复核与节点的压力均衡

5.4.1 微灌管网应进行节点压力均衡计算。

5.4.2 从同一节点取水的各条管线同时工作时, 应比较各条管线对该节点的水头要求。可调整部分管段直径, 使各管线对该节点的水头要求一致, 也可按最大水头要求作为该节点的设计水头, 其余

管线进口应根据节点设计水头与该管线要求的水头之差设置调压装置。

5.4.3 从同一节点取水的各条管线分为若干轮灌组时，各组运行时节点的压力状况均需计算，同一组内各管线对节点水头要求不一致时，应按5.4.2条处理。

## 5.5 水锤压力验算与防护

5.5.1 采用聚乙烯管材时，可不进行水锤压力验算。其他管材当关阀历时大于20倍水锤相长时，也可不验算关阀水锤。

5.5.2 直接水锤的压力水头增加值应按下列式计算：

$$\Delta H = C \frac{\Delta V}{g} \quad (5.5.2-1)$$

$$C = \frac{1435}{\sqrt{1 + \frac{2100(D_o - e)}{E_s e}}} \quad (5.5.2-2)$$

式中  $\Delta H$  —直接水锤的压力水头增加值，m；

$C$  —水锤波的传播速度，m/s；

$\Delta V$  —管中流速变化值，为初流速减去末流速，m/s；

$D_o$  —管道外径，mm；

$e$  —管壁厚度，mm；

$E_s$  —管材的弹性模量，MPa。聚氯乙烯管为2500~3000MPa；高密度聚乙烯管为750~850 MPa；低密度聚乙烯管为180~210 MPa；钢管为206000MPa。

5.5.3 当计入水锤后的管道最大压力（最大动水压与最大静水压中最大值加上水锤压）大于塑料管1.5倍允许压力或超过其他管材的试验压力时，应采取水锤防护措施。在难以获得间接水锤压力时，间接水锤压力可按照最大动水压与最大静水压中的最大值的0.5倍考虑。

## 6 工程设施配套与设备选择

### 6.1 一般规定

6.1.1 工程设施和设备应在保证微灌系统安全和灌水质量的前提下，兼顾经济性和适用性，进行优选。

6.1.2 所选的工程设施和设备应符合国家现行有关标准的规定。

### 6.2 水源工程与首部枢纽

6.2.1 从河道或渠道中取水时，取水口处应设置拦污栅。对于从多泥沙水源取水时，应修建沉沙池。灌溉水的矿物质和酸碱度应满足微灌灌水及作物要求。

6.2.2 应采用高效水泵和动力机；对系统工作压力或流量变幅较大的系统，宜选配变频调速设备。

6.2.3 首部枢纽宜包括过滤器、施肥（药）装置、及量测、安全和控制设备。在水泵加压的系统中，管网进口处应安装逆止阀。

6.2.4 过滤器应根据水质状况和灌水器的流道尺寸进行选择。过滤器应能过滤掉大于灌水器流道尺寸 1/10~1/7 粒径的杂质，根据杂质浓度及粒径大小，宜按表 6.2.4 选择过滤器类型及组合方式。

表 6.2.4 过滤器选型

水质状况			过滤器类型及组合方式
无机物	含量	<10 mg/L	筛网过滤器或叠片过滤器；砂过滤器+筛网过滤器或叠片过滤器
	粒径	<80 $\mu$ m	
	含量	10~100 mg/L	旋流水砂分离器+筛网过滤器或叠片过滤器；旋流水砂分离器+砂过滤器+筛网过滤器或叠片过滤器
	粒径	80~500 $\mu$ m	
	含量	>100 mg/L	沉淀池+筛网过滤器或叠片过滤器；沉淀池+砂过滤器+筛网过滤器或叠片过滤器
	粒径	>500 $\mu$ m	
有机物	<10 mg/L		砂过滤器+筛网过滤器或叠片过滤器
	>10 mg/L		拦污栅+砂过滤器+筛网过滤器或叠片过滤器

6.2.5 过滤器的过流量应根据微灌系统设计流量、工作压力、水质及冲洗周期的要求选择。

6.2.6 微灌系统宜配施肥（药）装置，施肥（药）装置连接处上游的主管路上应设置防回流装置，清洗过滤器、施肥（药）装置的废水不得排入原水源中。

6.2.7 施肥（药）注入装置应根据设计流量、肥料和化学药物及其灌溉植物要求选择。对于分散小型的微灌系统施肥（药）时，可选择文丘里施肥器、压差式施肥罐，并宜有流量指示装置；对于规模较大采用集中注肥的微灌系统，可选择注入式施肥装置。

6.2.8 施肥（药）装置的下游应设置过滤器，并在过滤器进出口安装压力测量装置。

6.2.9 肥料（药）罐应耐腐蚀。压力注入式施肥装置的抗压能力不应低于该设备处系统的最大工作压力。

6.2.10 微灌的施肥（药）装置应配套必要的人身安全防护和防肥（药）污染措施。

6.2.11 应选择止水性能好、耐腐蚀、操作灵活的控制阀、进排气阀和冲洗排污阀门。

6.2.12 微灌系统应有压力、流量等计量和监测设备。宜选择阻力损失小、灵敏度高、量程适宜的水表及精度不低于 1.5 级的压力表，压力表的量程应为系统设计压力的 1.3~1.5 倍。

## 6.3 管道

6.3.1 主过滤器以下至田间的管道应具有防腐蚀功能，管道公称压力应满足设计要求。

6.3.2 各管段管道压力等级确定应根据该管段动、静水压中的最大值，再加上水锤压力。水锤压力应通过分析计算确定，在资料不足时，可按动、静水压中最大值的 50% 考虑。

6.3.3 管道应能抗老化、施工方便、连接可靠，铺设在地表的管道应不透光。

6.3.4 支管及以上各级管道的首端应设控制阀，在地埋管道的阀门处宜设阀门井。

6.3.5 支管进口处应有压力调节功能的装置。

6.3.6 干支管的末端、低点应设冲洗排水阀。

6.3.7 在首部最高处、管道起伏的高处、顺坡管道上端阀门的下游、逆止阀的上游均应设进排气阀。进排气阀通气面积的折算直径不应小于管道直径的 1/4。

6.3.8 在直径大于 50mm 的管道末端以及变坡、转弯、分岔和阀门处均应设置镇墩。当地面坡度大于 20% 或管径大于 65mm 时，宜每隔一定距离增设支墩。

## 6.4 灌水器

- 6.4.1 灌水器应根据地形、土壤、植物及其种植模式、气象和灌水器水力特性等因素综合选择。
- 6.4.2 应选用流量压力关系曲线、喷洒水量分布和图等参数完整的灌水器。灌水器的制造偏差系数不宜大于 0.07。
- 6.4.3 地形起伏的山丘区和灌水小区时，宜选用具有压力或流量补偿功能的灌水器。
- 6.4.4 滴灌、微喷灌的灌水器流量应不形成地表径流。

## 6.5 自动控制与信息采集设备

- 6.5.1 信息采集与自动控制设备应满足下列条件：
- 1 安全可靠、抗干扰能力强，能适应灌溉现场各种环境的要求。
  - 2 维护方便和经济适用，满足系统维护、兼容、升级换代的要求。
  - 3 自动控制设备应具有防雷击措施。
- 6.5.2 信息采集设备应满足下列要求：
- 1 采集设备信号输出应采用标准模拟信号或具有开放式协议的数字输出。测量周期满足设计要求并能根据需要可调。
  - 2 数据采集与传输应完整、准确，电源故障时实现数据自我保护。
  - 3 受环境影响小、应用范围广，具有连续或间歇的数据采集功能。
- 6.5.3 电磁阀应满足下列要求：
- 1 电磁阀工作电压必须为安全电压。
  - 2 满足防水、防潮、耐腐蚀等要求，与灌溉环境相适应。
  - 3 具有自动和手动功能。
  - 4 启动压力低、水头损失小，额定工作压力大于管路内的最高压力。
- 6.5.4 灌溉控制器应满足下列要求：
- 1 具有防止误操作、自保护、系统自动及手动控制切换等功能。
  - 2 全自动控制器具有根据传感器实时反馈信号自动启闭灌溉系统功能。
- 6.5.5 计算机灌溉控制系统应具备信息的接收、处理、输出、查询、统计、存储等功能，采用标准化格式输入输出。

