

序

(一)

“中国灌溉排水技术开发培训中心”是由水利部申请并经国家科委正式批准的中日政府间专项技术合作项目。1993年2月中日双方正式批准签署了实施协议，日方执行单位是国际协力事业团，合作自1993年6月起执行，为期五年。

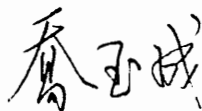
通过项目的实施，将引进、消化、吸收日本的灌排新技术，开发我国的灌排技术，促进我国农田水利事业的技术进步。“中国灌溉排水技术开发培训中心”是一个承担灌溉排水实用技术开发、培训、推广和技术咨询任务的部属事业单位，旨在联络全国从事灌溉排水的科研单位、大专院校、生产单位，广泛采集技术信息，为农田水利事业发展提供技术服务。并通过培训传播技术，提高技术人员业务素质。

学习、消化日本灌溉、排水规划设计技术标准是中日双方议定技术合作的重要内容。为此，中日双方专家携手组织翻译了日本土地改良工程规划设计规范。可供我国灌溉排水技术规范的制定修改时借鉴。这对我国灌排技术的发展无疑是有益的。

本次翻译的日本土地改良工程规划设计规范—旱田灌溉、日本土地改良工程规划设计规范—管道工程设计、日本土地改良工程规划设计指南—滴灌和日本土地改良工程规划设计指南—大面积水田规划，除“中国灌溉排水技术开发培训中心”中、日专家付出了辛勤劳动外，承蒙北京市水利科学研究所、北京沃特水技术公司大力协助。借此一并表示诚挚的感谢。

中国灌溉排水技术开发培训中心

主任



1994年1月

(二)

1993年6月,中日两国政府合作进行的“中国灌溉排水技术开发培训中心”项目开始执行。与此同时我们日本专家组也开始了工作。

本项目的主要目的在于通过中日两国的技术交流,引进和消化日本的灌溉排水技术,促进新技术的开发普及,提高灌溉排水技术水平,并培养技术人员。合作的主要内容有五方面:

(1) 灌溉排水技术开发; (2) 水管理技术开发; (3) 规划设计技术标准的整理; (4) 系统开发; (5) 以上四个领域的技术培训。

为了达到预期的目的,我们感到首先向中国介绍日本的最新技术文献和资料是有益的,为此中日双方进行了《日本土地改良工程各类规划设计规范》的翻译工作。

这部规划设计规范是由日本农林水产省制订的,并已在日本全国水利系统推广施行。我们把它介绍给大家,希望能为中国同行提供一些参考资料。

在本书的出版过程中得到了各有关单位的大力协助,在此我们表示衷心的感谢。

中国灌溉排水技术开发培训中心
日本国际协力事业团专家组

团长

平田四郎

1994年1月

目 录

前 言

第一章 总论 (1)

1.1 指南说明..... (1)

1.2 滴灌定义..... (2)

1.3 滴灌特征和规划时的注意点..... (3)

第二章 调查 (8)

2.1 同水源有关的调查..... (8)

2.2 田间条件调查 (10)

第三章 用水计划 (11)

3.1 用水计划的基本考虑方法 (11)

3.2 耗水量 (14)

3.3 土壤的湿润类型和湿润宽度 (16)

3.4 灌水定额和轮灌期 (19)

3.5 多目的用水量 (20)

3.6 计划用水量的确定 (22)

第四章 滴灌设施的组成 (25)

4.1 设施组成的要点 (25)

4.2 管路系统 (26)

4.3 末端控制装置 (28)

4.4 滴头 (31)

4.5 液肥施入装置（多目的利用器材） (33)

4.6 自动化器材 (36)

第五章 滴灌设施的水力设计 (38)

5.1 水力设计要点 (38)

5.2 单式管路的水力设计 (39)

5.3 复式管路的水力设计 (56)

第六章 滴灌系统规划 (69)

6.1 系统规划要点 (69)

6.2 轮灌田块及灌水田块 (70)

6.3 系统容量 (70)

6.4 支管、毛管及滴头配置 (72)

第七章 维修管理 (74)

7.1 净化装置的维修配置 (74)

7.2 灌溉水的水质与前处理 (74)

7.3 毛管的维修管理 (75)

前 言

1.概述

为取得水的有效利用,减轻盐害,近几年国外把滴灌作为一种灌溉方式迅速发展起来。在日本很多受到水资源制约的地区,作为节水灌溉方式,以及在集约化蔬菜栽培地区,作为对养分和水分易于管理的灌溉方式,都日益引人注目。

日本从西南诸岛开始及至全国,尽管迫切地需要灌溉,可是由于水资源本来就缺乏,而开发新的水资源需要大量费用,所以存在着这样困难的地区——在那里不能保证灌溉需用水量。预料今后以这种地区为中心,在土地改良事业中,多制定些能有效利用滴灌特征的旱地灌溉计划。

可是在制定土地改良工程规划设计规范 规划“旱地灌溉”(1982年制定)时,日本有关滴灌的研究还是很有限的,适用的经验较少,技术也并非十分成熟,所以这部分内容不过是记述而已,作为技术规范,未必得当。因此,非常希望完善有关滴灌的技术规范。

2.规划指南的编写

在上述背景下,1980年由农业土木学会在组织规划规范修订委员会滴灌部会的同时,对鹿儿岛县和冲绳县下属三个地方组建调查团,在两县的协助下,对有关气象、土壤、土壤水扩散和消耗机理、灌水参数、水质、生长发育、产量等,进行了为期6年的现场调查。

本指南是以这些调查成果和委员的研究成果为中心,并包括国内外的研究成果和实际经验写成的。

完成本指南的委员及干事如下:

委员长	长	智男	干事	池上	勇三
委 员	安养寺	久男	干事	井野	荣
委 员	石川	明	干事	内山	直治
委 员	黑山	正治	干事	鹤户口	昭彦
委 员	山本	太平	干事	具通丸	明

干事	驹村	正治	干事	堀井	洁
干事	下田	昭	干事	本乡	尚文
干事	段本	幸男	干事	松嶋	隆司
干事	丰岛	弘三	干事	官崎	康生
干事	细川	雅敏	干事	山根	俊弘

3.本指南的构成

为完成工程规划而制定的技术规范，按技术成熟程度分为“规划规范”和“规划指南”，并进行系统的整理。其中规划指南是指规划规范中被详细评述的部分内容，但列入的规划和实例较少，可作为开发阶段的技术内容，当前用作制定规划的参考。此外，有关规划指南中的技术内容，凡是比较成熟的要逐步将其内容的一部或全部，收进规划规范中。

规划指南由正文、解说、参考等构成。

正文是在制定土地改良工程规划时，必须遵守的事项，写在框格中。解说是对正文的详细解释，为具体说明起见，记述了规划调查的方法、顺序、算式、图表以及其他参考事项。参考是对解说的补充，记述了制定规划时可以参考的事例。

第一章 总论

1.1 指南说明

本指南以“土地改良工程规划设计规范旱地灌溉”(1982年8月10日制订)为基础,对其中记载的有关滴灌部分进行补充、补齐,在制定滴灌规划时有必要展示有关的基本事项。

滴灌,在日本具有与其他灌溉方式不同的特征,但使用经验较少,所以在制定规划时需要充分研讨。

〔说明〕

旱地灌溉的规划规范,是1954年12月制定的“农林省农地局土地改良工程规划设计规范第2部规划第1篇灌溉第4章(旱地灌溉)”,经过28年于1982年8月修订成为“土地改良事业规划设计规范旱地灌溉”(以下称“规范”)。在这期间,旱地灌溉技术有很大发展,特别是在湿润地区旱地水利使用方法的的确立,喷灌的应用,管路系统的发展等方面,与世界各国相比,日本的旱地灌溉取得了独特的发展。

另一方面,在以色列、美国、澳大利亚等干旱地区,滴灌是近几年急剧发展起来的灌溉方式,同以前日本应用的其他灌溉方式相比,用水量计算原理,不同之处也是很多的。可是最近,即使在比较多雨地带的日本,也在小规模地应用。滴灌引进到日本的理由如下:

①滴灌能以缓慢的灌水强度进行少量而频繁的给水,所以即使是田间持水量(24小时土壤含水量)较小的砂土,间隙大,也能保持水分含量较高的状态。因而在增收和提高质量方面,效果是很大的。所以首先引进到砂丘地带。

②给水和施肥的管理比较均匀,且能够省力,所以对田间作物的养分和水分的管理易于进行。再者将毛管置于地面,在作物根部缓慢地滴水,很适用于温室和大棚等园艺设施。这样在种种使用方面都很优越,所以在全国作为园艺的灌溉设施已迅速普及。

③在西南诸岛等由珊瑚礁石灰岩形成的岛屿上,由于地形地质等条件,要充分保证地表水水源是很困难的,并且地下水水源也未必能不受限制地、可靠地获得,因此,为对有限水源的有效利用,强烈要求减少用水量。与过去的灌溉方式相比,可以期待滴灌是最能节水的方式。

④对于农田开发事业,多把农业造地和旱地灌溉设施作为一体进行整治,可是对于新农田的灌溉水源开发并非容易,多数场合要受到水源水量的限制,所以作为用水量小的滴灌已逐渐被列入计划。

可是在修订规范时的1982年,当时日本滴灌研究不仅是极为有限的而且应用经验也少,技术并不十分成熟,因而滴灌规范如3.1.3. 4)灌溉方式的确定,3.2.2. 1) (4)滴灌用水量,3.4.2. 2)滴灌等不过是所调查的3个地方的记述。基于这样的经过,把这次滴灌规划所必须的各项指南汇集成册。如今在技术上有很多地方必须说明,而且有些部分还需要今后进一步积累资料。因此,规划的编制者需要根据自己的经验进行判断,需要努

力根据原有的创造力，制定出适应现场实情的最好规划。

此外，本指南只对滴灌规划所必须的事项作了记述，作为旱地灌溉，有关一般共同的事项，必须按照规范进行计划。

1.2 滴灌定义

所谓滴灌，一般是在地表安置毛管，在毛管的一定间隔安装滴头或是具有特殊构造的滴孔（以下通称滴头），通过这类滴头，使水滴缓慢而频繁地供给作物根部的灌溉方法。

〔说明〕

1.滴灌的基本定义

从设置在田间地表的毛管（参照 4.2 管路系统）流出与管内水压相适应的极小流量，使滴出的水量进入作物根系的有限部分，称这种滴水方式为滴灌。从安装在毛管上的滴头（参照 4.4 滴头）滴出的水，不在地表流动，进入土壤沿垂直和水平方向浸润扩散，而且仅在以滴头为中心的有限范围浸润。该浸润范围随着滴头的配置间隔、土壤物理性质、作物种类等条件而异。一般占田间面积的 10-50%，且土壤水分状态是以滴出点为中心形成等水分线，越靠近中心，水分越大。

滴灌是作为一种直接向根系供水的手段而开发的，初期叫做地中灌溉（subsurface irrigation）。以后，末端灌溉系统几乎不设在地表上，这样初期的地中灌溉有时同地下灌溉（sub irrigation）混淆。所谓地下灌溉是由小沟或埋管对地下水位进行调节的一种方式，所以是与地下排水相反。因而，地下灌溉同滴灌之间没有共同点。可是在果园将毛管深埋在根系区附近，或在普通旱地把仅使用一茬即扔掉的毛管（滴管）同样埋在地里，从毛管流出的慢速水，供给根系区使其湿润，把这种方式作为滴灌对待可以认为是恰当的。也有研究者把滴灌定义为：长时间连续而缓慢地低强度给水。

滴灌在国外叫做 drip 灌溉或 trickle 灌溉，所谓 trickle 是拟音，相当于“滴嗒滴嗒”。

此外，以规范划分为管灌方式的多孔管灌溉，虽然与滴灌具有同样位置，但从用水规划原理看近似于喷灌，与滴灌是不同的。

2.滴灌末端灌溉系统

滴灌末端灌溉系统可按①减压方式，②设置位置，③操作压力，④设置方式，四个要点进行分类。

对减压方式，在末端毛管中的内水压，用什么方法减压后使水滴出管外，对此要利用流经小断面流道的摩擦损失和通过小孔口的突然扩大损失等水力现象。

设置位置，有地表、地上、地下三种场合。

操作压力，分为 $0.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 的低压， $0.5\sim 1.0\text{kg}/\text{cm}^2$ 的中压， $1.0\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上的高压。

设置方式，分为固定式，半固定式、移动式三种。

一般普通旱地灌溉，希望在全茬作业期间把整个田间的灌溉毛管都置于地表。这种情况，当进行耕耘、整地、收割机械作业时，可将毛管临时撤去。另一方面，在果树地，几乎都不是临时撤去而多用固定式。

现在倾向于采用操作压力 $1.0\text{kg}/\text{cm}^2$ ，地表定置式，小孔口或有小断面流道的滴

头，或借助有隔层的毛管的分布孔和滴孔进行减压，这种型式用得较多。

1.3 滴灌特征和规划时的注意点

滴灌具有许多优点和某些不足，因此在充分把握其特征的同时，在同其他灌溉方式比较的基础上作好规划。

〔说明〕

1.滴灌的优点

(1) 土壤水分

滴灌是频繁的灌溉，即相应于作物水分消耗速度，对根系区用一定速度进行给水，借此有可能保持土壤水分在适当的水平上。这种场合，主根系区的土壤水分张力变低，作物根吸收养分和水分比较容易。

另一方面由于缓慢给水，土壤尚未饱和，因而土壤空气流通保持在良好状态。此外，即使在入渗率小的土壤，也不会出现灌溉水在地表流动，而只能向土壤中入渗。

(2) 节水

采用滴灌，能在需要的时间、需要的地点、把需要的水量正确而有效地用来灌溉。与喷灌比较，能减少下列损失：向深层渗透、作物间土壤面的灌水、地表蒸发、因作物复盖引起的灌水阻断、空中飘移等，例如在区划不整齐的场合，喷灌容易受到风的影响，风大飘向耕作区外的飘移损失加大，而滴灌就没有这种损失，所以田间灌溉效率高。

此外，滴灌只限于作物植株附近的范围湿润，所以在这个范围以外，若连续晴天，土壤水分保持在低水平，即使灌水后立即降雨，也能把降雨贮存起来，从而提高降雨中有效雨量的比例。

(3) 水力条件

滴灌的滴头个数是 200~2000 个 / 10a，而喷灌的喷头数是 5~30 个 / 10a，相比之下滴头太多。再者，因采用缓慢给水，所以管内流速、摩擦损失都很小，由于这些理由，有可能实行均匀性较高的灌溉。

末端采用低压操作，所以与其他灌溉方式相比，可采用低压材质的管材。此外，每次灌溉水量少，所以管径、泵容量及附属品等，采用较小的就能解决问题。而且在规划整个灌溉系统时（包括水源和输配水）利用自然的位置能量比较容易。例如即使在不高的平坦地形区，也比较容易选定田间蓄水池或分水槽位置。

(4) 灌溉操作

滴灌系统的操作比较容易，不要很多人力。而且也容易实现灌溉系统的自动化。

此外，能在温室、大棚或者复盖薄膜下设置尾管，所以适用于保护地栽培的给水。

(5) 对农业的好处

①在提高和保持主根系区土壤适宜水分的同时，能提高给水的均匀性，所以能提高作物的产量和质量。

②把水滴灌到作物根部，所以叶片不接触水，附在叶面上的农药不会被洗掉。此外，没有因水滴附着而产生的凸镜对叶片照射现象的影响。在温室内，作物叶片不需要水，所以能保持空气的低湿度，减少病虫害的发生。

③只向作物根部供水，所以不会出现因水淹而产生的耕层表土的板结，或泥泞化现象。湿润部分以外的地表经常是干燥的，所以不会影响田间作业，灌水可与田间作业平行地进行。

④灌溉水即使含有若干盐分，由于频繁给水，保持主根系区土壤水盐分浓度较低，因此能降低因盐害造成的减产。

(6) 施肥

将液肥等溶解性肥料稀释混入，通过系统施用，是既省力又均匀，而且容易做到仅供给必需量的溶液。因而在作物的每个生长阶段，能根据需要提供极为恰当的施肥。

(7) 经济性

末端设施经费，因滴头的配置密度而异，密度高也未必有价值，例如与喷灌的安置系统设备费相比，一般是便宜的。

2. 滴灌的缺点

(1) 农业上的各种问题

①滴灌只在主根群区附近给水，所以与其他灌溉方式比较，间断日数短，要求频繁灌溉。

②喷灌能够防止风蚀、霜冻害、潮风害等，而滴灌设施，通常是不能用来防止这类气象灾害。此外，对田间小气候调节也无能为力。

③只对土壤的一部分给水，所以在降雨少的地区或在保护地栽培情况下，根被引导到湿润区，或根系区容积受到限制。因此，由于某种原因供水中断时，对作物生长的影响是显著的。

④对粘性土壤，因频繁灌溉使根系区土壤水分长期保持高水平，于是根部容易生病，此外，土壤中容易产生空气流通不畅的情况，这对作物生长有不利影响。

⑤每茬都要布置和撤除毛管的情况，势必需要劳力。再者，在农业作业时（如中耕、除草、培土等），需要注意不损伤毛管。

(2) 技术上的问题

①滴灌最主要的问题是滴头堵塞。堵塞物为砂、淤泥等悬浊物质和碳酸盐等沉淀的溶解盐、锈、其他铁的氧化物、有机物（植物根、藻、微生物、非活性物质）等。堵塞一旦出现，洗净设施是不容易的，也耗费成本，而且也未必成功。因此，采用过滤器除去堵塞物质，这是很重要的。

过滤器的设计和管理如果得当，由砂、淤泥等造成的堵塞就能够防止。可是对可溶性盐类和氧化物的处理比较困难。此外，不能除去一些有机物的情况也有。用稀酸类（主要是 HNO_3 或 HCl ）使碳酸盐溶解是有效的，但每当实施时必须中断系统的操作。甚至这个方法没有长期效果，常常需要反复。

设施的清洗方法中有的靠高压水或压缩空气对系统进行机械清洗，但这要以管和接头的耐压性能有充分把握为前提。如果是能承受平时操作压力 $1.0 \sim 1.5 \text{ kg/cm}^2$ 的灌溉设施，就不必担心这个问题，能够有效地冲洗干净，而且只有在某个时间段脉冲高压灌溉时效果才能提高。

②滴灌同其他灌溉方式比较，末端系统操作压力低，所以滴头的出水量容易受田间倾斜或局部高程差的影响。为此，象对能够提供规定的流量那样，对给水管和毛管的配置及

压力调整等，需要做极为详细的设计。

(3) 盐分问题

在干燥地区，或象保护地栽培那样不与降雨接触的地方，滴灌的主要问题之一就是盐分的积聚。在土壤中或在灌溉水中，不论含有多少盐分，它总是集聚在灌溉湿润区与干燥区的交界处。即使在这种场合，作物的主根系区仍保持由滴灌产生的高含水量，所以土壤水分的盐分浓度低，不会产生对作物直接有害的影响。可是，下一个栽培期，如果在湿润区外围的盐分集聚处栽培作物，就会受到盐害。

以灌水量及追加水量进行给水，使集聚的盐分溶解，产生重力渗透后由地下排水脱盐，这叫做淋洗。在干燥地区或设施栽培淋洗是非常重要的，可是在普通旱地，期待适当降雨靠自然淋洗，所以不必为此估计脱盐用水量。

(4) 其他

作为滴灌末端安装的氯乙烯管、聚乙烯管等，由于太阳光作用使材质老化，有时受到啮齿类动物的损坏，这样比金属管材的使用年限要短，因而需要考虑更新时所需的经费。

3. 规划上的注意点

滴灌，是以根系区为对象的灌溉，进行滴灌能供给与耗水量相应的灌溉水，因此可以说滴灌是最适应灌溉原理的方式。可是如前所述，也有几个问题要在做规划时同其他灌溉方式进行充分的比较和研讨。下面列出做规划时的注意事项。

(1) 滴灌已在世界各地有超过 90 种的作物应用。应用最多的是果树。这是因为果树地末端设置的布置密度比较稀疏，单位面积的设施费用经济，这就能显著地节水。其次更适用于条播的 1~2 年生作物。

一般，在日本应用于西南诸岛的甘蔗地、其他地区的温室、大棚、复盖薄膜等设施的蔬菜地。

今后滴灌的主要发展是以蔬菜为主的普通旱地（特别是城市近郊），或者考虑在水源水量受限制的地带。特别在西南诸岛从气象、地形、地质等条件看，确保水资源的稳定有困难，所以期待对甘蔗、菠萝、蔬菜等把滴灌作为节水灌溉方式在今后发展起来。

(2) 滴灌能应用于很多作物，可是由于不对田间全面给水，所以对饲料作物、牧草等散播作物难以应用。这是由于这种栽培方法的成本因田间单位面积的配管密度和滴头的配置密度高而不经济。

(3) 滴灌的特征之一是能提供相应作物水分消耗的灌溉水。为此，农业经营的型态是高投入高产出的集约化经营，而且其目的是生产高品位作物时，相应于气象、土壤、作物生长阶段等主要原因决定的消耗水量，以小流量，长时间操作，进行连续给水，轮灌期尽可能短为好。因而，理想的是在不阻碍土壤中的空气流通范围内，希望连日灌溉。

可是，相应该种作物水分消耗的灌溉，要求频繁操作和与此相应的劳力。再者，从滴头滴出的流量太小时，就会形成堵塞，所以要设计与灌溉作物种类或农业经营型态相适应的轮灌期。

(4) 在旱地灌溉工程方面，从国营的数千公顷到县营的数百公顷，集体经营的数十公顷各种规模的都有。在县营以上的大规模地区，多数场合计划在整个地区用滴灌的很少，而是在喷灌计划地区的一部分采用滴灌。可是滴灌末端需要的压力比喷灌的低，也由于灌溉轮灌期不同，分配流量、压力调整、操作方法等不同，因而希望尽可能小区化。但是

这种场合需要对将来的农业经营和栽培体系等充分考虑。

以滴灌为对象规划水源容量的情况，同以往的灌溉方式相比，水源容量的规划较小。象西南诸岛那样，主要作物仅限于几种特定作物，这些将来即使固定下来，也不会有什么特别问题。另一方面，每年主要作物有所变动，而且在农业经营和栽培体系有变化的地区，灌溉方式可能从滴灌转换为其他方式，这些也要预先作规划。这种情况按滴灌规划的水源工程容量可能不足，所以在作规划时对此必须充分注意。此外，有关水压，应该考虑的有关事项如下：

①靠自然压力能得到喷灌所需要的水压时，在系统末端要把水压减至适用于滴溉的水压。

②靠自然压力确保喷灌需要的水压有困难时，不得不在系统末端加压，这种场合末端的水管强度要能承受喷溉等必需的水压。

③在滴灌用的水压范围内，考虑能适用于低压喷灌使用。此外，在与喷灌等混合的地区，需要有调整喷灌操作压力与滴灌操作压力差的设施。可是在要求灌溉自由选用的滴灌地区，为给定的自由选用的可能宁可利用这一应该调整的剩余压力，使其能产生需要的流量。

4.多目的利用

滴灌的多目的利用项目，与喷灌那种水和药液的喷洒等利用项目相比，受到若干限制，可是以下项目相对是可以办到的：

(1) 用滴灌施肥，是把液肥稀释混合后供给，这种方式不产生深层渗漏损失，向根系中最集中的部分供肥，所以肥料损失少，养分容易控制。特别是为提高果树、蔬菜类的质量，控制养分是重要的。这个很容易办到的事正是滴灌的优点。在多目的利用中这是最值得推广使用的项目。

(2) 播种与定植

一般播种前后的给水，限于滴出水浸润扩散所湿润的范围，所以要注意。定植期灌水时，要事先铺设毛管，先给水使土壤湿润后再定植。

(3) 土壤消毒

将土壤消毒用的药液混入水中，即能进入土壤。这种情况要求设施零件具有耐化学腐蚀性能。

(4) 淋洗

在日本，作物栽培期间可指望降雨在 300mm 以上，这种情况就不必重视旱田的淋洗。

在温室等地进行的栽培，由于隔断降雨，所以随着蒸腾蒸发在土壤表层出现盐分积聚。温室顶盖如能打开，就可指望靠自然降雨淋洗。可是在不能打开的情况，为了淋洗就必须进行灌溉。淋洗方法是在一茬结束后，进行大量给水，使集聚的盐一次溶脱的一种方法。再有，在每次灌溉时，在必要的补给水量之外再追加淋洗需要的水量，以便产生重力渗透进行脱盐，这是另一种方法。

