

复合压力钢管输水管道在黄土高原陇东地区的运用

吴鹏程

庆阳市盐环定扬黄续建工程建设管理局

摘要:复合压力钢管输水管道在黄土高原残塬梁峁沟壑区、丘陵起伏及河谷区、水系纵横交叉、土壤侵蚀严重、地质构造褶皱简单,地形地貌错综复杂的自重湿陷性马兰黄土区域综合输引水的运用。

关键词:压力钢管;输水管道;黄土高原

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.08.059

一、陇东地区坐落位置

陇东区位于甘肃省东部,俗称“陇东”。陕甘宁三省交界处。北接宁夏回族自治区银南地区,与陕西省榆林市接壤;与陕西省南部的咸阳市、铜川市、平凉市接壤;东与陕西省延安市相连;西邻宁夏回族自治区固原地区。东西宽208公里,南北长207公里,总面积27119平方公里,总人口261万。

(1) 自然地理、地貌和地质特征

庆阳市属于干河中游黄土高原沟壑区,沟壑纵横,丘陵起伏,地形复杂,主要由塬、沟、梁、岬、丘、山组成。总地形北高南低,东西高中间低,海拔885~2082m,高差1027m,海拔1020~1550m,黄土覆盖100m以上,剩余塬区面积27万公顷。北部侵蚀最严重,有梁、岬、冲沟地貌。根据地形,全市可分为南部黄土高原沟壑区、中部黄土高原丘陵区、北部黄土丘陵区 and 子午岭低山丘陵区四个区域。板块和构造位于华北地块的鄂尔多斯地块亚区。有白垩系何欢华池组和第四系各种成因的松散堆积物。

(2) 水文气象

庆阳建了很多水文站。均为国家基本气象站,水文数据可靠。根据1985-2014年30年气象要素统计,年平均气温为9.5℃,极端最高气温为38.1℃,极端最低气温为-25.4℃。年平均风速为2.3米/秒,年平均相对湿度为64%,年平均降水量为531.0毫米,降雨集中在5月至10月,占全年降水量的85.9%。年平均日照时数2503.6小时,无霜期166。最大冻土深度为86厘米,最大积雪深度为23厘米。陇东地处中纬度带,深入内陆,温带大陆性气候,冬季雨雪少,寒冷时间长;春季气温上升快,冷暖变化大;夏季气温高、时间短、降水集中;秋天气温下降快,雨水多,初霜来得早。风干、旱、雹、风、冻、虫都有,特别是干旱。陇东地区地下水总量不是很丰富。根据含水层的赋存状态,可分为潜水和承压水。潜水以泉水的形式归入河流。毛良丘陵区

黄土层中有孔隙潜水,塬区黄土层中有孔隙潜水,河谷冲洪积层中有全新统孔隙潜水。水质多为重碳酸钙镁型淡水,盐度小于1g/L,其资源包含在河流径流中。承压水按岩相自下而上分为四个承压含水层组:宜君洛河组,含块状砂岩和砾岩。华池组,含水层主要为细砂岩,全区均有分布。环河组,含水层为细砂岩,分布在庆阳、环县、华池;罗汉洞组,含水层为粗、细砂岩,分布于西川、马莲河以西,水质良好,矿化度0.5g/L~1g/L。

(3) 文化经济

陇东庆阳市是国家重要的石油、天然气、煤炭能源化工基地,陇东重要的城镇化和工业化地区,区域性交通枢纽和物流集散地,特色农畜产品加工出口基地,文化(民俗)产业示范基地,历史文化和红色旅游度假区,支撑全省经济发展和参与区域竞争的新型工业化地区。依托丰富的资源优势,拓展煤电产业、石油产业等特色产业链,打造陇东传统能源和大数据综合利用基地;市委、市政府所在地西峰区位于“北有河套,南有关中”的董志远中部。它是整个城市的政治、经济和文化中心。庆阳市水资源贫乏,是资源型、水质型和工程型缺水并存的严重缺水地区。

