

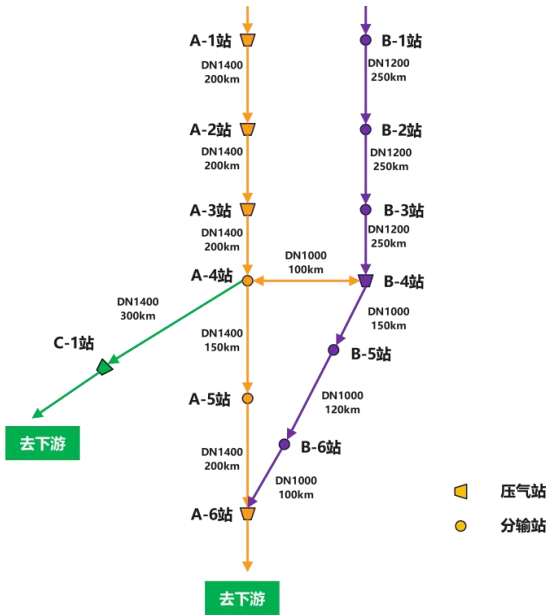
第四届全国大学生油气储运工程数值仿真技能创新大赛

赛 题

基于国产自主可控的仿真软件、软件平台或自行编制的程序，针对我国油气储运行业领域实际需求，围绕结构、流体、热、电、磁单物理场或多物理场仿真，开展工艺流程仿真、操作单元仿真、事故场景仿真、工艺流程优化、经济性分析、完整性管理等分析，评比遴选一批具有高复用性、高应用价值、高扩展性的专业仿真软件或者案例。

总体要求：

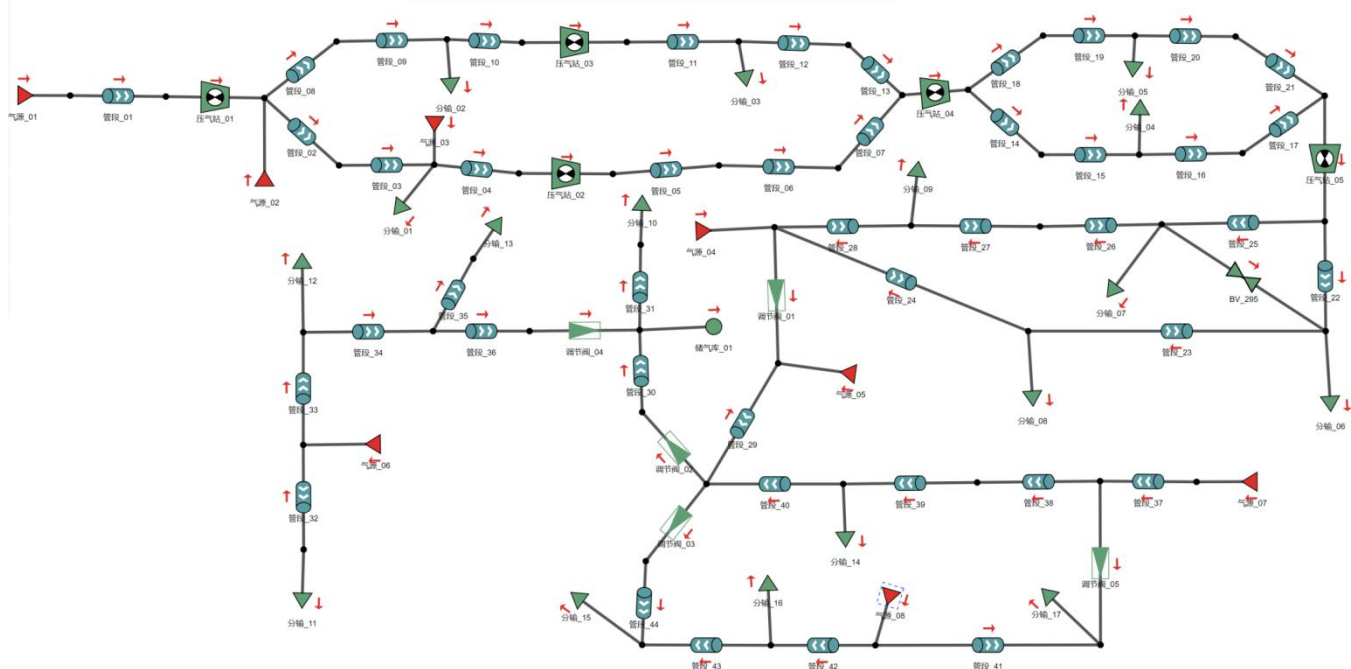
1. 使用国产或自主开发的仿真软件完成相关工作（大赛组委会面向参赛队伍可提供仿真软件及相关培训与答疑）。
2. 赛题设有必答题与选答题两类题目。
3. 请在完成必答题后，在两个选答题中任选其一完成。（赛题一没有必答题，选答题任选其一即可）
4. 方案须给出分析报告和分析案例说明，并提交操作演示视频和验证报告。

序号	题目	题目类型	问题描述要求	题目来源																																										
1	天然气管道方案优化设计	选答题	1. 模型描述 a) 管网拓扑示意图及管道参数 管网拓扑示意图见下图 1，各条管道基础参数见附表 2，压气站压缩机组均为电机驱动的离心式压缩机，参数见附表 3。  图 1 管网拓扑示意图 附表 2 管道基础参数 <table><tr><th>序号</th><th>管段</th><th>设计压力/MPa</th><th>管外径/mm</th><th>壁厚/mm</th><th>管内壁粗糙度/μm</th></tr><tr><td>1</td><td>A-1~A-4</td><td>12</td><td>1422</td><td>25</td><td>10</td></tr><tr><td>2</td><td>A-4~A-6</td><td>10</td><td>1422</td><td>18</td><td>10</td></tr><tr><td>3</td><td>A-4~B-4</td><td>10</td><td>1016</td><td>21</td><td>30</td></tr><tr><td>4</td><td>A-4~C-1</td><td>10</td><td>1422</td><td>18</td><td>10</td></tr><tr><td>5</td><td>B-1~B-4</td><td>10</td><td>1219</td><td>18</td><td>10</td></tr><tr><td>6</td><td>B-4~A-6</td><td>10</td><td>1016</td><td>24</td><td>30</td></tr></table>	序号	管段	设计压力/MPa	管外径/mm	壁厚/mm	管内壁粗糙度/μm	1	A-1~A-4	12	1422	25	10	2	A-4~A-6	10	1422	18	10	3	A-4~B-4	10	1016	21	30	4	A-4~C-1	10	1422	18	10	5	B-1~B-4	10	1219	18	10	6	B-4~A-6	10	1016	24	30	
序号	管段	设计压力/MPa	管外径/mm	壁厚/mm	管内壁粗糙度/μm																																									
1	A-1~A-4	12	1422	25	10																																									
2	A-4~A-6	10	1422	18	10																																									
3	A-4~B-4	10	1016	21	30																																									
4	A-4~C-1	10	1422	18	10																																									
5	B-1~B-4	10	1219	18	10																																									
6	B-4~A-6	10	1016	24	30																																									

