

山丘地区建厂之总图设计

杨成贵¹, 杨 浩²

(1. 中国石油工程设计有限公司西南分公司, 四川 成都 610017;

2. 西南油气田分公司罗家寨项目部, 四川 成都 610051)

摘 要: 针对近年来天然气净化(处理)厂大多建设在丘陵、山区的工程实际, 以科学的设计理念, 结合工程设计实践, 对山丘地区建设工厂的选址、总平面设计、竖向设计以及土石方工程等方面进行了分析讨论。

关键词: 山丘地区; 厂址选择; 总平面设计; 竖向设计; 土石方

文章编号: 1006-5539(2005)05-0057-04

文献标识码: A

0 前言

在平原地区建厂, 总平面布置采用集中式布置, 不论在国内还是在外国都有较成熟的经验。近年来我国新探明的天然气气藏大多位于丘陵、山区, 新建天然气净化(处理)厂将面临在山丘地区建设的问题。怎样才能使山丘地区建厂的总图设计更加合理, 是摆在总图设计同仁面前的现实课题。

克拉 2 气田是西气东输工程的主力气源, 位于新疆天山南麓, 属低中山地貌, 该工程涉及面广, 包括天然气采集、处理、外输等工艺主体部分以及生活公寓、供水、110 kV 输变电、道路、废物处理等辅助配套系统。笔者作为克拉 2 工程的总图专业负责人有幸全程参与了该工程各阶段的设计工作, 在山区投资建设数十亿的大工程, 对总图专业来说确实不易。下面就结合克拉 2 气田工程设计情况, 对山丘地区总图设计的厂址选择、总平面设计、竖向设计、土石方工程等方面谈谈体会。

1 厂址选择

1.1 现场选址

克拉 2 气田工程地形情况, 气田区域绝对高程为 1 300~1 550 m, 属低中山地区。具体到其天然

气处理厂(该工程称为中央处理厂, 以下同), 其相对高差为 40 m 左右, 可参照丘陵地区处理。

山丘地区现场选址, 应做好以下工作: a) 到现场前, 对大致用地规模做到心中有数, 并在 1:5 万地形图上明确气田区域, 认清山脉、水系以及天然气集输的大走向的基础上初选 3~5 个方案; b) 到现场实地踏勘初选方案, 对适合建厂的厂址方案一定要现场多走走、多看看, 用手持 GPS 现场一边粗略测距以明确用地大致范围一边环绕用地范围步行一周——实实在在地“踏勘”用地范围内的地形地貌情况, 现场及时对用地范围进行微调, 尽量避开地形地貌条件恶劣的用地。并爬上附近的制高点俯瞰用地全貌, 看山脉、水系走向与 1:5 万地形图上标示有无大的出入; c) 尽量用数码相机或摄像机将现场地形地貌拍摄下来, 以备设计、讨论时回看或制作多媒体汇报材料用。

1.2 厂址方案比选

厂址须满足气田总体开发规划, 与内部集气管线走向和外输天然气的总体流向一致。下面以克拉 2 中央处理厂为例来介绍厂址比选。该工程中央处理厂(CPF)厂址有设于气田外(以南)约 3 km、气田中部两个方案^[1]。

