

深圳市龙口—茜坑供水工程 管材选型的探讨

李 战

(深圳市水利规划设计院,广东 深圳 518036)

摘 要:供水工程中,输水管材的比选与供水水量、新建泵站装机等密切相关。结合深圳市龙观供水工程实例,提出了利用现有泵站实现最经济、最大规模供水要求的管材选型的思路——以泵站装机、供水量要求为边界条件的管材选型方法。

关键词:供水工程;提水泵站;管材选型
中图分类号:TU991.36 **文献标识码:**B

1 工程概况

深圳市龙口—茜坑供水工程由东深引水工程利用已建龙口泵站的富余规模提升供水至苗坑、茜坑水库,向深圳市平湖及龙观地区供水,线路全长 19.52 km。工程供水规模龙口—苗坑为 33 万 m³/d,苗坑—茜坑为 22 万 m³/d。从龙口泵站至苗坑、茜坑水库管线较长,水管内压 0.6~0.4 MPa,外压 0.03~0.10 MPa,另外沿线地势起伏,地貌复杂,这些都对管材的选择提出了较高的要求。

2 管材选型及管径确定

由于本工程利用现有泵站供水,工程线路长,管材投资是工程投资的主要部分。因此,合理选取性能好、施工及维护方便、经济安全的管材是保证工程效益的关键。

2.1 管材的性能比较

目前,国内外常用的室外给水管材主要有钢管(SP)、三阶段预应力钢筋混凝土管(PCP)、预应力钢筋混凝土管(PCCP)及玻璃钢夹砂管(RPMP)共 4 种。各管材的性能比较如表 1 所示。

表 1 各管材性能比较表

项 目	管 材			
	SP	PCP	PCCP	RPMP
糙率系数	0.011 0	0.013 0	0.013 0	0.008 4
耐久性/a	20~30	30	50	50~70
抗渗性	防渗性能最好	有渗水现象	防渗性能较好	防渗性能较好
抗腐蚀性	防腐性能差,需采取防腐措施	防腐性能较好	特殊条件下要采用防腐措施,防腐性能较好	无需防腐
对水的污染程度	钢管锈蚀对水质有影响	无污染	无污染	无污染
接头方式	一般采用焊接,弯段接头方便	采用柔性橡胶圈密封接头,接头无法偏斜,弯段需用钢制接头	采用承插式接头,橡胶圈密封,弯段需用钢制接头,双胶圈接头	采用双“O”形胶圈密封,接偏角可达 3.7°
单节管长/m	3~6	4	6	8~12
安装及维护	焊接较困难,维护费高	施工、维护简单,维护费用较高	施工维护简单,维护费用一般	施工维护简单
耐压性	最大内压 1.0 MPa,最大覆土厚 3 m	最大内压 1.0 MPa,最大覆土厚 8 m	最大内压 1.0 MPa,最大覆土厚 3~8 m	最大内压 1.0 MPa,最大覆土厚 6 m
供货/(m·d ⁻¹)	40	64	48	100
维修措施	接口:焊接管身;焊接补强	接口:更换或校正;管身:更换	接口:更换或校正;管身:更换	接口:加固;管身:局部补强

由表 1 知,就管材性能而言,4 种管材各有其优越性,但均基本适合本工程。为节约工程投资、缩减单位供水成本,应根据本工程的特定条件,对各种管材选取相应的经济管径,进行经济性分析,进一步综合比较后选择最优管道。

2.2 管径选择

鉴于本工程是利用现有龙口泵站的机电、电气设备改造后的富余规模进行供水,故其管径选择考虑 2 个主要因素:①选取满足设计规模下经济流速要求管径以降低工程投资及运行费用;②考虑龙口泵站的提水能力的制约,选取满足供水规模要求的管径。虽然 4 种管材均可用于本工程,但在本工程的特定条件下,因不同管材的力学参数各不相同,所采用的管径是不尽相同的。在此对 4 种管道从其直径 1.4~3.0 m 分别进行筛选,参照《给排水设计手册》按经验取经济流速 0.9~1.4 m/s 为限制条件,分析 4 种管材的经济管径。