## 7 工程施工与安装

### 7.1 一般规定

7.1.1 微灌工程施工应按已批准的设计进行。

7.1.2 施工前应检查图纸、文件等是否齐全，并核对设计是否与灌区地形、水源、植物种植及首部枢纽位置等相符。修改设计或更换材料、设备，应符合相关变更程序。

7.1.3 施工前应进行施工组织设计，经批准后实施。

7.1.4 施工中应注意防洪、排水、保护农田和生态环境，并应做好弃土、弃渣处理。

7.1.5 在施工过程中应做好施工记录。对隐蔽工程必须组织隐蔽工程验收。

7.1.6 出现工程事故应查明原因，并及时处理，经验收合格后进入下道工序。

7.1.7 全部工程施工完毕应及时绘制竣工图，编写竣工报告。

7.1.8 微灌工程设备安装，应具备下列条件：

- 1 安装前施工作业人员已了解各种设备的安装要求，熟练掌握安装技术和方法。
- 2 安装用工具、设备和测试仪表齐全。
- 3 安装设备的有关土建工程经检验合格。

7.1.9 安装前，应完成以下工作：

- 1 按设计文件要求，全面核对设备规格、型号、数量与合格证。
- 2 抽检待安装的灌水器、管材和管件等设备，严禁使用不合格产品。

7.1.10 施工暂停时，应采取下列保护措施：

- 1 待安装的机泵、阀门、仪表等设备应集中保管，严禁曝晒、雨淋和水泡。
- 2 存放的塑料管及管件应避免曝晒，施工中的管道敞开端应临时封堵。
- 3 切断施工电源，妥善保管安装工具。

7.1.11 各项检测资料应全部归档保存。

### 7.2 施工程序

7.2.1 施工放样应按下列要求进行：

- 1 微灌工程可根据设计图纸直接测量管线纵断面，应标明建筑物和管线主要部位与开挖断面要

求；必要时应设置施工测量控制网，并应保留到施工完毕。

2 放线应从首部枢纽开始，定出建筑物主轴线、泵房轮廓线及干支管进水口位置，并应从干管出水口起点引出干管轴线后再放支管管线。主干管直线段宜每隔30~50m设一标桩；分水、转弯、变径处应加设标桩；地形起伏变化较大地段，宜根据地形条件适当加设标桩。

3 在首部枢纽控制室内，应标出水泵、动力机及控制柜、施肥装置、过滤器等专用设备的安装位置。

7.2.2 建筑物施工应符合现行国家标准《砌体工程施工及验收规范》GB50203、《混凝土结构工程施工及验收规范》GB50204、《地下防水工程施工及验收规范》GBJ208和《建筑地面工程施工及验收规范》GB50209等有关规定。

7.2.3 回填土应干湿适宜、分层夯实，与管道及附属建筑物应接触紧密。

### 7.3 水源工程与首部枢纽施工

7.3.1 机井、大口井工程的施工应按国家现行标准《机井技术规范》GB/T50625 和《供水管井技术规范》GB50296 的有关规定执行；蓄水池防水部分施工应按现行国家标准《地下防水工程及验收规范》GBJ208 的有关规定执行；水窖工程的施工应按国家现行标准《雨水积蓄利用工程技术规范》SL267 的有关规定执行。

7.3.2 泵站工程的施工应按国家现行标准《泵站施工规范》SL234、《水利泵站施工及验收规范》GB/T 51033-2014 的有关规定执行。

7.3.3 首部枢纽的控制系统、过滤器、施肥（药）设备应的安装位置应统筹协调、合理安排，满足运行管理和操作方便的要求。

7.3.4 抽水加压设备安装应符合下列要求：

1 机电设备安装应符合《机械设备安装工程施工及验收规范》GB50231 和《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》GB50254 的规定。

2 水泵与动力机直联机组安装时，同轴度、联轴器的端面间隙应符合相关规定。非直联卧式机组安装时，动力机和水泵轴心线应平行。

3 水泵进水口必须安装在最低动水位以下，以保证能正常进水。

4 柴油机排气管应通向室外，电动机外壳接地应符合要求。

5 电器设备安装后应通电检查和试运行。

#### 7.3.5 过滤器安装应符合下列要求：

- 1 过滤器按标识的水流方向安装，组合过滤器按过滤器的组合顺序安装。
- 2 离心过滤器安装入水口前直管长度应达到相关要求，以保证水流以层流状态进入过滤器；
- 3 过滤器前后均应安装压力表，当两块压力表压差过大时，应立即清洗过滤器。
- 4 自动冲洗式过滤器的传感器等电器元器件按产品规定接线图安装，并通电检查运转状况。

#### 7.3.6 施肥（药）设备安装应符合下列要求：

- 1 施肥（药）设备宜安装在过滤器前面，如安装在过滤器后面施肥（药）设备应有单独的过滤设备。
- 2 施肥（药）装置的进、出水管与灌溉管道连接牢固，如使用软管，严禁扭曲打折。
- 3 采用施肥（药）泵时，按产品说明书要求安装，经检查合格后再通电试运行。

#### 7.3.7 量测仪表安装应符合下列要求：

- 1 安装前清除封口和接头处的油污和杂物。
- 2 按产品说明书要求和水流方向标记安装量水设备。
- 3 在干管上，压力表宜通过螺纹形缓冲管与管道连接。

## 7.4 管网施工

#### 7.4.1 管槽开挖应符合下列要求：

- 1 按施工放样轴线和槽底设计高程和设计断面尺寸开挖。
- 2 清除槽底石块、杂物，并顺坡整平。
- 3 遇岩石、卵（砾）石槽底，超挖深度不小于 10cm，应用砂或细土回填夯实至设计高程。
- 4 开挖土料宜堆置管槽一侧。
- 5 镇墩坑、支墩坑、阀门井开挖宜与管槽开挖同时进行。

#### 7.4.2 管槽回填应符合下列要求：

- 1 在管段非接头处先初始回填，经冲洗试压，检查质量检查合格后最终回填。
- 2 回填前清除槽内一切杂物，并排尽积水；在管壁四周 10cm 内的填土不得有直径大于 2.5cm 的石块或直径大于 5 cm 的土块。回填分层轻夯或踩实，并预留沉陷超高。
- 3 回填在管道两侧同时进行，严禁单侧回填。

#### 7.4.3 管道埋深应根据载荷、冻土深、材质、施工条件、经济性等综合考虑，干、支管管顶埋深不

宜小于 70cm。冻土层深度小于 1.0 m，管道应埋设在冻土层深度以下；大于 1.0m 时，宜采用其它防冻保护措施。

7.4.4 管道穿越道路时，应根据选用管道材质适当加大覆土厚度或加设刚性强度大的套管。对于大型管道应进行结构计算，当地下水位有影响时，应进行管道抗浮计算，以确定其覆土厚度。

7.4.5 管道安装应符合下列要求：

- 1 塑料管不得抛摔、拖拉和曝晒。
- 2 塑料管安装前，对规格和尺寸进行复查；管内保持清洁，不得混入杂物。
- 3 管道安装宜按干、支、毛管顺序进行；管道平顺放入管槽内，不得悬空和扭曲。

7.4.6 聚氯乙烯管粘接应符合以下要求：

- 1 粘合剂必须与管道材质相匹配。聚氯乙烯管施工环境温度不低于 4°C。
- 2 管端、管件应清污打毛，并进行配合检查。
- 3 插头和扩口处均匀涂上粘合剂后，应适时插入并转动管端，使粘合剂填满间隙。
- 4 承插管轴线应对直重合。
- 5 承插深度应符合要求，承插后应保持一定的黏合时间，粘合剂固化前管道不得移动。

7.4.7 聚氯乙烯管套接应符合以下要求：

- 1 套管与密封橡胶圈规格应匹配，密封圈嵌入套管槽内不得扭曲和卷边。
- 2 插口外缘应加工成斜口，并涂润滑剂，对正密封圈，用专用接管器将管插入，或在另一端用木锤轻轻打入套管至规定深度。

7.4.8 采用内插倒扣管件连接时，应符合插入深度的要求，插入到位后应及时紧固。

7.4.9 聚乙烯塑料管锁紧联接要求：

- 1 管端断面应与管轴线基本垂直。
- 2 应将锁母、卡箍、O 型胶圈依次套在管上，将管端插入管件内，锁紧锁母。

7.4.10 阀门、管件安装应符合下列要求：

- 1 干、支管上安装螺纹接口阀门时，宜加装活接头。
- 2 连接处不得有污物、油迹和毛刺。

7.4.11 塑料管上直径大于 65mm 的阀门应安装在底座上。

7.4.12 有水流方向标识的阀门必须按标识方向安装。

7.4.13 电磁阀线圈引出线（插接件）使用防水、绝缘胶布或专用接头连接应牢固，并通电检查。

7.4.14 旁通连接要求：

- 1 安装前应检查旁通外观，清除飞边、毛刺，抽样量测插管内外径，符合质量要求方可安装。
- 2 按设计要求在支管上标定出孔位， 选用专用打孔器打孔。
- 3 应按厂家要求将旁通插入孔内， 并安装牢固。