序号	题目	题目类型	问题描述要求	题目来源																																																																													
			附表 3 压气站基础参数 <table><tr><th>序号</th><th>站场名称</th><th>压缩机组功率/MW</th><th>压缩机配置 (使用+备用)</th></tr><tr><td>1</td><td>A-1</td><td>19</td><td>3+1</td></tr><tr><td>2</td><td>A-2</td><td>19</td><td>3+1</td></tr><tr><td>3</td><td>A-3</td><td>19</td><td>3+1</td></tr><tr><td>4</td><td>A-6</td><td>17</td><td>3+1</td></tr><tr><td>5</td><td>B-4</td><td>18</td><td>1+1</td></tr><tr><td>6</td><td>C-1</td><td>20</td><td>3+1</td></tr></table> b) 资源供应 管网资源供应见附表 4，按 350 天/年均匀输送。 附表 4 资源供应计划 <table><tr><th>资源注入点</th><th>现状（亿方/年）</th><th>计划（亿方/年）</th><th>交接压力/MPa</th><th>交接温度/℃</th></tr><tr><td>A-1</td><td>380</td><td>440</td><td>≥8.6</td><td>≤20</td></tr><tr><td>B-1</td><td>100</td><td>190</td><td>≥8.6</td><td>≤28</td></tr></table> c) 气质数据 A-1、B-1 气质数据按一致考虑，详见附表 5。 附表 5 气质组分 <table><tr><th>组分</th><th>CH₄</th><th>C₂H₆</th><th>C₃H₈</th><th>N₂</th></tr><tr><td>Mol%</td><td>92</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td></tr></table> d) 市场分输数据 各站场年量和高月均日下载量如附表 6 所示。 附表 6 市场分输数据 <table><tr><th>序号</th><th>站场名称</th><th>年下载量（亿方/年）</th><th>高月均日下载量(万方/天)</th></tr><tr><td>1</td><td>A-1</td><td>1</td><td>37</td></tr><tr><td>2</td><td>A-2</td><td>2</td><td>74</td></tr><tr><td>3</td><td>A-3</td><td>7</td><td>260</td></tr><tr><td>4</td><td>A-4</td><td>5</td><td>186</td></tr><tr><td>5</td><td>A-5</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	序号	站场名称	压缩机组功率/MW	压缩机配置 (使用+备用)	1	A-1	19	3+1	2	A-2	19	3+1	3	A-3	19	3+1	4	A-6	17	3+1	5	B-4	18	1+1	6	C-1	20	3+1	资源注入点	现状（亿方/年）	计划（亿方/年）	交接压力/MPa	交接温度/℃	A-1	380	440	≥8.6	≤20	B-1	100	190	≥8.6	≤28	组分	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	N ₂	Mol%	92	5	1	2	序号	站场名称	年下载量（亿方/年）	高月均日下载量(万方/天)	1	A-1	1	37	2	A-2	2	74	3	A-3	7	260	4	A-4	5	186	5	A-5	0	0	
序号	站场名称	压缩机组功率/MW	压缩机配置 (使用+备用)																																																																														
1	A-1	19	3+1																																																																														
2	A-2	19	3+1																																																																														
3	A-3	19	3+1																																																																														
4	A-6	17	3+1																																																																														
5	B-4	18	1+1																																																																														
6	C-1	20	3+1																																																																														
资源注入点	现状（亿方/年）	计划（亿方/年）	交接压力/MPa	交接温度/℃																																																																													
A-1	380	440	≥8.6	≤20																																																																													
B-1	100	190	≥8.6	≤28																																																																													
组分	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	N ₂																																																																													
Mol%	92	5	1	2																																																																													
序号	站场名称	年下载量（亿方/年）	高月均日下载量(万方/天)																																																																														
1	A-1	1	37																																																																														
2	A-2	2	74																																																																														
3	A-3	7	260																																																																														
4	A-4	5	186																																																																														
5	A-5	0	0																																																																														

序号	题目	题目类型	问题描述要求				题目来源
			6	A-6	12	446	
			7	B-1	1	37	
			8	B-2	1	37	
			9	B-3	1	37	
			10	B-4	20	743	
			11	B-5	4	149	
			12	B-6	10	371	
			13	C-1	0	0	
			e) 沿线高程数据 管道沿线为平原低山丘陵地区, 相对高差 $\Delta h \leq 200\text{m}$, 可不考虑高差影响。				
			f) 地温数据及土壤导热系数 管网资源供应见附表 4				
			序号	管段	年均地温/ $^{\circ}\text{C}$	高月地温/ $^{\circ}\text{C}$	传热系数
			1	A-1~A-4	2.6	-1.5	1.093
			2	A-4~A-6	6.8	0.5	1.140
			3	A-4~B-4	6.6	-1.1	1.344
			4	A-4~C-1	6.8	2.9	1.140
			5	B-1~B-4	5.2	-1.1	1.061
			6	B-4~A-6	6.8	0.5	1.314
			g) 经济基础数据 压缩机组及辅助设备单价按 1.0 亿元/套考虑。 管道单价: DN800 管径按 1000 万元/公里, DN1000 管径按 1000 万元/公里, DN1200 管径按 1100 万元/公里, DN1400 管径按 1200 万元/公里。 电价按 0.6 元/千瓦时考虑。				
			2. 建模要求 a) 原则: 自由使用各种建模工具, 准确建立该长输管网稳态计算模型。 b) 不同压力等级管道联通处需设置调压阀。				
			注意事项 a) 各压气站进站压力不得低于 6MPa, 运行压比不得低于 1.2;				

序号	题目	题目类型	问题描述要求	题目来源
			b) 气源、分输、压气站控制方式不限； c) 压气站 C-1 和压气站 A-6 向下游市场转供气量可自由分配。 3. 分析内容 a) 根据资源市场的现状数据对以上管网系统进行稳态仿真，制定合理的输气方案。 b) 根据计划引进气量分析当前管网系统的管输瓶颈,提出不少于 3 个可行的解决方案,进行经济比选(投资、运行成本、费用现值)、可靠性分析、环保性分析，给出推荐方案。 c) 计算推荐设计方案在事故工况下的输量损失，给出提高系统可靠性的可行建议。	
		选答题	1. 模型描述 图 1 所示为我国某长距离真实长输干线管网，由 8 个气源（红色箭头标识）、17 个分输（绿色箭头）、1 个储气库（圆点）、44 个管段（用管段_序号标识）、5 座压气站（用压气站_序号标识），5 个调节阀、一个截断阀组成。其中，压气站_01、压气站_04、压气站_05 均有 4 台压缩机，压缩机特性曲线为 01，压气站_02 有 2 台压缩机，压缩机特性曲线为 02、压气站_03 有 3 台压缩机，压缩机特性曲线为 02。	

