浅谈长距离供水工程管材的选择

□ 俸荣伟

[摘　要] 长距离供水工程具有敷设管道线路长、管径大的特点，供水管材投资占工程总投资的比重较大，因此，工程中选择经济、技术合理的管材至关重要。结合广西壮族自治区北海市铁山港区原水供水管道改扩建工程实例，从投资经济、管线工程地质、管道安装、管道后期管理维护、使用年限等进行综合分析，为同类型供水工程提供参考。

[关键词] 钢管；球墨铸铁管；PCCP管；管材分析

随着城乡一体化的快速推进，长距离供水工程逐年增多。在长距离供水工程中，供水管材投资占工程总投资的比重也越来越大，因此供水企业如何选择经济合理、技术适用的供水管材是企业不断关注的问题。本文结合广西壮族自治区北海市铁山港区原水供水管道改扩建工程实例，从投资经济、管线工程地质、管道安装、管道后期管理维护、使用年限等分析，推荐DN1400和DN1600管径使用PCCP管；DN800管采用球墨铸铁管作为输水管材。

1 概述

1.1 工程概况

北海市铁山港区原水供水管道改扩建工程主要负责供应铁山港自来水厂原水和铁山港工业用原水，设计供水总规模为44.7万m^3/d，现状供水能力仅为8万m^3/d，原水供水工程主要铺设4根DN1200的玻璃钢夹砂管约26km，但由于部分管段多次发生爆管事故，据现场统计，2016—2020年爆管维修记录共计107次，存在极大的运行安全隐患，且抢修维护工程量和费用逐年增加，严重影响铁山港区的供水安全。另外，根据铁山港区工业园项目的建设进度和发展规划，预测2023年铁山港区计划总需水规模为26.95万m^3/d，现状供水能力无法满足供水要求，因此对供水管道进行升级改造是非常必要的。

工程在隧洞出口的连通井新增2条供水管道，设计输水方式采用有压重力式自流供水。供水管道设计最高日供水量26.95万m^3/d，设计引水流量Q=3.43m/s，经济流速为0.8m/s～1.5m/s，项目供水管网总长约42km，单根管线长约21km。

1.2 用水量需求预测

根据铁山港区现有企业、居民用水需求资料以及铁山港区工业园项目的建设进度和发展规划，预计2023年铁山港区总用水量为26.95万m^3/d（见表1）。

表1 铁山港区工业计划用水统计表

年份	2020年用水量	2021年用水量	2022年用水量	2023年用水量
数量	6.98万m^3/d	15.24万m^3/d	26.38万m^3/d	26.95万m^3/d

2 管径选择

工程设计2个管径比选方案，其中方案一将新建2条DN1600和DN1400供水管，方案二将新建1条DN2000的供水管，该工程推荐采用方案一（见表2）。

3 管材选择

3.1 管材选择原则

对管材的选择，主要从技术和经济两方面进行综合比选，评定内容主要包括以下几方面:

（1）管材具有安全、稳定的性能，并且能够同时承受工程要求的内压和外部荷载；

（2）管材能适应管道敷设区的地形地质情况；

（3）管道具有良好的密实封闭性和防漏能力；

（4）管材来源有保证，管件配套齐全；

（5）管材施工方便，有利于节约工期；

（6）管材使用年限相对较长，且维修费用及工作量少；

（7）管材内壁光滑，在相同的条件下输送水的能力可一直保持不变；

（8）工程造价低、技术经济指标合理等。

[作者简介] 俸荣伟，广西北投环保水务集团有限公司，工程师，硕士。

表2 管径方案比选分析

分析因子	方案一（新建DN1600/DN1400供水管）	方案二（新建DN2000供水管）
基本情况	在现有管网基础上，新建2条DN1600和DN1400供水管，单根管线长约21km，2条管道联合供水规模为26.95万m^3/d	在现有管网的基础上，新建1条DN2000的供水管，管线长约21km，单独供水规模为26.95万m^3/d
优点	供水保证率较高	租地面积较小
缺点	永久占用土地资源多，征地难度较大	维修难度大，单管供水保证率较低
投资	投资相对较大，37973.83万元	投资相对较小，约33140万元

3.2 技术规范推荐

参照《城镇供水长距离输水管道（渠）工程技术规程》（CECS 193—2005），当管道敷设地的地质条件较好，使用压力较低（1.0MPa以下）时，对于大口径输水管道（DN1200及以上），可以通过选择钢筒混凝土管、球墨铸铁管、钢管进行管材比选[1]。当管道穿越特殊地段如穿越河流、铁路、高速公路等时，宜优先选择钢管。

住房城乡建设部、水利部等部委联合印发的《中国节水技术政策大纲》规定，推广使用新型管材，提出管径大于DN1200mm的管材优先考虑PCCP管；管径为DN300mm～DN1200mm的管材优先采用塑料管和球墨铸铁管；管径小于DN300mm的管材优先采用塑料管，镀锌铁管将逐步淘汰。

3.3 管材选择

目前在长距离供水工程中，常用供水管材主要有钢管、球墨铸铁管以及预应力钢筒混凝土管（以下简称PCCP管）[2]。北海市铁山港区原水供水管道改扩建工程供水管道总长度约42km，管道的建设投资约占工程总投资的45%，因此工程选择技术适用、经济合理的管材至关重要。根据工程运行要求，选择钢管、球墨铸铁管、PCCP管作为管道的备用管材，并从水力学、技术性能、抗腐蚀性能、施工及维修等方面进行比选。

3.3.1 水力学条件分析

钢管采用内涂层防腐时糙率为0.009～0.012，PCCP管糙率为0.012～0.0125，球墨铸铁管糙率为0.011～0.012，3种管材的糙率及过流能力基本相当。