在一茬结束后集中进行淋洗时，淋洗用水量大，所以利用滴灌设施给水，可是这又涉及到需要长时间操作，因而必须考虑是轮灌给水。

(5) 防止潮风、霜冻、病虫害的对策

滴灌不能象喷灌那样应付潮风害、霜冻害、病虫害等，因此为达到上述防灾目的有必要采用其他方法作为对策，例如西南诸岛对于多潮风灾害建造防风林，同时考虑对盐害抵抗能力较差的蔬菜类，要在离开海岸的内陆地区栽培。防霜冻采用燃烧法、烟雾法、送风法、复盖法等。防治病虫害需要考虑各种对策，例如整治土地条件以便能使用快速喷雾器。

直到田间入口都是由压力管路送水，所以利用低压小流量特殊小型喷灌，即利用微喷，这也是一个方法。这种场合必须研究在滴灌流量范围内应该如何操作。

第二章 调查

2.1 同水源有关的调查

在作水源规划时，要调查有关地区和其周围的河流、湖泊、地下水等的水量、水质、水温等。此外，对水利权限等权利关系也要一并调查。

〔说明〕

关于滴灌设施，最需注意的是滴头堵塞。在低压操作小流量滴出的场合，堵塞对策是特别重要的。因此，水质调查是在规划滴灌之后不可缺少的。水质调查就是通过灌溉期间数次（干旱期、降雨期）取水样进行分析。调查项目可举出悬浮物（SS）、pH、锰等，其他有关详细内容可参照“土壤改良工程规划设计标准（规划）水质障害对策”。此外，调查时最好听取专家意见。

如前所述，滴灌与以前的灌溉方式相比，建立水源容量小的灌溉规划是可能的。因此，对以前见过的那种小流量和小容量的水源需要进行调查。

〔参考〕

灌溉水的水质标准

在美国，为防止滴头堵塞要求的水质标准举例如下。

表 2.1 (1) 表示堵塞发生过程中起主要作用的水的性质和障碍程度。灌溉水的 PH 值如果达到 7.5 以上，碳酸钙或碳酸镁就会在过滤器、滴头等处沉淀。

表 2.1 (1) 滴头堵塞程度与水质

项目	堵塞程度		
	小	普 通	大
物理性			
悬浮物质	50	50~100	> 100
化学			
pH	7.0	7.0~8.0	> 8.0
溶解物质	500	500~2, 000	> 2, 000
锰	0.1	0.1~1.5	> 1.5
总铁	0.2	0.2~1.5	> 1.5
硫化氢	0.2	0.2~2.0	> 2.0
生物学的性质			
细菌	10, 000	10, 000~50, 000	> 50, 000

〔注〕 1. 细菌是指 1ml 中的细菌数最大值。

2. pH 以外的其他物质是指浓度 (mg/l) 的最大值。

肥料也是堵塞的原因，所以要把含有肥料的水装入玻璃瓶中，在暗处置放 12 小时，需要在光照下观

察沉淀情况。

表 2.1 (2) 是同表 2.1 (1) 同样的内容。而与堵塞有关的水质是否好, 可按数值进行评价。

表 2.1 (2) 水质评价

评价用的 评分	物理性	化 学 性		生物学性质
	悬浮物质 (Max · mg / l)	溶解物质 (Max · mg / l)	总铁或锰 (Max · mg / l)	细菌 (Max · n0. / l)
0	10	100	0.1	100
1	20	200	0.2	1, 000
2	30	300	0.3	2, 000
3	40	400	0.4	3, 000
4	50	500	0.5	4, 000
5	60	600	0.6	5, 000
6	80	800	0.7	10, 000
7	100	1, 000	0.8	20, 000
8	120	1, 200	0.9	30, 000
9	140	1, 400	1.0	40, 000
10	160	1, 600	1.1	50, 000

若 pH 在 7.5 以上, 等级至少提高 2。

含有介类较多时, 等级至少提高 4。

0-0-0 是相当良好的水质。

10-10-10 是不良水质。

若 3 个数之和在 10 以下, 几乎没有问题。

在 10~20 多少有些问题。

在 20~30 有一定问题。

在 10 以上即需要采取过滤和其他对策。此外, 化学性评价是根据“溶解物质”和“总铁或锰”两者进行。这时, 作为化学性评分, 要从两者评分中, 采用评分严格的一方。

评价实例

评价各水源的水质, 查找所需对策。

表 2.1 (3) 水质资料

水质试验	水源 A	水源 B	水源 C
浮悬物质 (mg / l)	3	5	250
溶解物质 (mg / l)	300	50	1, 400
总铁或锰 (mg / l)	0.02	0.60	0.01
细菌数 (no. / ml)	50	35	10, 000
pH	6.8	7.2	8.3

表 2.1 (4) 水源评价与对策

	评价	对 策
	(物理化-化学性-生物)	
水源 A	0-2-0	由过滤器过滤当水中含有高浓度溶质时常常进行氯处理
水源 B	0-5-0	由砂过滤, 连续进行氯处理同反向冲洗一并进行
水源 C	10-9-6	由砂过滤, 连续进行氯处理为使 pH 降至 7 而加硫酸

2.2 田间条件调查

进行均匀度较高的灌溉时, 需要建立同田间各种条件相适应的末端干管规划。为此要进行田间条件调查。

〔说明〕

用滴灌谋求栽培作物质量的均一化, 需要作均匀度较高的灌溉规划, 可是末端操作压力低, 所以滴出的流量易受到田间坡度和局部的高程差影响。为此, 在作末端干管规划时, 对有关田间长、短边的长度、地面坡度、田间的地段差等要进行调查。

第三章 用水计划

3.1 用水计划的基本考虑方法

在作用水规划时，对滴灌特征和对象地区的气象、土壤、作物、农业经营以及种植计划等，充分考虑后再适当确定。

〔说明〕

滴灌保持的土壤湿润状态限于以滴头为中心的范围（以下称“湿润区”），该范围以外的土壤，只要未受降雨影响就保持非湿润状态（以下称“非湿润区”）。因此在用水量计算上同过去那种田间全面给水，深度方向（一维）以根系分布为对象的——传统的用水量考虑方法（以下称“传统法”）是不同的，滴灌需要有独自的考虑方法（以下称“滴灌法”）。

以滴头滴出点为中心形成的湿润区模型如图 3.1 (1) 所示。由一个个滴头形成的湿润区有两种情况：一是相互重合的“带状分布”，二是独立存在的或虽然重合但重合部分所占比例较小的，称作“独立圆分布”。

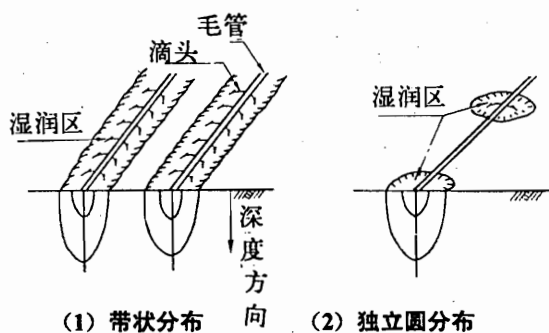


图 3.1 (1) 湿润模型

土壤水分分布为带状分布还是独立圆分布，主要由滴头的配置密度支配。一般条播作物滴头的配置是适当加密，按带状分布作规划。栽培间隔宽、果树和匍匐性作物（西瓜、南瓜、瓜类），只在每株根部配置滴头，规划成独立圆分布为好。

滴灌的灌溉水是少量而频繁地滴出，所以根系区内的土壤水分变化小，能够进行细致的水管理，对作物不产生应力影响。滴灌的这一特征，一般是轮灌期越短一次灌水时间越长（灌水强度小）越易于发挥。为此，根据灌溉作物种类，以湿润区限制土层为对象，在 24 小时含水量 (f_c) 与生长受阻含水量 ($pF_{3.0}$) 之间，设适当的灌水点含水量 (Q_1)，则在 f_c 与 Q_1 之间进行水管理为好。作为灌水点含水量的指标，在此引进好水作物系数 Cr ，见 (3.1.1) 式（参照图 3.1 (2)）

$$Cr = \frac{\text{灌水点含水量 } (Q_1) - pF_{3.0} \text{ 含水量}}{24 \text{ 小时含水量 } (f_c) - pF_{3.0} \text{ 含水量}} \quad (3.1.1)$$

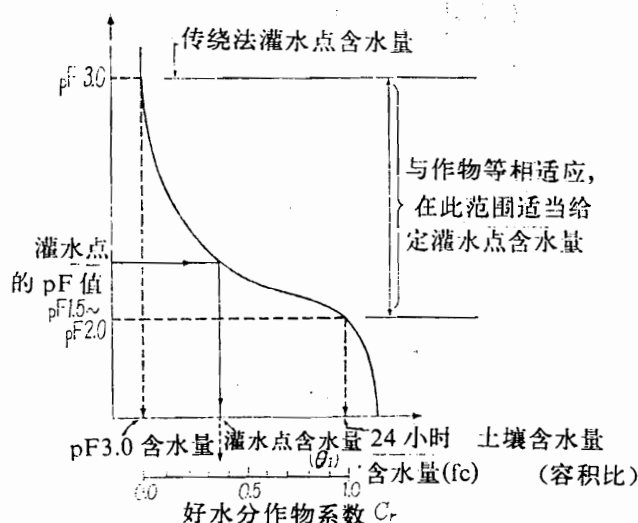


图 3.1. (2) 好水作物系数 (Cr) 的说明

Cr 是小于 1.0 的值, 耐旱作物灌水点含水量可以低到 $pF3.0$, 所以 Cr 值相当小。而好水作物的 Cr 值接近于 1.0, 因而假如灌水点含水量高 (接近于 fc), 一般灌水定额变小, 轮灌期也短, 所以成为细致的水管理 (参照 (3.4.1) 式)。

滴灌的这种特征, 在引进以设施栽培为代表的好水作物, 并以高产量高质量为目标的农业经营系统地区, 最好积极采用。可是, 在大规模的露地栽培的田间, 进行农业经营上的细致水管理是困难的地区, 或者栽培的作物不一定需要细致水管理的地区, 以生长受阻水分点 ($pF3.0$) 作灌水规划是适当的。

此外, 喷灌因风吹飘移、叶片遮断、深层渗透损失等原因, 水量损失较多, 特别在水源不足的地区, 轮灌期太短, 增加产生损失水量的次数, 作喷灌规划是不适宜的。可是滴灌因上述损失水量少, 轮灌期短的细致的灌溉能够适用。

传统法的给水量和耗水量, 是以田间整个面上为对象, 用日水深 (mm/d) 表示。滴灌法是以根为对象, 进行局部给水, 所以期望用一株或一棵一天灌多少升水, 来推算用水量。可是在湿润地区, 按上述方法算出用水量, 所必需的基础资料积蓄很少, 所以在这里以传统法为准, 用田间的全面水量, 即把灌水量平均到整个面上的灌水深表示。

滴灌用水量的计算顺序如图 3.1 (3)

换算后湿润层含水量 ($TRAM$) 是从有效含水量和土壤水分消耗型 ($SMEP$) 得来的。而且有效含水量为 24 小时含水量 (田间持水量) 同生长受阻含水量之差。传统法取生长受阻含水量相当于 $pF3.0$ 。对此, 滴灌法是考虑作物的生理水分, 根据这样的水管理, 确定灌水点含水量 (Q_1), 所有有效含水量的范围是 ($fc-Q_1$), 这种考虑方法同“传统法”不同。因而把“滴灌法的 $TRAM$ ”定义为滴灌湿润区含水量 ($DTRAM$)。将 $TRAM$ 乘以 ($1-Cr$) 即得到 $DTRAM$ (参照 (3.4.1) 式)。此外, 因滴灌形成局部湿润, 所以再将 $DTRAM$ 乘以湿润面积率 ($P = \text{全湿润域面积} / \text{田间面积}$), 据此求出灌水定额。这

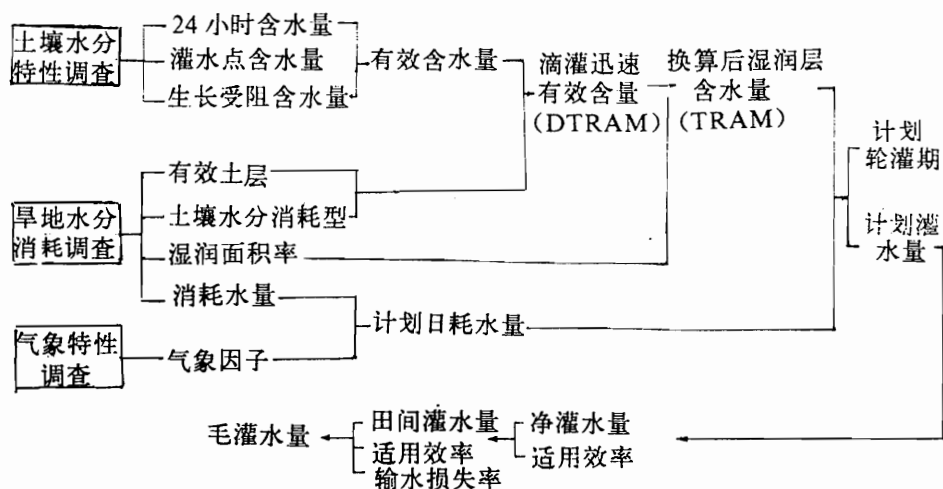


图 3.1. (3) 用水量计算顺序

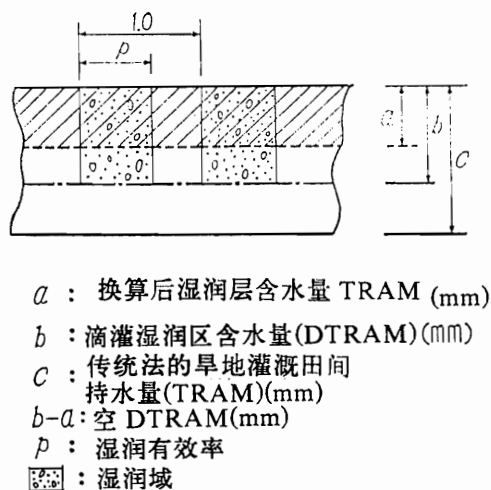


图 3.1. (4) DTRAM 等容量关系模式图

样得到的值是湿润域的特性值，但规划上如同图 3.1. (4) 所示，是把田间全部面积作平均处理。因而本指南是全面均匀化的处理，并将其定义为换算后湿润层含水量 TRAM (即 DRAMXP)。

此外，图 3.1. (4) 不仅表示出土壤断面 DTRAM 等的关系，还在模式上表示了各个

容量（例如 a, b, c）的关系。

滴灌法耗水量具有以下特征：

不受降雨影响的场合，滴灌的水分消耗只发生在湿润区。而喷灌等以前的灌溉是发生在田间的整个面上。二者的耗水量（以容量表示）若认为大致相等，（严格说，表示在 3.2 耗水量多少有些不同），两者关系如图 3.1（5）模式所示。在湿润区内的耗水量（以水深表示），用滴灌为 $1.0/P$ ，用传统的灌溉方法为 1.0。若把该图（a）看作进深单位长度（1.0）换算成容量，用滴灌 $(1.0/P) \times P = 1.0$ ，用传统法灌溉成为 $1.0 \times 1.0 = 1.0$ ，二者表示出相同的值。在湿润区内的特性值即 DTRAM 是平均到整个面上的换算后湿润层含水量 TRAM，这是规划上的一种处理。因而，有关耗水量也是这样，在整个田间均匀化处理后，将这种关系表示在该图（b）中。以下，本指南有关耗水量也是作为面上均匀化的处理，所以规划时换算成容量，这一点必须注意。此外，在露天栽培，不降雨时的水分消耗，主要发生在湿润区，而降雨影响下的水分消耗，不仅在湿润区，也出现在湿润区的外侧，水分消耗区发生在田间整个面上。其结果如图 3.1（4）所示的贮留在“空 DTRAM”（DTRAM-换算后湿润层含水量 TRAM）上的降雨也成为有效雨量。因而与“传统法”相比，增加了有效雨量所占的比例。

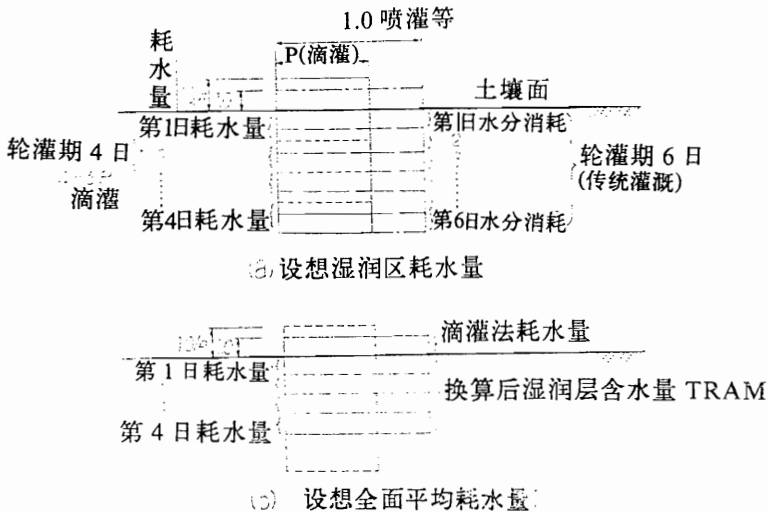


图 3.1（5） 滴灌法的消耗水量（模式图）
（灌水点含水量 $pF3.0$ ）

3.2 耗水量

耗水量原则上由实测求得。露天栽培与温室栽培，对于作物的土壤水分环境是不同的，所以要对土壤水分环境进行适当的测定才能确定耗水量。此外，规划日耗水量应在考虑气象因子等对耗水量的影响之后适当确定。

在进行比较细致地水管理场合，原则上要求相应各生长阶段的耗水量。

〔说明〕

由给水形成的土壤水分，在无降雨条件下的湿润区并非均匀分布，而是在滴出点附近

含水量高，离开滴出点则逐渐变小。可是受降雨影响的露天栽培，在降雨后的一定时间内，整个田间为湿润状态，土壤水在土壤面上均匀分布。一般，在无降雨条件下，也就是说形成部分湿润区的耗水量，比之于因降雨田间全面成为湿润状态时，有稍微变小的倾向。这是由于构成耗水量的蒸腾蒸发量中，主要因蒸发量的多寡而造成的。因此严格说，对形成局部湿润状态的耗水量，同降雨影响下的耗水量，区别之后应该进行处理，可是在降雨频繁、降雨影响期间长的日本，对露天栽培如果区别两种耗水量后再处理，这不仅在规划上繁琐，而且实质上没有差别。因而露天栽培的耗水量同其他灌溉方式相同，按照规范全土层都成为 24 小时含水量，把这种状态作为初始值，再测定土壤水分减少量，一般这就足够了。

此外，按这样测定得到的耗水量，不仅是部分湿润区的特性值，还要注意它是整个田间已经全面均匀化了的耗水量。而且这种场合按照土壤水分减少法，有关测定点位置、测定时详细事项也都要以规范为依据。

温室栽培，是在没有降雨影响的情况下给水，使其形成部分湿润状态进行测定。可是按前述给水得到的土壤水分状态，对土壤面上和土壤深度方向是不一样的，因此，在这样的土壤水分环境下发育的根系，同其他灌溉方式的根系相比分布各异。因而按土壤水分测定方法，以耗水量的测定作为代表测点，以及用规范所示的测定位置作为代表测点，这样处理都未必可以。为此需要在正确把握吸水根平均分布的场所基础上进行测定。此外，这样做得到的值是湿润区的特性值，所以需要将此值在整个田间面上平均，作为规划上的耗水量。

滴灌法的耗水量，是以求出每月平均日耗水量为原则，而且在进行较细致的水分管理时，要把每茬作物划分为几个生长阶段，再确定各生长阶段的平均日耗水量。

〔参考〕

1. 甘蔗的蒸发蒸腾比

在奄美地区用土壤渗透仪测定的不同月分的甘蔗蒸发蒸腾比，列于表 3.2 (1)。

表 3.2 (1) 甘蔗各月蒸发蒸腾的测定例 (奄美地区土壤渗透仪)

试验区	调查年度	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	种植
滴灌试验区	1981 年	0.11	0.61	1.27	1.18	1.17	0.84	1981 年 2 月 27 日新植
	1982 年	0.19	0.68	1.21	0.98	0.76	0.99	1982 年 2 月 24 日株出
	1983 年	1.00	1.30	—	0.73	0.90	0.96	1983 年 3 月 11 日新植
	平均	0.77	0.86	1.24	0.96	0.94	0.93	
喷灌试验区	1981 年	0.63	0.14	1.14	1.50	0.89	1.20	1981 年 2 月 27 日新植
	1982 年	0.08	0.94	1.38	1.71	1.44	1.57	1982 年 2 月 24 日株出
	1983 年	0.82	1.33	—	0.90	1.07	1.17	1983 年 3 月 11 日新植
	平均	0.51	0.80	1.26	1.37	1.13	1.31	

(注) 5 月 6 月的值是冲绳本岛中部 (土壤渗透仪) 的值，1981 年度是 1980 年夏种植，1982 年度是当年春种植，1983 年度是出根后栽培的。

此外，构成滴灌试验区蒸发蒸腾比要素之一的耗水量，是整个田面上的平均值。

调查时间是在 1981~1983 年的灌溉期（5 月~10 月）进行的。灌溉期间甘蔗的叶面指数（叶面指数 = 作物全部叶面积 / 作物地表面积的投影）表示在 3 以上，相当于生长最盛期。与喷灌试验区比较，滴灌区的蒸发蒸腾比小 1~3 成，特别是在气象峰值的 7~9 月分，平均蒸发蒸腾量在喷灌试验区为 1.25，在滴灌试验区为 1.05，减少到喷灌试验区的 84%。可以推断，在滴灌试验区经过长时期产生的局部湿润区这一气象条件持续存在的缘故。

2. 各生长阶段的耗水量

联合国粮食及农业组织（FAO）以世界干旱地区为主要对象，把蔬菜和果树各生长阶段同气象要素进行组合，提供以前的灌溉方式所固有的蒸发蒸腾比。对应滴灌作物生长阶段要进行的水分管理规划，如果以此作参考也是很好的。

推荐公式（3.2.1）计算每一生长阶段各种作物的平均日蒸发蒸腾量：

$$ET = K_p \cdot K_c \cdot E_{pan} \quad (3.2.1)$$

式中 ET ——日蒸发蒸腾量（mm/d）

E_{pan} ——A 级皿式蒸发计（ $\phi 120\text{cm}$ ）的蒸发量（mm/d）

K_p ——蒸发计系数（受所设置的蒸发计周围相对湿度、气温及植被条件所左右）

K_c ——作物系数（由生长阶段、相对湿度、气温及风速等所左右）

（3.2.1）式中的 E_{pan} 是 A 级皿式蒸发计（ $\phi 120\text{cm}$ ）的蒸发量，不同于日本国内田间调查常使用的小型蒸发计（ $\phi 20\text{cm}$ ）的蒸发量。例如鹿儿岛气象台的 A 级皿式蒸发计蒸发量 E_{pan} （mm/d）与奄美地区的小型蒸发计蒸发量 E_{sp} 之间，在 1981~1984 年存在 $E_{pan} = 0.70E_{sp} - 0.17$ （相关系数 0.904）的关系，因此在其他地区需要先求 E_{pan} 与 E_{sp} 的关系。

〔黄瓜蒸发蒸腾比方法举例〕

以下是利用（3.2.1）式的计算例。在计算春种黄瓜的日蒸发蒸腾量时，一般 K_p 、 K_c 值如下：

① $K_p = 0.70 \sim 0.80$ ——A 级皿式蒸发计置于裸地，风速 $2 \sim 5\text{m/s}$ ，平均温度 70% 以上，A 级皿式蒸发计的来风方向 1~10m 以内没有遮掩物。

② K_c ——如图 3.2.（1）所示，将黄瓜一茬期间分作 4 个生长阶段，每个生长阶段近似一直线，连接起来作成作物系数曲线。相对于任一生长日数的作物系数 K_c ，可从作物曲线中读出。

