

国外某污水处理厂大管径重力流工艺管道螺栓合理紧固力矩的探讨

杨非 邓明泽

中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司工程建设分公司

DOI:10.32629/btr.v3i8.3303

[摘要] 对孟加拉达舍尔甘地污水处理厂地埋重力流工艺管道进行了受力分析,确定了大管径重力流工艺管道螺栓和螺母在最不利荷载作用下所受到最大的拉压应力,分析了在高强度等级螺栓紧固力矩作用下,三元乙丙橡胶垫片受到的压力,据此提出了合理的用于施工质量控制的紧固力矩值。对法兰和紧固件强度的匹配设计问题进行了探讨,可为类似的工程参考。

[关键词] 重力流工艺管道; 螺栓螺母; 垫片; 紧固力矩

中图分类号: U664.9+2 **文献标识码:** A

引言

孟加拉达舍尔甘地污水处理厂是南亚地区在建的最大的污水处理厂,是当地重要的环保工程和改善当地居住环境的民生工程。项目业主为孟加拉达卡水务局,咨询为韩国和当地二家设计公司组成的HEC咨询团队。项目位于孟加拉首都达卡市郊区,污水处理厂日处理规模为50万立方米。项目包含污水提升泵站、4.8km长大管径双GRP污水输送干管、污水处理厂及污泥焚烧系统四大部分。这是中国电建国际和水电顾问集团在重点国家的重点建设项目,该项目由成都勘测设计研究院有限公司工程建设分公司实施EPC总承包项目管理。

主厂区设计有大管径地埋式重力流工艺管道,管道直径在700mm-2650mm之间。重力流最大的设计压力小于0.25MPa,工艺管道的材质为镀锌钢管,设计采用与供水管道相同等级即PN10的钢管。法兰采用突面板式平焊法兰(RF),垫片采用三元乙丙橡胶(EPDM)垫片,其最大工作压力在1.6MPa以下。螺栓采用六角头螺栓,螺母采用六角螺母。螺栓和螺母的材质为钢材、采用镀锌钝化处理并采用强度等级为8.8级的螺栓。垫片采用钢制管法兰用非金属平垫片及大直径钢制管

法兰用垫片。

以上材质在2019年7月7日得到咨询工程师的批准,在工艺管道安装过程中咨询工程师要求承包人按螺栓等级为8.8的紧固力进行控制,总包方认为该要求不合理,过高的紧固力会导致垫片损坏,因而,与咨询工程师开展了如下的技术探讨:

1 重力管道及其紧固件的设计

孟加拉达舍尔甘地污水处理厂重力管道和紧固件的设计选择如下:

1.1 工艺管道。工艺管道包括法兰、刚性防水套管、止水翼环等管件设计上采用碳钢Q235的热镀锌钢管,其屈服强度为235MPa。

1.2 垫片的选择及其设计参数。重力流工艺管道其法兰紧固件垫片设计选用的是三元乙丙橡胶垫片(EPDM),该垫片具有优越的耐氧化、抗臭氧和抗侵蚀的能力,具有极好的硫化特性。具有优异的耐臭氧、耐热、耐酸碱、耐水蒸汽,可在120℃下可长期使用。由于EPDM缺乏极性,不饱和度低,因而对各种极性化学品如醇、酸、碱、氧化剂、制冷剂、洗涤剂、动植物油、酮和脂等均有较好的抗耐性,因而,总包认为在污水处理厂重力流工艺管道选用该垫片是

合适的。

按产品说明书EPDM的抗拉强度为10MPa以上,硬度为60,比重在1.2-1.4之间。

1.3 螺母和螺栓的选择。厂家提供给承包人的紧固件-螺母和螺栓的等级为8.8级,其屈服强度为640MPa。这属于高强螺栓。高强螺栓可用于高强条件,但也可用于低强条件。重力流工艺管道是在低应力等级下工作,因而,按高强条件进行螺栓紧固力矩的要求是不合理的,这是因为过高的紧固力矩会导致过大的应力作用在垫片上,会导致垫片在正常使用前损坏。因而,在8.8等级紧固力矩作用下,垫片受力大小的分析计算是能否说服咨询的关键。

2 地埋工艺管道和紧固件的受力分析

2.1 地埋工艺管道受大的最大应力分析。针对不同管径、不同螺栓规格和个数以及根据地埋工艺管道在最不利的荷载作用下进行了结构计算,6种不同直径的管道在最不利的荷载作用下,其最大的拉力为15.9MPa,最大的压力为13.6MPa,螺栓所受到的平均最大的拉力小于0.5MPa,最大的平均压应力为0.34MPa,见表1。

表1 地理工艺管道在最不利荷载作用下最大拉压应力计算结果

设计管道编号	管道外径 (mm)	螺栓		管道所受最大应力		螺栓平均所受最大应力		钢材允许拉应力 (MPa)
		个数	规格	拉 (MPa)	压 (MPa)	拉 (MPa)	压 (MPa)	
3	1820	40	M45	15.9	13.6	0.40	0.34	205
5	1620	40	M45	8.9	7.74	0.22	0.19	205
6	2020	48	M48	10.8	9.52	0.23	0.20	205
6	2650	64	M52	10.8	9.52	0.17	0.15	205
7	1820	40	M45	12.4	10.6	0.31	0.27	205
8	2650	64	M52	4.6	4.42	0.07	0.07	205