序号	题目	题目类型	问题描述要求	题目来源																																																																						
			 图 1 管网拓扑示意图 表 1 管段基础参数 <table><tr><th>管段名称</th><th>管长 km</th><th>管道外径 mm</th><th>管壁厚度 mm</th><th>粗糙度 mm</th><th>总传热系数 W/(m²·°C)</th><th>进口高程 m</th><th>出口高程 m</th><th>进口温度 ℃</th><th>出口温度 ℃</th></tr><tr><td>管段_01</td><td>24</td><td>660</td><td>7</td><td>0.011</td><td>1.75</td><td>1333</td><td>1200</td><td>10</td><td>10</td></tr><tr><td>管段_02</td><td>70</td><td>1016</td><td>17.5</td><td>0.011</td><td>1.75</td><td>1200</td><td>1000</td><td>10</td><td>10</td></tr><tr><td>管段_03</td><td>50</td><td>1016</td><td>17.5</td><td>0.011</td><td>1.75</td><td>1000</td><td>900</td><td>10</td><td>10</td></tr><tr><td>管段_04</td><td>34</td><td>1016</td><td>17.5</td><td>0.011</td><td>1.75</td><td>900</td><td>1000</td><td>10</td><td>10</td></tr><tr><td>管段_05</td><td>80</td><td>1016</td><td>17.5</td><td>0.011</td><td>1.75</td><td>1000</td><td>1300</td><td>10</td><td>10</td></tr><tr><td>管段_06</td><td>55</td><td>1016</td><td>17.5</td><td>0.011</td><td>1.75</td><td>1300</td><td>1180</td><td>10</td><td>10</td></tr></table>	管段名称	管长 km	管道外径 mm	管壁厚度 mm	粗糙度 mm	总传热系数 W/(m²·°C)	进口高程 m	出口高程 m	进口温度 ℃	出口温度 ℃	管段_01	24	660	7	0.011	1.75	1333	1200	10	10	管段_02	70	1016	17.5	0.011	1.75	1200	1000	10	10	管段_03	50	1016	17.5	0.011	1.75	1000	900	10	10	管段_04	34	1016	17.5	0.011	1.75	900	1000	10	10	管段_05	80	1016	17.5	0.011	1.75	1000	1300	10	10	管段_06	55	1016	17.5	0.011	1.75	1300	1180	10	10	
管段名称	管长 km	管道外径 mm	管壁厚度 mm	粗糙度 mm	总传热系数 W/(m²·°C)	进口高程 m	出口高程 m	进口温度 ℃	出口温度 ℃																																																																	
管段_01	24	660	7	0.011	1.75	1333	1200	10	10																																																																	
管段_02	70	1016	17.5	0.011	1.75	1200	1000	10	10																																																																	
管段_03	50	1016	17.5	0.011	1.75	1000	900	10	10																																																																	
管段_04	34	1016	17.5	0.011	1.75	900	1000	10	10																																																																	
管段_05	80	1016	17.5	0.011	1.75	1000	1300	10	10																																																																	
管段_06	55	1016	17.5	0.011	1.75	1300	1180	10	10																																																																	

序号	题目	题目类型	问题描述要求										题目来源
			管段_07	70	1016	17.5	0.011	1.75	1180	1100	10	10	
			管段_08	70	1016	17.5	0.011	1.75	1200	970	10	10	
			管段_09	50	1016	17.5	0.011	1.75	970	921	10	10	
			管段_13	82	1016	17.5	0.011	1.75	1404	1100	10	10	
			管段_10	27	1016	17.5	0.011	1.75	921	1002	10	10	
			管段_11	88	1016	17.5	0.011	1.75	1002	1298	10	10	
			管段_12	15	1016	21	0.011	1.75	1298	1404	10	10	
			管段_14	60	1016	17.5	0.011	1.75	1100	1200	10	10	
			管段_15	81	1016	17.5	0.011	1.75	1200	400	15	15	
			管段_16	40	1016	17.5	0.011	1.75	400	100	15	10	
			管段_17	38	1016	17.5	0.011	1.75	100	88	10	10	
			管段_18	84	1016	17.5	0.011	1.75	1100	1078	10	10	
			管段_19	21	1016	17.5	0.011	1.75	1078	950	10	10	
			管段_20	70	1016	21	0.011	1.75	950	150	10	10	
			管段_21	54	1016	21	0.011	1.75	150	88	10	10	
			管段_22	67	1016	17.5	0.011	1.75	88	33	10	10	
			管段_23	54	1016	17.5	0.011	1.75	33	7	10	10	
			管段_24	82	1016	17.5	0.011	1.75	7	11	10	10	
			管段_25	64	1016	17.5	0.011	1.75	88	33	10	10	
			管段_26	73	1016	17.5	0.011	1.75	33	7	10	10	
			管段_27	57	1016	21	0.011	1.75	7	8	10	10	
			管段_28	10	1016	17.5	0.011	1.75	8	11	10	10	
			管段_29	15	1016	17.5	0.011	1.75	11	11	10	10	
			管段_30	24	1016	17.5	0.011	1.75	11	8	10	10	
			管段_31	148	1016	17.5	0.011	1.75	8	1	10	10	
			管段_32	88.99	1016	21	0.011	1.75	5	3	10	10	
			管段_33	89.55	1016	21	0.011	1.75	3	4	10	10	
			管段_34	6	914	22.2	0.011	1.75	4	4	10	10	

序号	题目	题目类型	问题描述要求										题目来源		
				管段_35	25	914	22.2	0.011	1.75	4	11	10	10		
				管段_36	21	914	22.2	0.011	1.75	4	8	10	10		
				管段_37	8	1219	15	0.011	2.16	124	50	8	8		
				管段_38	13	1219	15	0.011	2.16	50	43	10	10		
				管段_39	92	1219	15	0.011	2.16	43	45	10	10		
				管段_40	86	1016	17.5	0.011	1.75	45	11	10	10		
				管段_41	52	1016	14.6	0.011	2.16	132	50	8	8		
				管段_42	77	1016	17	0.011	2.16	132	20	10	10		
				管段_43	65.15	1016	21	0.011	2.16	20	18	10	10		
				管段_44	42	1016	17.5	0.011	1.75	11	18	10	10		
			表 2 压缩机曲线特性表 01												
				压头 m	效率	入口体积流量 (m³/h)	转速(r/min)	压头 m	效率	入口体积流量 (m³/h)	转速(r/min)				
				5914.356	0.81	4700	5156	9789.279	0.84	13000	7735				
				5710.413	0.82	5000	5156	8361.676	0.84	14000	7735				
				4894.64	0.84	7000	5156	8157.733	0.83	14200	7735				
				4078.866	0.84	8000	5156	6322.243	0.81	15000	7735				
				3059.15	0.84	9000	5156	6118.3	0.8	15200	7735				
				2855.207	0.82	9200	5156	6016.328	0.76	15300	7735				
				8055.761	0.84	5600	6016	16519.41	0.69	8700	8594				
				7953.789	0.81	6000	6016	16417.44	0.79	9000	8594				
				7443.931	0.8	7000	6016	16315.47	0.8	10000	8594				
				7036.045	0.76	8000	6016	16111.52	0.82	11000	8594				
				6118.3	0.72	9000	6016	15397.72	0.83	12000	8594				
				5200.555	0.68	10000	6016	14479.98	0.84	13000	8594				
				4078.866	0.65	10900	6016	14276.03	0.84	13400	8594				
				3874.923	0.64	11100	6016	13970.12	0.84	14000	8594				

序号	题目	题目类型	问题描述要求										题目来源
				10401. 11	0. 76	6400	6875	12338. 57	0. 84	15000	8594		
				10299. 14	0. 72	7000	6875	11114. 91	0. 82	16000	8594		
				10197. 17	0. 68	7800	6875	10197. 17	0. 8	16400	8594		
				10095. 19	0. 67	8000	6875	8361. 676	0. 78	17000	8594		
				9585. 336	0. 64	9000	6875	8157. 733	0. 76	17200	8594		
				8973. 506	0. 63	10000	6875	7138. 016	0. 72	17500	8594		
				8157. 733	0. 8	10700	6875	18354. 9	0. 79	9600	9024		
				7953. 789	0. 82	11000	6875	18252. 93	0. 8	10000	9024		
				6322. 243	0. 84	12000	6875	18150. 96	0. 82	11000	9024		
				6118. 3	0. 84	12300	6875	18048. 98	0. 83	12000	9024		
				5098. 583	0. 84	13000	6875	17743. 07	0. 84	13000	9024		
				4996. 611	0. 84	13100	6875	16315. 47	0. 84	14000	9024		
				13358. 29	0. 7	7400	7735	15295. 75	0. 84	15000	9024		
				13256. 32	0. 68	8000	7735	14276. 03	0. 84	15800	9024		
				13154. 34	0. 64	9000	7735	14072. 09	0. 82	16000	9024		
				12440. 54	0. 62	10000	7735	12236. 6	0. 8	17000	9024		
				12236. 6	0. 79	10500	7735	10197. 17	0. 78	17800	9024		
				12032. 66	0. 8	11000	7735	9891. 251	0. 76	18000	9024		
				11012. 94	0. 83	12000	7735	7851. 818	0. 72	18500	9024		
				10197. 17	0. 84	12800	7735						
表 2 压缩机曲线特性表 02													
				压头	效率	入口体积流量	转速(r/min)	压头	效率	入口体积流量	转速(r/min)		
				m		(m³/h)		m		(m³/h)			
				2559. 489	0. 85	6900	5521	5098. 583	0. 85	15420	8282		
				2549. 292	0. 86	7500	5521	4894. 64	0. 84	16080	8282		
				2396. 334	0. 86	9000	5521	4792. 668	0. 83	16500	8282		
2345. 348	0. 86	9540	5521	4588. 725	0. 82	17100	8282						