#### 7.4.15 毛管与灌水器安装方法与要求：

- 1 毛管管端应齐平，不得有裂纹，与旁通连接前应清除杂物。
- 2 毛管上打孔，应选用与灌水器插口端外径相匹配的打孔器。
- 3 微喷头安装应使其轴线基本垂直于水平面，倒挂安装时，微喷头应加装配重确保其垂直于地面。
- 4 滴灌管（带）铺设在地表或地下时，出水口应朝上。

## 7.5 自动控制与信息采集设备工程施工

- 7.5.1 信息采集与自动控制设备安装应符合产品说明书和相关技术标准等要求。
- 7.5.2 控制设备安装应按 GB 50093（《工业自动化仪表工程施工及验收规范》）的规定执行。
- 7.5.3 计算机及外部设备安装按 GB 2887（《计算机场地通用规范》）的规定执行。
- 7.5.4 软件安装应复核硬件配置和软件环境等。

## 8 管道水压试验和系统试运行

### 8.1 一般规定

8.1.1 管槽最终回填前，应对管道进行冲洗、水压试验和系统试运行，并应编写水压试验和试运行报告。

8.1.2 冲洗和试运行之前，应做好下列准备工作：

- 1 配套的建筑物（如设备基础、镇墩等）已达要求强度。
- 2 仪表、设备和首部枢纽处于完好状态。
- 3 管道铺设符合要求，接头和阀门等处能观察漏水情况。

### 8.2 管道水压试验

8.2.1 系统试运行前，主管道应进行水压试验。试验水压不应小于管道设计压力的 1.25 倍，并保持 10 min，管道不应发生爆裂、脱落等。

8.2.2 测定管道渗漏水量，当测定渗漏水量小于允许最大渗漏水量，即为合格；若大于允许最大渗漏水量，应对渗漏水部位进行处理，直到合格为止。允许最大渗漏水量可按下式计算。

$$[q_s] = K_s \sqrt{D} \quad (8.2.1)$$

式中  $[q_s]$ —管道允许最大漏水量，L/min·km；

$K_s$ —渗漏系数。硬聚氯乙烯管、聚丙烯管取 0.08，聚乙烯管取 0.12。

### 8.3 管道冲洗

8.3.1 管道冲洗应由上至下逐级进行，支管和毛管应按轮灌组冲洗。

8.3.2 管道冲洗的步骤与要求：

- 1 干管冲洗，应先打开待冲洗干管末端的冲洗阀门，关闭其他阀门，然后启动水泵，缓慢开启干管控制阀，直到干管末端出水清洁为止。
- 2 支毛管冲洗，应先打开若干条支管进口和末端阀门以及毛管末端堵头，关闭干管末端的冲洗

阀门，直到支管末端出水清洁；再关闭支管末端阀门冲洗毛管，直到毛管末端出水清洁。

## 8.4 系统试运行

8.4.1 微灌系统试运行应按设计的轮灌组进行。

8.4.2 在设计工况下，实测各轮灌组的流量，按下式计算各轮灌组灌水器的平均流量：

$$\bar{q} = \frac{Q_{\text{轮}}}{n} \quad (8.4.1)$$

式中  $\bar{q}$ —灌水器平均流量，L/h；

$Q_{\text{轮}}$ —实测的轮灌组流量，L/h；

$n$ —灌水器个数

实测各轮灌组的灌水器流量。所测的灌水器应分布在同一轮灌组干管上、中和下游的支管上，并处于支管的最大、最小压力毛管上，且分布在以上每条毛管的上、中和下游。

## 8.5 自动控制与信息采集系统试运行

8.5.1 结合微灌系统试运行，对信息采集与自动控制系统进行测试。

8.5.2 对系统软硬件功能进行测试，软硬件运行稳定可靠。

8.5.3 对传感器进行基准或系数值的测试，有必要的，再进行工作范围内线性度测试及环境参数测试。

8.5.4 对系统信号采集周期和控制信号响应时间测试。

## 9 工程验收

### 9.1 一般规定

9.1.1 微灌工程验收前应提交下列文件：

- 1 设计文件；
- 2 施工记录；
- 3 隐蔽工程验收报告；
- 4 水压试验、管道冲洗、系统试运行报告、信息采集与自动控制系统试运行；
- 5 竣工报告及竣工图纸、软硬件使用说明书、软件环境配置清单（包括版本号）；
- 6 监理报告；
- 7 工程决算报告；
- 8 运行管理办法。

9.1.2 对于规模较小的微灌工程，验收前可只提交设计文件、竣工报告和竣工图纸、工程决算报告和运行管理办法。

### 9.2 竣工验收

9.2.1 竣工验收包括下列内容：

- 1 技术文件是否齐全、正确。
- 2 工程是否按批准的文件要求全部建成。
- 3 土建工程是否符合设计要求和本规范的规定。
- 4 信息采集与自动控制工程是否符合设计要求和本规范的规定。
- 5 配套设备是否完善，安装质量是否达到本规范的规定。
- 6 宜实测工程主要技术指标并判断是否符合本规范的规定。轮灌组流量和灌水器流量的实测平均值与设计值的偏差不宜大于 15%，微灌系统的灌水均匀系数不宜小于 0.8。

9.2.2 已建成的微灌系统宜采用灌水均匀系数进行灌水均匀性评价，灌水均匀系数应按下列公式（9.2.2-1）、（9.2.2-2）计算：

$$C_u = 1 - \frac{\overline{\Delta q}}{\bar{q}} \quad (9.2.2-1)$$

$$\overline{\Delta q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}| \quad (9.2.2-2)$$

式中  $C_u$ —灌水均匀系数；

$\overline{\Delta q}$ —灌水器流量的平均偏差，L/h；

$q_i$ —各灌水器流量，L/h；

$\bar{q}$ —各灌水器平均流量，L/h；

$n$ —灌水器个数。

9.2.3 对工程的设计、施工和工程质量作出全面评价，并对验收合格的工程出具竣工验收报告。

## 10 运行管理

### 10.1 一般规定

10.1.1 应结合工程特点，按照《节水灌溉工程技术规范》GB/T 50363 和《喷灌与微灌工程技术管理规程》SL 236 的要求，制定工程运行、维护和管理细则，由专人负责管理，并认真执行。

10.1.2 应按照设计轮灌制度进行运行管理。

10.1.3 当建（构）筑物或设备出现问题或故障时，应查明原因，及时处理，不应强行运行。

### 10.2 水源工程

10.2.1 机井管理应符合下列规定：

1 机井周围填高夯实，井房内通风干燥，管理用房干净、整洁。

2 定期监测水源井内的静水位、动水位和水质；当出水量减少、含沙量增多时，查清原因，妥善解决。

3 制定水泵机组运行、维护和检修等规章制度，布设在管理房明显位置，并由专人负责。

4 机井在停灌期间，每隔 1~2 个月进行一次养护性抽水，抽水时间不少于 4 h。

10.2.2 采用蓄水池时，应按设计要求及时清淤、清污和维修；寒冷季节应采取防冻措施。

10.2.3 渠道供水期间，管理人员应经常巡查，检查有无漏水现象，发现问题及时处理。

### 10.3 自动控制与信息采集系统

10.3.1 定期对信息采集设备、电磁阀等野外工作设备，对监控室内的服务器、计算机等室内设备进行巡查，巡查内容包括工作状态、技术指标、画面显示参数、室内温湿度等，记录并分析。

10.3.2 系统软件无修改的，每年备份一次；有修改的，修改前后各备份一次。

10.3.3 应定期对计量设备进行校准及标定，并记录校准和标定情况。

10.3.4 每次故障检修完成后，应根据检修内容，对设备进行校准并记录检修检查校准情况。

## 10.4 首部枢纽

10.4.1 水泵机组管理应符合《泵站技术管理规程》SL 255 的规定。

10.4.2 过滤装置管理应符合下列规定：

- 1 在运行期间，旋流水沙分离器定时冲洗排污。
- 2 当进出口压差接近最大允许值时，砂石、筛网、叠片式过滤器，冲洗排污。
- 3 筛网和叠片式过滤器冲洗后压差仍接近最大允许值时，取出过滤元件进行清洗。
- 4 反冲洗时，避免砂石过滤器中砂石冲出器外，砂石不足时及时补充。

10.4.3 施肥装置运行前，应按规定进行检查；施肥后，应用清水将系统内的肥液冲洗干净。

10.4.4 配电盘、启动装置、仪表和自动化控制装置应保持清洁，并按 SL 255 的规定进行保养和维修。

## 10.5 田间工程

10.5.1 灌溉季节前，应对管道进行检查、试水，管道系统应通畅，无漏水现象。灌溉季节后，应对管道进行保养、维修和防冻处理。

10.5.2 灌溉季节前，应对控制阀、安全保护设备、阀门井进行检查、试水，控制阀应启闭灵活，安全保护设备应动作可靠，否则，应及时检修、校正或更换。灌溉季节后，应对控制阀、安全保护设备、阀门井加盖和防冻处理。