3.3.2 技术性能方面

根据《预应力钢筒混凝土管标准》（GB/T1 9685—2005），PCCP管顶覆土深度最大为10m，工作内压最大为2.0MPa；根据《水及燃气用球墨铸铁管、管件和附件标准》（GB/T 13295—2013）要求K9级球墨铸铁管工作内压最大为2.4MPa，承受最大负压为9m；钢管工作内压最大为2.5MPa，承受最大负压为10m。

工程采用管径为DN1400～DN1600，上述3种管材均能满足技术性能要求。

3.3.3 抗腐蚀性能方面

PCCP管及钢管受地下水及场地土的腐蚀影响，需采取一定的防腐措施，管道造价增加。球墨铸铁管本身耐腐蚀能力强，球墨铸铁管在出厂前已完成内外防腐处理，施工现场不必再做防腐处理[3]，管材防腐费用排序为钢管＞PCCP管＞球墨铸铁管。

3.3.4 施工及维修方面

PCCP管和球墨铸铁管采用承插接头，接口方便，但单节管长5m～6m，接头数量较多，且单节管重量较大，PCCP管吊装和搬运相对困难，需要使用大型机械吊装[4]；钢管在现场焊接，对焊接的工艺要求较高，工作量大施工速度较慢，且为确保焊接安全，施工场地保持干燥。从定期维护检修考虑，钢管维护费用最高，其次是PCCP管，球墨铸铁管维护费用最低。

表3管材性能对比结果表明，PCCP管、球墨铸铁管和钢管抗内外压能力、防渗性能等相差不大。PCCP管和球墨铸铁管采用密封胶圈对接，管道密封性好，对接容易，且能适应地基沉陷、变形，维修方便、维修时间短、维修费较低，管材总造价较低。而钢管耐腐蚀性能力较差，焊接接头不易检查，防腐要求高，维修复杂、修复时间长、维修费用高，管材造价最高。

根据表4、表5可知，从经济角度而言，工程采用钢管的方案工程建设总投资最大，其次是采用球墨铸铁管，而采用PCCP管的工程建设投资最少。从施工角度而言，钢管接口采用焊接，工程管道较长，焊接工作量及难度较大，对工期、投资有较大的影响；球墨铸铁管及预应力钢筒混凝土管均可采用承插口连接，施工简单、快捷。从管道抗内压能力、抗外压能力、耐腐蚀性、管道安装维修、施工等方面考虑，球墨铸铁管均占优势。根据工程地勘资料，管线的敷设地质环境现状，管道绝大部分处于原状土地层，球墨铸铁管和PCCP管均可满足工程的运行要求。经综合分析，虽然球墨铸铁管在多方

表3 管材主要性能分析表

管材 / 项目	PCCP管	球墨铸铁管	钢管
单位重量	DN1400管（1.53t/m） DN1600管（1.74t/m）	DN1400管（0.57t/m） DN1600管（0.72t/m）	DN1400管（0.49t/m） DN1600管（0.63t/m）
粗糙系数	0.012～0.0125	0.011～0.012	0.009～0.012
压力等级	0.4MPa～2MPa	2MPa～2.42MPa	0.4MPa～2.52MPa
外部荷载	最大覆土厚度10m	最大覆土厚度9m	最大覆土厚度10m
防渗性能	好	好	好
耐腐蚀性	较强	强	较差
接头密封性	好	好	较好
能否接头试压	可以	可以	可以
施工安装	相对较重，施工难度大, 需使用大型机械吊装	相对较轻，接口及管道安装方便， 不用额外做防腐	相对最轻，吊装容易， 焊接要求较高，防腐复杂
适应地基能力	较强	较强	强
运行维护	维修较方便、维修时间短、维修费低	维修方便、维修时间较短、维修费较低	维修复杂、维修时间长、维修费用高
管材造价	低	较高	高

表4 三种管材综合造价分析表 （单位：元/m）

管径 / 管材	PCCP管		球墨铸铁管		钢管	
	管材费	综合单价	管材费	综合单价	管材费	综合单价
DN1400	1900	2360	3580	6100	2500	5360
DN1600	2300	3080	4050	6860	3300	6430

表5 三种管材工程建设投资分析表 （单位：亿元）

管材	PCCP管	球墨铸铁管	钢管
工程建设投资	3.79	5.05	5.75

面均有优势，但球墨铸铁管工程总投资比PCCP管工程总投资多1.26亿元，约占总投资的33.25%，对工程总投资影响较大，为确保工程的安全运行，提高供水保证率，又满足经济合理的要求，故工程推荐PCCP管为主要供水管材。同时，部分需要跨越防洪堤、高速公路、河流等的供水管道均采用球墨铸铁管。

4 结语

工程属于长距离供水工程，从投资经济、管线工程地质、管道安装、管道后期管理维护、使用年限等角度出发，根据地形地貌和管道压力因地制宜选择不同管材的组合方式，即地形地貌、地质条件较好的路段优先选用PCCP管；对部分地质条件不佳、易发生不均匀沉降、管道运行安全隐患较大的路段优先采用球磨铸铁管，既可保证工程的正常运行，又达到经济实用的目的。

（本文完成单位：广西北投环保水务集团有限公司）

[参考文献]

[1]李增斌.大口径输水管道在引青济秦扩建三期工程施工中的应用[D].武汉:湖北工业大学,2017.

[2]杨爱芬.PCCP管道在南水北调阳谷县续建配套工程输水管道工程中的应用[J].水能经济,2018(6):378-378.

[3]何伟,耿祥,张明胜,等.长距离输水管道工程管材综合比选[J].价值工程,2020,39(3):171-174.

[4]王鹏程.供水工程管材比选探析[J].甘肃水利水电技术,2013,49(2):40-42+63.