序号	题目	题目类型	问题描述要求										题目来源
				2141.405	0.85	10200	5521	4435.767	0.81	17400	8282		
				2039.433	0.84	10500	5521	4282.81	0.8	17700	8282		
				2029.236	0.83	10920	5521	4180.838	0.79	18000	8282		
				1937.462	0.82	11220	5521	4078.866	0.78	18300	8282		
				1886.476	0.81	11400	5521	3976.895	0.77	18480	8282		
				1835.49	0.79	11640	5521	3874.923	0.76	18600	8282		
				1784.504	0.78	11820	5521	3772.951	0.75	18720	8282		
				1733.518	0.77	12000	5521	3721.966	0.74	18900	8282		
				3569.008	0.85	8040	6441	7443.931	0.85	11580	9202		
				3518.022	0.86	8700	6441	7341.96	0.86	12900	9202		
				3467.036	0.86	9000	6441	7138.016	0.86	13980	9202		
				3263.093	0.86	10500	6441	6934.073	0.86	15000	9202		
				3161.121	0.86	11160	6441	6628.158	0.86	16200	9202		
				3059.15	0.86	11520	6441	6526.186	0.86	16500	9202		
				2957.178	0.85	12000	6441	6322.243	0.85	17220	9202		
				2855.207	0.84	12360	6441	6118.3	0.84	17880	9202		
				2753.235	0.83	12840	6441	5875.607	0.83	18540	9202		
				2651.263	0.82	13200	6441	5710.413	0.82	18960	9202		
				2549.292	0.8	13500	6441	5506.47	0.81	19440	9202		
				2539.094	0.79	13620	6441	5404.498	0.8	19680	9202		
				2447.32	0.78	13860	6441	5251.541	0.79	20100	9202		
				2396.334	0.77	14040	6441	5098.583	0.78	20280	9202		
				2345.348	0.76	14220	6441	4996.611	0.77	20580	9202		
				4690.696	0.85	9120	7362	4741.682	0.75	21000	9202		
				4598.922	0.86	9960	7362	4588.725	0.74	21240	9202		
				4578.528	0.86	10500	7362	8157.733	0.85	12300	9662		
				4333.796	0.86	12000	7362	7953.789	0.86	13980	9662		
				4180.838	0.86	12840	7362	7851.818	0.86	15000	9662		

序号	题目	题目类型	问题描述要求										题目来源
				3976.895	0.86	13500	7362	7647.875	0.86	16020	9662		
				3925.909	0.85	13620	7362	7545.903	0.86	16500	9662		
				3772.951	0.84	14280	7362	7443.931	0.86	17100	9662		
				3670.98	0.83	14700	7362	7036.045	0.85	18060	9662		
				3569.008	0.82	15120	7362	6832.101	0.84	18900	9662		
				3416.051	0.81	15420	7362	6628.158	0.83	19440	9662		
				3365.065	0.8	15720	7362	6424.215	0.82	19920	9662		
				3314.079	0.79	15960	7362	6220.271	0.81	20400	9662		
				3161.121	0.78	16200	7362	6016.328	0.8	20700	9662		
				3059.15	0.77	16440	7362	5812.385	0.79	21000	9662		
				6016.328	0.85	10320	8282	5710.413	0.78	21360	9662		
				5965.342	0.85	10500	8282	5404.498	0.77	21480	9662		
				5875.607	0.86	11400	8282	5302.526	0.76	21600	9662		
				5761.399	0.86	12000	8282	5200.555	0.75	21900	9662		
				5608.441	0.86	13200	8282	5098.583	0.74	22200	9662		
				5598.244	0.86	13500	8282						
				5353.512	0.86	14520	8282						
				5200.555	0.86	15000	8282						
			2. 建模要求 a) 原则：自由使用各种建模工具，准确建立该长输管网稳态计算模型。 b) 气源温度均为 20℃，压气站环境温度 15℃。 c) 该区域管网具体拓扑段信息如图 1 所示（红色箭头为元件方向） 3. 工况条件 气源、分输、储气库（注入）流量如下表所示：										