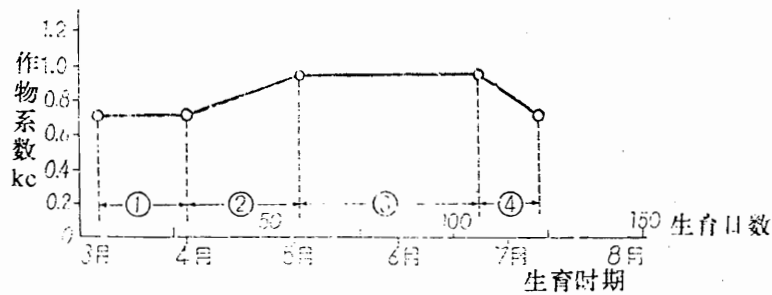
3.3 土壤的湿润类型和湿润宽度

土壤的湿润类型是由各滴头形成的湿润区相互形成的重合程度而定。

湿润宽度原则上由实测确定。

〔说明〕

1 个滴头形成的湿润区的大小因气象、土壤、作物及灌水因子而异。这些因子整理如



- ① 生育初期(播种后至定值): 25日
 ② 营养生长期: 35日
 ③ 生育最盛期: 50日
 ④ 生育后期: 20日
 生育日数 130日

图 3.2. (1) 春种黄瓜 (4月1日定植) 各生育阶段的作物系数 (据 FAO)

下:

- ① 气象因子 (降雨、气温、日照、蒸发量)
- ② 土壤因子 (土壤性质、初期含水量等)
- ③ 作物因子 (根群分布、蒸腾量、品种等)
- ④ 灌水因子 (灌水强度、灌水时间、滴头配置间隔)

以上因子中若①~③因子相同,湿润区形成模式主要由滴头配置间隔决定:配置间隔密则成带状分布,疏则成独立圆分布。用水规划上,是按带状分布对待,还是按独立圆分布对待,这要由滴头形成的湿润区相互重叠的程度来确定。如图 3.3. (1) 所示的那样,重合程度 (C/D) 在 20%以上为带状分布,不足 20%的场合按独立圆分布对待。

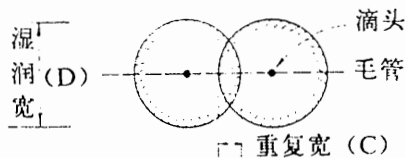


图 3.3. (1) 湿润圆相互的重复关系

田间的湿润面积占全部面积的比例,即湿润面积率 P 按以下计算 (图 3.3. (2))。

并且在决定湿润宽度时,原则上由实测确定,实测有困难的地方,可采用附近类似地区的值。

- ① 带状分布 (滴头配置间隔密的场合)

$$P = (D \times L \times \text{毛管根数} / \text{田间面积})$$

- ② 独立圆分布 (滴头配置间隔疏的场合)

$$P = (\pi D^2 / 4 \times \text{滴头数}) / \text{田间面积}$$

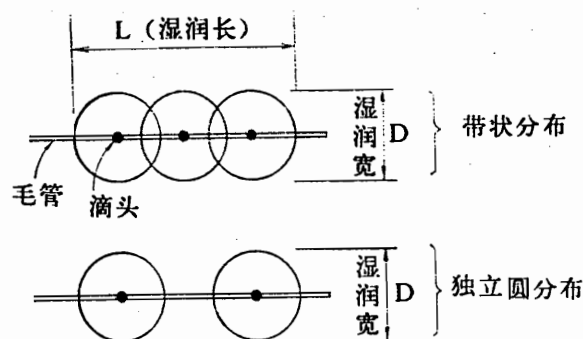


图 3.3. (2) 湿润区面积计算图

〔参考〕

(1) 湿润宽度的实测方法

如图 3.3 (3) 所示, 从滴出点到水分消耗边界 (一般为 $L/2$), 在土壤面方向间隔 $\Delta X = 10\text{cm}$, 深度方向间隔 $\Delta Z = 10\text{cm}$, 进行分割, 然后测定各分割区的含水量。测定时注意事项如下:

- ①在最大耗水量期间, 需在植被条件及无降雨条件下, 土壤充分干燥状态时进行测定。
- ②靠滴灌设施给水时, 相当于实际灌溉时间的灌水程度, 要尽可能慢慢地长时间地进行给水。
- ③灌水定额是: 相当于规划灌水量的换算后湿润层含水量 TRAM 除以适用效率, 再乘以试验场 (包括非湿润区) 的全面积。构成换算后湿润层含水量 TRAM 的项目中, DTRAM 按 (3.4.1) 式求得, 湿润面积率 P 按图 (2) 湿润宽度的标准值确定。
- ④从给水结束起进行连续测定, 将其结果作为土壤含水量进行整理, 在湿润范围最大的时刻确定湿润宽度 (参照图 3.3. (4))。

(2) 湿润宽度的目标值

下面给出各种土壤湿润宽度的标准值供参考。

①一般土类

砂土及砂壤土 30cm 壤土 40cm 粘质壤土及粘土 50cm

②西南诸岛湿润宽度的测定实例 (表 3.3. (1))

表 3.3. (1) 南西诸岛湿润宽度实测例

土壤	灌水定额 mm	湿润宽度 cm	备注
石灰岩风化土	10~17	60~90	奄美地区
	55~70	100~120	
疏石灰岩岛尻岩土	15~30	60~100	冲绳本岛中部

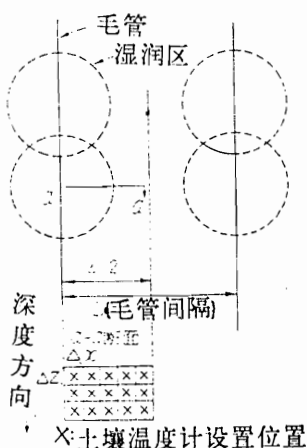


图 3.3. (3) 湿润宽度实测

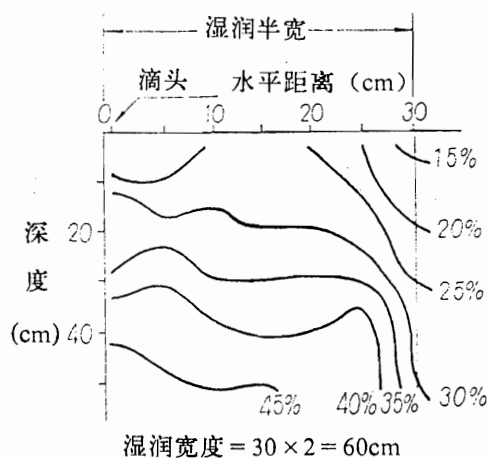


图 3.3 (4) 奄美地区湿润宽度测定例

3.4 灌水定额和轮灌期

按照灌溉地区的作物、农业经营及设施规模，恰当确定灌水定额和轮灌期。

〔说明〕

1. 滴灌湿润区含水量 (DTRAM)

传统法的旱地灌溉湿润层含水量 (TRAM) 的计算式和滴灌法的 DTRAM 的计算式比较如下：

$$\begin{aligned}
 \text{TRAM} &= (fc - M_L) \cdot D \times \frac{1}{C_p} \\
 \text{DTRAM} &= (fc - Q_I) \cdot D \times \frac{1}{C_p} \\
 &= \frac{fc - Q_I}{fc - M_L} (fc - M_L) \cdot D \times \frac{1}{C_p} \\
 &= \frac{fc - Q_I}{fc - M_L} \times \text{TRAM} \\
 &= (1 - Cr) \times \text{TRAM}
 \end{aligned} \tag{3.4.1}$$

式中 C_p ——土壤水分消耗型值 (%)

fc ——24 小时含水量 (田间持水量, 容积比)

M_L ——生长受阻含水量 (容积比)

Q_I ——滴灌法灌水点含水量 (容积比)

Cr ——好水分作物系数 (参照 (3.1.1) 式)

D——限制土层（计划湿润层）厚度（mm）

DTRAM 是把 TRAM 计算中生长受阻含水量换成任意灌水点的含水量，计算时根据测定求出传统法的 TRAM，再乘以（1-Cr）即可。

2. 计划轮灌期

由 DTRAM 求换算后湿润层含水量 TRAM 需按下式进行。

$$\text{换算后湿润层含水量 TRAM} = \text{DTRAM} \times P$$

式中 P——湿润面积率。

接着由下式求计划轮灌期

$$\text{计划轮灌期} = \frac{\text{换算后湿润层含水量 TRAM}}{\text{计划最大日耗水量}}$$

此外，计划轮灌期大于 1 的时，小数点以下部分舍去，不足 1 的时，看作连日灌溉。

3. 计划灌水定额

计划灌水定额，是每一不同灌水期间的计划轮灌期乘以计划日耗水量后求得，而且把乘以计划最大日耗水量的称作计划最大灌水定额。

〔参考〕

不耐干旱、灌水效果明显的作物种类有芋头、生姜、甜瓜、黄瓜等。一般保护地栽培的作物多为好水性作物。另外，也有耐干旱、灌水效果不明显的作物，例如牛蒡、马铃薯、花生、甘薯等。

根据以往的研究，温室栽培作物的灌水点 pF 值建议小于 3.0 为宜，例如茄子、西红柿 pF2.7，芹菜、莴苣 pF2.5，柿子椒、黄瓜 pF2.3。采用上述灌水点可获得最高产量。将这些灌水点的 pF 值代入（3.1.1）式，可求出各调查地区每种土壤好水性作物系数 Cr 列于表 3.4.（1）。

表 3.4.（1） 作物的好水分作物系数（Cr）

作物名	灌水点 pF 值	试验区土壤	好水分作物系数
黄瓜 柿子椒	pF2.3	A	0.32
		B	0.15
		C	0.16
芹菜 莴苣	pF2.5	A	0.22
		B	0.10
		C	0.10
茄子 西红柿	pF2.7	A	0.10
		B	0.08
		C	0.06
牛蒡 马铃薯 花生 甘薯 其他	pF3.0	A	0.0
		B	0.0
		C	0.0

(注) 1. A: 奄美(石灰岩风化土)

B: 冲绳本岛中部(硫球石灰岩、岛尻岩土)

C: 宫古(硫球石灰岩、岛尻岩土)

2. 欧美设计指导书, 例如CRC手册等, 多将pF值的上限作为永久凋萎点, 即pF4.2来定义好水性作物系数 C_r , 对此日本采用 pF 的上限为 pF3.0 定义 C_r , 因此在比较日本 C_r 与欧美设计指导书中的 C_r 时, 需要留意这一点。

3.5 多目的用水量

滴灌设施除能补给水分之外, 还有多种用途。在进行多目的综合利用的情况下, 所需水量和需要时间都因使用目的不同有很大差异, 所以要在考虑这一点以后进行用水规划和设施规划。

〔说明〕

近年, 旱地灌溉设施费逐年增加, 水价也上涨, 因此有必要积极开拓灌溉设施的多目的综合利用。滴灌设施除补给水分, 还能在栽培管理的合理化、管理作业的省力化等加以利用。把滴灌设施作为补水以外多种用途的使用设施, 这才能充分利用设施并取得事业的更佳效果。

1. 播种, 定植

滴灌不会因水滴落下的能量造成土壤表面的硬化作用, 所以与传统的灌溉相比, 发芽率和成活率增大。该用水量超过水分补给的用水量很少, 为使土壤表面尽可能保持湿润状态, 灌水强度要小, 而灌水时间要长。

2. 施肥

施肥是将液肥(氮、磷酸、钾、微量元素)混入灌溉水中加以利用。在进行补水灌溉时, 最好就把液肥混入, 所以不需要专门考虑施肥用水量。可是适当的养分不足时, 或集中施用, 作为追肥来说, 需要有个液肥的施用规划。该用水量要在考虑施用液肥的浓度以后决定。

3. 地温调节

滴灌也能调节土层内的温度环境, 促进作物生长。这种场合, 滴灌法的特征即少量而频繁地灌溉, 更能发挥调节地温的效果。一般以不超过灌溉用水量, 加长灌水时间这一点是重要的。

4. 土壤消毒

将防治土壤病虫害的药液混入水中施用。因为深层渗透损失少, 所以施用较少药量即可。一般药量不渗入到湿润区以外。该用水量很少有超过灌溉用水量的。

5. 杂草防治

因土壤的湿润区受到限制, 所以在温室栽培等无降雨条件下, 湿润区以外的杂草生长自然受到限制。为防治湿润区内杂草, 将除草剂混入灌溉水。该用水量很少有超过灌溉用水量的。

6. 淋洗、土壤改良

灌溉水或土壤含有盐类时, 灌溉的同时, 盐类也在积聚。为避免盐类积聚, 将蒸发蒸

腾量的 $1/10$ 加到灌水量中进行灌水，需要经常进行淋洗。而且在温室等保护地作物栽培时期，需要预先考虑土壤改良所需要的水量。

3.6 计划用水量的确定

考虑到滴灌特征，再决定适用效率、灌溉效率、有效雨量等，然后求毛灌水量、定期用水量，以作为水源水量及水源规划的基础资料。

〔说明〕

1. 灌溉效率等

将滴灌的灌水效率、输水损失率、灌溉效率列于表 3.6. (1)。对滴灌来说，从配置在田间的毛管滴出的流量变化很小，因此，滴灌法的效率一直比以前任何一种传统法的效率要大。而且滴出流量的均匀性可参照“第 5 章滴灌设施的水力设计”

2. 灌水量

用表 3.6. (1) 的效率和最大计划日耗水量，求各种灌水量，这些是决定设施容量的根据。

表 3.6. (1) 灌溉效率

区分	灌水效率	输水损失率	灌溉效率
滴灌	95%以上	5~10%	85~95%

① 净灌水量 = (最大计划日耗水量) × (轮灌期)

② 田间灌水量 = (净灌水量) / (灌水效率)

③ 毛灌水量 = (净灌水量) / (灌水效率)

3. 用水量

整个地区必要的定期用水量如下：

① 净用水量 = (计划日耗水量) × [灌溉面积 (包含非湿润区)]

计算水源水的定期 (如季节) 变化时，要考虑 4 中所述的有效雨量后，进行日计算。

② 毛用水量 = (净用水量) / (灌溉效率)

此外，考虑多目的用水量时，将多目的用水量加入规划日耗水量后求净用水量和毛用水量。

4. 有效雨量

有效雨量的算法如下：

① 降雨量 R 乘以 0.80

$0.80R$ ($R < 5\text{mm}$ 时, $R = 0$)

② 有效雨量的上限值 R_0 是从 DTRAM 减去降雨前 DTRAM 内的水分保持量 (只是超过灌水点含水量以上的那部分含水量) 算出。

$$R_0 = (\text{DTRAM} - \text{降雨前 DTRAM 内的水分保持量})$$

③有效率的决定

(1) $R_0 > 0.8R$ 时, 有效雨量 = $0.80R$

(2) $R_0 < 0.80R$ 时, 有效雨量 = R_0

5.水源

自然界的水资源有河水、地下水、水库等。作为旱地灌溉的水源, 比较经济的是利用河水。可是供水田用的许多河水已经枯竭。因而新规定的水资源大多要靠新建的抽取地下水的建筑物或修建水库进行开发。

有关滴灌水源的特征可列举如下: ①需要水量可少于传统的灌溉需水量。②使用水压较低。③但水质要好。与此有关的就是要设置过滤装置, 适应这一点是可能的, 因此新规定的水源开发, 比引进其他灌溉方式容易。

〔参考〕

1.灌水效率 E_a

灌水效率是田间灌溉水量中贮留在根群区被作物有效利用的水量的比例, 确定损失水量之后才能确定。

在确定喷灌灌水效率时, 损失水量的构成包括: ①喷射水滴的飞逸、蒸发、叶片附着; ②喷水分布的不均匀性。损失水量①是从喷嘴喷射出的水滴在到达地面失去的水量。滴灌的灌水方式是: 田间灌水量全部到达土壤, 因此相当于①的损失水量, 可不予考虑。因而只考虑相当于②的损失量即可。即使是滴灌, 由于滴头制品有误差, 作用各滴头的水压也有所差别, 所以各滴头的流量未必一定相同。可是如同“第5章滴灌设施的水力计算”那样, 如果进行适当的水力学设计, 各滴头流出水量的变动系数 Q_{cv} 能控制在 0.10 以内, 进行较高均匀度的灌溉是可能的。

一般, 配置的滴头个数足够多, 所以滴头的出流量如按大小顺序排列, 可以看出: 出流量的分布是正态分布。这种场合的灌水效率 E_a 和滴头出流量的变动系数 Q_{cv} 成为如下关系:

$$E_a = 1 - 0.40Q_{cv}$$

本指南 Q_{cv} 设计成 0.10 以内, 所以 E_a 在 95%-100% 范围内, 设计者是可以任意决定的。

2.日用水量计算例

(各项说明) 滴灌湿润层含水量 $DTRAM = 40\text{mm}$ 湿润面积比 $P = 0.375$ 换算后湿润层含水量 $TRAM = DTRAM \times P = 15\text{mm}$ 日耗水量 = 5mm 轮灌期 = 3 日

3.滴灌和喷灌在灌水量、有效雨量方面的比较

以滴灌试验地得到的各项数据为条件, 以干旱年(有效降雨量的重现期 13.8 年)及平水年(重现期 1.7~1.3 年)为对象, 进行有关灌水量的模拟, 据此得到灌水量和有效水量(见表 3.6.(3))。

由此, 用滴灌对换算后湿润层含水量 $TRAM$, 进行少量频繁灌溉时, 滴灌与喷灌模拟对象年的总灌水量之比达到 (60~70) : 100, 可是灌溉后接着就降雨, 在那些降雨频繁的规划地区未必成为这样的比值。

表 3.6. (2) 日用水量计算例

日 单位 (mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
降雨量					45								10	15					
有效雨量					30								8	12					
灌水量	15			15			0			0			7			3			15
耗水量	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
残存含水量	10	5	0	10	35	30	25	20	15	10	5	0	10	17	12	10	5	0	10
DATRAM 内空缺容量	30	35	40	30	5	10	15	20	25	30	35	40	30	23	28	30	35	40	30

表 3.6 (3) 滴灌和喷灌的灌水量及有效雨量 (例)

灌溉方式		滴灌	喷灌
灌水点含水量		pF3.0	pF3.0
换算后湿润层含水量 TRAM (mm)		15	—
TRAM (mm)		—	30
湿润面积率 P (%)		50	(100)
轮灌期 (日)		3	6
干旱年 (重现期 13.8 年 1978 年)	①	584.9	375.3
	②	481.6	704.0
	③	68.4	100
平水年 (重现期 1.7 年 1975 年)	①	692.0	468.1
	②	374.5	611.1
	③	61.3	100
平水年 (重现期 1.3 年 1970 年)	①	710.9	498.6
	②	357.0	582.7
	③	61.3	100

(注)①总有效雨量 (mm)

②总灌水量 (mm)

③设喷灌总灌水量为 100 时的滴灌值

参考文献 (略)

第四章 滴灌设施的组成

4.1 设施组成的要点

用水设施和末端设施的配置、组成是否适当，影响到田间灌水作业的容易程度和农业经营用水的安置，所以规划时应在考虑上述情况的基础上，决定设施的配置和构成。

〔说明〕

1. 用水设施的方案和特征

用水设施方案可分成如下 6 种（参照图 4.1（1））

- ① 水源→扬水泵→田间蓄水池→加压泵→压力槽→末端田间（①型）
- ② 水源→扬水泵→田间蓄水池→（自压）→末端田间（②型）
- ③ 水源→（自流）→田间蓄水池→加压泵→压力槽→末端田间（③型）
- ④ 水源→（自流）→田间蓄水池→（自压）→末端田间（④型）
- ⑤ 水源→加压泵→压力槽→末端田间（⑤型）
- ⑥ 水源→（自压）→末端田间（⑥型）

上述 6 种设施配置中，①、②、③、④设施配置用在规模比较大的用水设施系统，⑤、⑥设施配置用在小规模的设施系统。

一般，在现场多愿采用④型和②型设施配置。与此相对的①、③型那种在田间蓄水池的下游处备有加压泵的设施配置，难以充分利用。特别是在送配电时间受到限制，电力情况紧张的地区，这种倾向更明显。

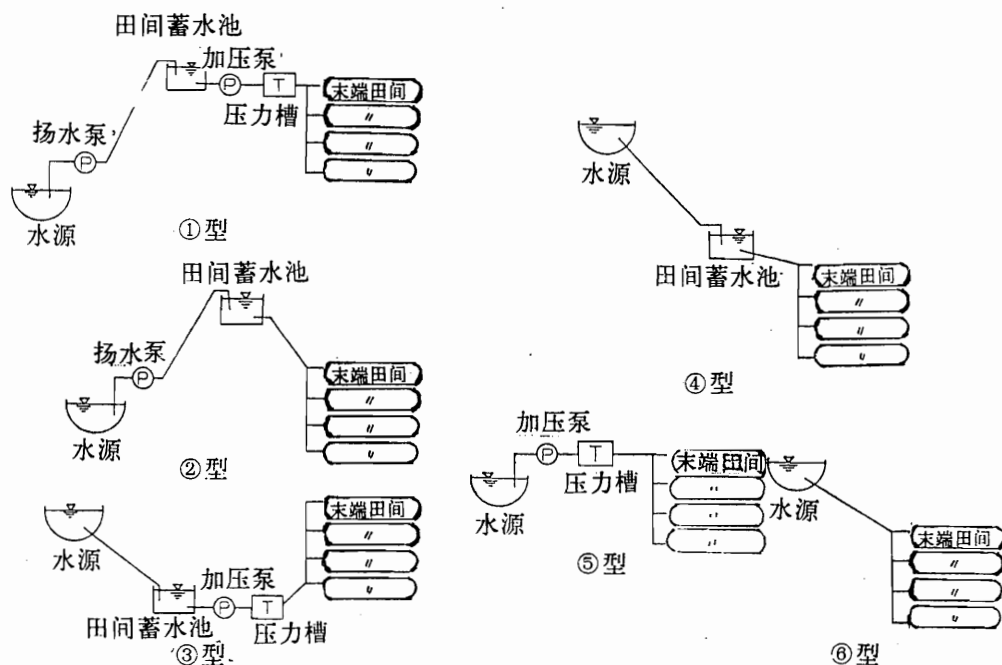


图 4.1. (1) 用水设施的配置

再者,①型设施配置,在田间蓄水池上游也配备扬水泵,这样扬水泵和加压泵要在系统中联合操作,这是比较难的。当田间蓄水池容量较小时,蓄水池下游管道由于吸进空气而容易产生障碍。为避免这种问题,田间蓄水池容量要足够大,或者有必要采用一种办法,使扬水泵运转与加压泵操作同步进行。

在田间,为了以简便的操作就能利用水,最好能像②、④型那样,田间蓄水池的下游为自压的管路设施配置。特别是④型,从水源到田间蓄水池也是以自流方式输送用水,所以流出成本也低,是有利的。在水源位置高程受限制的情况下,可采用次好的②型。

⑤型及⑥型设施布置在有些地方也能见到,这类方式多用在团体经营或个人的小规模系统中。

2.末端设施的配置

作为末端管道的基本型式如图 4.1 (2) 所示,有叉型(非对称)、鱼骨型、梳齿型。从田间作业观点看,叉型配置好。若垄太长用叉型配置,由“5.1 水力设计要点”所表示的滴头不能确保流出水量的均匀性($Q_{cv} < 0.1$ 时)时,可用鱼骨型配置满足流出水量均匀性这一要求。在倾斜的田间,采用向上倾斜与向下倾斜非对称的鱼骨型配置是有效的。



图 4.1. (2) 末端设施的配置

4.2 管路系统

滴灌设施的管理系统是由配水干管、支管及毛管组成。在配水干管与支管的连接位置上,一般配备末端控制装置。

〔说明〕

1.管路系统的组成与分类

管路系统一般组成和分类如图 4.2 (1) 所示。

2.配水干管

配水干管是从水源供水到支管的管路,是埋设地下的固定设施,一般采用聚乙烯管,

也有用钢管、韧性铸铁管、强化塑料复合管等。

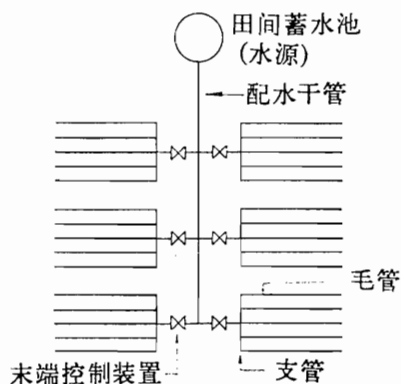


图 4.2. (1) 管路系统的构成与区分

3.支管

支管是向毛管供水的管，置于地下或地表。采用氯乙烯管或硬质聚乙烯管。在支管与干管的连接位置配备末端控制装置。

4.毛管

毛管是最终向灌溉器即滴头供水的管路，多设在地表，采用直径 13~19mm 的聚乙烯管或氯乙烯管，而且是耐久性的管材。可是也有只用一茬或至多用数茬为目标的材质。像双壁管或湿润管、多孔管那样的毛管也兼有滴头的机能（参照 4.4 滴头）。此外，用复盖栽培方式，毛管布置在复盖的下面。