10.5.3 灌水前应对微灌灌水器及其连接部位进行检查，不能正常工作的，应及时更换。灌溉季节后，应检查、修复或更换损坏或已堵塞的灌水器。

10.5.4 灌溉季节结束时和灌溉季节开始前应对管网系统进行全面冲洗，灌溉季节内应（根据灌水器堵塞情况）定期进行管网冲洗。

## 10.6 施肥管理

10.6.1 应采用测土配方施肥技术确定的施肥比例。

10.6.2 应选择易溶于水、杂质及有害离子少的肥料品种；当同时施用多种肥料时，各元素间应无拮抗现象发生，不能相互作用发生，也不能与灌溉水中的化学成分发生反应。

- 10.6.3 施肥罐的进出口用软管连接时应避免软管扭曲打折，并保持施肥过程中压差稳定。
- 10.6.4 施肥灌溉系统宜先灌清水，再施肥，最后对系统进行冲洗。
- 10.6.5 当仅需要施肥时，应根据施肥历时及系统稳定和冲洗时间要求确定灌水量，不宜小于 10mm。

## **10.7 用水管理**

- 10.7.1 用水管理单位应根据用水户种植计划、种植面积制定供水计划，实行总量控制。
- 10.7.2 供水计划应形成书面文件，告知所有用水户并得到确认，如有变更，应预先通知用水户。
- 10.7.3 用水管理单位应按有关规定核定供水成本。

## 附录 A 多口系数 F 公式

适用条件：管道上第一个出水口到管进口的距离  $L_1$  与出水口间距  $L$  的比值为任意值；各出水口流量相等；进入管道的流量全部经沿程出水口流出。

多口系数  $F$  的一般公式为

$$F = \frac{NF_1 + X - 1}{N + X - 1}$$

$F_1$  的近似公式为

$$F_1 = \frac{1}{m + 1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m - 1}}{6N^2}$$

式中  $m$ ——所采用的沿程水头损失计算公式中的流量指数；

$N$ ——管上出水口数目；

$x$ ——第一个出水口到管道进口距离  $L_1$  与出水口间距  $L$  的比值，即  $x = \frac{L_1}{L}$ ；

$F_1$ —— $x=1$  时的多口系数。

## 附录 B 均匀坡毛管水力计算

### B.1 均匀坡毛管水力计算方法（一）

#### B.1.1 一般规定

- 1 地形比降以顺流下坡为正，顺流上坡为负。
- 2 毛管上分流孔编号，以最上游为 1 号，顺流向排序，末孔以  $N$  号表示。

#### B.1.2 参数

- 1 降比  $r$  为沿毛管的地形比降与毛管最下游管段水力比降的比值，应由下式计算：

$$r = \frac{Jd^{4.75}}{kfq_d^{1.75}} \quad (\text{B1.2-1})$$

式中  $J$ ——沿毛管地形比降；

$d$ ——毛管内径，mm；

$k$ ——水头损失扩大系数，见 4.3.6 条；

$f$ ——摩阻系数；

$q_d$ ——单孔设计流量，L/h。

- 2 压比  $G$  为毛管最下游段总水头损失与孔口设计水头的比值，应由下式计算：

$$G = \frac{kfSq_d^{1.75}}{h_d^{4.75}} \quad (\text{B1.2-2})$$

式中  $h_d$ ——孔口设计水头，与  $q_d$  相对应，m；

$S$ ——毛管上分流孔间距，m。

#### B.1.3 毛管水力特征值

##### 1 最小压力孔号 $p_n$

毛管上压力最小的分流孔编号  $p_n$ ，应根据  $r$  值选用下式之一计算：

$$\text{当 } r \leq 1, \quad \text{则 } p_n = N \quad (\text{B1.3-1})$$

$$\text{当 } r > 1, \quad \text{则 } p_n = N - INT(r^{0.571}) \quad (\text{B1.3-2})$$

式中  $N$ ——毛管最下游孔号；

$INT()$ ——将括号内实数舍去小数成整数。

当按式 (B4) 计算得  $p_n < 1$  时，应取  $p_n = 1$ 。

##### 2 最大压力孔号 $p_m$

- 1) 毛管上压力最大的分流孔编号  $p_m$ ，应按下列条件判定：

$$\text{当 } \frac{2.75(N-1)r}{(N-0.52)^{2.75}} \leq 1, \quad \text{则 } p_m = 1 \quad (\text{B1.3-3})$$

$$\text{当 } \frac{2.75(N-1)r}{(N-0.52)^{2.75}} > 1, \quad \text{则 } p_m = N \quad (\text{B1.3-4})$$

### 3 最大水头偏差 $\Delta h_{\max}$

1) 一条毛管的最大水头偏差应由下式之一计算:

$$\text{当 } r \leq 1, \quad \Delta h_{\max} = Gh_d \left[ \frac{(N-0.52)^{2.75}}{2.75} - r(N-1) \right] \quad (\text{B1.3-5})$$

当  $r > 1$  且  $p_m = N$ ,

$$\Delta h_{\max} = Gh_d \left[ r(N-p_n) - \frac{(N-p_n+0.48)^{2.75}}{2.75} \right] \quad (\text{B1.3-6})$$

当  $r > 1$  且  $p_m = 1$ ,

$$\Delta h_{\max} = Gh_d \left[ \frac{(N-p_n)^{2.75} - (N-p_n+0.48)^{2.75}}{2.75} - r(p_n-1) \right] \quad (\text{B1.3-7})$$

2) 灌水小区的最大水头偏差, 为小区内所有灌水器的工作水头中最大工作水头与最小工作水头的差值, 这两个灌水器一般分布在不同毛管上, 应通过比较分析确定。

小区的水头偏差率应满足本规范第 4.3.2 条的规定。

#### B.1.4 毛管极限数 $N_m$

1 极限孔数是毛管满足水头偏差要求的最多孔数, 使用孔数应不超过极限孔数。

2 当降比  $r$  小于等于 1 时, 应按下式试算极限孔数:

$$\frac{[\Delta h_2]}{Gh_d} = \left[ \frac{(N_m-0.52)^{2.75}}{2.75} - r(N_m-1) \right] \quad (\text{B1.4-1})$$

式中  $[\Delta h_2]$ ——毛管允许水头偏差。

3 当降比  $r$  大于 1 时, 应按下述方法确定极限孔数:

1) 计算  $p_n' = INT(1+r^{0.571})$ 。

2) 按下式计算  $\Phi$ :

$$\Phi = \frac{[\Delta h_2]}{Gh_d} \frac{1}{r(p_n'-1) - \frac{(p_n'-0.52)^{2.75}}{2.75}} \quad (\text{B1.4-2})$$

3) 按  $\Phi$  值选择下式之一试算  $N_m$ :

$$\text{当 } \Phi \geq 1 \text{ 时} \quad \frac{[\Delta h_2]}{Gh_d} = \frac{1}{2.75} (N_m-0.52)^{2.75} (p_n'-0.52)^{2.75} - r(N_m-p_n') \quad (\text{B1.4-3})$$

$$\text{当 } \Phi < 1 \text{ 时} \quad \frac{[\Delta h_2]}{Gh_d} = r(N_m-1) - \frac{(N_m-0.52)^{2.75}}{2.75} \quad (\text{B1.4-4})$$

#### B.1.5 毛管进口水头 $h_0$

##### 1 计算步骤

1) 应选择下列两种方法之一, 核算毛管是否满足允许水头偏差要求:

——计算极限孔数  $N_m$ , 使  $N \leq N_m$ 。

——计算毛管最大水头偏差  $\Delta h_{\max}$ , 使  $\Delta h_{\max} \leq [\Delta h_2]$ 。

2) 对满足允许水头偏差的毛管, 按平均水头法或是中孔水头比法计算首孔水头  $h_1$ 。

3) 毛管进口水头  $h_0$ , 应按下式计算:

$$h_0 = h_1 + \frac{kfS_0(Nq_d)^{2.75}}{d^{4.75}} - JS_0 \quad (\text{B1.5-1})$$

式中  $S_0$ ——毛管进口至首孔之管长, m。

2 平均水头法求  $h_1$

1) 平均水头法是根据流态指数和允许水头偏差率在常用范围情况下, 毛管各灌水器工作水头的平均值即平均水头与各灌水器流量平均值即平均流量所对应的工作水头近似相等的原理, 以平均水头替代平均流量所对应的工作水头而导出的毛管水头设计方法。