序号	题目	题目类型	问题描述要求													题目来源																																																																				
			<table><tr><td>名称</td><td>气源_01</td><td>气源_02</td><td>气源_03</td><td>气源_04</td><td>气源_05</td><td>气源_06</td><td>气源_07</td><td>气源_08</td><td>分输_01</td><td>分输_02</td><td>分输_03</td><td>分输_04</td><td>分输_05</td></tr><tr><td>流量 万方/ 天</td><td>3847</td><td>4000</td><td>1000</td><td>3000</td><td>600</td><td>500</td><td>2500</td><td>1200</td><td>100</td><td>7</td><td>500</td><td>500</td><td>400</td></tr><tr><td>名称</td><td>分输_06</td><td>分输_07</td><td>分输_08</td><td>分输_09</td><td>分输_10</td><td>分输_11</td><td>分输_12</td><td>分输_13</td><td>分输_14</td><td>分输_15</td><td>分输_16</td><td>分输_17</td><td>储气库_01</td></tr><tr><td>流量 万方/ 天</td><td>1500</td><td>8300</td><td>100</td><td>300</td><td>1600</td><td>20</td><td>20</td><td>300</td><td>300</td><td>1200</td><td>100</td><td>1000</td><td>400</td></tr></table>	名称	气源_01	气源_02	气源_03	气源_04	气源_05	气源_06	气源_07	气源_08	分输_01	分输_02	分输_03	分输_04	分输_05	流量 万方/ 天	3847	4000	1000	3000	600	500	2500	1200	100	7	500	500	400	名称	分输_06	分输_07	分输_08	分输_09	分输_10	分输_11	分输_12	分输_13	分输_14	分输_15	分输_16	分输_17	储气库_01	流量 万方/ 天	1500	8300	100	300	1600	20	20	300	300	1200	100	1000	400																									
名称	气源_01	气源_02	气源_03	气源_04	气源_05	气源_06	气源_07	气源_08	分输_01	分输_02	分输_03	分输_04	分输_05																																																																							
流量 万方/ 天	3847	4000	1000	3000	600	500	2500	1200	100	7	500	500	400																																																																							
名称	分输_06	分输_07	分输_08	分输_09	分输_10	分输_11	分输_12	分输_13	分输_14	分输_15	分输_16	分输_17	储气库_01																																																																							
流量 万方/ 天	1500	8300	100	300	1600	20	20	300	300	1200	100	1000	400																																																																							
表 3 管网 1、3、5、6 气源组分 <table><tr><td>组分名称</td><td>甲烷 (CH₄)</td><td>乙烷 (C₂H₆)</td><td>丙烷 (C₃H₈)</td><td>异丁烷 (i_C₄H₁₀)</td><td>正丁烷 (n_C₄H₁₀)</td><td>异戊烷 (i_C₅H₁₂)</td></tr><tr><td>含量%</td><td>95.92</td><td>1.88</td><td>0.32</td><td>0.06</td><td>0.08</td><td>0.03</td></tr><tr><td>组分名称</td><td>正戊烷 (n_C₅H₁₂)</td><td>正己烷 (C₆H₁₄)</td><td>正庚烷 (C₇H₁₆)</td><td>正辛烷 (C₈H₁₈)</td><td>正壬烷 (C₉H₂₀)</td><td>异癸烷 (C₁₀H₂₂)</td></tr><tr><td>含量%</td><td>0.02</td><td>0</td><td>0.06</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>组分名称</td><td>乙烯 (C₂H₄)</td><td>丙烯 (C₃H₆)</td><td>氮气 (N₂)</td><td>二氧化碳 (CO₂)</td><td>硫化氢 (H₂S)</td><td>水 (H₂O)</td></tr><tr><td>含量%</td><td>0</td><td>0</td><td>0.26</td><td>1.37</td><td>0</td><td>0</td></tr></table> 表 4 管网 2、4、7、8 气源组分 <table><tr><td>组分名称</td><td>甲烷 (CH₄)</td><td>乙烷 (C₂H₆)</td><td>丙烷 (C₃H₈)</td><td>异丁烷 (i_C₄H₁₀)</td><td>正丁烷 (n_C₄H₁₀)</td><td>异戊烷 (i_C₅H₁₂)</td></tr><tr><td>含量%</td><td>96.05</td><td>0.77</td><td>0.11</td><td>0.01</td><td>0.01</td><td>0.01</td></tr><tr><td>组分名称</td><td>正戊烷 (n_C₅H₁₂)</td><td>正己烷 (C₆H₁₄)</td><td>正庚烷 (C₇H₁₆)</td><td>正辛烷 (C₈H₁₈)</td><td>正壬烷 (C₉H₂₀)</td><td>异癸烷 (C₁₀H₂₂)</td></tr><tr><td>含量%</td><td>0</td><td>0.02</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>															组分名称	甲烷 (CH ₄)	乙烷 (C ₂ H ₆)	丙烷 (C ₃ H ₈)	异丁烷 (i_C ₄ H ₁₀)	正丁烷 (n_C ₄ H ₁₀)	异戊烷 (i_C ₅ H ₁₂)	含量%	95.92	1.88	0.32	0.06	0.08	0.03	组分名称	正戊烷 (n_C ₅ H ₁₂)	正己烷 (C ₆ H ₁₄)	正庚烷 (C ₇ H ₁₆)	正辛烷 (C ₈ H ₁₈)	正壬烷 (C ₉ H ₂₀)	异癸烷 (C ₁₀ H ₂₂)	含量%	0.02	0	0.06	0	0	0	组分名称	乙烯 (C ₂ H ₄)	丙烯 (C ₃ H ₆)	氮气 (N ₂)	二氧化碳 (CO ₂)	硫化氢 (H ₂ S)	水 (H ₂ O)	含量%	0	0	0.26	1.37	0	0	组分名称	甲烷 (CH ₄)	乙烷 (C ₂ H ₆)	丙烷 (C ₃ H ₈)	异丁烷 (i_C ₄ H ₁₀)	正丁烷 (n_C ₄ H ₁₀)	异戊烷 (i_C ₅ H ₁₂)	含量%	96.05	0.77	0.11	0.01	0.01	0.01	组分名称	正戊烷 (n_C ₅ H ₁₂)	正己烷 (C ₆ H ₁₄)	正庚烷 (C ₇ H ₁₆)	正辛烷 (C ₈ H ₁₈)	正壬烷 (C ₉ H ₂₀)	异癸烷 (C ₁₀ H ₂₂)	含量%	0	0.02	0	0	0	0
组分名称	甲烷 (CH ₄)	乙烷 (C ₂ H ₆)	丙烷 (C ₃ H ₈)	异丁烷 (i_C ₄ H ₁₀)	正丁烷 (n_C ₄ H ₁₀)	异戊烷 (i_C ₅ H ₁₂)																																																																														
含量%	95.92	1.88	0.32	0.06	0.08	0.03																																																																														
组分名称	正戊烷 (n_C ₅ H ₁₂)	正己烷 (C ₆ H ₁₄)	正庚烷 (C ₇ H ₁₆)	正辛烷 (C ₈ H ₁₈)	正壬烷 (C ₉ H ₂₀)	异癸烷 (C ₁₀ H ₂₂)																																																																														
含量%	0.02	0	0.06	0	0	0																																																																														
组分名称	乙烯 (C ₂ H ₄)	丙烯 (C ₃ H ₆)	氮气 (N ₂)	二氧化碳 (CO ₂)	硫化氢 (H ₂ S)	水 (H ₂ O)																																																																														
含量%	0	0	0.26	1.37	0	0																																																																														
组分名称	甲烷 (CH ₄)	乙烷 (C ₂ H ₆)	丙烷 (C ₃ H ₈)	异丁烷 (i_C ₄ H ₁₀)	正丁烷 (n_C ₄ H ₁₀)	异戊烷 (i_C ₅ H ₁₂)																																																																														
含量%	96.05	0.77	0.11	0.01	0.01	0.01																																																																														
组分名称	正戊烷 (n_C ₅ H ₁₂)	正己烷 (C ₆ H ₁₄)	正庚烷 (C ₇ H ₁₆)	正辛烷 (C ₈ H ₁₈)	正壬烷 (C ₉ H ₂₀)	异癸烷 (C ₁₀ H ₂₂)																																																																														
含量%	0	0.02	0	0	0	0																																																																														

序号	题目	题目类型	问题描述要求							题目来源	
				组分名称	乙烯 (C ₂ H ₄)	丙烯 (C ₃ H ₆)	氮气 (N ₂)	二氧化碳 (CO ₂)	硫化氢 (H ₂ S)	水 (H ₂ O)	
				含量%	0	0	0.15	2.87	0	0	
2	输气管网 稳态仿真	必答题	4. 注意事项 a) 各压气站进站压力不得低于 5MPa、出站压力不得高于 9MPa、出站温度不得高于 50℃； b) 模型至少需要一个气源控制方式为压力控制； c) 调节阀_02 入口压力不得高于 7.5MPa； d) 气源、分输、压气站控制方式不限； e) 压缩机工作点须在工作区内； f) 气源_08 的压力须在 6.0MPa~6.5MPa 之间。 5. 分析内容 a) 根据以上提供参数及信息，完成以下工作： b) 根据提供物理参数建立该区域输气管网离线仿真模型； c) 根据提供的气源以及分输、储气库上下载量，制定输气方案； d) 在满足输气要求的前提下，优化压气站压缩机组启机方案。								
			1. 模型描述 图 1 所示为某油气集输管网，由 15 口井，1 个气源，28 个地面管段、2 个阀门、1 个终点处理厂组成。图中，J 开头为节点，W 开头为井，Ck 开头为阀门，L 开头为管道。各管段具体信息如表 1 所示，黑油流体物性信息如表 2 所示，各井筒对应的流入曲线参数如表 3 所示。								

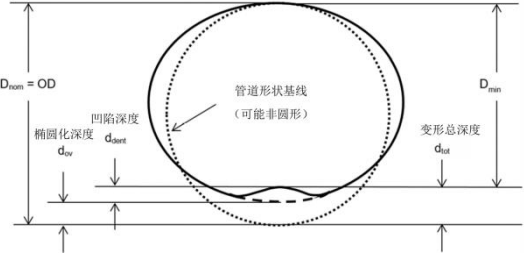
序号	题目	题目类型	问题描述要求	题目来源
			图 1 管网拓扑示意图 表 1 管段基础参数	