5.滴头的安装方法

滴头的安装类型（参照 4.4 滴头），大多与毛管管壁成直角插入。这种情况，有的将竖管立在毛管上，也有的从毛管取出套管再装上滴头。这些被称作管上型。再有称作管内型的，切开毛管以后可看到连接的滴头。

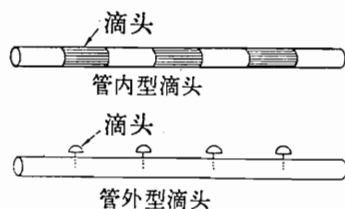


图 4.2 (2) 滴头安装方法

6.支管与毛管的连接方法

支管与毛管的连接方法示于图 4.2 (3)。一般是氯乙烯管和聚乙烯管的连接，或是硬质聚乙烯管的连接。此外，毛管的下游端，为清洗管内希望有可靠又简单的止水处理。对此可采用简单的止水栓或用金属丝重叠绑扎等方法。此外，也有安装排水阀、冲洗阀等。为了吸收毛管的膨胀或收缩，需要将毛管的下游端同固定桩用橡胶或弹簧连接。

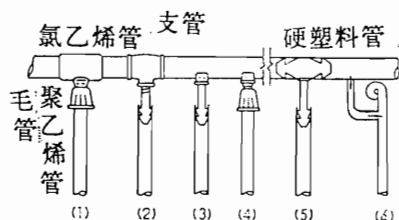


图 4.2. (3) 支管同毛管的连接方法

〔参考〕

末端器材的材质、性能

过滤器、毛管、滴头等末端器材的使用年限、性能，对维护管理、灌溉均匀度等有很大影响，所以在选择末端器材时要根据下列制造厂家的实验资料、保证书、或公共机关的试验结果进行。

① 材质试验（过滤器、毛管、滴头等）

② 耐候性试验（毛管）

③ 水力性能试验（毛管、滴头）

特别是毛管，因多半置于地表，所以要考虑紫外线、机械撞击、动物损伤、水温等影响之后才能选定。

4.3 末端控制装置

末端控制装置，是为操作和控制由支管和若干毛管组成的灌水田块所用的各种器材的复合体。在充分考虑滴灌设施的使用条件和目的后，研讨如何充分发挥这些器材的功能。

特别是有关防止堵塞的除尘装置，要充分研讨。

〔说明〕

1. 末端控制装置的功能

在滴灌设施中，要按照预先确定的轮灌顺序，因而所操作的各构成单位，都需要有各自的末端控制装置。一般滴灌田块（参照 6.2 轮灌田块及滴灌田块）是组成的基本单位，最低一处的末端控制装置是必要的。可是随着灌溉操作精度、多目的利用或者自动化程度的提高，末端控制装置的功能也有在轮灌田块内分散配置的，甚至在滴灌田块内分散配置。

末端控制装置是各种器材的复合体，基本上是控制流量和水压，根据水质要求最终是过滤灌溉水的装置。再有，为多目的利用的药液混入装置，或者为自动化而安装的器材，这类情况也很多。这些都应该配置在易于管理和能够操作的位置。

2. 末端控制装置的器材组成

末端控制装置由以下器材组成：

① 给水阀：从干管向支管开始通水或停止通水时使用。距阀门很近的下游处如果安装水龙头，这对液肥的稀释、过滤器的冲洗等是很方便的。此外，在末端控制装置处通常装有阀门。

② 稳压阀：在陡坡地设在支管与各毛管连接位置。在平坦和缓坡地设在干管与支管的

连接位置。

③逆止阀：多目的综合利用场合，用以防止混有肥料或农药的水逆流到上游水源。

④空气阀：通水停止时可防止毛管内产生负压而导致滴头堵塞（负压是堵塞原因之一）。

⑤流量计：

⑥压力计

⑦除尘装置（过滤器）

⑧为多目的利用的药液混入装置

⑨用于自动化的电磁阀、自动切换阀

末端装置的各种器材配置列于图 4.3 (1)。根据滴灌设施的使用目的和自动化程度不同，可适当地配置末端控制装置的组成器材。

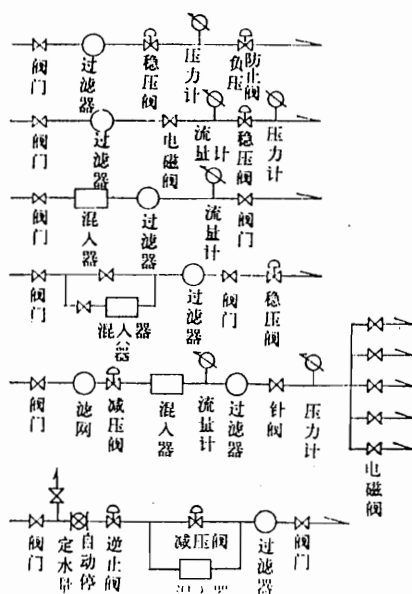


图 4.3 (1) 末端控制装置的各种器材的配置例

3.除尘装置

作为机械除尘装置，有沉砂池、栏污栅、除尘器、过滤器、滤网。这些都应按段落配置。对田间蓄水池以后，以除尘器、过滤器、滤网为主。

(1) 除尘器

除尘器的构造是根据离心力和涡流原理，在水中浮游的较重物质，从水中分离聚集后随少量水被排出。

(2) 过滤器与滤网

过滤器与滤网是最终阶段的除尘装置。除尘方法是使灌溉水通过砂纤维、金属网等多孔物质的滤材，借此除去浮游物质。在过滤器里，与流动方向成直角，将滤材充填某个厚

度。砂过滤器是其代表性的过滤器。滤网一般是双层管构造，内层管是用金属网滤材制成。因此灌溉水从内层管通向外层管时，除去浮游物质、水中生物、凝胶体、胶体状等有机物。可是金属网一但变形，就有上述物质漏过去的危险。

①砂过滤器的粒径和滤网的网眼：由使用的滴头口径决定所需要的砂过滤器的粒径和滤网的网眼。一般需要网眼和砂粒径是滴头直径的 1 / 4。再者，也应由去除的物质来决定所需网眼和砂的粒径。表 4.3. (1) 中网眼的号数 (Z) 是截断金属网 (过滤器) 的 1 寸长度内金属丝的根数。Z 值越大金属网眼越小，即越能去除小颗粒物质。可以推算，金属网眼直径是 15 / Zmm。

表 4.3. (1) 除去土壤粒子的网眼及砂的粒径

名称	粒径 (mm)	网眼号 (Z)	砂过滤器的砂的粒径
粗砂	2.00-1.00	10-18	除去土壤粒子的约 1 / 10 的粒径
中砂	1.00-0.50	18-35	
细砂	0.50-0.25	35-60	
微砂	0.25-0.10	60-160	
淤泥	0.10-0.05	160-270	
粘土	0.05-0.002	270-400	
	0.002 以下	-	

②砂过滤器：滤料主要是碎花岗岩或硅土，粒径从 0.2、0.3mm 至 2mm，或超过 2mm 的也有。过滤容量、过滤能力的伸缩余地较大。过滤容量主要取决于过滤器材料的数量、规模的大小。过滤能力取决于滤料的粒径和滤料的厚度以及通过的水量。

砂过滤操作简单，去除浮游物质是极有效的，可是难以去除非常细小的物质。此外，水流还能向相反的方向流动 (冲洗槽)，因此可进行清洗。

③多孔物质过滤器：这是用多孔物质作滤料。一般与砂过滤器相比是更轻量、小型，处理简单。与砂过滤器相比，因滤料薄，在滤料前后压差若变大，那么附着在滤料上的物质就有通过滤料的危险，因此需要对滤料厚度作充分的研讨。

④滤网：滤网的目的与过滤器相类似。滤网的材料为金属网、纸纤维、玻璃纤维等范围广泛。过滤能力取决于滤料厚度和材质，所以要充分研讨其功能。

滤料前后的压差一旦变大，附着在滤料上的物质可能有通过的危险，所以滤网的配置如何与过滤器搭配有必要进行研究。

穴面积 (有孔面积) 相对于滤料表面积的百分数是 25~40%，以 35% 为标准。希望有孔面积是安装的管断面积的 2 倍以上。滤网的网眼大多采用 80~20 目。

〔参考〕

灌溉水过滤效果的调查结果如表 4.3. (2) 所示。由于灌溉水通过过滤器，悬浮物质 SS 浓度极低。这样，末端控制装置中过滤器所起的作用很重要，所以必须对过滤器的维护管理给予最大的关注。

表 4.3. (2) 灌溉水过滤效果 (奄美地区) 单位: ppm

年 月 日	pH	电导率 ms / cm	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Cl ⁻	SS	备 注
1981.2.8	6.8	0.09	23	3.0	2.2	3.2	15	
1981.4.22	7.4	0.08	125	4.3	3.2	4.6	36	过滤前
	7.5	0.10	121	4.0	3.0	4.5	8	过滤后
1981.7.10	7.0	0.42	65	7.2	2.6	5.0	19	河川水(水源)
1981.9.28	7.0	0.44	82	8.8	2.0	8.0	13	河川水(水源)
1982.7.26	5.9	0.26	13	4.6	4.6	5.2	113	过滤前
	6.0	0.25	11	4.3	4.3	5.2	24	过滤后
1982.8.23	6.0	0.30	14	4.8	4.6	5.0	121	过滤前
	6.0	0.24	13	4.6	4.4	5.0	26	过滤后
1982.10.22	6.2	0.14	14	4.6	4.6	5.1	95	过滤前
	6.2	0.08	12	4.4	4.3	5.1	25	过滤后
1983.6.1	7.9	0.12	-	2.7	1.9	-	4	池(水源)
	7.5	0.19	-	1.4	2.4	-	3	过滤前
1983.11.2	6.3	0.13	1	1.8	0.8	-	3	池(水源)
	6.4	0.14	2	2.0	1.1	-	2	过滤前
	6.4	0.14	-	2.0	1.1	-	4	过滤后
	6.3	0.13	2	2.0	1.1	-	2	过滤后(更换后)

(宫古, 具志川地区)

单位: ppm

年 月 日	pH	电导率 ms / cm	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SS	T-N	备 注
1980.12.12	8.1	0.34	70	5.0	1.8	22.4	3.1	-	4.1	宫古
1982.10.13	8.7	-	48	3.3	1.4	19.4	34.5	3	4.7	具志川
1983.12.21	7.9	0.36	67	2.2	12.0	-	-	3	-	过滤前(宫古)
	7.8	0.34	60	2.2	12.0	-	-	2	-	过滤后

4.4 滴头

滴头是滴灌特征的最重要的构成要素, 各种方式的滴头已经开发。在充分把握这些特征的基础上选择适当的滴头。

〔说明〕

滴灌用的滴头大致分为安装型(管嘴型、孔口型)及一体化型(双壁管)。

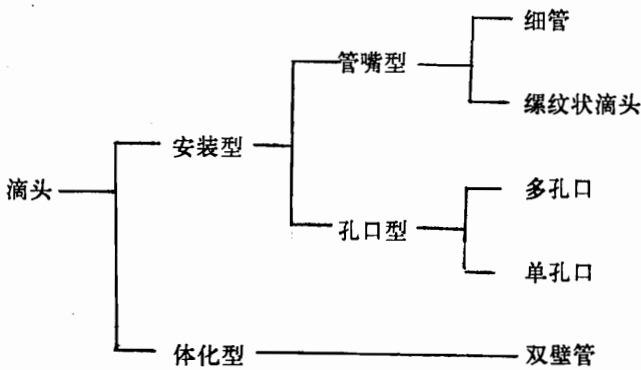
不论那一种滴头都要具备两种功能: ①消减毛管压力, 用较小的灌溉强度就连续地把一定量的水供给滴出点的土壤; ②滴出流量不受作用在滴头上的水压变化的影响。

为了表现这些功能, 对管嘴型滴头利用了细管内的流动摩擦损失。对孔口型滴头利用

了孔口突然扩大产生的能量损失。对双壁管是在毛管内壁设置分配孔，在毛管外壁设滴出孔，这些孔具有孔口功能消减压力（参照图 5.3. (1)）。

〔参考〕

现在大范围使用的滴头型式，一般分类如下：



细管是把内径 0.5 至数毫米，长度 1 至数十厘米的细管接在毛管上，在进行滴灌时是靠调节细管的长度来进行流量的调整。

螺旋状滴头，是利用阴阳螺纹共同产生的细孔中流动的摩擦损失而消减压力的装置。可以把螺旋状滴头看成是由细管重复卷绕而成的，因而装置外观上，不需要像细管那样的长度，成为很紧凑的形状（见图 4.4. (1)）。

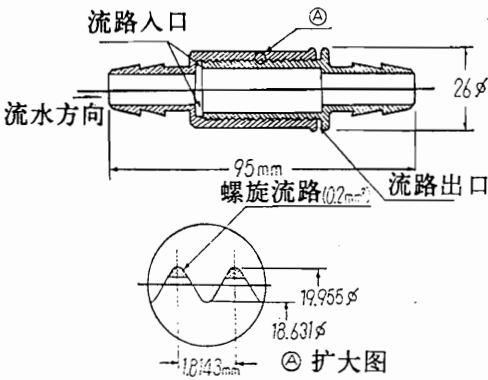


图 4.4. (1) 螺旋状滴头一例

多孔口，是在套管内的壁上穿多个孔口。

单孔口，是在套管内穿单孔，在内侧有一氯丁橡胶制的阀，相应毛管内压的变化，孔口的开口面积有所变化。这种结构参见图 4.4. (2)。

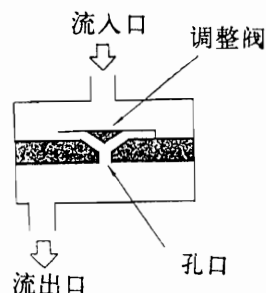


图 4.4. (2) 单孔口型滴头一例

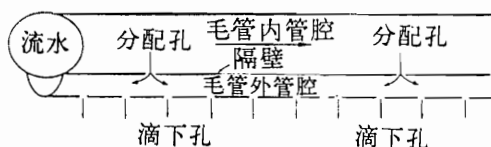


图 4.4. (3) 双壁管水的流动

双壁管；如图 4.4. (3) 所示，灌溉水从毛管的 1 次流道（内管）通过分配孔进入 2 次流道（外管）得到减压，进而通过滴出孔口再次减压滴出而进入田间。这种场合的分配孔和滴出孔，对流动来说都起孔口作用。在倾斜田间，将分配孔支配的毛管的 2 次流道长度适当地分段，以此能减少二次流道内因地形变化引起的压力不同，使各滴出孔的流量均匀化。

现在日本市场出售的双壁管其性能指标示于表 4.4. (1)，可供参考。

表 4.4. (1) 推荐压力与滴下流量（双壁管）

器种	推荐压力 (kg/cm ²)	滴下流量 (l/min/m)	备 注
I	0.1~0.7	0.2~0.6	用一茬即舍弃 用一茬即舍弃
II	0.2~1.2	0.04~0.24	
III	0.25~0.40	0.06~0.10	
IV	0.3~1.5	0.09~0.20	
V	0.14~0.56	0.01~0.08	
VI	0.3~1.5	0.09~0.18	
VII	0.3~1.5	0.23~0.63	

4.5 液肥施入装置（多目的利用器材）

有关液肥的施入装置，是在对田间的集散状况和规模、作物、作物体系、作业体系等充分研究的基础上，确定施入方式和施入原理。

〔说明〕

1. 施入方式

混入方式有：灌溉单元（首部）施入方式、轮灌田块施入方式、滴灌田块施入方式。

灌溉单元施入方式是在单一作物的大规模种植区，适用于地形条件、农业经营形态、作业体系都一致的场所。

轮灌田块施入方式适用于：即使在大规模的种植区，也要把田间分成数公顷为单位的场合；种植区的作物组成涉及到多方面农业形态和作业体系时，适合于集数十公顷为一田块。

滴灌田块施入方式适用于：像高级蔬菜的集约化栽培那样，以个别经营为主的农业经营型态和作业体系。这种场合的药液混入装置成为末端控制装置的一部分。

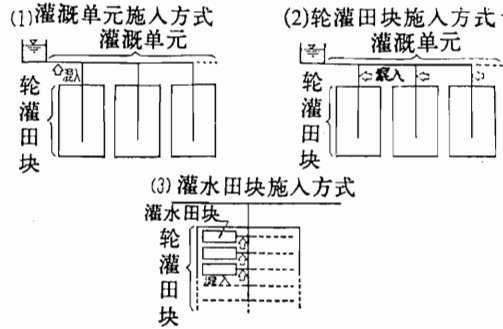


图 4.5. (1) 液肥施入方式

2.施入原理

液肥的施入原理，基本上是利用灌溉水的流量和水压与液肥的流量和水压成正比，使二者成一定比例混合。

(1) 全量稀释注入方式

是在贮留槽中制作预定稀释浓度的溶液注入管中施用的方法。

(2) 流量比例方式

使灌溉用干管（配管）与液肥流入干管断面积之比，同稀释倍数成比例，灌溉管收缩段上游同液肥压力相等，收缩段下游则出现压差，液肥注入灌溉管的多少与该压差成正比。这种液肥槽需是密封型，需同管道系统有相同的内压。从大规模到中小规模都有，对管内流量的适用范围是很广泛的（图 4.5. (2)）。

(3) 利用压差方式

将灌溉水和液肥二者的流量由孔口以压差形式控制，经调整使二者的压差经常相等，二者干管的断面积比与稀释倍数一致而将液肥混和。对比较大的管内流量采用这种方式（图 4.5. (3)）。

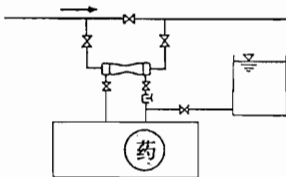


图 4.5. (2) 流量比例方式

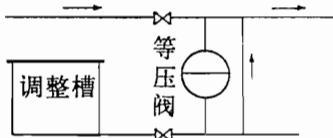


图 4.5. (3) 差压利用方式

(4) 流量调整方式

测定灌溉水和液肥流量的同时，调整两者的流量比成为所要求的稀释比进行混和。对比较大的管内流量采用这种方式。

(5) 利用流量方式

用流量计测定灌溉水流量的同时，将流量作为回转动力，驱动液肥管路送液泵进行施肥。此法适用于管内流量范围较大的情况。

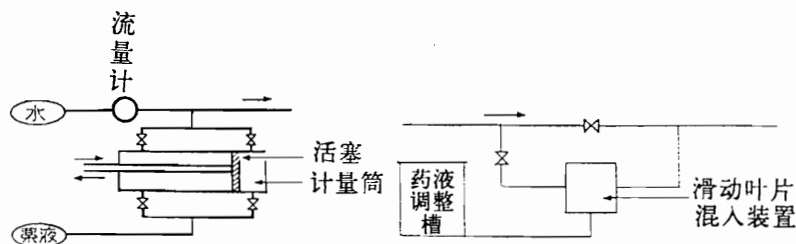


图 4.5. (4) 流量调整方式

图 4.5. (5) 流量利用方式

(6) 加压泵注入方式

用转轮泵、齿轮泵、活塞泵将液肥注入管路进行混和。此法适用于管内流量范围较大的情况。

3. 液肥施入流量

液肥施入流量 (q_f) 可由 (4.5.1) 式确定:

$$q_f = \frac{FA}{CRT} \quad (4.5.1)$$

式中 q_f ——液肥施入流量 (l/h)

F ——单位面积的施用量 (kg/ha)

A ——一次施用面积 (ha)

C ——贮液槽中液肥浓度 (kg/l)

T ——一次灌水时间或施用作业时间 (h)

R ——相对于灌溉时间的施入时间比，因而 RT 是一次施入时间。

(4.5.1) 式中，相对于灌溉时间的施入时间比是特别重要的。液肥施入后，管路内必须用水清洗。这种清洗作业可指定在灌溉后一半时间里进行。因此，施入时间要比灌溉时间短。可是太短的施入时间，势必要用较高的液肥浓度和过度的清洗。一般 R 值在 0.75 ~ 0.80 是适当的。

4. 贮液槽容量

贮液槽容量 (V) 一般取决于一次施用面积、每单位面积的施用量、贮液槽内液肥浓度:

$$V = \frac{FA}{C} \quad (4.5.2)$$

式中 V ——贮液槽容量 (l)

F ——单位面积施用量 (kg/ha)

A ——一次施用面积 (ha)

C ——液肥浓度

4.6 自动化器材

在作滴灌设施的自动化规划时，应充分研讨自动化的可靠程度、管理体制、经济效益。

〔说明〕

1. 自动化控制方式

对灌溉设施阀门类的控制方式有两种：一种是在阀门安装位置的控制机旁边操作；另一种在管理所通过传送控制的遥控操作。于是相应有手动和自动的操作方式。

滴灌设施的自动化，应考虑以末端控制装置阀门的开闭操作为主。作为一个系统的自动开闭的阀门数（一般同滴灌田块数一致）是比较少的。因此即使遥控操作也是小规模的。再者，并非完全自动化，也要考虑机旁操作自动化。

2. 自动化器材

(1) 电磁阀

安装在末端控制装置的电磁阀，按照来自管理所的电流指令开启或关闭。根据操作盘上预先给定的开启和关闭顺序或通水时间，能完成复数电磁阀的自动操作。

(2) 定水量自动停止阀

安装在末端控制装置的定水量自动停止阀可用手动开启。组装在阀门中的累积量水器动作，一旦达到设定的水量，则阀门关闭。此外，如图 4.6 (1) 所示，根据定水量自动停止阀和缓动自动阀的组合，依次能打开邻近的定水量自动停止阀。

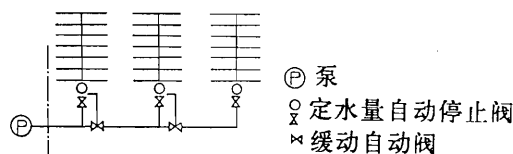


图 4.6. (1) 定水量自动停止阀和缓动自动阀的自动化

(3) 依次切换阀

该阀与定水量自动停止阀原理相同。用管段事先与邻近的阀连接，可把一个阀的关闭动作以水力信号传给邻近的阀，从而把阀门开启。为传递水力信号，与邻近阀的距离不得超过 200m，一般在 100m 左右，最好在 100m 以下。

(4) 自动切换阀

在各灌水田块流入安装自动切换阀。输水一开始，先向最初田块送水。停止送水后若管内压力消失，切换阀会自动关闭灌田块的进水阀，开启下一个田块的送水阀。如果再开送水阀，水就流向下一个滴灌地块。重复这样的操作。

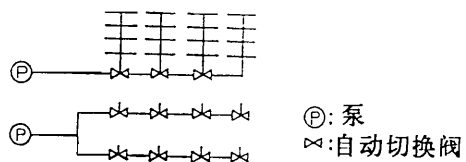


图 4.6. (2) 由自动切换阀产生的自动化

参考文献 (略)

第五章 滴灌设施的水力设计

5.1 水力设计要点

当规划滴灌设施时，要以毛管作为基本单位进行水力设计。毛管上各滴头出水量的均匀度，用均匀系数作为评价指标。

〔说明〕

本章所讲的水力设计要确保在毛管上的各滴头出水量的均匀度。关于毛管的上游侧管路的一般性水力设计，需要采用哈森—威廉公式进行通常的管路计算。

1. 水力设计的指标

为了保持作物的质量，在制定灌溉规划时，希望装在毛管上的各滴头的出水量尽可能相同。但是受生产制造过程中各滴头间产生的差异及摩擦损失等的影响，每个滴头出水量结果并不相同。在平地即使是滴头的规格、尺寸相同，也会出现愈靠近毛管上游端滴头的滴水量愈大的情况。

