

管道壁厚的合理计算和选择

裴孝君 李莉(天津渤海化工集团规划设计院,天津 300450)

摘要:讲述了合理计算和选择管道壁厚的方法及其重要性。

关键词:管道;壁厚;计算;公式;选择;原则

管道壁厚的计算及选择是管道设计中最基本和最常见的问题,其选择方法有两类,一类是通过理论计算,另一类是选择管子的壁厚系列。然而在实际设计过程中对于管子壁厚的选择却非常混乱,经常会出现凭经验估算、乱套管子壁厚系列表(SCH)表、不经过演算随意套用某些手册数据的现象,有的甚至认为管道壁厚越大越好,随意扩大管道壁厚,不仅给安全带带来隐患,而且也造成建设成本的提高和材料的浪费,因此,正确的选择管道的的壁厚是设计过程中非常必要和重要的环节。

1 理论计算选择管道壁厚

根据 GB50316-2000《工业金属管道设计规范》,管子壁厚的计算公式如下:

$$\delta = \delta_0 + C$$

$$\delta_0 = \frac{PD}{2[\sigma]\phi + P}$$

$$\text{即 } \delta = \frac{PD}{2[\sigma]\phi + P} + C$$

式中:

- δ → 选用管壁厚度 (mm);
- δ_0 → 设计管壁厚度 (mm)
- P → 设计压力 (MPa);
- D → 管子外径 (mm);
- $[\sigma]$ → 在设计温度下材料的许用应力 (MPa);
- ϕ → 焊接接头系数,对于无缝钢管 $\phi=1$,焊接钢管 $\phi=0.8$,螺旋焊接钢管 $\phi=0.6$;
- C → 厚度附加量之和 (mm);
- $C = C_1 + C_2 + C_3$;
- C_1 → 厚度减薄附加量,包括加工、开槽及材料厚度负偏差 (mm);
- C_2 → 腐蚀或磨蚀附加量 (mm);
- C_3 → 螺纹加工深度值 (mm);

1.1 设计压力P和温度T的计算和选定

根据标准 GB 50316-2000《工业金属管道设计规范》,除了工艺有特殊的条件或要求外,一般管道设计压力和设计温度可按表1进行确定。

表1 设计压力和温度表

正常最大工作压力 P.(MPaG)	设计压力 P(MPaG)
P取两式中大者	$P \geq P_0 \times 1.1$ $P \geq P_0 + 0.1$
正常最高或最低工作温度 T ₀ (℃)	设计温度 T(℃)
$T_0 < -29℃$	$T = T_0$
$T_0 = -29℃ \sim 0℃$	按工艺条件确定
$T_0 = 0℃ \sim 300℃$	$T \geq T_0 + 30℃$
$T_0 > 300℃$	$T \geq T_0 + 15℃$

1.2 管子外径D的确定

管子的外径包括A、B两个系列,A系列为国际通用系列(俗称英制管),B系列为国内沿用系列(俗称公制管),不同的系列关系到管道中法兰选择系列^[1],但无论选择哪种系列的管子,在确定钢管的外径之前需要对钢管的公称直径DN进行计算,而对于给定的流量,管径的大小与管道系统的一次投资费(材料和安装)、操作费(动力消耗和维修)和折旧费等项有密切的关系,应根据这些费用作出经济比较,以选择适当的管径,此外还应考虑安全流速及其它条件的限制。以下将采用预定介质流速的方法来选管径,可用于工程设计中的估算,计算公式如下:

$$d = 18.81 W^{0.5} u^{-0.5} \rho^{-0.5}$$

$$\text{或 } d = 18.81 V_0^{0.5} u^{-0.5}$$

式中:

- d → 管道的内径 (mm);
- W → 管内介质的质量流量, kg/h;
- V_0 → 管内介质的体积流量, m³/h;
- ρ → 介质在工作条件下的密度, kg/m³;
- u → 介质在管内的平均流速, m/s。

上式中介质在管内的平均流速u是预定的,可参考HG/T 20570《工艺系统工程设计技术规定》中不同介质的常用流速表。

1.3 钢管许用应力[σ]的确定

金属材料在进行拉伸试验时,应力变化和材料变形分为弹性阶段、屈服阶段、强化阶段和局部变形阶段。通常钢材是以屈服作为破坏的准则,但是在制造和使用时会由于各种因素影响其实际使用,因此采用一个统一打折的方法规定材料的许用应力,零件或构建中的工作应力不准超过许用应力。钢管在不同温度下的许用应力可根据GB150《钢制压力容器》进行查询。

1.4 管道厚度附加量C的确定

管壁附加厚度C值的选用如表2:

表2 管壁附加厚度C值选用表(mm)

管壁制造偏差 C ₁	直管及弯管 R≥3.5D 时	C ₁ =0.18δ ₀ +0.5	
	弯管且 R<3.5D 时	C ₁ =0.22δ ₀ +0.5	
介质腐蚀减薄值 C ₂	低腐蚀性介质		
	腐蚀速度 ≤0.05mm/a	单面腐蚀	C ₂ =1
		双面腐蚀	C ₂ =2
	腐蚀速度 >0.05mm/a	单面腐蚀	C ₂ =2
双面腐蚀		C ₂ =4	
腐蚀速度 >0.1mm/a		C ₂ 由具体腐蚀速度和使用年限确定	
螺纹加工深度 C ₃		C ₃ =1.5	

(下转第13页)