2) 毛管上首孔的水头  $h_1$  应按下式计算:

$$h_1 = h_d + R\Delta H - 0.5(N-1)JS \quad (\text{B1.5-2})$$

$$\Delta H = \frac{Gh_d(N-0.52)^{2.75}}{2.75} \quad (\text{B1.5-3})$$

式中  $\Delta H$ ——首孔与末孔之间毛管的总水头损失, m;

$R$ ——平均磨损比, 可根据  $N$  由表 B.1.5-1 查用。

3 中孔水头比法求  $h_1$

1) 中孔水头比法是以积分作近似计算, 导出的毛管中部第  $j$  号孔的工作水头与各孔口的平均流量所对应的工作水头之间的解析关系, 进行毛管水力设计的方法。

2) 第  $j$  号孔的水头比  $B_j$ , 应按下式计算:

$$B_j = \frac{6 - 3N_3N_1 - N_2[N_4 - 2(1-x)N_3^2]}{6 + (1-x)N_3^2N_2} \quad (\text{B1.5-4})$$

式中  $B_j$ ——第  $j$  号孔的水头比, 即  $B_j = h_j/h_d$ ;

$j$ ——制定的中孔编号, 当  $N$  为偶数时,  $j = \frac{N}{2} + 1$ ,  $N$  为奇数时,  $j = \frac{n+1}{2}$ ;

$x$ ——灌水器流态指数;

$N_1$ 、 $N_2$ 、 $N_3$ 、 $N_4$ ——计算参数。

$$N_1 = \begin{cases} 1 & (N \text{ 为偶数}) \\ 0 & (N \text{ 为奇数}) \end{cases}$$

$$N_2 = \begin{cases} N^2/4 + 0.75 & (N \text{ 为偶数}) \\ N^2/4 & (N \text{ 为奇数}) \end{cases}$$

$$N_3 = G(A_2 - r) \quad (\text{B1.5-5})$$

$$N_4 = GA_1 \quad (\text{B1.5-6})$$

$j$ 、 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $N_1$ 、 $N_2$  可由表 B.1.5-2 根据毛管孔数  $N$  查用。

3) 首孔水头  $h_1$  应由下式计算:

$$h_1 = \{B_j + G[A_3 - (j-1)rJ]\}h_d \quad (\text{B1.5-7})$$

式中  $A_3$ ——计算参数, 由表 B.1.5-1 根据  $N$  查用。

表 B.1.5-1 平均磨损比  $R$

$N$	$R$	$N$	$R$	$N$	$R$	$N$	$R$
5	0.6513	29	0.7206	53	0.7264	77	0.7286
6	0.6664	30	0.721	54	0.7266	78	0.7287
7	0.6768	31	0.7214	55	0.7267	79	0.7287
8	0.6844	32	0.7218	56	0.7268	80	0.7288
9	0.6902	33	0.7221	57	0.7269	81	0.7288
10	0.6948	34	0.7225	58	0.727	82	0.7289
11	0.6985	35	0.7228	59	0.7271	83	0.7289
12	0.7016	36	0.7231	60	0.7272	84	0.729
13	0.7041	37	0.7234	61	0.7273	85	0.7291
14	0.7063	38	0.7237	62	0.7274	86	0.7291
15	0.7082	39	0.7239	63	0.7275	87	0.7291
16	0.7098	40	0.7242	64	0.7276	88	0.7292
17	0.7113	41	0.7244	65	0.7277	89	0.7292
18	0.7125	42	0.7246	66	0.7278	90	0.7293
19	0.7137	43	0.7248	67	0.7279	91	0.7293
20	0.7147	44	0.725	68	0.728	92	0.7294
21	0.7156	45	0.7252	69	0.728	93	0.7294
22	0.7164	46	0.7254	70	0.7281	94	0.7295
23	0.7172	47	0.7255	71	0.7282	95	0.7295
24	0.7178	48	0.7257	72	0.7283	96	0.7295
25	0.7185	49	0.7259	73	0.7283	97	0.7296
26	0.7191	50	0.726	74	0.7284	98	0.7296
27	0.7196	51	0.7262	75	0.7285	99	0.7297
28	0.7201	52	0.7263	76	0.7285	100	0.7297

注 表内数值相应于  $m=1.75$ 。

表 B.1.5-2  $f_N$  的常用值表

N	f(N)	N	f(N)	N	f(N)	N	f(N)
1	1.000	26	2981.728	51	18539.760	76	55045.433
2	4.364	27	3301.534	52	19546.706	77	57046.948
3	11.202	28	3642.355	53	20587.782	78	59094.173
4	22.516	29	4004.762	54	21663.477	79	61187.550
5	39.234	30	4389.320	55	22774.274	80	63327.519
6	62.236	31	4796.591	56	23920.656	81	65514.519
7	92.361	32	5227.130	57	25103.101	82	67748.987
8	130.416	33	5681.489	58	26322.087	83	70031.360
9	177.181	34	6160.216	59	27578.091	84	72362.073
10	233.415	35	6663.855	60	28871.586	85	74741.559
11	299.856	36	7192.945	61	30203.043	86	77170.250
12	377.225	37	7748.021	62	31572.933	87	79648.577
13	466.227	38	8329.617	63	32981.722	88	82176.971
14	567.554	39	8938.261	64	34429.876	89	84755.859
15	681.884	40	9574.477	65	35917.861	90	87385.669
16	809.884	41	10238.789	66	37446.137	91	90066.827
17	952.211	42	10931.714	67	39015.166	92	92799.759
18	1109.510	43	11653.768	68	40625.406	93	95584.887
19	1282.419	44	12405.464	69	42277.314	94	98422.634
20	1471.568	45	13187.311	70	43971.346	95	101313.423
21	1677.575	46	13999.816	71	45707.955	96	104257.672
22	1901.056	47	14843.484	72	47487.594	97	107255.803
23	2142.615	48	15718.815	73	49310.713	98	110308.232
24	2402.853	49	16626.307	74	51177.761	99	113415.378
25	2682.361	50	17566.458	75	53089.186	100	116577.656

## B.2 均匀坡毛管水力计算方法

### B.2.1 一般规定及计算公式

1 地面坡降用  $I$  表示,  $I=0$  为平地;  $I>0$ , 为上坡;  $I<0$  为下坡。

2 沿着毛管的压力可按下式近似计算:

$$H_l = H_{in} - Il + C_2 L [1 - (1 - \frac{l}{L})^{2.75}] \quad (\text{B.2.1-1})$$

式中  $H_{in}$ ——毛管入口处的压力水头, m;

$H_l$ ——毛管长度  $l$  处的压力水头, m;

$L$ ——毛管铺设长度, m。

$$C_2 = 0.3636C_1 \quad (\text{B.2.1-2})$$

$$C_1 = -\frac{K}{D^{4.75}} (Nq)^{1.75} \quad (\text{B.2.1-3})$$

式中  $N$  毛管上灌水器的数量;

$q$ ——灌水器的设计流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$D$ ——毛管内径, m。

$$K = 0.0246\nu^{0.25} \quad (\text{B.2.1-4})$$

式中  $\nu$ ——水的粘滞系数, 室温下时为  $1.007 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 。

3 毛管入口压力可用下列公式计算:

$$H_{in} = H_{end} + NSI + \frac{KS}{D^{4.75}} q^{1.75} f(N) \quad (\text{B.2.1-5})$$

式中  $S$ ——灌水灌间距, m

$H_{end}$ ——毛管末端的压力水头, m。

$$f(N) = \sum_{i=1}^{N-1} i^{1.75} \quad (\text{B.2.1-6})$$

4 毛管末端的压力和毛管上第  $n$  个灌水器处的压力 (从毛管末端开始的沿程压力水头分布) 可用下式计算:

$$H_n = H_{end} + (n-1)IS + \frac{KS}{D^{4.75}} q^{1.75} f(n-1) \quad (\text{B.2.1-7})$$

## B.2.2 毛管水力设计

1 沿毛管的压力廓线可能出现 5 种情况：

1)  $I \leq C_1$ ：最大压力水头位于毛管的末端，最小压力水头位于毛管的入口（图 B.2.2-1）



图 B.2.2-1 当  $I \leq C_1$  时沿毛管的压力水头分布示意图

2)  $C_1 < I < C_2$ ：最大压力水头位于毛管的末端，最小压力水头位于毛管入口到末端之间的一个位置上（图 B.2.2-2）。

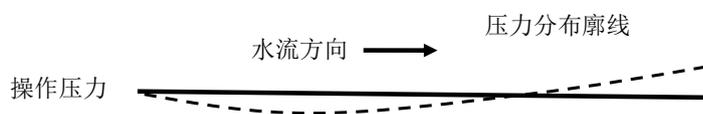


图 B.2.2-2 当  $C_1 < I < C_2$  时沿毛管的压力水头分布示意图

3)  $I = C_2$ ：最大压力水头位于毛管的入口和末端（毛管的入口压力水头和末端压力水头相等），最小压力水头位于毛管入口到末端之间的一个位置上（图 B.2.2-3）。