二、复合压力钢管输水管道应用

社会经济的增长,物质基础的丰厚,能源的发展,新材料的诞生,工业急剧增长,在以城市输水为主的调水工程为例,在工程勘测设计阶段,进行区域地质调查、地质构造稳定性,查明输水管道线路沿线泥石流、滑坡、崩塌和潜在的不稳定岩体(土)的分布和规模,不良地质现象对管线布置的影响,对不同岩土体的主要物理力学指标和开挖边坡比值,在不同县域的地质情况,(如环县地层岩性由老到新有:奥陶系(Os)、白垩系(Kjh)、新近系(N6h)及第四系各种成因的堆(沉)积物,颗粒由粗变细,厚度大于230m。以棕红色粉砂(岩)层、粉砂质黏土岩为主,其间夹有次生石膏及钙质结核。地质构造地震基本烈度为VI度,地震动反应谱特征周期为0.45s,区域稳定性及构造性较差。环县北部为苦水河流域,水质咸苦,对砼结构强腐蚀,对砼结构中钢筋、钢结构中等腐蚀。不宜饮用、灌溉和拌制、养护砼)。对管道线路上必须布设的建筑物、构筑物的工程地质的持力层、边坡的稳定性,提出边坡、地基处理的定值。

三、复合钢管输水管道选择

水利枢纽根据其承担的各种任务，多按其功能和特点分类，如蓄水（水库）枢纽和取水（引水）枢纽。它被称为水资源综合利用项目。目前在管材的选择上只比较了供水和引水工程。目前，在设计和施工中应采用涂塑复合钢管。当地质条件差、工作压力高（1.0MPa以上）时，应选用钢管。根据《城市供水长距离输水管道（渠）工程技术规范》（CECS193：2005），泵站出水池管道工作压力高达2.0MPa~4.0MPa，选用涂塑复合钢管。根据陇东地区地形地质条件和工程布置的特点，强调输水线路长，供水方式为泵站加压输水和加压重力流输水。大部分管道位于风成马兰黄土层中，管道穿越沟处采用穿越方式。管道埋深内无地下水分布，优先选用承压能力高、耐腐蚀性能好、不易渗漏的管道。

管道比较：

1、螺旋钢管（SP）和普通钢管一样，是一种在工业上应用广泛的管材，历史悠久，经验丰富。其特点是耐压高、耐振动、重量轻、韧性好、管材和管件易加工、安装维修方便、管长度长、接口方便，但耐腐蚀性差。管壁内外都需要防腐措施。一般来说，螺旋焊管的强度高于直焊管。较大直径的焊管可以用窄的坯料生产，同样宽度的坯料也可以生产不同直径的焊管。能满足各种地形地质条件的要求，安装运输方便，能满足工期要求，运行可靠，维护简单。其缺点是需要重新采取防腐措施，防腐技术要求高，对钢管的腐蚀性影响大，成本高。

2、球墨铸铁管（DIP）的主要成分石墨，呈球状结构，一般规格为 $200\text{mm} \leq \text{DN} \leq 1400\text{mm}$ ，接近钢管的强度，耐压3.0MPa以上，耐腐蚀性高于钢管，延展性好，安装方便，使用寿命长，爆管、渗水、漏水少，可降低管网漏损率和维护成本。缺点是管体比较重，安装困难；球墨铸铁管道承插连接时，必须计算设置支墩；当供水压力较小时，相同管径的球墨铸铁管价格较高。优点：在中低压管网中，具有运行安全可靠、损坏率低、施工维护方便快捷、防腐性能优异、对基础要求低、无需特殊处理等优点。缺点：球墨铸铁管的连接受人为因素（如操作水平）和责任心影响较大，自身重量较大，施工不便。在地形条件复杂的地区，管道布置拐点多，布置管道和加工异形弯头比较麻烦。

3、预应力钢套混凝土管（PCCP）是一种新型钢管。它是用预应力钢丝缠绕钢筒，喷水泥砂浆保护层，用钢承口与钢筒焊接而成的高强度混凝土管芯。插座具有凹槽和裙板，以形成滑动裙板的柔性接头。它是由钢板、混凝土、高强度钢丝和水泥砂浆组成的复合结构，具有钢和混凝土各自的特点。PCCP管具有复合结构合