无效注水循环现象。因此,合理的油藏提液时机应为 $fw_1 - fw_2$ 之间。

2.2 提液方式优选

结合油井所在位置有效厚度、储层平均有效渗透率、井网完善程度、注水受效情况,将可提液油井进行分类处理。

对位于油藏高部位、有效厚度大、渗透率高、井网完善、注水受效好的油井,该类油井一般供液较为充足,动液面高,可换用大机型抽油机进行抽采,同时加大抽油泵泵径,在合理范围内提高抽油机冲程冲次。存在杆管偏磨现象的油井,可更换电潜泵、螺杆泵进行采油。

对位于油藏一般位置、有效厚度小、注水受效一般的油井,该类油井一般层间渗透率极差较大,产液剖面不稳定,对应注水井吸水剖面不均匀,存在单层过度吸水现象,可对连通注水井进行调剖,同时结合细分注水,改善吸水剖面,提高中低渗透层动用程度。油井进行卡堵水处理,在此基础上进行换大泵开采。

对于油藏边部的油井,该区域储层发育差油层厚度小,渗透率低,油井普遍供液不足。可对该区域油井进行酸化压裂改造处理,提高储层孔渗状况。同时,补充完善油藏边部注水,提高地层能量,增加油井生产的物质基础。

对于区域内已报废或停产停注老井,积极进行区块油藏开发动态分析,找出潜力所在,适时进行报废老井侧钻来增加生产井数,从而达到区块整体提液的目的。

3 结语

3.1 酸化压裂和调剖分注技术的不断发展进行,使得低渗透油藏油井提液成为可能,合理组织相关措施的开展,可实现提高油藏产油量和最终采收率的目的。

3.2 根据相对渗透率曲线和无因次采液指数计算,可得出合理的油藏提液时机为无因次采液指数开始上升的含水率 fw_1 到相渗曲线平衡点对应含水率 fw_2 之间。

3.3 对不同地质特征、不同开发特点的油井,应结合油藏动态分析和精细描述进行区别对待,一井一策合理开展提液工作。

参考文献:

[1]马功联,刘志萍,全宏等.通61断块特高水期提液技术研究与实践[J].大庆石油地质与开发,2004,23(6):43-45.

[2]宋玉旺,马伟亭,司宝等.电潜泵提液采油配套技术的应用[J].特种油气藏,2008,15(4):86-89.

[3]张超,郑川江,肖武等.特高含水期提液效果影响因素及提高采收率机理[J].油气地质与采收率,2013,20(5):88-91.

[4]卫秀芬,刚哈.大庆油田压裂工艺技术创新发展与前景展望[J].石油规划设计,2012,23(5):1-6.

作者简介:余保海(1985-),男,2010年毕业于中国石油大学(华东)地球资源与信息学院地质学专业,现就职于中国石油长庆油田分公司第七采油厂大板梁作业区技术组,主要从事采油工艺技术管理工作。

(上接第11页)

通过以上对管道壁厚计算公式的解析可知,理论计算考虑的因素比较全面,因此计算结果则相对可靠些。

2 选择管子的壁厚系列

管子和管件除了以公称直径分级外,还以管壁厚度分级,目前常用的分级方法主要有以下几种:

2.1 以管子表号“Sch”表示的壁厚系列

管子表号“Sch”适用于焊接钢管和无缝钢管,管子表号是设计压力与设计温度下材料许用应力的比值乘以1000,并经圆整后的数值。公式如下:

$$Sch = \frac{P}{[\sigma]} \times 1000,$$

式中: P → 设计压力 Mpa ,

$[\sigma]$ → 设计温度下的材料许用应力 Mpa 。

管子表号“Sch”并非壁厚值,但与壁厚有直接关系。同一直径的管子,每种表号均有相对应的壁厚值。而相同表号不同直径的管子,其壁厚各不相同。同一材料、同样温度、表号相同的管子所能适应的设计压力是相同的。管子的表号系列^{[2][3][4][5]}有:Sch5S、Sch10S、Sch10、Sch20、Sch30、Sch40S、Sch40、Sch60、Sch80S、Sch80、Sch100、Sch120、Sch140、Sch160(其中带“S”者仅用于奥氏体不锈钢管)。与理论计算公式相比,此处只考虑了压力的因素,因此只能对管子的壁厚进行粗选。

2.2 以管子质量表示的壁厚系列

美国ASME标准规定的以质量表示的壁厚分为:

- 标准质量管,以STD表示;
- 加厚管,以XS表示;
- 特厚管,以XXS表示。

我国低压流体输送用焊接钢管(GB/T 3091),管端用螺纹和沟槽连接的6-150mm的钢管壁厚分为普通钢管和加厚钢管。

3 结语

管道壁厚选取的步骤和原则如下:

3.1 管道壁厚选取之前应首先计算管道的管子表号“Sch”,然后根据标准规定粗选管子壁厚,再通过理论计算与之比较,根据标准GB/T 17395-2008《无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差》选择钢管的尺寸。

3.2 不应随意扩大管子的壁厚,够用即可,因为壁厚扩大了,管系产生的热应力就会增大,反而会增加管系的不安全因素,除此之外管系对管道支吊架的作用力也增加了,增大了土建、结构的设计、施工难度,增大了施工费用,从经济上来讲也不合理。

3.3 对于高温和特殊管网,应进行应力分析。管道壁厚的选取还应满足降低管网局部应力的要求。

3.4 管道壁厚的选取要充分考虑项目所在地的实际情况,应便于管道的采购。

参考文献:

[1]HG/T 20592-20635-2009《钢制管法兰、垫片、紧固件》。

[2]ASME B36.10《焊接和无缝锻轧钢管》。

[3]ASME B36.19《无缝钢管》。

[4]HG 20553-2011《化工配管用无缝及焊接钢管尺寸选用系列》。

[5]SH 3405-96《石油化工企业钢管尺寸系列》。



访问我们的官方网站了解更多内容

扫描二维码关注