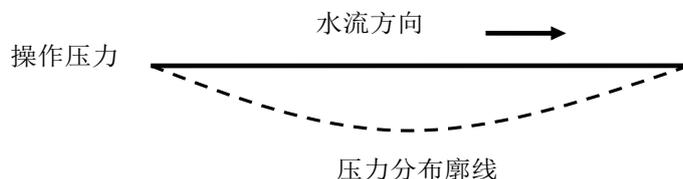


图 B.2.2-3 当  $I = C_2$  时沿毛管的压力水头分布示意图

4)  $C_2 < I < 0$ ：最大压力水头位于毛管的入口，最小压力水头位于毛管入口到末端之间的一个位置上（图 B.2.2-4）。

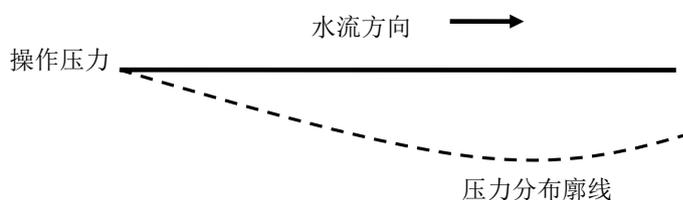


图 B.2.2-4 当  $C_2 < I < 0$  时沿毛管的压力水头廓线

5)  $I \geq 0$ ：最大压力水头位于毛管的入口，最小压力水头位于毛管的末端（图 B.2.2-5）。

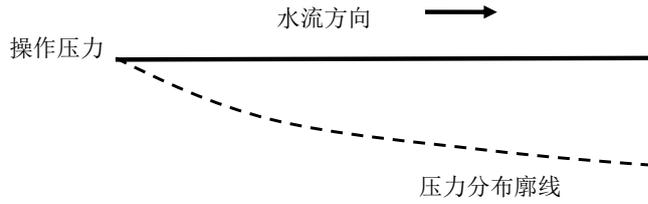


图 B.2.2-5 当  $I \geq 0$  时沿毛管的压力水头廓线

### B2.3 灌水器流量均等的毛管设计方法

1 设计灌水器均等微灌毛管时，要求沿毛管的最高压力不超过灌水器允许的最高压力或毛管的耐压 ( $H_{amax}$ )，沿毛管的最低压力不低于灌水器允许的最低工作压力 ( $H_{amin}$ )。

2 在平地 and 上坡条件下，最高压力位于毛管入口，最低压力位于毛管的末端。毛管入口压力可用下式计算：

$$H_{in} = H_{amin} + IL + \frac{0.3636KL^{2.75}}{S^{1.75}D^{4.75}}q^{1.75} \quad (\text{B.2.3-1})$$

当  $I=0$  时，在灌水器设计允许水头差已知情况下，毛管的极限铺设长度可用下式计算：

$$L = \left[ \frac{1}{A} (H_{in} - H_{amin}) \right]^{1/2.75} \quad (\text{B.2.3-2})$$

$$A = \frac{0.3636Kq^{1.75}}{S^{1.75}D^{4.75}} \quad (\text{B.2.3-3})$$

当  $I > 0$  时，在灌水器设计允许水头差已知情况下，毛管铺设长度可用式 (B.2.3-1) 通过试算得到。

3 在下坡条件下，最大压力可能出现在毛管入口，也可能出现在毛管末端，而最小压力则位于毛管进口和末端之间。最低压力位置的计算公式为

$$l_{min} = L - S \left( \frac{-ID^{4.75}}{K} \right)^{1/1.75} \frac{1}{q} \quad (\text{B.2.3-4})$$

式中  $l_{min}$  = 毛管入口到最小压力水头位置的毛管长度，m。

设计毛管入口压力计算公式为

$$H_{in} = IL + H_{amin} + \frac{5.31(-I)^{1.57} D^{2.71} S}{v^{0.14} q} - C_2 L \quad (\text{B.2.3-5})$$

式中 符号同前。

当  $I < 0$  时，在灌水器设计允许水头差已知情况下，毛管铺设长度可用式 (B.2.3-5) 通过试算得到。

## 本规范用词说明

1. 为便于在执行本规范条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

(1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

(2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

(3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词采用“可”。

2. 规范中指定应按其他有关标准执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国国家标准

# 微灌工程技术规范

GB/T\*\*\*--xxx

条 文 说 明

## 目 次

1	总 则.....	47
3	工程规划.....	48
4	微灌技术参数.....	50
5	微灌系数水力设计.....	52
6	工程设施配套与设备选择.....	53
7	工程施工与安装.....	55
8	管道水压试验和系统试运行.....	56
9	工程验收.....	57
10	运行管理.....	58

# 1 总 则

1.0.1 制定本规范的目的是为了正确合理地进行微灌工程建设,统一技术要求,提高工程建设质量。

1.0.2 微灌具有增产、节水、省工,提高产品质量,对地形适应性强等优点,经济效益、社会效益和生态效益都很显著,目前我国已广泛应用于农业、林业、水土保持和园林绿地的灌溉。所以本规范是针对上述主要服务对象的微灌工程建设而编写的。

1.0.3 微灌工程建设应遵循因地制宜、技术先进、经济合理、使用方便和安全可靠的原则。

1.0.4~1.0.6 为确保微灌工程规划、设计、施工、安装及验收等有章可循,有法可依,规定了承担设计、施工、监理的单位应分别具有相应的工程规划、设计、施工和安装技术能力,并规定了工程所用材料及设备应经法定检测机构检测或通过认证机构认证。

### 3 工程规划

3.1.1 微灌工程是农田水利或园林绿地工程的一个组成部分，它们之间的关系是局部与整体的关系，因此微灌工程的总体设计必须建立在当地水资源开发利用、农村水利和农业发展或园林绿地规划的基础上，并与之相符合。另一方面，与灌溉、排水、道路、林带、供电等系统以及居民点密切关联，互相影响，互相制约。此外，微灌设计必须和土地整理规划、农业及生态环境保护规划相结合。只有统筹兼顾才能做出技术和经济上有利于全局的合理设计。

3.1.2 作为规划设计基础，在规划设计之前要调查收集水源、气象、地形、土壤、作物等资料，还应收集当地或条件类似地区的灌溉试验资料、能源及设备状况，社会经济状况以及对水利的要求等资料。

3.1.3 微灌工程建设比较复杂，要求有精细的设计才能达到预期的目的。因此，本条规定微灌工程灌溉面积在平原地区大于  $100\text{hm}^2$ ，山丘地区大于  $50\text{hm}^2$  者，应分为规划和设计两个阶段进行。

#### 3.2.1 水源供水能力计算

1 本条规定在进行微灌工程的总体设计时，必须对水源供水能力进行分析计算，以使整个工程落实在可靠的基础上，避免因水量不足而使工程建成后其效益不能充分发挥。

当微灌区是由已建成的水利工程(如水库、渠道)供水时，应调查收集该工程历年向各用水单位供水的流量资料，分析计算符合设计频率的年份可向本灌区提供的水量、水位和流量，以便判断供水能力是否有保障，确定是否需要再调节等。

2 当利用水量丰富的江、河、水库、湖泊为微灌水源时，微灌系统引取的水量占总水量的比重很小，所以本条规定可以不作水源供水量计算。但这类水源的洪、枯水位变幅较大，不进行水位分析就可能使微灌泵站在枯水期抽不上水，或在洪水期被淹没的危险。

3 利用当地小河、山溪、塘堰作水源时，一般很少有实测水文资料，应深入实地进行调查，并利用地区水文手册或图集所提供的经验图表或公式来估算，以便使微灌工程的供水能力更加可靠。

4 利用井水、泉水作微灌水源时，可能是单井供水，也可能是群井汇流，其出流量可根据现有井水出水量调查确定，必要时可作单井抽水试验来确定。利用泉水作微灌水源时，水量有大有小，在调查的基础上再进行实测，使资料更为可靠。

#### 3.2.2 用水量计算

1 微灌用水量是指为满足作物正常生长需要，由水源向灌区提供的水量。微灌用水量大小取决于设计水文年的降雨量、蒸发量、作物种类和种植面积等因素。因此，微灌用水量应根据设计水文

年的降雨、蒸发、作物种类及种植面积等因素计算确定。

2 我国大田作物灌溉需水量试验资料较多，而果树、蔬菜和园林草坪的较少。此外，微灌与传统的地面灌溉又有所不同，现有的灌溉试验资料也不能直接引用。因此，本条规定在有灌溉试验资料时，应根据试验资料计算微灌用水量；当无试验资料时，可参考条件相近地区试验资料确定或根据当地的气象资料，按照彭曼法或蒸发皿法等计算确定。