方案一: CPF 设于气田中部, 各单井由东、西两条集气干线分别输送至 CPF。

方案二: CPF 设于气田以南约 3 km, 各单井由

收稿日期: 2004-09-29; 修回日期: 2004-11-02

作者简介: 杨成贵(1971-), 男, 四川仁寿人, 工程师, 工学学士, 主要从事石油天然气工程的总图设计工作。电话 (028)86014445。

东、西两条集气干线分别输送至 CPF。方案一和方案二进行厂址对比, 见表 1。

表 1 CPF 厂址方案综合比较表

项目名称		方案一	方案二
厂址基本情况	位置	气田中部, 靠近 KL2-5 井	气田中部以南约 3 km
	高差及坡度	40m 坡度一般 0~25°	约 10 m 坡度一般 0~10°
	地形地貌	低中山地区: 地形破碎, 起伏较大且狭窄	山前平原: 地形平坦, 开阔空旷
	工程地质	场地为岩石, 建筑场地类别为Ⅰ类	场地为岩石, 建筑场地类别为Ⅰ类
	发展余地	受北面 KL2-5 井口、西南冲沟、东面新修的伴行道路以及场地本身高差大, 发展余地小	拟建厂区南面有近 1 km 的宽阔场地, 发展余地大
	外部依托条件	路、水、电、讯无依托, 需自建	同方案一
集输管道	集气支线 $\varnothing 323.9\times 10.3(22Cr)/\text{km}$	3.17	4.04
	集气干线 $\varnothing 508\times 15.9(22Cr)/\text{km}$	9.08	15.09
	外输管线 $\varnothing 1\,016\times 19.1(X70)/\text{km}$	3	(基数 0)
管材消耗	管材耗量 $(22Cr/X70)/\text{t}$	2 034/1 097	3 280/0
	管材费/万元	18 890(—9 370)	28 260(基数 0)
场地平整	土石方(挖填总量)/ m^3	850 000(+550 000)	300 000(基数 0)
	挡土墙工程/ m^3	64 000(+49 000)	15 000(基数 0)
	费用/万元	4 150(+2 875)	1 275(基数 0)
土建基础	钢筋砼灌注桩/ m^3	2 500(+2 500)	(基数 0)
	费用/万元	188(+188)	(基数 0)
给水管道	水管长度/km	9(+3)	6(基数 0)
	费用/万元	176(+59)	117(基数 0)
供电	外电干线长度/km	35	32
	费用/万元	910(+78)	832(基数 0)
通信	光通信站/座	1	(基数 0)
	费用/万元	90(+90)	(基数 0)
道路	长度/km	3(+3)	(基数 0)
	费用/万元	600(+600)	(基数 0)
总投资比较		—5 480	(基数 0)
主要优点		1. 集气干线短; 2. 总投资省。	1. 建厂地形条件好; 2. 外运建材距离近, 土建投资省, 便于施工; 3. 外输管线短。
主要缺点		1. 外输管线长; 2. 建厂地形条件差, 土石方、挡土墙工程量大; 3. 土建工程基础量大, 施工难度大。	1. 集气干线长; 2. 总投资高。

方案一虽然存在建厂地形条件差, 地形破碎狭窄, 石方较多(石方约占 95%), 高挖高填造成土建基础工程量大等缺点, 但集气管线短(原料气管线管材昂贵), 经综合比较, 总投资仍比方案二节省约 5 480万元, 具有明显的经济优势。因此, 设计推荐方案一——即 CPF 厂址确定在气田中部, KL2-5 井以南约 200 m 处。

通过本工程的 CPF 厂址比选, 可以看出厂址选择工作不能单纯考虑总图及土建工程量, 应综合考

虑各方面的因素, 因资源因素完全可能弃平地而进山建厂。

2 总平面设计

在山丘地区的工厂总图设计需要把高低不平的复杂地形变成几大块“平地”, 这样造出来的“平地”对工程建设来说必然会产生地基的好坏之分(挖方区和填方区), 总平面设计就是要充分、合理地使用

这些有挖有填的厂区“平地”。

天然气净化(处理)厂的特点是“点”多、“线”长、“面”广。“点”多就是构成天然气净化(处理)厂的单体(元)多,一般都有数十单体(元)构成,且装置区单元内设备基础点多;“线”长是指全厂的管线长,一般有 20~30 km;“面”广是指每个装置区单元、建筑单体占地面积较大,小的有几百平方米,大的有近万平方米。实际上这些“点”和“面”对地基条件的要求程度不一,基本可分为三类,如表 2。

表 2 天然气净化(处理)厂主要装置区单元、建构筑物单元对地基要求分类

类别	特征	单元名称举例
一类	核心装置,基础单位面积压力大的装置及其它单元	脱水装置、脱烃装置以及集气、外输装置区、乙二醇轻烃回收装置、凝析油稳定装置(原料气含硫时,脱硫装置、硫磺回收装置、尾气处理、酸气提浓)、火炬等,热电站、动力站的锅炉房和主机房,压缩机房等
二类	以建构筑物为主的辅助生产区	油品装卸洗设施、化学药剂设施、中心实验室、总变电所、汽车库、消防车库、全厂仓库、机修间等
三类	基础单位面积压力较小或本身有占地较大且埋地 2~4 m 的坑池	污水处理场、循环水场、气柜及液化气罐区等