序号	题目	题目类型	问题描述要求								题目来源		
			管段名称	上游节点	下游节点	管长/m	管道 外径 mm	管壁厚度 mm	粗糙度 mm	总传热系数 W/(m²•°C)	入口高程 m	出口高程 m	
			L_A1	WA_1	JA_1	732	114.3	6.0	0.0457	1.14	1578.5	1573.1	
			L_A2	WA_2	JA_1	405	114.3	6.0	0.0457	1.14	1573.1	1573.1	
			L_A3	WA_3	JA_1	274	114.3	6.0	0.0457	1.14	1571.5	1573.1	
			L_A4	WA_4	JA_2	316	114.3	6.0	0.0457	1.14	1562.0	1565.0	
			L_A5	WA_5	JA_2	413	114.3	6.0	0.0457	1.14	1578.4	1565.0	
			L_B1	WB_1	JB_1	460	114.3	6.0	0.0457	1.14	1577.2	1592.1	
			L_B2	WB_2	JB_1	588	114.3	6.0	0.0457	1.14	1600.6	1592.1	
			L_B3	WB_3	JB_1	848	114.3	6.0	0.0457	1.14	1587.5	1592.1	
			L_B4	WB_4	JB_2	442	114.3	6.0	0.0457	1.14	1564.2	1569.5	
			L_C1	WC_1	JC_1	704	114.3	6.0	0.0457	1.14	1551.7	1557.8	
			L_C2	WC_2	JC_1	482	114.3	6.0	0.0457	1.14	1545.8	1557.8	
			L_C3	WC_3	JC_1	1058	114.3	6.0	0.0457	1.14	1545.3	1557.8	
			L1_C4	WC_4	JC_3	392	114.3	6.0	0.0457	1.14	1566.7	1552.6	
			L_C5	WC_5	JC_4	825	114.3	6.0	0.0457	1.14	1578.3	1561.7	
			L_C6	WC_6	JC_4	708	114.3	6.0	0.0457	1.14	1564.1	1561.7	
			L1_A	JA_1	JA_2	600	168.3	7.1	0.0457	1.14	1573.1	1565.0	
			L2_A	JA_2	JD_1	770	168.3	7.1	0.0457	1.14	1565.0	1562.0	
			L1_B	JB_1	JB_2	1010	168.3	7.1	0.0457	1.14	1592.1	1569.5	
			L2_B	JB_2	JD_2	346	168.3	7.1	0.0457	1.14	1569.5	1566.1	
			L1_C	JC_1	JC_2	315	168.3	7.1	0.0457	1.14	1557.8	1558.8	
			L2_C	JC_2	JC_5	166	168.3	7.1	0.0457	1.14	1558.8	1556.1	
			L2_C4	JC_3	JC_4	518	168.3	7.1	0.0457	1.14	1552.6	1561.7	
			L1_D	S_D	JD_1	1687	168.3	7.1	0.0457	1.14	1581.9	1562.0	
			L2_D	JD_1	JD_2	573	219.1	8.2	0.0457	1.14	1562.0	1566.1	
			L4_C	JC_4	JC_5	490	114.3	6.0	0.0457	1.14	1561.7	1556.1	

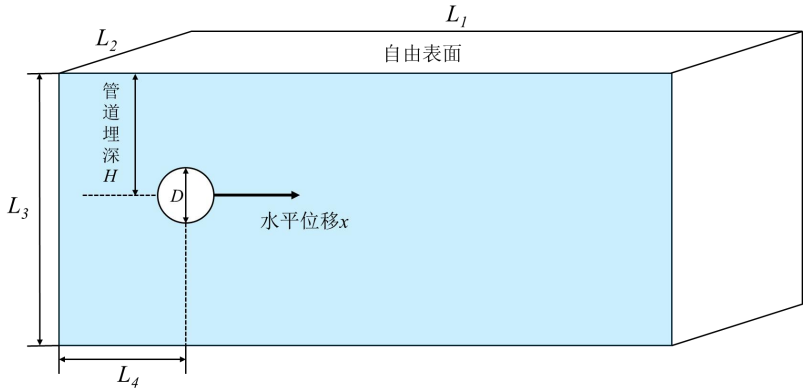
序号	题目	题目类型	问题描述要求								题目来源		
			L5_C	JC_5	JD_2	466	114.3	6.0	0.0457	1.14	1556.1	1566.1	
			L6_C	JC_4	JD_1	236	168.3	7.1	0.0457	1.14	1561.7	1562.0	
			L_Sk	JD_2	SK	3048	303.3	9.15	0.0457	1.14	1562.0	1562.0	
			表 2 黑油流体物性信息										
			黑油流体物性名称						气油比	含水率	气相比重	水比重	油相密度
			GasA		5280	0.315	0.72	1.02	752.3				
			GasB		5310	0.6	0.72	1.02	752.3				
			GasC		100000	0.70	0.72	1.02	796.4				
			GasD		5340	0.5	0.72	1.02	752.3				
			表 3 井底流入信息										
			井口名称	背压常数 C mmsm ³ /d /bar ⁽²⁻ⁿ⁾	背压指数 n	气藏压力 bar	气藏温度 ℃	对应流体					
			W_A1	0.000125	0.53	297.8	50	GasA					
			W_A2	7.36E-6	0.91	296.5	50	GasA					
			W_A3	3.57E-6	0.92	295	80	GasA					
			W_A4	2.8E-6	0.95	320	80	GasA					
W_A5	2.87E-6	0.95	320	80	GasA								
W_B1	4.2E-6	0.95	317	80	GasB								
W_B2	3.84E-6	0.9	320	50	GasB								
W_B3	2.87E-6	0.95	314	80	GasB								

序号	题目	题目类型	问题描述要求						题目来源																																																
			<table><tr><td>W_B4</td><td>3.54E-5</td><td>0.94</td><td>314</td><td>38</td><td>GasB</td></tr><tr><td>W_C1</td><td>2.87E-6</td><td>0.95</td><td>320</td><td>80</td><td>GasC</td></tr><tr><td>W_C2</td><td>4.2E-6</td><td>0.95</td><td>320</td><td>80</td><td>GasC</td></tr><tr><td>W_C3</td><td>3.84E-6</td><td>0.9</td><td>320</td><td>50</td><td>GasC</td></tr><tr><td>W_C4</td><td>2.87E-6</td><td>0.95</td><td>320</td><td>80</td><td>GasC</td></tr><tr><td>W_C5</td><td>3.54E-6</td><td>0.94</td><td>320</td><td>80</td><td>GasC</td></tr><tr><td>W_C6</td><td>2.87E-6</td><td>0.95</td><td>320</td><td>80</td><td>GasC</td></tr><tr><td>S_D</td><td>\</td><td>\</td><td>\</td><td>\</td><td>GasD</td></tr></table>						W_B4	3.54E-5	0.94	314	38	GasB	W_C1	2.87E-6	0.95	320	80	GasC	W_C2	4.2E-6	0.95	320	80	GasC	W_C3	3.84E-6	0.9	320	50	GasC	W_C4	2.87E-6	0.95	320	80	GasC	W_C5	3.54E-6	0.94	320	80	GasC	W_C6	2.87E-6	0.95	320	80	GasC	S_D	\	\	\	\	GasD	
W_B4	3.54E-5	0.94	314	38	GasB																																																				
W_C1	2.87E-6	0.95	320	80	GasC																																																				
W_C2	4.2E-6	0.95	320	80	GasC																																																				
W_C3	3.84E-6	0.9	320	50	GasC																																																				
W_C4	2.87E-6	0.95	320	80	GasC																																																				
W_C5	3.54E-6	0.94	320	80	GasC																																																				
W_C6	2.87E-6	0.95	320	80	GasC																																																				
S_D	\	\	\	\	GasD																																																				
环境温度为 7.2℃下，所有地面管线总传热系数为 1.5W/(m2 · K)，终点处理厂入口压力为 5bara。Ck1、Ck2 两阀门直径为 19.05mm，开度全开；S_D 气源流入气温度 15℃，流量为 339802 sm³/d。 所有井筒皆为垂直井，垂直深度 2377m，油管内径 57.3786mm，油管壁厚 7.8232 mm，油管粗糙度为 0.0254mm，井口地面温度为 10℃，井筒环境温度假设为井底至井口温度线性变化，传热采用总传热系数为 6.5W/(m² · K)计算。 井筒对应的流入曲线采用 $q_g = C(p_e^2 - p_{wf}^2)^n$ 式中，q_g 为标况下气相体积流量，mmsm³/d；C 为背压常数，mmsm³/d /bar⁽²⁻ⁿ⁾ ；P_e为气层压力，bar；P_{wf}为井底流动压力，bar；n 为常数。 2. 建模要求 d) 原则：自由使用各种建模工具，准确建立黑油模型下该集输管网模型。 e) 单位制：长度 m，压力为绝对压力。 f) 采用黑油模型进行物性计算，黑油物性计算式自选，考虑各井口流体组成在管路流动中带来的掺混；																																																									

