

钢外护管直埋热力管道空气层环形空间复合换热计算研究

哈尔滨工业大学 那 威[☆] 邹平华

关键词 空气层 复合换热 当量导热系数 环形空间 直埋热力管道

直埋热力管道保温性能的优劣是影响热网输送效率、保证蒸汽或高温热水等高温热媒热工参数的关键。在钢外护管直埋热力管道中设置空气层或将空气层抽真空后形成真空层是提高热力管网输送效率的新方法,有助于增强防腐、监视管道运行过程中泄漏情况。钢外护管直埋热力管道是真空保温技术应用的新领域,钢外护管直埋热力管道中空气层的真空度较低,空气层的绝对压力控制在 1 000 Pa 以上,不同于在空间技术、超导设备用低温液体的储藏和运输等领域中应用的中高真空(真空绝对压力小于 1 Pa),结合实验和理论研究确定合理的钢外护管直埋热力管道空气层环形空间的热力计算方法,对于工程上提高直埋热力管道保温性能及优化设计都有重要的实际意义。本文分析了国内外相关资料,结合钢外护管真空复合保温直埋管道热力分析的研究成果,提出了空气层环形空间内导热、对流和辐射换热的当量导热系数计算方法,并分析了在不同空气层压力(1 000~101 325 Pa)、不同热媒温度(200, 250, 300 °C)下空气层换热量的变化规律。工程中计算空气层环形空间内高、低温壁面间的换热量,当空气层绝对压力高于 1 333 Pa 时,可近似认为空气的导热系数不随压力变化,使用常压(101 325 Pa)下空气导热系数计算导热换热量,当空气的绝对压力小于 1 333 Pa 时,采用修正常压下的空气导热系数的方法来计算不同温度、压力下的空气的导热系数。一般采用普朗特数 Pr 和格拉晓夫数 Gr 为自变量构造函数以修正导热项来计算对流换热量,当 $PrGrL^3 \leq 10^3$ 时,计算时可忽略空气层高、低温壁面间的对流换热。空气层环形空间内高温壁面和低温壁面的辐射换热采用无限长同心圆筒面的辐射换热公式计算。采用本文方法的计算结果与实验结果的吻合程度较好,偏差小于 8.6%,说明本文方法正确。实验结果表明单位长度钢外护管直埋热力管道的空气层换热量随空气层绝对压力的降低而减少。以热媒温度 250 °C 的情况为例,当空气层绝对压力从 101 325 Pa 降到 5 000 Pa 时,空气层换热量降幅较小(降幅为 1.3%)。当空气层绝对压力低于 2 000 Pa 时,空气层换热量降幅较明显(降幅为 21.2%)。可见,当空气层绝对压力低于 2 000 Pa 时,空气层换热量降幅较大,直埋热力管道的空气层保温性能较好。本文提出的方法也适用于计算其他环形空间内导热、对流和辐射三种传热方式并存的复合换热问题。

[☆] 那威,男,1979 年 1 月生,在读博士研究生;150090 哈尔滨市海河路 202 号哈尔滨工业大学二区 223 信箱;
电话:(0451) 82291874,传真:(0451) 86283342;E-mail:nawei79@126.com