一类单体(元)是天然气净化厂的核心,由于设备重且昂贵,基础单位面积压力大或设备基础密集,对地基的条件要求较高。但其占地面积小(10%~20%),而在山丘地区使挖方区面积达到全厂的 40%左右是完全可能的,这给工厂总平面设计采用集中式布置提供了条件。因此在进行总图布置时应集中布置,最好也完全有可能把这部分单体(元)建设在厂区地基良好的位置上,即建设在挖方区或填方高度不超过 1.5 m 的地区。

二类单体(元)当然也希望在较好的地基上,但有时因挖方面积不够或工厂总平面布置的要求只能在填方区时也是可行的,但要进行基础处理增加投资。这样增加的投资和进行分散布置所花费的投资相比要小得多。

三类单体(元)基础单位面积压力小,在填方区只要填土密实度达到设计要求或者进行一些简单的基础处理即可满足要求。对于本身有占地较大且埋地 2~4 m 的坑池的单元来说,布置在填方区还方便

了对坑池基础的大面积、高深度的开挖。

克拉 2 中央处理厂的总平面布置就是遵循以上设计理念,将核心装置(脱水装置、脱烃装置以及集气、外输装置区)、有动荷载的燃气发动机基础、压缩机基础等布置在地质条件好的挖方区;将二类建构筑物尽量布置在挖方区,极个别的因工艺及总平面布置要求才布置在填方上;污水处理场因地势要求较低,大部分布置在填方上。通过工程施工实践来看,效果是好的。

3 竖向设计

竖向设计就是要充分利用自然地形和合理改造原有自然地形,选择合理的设计标高以及竖向设计方案(平坡式或阶梯式),确定各建构筑物的高程关系,使之满足生产工艺、交通运输的要求,并合理组织地表水,使之顺利排出。在山丘地区建厂确定合理竖向设计方案尤为重要。

山丘地区由于地形地貌复杂,天然气净化(处理)厂通常采用阶梯式。合理确定台阶的数量、台阶内的面积、台阶间的高差以及台阶间的连接方式等等是阶梯式竖向设计的重点。

台阶的数量和台阶内的面积是相互关联的,应清楚哪些装置单元、建构筑物单体适宜布置在同一个台阶,哪些装置单元、建构筑物单体间可互为台阶,才能合理确定。一般来说:a)天然气净化(处理)厂(占地 15~20 ha,地形高差在 50 m 左右)的台阶数宜控制在 5 个左右。小于 3 个则对自然地形改造力度过大,造成挖填高度、土石方量较大;大于 8 个则会造成厂区零乱、整体性欠佳,标高复杂,影响厂容和平面运输。b)主体装置宜布置在同一台阶;装置之间的工艺流程、生产操作联系十分密切,且两者间安全距离要求又不大,宜布置在同一台阶;装置本身标高相对于全厂标高有其特殊要求者,宜单独成台阶;单体本身对竖向标高要求不高,应结合地形,因地制宜灵活布置。

台阶间高差和台阶间连接方式也是相互关联的。a)台阶的高差主要依据场地自然地形高差情况以及上下台阶装置单元的竖向高差要求确定,一般情况下,相邻台阶高差控制在 1~4 m,不易大于 6 m^[4]。高差过大易造成:(a)台阶坍塌和滑坡的安全隐患,或加大防护加固工程成本;(b)土石方挖填工程量较大;(c)主干道路纵坡较大,运输困难;(d)地

下管网埋设与空中架设均有不便,造成施工难度大。高差过小往往会导致台阶数量增多,标高复杂,影响厂容的整体性效果。b)台阶之间采取何种方式连接,须视高差大小情况确定。一般来说,高差较小($<3.0\text{ m}$),应优先考虑采用生态放坡处理,在增加用地不大的情况下,既可节约投资,又可充分绿化厂区以改善生态环境;高差较大($\geq 3.0\text{ m}$)时,应重点考虑设置挡土墙来分阶。