注: 表中最大应力是假定工艺管道是在简支梁工况下最不利的应力。

表2 螺栓等级为4.8和8.8情况最大紧固力作用下垫片受到的压力

管道外径 (mm)	法兰尺寸			螺母和螺栓		法兰尺寸 (mm)		封闭面积 (mm ²)	接触面积 (mm ²)	最大预紧力 (kN)		总预紧压力 (kN)		作用在法兰压力 (Mpa)		
	D	K	L	个数	螺纹规格	C	B			d	f	等级 4.8	等级 8.8	等级 4.8	等级 8.8	等级 4.8
20	850	810	26	24	M24	40	724	775	5	1430 21	37.0	74	888	1776	6.2	12.4
1220	1530	1340	33	32	M30	60	1224	1295	5	6345 04	57.4	115	1837.44	3680	2.9	5.8
1880	2045	1970	39	44	M36	88	1824	1920	5	6189 92	57.4	165	2526.48	7260	4.1	11.7

说明 采用 GB T9119-2010 标准

采用 ISO898-1

总包认为管道所受到的最大应力与螺栓所受到的最大应力相同,但螺栓所受到的最大应力并不等于垫片所受到的最大应力。垫片会传递压应力,会减弱螺帽所传来的拉应力,进一步了解垫片在紧固力作用下的应力值是非常重要的。

2.2 垫片在不同螺栓紧固力矩作用下的受力计算。采用GB9119-2010法兰标准、HG 20267垫片标准以及ISO898-1标准计算出螺栓等级分别为4.8和8.8等级情况,最大紧固力作用下作用在法兰上的压力,也就是作用在垫片上的最大压力,其结果见表2。

作用在垫片上的压力在2.9-6.2MPa之间,而若采用8.8等级的高强螺栓,其作用在垫片上的压力在5.8-12.4MPa之间。表中作用在法兰上的紧固压力考虑了螺栓和螺丝应力松弛的影响,实际最大压力大于表中的计算结果。若强行按高强螺栓紧固力矩实施的话,大概率会将三元乙丙橡胶垫片(EPDM)损坏。

以上计算出垫片所受到的压力超出了EPDM垫片正常的受力范围。因而,采用高强螺栓来实施紧固力矩的要求是不合理的。

2.3 咨询工程师的校核计算。咨询工程师对总包所提供的技术文件进行了非常详细和认真的审核,其关注的内容如

下:①管道最大应力的校核。采用ABAQUS V6.13对管道进行了模拟计算,在最不利荷载作用下得到的最大拉应力为16MPa,与承包人的分析结果15.9MPa几乎相同。②作用在螺栓上的最大应力。咨询工程师采用有限元对管道、螺栓进行了受力分析,得到作用在螺栓上的最大应力为13MPa,这与管道上所受到的最大拉力是非常接近的。③作用在法兰上的压力。咨询工程师对螺栓等级为4.8施加紧固力矩分析,发现作用在法兰上的压力在3.1-4.4MPa之间,而当对螺栓等级为8.8施加紧固力矩时,发现作用在法兰上的压力在8.8-12.9MPa之间,与承包人的计算结果接近。咨询工程的计算结果与承包人的计算结果略有差异的原因是咨询采用了略为不同规格的螺纹。④咨询工程师最终的决策。咨询工程师对承包人的提议进行了全面的复核并进行了必要的校核计算,发现若采用高强度螺栓所对应的紧固力,其作用在垫片上的施工荷载比垫片材料自身的抗压承载力高。最终咨询工程师更改了自己的指令,同意采用低等级螺栓所对应的紧固力矩来进行施工,而非最初指示的采用高强度螺栓实施最大紧固力矩进行施工质量控制。

2.4 紧固力最终实施标准。项目起初考虑采用ISO898标准,但考虑DIN267含

有本工程所需所有大直径管道用螺栓,最终推荐紧固力标准按DIN267标准中一般构造用钢标准执行。

有资料介绍,若采用高强度螺栓,但采用低强度螺母,紧固力应则按低强度的螺母来进行控制。

3 结论

3.1 高强度工艺管道配备高强度的螺栓和螺母紧固件,但配备低强度的垫片,它们彼此之间的强度不匹配。其螺栓紧固力控制条件是应保证低强度的垫片在施工过程中不至于损坏,而不是要按最高强度等级的螺栓和螺母的紧固力矩来进行施工质量控制。

3.2 在设计上对螺栓和螺母的选择其材料的强度应与法兰的强度相匹配,特别应用于是重力流的工艺管道。

3.3 螺栓紧固力矩选择若规范上对不同材质的法兰和紧固件有明确规定的,可避免工程上不必要的误解。

3.4 国内工程设计往往是直接采用标准图集或标准规范或采用惯例,而不一定对细节进行分析,而很多国际EPC总承包工程要求承包人对每一过程给出详细的设计计算。虽然工程会因为咨询过高的要求而有所耽搁,但另一方面可全面提升总承包商应对各种技术难题的能力。

【参考文献】

[1]卓靖.三元乙丙橡胶力学及压缩永久变形性能研究[D].上海大学,2011.
 [2]王盼盼,宋鹏云,杨玉芬.国内外法兰连接典型设计方法讨论[J].石油化工设备,2008(01):49-53.
 [3]丁起,王明远.大管径顶管施工技术在水处理厂工程中的应用[J].中国水利,2001(10):92.
 [4]罗长伟.西北某污水处理厂提质增效工艺研究[D].长安大学,2019.
 [5]梁佳良.某污水处理厂改造工程施工工艺研究[D].长安大学,2018.
 [6]李春光.污水处理厂节能技术和国外实例简介[J].中国市政工程,2013(05):44-46+104.
 [7]李佳慧.不同投资模式在国外污水处理厂的应用[N].中国环境报,2014-05-29(004).