理、内外压力高、抗裂抗渗性好、爆炸率低、接头密封性好、抗震能力强、施工方便快捷、防腐性能好、维修方便、运行成本低、适用范围广等特点，广泛应用于各类工程建设中。一般预应力混凝土圆柱管直径为DN 600~3600mm，工作压力为0.4~2.0MPa。缺点：承插接口加工精度高；重量大，运输安装不方便，运输过程中损坏率高；变径段或转弯段应用钢管代替。

4、内外涂塑复合钢管（内层EP，外层PE）。内外涂塑复合钢管内壁涂热熔环氧粉末，基管双面埋弧焊螺旋钢管外壁涂热熔聚乙烯。这种管材是一种强度高、安全等级高、耐压高、塑料管防腐性能好、内壁光滑、卫生等级高的复合管。使用寿命长（50年），内壁光滑。是一种性价比很高的复合管道。可用于给水、排水、污水、煤气、海水、循环水、煤浆水，也可输送酸、碱、盐等。根据内衬材料的不同。涂食品级塑料，国家刚刚出台要求，自来水由原来的35项增加到106项，要求管网不得二次污染水质，可以直接饮用。优点：内外涂塑复合钢管机械强度高，适用于恶劣环境；内外涂层能防止金属氧化，耐化学腐蚀性能好；涂层附着力强，结合强度高，抗冲击性能好；低粗糙度系数和耐磨系数，优异的抗异物黏附性；抗老化，使用寿命长，特别合理地输水。缺点：内焊缝处需要二次整形修复。根据四种管材的比选，为了安全运行、耐久、防腐、减少泄漏、便于施工维护、经济合理，通过技术、经济、施工、安全等方面的综合比较，选用管材。

内外涂塑复合钢管（内EP，外PE），通过管材技术比较、管材施工比较、管材经济性比较，四种管材各自都存在优缺点，结合工程的实际地质与地形条件，保障供水的安全性和工程投资的合理性，结合供水工程的设计经验，工程合理的投资，建议或分析选用内外涂塑复合钢管安全、可靠、耐久性能，因此，管材在选择推荐采用内外涂塑复合钢管作为黄土高原供水管道的首选管材。管径的确定，以输水建筑物：用以输送水流，如引（供）水隧洞、渠道、渡槽、涵洞、管道等建筑物的工况，根据供水管道的批复流量，通过水力学计算，保证在带有压力流的运行工况下，通过比选不同管径综合比选，以工程总投资为前提，从管径方案及其系统运行安全性、施工工期、相应阀门制作安装普遍性等方面进行比较择优选择管径，在具体工程布设中若隧洞、渠道、渡槽、涵洞、管道、泵站、出水池、蓄水池等多个建筑物、构筑物叠加布设，在确保流量、投资、效益、施工可操作性高的条件下，可考虑多种管材材料组合，对于泵站加压段管材材料及管径推荐采内外涂塑复合钢管，依据工程设计总扬程，额定总装机容量，设计总引水流量，工作压力分类，输水线路总长，采用的内外涂塑复

合钢管,泵站提水段拟定管径,壁厚根据其工作压力拟定管径、壁厚。上下游管径、壁厚可适时调整。复合钢管输水管道管材及管径、壁厚、工作压力等在选型、投资、效益、施工中可操作性高。(可节约成本、简化原有的混凝土渡桥、混凝土排架、易安装、好维修)综上所述,复合钢管输水管道适应性强,在黄土高原陇东地区具有强腐蚀的地表下埋设比较持久耐用,相对对地质地形要求不高,可操作性强。

四、输水、引水管道线路布设建(构)筑物

根据选定输水管道线路地形地质条件,沿途布设的跨沟建筑物-渡管。剔除原有的、陈旧的设计观念,适时淘汰经济效益差、施工难度大,运输成本高的混凝土预应力管道(混凝土预应力管道管节短、体积大、重量大、运输难、吊装场地局限、地质要求高,管道基础结构高,安装危险,难维修),沿管道线路所设的建(构)筑物的排气、补气阀井、放空阀井、隔断阀井、分水井、检修井,调流减压室等功能性建(构)筑物多。管道线路的选择受地理环境与城市发展的影响,一般都会布置在距离城市偏远的地方,多为山地荒野及部分农田交替区,尽量避开民居集散地、村镇集中地,但在黄土高原陇东地区输水、引水管道线路勘察及布置上受制约的因素太多,很难有理想的、经济的、操作性高的线路,为落实建设的重要性,解决陇东地区庆阳市水资源贫乏,水资源利用率低,水质元素差、供水水源单一的严重缺水状况并存的供水矛盾。