但是，在滴灌中，由于在滴头内部减压，所以可提高滴头下游处的压力，且可以提高出水量均匀度。本指南，各出水量误差的变动系数 (q_{cv}) 可用式 (5.1.1) 表示，作为设计的指标。

$$q_{cv} < A \quad (A \approx 0.1) \quad (5.1.1)$$

式中 A ——变动系数的目标值

考虑均匀度，其变动系数 q_{cv} 应尽可能设得小一些。

2. 水力设计的基本单位

滴水毛管的类型：分为单式管路和复式管路。单式管路即在毛管上安装管式或孔口式滴头。复式管路，以双壁管为代表，即管内为多层结构，在毛管上直接钻分配孔和滴水孔。水力设计的基本单位是安装在支管路上的毛管。〔参照图 5.1 (1)〕

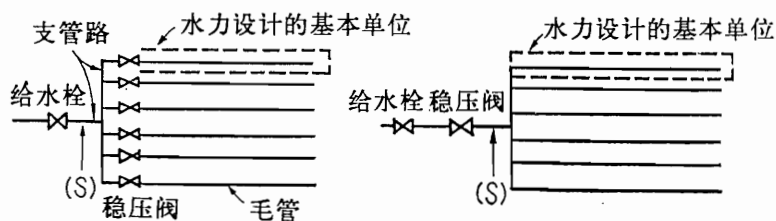


图 5.1. (1) 水力设计的基本单位

若考虑稳压阀的功能，稳压阀设置在支管上时，稳压阀下游侧水位要保持一定，水力设计的基本单位，是稳压阀的下游侧更严密。稳压阀设置在支管路时，水力设计的基本单

位，是支管及由数个毛管组成的灌水田块。但稳压阀设置在支管路这种方式，应只限于地形比较平坦的地区。这种情况，若采用支管路的管径比毛管的管径充分大，则支管路内水头损失可控制到极小。在此条件下，在研究滴头出水量的均匀度方面，由于地表变化等原因支管路和各毛管接头位置的水压误差，几乎没有考虑的必要性。因此，稳压阀设置在支管路时，设计者在对以上几点注意之后，必须以每个毛管为对象进行水力设计。

5.2 单式管路的水力设计

在确保管路沿线的滴头安装位置达到规定水压的同时，水压的变动系数要控制在允许范围内进行水力设计。

〔说明〕

1. 滴头的出水量公式和出水量的分布要素

滴头出水量的分布要素例举如下五点：

- ①基本单位内的水压分布；
- ②滴头的制造偏差；
- ③平均一株作物所配置的滴头数；
- ④滴头的堵塞；
- ⑤因水温变化引起的水的粘滞性变化。

其中，滴头的堵塞，应该用过滤器对灌溉水进行处理。在基本单位内由水温变化引起水的粘度变化，是与滴头出水量分布有关的要素。假如可能是应该考虑的，但在田间随着局部的日照的消长和背阴部分的移动，甚至毛管内水温也变化，但在水力设计阶段，考虑这点是不现实的。因而，在本指导方针中，只考虑①-③的内容。

像内部流动变为紊流的孔口型滴头那样，其出水量几乎不受水温变化的影响。

滴头的出水量由公式 (5.2.1) 表示

$$q = KH^x \quad (5.2.1)$$

式中 q ——滴头的出水量

K ——滴头出水量常数

X ——滴头出水量指数

H ——滴头安装位置水压

但是，受①-③要素的影响，沿着毛管安装、滴头的规格、尺寸即使是相同的，其出水量仍然有误差。把这个出水量的误差，用变动系数 q_{cv} 表示，并作为均匀度的指标。

q_{cv} 的推定式由公式 (5.2.2) 表示

$$q_{cv} = \frac{(Kcv^2 + X^2 Hcv^2)^{1/2}}{1 + \frac{1}{2}X(X-1)Hcv^2} \quad (5.2.2)$$

q_{cv} ——滴头出水量的变动系数（用小数表示）

Kcv——滴头出水量常数 K 的变动系数（制造偏差差，用小数表示）

X——滴头出水量指数

Hcv——滴头位置的水压 H 的变动系数（用小数表示）

滴头的出水量常数 K，是由滴头的直径、流路长及出水量系数等决定。直径和流路长在制造过程中会产生制造偏差，即使同一规格、同一尺寸的滴头，也不能认为 K 是一定值。为此，把滴头制品的制造偏差用出水量常数的变动系数 Kcv 表示。以后把 Kcv 称为制品的制造偏差。

滴头的出水量指数 X，是由滴头内部的流动状态决定的。利用滴头（例如：微管、罗纹管等）内的摩擦损失，若滴头内变成完全紊流状态，则 $X=0.5$ 。若是不完全紊流状态， $X=0.5\sim 0.7$ ；如果是过渡区域的流动状态，则 $X=0.7\sim 1.0$ ，若是层流状态，则 $X=1.0$ 。假定在某个规定水压范围内，不管水压的变动，只要保证一定的流量，滴头（例如：可变孔口式的滴头等）的 X 值接近零。假定是同一规格、同一尺寸的滴头，一般的 X 值可认为是一定值。

K、Kcv、X 值，一般由制造者的说明书中得到。

在一个体作物配置二个以上滴头的时候，把滴头配置数看作一个集团。滴头集团制品的制造偏差可以由公式 (5.2.3) 推定。在此情况，公式 (5.2.2) 的 Kcv 由公式 (5.2.3) 的 Kcv' 置换。

$$Kcv' = Kcv\sqrt{n} \quad (5.2.3)$$

Kcv'——滴头集团制品的制造偏差

Kcv——每个滴头制品的制造偏差

n——个体作物所配置的滴头个数

由公式 (5.2.2) 可知，Kcv 是滴头制品的制造偏差，直接影响滴头出水量的分布。另一方面基本单位内的水压分布即 Hcv，多数场合，滴头的流量指数 (X)（一般 <1.0 ）减少，影响滴头的出水量分布。当滴头制品的制造偏差很小时，公式 (5.2.2) 中可认为 $Kcv=0$ 。当水压变动不影响滴头出水量时，Hcv 项可以省略。

2. 允许水压变动系数

所谓允许水压变动系数（允许 Hcv）：是把滴头出水量的变动系数 ($q_{cv}<0.10$ 的任意值) 及其制品的制造偏差 Kcv 和出水量指数 X 代入式 (5.2.2) 得到的 (Hcv) 水压变动系数。设计者根据给予的诸条件，在滴头安装位置的水压变动系数 (Hcv) 要控制在允许 Hcv 范围内。在图 5.2 (1) 中表示，X、Kcv、 q_{cv} 及 Hcv 间的关系。

3. 水压变动系数的计算方法

计算水压变动系数时，作为基本的管路的平均流速公式，在本指南中，采用哈森—威廉公式。这是因为，管路内的流动通常多为粗糙与光滑区之间的过渡区紊流。

$$V = 0.849C \cdot R^{0.63} \cdot I^{0.54} \quad (5.2.4)$$

V——平均流速 (m/s)

R——水力半径 (m)

I——水面比降

C——流速系数

在紊流区域中, 流速系数对于给予的管径, 约为一定值。因为, 园形管 $R = \frac{D}{4}$, 则公式 (5.2.4) 变为公式 (5.2.5)。

$$V = 0.355C \cdot D^{0.63} \cdot I^{0.54} \quad (5.2.5)$$

D——管路的内径 (m)

根据公式 (5.2.5), 可以计算管路的流量、摩擦水头损失等。

$$Q = 0.279C \cdot D^{2.63} \cdot I^{0.54} \quad (5.2.6)$$

$$D = 1.626 \left(\frac{Q}{C} \right)^{0.38} \cdot I^{-0.21} \quad (5.2.7)$$

$$h_f = 10.67 \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot L \quad (5.2.8)$$

h_f ——摩擦水头损失 (m)

$I = h_f / L$

Q——流量 (m^3/s)

L——管路长度 (m)

除摩擦水头损失外, 还必须考虑由于田间倾斜而引起的水压变化。按照设计条件, 往往考虑如下水头损失:

- ① 由于断面变化而引起的水头损失;
- ② 由于弯曲及曲折而引起的水头损失;
- ③ 由于分流而引起的水头损失;
- ④ 由于闸阀而引起的水头损失;
- ⑤ 由于过滤器等而引起的水头损失。

(1) 摩擦损失

如图 5.2. (2) 所示, 因为毛管等间距多孔出流, 所以, 管内的流速和流量随着向下游端流动而减少。因而, 毛管的摩擦水头损失就是入流量从管路的的上游端到下游端流动求出的值, 乘以减少系数。

用公式 (5.2.9) 求算单式管路的摩擦水头损失。式中的 C_1 是假定滴头的出水量相等而得出的。这样近似是由于:

- ① 毛管上的每个滴头的出水量的差较小;
- ② 应选择的毛管的管径, 预先提供规格化的每公称直径的误差, 在管径的选择上, 不要求那么严密。此外, 这种计算方法简便, 所以, 已被欧、美等国广泛采用。

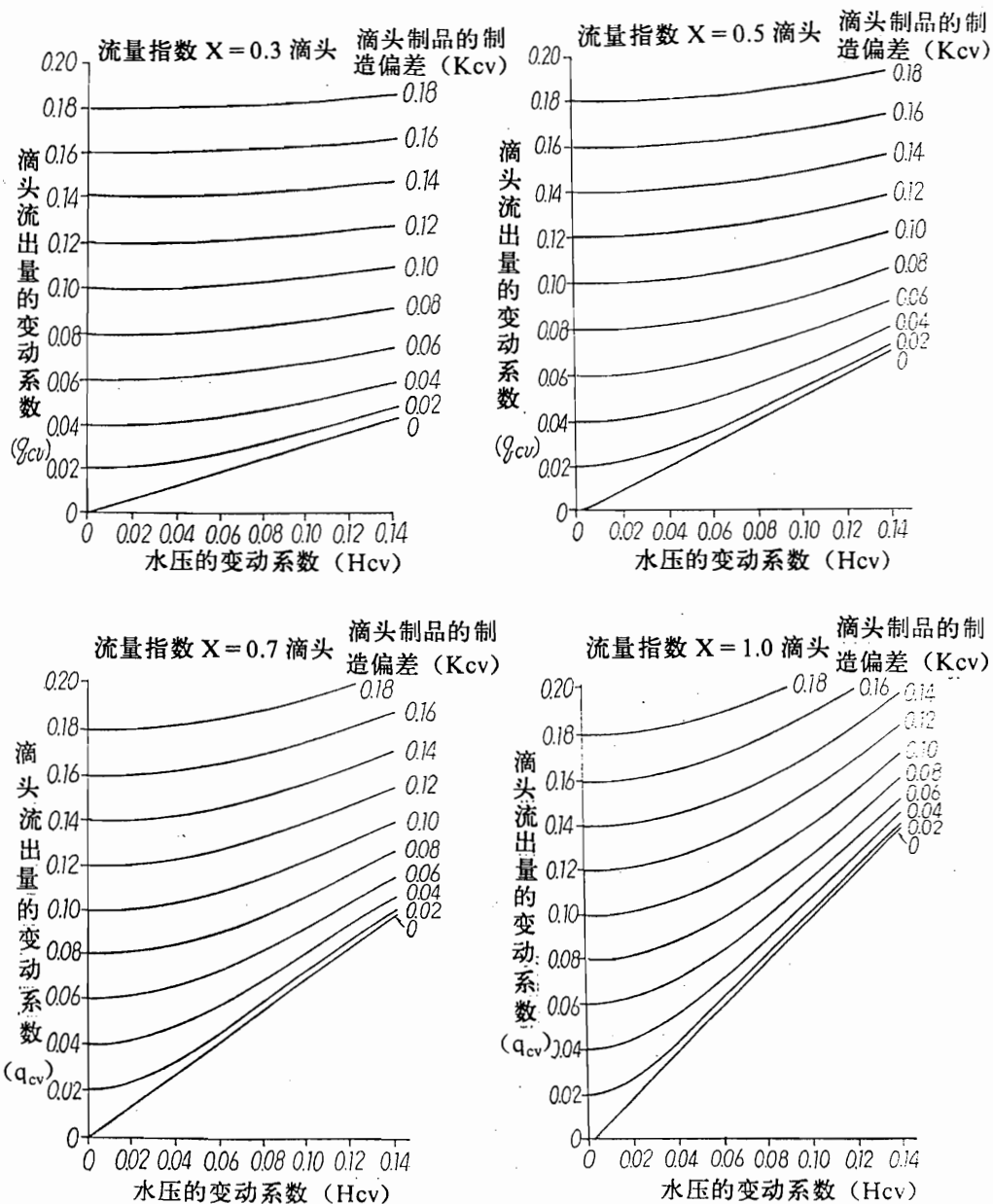


图 5.2. (1) X 、 K_{cv} 、 q_{cv} 与 H_{cv} 的关系

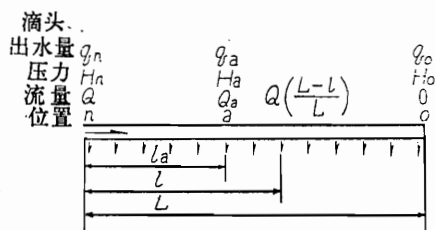


图 5.2. (2) 毛管的模式图

$$\left. \begin{aligned} h_n &= C_1 (aLQ^m) \\ C_1 &= \frac{1}{m+1} = 3.51 \times 10^{-1} \end{aligned} \right\} \quad (5.2.9)$$

h_n ——毛管的摩擦水头损失 (m)

a ——摩擦损失系数 (由直径、单位变换值合成)

Q ——毛管的入流量 (L/min)

L ——毛管的长度 (m)

m ——摩擦损失公式的指数

C_1 ——摩擦水头损失的减少系数

在哈森—威廉公式中, 式 (5.2.9) 中的 m 采用 1.85。把公式 (5.2.8) 代入公式 (5.2.9) 的括号内, 把滴灌使用的实用单位, 经过整理归纳, 则成为公式 (5.2.10)。

$$h_n = C_1 \left\{ 6.287 \times 10^6 \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.85} \frac{L}{D^{4.87}} \right\} \quad (5.2.10)$$

h_n ——毛管的摩擦水头损失 (m)

Q ——毛管入流量 (L/min)

L ——毛管长度 (m)

D ——管内径 (mm)

C ——流速系数 ($C=140$ 公称直径 150cm 以下)

从毛管的上游端到各滴头位置的摩擦水头损失的平均值 $\bar{h}_n$ 用公式 (5.2.11) 表示。

$$\left. \begin{aligned} \bar{h}_n &= c_2 h_n \\ C_2 &= \frac{m+1}{m+2} = 7.40 \times 10^{-1} \end{aligned} \right\} \quad (5.2.11)$$

h_n ——毛管的摩擦水头损失 (m)

$\bar{h}_n$ ——摩擦水头损失的平均值 (m)

C_2 ——由摩擦损失公式确定的常数

(2) 由均等倾斜而引进的水压变化

若毛管倾斜, 各滴头位置的水压, 受到倾斜的影响。以管路上游端作基准, 均一倾斜的管路下游端的位置水头 h_{el} 成为公式 (5.2.12)。

$$h_{el} = S \times L \quad (5.2.12)$$

S ——毛管的坡度 (下坡为负值)

L ——毛管的长度 (m)

h_{el} ——下游端的位置水头 (m)

以毛管上游端作基准，同为各滴头位置的均等倾斜而管路下游端位置水头的平均值 $\bar{h}_{el}$ 构成公式 (5.2.13)。

$$\bar{h}_{el} = \frac{1}{2} h_{el} \quad (5.2.13)$$

$\bar{h}_{el}$ ——位置水头的平均值 (m)

h_{el} ——下游端的位置水头 (m)

(3) 沿毛管于滴头位置的水压变动系数

沿毛管于滴头位置分别求出水压平均值、方差、变动系数如下式。

① 水压平均值的求法

把式 (5.2.11) 和式 (5.2.13) 相加的值，成为从毛管的上游端到各滴头位置的水压变化的平均值，以 $\bar{h}_{(lat)}$ 表示。

$$\bar{h}_{(lat)} = C_2 h_n + \frac{1}{2} h_{el} \quad (5.2.14)$$

$\bar{h}_{(lat)}$ ——从上游端至各滴头位置的水压变化的平均值

h_n ——毛管的摩擦水头损失 (m)

h_{el} ——下游端的位置水头 (m)

C_2 ——由摩擦损失公式求出的常数 (7.40×10^{-1})

采用 $P_f = \frac{h_{el}}{h_n}$ 关系式，把公式 (5.2.14) 进行整理，则组成公式 (5.2.15)， $\bar{h}_{(lat)}$ 即水压的平均值

$$\bar{h}_{(lat)} = (C_2 + \frac{1}{2} P_L) h_n \quad (5.2.15)$$

h_n ——毛管的摩擦水头损失 (m)

P_L ——均一坡度下，摩擦水头损失与下游端的位置水头之比

把沿管路滴头位置的水压平均值 (平均值即推荐水压。推荐水压即保证滴头稳定出水量的水压，由说明书得到)，与从下游端到各滴头位置水压变化的平均值 (由式 (5.2.15) 求得) 相加，得出毛管流入水压。

$$H_n = \bar{H}_{(lat)} + \bar{h}_{(lat)} \quad (5.2.16)$$

H_n ——向毛管流入水压 (m)

$\bar{H}_{(lat)}$ ——沿毛管滴头位置的水压平均值 (推荐水压) (m)

$\bar{h}_{(lat)}$ ——从下游端到各滴头位置的水压变化平均值 (m)

② 水压的方差

沿着毛管滴头位置的水压方差由公式 (5.2.17) 表示

$$H_{v(lat)} = H_{v(f)} + h_{v(fe)} + H_{v(e)} \quad (5.2.17)$$

$H_{v(lat)}$ ——在滴头部位的水压

$H_{v(f)}$ ——摩擦水头损失的方差

$h_{v(fe)}$ ——摩擦水头损失和位置水头的协方差 (由于相互作用引进的方差)

$H_{v(e)}$ ——位置水头方差

摩擦水头损失的方差 ($h_{v(f)}$) 由公式 (5.2.18) 表示

$$\left. \begin{aligned} H_{v(f)} &= C_4 h_{fe}^2 \\ C_4 &= \frac{(m+1)^2}{(2m+3)(m+2)^2} = 8.18 \times 10^{-2} \quad (m=1.85) \end{aligned} \right\} \quad (5.2.18)$$

$H_{v(f)}$ ——摩擦水头损失的方差

h_{fe} ——毛管的摩擦水头损失 (m)

C_4 ——由摩擦损失公式确定的值

摩擦水头损失和位置水头的协方差 $h_{v(fe)}$ 以公式 (5.2.19) 表示

$$\left. \begin{aligned} h_{v(fe)} &= C_5 \cdot h_{fe} \cdot h_{el} \\ C_5 &= \frac{(m+1)}{(m+2)(m+3)} = 1.53 \times 10^{-1} \quad (m=1.85) \end{aligned} \right\} \quad (5.2.19)$$

$h_{v(fe)}$ ——摩擦水头损失和位置水头的协方差

h_{fe} ——毛管的摩擦水头损失 (m)

h_{el} ——下游端的位置水头 (m)

C_5 ——由摩擦损失公式确定的值

位置水头的方差 $H_{v(e)}$ 以公式 (5.2.20) 表示

$$H_{v(e)} = \frac{1}{12} h_{el}^2 \quad (5.2.20)$$

$H_{v(e)}$ ——位置水头的方差

h_{el} ——下游端的位置水头 (m)

把 (5.2.18) - (5.2.20) 代入公式 (5.2.17), 采用 $P_L = h_{el} / h_{fe}$ 加以整理, 则得公式 (5.2.21) $H_{v(lat)}$ 即滴头位置的水压方差

$$H_{v(lat)} = (C_4 + C_5 P_L + \frac{1}{12} P_L^2) h_{fe}^2 \quad (5.2.21)$$

③水压的变动系数

把公式 (5.2.21) 的平方根 (标准偏差) 除以公式 (5.2.16) 组成公式 (5.2.22), $H_{cv(lat)}$ 即沿毛管滴头位置水压的变动系数。

$$H_{cv(lat)} = \frac{(C_4 + C_5 P_L + \frac{1}{12} P_L^2)^{1/2} h_n}{H_n - (C_2 + \frac{1}{2} P_L) h_n} \quad (5.2.22)$$

$H_{cv(lat)}$ ——滴头位置水压的变动系数 (小数表示)

H_n ——毛管的流入水压 (m)

h_n ——毛管的摩擦水头损失 (m)

P_L ——由均等倾斜而引起下游端的位置水头与摩擦水头损失之比

C_2 、 C_4 、 C_5 ——由各种摩擦损失公式确定的常数

这样, 如果确定摩擦水头损失和位置水头及流入水压, 则求得沿毛管滴头位置的水压变动系数。

4. 计算程序

基本单位毛管的水力设计, 在滴头位置的水压变动系数 (H_{cv}), 要控制在允许水压变动系数 (允许 H_{cv}) 范围内。对给出的管路长或直径, 在于适当地确定直径或管路长。

以下表示管路长为已知的设计程序例。而已知直径确定管路长的在这里要把直径置换成管路长。

①由栽培作物、水源规划等确定可利用水压等。选择最适宜地区的滴头, 从厂方的设计书里可以得到滴头的推荐水压及推荐水压时的出水量 (q)。

②评价滴头出水量的均匀度。设定滴头的出水量变动系数 $q_{cv} < 0.1$ 。

③把 q_{cv} 、 K_{cv} 及 X 代入公式 (5.2.2), 求出允许水压变动系数 H_{cv} 或者由图 5.2. (1) 推定。

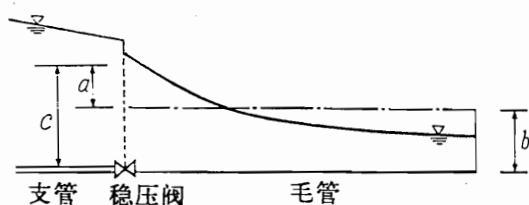
④从滴头出水量 q 和安装在一根毛管上滴头的个数, 算出毛管必需的流入量 (Q)。

⑤假定毛管的直径由公式 (5.2.10) 及式 (5.2.12) 求出摩擦水头损失 (h_n) 及由倾斜而产生下游端的位置水头 (h_{el})。再由这些值计算由毛管上游端到各滴头位置的水压变化平均值 $\bar{h}_{(Lat)}$ 。

⑥选择滴头的推荐水压, 也就是在滴头位置水压的平均值 $\bar{H}_{(Lat)}$, 把 $\bar{h}_{(Lat)}$ 与 $\bar{H}_{(Lat)}$ 相加, 则求出滴管必需的流入水压 (H_n)。

⑦计算沿毛管滴头位置的水压变动系数 $H_{cv(Lat)}$ 。

⑧确定计算的水压变动系数 $H_{cv(Lat)}$, 是否在允许水压变动系数 H_{cv} 以内。若没有控制在允许范围内, 则要变更其直径, 重复计算。



(注) a: 水压变化的平均值($\bar{h}_{(Lat)}$)
 b: 装滴头位置的水压平均值($\bar{H}_{(Lat)}$) = 推荐水压
 c: 流入水压(H_n) ($C = a + b$)

图 5.2. (3) 作用于毛管的水压模式图

〔参考〕

1. 滴头出水量的变动系数与其他均匀度表示方法的关系

在喷灌方面, 通常用均匀系数来评价四个喷头围起的内部喷水深度的均匀度。吴氏等的这个均匀系数的概念, 适用于毛管的滴头制品的出水量的分布, 滴头制品的制造偏差可以忽略时, 把均匀系数 98% 作为毛管的基准值。假如, 滴头出水量的分布是正态分布, 则均匀系数和变动系数就成式 (5.2.23) 的关系。

$$CU = 100 (1.0 - 0.798q_{cv}) \quad (5.2.23)$$

CU——均匀系数 (%)

q_{cv} ——滴头出水量的变动系数

同样, 在喷灌的给水支管的水力设计中, 安装在给水支管上的喷头出水量的最大值与最小值之比, 要控制在 1.1 以内, 吴氏等把完全同样的基准值适用于毛管的水力设计。

$$q_{var} = 100 \left(\frac{q_{max} - q_{min}}{q_{max}} \right) \quad (5.2.24)$$

q_{var} ——滴头出水量的相对偏差

q_{max} ——滴头出水量的最大值

q_{min} ——滴头出水量的最小值

假定滴头的出水量是正态分布, 则滴头的出水量的相对偏差和变动系数的关系大体可用公式 (5.2.25) 表示。

$$q_{var} = 100 \left(\frac{4q_{cv}}{1 + 2q_{cv}} \right) \quad (5.2.25)$$

滴头出水量的变动系数、均匀系数、相对偏差的相互关系用表 5.2. (1) 表示。

2. 测定滴头制品制造偏差、流量指数的实例

在表 5.2. (2) 中 (见 49 页) 表示滴头制造偏差及流量指数的测定实例。在表 5.2. (1) 所表示的是以往的滴管设计的基准值, 均匀系数为 98% 和出水量的相对偏差 10%, 相应的变动系数为 0.03。但是, 如表 5.2. (2) 所示 (见 49 页), 滴头制造偏差的变动系数大部分超过 0.03。如前所述, 滴头制品的

