



典型设计 有关问题的探讨

任晓力
2015.07 西宁

- ◆ 编制的实施方案中为什么要有典型设计
- ◆ 对典型设计的要求
- ◆ 典型设计的主要内容
- ◆ 进行典型设计时应注意的问题

◆编制的实施方案中为什么要有典型设计

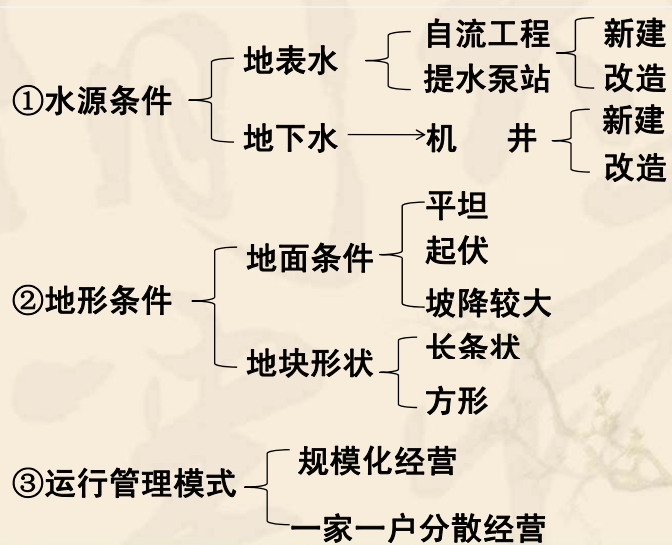
- 贴近实际、科学规范的典型工程设计，可为项目涉及的各类工程**提供设计样板**。
- 全面、客观的典型工程投资概算，可为项目工程造价总投资概算**提供可靠依据**。
- 总体实施方案中的典型设计是项目中**各类工程设计的代表**；年度实施方案中则应以典型设计**为样板来落实每个地块的设计**。

项目的投资造价总概算是在典型设计工程概算的基础上扩大得到的。因此典型设计对地块形状、面积、水源类型及位置、灌溉模式等不同的灌溉单元代表性强不强，数量够不够，设计深度是否达到初设要求等，均将直接影响到整个项目的设计质量、工程量和设备、材料数量的统计，影响到设计方案经济合理性分析、国家财政投资依据、资金筹措以及招投标工作等，甚至会影响到项目的成败。所以说典型设计在实施方案中的地位是举足轻重的。

◆对典型设计的要求

- 代表性
- 规范性
- 先进性
- 经济性
- 灵活性

➤ **代表性** 应符合项目区的实际，具有广泛的代表性。





➤ **规范性** 应符合相关规范的要求，建设标准具有统一性。

现行的相关国家技术标准主要有：

- ①《节水灌溉工程技术规范》（GB/T 50363-2006）
- ②《喷灌工程技术规范》（GB/T 50085-2007）
- ③《微灌工程技术规范》（GB/T 50485-2009）
- ④《农田低压管道输水灌溉工程技术规范》（GB/T 20203-2006）
- ⑤《渠道防渗工程技术规范》（GB/T 50600-2010）
- ⑥《泵站设计规范》（GB 50265-2010）
- ⑦《机井技术规范》（GB/T 50625-2010）
- ⑧《灌溉与排水工程设计规范》（GB 50288-99）
- ⑨《农田灌溉水质标准》（GB 5084-2005）

还有现行的相关的地方标准、行业标准等。

➤ **先进性**

- ① 设计方案应经过方案比选择优确定；
- ② 设备选型应先进、合理；
- ③ 技术设计还应考虑建后运行管理方便、可行。

➤ **经济性** 概算应全面客观，为投资总概算打好基础。

应综合考虑工程建设总投资与工程长期运行费用的合理性。

➤ **灵活性** 各部分接口灵活，调概方便。

可按水源、首部、管网系统、灌水器、量控设施等分别进行数量统计和概算。

◆ **典型设计的主要内容**

- 典型区的基本情况
- 灌水方式的选择
- 工程技术设计
- 材料、设备用量与工程量的统计
- 概算编制
- 设计图纸

➤ **典型区的基本情况**

应包括典型区的位置坐标、面积、水源条件、地形、土壤、气象、作物、管护机制等，说明灌溉工程是新建还是改造，并附典型区平面图（1:1000或1:2000）。

➤ **灌水方式的选择**

通过方案比较，选择合理的灌水方式。

➤ **工程技术设计**

依据相关规范对典型区进行技术设计，包括作物灌溉制度拟定、管网系统布置、灌水器选择、灌溉工作制度制定、管材管径选择、管道水力计算、系统设计扬程设计流量确定、水泵选型等。