序号	题目	题目类型	问题描述要求	题目来源
			阀门模型自选；油水乳状液黏度计算式自选。 3. 分析内容 根据以上提供参数及信息： a) 根据题目阀门信息，以 W_C4 井口阀门 Ck1 为例，分析阀门入口压力 35bar，阀门不同出口压力下产量变化情况； 自选相关多相流压降计算方法，计算各井口产量，得出管网中压力、温度、持液率、流速、流型变化情况，并展示 W_C4 井至处理厂沿线流动过程。	
		选答题	a) 随着开发进行，新增井口 W16，假设 W16 的井底流入信息同 W_C1，将其连接在 J_A1、J_B1、J_C1、J_C4 哪个位置更能发挥该井的产气能力(忽略 W16 同其他节点之间的高程差)，请进行产量计算结果对比分析，指名原因。	
		选答题	a) 基于 W_C4 井模型，分析其在多个不同井口压力下（阀门前压力），井筒流出曲线与井底流入曲线工作点变化情况； b) 分析 W_C4 井井口阀门后不同压力下，结合该井流入曲线、井筒进行计算，探究井口产气量变化情况。	
3	凹陷管道结构失效仿真	必答题	1. 模型描述 凹陷是管道受撞击或挤压等外部载荷的作用导致管壁局部产生弹塑性变形而形成的，在内外载荷的作用下，凹陷的存在可能给管道的安全运行带来隐患。凹陷管道的示意图如图 1 所示。管道的外径 D 为 1422mm，管道壁厚 t 为 32.1mm，内压 P 为 12MPa，管道材料为 X80。	

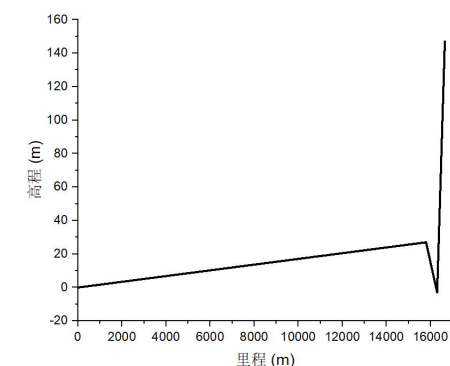
序号	题目	题目类型	问题描述要求	题目来源
			 图 1 凹陷参数定义 管材应力应变曲线按下式计算： $\varepsilon = \frac{\sigma}{E} + \alpha \frac{\sigma}{E} \left(\frac{\sigma}{\sigma_y} \right)^{n-1}$ $\alpha = 0.005 \frac{E}{\sigma_y} - 1$ $n = \frac{3.14}{1 - \sigma_y / \sigma_t}$ 式中：ε 为应变；σ 为应力，MPa；E 为弹性模量，MPa；σ_y 屈服强度，MPa；σ_t 为抗拉强度；n 为硬化指数；α 为屈服偏移量。 2. 建模要求 a) 原则：自由使用各种建模工具，准确模拟凹陷管道。 b) 单位制：长度mm。	

序号	题目	题目类型	问题描述要求	题目来源
			3. 分析内容 a)计算压头半径 $r=300\text{ mm}$,凹陷深度 $H=15\%D$ 情况下,管道的最大等效塑性应变。 b)校核此凹陷尺寸下管道的安全状态,要求给出失效判定准则,并确定此管道的极限凹陷深度。	
		选答题	a)建立凹陷管道参数化模型,探究管道直径、管道壁厚、运行压力、凹陷参数(压头半径、凹陷深度)、材料性能对管道凹陷回弹系数、回圆系数、凹陷处最大等效塑性应变的影响规律 b) 建立管道凹陷处最大等效塑性应变预测公式/模型。	
		选答题	a)建立含组合缺陷(腐蚀+凹陷)管道有限元模型,探究不同缺陷尺寸以及缺陷相对位置对管道剩余强度的影响。 b)建立腐蚀中心与凹陷中心重合的组合缺陷管道极限承载能力预测公式/模型。	
4	管土相互作用有限元模拟	必答题	1. 模型描述 地质灾害引发的地面变形是油气长输管道安全运行的重要威胁,获取准确的管-土相互作用关系成为管道工程设计及运维过程中的重要一环。图 1 为管-土相互作用模型示意图,其中管道直径 $D=273\text{mm}$,管道中心线埋深 $H=1.5\text{m}$ 、管道水平位移 $x=4D$ 。	

序号	题目	题目类型	问题描述要求	题目来源																																																	
			 图 1 管-土相互作用模型示意图 不同土壤参数如表 1 所示： <table><caption>表 1 不同土壤参数表</caption><tr><th>土壤类型</th><th>杨氏模量 (MPa)</th><th>泊松比</th><th>密度 (kg/m³)</th><th>内摩擦角 (°)</th><th>膨胀角 (°)</th><th>凝聚力 (kPa)</th></tr><tr><td>松砂土</td><td>8</td><td>0.25</td><td>1735</td><td>30</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td>中砂土</td><td>15</td><td>0.3</td><td>1837</td><td>32</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>硬砂土</td><td>35</td><td>0.35</td><td>1939</td><td>34</td><td>4</td><td>6</td></tr><tr><td>软粘土</td><td>2</td><td>0.4</td><td>1531</td><td>22.5</td><td>0.1</td><td>40</td></tr><tr><td>中粘土</td><td>7</td><td>0.4</td><td>1830</td><td>22.5</td><td>0.1</td><td>80</td></tr><tr><td>硬粘土</td><td>15</td><td>0.4</td><td>2143</td><td>27.5</td><td>0.1</td><td>145</td></tr></table> 2. 建模要求 a) 原则：自由使用各种建模工具，准确模拟管-土相互作用。 b) 单位制：长度mm。	土壤类型	杨氏模量 (MPa)	泊松比	密度 (kg/m³)	内摩擦角 (°)	膨胀角 (°)	凝聚力 (kPa)	松砂土	8	0.25	1735	30	1	2	中砂土	15	0.3	1837	32	2	3	硬砂土	35	0.35	1939	34	4	6	软粘土	2	0.4	1531	22.5	0.1	40	中粘土	7	0.4	1830	22.5	0.1	80	硬粘土	15	0.4	2143	27.5	0.1	145	
土壤类型	杨氏模量 (MPa)	泊松比	密度 (kg/m³)	内摩擦角 (°)	膨胀角 (°)	凝聚力 (kPa)																																															
松砂土	8	0.25	1735	30	1	2																																															
中砂土	15	0.3	1837	32	2	3																																															
硬砂土	35	0.35	1939	34	4	6																																															
软粘土	2	0.4	1531	22.5	0.1	40																																															
中粘土	7	0.4	1830	22.5	0.1	80																																															
硬粘土	15	0.4	2143	27.5	0.1	145																																															