制造偏差直接影响出水量分布。为此，在滴灌设施的设计阶段，如不考虑滴头制品的制造偏差，就不能保证滴头出水量的均匀度。

表 5.2. (1) 变动系数、均匀系数、相对偏差的相互关系

变动系数	均等系数 (%)	相对偏差 (%)
0.02	98.4	7.7
0.03	97.6	11.3
0.04	96.8	14.8
0.05	96.0	18.2
0.06	95.2	21.4
0.07	94.4	24.6
0.08	93.6	27.6
0.09	92.8	30.5
0.10	92.0	33.3
0.11	91.2	36.1
0.12	90.4	38.7
0.13	89.6	41.3
0.14	88.8	43.8
0.15	88.0	46.2

3.由实验确定 K、Kcv、X 值的方法

一般可从厂方的说明书中得到 K、Kcv、X 值，但是也未必得到，所以，在这种情况下，要由实验求出这些值。以使用滴头的推荐水压（即保证滴头稳定出水量的水压，由厂方说明书中得到）为主，把水压值变化三个以上阶段，测定出水压和流量。然后把水压、流量的测定值以对数形式，用最小二乘法计算 X 和 K 值。计算例题如下所示。

表 5.2. (3) 滴头的出水量常数和出水量指数的计算例题

No.	H (m)	q (cc / min)	logH	(logH) ²	logq	logH · logq
1	3.26	87.48	0.5132	0.2634	1.9419	0.9966
2	3.29	91.08	0.5172	0.2675	1.9594	1.0134
3	1.99	65.16	0.2989	0.0896	1.8140	0.5422
4	2.00	70.56	0.3010	0.0906	1.8486	0.5564
5	0.46	29.52	-0.3372	0.1137	1.4701	-0.4957
6	0.47	30.96	-0.3279	0.1075	1.4908	-0.4888
	-	-	0.9652	0.9320	10.5248	2.1241

表 5.2. (2) 滴头制品的制造偏差 (K_{cv}) 和出水量指数 X 的测定值

编号	减压系统	50 个制品的制造偏差(K_{cv})	出水量指数 (X)	随着 c_{cv} 变化的允许水压变动系数 (允许 H_{cv})					
				0.01	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
1	涡流孔口式	0.07	0.42	0.165	0.135	0.090			
2	柔软树脂孔口式 (1)	0.05	0.70	0.123	0.107	0.091	0.07	0.047	
3	柔软树脂孔口式 (2)	0.07	0.70	0.102	0.083	0.056			
4	球阀式	0.27	0.50						
5	球阀式 (压力补偿) (1)	0.35	0.15						
6	球阀式 (压力补偿) (2)	0.09	0.25	0.172	0.080				
7	微管式 (1)	0.05	0.70	0.123	0.107	0.091	0.070	0.047	
8	微管式 (2)	0.05	0.80	0.110	0.094	0.078	0.062	0.042	
9	螺旋型长流路式	0.02	0.65	0.149	0.133	0.120	0.103	0.088	0.071
10	螺旋型长流路式 (手动清洗)	0.06	0.75	0.105	0.090	0.071	0.048		
11	长流路式 (压力补偿) (1)	0.05	0.40	0.215	0.185	0.155	0.120	0.085	0.016
12	长流路式 (压力补偿) (2)	0.06	0.20	0.392	0.330	0.261	0.178		
13	迷路型长流路式	0.02	0.65	0.149	0.133	0.120	0.103	0.088	0.071
14	挡板阀门型短流路式	0.02	0.33	0.294	0.263	0.232	0.201	0.172	0.138
15	电子计算机园盘型短流路式 (1)	0.10	0.11						
16	电子计算机园盘型短流路式 (2)	0.08	0.11	0.525	0.363				
17	浸润管	0.40	1.00						

(注) 1. 空栏内表示不能控制在 $c_{cv} < 1.0$ 2. 出水量指数 (X) 值是在接近推荐水压的条件下形成水滴时的值

考虑现在商店里出售的滴头制品的制造偏差, 作为暂定的设计指标, 决定滴头的出水量变动系数不超过 0.1。

〔计算例〕

$$X = \frac{\sum (\log H \cdot \log q) - \frac{1}{N} \sum \log H \sum \log q}{\sum (\log H)^2 - \frac{1}{N} (\sum \log H)^2}$$

$$= \frac{2.214 - \frac{1}{6} 0.9652 \times 10.5248}{0.9320 - \frac{1}{6} 0.9652^2} = 0.55$$

$$\log K = \frac{1}{N} (\sum \log q - X \sum \log H)$$

$$= \frac{1}{6} (10.5248 - 0.55 \times 0.9652) = 1.6657$$

$$K = 46.31$$

$$q = 46.31 H^{0.55}$$

滴头制品的制造偏差成为 K 值的误差。型式和尺寸相同的滴头，其出水量指数 (X) 可作为一定值处理。假定用全部相等的水压测定滴头的出水量，那么，滴头制品的制造偏差 (K 值的变动系数，K_{cv}) 由下式求出。即用全部相等的水压，测定的滴头出水量的变动系数就成为滴头制品的制造偏差。

$$q_{cv} = \frac{q_{sd}}{\bar{q}} = \frac{H \times K_{sd}}{H \times \bar{K}} = K_{cv}$$

$\bar{q}$ 、 q_{cd} 、 q_{cv} ——分别为同一水压测定的出水量的平均值、标准偏差、变动系数

$\bar{K}$ 、 K_{sd} 、 K_{cv} ——分别为使用的滴头出水量常数的平均值、标准偏差、变动系数

4. 各种滴头的水力特性

(1) 微管

微管的最前端可认为是管嘴。如图-5.2. (4) 所示。出流的流态：①当出流速度小时，就变成滴流；②出流速度大时，就成为光滑流。还有，关于螺纹滴头的水力系统与微管是相同的 (参照图-4.4 (1))。求出有关各种管径 D 的微管水滴发生的时间隔 T 和雷诺指数 Re 的关系。其结果中的一例表示在图 5.2. (5)。

由图可以求出滴流和光滑流的转折点，即为 T—Re 曲线的突变点。这个转折点，对于各种微管的 Re 值为 350~400。

①滴出流的性质

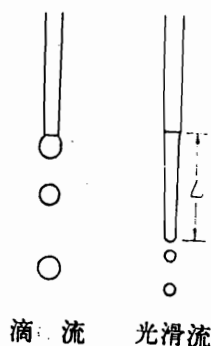


图-5.2. (4) 管嘴出流形态

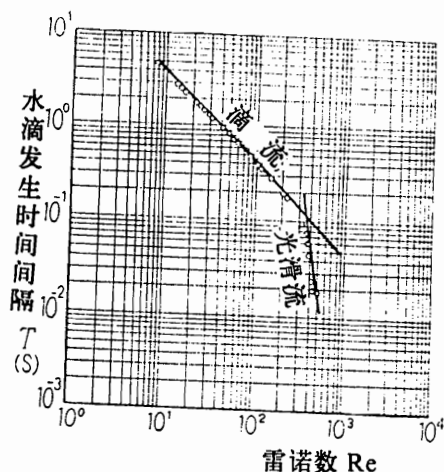


图-5.2. (5) 雷诺数与水滴发生的时间间隔
(不锈钢管 $D = 1.0\text{mm}$)

a. 由管嘴滴出的水滴直径

滴出流由管嘴流出速度小, 这种时候, 液滴的惯性力可以忽略。因而由作用于水滴的重力和表面张力的静态平衡, 而形成滴出流水滴的大小。故认为在水滴从管嘴落下的瞬间, 下面的关系成立。

$$\pi D \sigma = \frac{\pi d^3}{6} \rho g \quad (5.2.26)$$

D ——管嘴直径

d ——水滴直径

ρ ——水密度

σ ——表面张力

g ——重力加速度

b. 水滴发生的时间间隔

假定在时间 t 的水滴直径为 x , 由管嘴在 Δt 时间供给的水量和水滴容量的增量的关系由公式 (5.2.27) 表示。

$$q \Delta t = \frac{\pi (x + \Delta x)^3}{6} - \frac{\pi x^3}{6} \quad (5.2.27)$$

q ——管嘴的出水量

因此, 假定把球状水滴的形成速度表示为直径 x 的变化率, 则水滴形成速度由公式 (5.2.28) 给出。

$$\frac{dx}{dt} = \frac{2q}{\pi x^2} \quad (5.2.28)$$

当 $t=0$ 时, 在 $x=0$ 的条件下, 解式 (5.2.28), 则任意时间 t 的内水滴直径 x 组成公式 (5.5.29)。

$$x = \sqrt[3]{\frac{6q}{\pi} t} \quad (5.2.29)$$

把各种流量 q 代入公式 (5.2.29), 得出 x 和 t 的关系, 如果用图来表示, 则组成图-5.2. (6)。

另一方面, 如公式 (5.2.26) 所表示, 对应于各种管嘴直径来确定管嘴最前端形成的水滴最大直径 d 。如果把最大直径 $x=d$ 代入公式 (5.2.29), 就求出与任意管嘴直径 D 和任意流量 q 有关的水滴发生的时间间隔。这样, 在图-5.2. (6) 用流量 q 和任意的管嘴直径 D 的交点在纵轴得出水滴的最大直径, 在横轴求出水滴发生的时间间隔。

②光滑流的性质

当由管嘴的出流速度变大时, 则由管嘴尖产出光滑流。在这个光滑流中, 在流动的最前端发生一点振动, 液滴就分裂而下。把由管嘴到水滴分裂处的长度叫光滑流的连续长度 L 。

在光滑流的最前端位置产生微小的振动。随着这微小的振动, 图-5.2. (4) 表示的光滑流长度 L 也变动。在这里把持续 10 秒钟以上得到的光滑流的长度称为连续长 L 。

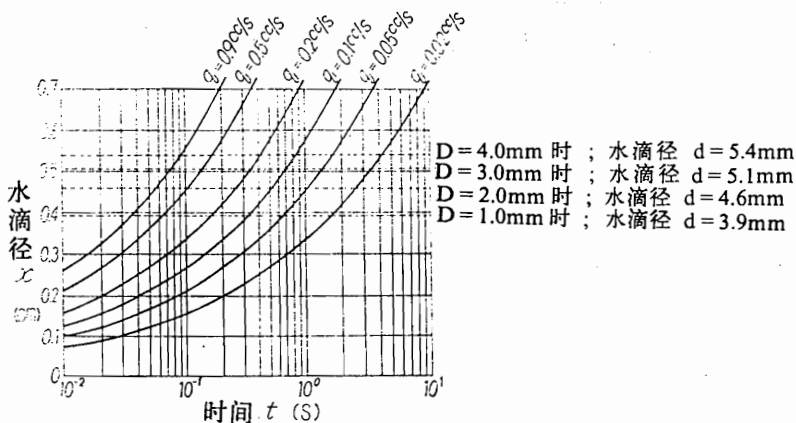


图-5.2. (6) 滴出流量 q 与水滴发生的时间间隔关系

把由测定得到的 L/D 与雷诺数进行整理成为图-5.2. (7)。

如果把测定的结果与大井上等人提出的 $Re < 1400$ 为光滑流, $Re > 1800 \sim 2400$ 为向波状流的过渡, 结果完全一致。即:

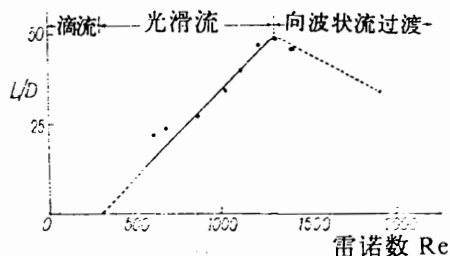


图-5.2. (7) 光滑流的连续长度 L 与雷诺数的关系
($D = 4\text{mm}$, 21°C)

$Re < 350 \sim 400$	滴出流
$350 \sim 400 < Re < 1400$	光滑流
$Re > 1800 \sim 2400$	波状流

3. 由光滑流最前端产生的水滴直径

如图-5.2. (4) 所示，在光滑流的最前端，因为微小的振动，产生水流分裂。在管嘴最前端下方 60cm 位置，对这种流态的水滴径分布进行测定。其结果如图-5.2 (8) 所示。

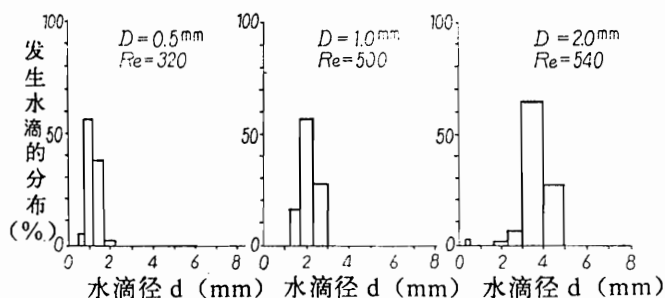


图-5.2. (8) 管嘴直径 D 与光滑流水滴径 d 的分布

在光滑流中，假定对于任意管嘴直径所产生的水滴直径 d 都是完全一样的。那么，存在与管嘴直径相适应的水滴径。这种情况，光滑流的水滴径 d 就对应于微管直径 D_0 ，构成 $d \approx (2.0 \sim 2.5) D$ 。

根据管长、直径及一次压的变化，微管的流动则变为层流区、层流和紊流的过渡区及光滑管的紊流区。摩擦损失系数 f （或阻力系数）及公式 (5.2.1) 的滴头出水量指数，根据流动的雷诺数 Re ，确定如下：

a. 在层流区中，($Re < 2000$)，由哈极—泊肃叶 (Hagen-Poiseuille) 法则 $f = 64 / Re$ 组成

此时，滴头的出水量指数 $X = 1.0$

b. 在层流和紊流的过渡区里 ($2000 < Re < 4000$)，由于雷诺数的增加， f 急剧地增大。在这个区 f 的理论化，在现阶段还没有进行。概略的 f 值，由实验室得到。这种情况，

$$f = 3.42 \times 10^{-5} Re^{0.85}$$

滴头的出水量指数 $X=0.35$

c. 在紊流区 ($Re > 4000$) 认为是光滑管的紊流为好。因而布拉修斯 (Blasivs) 公式成立 $f=0.3164Re^{-1/4}$ 。这种情况, 滴头出水量指数 $X=0.57$ 。

(2) 孔口型的滴头

① 单孔口

单孔口滴头结构, 如图-4.4 (2) 所示。滴头的出水量由公式 (5.2.30) 给出。

$$q = (ca)_h \sqrt{2gh} \quad (5.2.30)$$

q ——出水量

c ——出水量系数

a ——孔口断面面积

h ——水头表示的压力减低量

g ——重力加速度

如图-4.4 (2) 所示的构造那样清楚, $(ca)_h$ 随 h 的变化而变化。

以市场出售的单孔口滴头为对象, 进行了压力减低量和滴头流量关系的测定, 其结果表示在图-5.2 (9)。

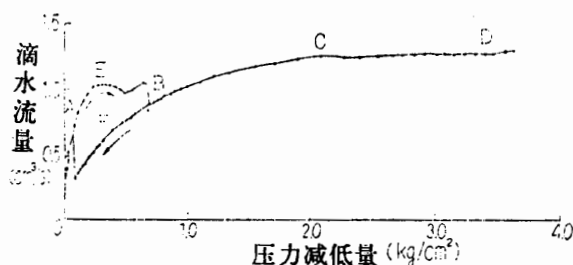


图-5.2. (9) 压力减低量与滴头流量 (单孔口型滴头 $D = 30\text{mm}$)

a. 在图-5.2 (9) 的 AB 区间, 在压力上升过程中, 流量沿 AEB 变化。而在下降过程中, 流量按 BFA 变化。

这样, 减压是在比较小的范围即 $\overline{AB}$ 区间内, 公式 (5.2.30) 的 $(ca)_h$ 与 h 的关系是非单调的, 表示减压和流量之间存在滞后现象。

作为这种现象的原因, 可以认为是在该区间减压 (滴头的内压) 的上升过程, 氯丁橡胶制的阀向孔口的压接不充分, 以及在内压的减少过程中, 一时压接孔口的氯丁橡胶剥离不充分而引起的。

b. 在图-5.2 (9) $\overline{BCD}$ 区间, 对于减压 (内压) 的上升及下降, 出水量是单调的。这表示, 随着内压的增加, 孔口阀的氯丁橡胶处在弹性变形范围。因而, h 和 $(ca)_h$ 的关系就成为一一对映的关系。

c. 在 $\overline{CD}$ 区间内, 不论减压 (内压) 如何变化, 滴头流量都是定值。这表示, 如果流量一定, h 和 $(ca)_h$ 的关系就成为互为补充的了。

总之, 不论内压如何变化, 滴头的滴水量一定, 表示孔口的反应是理想的。在这种情况下, 公式 (5.2.1) 中滴头的出水量指数 $X=0$ 。

这样, 单孔口型滴头, 如果采用某种充分的减压 (内压) 条件, 就能得到一定的滴水量。

②多孔口

多孔口滴头的结构，表示在图-5.2 (11)

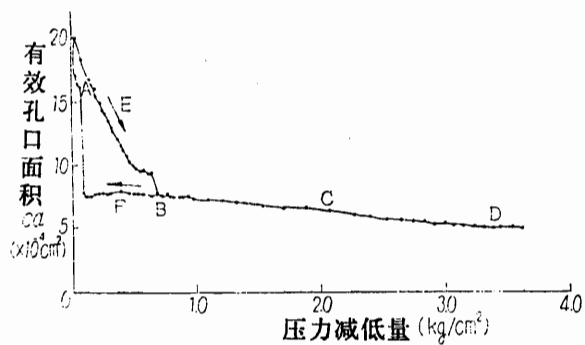


图-5.2. (10) 压力减低量与有效开口面积(单孔口型滴头 $D = 30\text{mm}$)

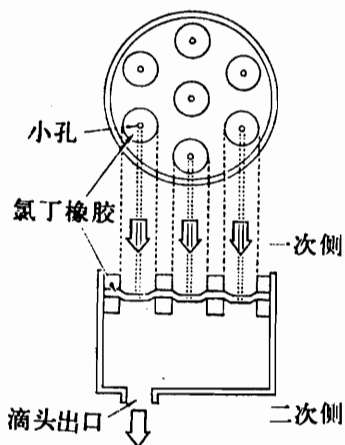


图-5.2. (11) 多孔口型滴头结构

这种情况，滴头的出水量用公式 (5.2.31) 给出。

$$q = [\sum_{i=1}^i ca]_h \sqrt{2gh} \quad (5.2.31)$$

i ——孔口数

$[\sum ca]_b$ 随着 h 的变化而变化。

市场上出售的多孔口滴头得出的压力减低量和出水量的关系的一例，表示在图-5.2. (12)。

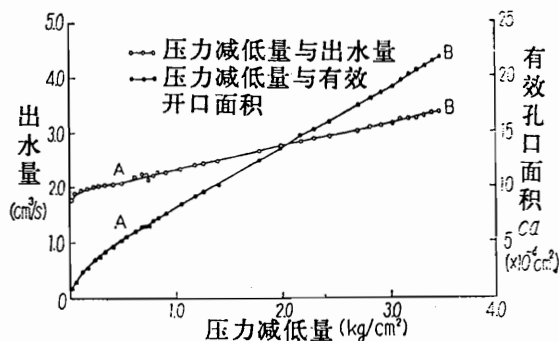


图-5.2. (12) 压力减低量与出水量·有效孔口面积
(多孔口型滴头 $D = 6.0\text{mm}$)

a. 压力减低量和流量的关系为单调值，即不存在滞后现象。

b. 低于 A 点的压力，流量与减低压力的平方根成比例。在这个压力减低量中，孔口的氯丁胶还未发生弹性变形。

这种情况，公式 (5.2.1) 的滴头出水量指数 $X = 0.5$ 。

c. 高于 A 点的压力，减低的压力增加，流量成比例也增加。这种性质是随着滴头上游处压力的增加，孔口的氯丁胶产生弹性变形，公式 (5.2.31) 中的 ca 值增大而产生的（参照图-5.2 (12)）。当滴头有这样性质的时候，公式 (5.2.1) 的滴头出水量指数 $X = 1.0$ 。

③ 孔口型滴头的流态

孔口型滴头与微管型滴头同样产生各种流态，表示在图 5.2. (4)。但是，孔口型滴头与微管型滴头的情况不同，因为不能由特定的雷诺数将滴出流和光滑流明确地加以区分。这个理由是由于当用孔口减低压力时，产生紊流，而且成为出口的管嘴部分太短，残留着紊流所致。

由滴出流测定得出的水滴径与公式 (5.2.26) 求出的值大体一致，可与微管的情况同样对待。

5.3 复式管路的水力设计^①

复式管路是给水功能和减压功能的一体化，管内流路通过分配孔形成一次流路和二次流路的二层构造。因而，与其它途径安装滴头的单式管路具有不同的水力特性。

当设计末端设施时，需要充分考虑其水力特性，必须努力确保各滴水孔出水量的均匀度。

1. 复式管路的概要

在滴灌方面作为滴下管的复式管路，通常叫双壁管或滴灌软管。

复式管路的断面模式图，如图-5.3 (1) 所示。

① 译者注：一次流路即内管腔；二次流路即外管腔；分配孔即内孔，滴出孔即外孔。

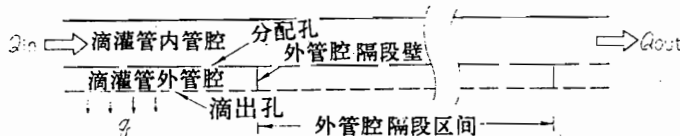


图-5.3. (1) 双壁管 (2次流路内设隔断)

* 在图中, 1次流路内的水由分配孔减压入2次流路内, 而且在滴出孔再次减压成为滴出流供给田间。这样, 流路所以被分割为一次及二次两部分是由于: 一方面保持一次流路内的压力均等, 同时, 又保证动水坡降; 另一方面滴出孔流出能量尽可能小, 能均匀地向田间灌水。

当复式管路采用毛管时, 为了保证在田间均匀配水, 必须注意如下几点:

①由制造工艺产生的分配孔及毛管不均匀和由此而引起的滴出流量的误差。

②一次流路内的纵断方向的摩擦损失和由田间倾斜产生的压力变化而引起的滴水流量的误差。

③在二次流路隔段区间内的地形, 由于高低不同, 压力也不同而引起的滴水流量的误差。

④还有, 关于由堵塞和水温变化产生的滴出流量误差与单式管路相同, 在水力计算上没有当作主要原因予以采纳。

2. 滴水流量的变动系数

滴水流量的变动系数 q_{cv} , 由工作精度的原因引起的滴出流量变动系数 q_{cve} 和由毛管内的水头差异而引起的滴出流量变动系数 q_{cvh} 两部分组成, 其关系由公式 (5.3.1) 给出。

$$q_{cv} = \sqrt{q_{cve}^2 + q_{cvh}^2} \quad (5.3.1)$$

由水头差引起的滴水流量变动系数 q_{cvh} 与滴水流量的关系由公式 (5.3.2) 给出, 各滴水孔的滴水流量误差, 假定成正态分布, 可信度为 95%。

$$\frac{(2+2) q_{cvh}}{1+2q_{cvh}} = \frac{q_{\max} - q_{\min}}{q_{\max}} = r_q \quad (5.3.2)$$

$q_{\max}$ ——最高位置水头的滴水流量

$q_{\min}$ ——最低位置水头的滴水流量

r_q ——允许滴水流量比

由制作精度原因引起的滴水流量的变动系数 q_{cve} , 由厂方在说明书中给出为前提, 但是, 若是在未给出时, 使用者必须由实测求得。

如果给出 q_{cve} 值, 由公式 (5.3.1) 可求出管路内由于水头差而引起的滴出流量变动系

数 q_{cvh} ，再由公式 (5.3.2) 求出允许的滴水流量比 r_q 。

把水头和滴水流量的变化分别假设为 Δh 、 Δq 滴水流量比 r_q 和允许水头变动率 ε_a 之间关系，给出如下：

$$r_q = \frac{\Delta q}{q} = \frac{1}{2} \frac{\Delta h}{h} = \frac{1}{2} \varepsilon_a \quad (5.3.3)$$