五、输水、引水管道线路一般呈长线布置,往往跨多个乡镇、县域、相邻市域、甚是跨省域布设,管道线路经过的麦田、经济亩、苗圃、耕地、牧草地、经济林地、封山育草育林地等避让不了的、必经卡脖子的必须在与其他建筑物交叉,对于工程涉及征地移民安置,根据《中华人民共和国土地管理法》的有关规定,计算安置生产人口调整产业结构的方式安置。涉及拆迁、砖混房屋、厕所、砖围墙、坟墓、景观行道树、零星经济树、乡镇供水管线、通讯杆、通讯光缆、电线杆等交汇石油管线、穿越高速桥洞、机场、穿国道、省道、县道及其他道路的纵横交错,为达到工程应有的工况,合理的投资、更具实施性及运行维护的可靠性,通常以常规施工有压埋管、拖拉管、顶管、渡管、过流直埋管为主。管道多采用沟埋式布设,在管槽土石方开挖、为保证施工安全,管槽临时开挖边坡、明管段永久开挖边坡比例的确定,遇到高边坡时,边坡稳(滑坡)管道的纵向设计坡比等因素,管线陡坡段为防止管槽表层回填土被雨水冲刷带走,设置横向隔墩,沿陡坡段左右侧设排水沟。管线部分穿越耕地陡坎处,为方便后期耕种,用

浆砌石护坡恢复如初。埋管段埋置深度保证在冻土层以下,考虑管道的安全运行和日常维护,设计管顶覆土1m以上。输水管线地层岩性存在中等~强湿陷性,为保证管道运行期自身安全稳定,防止安装后回填时管道底部形成空腔或发生基础沉降,在开挖管槽底部进行基础处理之后,将管道置于垫层之上,分层夯填,分层碾压至管顶,在采用开挖料进行土方回夯填。

六、水土保持、环境保护在建设过程中应严格执行水保环保有关要求,为考虑水保环保、土壤植被不向荒漠化草原过渡,水土保持防治标准应考虑执行一级标准。施工完成后从保证输水管道安全方面,采取一些水土保持措施和绿化措施,如护岸、截水墙、边坡防护、稳管措施和站场绿化等。在沟道、河流、坡面等地段时,为防洪水冲刷,保证河岸和边坡的稳定,采取护坡和挡土墙、排水沟等有效保护管道。为保护大气、对扬尘围挡、洒水降尘废水收集生活污水处理噪声隔离等措施。

七、管道线路在坍塌滑动区一般措施尽管在选线过程中尽量避开塌陷区,输水线路大多数表部地层湿陷性,河道切割深度大,两岸及沟底松散堆积,管槽基础主要为风洪积粉质壤土(Q: Ieolp),结构松散土质不均,不良物理地质现象的黄土陷穴、黄土侵蚀、崩塌、滑坡、水土流失,崩塌主要发生于管道区跨沟段,黄土沟谷陡峭岸坡段,会在工程建成、投运后带来不小损失及维护费用;黄土结构疏松,抗蚀能力弱,加之降水集中,因此,每遇暴雨,沟谷常有泥石流发生,经过河道、沟谷直埋管道、构筑物等常受到冲毁。在坍塌或滑动地方培厚加固处理,对落水处进行夯填,对管基进行平面夯实处理,对镇(支)墩地基土进行原土翻夯加水泥土垫层处理。

结束语

为解决庆阳市各县、城区供水水源单一,缺少与城市发展相配套的水源工程,在充分利用陕甘宁盐环定扬黄甘肃专用工程近期富余水量,为庆阳市提供水源,保障城市在极端条件下的供水安全,同时也对水资源优化配置起到了十分重要的作用。

参考文献

- [1]《城镇供水长距离输水管(渠)道工程技术规范》(CECS193:2005)
- [2]《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)
- [3]尹可婷.关于涂塑复合钢管在东山供水工程中的应用[J].山西水利科技.2021,(02)

作者简介:吴鹏程(1983-),男(汉),甘肃镇原人,工程师,主要从事水利水电施工管理工作。