3.2.3 为使微灌用水落实在可靠的基础上，工程规划时必须对来水和用水进行水量平衡计算。在水量平衡计算中可出现三种情况：一是当来水量及其在时间上的分配都达到或超过用水量时，说明天然的来水能够满足任何时候的用水要求，一般无需再建蓄水工程；二是当来水在时间过程或量上不满足微灌需要时，应建工程调蓄水量，改变天然的来水过程以适应用水要求。但在无调蓄能力或调蓄能力不足时，应根据可能的供水能力确定微灌面积。

微灌的目的有两个，一是补充降雨不足造成的土壤水分亏缺，一是在某些条件下淋洗土壤盐碱。对于第一种情况，设计供水强度应该等于设计灌水强度减去日均有效降雨量加上其他需求的供水强度，但考虑到微灌是高频灌溉，灌溉周期仅仅几天，而我国降雨月内各日分布很不均匀，常常是集中在某几天，如果计算设计供水强度时，计入日均降雨量，导致微灌灌水量不足的可能性会很大，因此，公式（3.2.3-3）中没有考虑降雨量。

3.3.1~3.3.3 微灌灌水器孔径较小，防止堵塞是十分重要的问题。水中不应含有油类等能够造成堵塞的物质。造成微灌系统堵塞的原因有水质不满足要求、施肥、根系入侵等，其中水质不满足要求是最主要的原因。应对水体进行分析，确定其对灌水器堵塞的可能性。由于我国现行的农田灌溉水质标准和微灌工程技术行业规范还缺乏这几个方面的指标，根据李光永等人提出的“微灌水质与指标判定”（《节水灌溉》2004年06期），提出了表3.3.2微灌水质评价指标。

3.4.1~3.4.2 微灌包括滴灌、微喷灌、涌泉灌（或小管出流灌）等多种形式，它们有共同的节水、节能的优点，但也有各自的特点和适用条件。因此在规划时应根据水源、气象、地形、土壤、作物种植等自然条件，以及经济、劳力状况、生产管理、技术力量等社会因素，因地制宜并通过技术经济对比优化选择微灌形式，可以是一种，也可以是几种形式组合使用。

## 4 微灌技术参数

4.0.1 目前我国微灌技术主要用于水资源缺乏地区对果树和蔬菜、棉花等经济作物进行灌溉。这些作物的经济价值较高，而且有些对水分的敏感性强，一旦缺水就会明显影响产量和质量，需要有较高的灌溉保证率，但灌溉保证率越高，微灌系统的投资越大，考虑到现阶段我国的经济发展水平和微灌技术在促进农业发展的作用，本条规定微灌工程设计保证率不应低于 85%。对于一些利用雨水集蓄进行微灌的地区，灌溉保证率可以低于 85%。

4.0.2 土壤湿润比是指在计划湿润土层内，土壤含水率由适宜下限达到上限时的土体占灌溉面积内总土体的比例。由于各种作物对水的反应不同，种植形式不同，要求的土壤湿润比也不同；同时由于灌水器流量不同，湿润土壤的形式和范围不同，考虑到各地水源和气候条件的差异，根据原规范《微灌工程技术规范》GB/T50485-2009 实施以来的微灌田间实践，提出了土壤设计湿润比的指标。

4.0.3 设计耗水强度取值的大小直接影响作物的产量，计算时段越短，平均耗水强度越高。因我国微灌技术主要用于缺水地区，根据原行业规范《微灌工程技术规范》的实践，采用灌溉季节月平均日耗水量峰值作为设计参数是适宜的。结合我国各地微灌试验成果和原行业规范《微灌工程技术规范》的规定，并考虑到各地自然、经济条件的差异和作物种植的特点，本条修订了设计耗水强度的取值范围。需要指出的是，对于在灌溉季节敞开棚膜的保护地，应按露地选取设计耗水强度值。

4.0.4 与喷灌系统比较，微灌系统的输配水管网水量损失虽然比较小，但不容忽略。微喷灌存在飘移损失，涌泉灌流量较大，渗漏到根系活动层以下的可能性比滴灌大，故水的利用系数比滴灌低。

4.0.5 考虑到系统的检修、农事操作习惯，需要留出过滤器冲洗和微灌设备检修时间，根据近年的实践，考虑到系统经济性，本规范规定系统的平均日运行时间不宜大于 22h。

4.0.6 本条文所指的灌水小区是独立的灌水均匀性单元，可以是一条毛管、一个支管单元或一个轮灌组。包括下列情形：毛管入口安装压力调节装置（或采用全压力补偿式灌水器）时，一条毛管构成灌水单元即为一个灌水小区；支管入口安装压力调节装置（阀门或压力调节器）时，支管及其所控制的毛管所构成的灌水单元为一个灌水小区。

灌水小区的流量偏差直接影响着灌水的均匀程度，但用灌水均匀系数还不能直接进行微灌系统的水力设计，所以本规范未将灌水均匀系数作为设计指标的条文，保留了张国祥提出的用流量（水头）偏差率来进行系统水力设计的规定（微灌水力设计方法的商榷与建议：微灌水力设计计算方法探讨之二，喷灌技术，1990 年 3 期）。

4.0.7 本条文采用了张国祥基于（4.0.7-1）和（4.0.7-2）式及灌水小区内灌水器平均流量等于灌水器

设计流量而推导出的流量偏差率与水头差率之间的关系式（微灌毛管水力设计的经验系数法，节水灌溉，1991年01期）。

4.0.9~4.0.11 微灌的特点之一是可实现高频灌溉，施行高频灌溉时，灌水周期小于由传统最大灌水定额决定的最大灌水周期。相应地，微灌的灌水定额小于传统的根据土壤质地、计划湿润土层深度及土壤含水量上下限所决定的最大灌水定额，而仅取决于日灌水强度和灌水周期，具体的灌水周期长短，应根据植物对水分的响应确定。

## 5 微灌系统水力设计

5.1.1 根据 1987 年 7 月全国微灌设备测试定型组对国内 PE 管的水力性能测试结果，对于直径大于 8mm 的微灌用聚乙烯（LDPE）管道，采用勃拉休斯（Blasius）公式计算的结果与国产管道试验资料基本吻合。本规范沿用了原行业规范的规定。其中表 5.1.1 中直径等于或小于 8mm 管道的数据，是山东省水利科学研究所的试验成果。

5.2.5 允许水头差在支、毛管间的分配比例影响着灌水小区的管网投资，我国以往采用支、毛管间的分配比例为 45% 和 55%。美国灌溉工程手册认为分配给毛管的水头差应不大于允许水头差的 50%。由于经济分配比例受到地形、管材现行价格、灌水小区形状等的影响，目前还没有更进一步的研究成果，因此本规范规定，应通过方案比较，择优选择，初步估算时，分配给毛管的水头差可为允许水头差的 50%。

5.5.1 微灌用聚乙烯管道（LDPE）的弹性模量不到聚氯乙烯（PVC）管道的 1/10，相同流速下造成的水锤压力不到 PVC 管材的一半。而且聚乙烯材料的断裂伸长率亦在 200% 以上，埋入地下的管道，爆破前荷载将向周围土壤转移，裸露于地面的只是毛管，上面有众多出水口。水锤压力对其基本没有危害，实践中尚未见到聚乙烯管因水锤压力而爆裂的报道，因此，对此种管道可不作水锤压力验算。当关阀历时大于 20 倍水锤相长时，一般水锤压力不会超过正常压力的 1.5 倍，故可不验算关阀水锤。

5.5.3 塑料管的强度将随承压时间而衰减，因此，不能以新管道的试验压力作为长期使用条件下承受冲击荷载的依据。美国塑料管道学会规定：在任何时候的总压力即运行压力加上水锤压力不应超过系统额定压力的 1.5 倍，本规范予以引用。

## 6 工程设施配套与设备选择

6.2.2 节能不仅是国家对工程设施的要求，也是系统良性运行的重要特征之一，因而规定应采用高效水泵；对系统工作压力或流量变幅较大的微灌系统，如连片的温室群微灌系统，宜采用变频调节设备。