➤ **材料、设备用量与工程量的统计**

材料、设备及土方工程的名称应正确；规格型号应明确；单位、数量应准确，不应有重复和遗漏。应以列表的形式统计。

➤ **概算编制**

应依据《水利工程设计概（估）算编制规定（水总[2002]116号）及相关省的规定进行编制。概算价格以设计基准年年底当地市场价格为基准，取费标准符合水利部确定的参考标准。应列表给出主要材料、设备单价；编制工程投资总概算表、建筑工程概算表、机电设备及安装工程概算表、金属结构及安装概算表、独立费用表等。

➤ **设计图纸 主要包括：**

- ① 工程平面布置图；
- ② 水源工程（机井、泵站、蓄水池）设计图；
- ③ 管道纵剖面图（地形起伏和坡降较大的地形）；
- ④ 管沟纵剖面图；
- ⑤ 阀门井（给水、排水阀门井）纵剖面图；
- ⑥ 首部枢纽布置图；
- ⑦ 镇墩设计图；
- ⑧ 井房立面图，房内平面布置图；
- ⑨ 工程结构示意图等。

◆ **进行典型设计时应注意的问题**

- 灌溉设计保证率
- 灌溉制度与灌水工作制的区别
- 灌水定额和灌水周期
- 灌水工作制度
- 沿程水头损失计算
- 管径确定及管材选择
- 压力管网的水锤校核
- 水泵选型
- 对典型设计的其他要求

➤ 灌溉设计保证率

- 灌溉设计保证率是灌溉工程设计时确定典型年的依据。
- 灌溉设计保证率是以正常供水或供水不破坏的年数占总设计年数的百分比来表示的。它反映了在多年运行中，灌溉用水量能得到充分满足的几率。
- 国家标准对不同的灌溉方式规定了不同的灌溉设计保证率要求。
- 编制实施方案时，一旦确定了灌溉方式，就必须按相应国家标准要求确定灌溉工程的灌溉设计保证率。

国家现行技术标准规定：

- 喷灌工程灌溉设计保证率：以地下水为水源时不应低于**90%**，其他情况下不应低于**85%**。
- 微灌工程灌溉设计保证率不应低于**85%**。
- 管道输水灌溉工程灌溉设计保证率宜不低于**75%**。

➤ 灌溉制度与灌水工作制度的区别

灌溉制度 是指按作物需水要求和不同灌水方法制定的作物在全生育期内的灌水次数、每次的灌水日期、灌水定额及灌溉定额的总称。

它是用来确定作物全生育期内灌溉用水过程和计算作物需要的灌溉用水量的主要依据。

灌水工作制度 是指为了落实拟定好的作物灌溉制度而制定的具体实施方案，包括设计日灌水时间、同时工作的出水口数、同时工作的出水口一次连续工作时间、一天可以轮换的次数以及轮灌编组。

它是进行灌溉系统水力计算、确定管道管径和渠道断面尺寸、以及设计流量、设计扬程的前提。同时也是制定工程建后运行管护制度不可缺少的依据。

➤ 灌水定额和灌水周期

最大灌水定额 是在保证灌溉设计保证率的前提下用来控制灌溉工程最大规模的一个参数。

$$m_s = 0.1h\rho(\beta_1 - \beta_2)$$

式中 m_s —最大灌水定额，mm；

h —计划湿润层深度，cm；

ρ —土壤容重，g/cm³；

β_1 —适宜土壤含水量上限（占田间持水率的重量百分比）；

β_2 —适宜土壤含水量下限（占田间持水率的重量百分比）。

设计灌水周期 是指相邻两次灌水允许的最大间隔时间。在这段时间内灌溉系统可以持续不断地工作，也可以只工作一段时间。所以一次实际灌水时间可以 $\leq$ 设计灌水周期，但也不能小的太多，否则会造成工程规模大，利用率低。