另一方面复式管路的一次流路内的水头变动率 ε_1 由公式 (5.3.4) 给出。

$$\varepsilon_1 = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{H_{\max}} \quad (5.3.4)$$

$$\text{即} \quad H_{\max} = \frac{H_{\min}}{1 - \varepsilon_1} \quad (5.3.5)$$

$H_{\max}$ ——一次流路内最大水头

$H_{\min}$ ——一次流路内最小水头

而且，在二次流路隔段区间内产生的水头变动率 ε_2 由公式 (5.3.6) 给出。

$$\varepsilon_2 = \left| 1 - \frac{h_u}{h_0} \right| + \left| \frac{h_L}{h_0} - 1 \right| \quad (5.3.6)$$

h_u ——在任意倾斜隔段区间内低部位的水压 ($h_u > h_L$)

h_L ——在任意倾斜隔段区间内高部位的水压

h_0 ——毛管水平放置时隔段区间的水压

h_u 及 h_L 是一次流路内压力水头的函数，因复式管路的类型而异。这些数据以说明书中给出为前提。

因而，为保证所要的滴水流量变动系数 q_{cv} ，复式管路的压力变动率必须满足公式 (5.3.7) 的条件。

$$\varepsilon_a = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \quad (5.3.7)$$

3. 一次流路中的摩擦水头损失及流量

如图-5.3 (2)，从下游端第 i 段的分配孔区间一次流路的流量 Q_i 由公式 (5.3.8) 给出。

$$Q_i = \sum_{i=0}^i (q_{ii}) \quad (5.3.8)$$

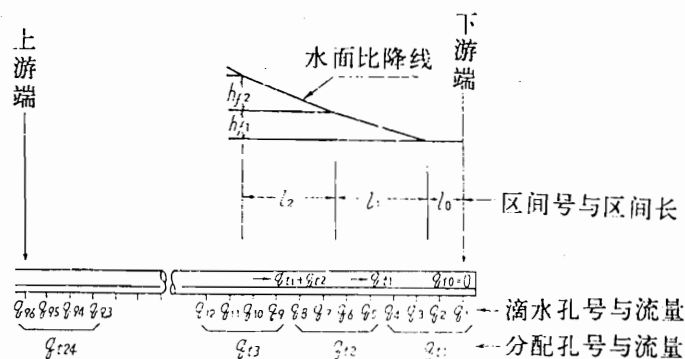


图-5.3. (2) 分配孔及滴孔的布局和水力诸量

q_{ti} ——从下游端第 i 段分配孔流向二次流路的流量 ($q_{t0}=0$)

通常，在说明书内多给出复式管路的流量和压力的关系，每单位长的滴水流量和压力的关系，或每一滴水孔的滴水流量与压力的关系。因而，为求出公式 (5.3.8) 中的 q_{ti} (由各分配孔流向二次流路的流量)，必须进行适当的换算。

水头损失 H_f 的计算原则是，在下游端首先给出所需水头及对应的流量 q_{ti} ，以此为起点，顺次向上游处推进。

假定一次流路内的断面积为 A ，则一次流路内的流速 V_i 由公式 (5.3.9) 给出。

$$V_i = Q_i / A \quad (5.3.9)$$

摩擦损失系数 f 区分如下：

$$\left. \begin{array}{l} \text{Re} \leq 2000 \text{ (层流) 时, 则 } f = 64 / \text{Re} \\ \text{Re} > 2000 \text{ (紊流) 时, } f = 0.3164 \text{Re}^{-0.25} \end{array} \right\} \quad (5.3.10)$$

Re—雷诺数

假定滴水流量系数由哈森—威廉式的 C 表示，除层流区外，相当于 $C=140$ 。此时，摩擦损失系数 f 就成为公式 (5.3.11)。

$$\begin{aligned} f &= 10.08g / (D^{0.167} \cdot C^{1.85} \cdot V^{0.15}) \\ &= 0.0106 / (D^{0.167} \cdot V^{0.15}) \end{aligned} \quad (5.3.11)$$

D—内径

V—管内平均流速

还有，采用哈森—威廉公式时， D 的单位是 (m)， V 的单位是 (m/s)，而 g 为 9.8 (m/s²)。

因为层流区域仅产生于毛管的末端区间，所以为了简便的求出 f 值，也可以采用公式 (5.3.11)。

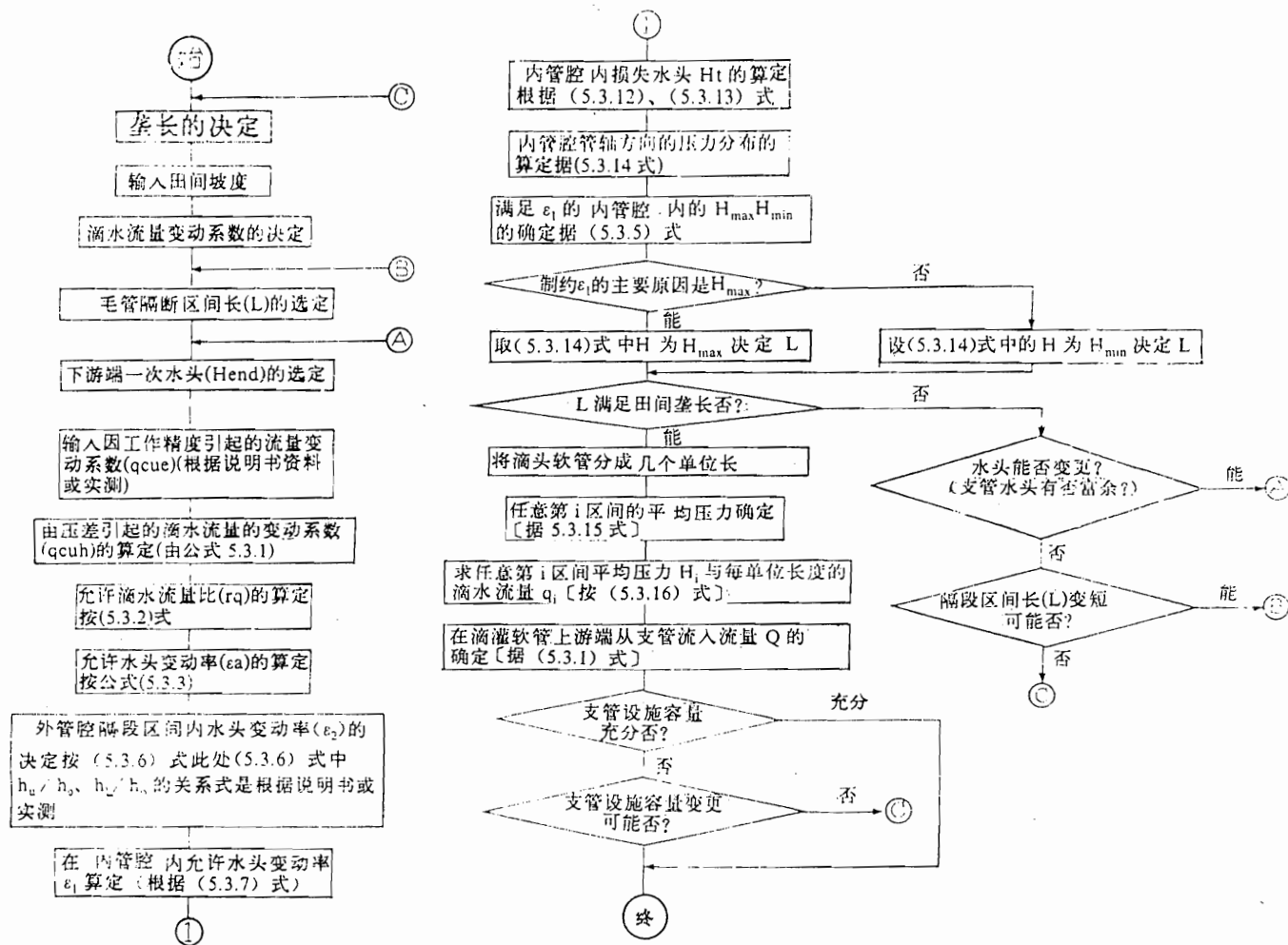


图-5.3. (3) 设计程序

各区间的水头损失 h_{fi} 由公式 (5.3.12) 求得

$$h_{fi} = l_i \cdot \frac{li}{D} \cdot \frac{V_i^2}{2g} \quad (5.3.12)$$

还有, 距一次流路的下游端任意距离的水头损失 H_f 由公式 (5.3.13) 求得

$$H_f = \sum h_{fi} \quad (5.3.13)$$

在任意位置 L (把下游端作为起点) 的压力水头 H , 由公式 (5.3.14) 给出

$$H = H_{end} - L \cdot \sin\theta + H_f \quad (5.3.14)$$

$H = H_{end}$ —在复式管路末端的设定水压

θ —田间倾斜度

因而, 假定给出 H_{end} 、 θ 、 H_f 及 H (H_{max} 、 H_{min}), 从公式 (5.3.14) 求出滴管的设置长 L 。

这样, 规定了设置长 L 以后, 毛管的上游端应供给的流量 Q 按如下方法求得。

首先, 压力 H 与相应的单位长度的滴水流量 $q = F(H)$ 的关系, 在说明书中给出。把毛管分割成任意单位长度 (1-10m), 设分割数为 N 。第 i 区间的平均压力变成公式 (5.3.15)。

$$\bar{H} = \frac{H_i + H_{i+1}}{2} \quad (5.3.15)$$

从而, 在第 i 区间的平均压力 $\bar{H}_i$ 和平均单位长度的滴水流量 $\bar{q}_i$, 由说明书中查得或成为公式 (5.3.16) 的关系。

$$\bar{q}_i = F(\bar{H}_i) \quad (5.3.16)$$

毛管全长的流量, 即毛管上游端的流量 Q , 由公式 (5.3.17) 求出

$$Q = \sum_{i=1}^N \bar{q}_i \quad (5.3.17)$$

还有根据这里求出的 Q 与从灌溉规划决定的必须水量的关系, 确定灌溉时间。

〔参考〕

1. 由于分配孔、滴水孔的不均匀度而引起的滴水流量的误差 (在制造过程中产生的滴水流量的变动系数 q_{ve})

由商店出售的复式管路取一例进行测定, 如图-5.3 (4) 所示, 得出了滴水流量的分布。据此在制造

过程中产生的滴出流量的误差，以四个滴水孔的变动为周期（每孔间隔 30cm，共 120cm）共变动系数 0.144 是相当大的。在这里，假定四个孔为一周期，若进行平均，得出如图-5.3（4）的虚线那样的滴水流量的分布。此时，变动系数 q_{cve} 等于 0.042。

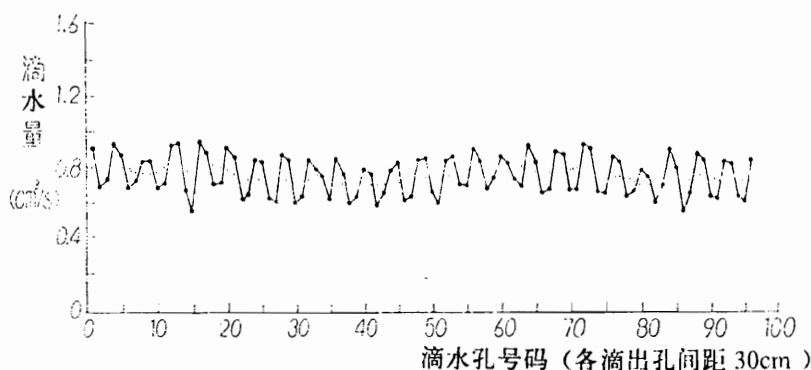


图-5.3. (4) 滴水孔滴水量的误差

改变一次流路内的水头成各种情况，其变动系数如图-5.5. (5) 所示。据此不管一次流路内的水头大小，每个滴孔滴水水量的变动系数，大体是一定的，在 0.14~0.15 之间。经二次流路，水流至四个孔的平均变动系数 $q_{cve} = 0.04 \sim 0.05$ 。

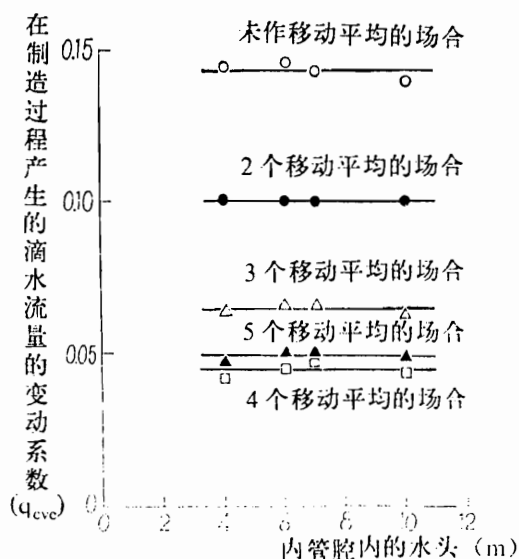


图-5.3. (5) 1 次流路内的水头和滴水量的变动系数

在单式管路内，滴头的出水量误差为随机分布。这种情况，出水量大的滴头有时数个并列；出水量小的滴头往往连续排列。

对此，复式管路的滴水流量误差，如图-5.3. (4) 所表明的那样，在短时间间隔内具有周期性变化。而且，供给田间任何作物的水量，不仅受一个滴出孔流量的支配，由于根系的分布和水的湿润会受到多个滴水孔的影响。因而，滴水流量在短周期变动的时候，也可以采用平均即平滑的滴出流量的变动

系数值作为设计条件。这种情况，复式管路在制造过程中产生的分配孔及滴出孔的不均匀性所引起的滴出流量的变动系数 q_{cve} 为 0.04~0.05。还有，由于毛管的类型不同也多少引起变动系数 q_{cve} 的不同，所以要注意。

2. 一次流路的压力水头与二次流路的压力水头之间的关系

如图-5.3. (1) 所示：预先明确一次流路的压力和二次流路的压力水头之间的关系，这对考虑一次流路的压力水头及田间地形坡度不同情况下，滴出流量的变化是很重要的。

测试的例子如图-5.3. (6) 所示。从这里明显看出，复式管路在管轴方向倾斜时，一次流路的压力水头即使与水平时的相同，二次流路的压力水头与水平时的也不一样，即二次流路在隔段区间内，地形低的部分二次流路的压力水头比水平时大，相反，地形高的部分二次流路的压力水头比水平时的水头小。由此，在坡地，一个二次流路隔段区间内的各点滴水流量有差异。因此为了配水均匀，在设计时，必须预先了解这一特性。

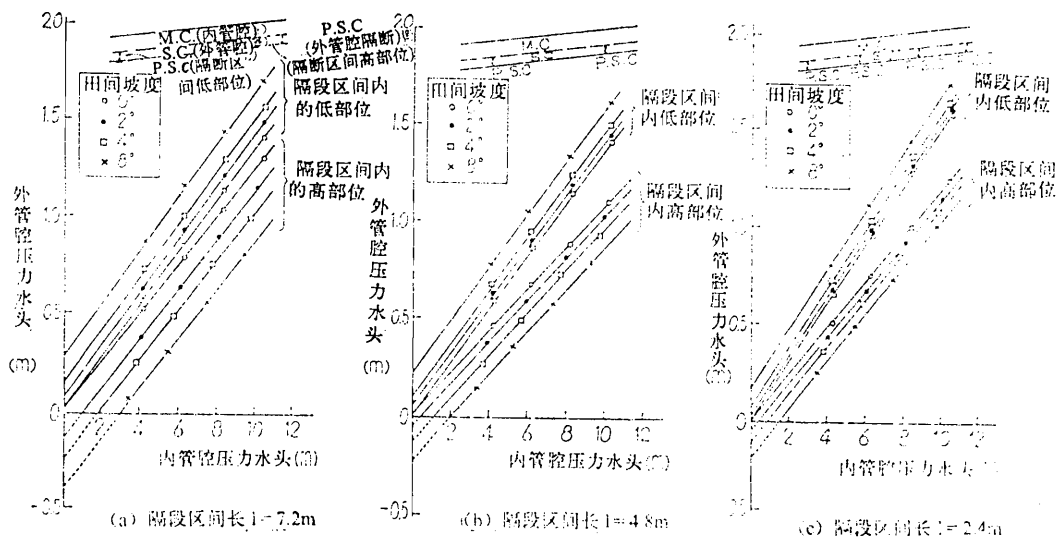


图-5.3. (6) 外管腔压力水头与内管腔压力水头的关系

图-5.3. (6)、(a) (b) (c) 的虚线部分，表示在二次流路隔段区间内从滴水孔产生负压的压力区。特别是在田间，在局部倾斜大的地方（例如显著不平的情况），二次流路内的水头显著下降甚至从滴头孔吸入空气进入复式管路的二次流路内。

图-5.3. (6) 表示在坡地，为回避上述现象，在分配孔的内管腔，应保持极限水头。在坡地采用复式管路时，通过分配孔将一次流路和二次流路分割开。毛管由于在结构上的这一特点，与其他类型的滴灌（例如孔型滴头，螺纹滴头等）有不同的水力特性。也就是说在二次流路内有可能产生负压，这一点必须特别的注意。

3. 在坡地的二次流路压力水头变化

使复式管路在管轴方向倾斜时，在二次流路隔段区间内的地形上的低部位和高部位，以压力水头变化的情况为例，示于图-5.3. (7) (a) (b) (c)。

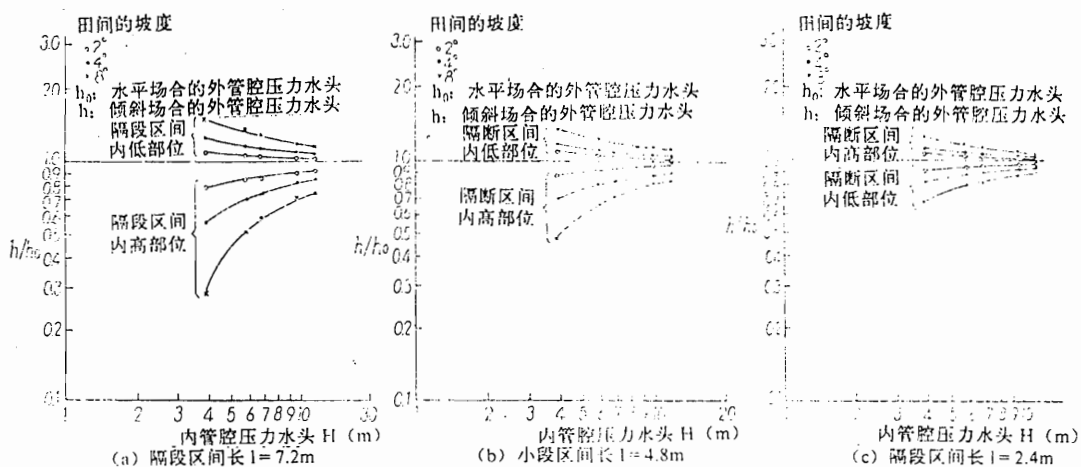


图-5.3. (7) 田间不同坡度的内管腔压力水头和外管腔压力水头的关系
 (以水平场合作基准)

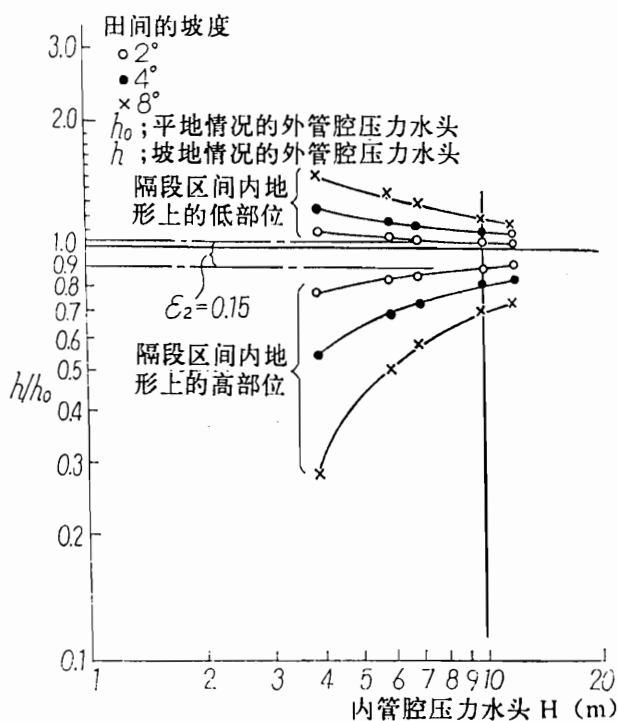
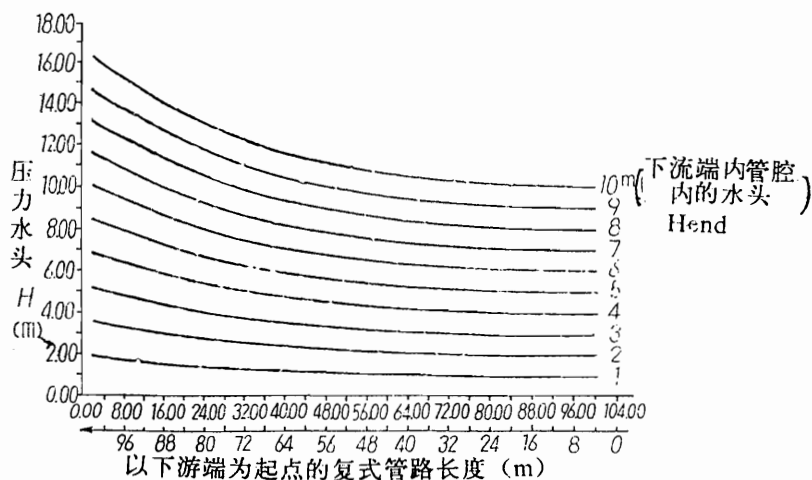
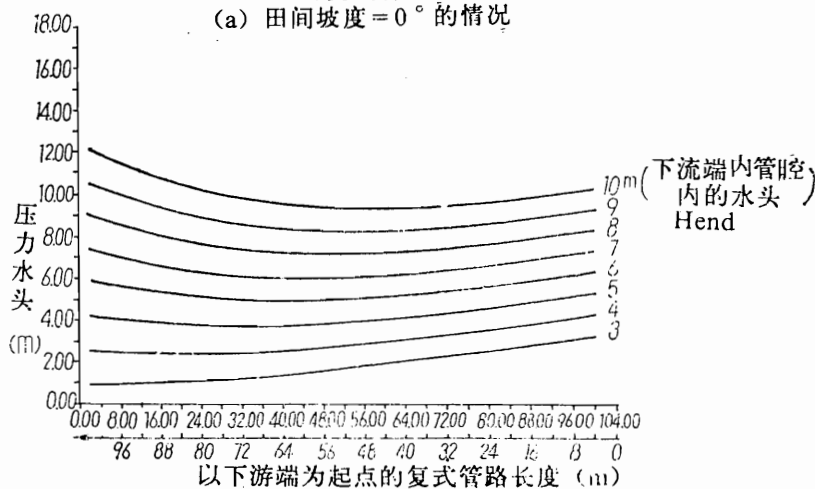


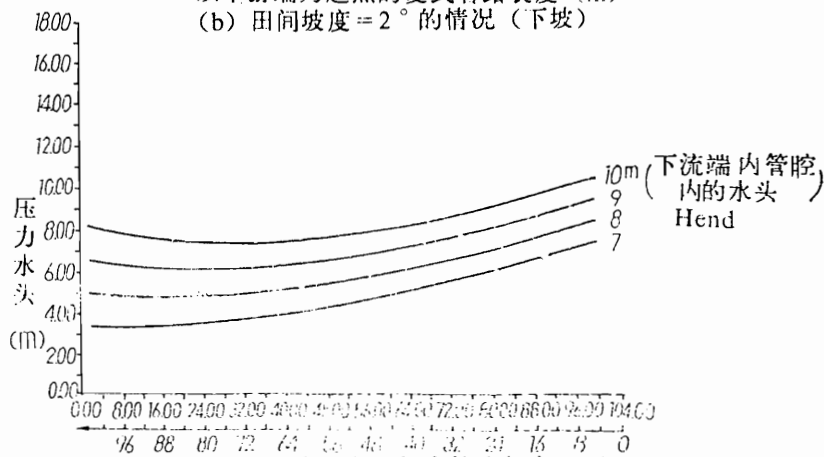
图-5.3. (7) - (a) 的适用例



(a) 田间坡度 = 0° 的情况



(b) 田间坡度 = 2° 的情况 (下坡)