- 计算选用相关公式及相关规定。
- (1)总值为工程投资与年耗电费现值之和。
 - (2)年耗电费折成年耗电费现值时利率 $i_1 = 12\%$,使用年限 $n_1 = 30$ a。
 - (3)年耗电费计算采用公式:

$$E'_{\text{年耗电费}} = K_1 E_{\text{年耗电量}} \tag{1}$$

$$E_{\text{年耗电量}} = K P Q H_{\text{扬程}} T / N_{\text{装}} \tag{2}$$

- (4)年耗电费现值采用公式:
- $E''_{\text{年耗电费现值}} = E'_{\text{年耗电费}} \times [(1 + i_1)^{n_1} - 1] / i_1 (1 + i_1)^{n_1} \tag{3}$
- (5)工程投资:

$$(\text{管材费用} + \text{施工费用}) \times K_2 \tag{4}$$

- (6) $H_{\text{扬程}}$ 为管线装机的设计扬程:
- $H_{\text{扬程}} = H_{\text{净}} + H' + 1.1 \times h_f \tag{5}$
- $h_f = \lambda \times L \times V^2 / 4R \times 2g, \lambda = 8 g / C^2 \tag{6}$

式(1)~(6)中: H' 为富余水头,本次计算取 2 m; Q 为流量 (3.92 m³/s); C 为谢才系数; v 为流速; $H_{\text{净}}$ 为净扬程,取 42.0 m; R 为水力半径; $E_{\text{年耗电量}}$ 为年耗电量, kWh; P' 为密度, kg/m³; T 为年提水总时间; $N_{\text{装}}$ 为装置效率,本次计算取 80%; K 为单位转换系数; K_1 为电费综合单价, 0.8 元 / (kWh); K_2 为管材与施工费用在工程总投资中所占比重系数。各管材经济流速区内对应各年度费用情况如图 1~图 4。