设计灌水周期应根据当地试验资料确定，资料缺乏时，可按下式计算，**计算结果应取整**。

$$T = \frac{m_s}{ET_d}$$

式中 T — 设计灌水周期，计算结果应取整，**最大取计算结果的整数部分，不能四舍五入**；
 ET_d — 作物日腾发量，取典型年灌水高峰期平均值，mm/d。

设计灌水定额 m 应根据作物的实际需水要求（在考虑当年的实际有效降水情况）和试验资料选择，但要满足：

$$m \leq m_s$$

当设计灌水周期和作物日腾发量确定后，设计灌水定额 m 可按下列式计算：

$$m = ET_d T$$

设计灌水定额 m 单位换算： $1(\text{mm}) = 2 / 3 (\text{m}^3 / \text{亩})$

延长灌水周期不能扩大灌溉系统控制面积！

灌水周期 是指一次所灌的水（灌水定额）可以维持作物消耗的时间 T 。过了时间 T 若无降水，作物生长需要的水已经耗完，灌溉系统就必须重新开始给作物灌水，而不可以去灌其他土地。如果延长灌水周期，势必将加大灌水定额，则意味着要求水源供水流量必须增大，相应工程的规模尺度也要加大。因此说，用延长灌水周期来扩大灌溉系统控制面积的做法是概念性的错误。甚至还有可能造成灌溉水的无效渗漏。

喷灌灌溉制度设计参数及计算结果汇总表

序号	内容	单位	参数
1	计划湿润层深度 h	cm	40
2	土壤容重 γ	g/cm ³	1.3
3	田间持水率 $\theta_{\text{田}}$		0.23
4	适宜土壤含水率上限 β_1	%	85
5	适宜土壤含水率下限 β_2	%	65
6	设计耗水强度 E_a	mm/d	5.0
7	管道系统水利用系数 η_g		0.99
8	喷洒水利用系数 η_p		0.82
9	灌溉水利用系数 η		0.81
10	最大净灌水定额 m_s	mm	23.9
11	最大灌水周期 T_{max}	d	4.78
12	设计灌水周期 T	d	4
13	设计净灌水定额 m_d	mm	20.0

➤ 灌水工作制度拟定

设计日灌水时间 t_d 为了提高灌溉工程设施和设备的利用率和利用效率，降低亩投资，同时便于设施 and 设备的维护和维修，灌溉系统的设计日灌水时间应当适中。如机泵的设计日灌水工作时间应 $\leq 22\text{h}$ ；喷灌和微灌系统的设计日灌水工作时间宜为 $16 \sim 22\text{h}$ 。

一个出水口一次连续工作时间 t

$$t = mA / Q \eta$$

式中 m — 设计灌水定额， $\text{m}^3 / \text{亩}$
 A — 一个出水口控制的面积，亩；
 Q — 一个出水口的流量， m^3 / h ；
 η — 灌溉水利用系数。

一天可以轮换灌溉的次数 n_d

$$n_d = t_d / t$$

一天可以轮换灌溉的次数应当是整数，如果计算结果不是整数应取整。（通过适当调整设计日灌水时间，将一天工作位置数凑成整数。）

同时工作的出水口数 n_p

$$n_p = \frac{N_p}{n_d T}$$

式中 N_p —灌区的总出水口数

喷灌系统或微灌系统同时工作的出水口数应当是一条支管或一条毛管出水口数的整数倍；管道输水灌溉系统同时工作的出水口数应当是一个阀门控制的出水口数的整数倍。

轮灌编组的确定 轮灌编组即是将灌溉系统内的出水口按计算出的同时工作的出水口数进行分组，并科学合理的确定每一组在设计灌水周期内的工作顺序。**典型设计时应做出轮灌编组表。**

轮灌编组应遵照方便运行管理和尽量分散上一级管道或渠道流量的原则进行。提水灌溉的灌区，为使水泵经常保持在高效区范围内运行，要求各轮灌组需求的流量和扬程尽量相等。

➤ 沿程水头损失计算

沿程水头损失 (h_f) 计算公式是一个指数多项式，式中系数 f 、指数 m 、 b 的值与公式中各参数选用的单位密切相关，必须相对应。

$$h_f = \frac{f L Q^m}{d^b}$$

式中 h_f —沿程水头损失；
 f —摩阻系数；
 L —管长；
 Q —流量；
 d —管内径；
 m —流量指数；
 b —管径指数。

当 h_f 、 L 的单位为m、 d 的单位为mm、 Q 的单位为 m^3/h 时， f 、 m 、 b 数值表如下：

管材		f	m	b
混凝土管、 钢筋混凝土管	$n=0.013$	1.312×10^6	2	5.33
	$n=0.014$	1.516×10^6	2	5.33
	$n=0.015$	1.749×10^6	2	5.33
钢管、铸铁管		6.25×10^5	1.9	5.1
硬塑料管		0.948×10^5	1.77	4.77
铝管、铝合金管		0.861×10^5	1.74	4.74