(c) 田间坡度 = 4° (下坡) 的情况

图 5.3. (8) 一次流路内管轴方向的水头分布

这些图,是把图-5.3. (6) 内管腔压力水头与外管腔压力水头之间的关系转换成内管腔压力水头 H 与坡地的外管腔压力水头 h 与平地情况的外管腔压力水头 h_0 之比 h/h_0 的关系。因而,在这些图对应的低部位的曲线和高部位的曲线间的距离就等于公式 (5.3.6) 中的水头变动率 ε_{20} 。

实际上,复式管路是连续的,各自的二次流路隔段区间通过隔段壁相连,在纵断方向排列着。从而,在压力的高部位和低部位与隔断壁相邻,这个毗连,使滴孔的滴出流量误差互相抵消,变得调合。如果考虑这点,就等于设计条件被进一步放宽。

4.在一次流路内的摩擦水头损失的计算例

本文中“3、在一次流路内的摩擦水头损失及流量”表示由公式 (5.3.14) 求出市场出售的复式管路计算例,如果用图表示任意的田间坡度 θ ,任意的 H_{end} 与 H 和 L 的关系,则组成图-5.3. (8) (a) (b) (c)。

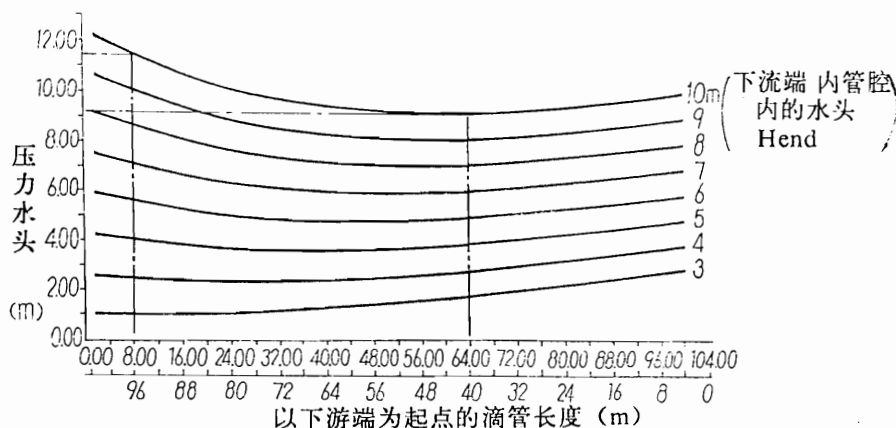


图-5.3. (8) - (b) 的适用例

5.设计例

(1) 例题 1

在 2° 以下的坡度,要保证下游端内管腔压力水头为 10m, (把推荐水压作为下游端一次处水头 10m)。二次流路隔段区间长采用 7.2m 毛管。根据制作精度,滴水流量的变动系数是 0.04。均匀系数 (参照 5.2 单式管路的水力设计, [参考] 1. (滴头的出水量的变动系数和它的均匀度的表示方法的关系) 为 95% 以上, $q_{cv}=0.063$ (把均匀系数作为前提,设定 a_{cv} 就更没有必要了)。

由公式 (5.3.1) $q_{cvh}=0.048$

在公式 (5.3.2) 中的 $\alpha=\beta=2.0$, $r_q=0.175$

允许水头变动率由公式 (5.3.3) 求出

$$\varepsilon_a=0.35$$

由图 5.3 (7) - (a), 当内管腔压力水头为 10m 时, 外管腔压力水头变动率 $\varepsilon_2=0.15$ 。因而, 从公式 (5.3.7) 允许达到 $\varepsilon_1=0.2$ 。

因为 $H_{\max}$ 值未定, 所以由题意先假定下游端内管腔压力水头 10m 为 $H_{\max}$ 。在图 5.3. (8) - (b) 中, 假定从下游端沿着内管腔压力水头 $H = 10\text{m}$ 的线往上游移, 当移到 40m 位置得出 $H_{\min} = 9.13\text{m}$ 。

这个值, 比由公式中计算的值 $10\text{m} \times (1 - \varepsilon_1) = 10\text{m} \times (1 - 0.2) = 8\text{m}$ 大, 所以是允许的。采用 $H_{\min} = 9.13\text{m}$ 由公式 (5.3.5) 得:

$$H_{\max} = \frac{H_{\min}}{1 - \varepsilon_1} = \frac{9.13}{1 - 0.2} = 11.4\text{m}$$

从而, $H_{\max} = 11.4\text{m}$ 由图 5.3. (8) - (b) 在以下游端为始点的轴上为 96m。故管的设置长就为 96m。这情况, 应给予毛管的上游端内管腔压力水头为 11.4m。

(2) 例题 2

下游端内管腔压力水头只能保证 7m, 其它条件与例题 1 的计算条件相同。计算方法与例题 1 相同。假定采用 $q_{cv} = 0.063$, $H = 7\text{m}$, $L = 7.2\text{m}$ 的条件, 则得出 $\varepsilon_a = 0.35$, $\varepsilon_2 = 0.19$, $\varepsilon_1 = 0.16$ 。这时 $H_{\max}$ 值未定, 所以按题意先假定下游端内管壁压力水头 7m 为 $H_{\max}$, 由公式 (5.3.5) 计算出

$$H_{\min} = H_{\max} \times (1 - \varepsilon_1) = 7 \times (1 - 0.16) = 5.88\text{m}$$

假定, 在图 5.3. (8) - (b) 的下游端内管壁压力水头 7m 线上找到 $H_{\min} = 5.88\text{m}$ 位置, 在下游端为起点的轴上为 42m。故毛管的可能设置长度为 42m。这种情况, 应给出上游端内管壁压力水头是 5.88m。

设置长度与例题 1 相比短得多, 所以管内流量小, 摩擦水头损失变小。另一方面, 如题意那样, 田间有倾斜。所以下坡支管由上游向下游压力水头增加效果方面比摩擦损失大。其结果, 毛管内的压力水头越是下游增加越多。

这样, H 比例题 1 只降低 30%, 而可能设置长却大幅度下降。

(3) 例题 3

在例题 2, 只把二次流路隔段区间长变更为 $L = 4.8\text{m}$ 。假定, 采用与前例题同样的方法, $\varepsilon_a = 0.35$, 从而 $\varepsilon_2 = 0.11$, $\varepsilon_1 = 0.24$ 。首先, 把下游端内管腔水头 7m 作为 $H_{\max}$ 。在图 5.3.8 - (b) 的下游端内管腔水头 7m 的线上, 假定由下游端向上寻找在 52m 的位置, 得出最低值 $H_{\min} = 5.83\text{m}$ 。因为, 此值比 $7 \times (1 - \varepsilon_1) = 7 \times (1 - 0.24) = 5.2$ 大, 所以, 可允许采用此 $H_{\min}$ 值, 由公式 (5.3.5) 计算 $H_{\max}$ 值, 则得

$$H_{\max} = \frac{H_{\min}}{1 - \varepsilon_1} = \frac{5.83}{1 - 0.24} = 7.67\text{m}$$

从而, $H_{\max} = 7.67\text{m}$ 的位置, 由图 5.3.8 - (b) 在以下游端为起点的轴上为 98m, 所以毛管的可能设置长度为 98m。这种情况, 应给出毛管的上游端内管腔水头为 7.67m。

这样, 即使下游端内管腔水头只能保证 7m 时, 复式管路的二次流路隔段区间由于选

择得短，毛管的设置长度加长是可能的。

参考文献 略

第六章 滴灌系统规划

6.1 系统规划要点

滴灌设施涉及到组成的器材、设施多方面，所以，要以恰当的评价标准为基础，对所考虑的几个比较方案经分析研究之后，制定系统规划和系统的选择。

〔说明〕

1. 评价标准

系统比较方案的评价标准如下：

- ① 水资源的有效利用，特别是经水泵提升的用水或蓄水池内用水，要尽量避免无效放水。
- ② 要易于进行水管理为本，水量分配效率高，要能圆满有效地配水。
- ③ 要操作方法简单，故障少，而且有很高的可靠性。
- ④ 设施费用要低，经济的初期投资即可。
- ⑤ 维修管理费用要低。

2. 系统规划

滴灌设施的组成与排列的基本型式是：由水源（蓄水池）→干线输水管路→调节池→输水管道→田间蓄水池→配水管→田间滴灌设施等组成。根据滴灌设施的要求，必须附加扬水泵及加压泵。为了设施的管理和操作，还要增加各种闸阀、控制装置、滤网过滤器等净化装置及施肥器具等附属设施，组成滴灌系统。

系统的规划步骤。首先由水源·输水设施方面：

- ① 干线输水线路和调节池容量的选定；
- ② 根据需要对扬水泵的规模和台数进行研讨；
- ③ 输水线路的选定。

另一方面，由田间灌水设施方面：

- ④ 研究多用途灌溉项目和注入器等附加设备。
- ⑤ 探讨灌水设备。
- ⑥ 灌水设施的管道组合的研究。

必须把输水设施系统和灌水设施系统与水利相结合。为了能简易、准确的配水操作，配水设施系统的规划是必须的。该规划步骤是：

- ⑦ 轮灌田块的研讨；
- ⑧ 田间蓄水池位置的选定和容量规划；
- ⑨ 配水管线的选定和管径排列的制定；
- ⑩ 根据需要对加压泵的研讨。

水源·输水设施系统的规划、配水设施系统的规划及田间滴灌系统的规划从哪个项目着手都可以，这些项目的细部规划也可以随便从那个项目着手都可以。但一般在进行规划的地区，从关键的严密的项目着手规划为好。

6.2 轮灌田块及灌水田块

田间蓄水池下游处的配水系统控制的区段作为配水系统规划的基本单位，称做灌溉单元。灌溉单元由数个轮灌田块所组成。各轮灌田块由数个末端灌水田块所组成。这些田块的规模，是在种植计划、农业经营计划、地形条件、田间的建设条件及设施的经济性等都充分研究之后决定。

〔说明〕

灌溉设施既是农业经营设施，也是输水的水利设施。从其输水功能看，水源输水干线与末端配水设施的联合操作是必要的，但由于设置田间蓄水池就能确保输水干线与末端配水管理的独立性。

规划灌溉单元的配水系统时，不要说保证输、配水功能，特别是保证末端田间的正常作业，同时就连建设费及维修管理费是否经济也必须充分研讨。

配水设施由田间蓄水池至末端滴灌设施阀门之间的管路系统及附属设备所组成。田间滴灌设施是阀门以下的各滴灌田块的管道及由滴灌设备构成的管路。

上述各田块和设施的组成，如图 6.2 (1) 所示。

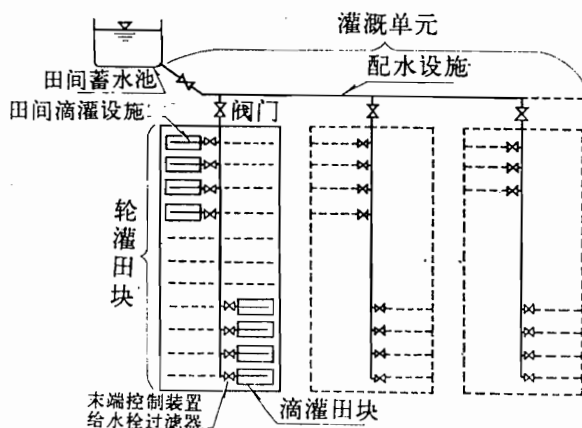


图-6.2 (1) 旱地灌溉设施的田块组成

确定灌溉田块时，将下面的①及④项为中心，进行充分研讨，有关轮灌田块对①-⑥的项都要充分研讨，末端滴灌田块对①、③及⑤项，予以充分研讨。

- ①作物种类，种植体系，灌溉目的；
- ②地形条件，受益地组成，与水源位置的相对关系；
- ③末端的灌溉作业组织，可能作业时间；
- ④以道路为中心的基础建设条件；
- ⑤田间的所有关系；
- ⑥灌溉设施的经济控制规模。

6.3 系统容量

系统容量是配水系统规划的依据，是制定灌溉规划中所需要的配水设施通过的最大流

量，以集约化栽培作物为灌溉对象时，要集中时间供水，所以希望给配水系统有一定的自由度。这时也要充分考虑其经济性。

〔说明〕

1. 系统容量

一般以补给土壤水分为目的灌溉系统容量，规划时完全实行轮灌制为前提条件，用(6.3.1)式计算：

$$Q = 2.78 \frac{AE_2}{FT} \quad (6.3.1)$$

式中 Q ——系统容量 (L/S)

A ——灌溉单元面积 (ha)

E_2 ——毛灌水量 (mm)

F ——设计轮灌期 (天)

T ——一日实灌水时间 (h)

此外，象温室栽培地那样，田间的灌溉设施的配置及每个滴灌田块面积成为规划、设计的限制条件时，系统容量用(6.3.2)式计算：

$$Q = 2.78 \frac{hA_u N_a}{1 - E_m} \quad (6.3.2)$$

式中 h ——灌水强度 (mm/h)

A_u ——滴灌田块面积 (ha)

N_a ——一个灌溉单元中轮灌组数目，或同时灌水的田块数目 (整数)

E_m ——输水损失率

2. 自由度

(1) 自由度的必要性

一般在大面积普通旱田 (甘蔗、甘薯、饲料作物等)，补给土壤水分是全部实行轮灌制，这就没有必要考虑自由度。

对于大面积温室栽培和露天栽培蔬菜的地区，或在现状虽然是普通旱田，随着灌溉设施的引进，可以预见到作物种类，要变换成温室栽培和露天栽培的菜地，这些地区，保持配水设施的系统容量的自由度是必要的。原因是在这些地区向田间补给土壤水分与农业经营紧紧相连，要实行联合集约经营，一天内多在指定时间集中用水。(参照图 6. (1))

(2) 自由度的定义

采用轮灌制为前提时的系统容量由(6.3.1)式给出。对此，根据集中时间供水所通过的轮灌量为设计流量的 f 倍时的系统容量 Q_f 用式(6.3.3)求出。

$$Q_f = 2.78 \frac{AE_2}{FT} \quad (6.3.3)$$

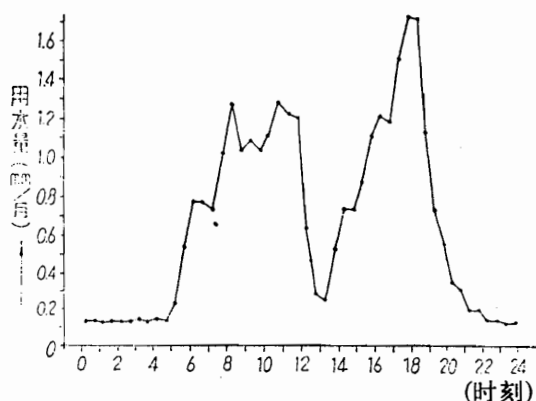


图-6.3. (1) 灌水的时间段分布
(M地区 1978年9月, 江崎等)

限定灌溉田块数目为前提时的系统容量, 由式 (6.3.2) 给出。

对此, 根据集中时间供水, 滴灌田块 N_a 的 f 倍的系统容量 Q_r 用 (6.3.4) 式求出。

$$Q_r = 2.78 \frac{hA_u (fN_a)}{1 - E_m} \quad (6.3.4)$$

不论是用 (6.3.3) 式还是 (6.3.4) 式求 Q_p , 自由度 f 由公式 (6.3.5) 给出

$$f = \frac{Q_r}{Q} \quad (6.3.5)$$

即自由度 f 定义为: 限定同时给水的滴灌田块数 N_a 放大多少倍数, 集中时间供水才是可能的, 表示这种可能的尺度即自由度。

(3) 田间蓄水池的功能与作用

分解田间蓄水池的功能举例如下:

- ① 末端灌溉时间与干线通水时间差的调节容量 V_{F1} ;
- ② 用水时间集中的松弛容量 V_{F2} ;
- ③ 多用途灌溉所需容量 V_{F3} ;
- ④ 扬水设施及分水设施正常运转情况下的控制容量 V_{F4} ;
- ⑤ 正常输水管理的容量 V_{F5} 。

这样, 田间蓄水池具有多项功能。不论哪种功能都具有连接干线和末端配水系统, 起到缓冲部位作用。

使配水设施的系统容量具有自由度时, 作为田间蓄水池容量, 不仅 V_{F1} , 而且 V_{F2} 也必须附加。

6.4 支管、毛管及滴头的配置

需考虑作物的栽培间隔、田间形态、坡度之后，决定支管、毛管及滴头的配置。

〔说明〕

一般作物的种植间隔，由单位面积的高产量或农业作业条件确定。滴灌基本上也是考虑上述条件确定种植间隔，与此同时配置毛管、滴头等。滴头的配置间隔，象蔬菜条播作物湿润区域规划成带状分布那样，而果树和西瓜类栽培间隔宽的作物，湿润区域规划成互不连接的独立园分布。这时希望尽可能使整个作物，都在湿润区内种植。当垄的间距小时，毛管的根数增加，这种情况不经济，必须想双垄等办法解决。

图 6.4. (1) 表示，把毛管配置在每一垄上时的滴头与作物的关系。在这里，滴头与作物的关系为 $1:n$ (n 是整数)。因为用带状分布做规划时，实际上，配合湿润区的大小，确定滴头的间隔，所以， n 不一定是整数。

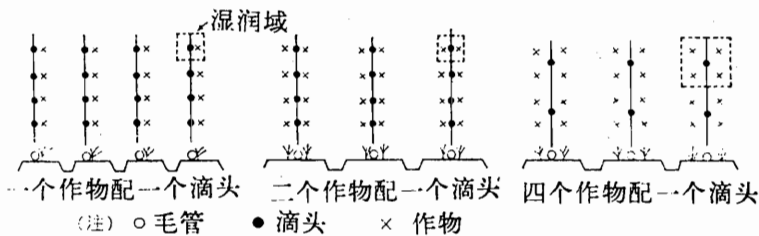


图-6.4. (1) 在每一毛管垄配置的滴头和作物关系模式图

根据田间形态、坡度、配置支管及毛管时，一般考虑方法如下。

1. 平坦的田间

在通常的田间建设中，长边为 100m，短边为 30m，田间面积 30a (公亩) 为标准规格。但是，当田间平坦时，支管及毛管按长、短边随便哪一个方向布置，在水力设计上都是可能的。因而，考虑配置阀、过滤器、肥料注入装置等这些与作业有关的装置之后支管沿着田间道路使毛管与其正交配置。此外毛管与垄平行，而且，支管与毛管成正交配置。

2. 倾斜的田间

管路的摩擦损失与田间的倾斜 (下坡) 相抵消，对具有这种倾斜 (最适倾斜) 的田间，可把毛管沿着田间倾斜的方向，且把支管与毛管正交的方向配置。但是，田间倾斜由最适倾斜突然变大时，就把毛管与等高线平行，支管与毛管正交配置。

3. 梯田旱地

在梯田旱地，在田面配置毛管，支管配置在不同标高田间的连接方向。这种情况，支管路以下坡方向配管的原则，压力的调节决定由管内的摩擦损失进行。还有，当田面高差大，由于摩擦损失压力不能调节时，在毛管的上游端用减压阀进行调整。

第七章 维修管理

7.1 净化装置的维修管理

为充分发挥滴头的功能，必须对防止滴头堵塞的设施即净化装置适当地进行维修管理。

〔说明〕

对滴灌保证滴出流量的均匀度是重要的问题。但是，除尘装置的维修管理不充分时，滴头堵塞，有时是均匀度受到影响。

构成滴头堵塞的原因，在物质方面有如下几种：

- ①物理方面……由砂、泥渣、生锈物等矿物质悬浮在灌溉水中；
- ②生物方面……水生物（如藻、微生物、小动物），还有凝胶状、胶质状的有机物，植物的根、茎、叶；
- ③化学方面……碳酸盐、氧化铁、硫化氢，为不溶解物质，象二价铁（ Fe^{++} ）那样在水中是水溶性物质，但是，一接触空气就氧化析出物质，肥料、农药也包括在内。

这些物质，由净化装置沉淀，被阻断，可是如果净化装置长时间放置特别是过滤器会因堵塞产生功能下降。因而，有必要去除沉淀在净化装置上被阻断的物质。

此外，过滤器的堵塞会出现过滤器上、下游压力差和流量减低，所以对过滤器前后的水压应持续观测，在其水压差变得很大时进行洗净。在这里，可以把开始发生堵塞时的压力差作为参考值。用水压计和其他流量计，也可能早期发现过滤器的堵塞。这时候，与当初的流量进行比较，当流量下降时，就进行清洗。把由第一回堵塞到第二回堵塞的期间，通过流量累计，大体上可以预测今后发生堵塞的时间。

过滤器清洗的方法因过滤器的种类而异，多用冲洗槽清洗之，用附加的加压泵也是必要的。

除尘装置的清洗方法。例举如下：

- ①沉砂池……清洗次数，每年至少一次。根据沉淀量，确定每年的清洗次数。
- ②过滤网……把沉淀物，污水用冲洗槽喷射进行清洗，向外排除。也有过滤网成滚筒状旋转，把物质去掉的方法。
- ③砂过滤器……过滤器的清洗是使水流向通常相反的方向流动。通过冲洗槽及水在砂中向上移动把水和积聚堵塞的物质一起由上部去除。
- ④多孔物质过滤器及滤网……清洗方法是把滤料由原地方卸下，用流水充分清洗，直到没有污垢。如果准备备用的进行交换使用就可以提高效率。

7.2 灌溉水的水质与前处理

灌溉水的水质，直接影响滴头的堵塞和过滤器清洗、更换的频率，所以要定期进行水质调查，根据水质实施前处理。

〔说明〕

靠过滤器及滤料的清洗、更换是防止滴头堵塞的重要作业。而清洗或更换的频率是根据水质的不同进行的。所以,在整个灌溉期间,必须定期、多次地实施水质调查。进行水质调查的地点为水源、取水地点、田间蓄水池、过滤器前后。2.1表示与水源相关的调查项目,关于这项目要做调查。作为水源及田间蓄水池等的前处理,pH值高时,加硫酸、盐酸或磷酸;藻类多的情况,投入杀藻剂。还有,采用氯对于降低pH值及微生物、有机物也有效果。

7.3 毛管的维修管理

维持毛管的正常功能,在适当地进行灌溉方面是最重要的问题之一。

为此,在农业经营作业上,有关毛管的处理也应充分注意。

〔说明〕

1.灌溉开始前

灌溉开始前,为了清除粘在毛管内部的杂物可用水冲洗净。这时的水压为滴头的允许水压,而一般管嘴型及孔口型的滴头,允许水压是 $2-3\text{kg}/\text{cm}^2$,双壁管是 $1-2\text{kg}/\text{cm}^2$ 。

在栽培蔬菜、普通作物的地区,毛管铺设时间,一般认为在发芽期,促进定植时认为在整地、作垄时,用机械播种定植时,为了不影响机械作业,而在播种、定植后铺设为好。

在铺设时为防止堵塞,可不埋土,也不要强行绷紧的状态下进行固定。

当毛管很长,管路会因温度变化引起膨胀,收缩而成蛇形,因此管应有余量,要在毛管末端用有伸缩性橡胶和弹簧等材料连结在固定桩上。

2.灌溉期间

灌溉期间,通过压力计和流量计观测来监视设施的功能状况。当发现异常情况时,立即停止供水,对设施进行检查。原因是滴头堵塞时,对过滤器及毛管进行清洗的同时,对安装型的滴头卸下清洗干净。对双壁管可用手指把滴头孔堵塞的物质去除。

在农耕作业时及设施的管理作业时,要注意不损伤毛管。特别在树园地等按照铺设毛管原样实施机械作业,这一点必须注意。当毛管受损伤,要立即对其进行修补,必须经常把接头扳手、粘着剂等材料准备好。

3.灌溉结束时

在灌溉结束时,把毛管用水洗净,用卷管机折叠,不要扭,收存起来。关于末端控制装置,也要卸下洗净,进行检查、调整等。

在树园地等的毛管,冬季置于田间时,为了防止由于冻结所引起的损伤,必须在灌溉结束后,把毛管通水洗净,取下末端堵头,把水放掉。