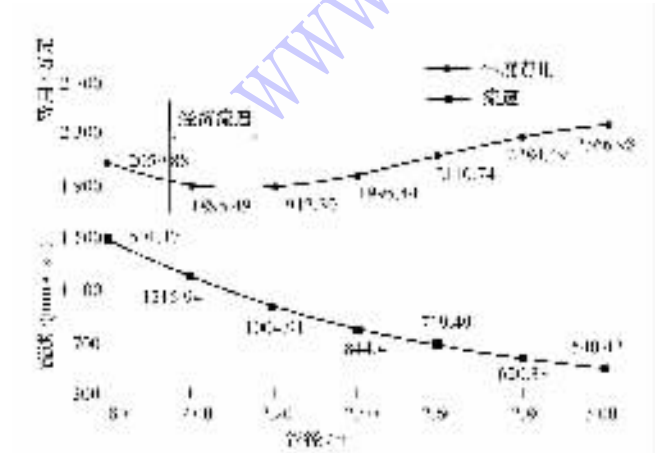


图 1 钢管

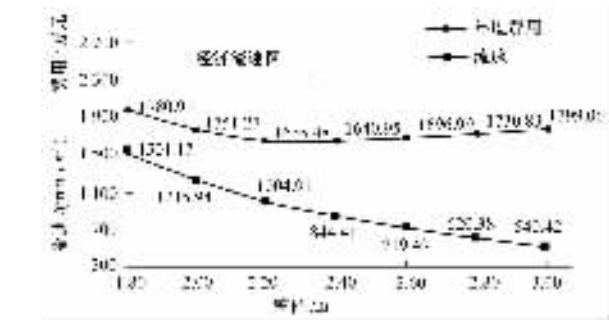


图 2 PCP 管

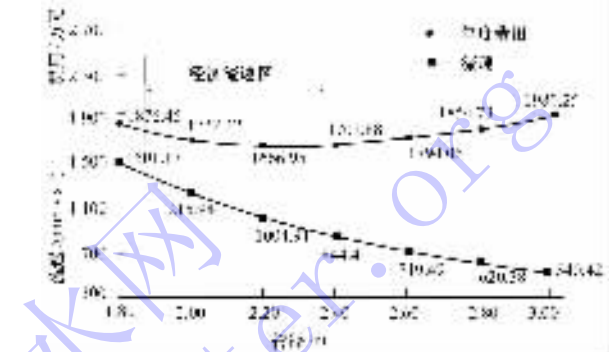


图 3 PCCP 管

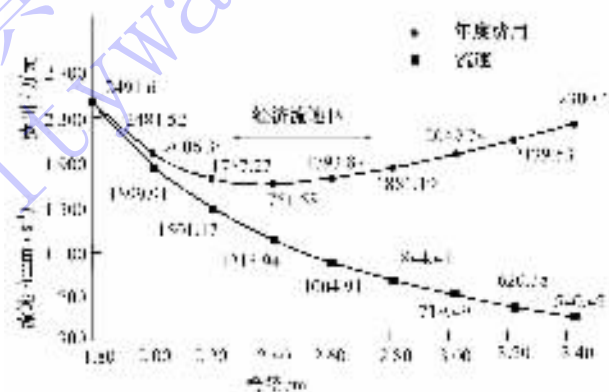


图 4 玻璃夹砂管

从图 1~图 4 可知,在经济流速区内的费用最低点所对应的管径即为各管材的经济管径。相同供水规模下各种管材经济管径相关参数、年度费用及一次性投入费用如表 2 所示。

表 2 各管材经济管径统计表

项 目	管 材			
	SP	PCP	PCCP	RPMP
经济管径/mm	DN2000	d2200	d2200	d2000
糙率	0.012	0.013	0.012	0.009
流速/(m·s ⁻¹)	1.22	1.00	1.00	1.22
设计扬程/m	50.05	45.21	45.21	44.71
管道投资/万元	3 911	2 886	3 902	3 856
年度费用/万元	1 895	1 635	1 667	1 752

从表 2 可知,就目前的管道报价而言,龙口—苗坑段 33 万 m³/d 流量规模,年度费用钢管最高,其次为 PCCP 管,RPM 管更小,而 PCP 管最小,最为经济。



同样的,田坑—西坑段 $22 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 流量规模,相应最经济管道为 PCPd1800。由此,本工程设计经济管道组合为 PCPd2000(龙口—苗坑)+PCPd1800(苗坑—茜坑)。

2.3 建设条件制约下的管材管径选定

本工程从龙口泵站提水,已建龙口泵站的提水能力和沿线地形等工程条件是决定选用管材(管径)的另一个主要因素。结合管线沿程受压情况及地形地势,龙口—苗坑段需选用钢管,对应最经济管径为 DN2000。

此外,管径的选择同时也要满足泵站提水能力的要求,具体见表 3。

表 3 制约管材选型的泵站及管线运行参数

龙口泵站 提水能力	设计净 扬程/m	经济流速/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	过流能力/ ($\text{万 m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)
$H=48.5\sim 67 \text{ m}$	42	0.9~1.4	33(22)
$Q_{\text{单}}=1.9\sim 1.2 \text{ m}^3/\text{s}$			

注:括号内数值为苗坑—茜坑水库段过流能力。

在此,以控制总扬程 $\leq$ 泵站可供 $33 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 水量对应扬程为边界条件,对管道组合为 SPDN2000(龙口—苗坑)+PCPd1800(苗坑—茜坑)进行复核。由于以上组合的流速均位于经济流速的低区,经复核管道的输水能力除满足现状 $33 \text{ m}^3/\text{d}$ 规模外,仍留有一定的富余度。考虑该工程苗坑—茜坑段远期纳入深圳市北线工程(供水规模 $120 \text{ m}^3/\text{d}$),由此在满足了利用现有龙口泵站运行要求前提下,苗坑—茜坑段管道建设从挖掘工程最大供

水能力角度出发,加大调整为 PCPd2000,并依据泵站运行要求
进行复核,结果如表 4 所示。

表 4 选定管道组合有关参数表

选定组合	管道 损失/m	净扬程/ m	设计 扬程/m	设计流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
SPDN2000 + PCPd2000	9.50	38.86	50.36	3.82

注:表中设计流量为 3 台机组联合运行时向本工程可供水流量。

综上,在符合工程建设、运行等制约条件下,在以年度费用为衡量指标进行经济选型基础上得出本工程 SPDN2000(龙口—苗坑)+PCPd2000(苗坑—茜坑)管道选型组合,同时兼顾了工程远期运行要求,选型方案合理可行。工程已于 2003 年建成通水,运行状况良好,经济效益可观。

4 结 语

供水工程管材的比选涉及许多工程的、非工程的因素,但归根结底还是“安全、可行、经济、合理”,根据工程的实际情况建立边界条件,进行动态的经济分析,从而找出最合理管材。本文中报价只能作为暂时的价格依据,在明确选用某一种管材时,应严格按市场询价或招标核实各种管材的价格。同时应综合考虑各种管材的其他力学性能和施工、维护方便程度,以便全面比较进而选定管材及相应管径。