地埋薄壁塑料管的 f 值，宜用表内 f 值的1.05倍

当 h_f 、 L 的单位为m、 D 的单位为mm、 Q 的单位为 L/h 时， f 、 m 、 b 数值表如下：

管材		f	m	b
硬塑料管		0.464	1.77	4.77
微灌用聚乙烯管	$D > 8mm$		0.505	1.75
	$D \leq 8mm$	$Re > 2320$	0.595	1.69
		$Re \leq 2320$	1.750	1.00

地面移动软管的沿程水头损失为按公式计算值的 1.1~1.5 倍数。

多口出流管道 是指同一直径的管道上，沿程有等距、等量出流，**且末端无出流的管道**。喷灌的支管、滴灌的毛管均为多口出流管。

多口出流管道沿程水头损失的计算公式是

$$h'_{fz} = F h_{fz}$$

式中 h'_{fz} — 支管沿程水头损失，m；

F — 多口系数；

h_{fz} — 沿程无出流时的支管沿程水头损失，m。

塑料管、铝管的多口系数 F 值

开口数	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
X=1	0.47	0.45	0.44	0.43	0.42	0.42	0.41	0.41	0.40	0.40
X=0.5	0.41	0.40	0.40	0.39	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38	0.38

X等于支管上第一个喷头距支管首端的距离与支管上喷头间距的比值。通常选X=0.5。

水力计算表					
项目	参数	单位	地块1		地块11
输水管道 水力计算	长度 L	m	306		
	U-PVC管道内径 d	mm	97.4		
	计算流量 Q	m ³ /h	30		
	摩阻系数 f		94800		
	流量指数 m		1.77		
	管径指数 b		4.77		
	水头损失扩大系数	k	1.1		
	输水管道水头损失 h	m	4.30		
泵管水力 计算	长度 L	m	37		
	钢管管道内径 d	mm	80		
	计算流量 Q	m ³ /h	30.00		
	摩阻系数 f		625000		
	流量指数 m		1.9		
	管径指数 b		5.1		
	水头损失扩大系数	k	1.1		
	泵管水头损失 h	m	3.21		
设计扬程 设计流量 计算	动水位 Z _e	m	33+2		
	入机工作压力	m	25		
	设计流量	m ³ /h	30.00		
	设计扬程H	m	67.51		
	水泵型号		200QJ32-65/5		

水力计算中应关注的问题

- ① 为了保证灌水质量，国家技术标准规定：
- 喷灌系统** 同一支管上任意两喷头之间流量差
限定在喷头设计流量的10%以内；
- 微灌系统** 同一灌水小区各灌水器间的流量差
限定在灌水器设计流量的20%以内；
- 低压管道输水灌溉系统** 限制同一轮灌组中各
给水栓的出流量差别
为给水栓设计流量的
25%以内。

② 灌溉系统设计工作水头（设计扬程）

为了保证水泵在高效区中运行，要求系统中各轮灌组对水泵要求的设计扬程应尽量相近。因此要求在编制轮灌组时应特别经心，多方案比较。

- ◆ 喷灌、微灌通常是选用最不利管线计算设计工作水头，用最有利管线工作水头进行校核，使水泵工作点位于其高效区内。
- ◆ 管道输水灌溉系统的设计工作水头，是用管线要求的最大和最小工作水头的平均值计算。选泵时，让最大和最小工作水头要求的水泵工作点位于高效区的边界范围内。
- ◆ 自压灌溉系统和较大规模的管道输水灌溉系统，设计工作水头以最不利点为基准进行推求。

- ## ③ 管道系统各级管材的设计工作压力（即管道的压力等级），可按其正常运行情况下最大工作压力（不含冲击压力）的1.4倍来选；最大工作压力可根据系统运行中可能出现的各种情况比较后确定。