6.2.3~6.2.4 微灌工程经常使用的水质净化处理装置有旋流水砂分离器、叠片过滤器、筛网过滤器和砂过滤器。选择过滤器种类主要根据灌水器的孔径和水源水质条件，一般按灌水器出水孔径的 $1/10\sim 1/7$ 来确定相应网孔有效尺寸和砂过滤器的清污能力。除此之外，选择水处理装置时还要考虑这些装置本身的清污能力和特性。旋流水砂分离器能清除水中粒径大于 $85\mu\text{m}$ 以上的比重大于水的大部分颗粒，但对有机质颗粒的过滤效果比较差；筛网过滤器的清污能力与网孔有效尺寸有关，是一种结构简单的过滤器，但是很容易被大粒径砂粒和水生藻类堵塞，从而降低过滤能力，叠片过滤器与筛网过滤器性能类似，但存储杂质的容量较大，抗滤芯内外压差的能力较高；砂过滤器既能清除水中固体颗粒，又能清除藻类和水生物，但是管理维护较复杂，投资较高。因此，要根据水源水质情况选用一种或两种以上的过滤器，才能保证微灌系统正常运行。表 6.2.5 列出的选择过滤器的类型及组合方式，是参考 1985 年第三届国际滴灌会议上美国道格拉斯（Douglas A. Bruce, P.E）在《过滤分析及应用》一文中“过滤器选择指南”和我国微灌实践提出的。

6.2.5 过滤器应确保在厂家建议的水头损失范围内能通过系统设计流量，做到无需频繁冲洗，对于手动过滤器，其冲洗周期宜大于 1d。

6.2.6 利用微灌系统进行灌溉施肥（药），有利于提高工程和设备利用率，是发挥微灌工程效益的重要方面，但清洗过滤器、化肥罐的废水中含有大量的有机和无机污物，如果再排入水源中，尤其是排入灌溉和人饮共用的水源中，会严重污染水源。

6.2.7 微灌中的施肥（药）可采用压差式、文丘里式或注射泵式装置。酸、杀菌剂和氯等化学药品只能使用匀速注入装置施入灌溉水中。

6.2.8 为防止化肥和农药的未溶解物和其他杂质进入系统，引起堵塞，规定在施肥（药）装置的下游应安装过滤器，过滤器进出口压力表可用来监测过滤器的堵塞情况，便于及时清洗过滤器。

6.2.10 化学药品注入设备应当有安全保护装置，以防止泄漏化学药品，污染水源。在化学药品储藏罐附近应该有水源，当皮肤不慎与化学药品接触后可以及时进行处理。在处理化学药品时应穿戴防护衣。

6.3.1~6.3.2 微灌系统要求各种管及管件耐腐蚀、不生锈、抗老化，因此，主过滤器以下至田间的

管道应用塑料材料制造。

6.3.4 在微灌管道的进水口处安装阀门，可以控制和调节管网水流，方便系统运行管理维修；在支管以上的管道末端安装阀门，可定期冲洗管道、排除管道中的沉积物，是防止堵塞的重要措施。

6.3.7 在微灌管道上安装进、排气阀，充水时可以排出管道中的空气，避免在管道驼峰处产生气阻；管道放空时空气可以及时进入管道，减轻负压的影响。进排气阀的通气面积折算直径宜根据被排气管道直径的 1/4 确定，如管道直径为 100mm，则所需安装的进排气阀的通气面积折算直径应为 25mm。

6.3.8 微灌系统中设镇墩，主要是根据管道布置情况、地形条件、管道受力状况、土壤承载能力和管道稳定要求而确定的。

6.4.1 微灌工程设计选用的灌水器是否合适，直接影响到工程投资、灌水质量和管理工作难易。一般密植行播作物，要求条带湿润土壤，选用滴灌管（带）比较合适；对于果树等植物，应根据种植密度与湿润比要求，可选用滴灌管（带）、多点出水毛管、涌泉灌和微喷灌灌水器。

轻质土壤宜选用流量较大的灌水器，以增大灌溉水的横向扩散范围；粘性土壤宜选用流量较小的灌水器。灌水器的流量在灌溉区域内不应形成地表径流。对于涌泉灌，可用小穴控制其地表流动范围。

6.4.2 根据我国灌水器的生产质量水平，规定了灌水器的制造偏差系数要求。

## 7 工程施工与安装

7.1.2 因微灌工程设计细致、涉及因素多，而所收集的设计资料一般很难完全符合实际要求。在施工中若发现问题，允许对设计作局部修改。但也应按程序进行，这对确保工程质量是完全必要的。

7.1.5 规定要求做好施工记录、隐患处理和竣工报告等，是为今后的工程维修、管理提供依据，同时也便于检查施工质量，分清责任。微灌工程隐蔽部分的验收是工程验收的一个组成部分，此项验收只能在施工期间进行，竣工后验收就很困难，所以要求在施工期间进行验收，本条中规定了工程隐蔽部分应有验收，目的是为了**确保工程的质量**。

7.1.9 安装前对设备的数量和性能进行核查是保证安装质量和确保系统性能满足要求的重要环节。

7.4.1~7.4.2 微灌用聚乙烯及聚氯乙烯塑料管易受机械摩擦撞伤，为防止施工中管道遇尖利石块而磨伤，故对管槽开挖、回填程序及土石料质量等均提出了相应要求。

7.4.14~7.4.15 微灌系统中旁通、毛管和灌水器的安装是工作量最大，质量要求最高的施工安装工作，而且也是一项繁琐而又细致的工作，在实际工作中往往被忽视，进而影响微灌工程效益的正常发挥。旁通安装是指在支管上安装旁通，以便在旁通上安装毛管。在旁通安装前，对旁通管本身进行检查很有必要。主要是清除其飞边、毛刺和污物，抽样复核其规格尺寸，使之符合设计和安装要求，以利安装工作顺利进行。旁通和灌水器安装质量主要取决于打孔工具，打孔钻头直径要与旁通管外径和滴头插口端外径相适应，为保证安装质量。规定了应用厂家配套的专用打孔器打孔。为避免由于负压将污泥吸入滴头，规定了铺设在地表的滴灌管（带）出水口应朝上，而地下滴灌管（带）出水口朝上是为了使湿润峰上移。

## 8 管道水压试验和系统试运行

8.1.1 管道在运输和安装过程中，难免有泥土、塑料碎片等杂物进入管道内。为了防止灌水器被堵塞，规定管道安装后必须进行冲洗。为了检查安装质量，发现问题及时处理，本条文规定管道冲洗和系统试运行应在管槽最终回填前进行。

8.2.1 为确保微灌工程安装质量，应进行管道水压试验，试压的水压力是基于微灌工作压力较低和尽可能利用微灌系统所选加压设备进行加压确定的。

8.2.2 微灌管道主要使用塑料管，本条文规定主要参考了《喷灌工程技术规范》GB/T 50085—2007和建筑工业出版社1990年出版的《塑料管道工程安装设计与施工》中的有关资料，并结合微灌的实际情况提出的。

8.3 本条根据管网的安全性和水泵启动特性，规定了管道冲洗的步骤。

8.4.2 轮灌组流量和灌水器平均流量以及灌水均匀系数能反映微灌系统的灌水质量，因此规定了系统试运行时测定这些主要技术指标，参考ASAE标准（ASAE Standards. 1996a. Field evaluation of microirrigation systems. EP405.1. Amer. Soc. Agric. Engr., St. Joseph, MI. Pp. 756~759.）并根据管网水力学特点，对灌水器分布位置的选择方法进行了规定。

## 9 工程验收

9.1.1~9.1.2 微灌工程的验收是把好工程建设质量的最后一关，一般规定主要是提出工程验收应提交的文件资料。对于规模较小的工程，做了简化规定，只提交主要文件和报告即可满足验收要求。

9.2 根据微灌系统的特点，验收中应全面检查审阅该项工程建设的技术文件是否齐全正确，并实地考察该工程建设是否按批准的要求全部建成，配套设备是否齐全完善，系统是否安全可靠和运行方便，主要技术指标是否符合本规范的规定。验收完毕，写出验收结论意见，为工程由建设转为管理提供依据。

轮灌组流量、灌水器平均流量受多种因素的影响，田间实测值与设计值很难做到一致，但两者又不能相差太大，否则，影响灌水质量，本条规定流量的实测值与设计值之间的偏差不宜大于 15%，这个指标还没有翔实的田间试验数据旁证，还需经过大量的田间实测数据来验证，所以此条采用了不宜大于 15%。

影响微灌均匀程度的因素有灌水器制造偏差和堵塞、水力偏差、地形测量误差引起的灌水器工作水头偏差、灌水均匀度田间测试样本的代表性及测试误差等；目前提出具体数据使其成为验收指标的条件还不具备，因此暂不做为验收是否合格的条件。但验收时仍有必要进行测算，以便积累资料，在条件成熟时列为验收条件。

## 10 运行管理

10.4.2 由于过滤装置容纳污物的能力很小，所以需要定期及时清洗，以保持正常过滤功能。本条针对不同过滤器提出冲洗要求。

10.4.3 在微灌工程中安装的施肥装置，是用于对农作物施加能溶于水的化学肥料及各种营养液。这些液体对施肥装置均有一定的腐蚀作用，因此，运行前、灌溉季节后，都要对装置的零部件进行全面检查和维修，施肥完成后进行设备冲洗。