台阶内竖向设计坡度,建议主坡最好在 $3\%\sim 10\%$,次坡在 2% 以内。合理组织场地雨水,避免油气生产区的雨水流向人员较集中的行政办公区。

克拉2气田中央处理厂用地约 18 ha ,竖向设计设置了5个台阶,每个台阶的面积均不小于 2 ha ,台阶间高差大多控制在 $1.5\sim 2.0\text{ m}$ 。(只有污水处理区由于自然地形高差本身较大,台阶高差设计有 5 m 左右)。通过工程实践来看,一方面竖向设计设置了台阶,节约了土石方工程量;另一方面又适当控制了台阶数量,台阶内面积及台阶间高差等。厂区整体性效果和厂容都比较好。

4 土石方工程

设计工作中的土石方计算,主要目的在于掌握土石方工程量,调整竖向设计力求挖填方平衡,并为施工单位做施工组织设计提供土石方调配方案的依据。土石方计算是以地形图资料为依据进行的,由于地形图与实际地形之间存在着误差;土壤松散系数不能准确确定;基础出土的土石方估算上也存在不准确性;土石方计算方法本身是一种理想化的模拟计算等,这些因素都使得土石方计算存在一定的误差,但这些误差对于上述目的是允许的。

土石方计算工作十分繁琐,尤其是山丘地区建厂。近年来,计算机土石方计算软件包的不断出现和计算精度的不断完善,为较快速、较精确地进行场地土石方计算提供了可能。对于分台阶、多区块土石方计算图,为避免区域分界处方格点的相关土石方计算数据等信息重叠,可分区块出图,实现相关土石方计算数据等信息清楚地显示在图纸上。

鉴于土石方计算客观上存在一定的误差,为保证土石方的计算工程量在投资上能控制得住,建议根据具体地形复杂情况适当考虑富裕量:初步设计(方格间距通常取 $20\times 20\text{ m}$)时,按理论计算量的

$10\%\sim 20\%$ 考虑;施工图设计(方格间距通常取 $10\times 10\text{ m}$)时,按理论计算量的 $5\%\sim 10\%$ 考虑。

土石方挖、填平衡通常被认为是工程设计必须遵循的一条基本原则,在多年的工程实践中我们体会到:“土石方平衡只是相对的,不平衡才是绝对的”。一方面是由于土石方计算本身存在一定误差而决定的;另一方面在山丘建厂施工现场往往希望挖方大于填方——即适当留有余方。主要原因有:为了保证有足够的好地基(挖方面积);从经济上看也是合理的,弃土出厂比购土进厂要经济、便于操作;山丘地区通常有相当比例的爆破石方,由于现场施工进度要求等原因,建设方和施工方都不愿意对石方进行大规模的二次破碎以达到填方粒径要求,故希望外弃大块石;挖方区埋地管沟应尽量同沟敷设,统一爆破、开挖,减少石方爆破开挖工程量,管沟本身需细土回填,也存在一定的弃石方量。

克拉2工程因地形地势太破碎,高差也较大,故初步设计和施工图设计分别考虑了适当的富裕量,实践证明,适当考虑土石方富裕量,施工现场更具有可操作性。

5 结束语

a)山区厂址选择应更仔细,做到事前预选厂址,现场对拟建场地四周进行“实实在在”地踏勘、多看看,摒弃踏勘选址——“路途耗去两三天,现场只瞄两两眼”的现场工作通病,事后经过综合技术经济比较后提出推荐厂址。

b)总平面设计采用集中式布置,在对厂内装置单元和建构筑物单体进行分类识别的基础上,将地基要求高的核心单元(体)布置在挖方区,将地基要求低的辅助单元(体)布置在填方区。

c)竖向设计要合理设置台阶,台阶数不宜少于3个,也不宜大于8个,并合理组织场地雨水,避免油气生产区雨水流向人员较集中的行政办公区。

d)土石方工程可根据地形复杂情况适当考虑 $5\%\sim 10\%$ 的富裕量,并适当留有余方。

参考文献:

- [1] 杨成贵,汤晓勇,胡益武,等.克拉2气田地面建设工程初步设计——中央处理厂说明书[Z].成都:中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司,2003.
- [2] SY/T 0048-2000,石油天然气工程总图设计规范[S].