➤ 管径确定和管材选择

- ① 支管以上管道（干管、分干管）管径的确定：
按费用最小原则确定，即采用经济管径，其
估算公式为：

$$\text{当 } Q \leq 120 \text{ m}^3/\text{h} \quad D = 13 \sqrt{Q}$$

$$\text{当 } Q > 120 \text{ m}^3/\text{h} \quad D = 11.5 \sqrt{Q}$$

式中 Q - 管道流量, m^3/h ;
 D - 管道内径, mm 。

经济管径中的流速为经济流速，最小流速不应低于 0.8 m/s ，
最大流速不宜超过 2.5 m/s 。

- ② 支管管径的确定：
支管管径可通过下式反求

$$h_{fz}' = F f L Q^m / d^b$$

式中 ① 各符号的意义同前；

- ② h_{fz}' 最大取 $0.2 h_p$ ，当逆坡铺设时，应从 $0.2 h_p$
中减去高差。

计算出的各级管道的管径，均必须整合成标准管径。

③ 管材的选择

管材是喷灌、微灌、低压管道输水灌溉系统的重要组成部分，它直接影响着灌溉工程的质量和投资。

- ◆ 管材的管径、压力等级和强度应满足灌溉工程设计成果要求。
- ◆ 管材的公称压力应大于运行时管内最大工作压力的1.4倍（**管材的公称压力 $\neq$ 管材的爆破压力**）。当管道内可能产生较大水击压力时，管材的允许工作压力应不小于水锤发生时的最大压力。

- ◆ 管材外观应符合其相关产品标准要求，同时因长期与土壤接触，还应满足耐土壤化学侵蚀要求。
- ◆ 管件的公称压力应大于管材的公称压力。
- ◆ 管材与管材、管件以及附属设备连接应方便可靠，连接处应满足工作压力、强度、刚度、抗弯折、抗渗漏、及安全性等方面的要求。
- ◆ 移动管道应轻便，易快速拆卸，耐碰，耐磨，不易被扎破，抗老化性能好等。
- ◆ 地埋管道应能承受一定的局部沉陷应力，在农机具和车辆等外荷载作用下管材的径向变形率不应大于5%。

➤ 压力管网的水锤压力校核

- ◆ 灌溉系统的压力管网中，当关阀历时 T

$$T \geq 40L / a_w, \quad (\geq 20 \text{倍相时})$$

式中 L —管长;
 a_w —水锤波传播速度。

时可不验算水锤压力。

- ◆ 如果水锤压力超过管道试验压力、水泵最高反转转速超过额定转速1.25倍、管道内水压接近汽化压力时，则应采取相应的水锤防护措施。
- ◆ 防护水锤可安装安全阀、空气阀、水锤消除器等。

- ◆ 操作运行中应缓慢启闭阀门，以延长阀门启闭时间，从而避免产生直接水击，并可降低间接水击压力。
- ◆ 由于水击压力与管内流速成正比，因此在设计中应控制管内流速不超过最大流速限制范围。
- ◆ 由于水击压力与管道长度成正比，因此在设计中可隔一定距离设置具有自由水面的调压井或安装安全阀和进排气阀，以缩短管道长度、削减水击压力。

➤ 对典型设计的其他要求

喷灌工程

- ① 单喷头在喷洒范围内的水量分布实际上是不均匀的，喷洒后灌溉面积上的水量分布要求是均匀的（**喷头组合问题**）；
- ② 无明显主风向时，喷头应正方形布置，喷头间距为 $(0.6 \sim 1.0) R$ ；
- ③ 满足喷灌均匀度的同时，喷灌强度应控制在适宜的范围内；
- ④ 喷头的雾化指标应按作物选择**适宜**，**不是越高越好**。

滴灌工程

- ① 为使灌溉面积上工作着的所有滴头流量基本一致，一定要控制单根毛管的长度在允许最大长度之内；
- ② 滴灌是局部灌溉，在确定滴灌系统的灌溉制度时（特别是对果树滴灌），要充分考虑湿润比和种植密度。

进行典型设计时的设计顺序

- ① 拟定作物的灌溉制度，得到 m 、 T ；
- ② 进行骨干管道即给水栓以上各级管道的平面布置，其走向按喷灌支管、滴灌毛管顺着作物种植方向铺设，往上推；
- ③ 选择灌水器，确定喷头组合间距、滴头和毛管间距，计算喷头（滴头）总数，得出每一天应工作的喷（滴）头数；
- ④ 制定灌溉工作制度（**应有轮灌顺序表**）；
- ⑤ 在骨干管道平面布置图上布置支（毛）管，（**布置时应考虑对支（毛）管长度的限制**），在支（毛）管上布置喷（滴）头；
- ⑥ 确定各级管道的流量，选择管材（管径、材质）；
- ⑦ 选择最不利管线和最有利管线，进行水力计算；
- ⑧ 确定系统设计流量和设计扬程；
- ⑨ 选择水泵；
- ⑩ 列表进行设备、材料及工程量统计，列表进行投资概算。