序号	题目	题目类型	问题描述要求	题目来源
			3. 分析内容 a)建立管-土相互作用有限元仿真模型，确定不受边界效应影响的土体尺寸 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 。 b)以松砂土为例，计算管道的载荷位移曲线。	
		选答题	a)建立参数化管-土相互作用模型，计算不同管道直径、不同管道埋深、不同土壤参数下的载荷-位移曲线，分析其变化规律。 b)对比 GB50470-2017 以及国际上其他设计指南或标准中推荐的管-土数学模型，探究当前各种管-土模型的适用性。	
		选答题	a) 建立参数化管-土相互作用模型，开展批量计算，修正 GB50470 中管-土相互作用数学模型（包括但不限于水平侧向及垂直向上）。 b)建立土壤沉降作用下管道力学响应计算模型，对比土弹簧修正前后的管道力学响应差异。	
5	基于交变磁场的油气管道多类型缺陷动态检测	必答题	1. 模型描述 大口径高钢级天然气管道，管径 1219mm，管道材质（钢材等级）X80，管道内外壁存在多类型缺陷，采用磁涡流原理对缺陷进行检测。 2. 建模要求 自由使用各种建模工具，准确建立管道含有缺陷的电磁仿真模型。 3. 分析内容 a) 建立 X80 钢制油气管道二维轴对称模型（管径 1219mm，壁厚 10mm，推荐使用平板模型进行简化）。在管道内壁设计单一矩形缺陷（尺寸：宽 1mm×深 3mm）。构建正交差分涡流探头模型，包含一个中心激励线圈和两个对称放置、绕向相反的差分接收线圈，其中激励线圈采用 1kHz、1A 正弦交流电激励，长 2mm×高 1mm；差分接收线圈长 1mm×高 1mm，匝数可自行设计。模拟探头匀速扫过缺陷区域的过程（可采用以 1mm 为间隔的位置扫查替代），提取接收线圈的感应电动势幅值，绘制缺陷特征信号曲线（幅值-位置）。 b) 在 a 基础上引入直流磁化，使管道（或平板）达到一定的背景磁化状态（建议饱和磁化至 2.2T），对比分析同尺寸内壁缺陷和外壁缺陷产生的差分输出信号。重点关注信号的相位特征差异，选择一个关	

序号	题目	题目类型	问题描述要求	题目来源						
			键参数（例如：激励频率 或 提离高度），研究其变化对某一种缺陷（内壁或外壁）检测信号幅值（峰值 V_p ）的影响。 c) 在 b 的基础上，探索缺陷尺寸与信号特征之间的关系，进行初步的缺陷量化分析，并尝试对某个仿真参数进行优化。							
		选答题	a)深度影响：保持内、外壁裂纹宽度不变（如 $w=1\text{mm}$ ），模拟不同深度（例如： $d=1\text{mm}, 3\text{mm}, 5\text{mm}, 7\text{mm}$ ）的缺陷。分析并绘制缺陷深度与信号特征（如峰值 V_p 和/或 峰谷间距 L ）之间的关系曲线，讨论基于信号特征进行深度量化评估的可能性与局限性。 b)宽度影响：保持内、外壁裂纹深度不变（如 $d=3\text{mm}$ ），模拟不同宽度（例如： $w=0.5\text{mm}, 1\text{mm}, 2\text{mm}, 4\text{mm}$ ）的缺陷。分析并绘制缺陷宽度与信号特征（如峰值 V_p 和/或 峰谷间距 L ）之间的关系曲线，讨论基于信号特征进行宽度量化评估的可能性与局限性。							
		选答题	a)磁化强度优化：针对某一特定缺陷（如外壁裂纹），模拟不同直流磁化强度下（至少 5 个水平，覆盖非饱和到近饱和范围）的检测信号。找出能够获得最大信号幅值（ V_p ）的磁化强度范围，并进行解释。 b)激励频率优化：针对某一特定缺陷（如外壁裂纹），模拟不同激励频率下（至少 5 个水平）的检测信号。找出能够获得最大信号幅值（ V_p ）的激励频率，并结合趋肤效应和差分原理进行解释。							
6	海洋立管仿真及段塞分析防治	必答题	1. 模型描述 请对某海洋立管分析其某工况下运行参数变化。海洋立管管道全长 16.651 km，管道内径为 180 mm，绝对粗糙度为 0.5348mm，总传热系数为 $6.5\text{W/m}^2/\text{C}$，入口流量 24.0kg/s ，出口压力 8.0MPa ，入口温度为 34.6C，环境温度为 4.0C。 地形变化数据如下所示： <table><tr><th>管道长度(m)</th><th>管道高程(m)</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>15800</td><td>27</td></tr></table>	管道长度(m)	管道高程(m)	0	0	15800	27	
管道长度(m)	管道高程(m)									
0	0									
15800	27									

序号	题目	题目类型	问题描述要求	题目来源																																
			<table><tr><td>16301</td><td>-3</td></tr><tr><td>16651</td><td>147</td></tr></table>  图1 立管高程里程数据 流体物性组成如下表所示： <table><tr><th>流体组成</th><th>摩尔百分比(%)</th><th>流体组成</th><th>摩尔百分比(%)</th></tr><tr><td>H2O</td><td>29.077</td><td>iC4</td><td>1.000</td></tr><tr><td>N2</td><td>5.635</td><td>nC4</td><td>2.663</td></tr><tr><td>CO2</td><td>0.17</td><td>iC5</td><td>1.975</td></tr><tr><td>C1</td><td>23.025</td><td>nC5</td><td>2.95</td></tr><tr><td>C2</td><td>2.262</td><td>C6</td><td>6.631</td></tr><tr><td>C3</td><td>2.085</td><td>C7</td><td>22.525</td></tr></table> 2. 建模要求 原则：自由使用各种建模工具，准确模拟立管内流动过程。 单位制：均采用标准单位。 3. 分析内容 a) 根据立管工况，进行立管稳态计算，分析立管沿线温度、压力、持液率、流型等变化情况。 立管工况变化，当算例水力以及热力参稳定之后。在 300s 之内使入口温度设置由 34.6℃变为 38.3℃。在	16301	-3	16651	147	流体组成	摩尔百分比(%)	流体组成	摩尔百分比(%)	H2O	29.077	iC4	1.000	N2	5.635	nC4	2.663	CO2	0.17	iC5	1.975	C1	23.025	nC5	2.95	C2	2.262	C6	6.631	C3	2.085	C7	22.525	
16301	-3																																			
16651	147																																			
流体组成	摩尔百分比(%)	流体组成	摩尔百分比(%)																																	
H2O	29.077	iC4	1.000																																	
N2	5.635	nC4	2.663																																	
CO2	0.17	iC5	1.975																																	
C1	23.025	nC5	2.95																																	
C2	2.262	C6	6.631																																	
C3	2.085	C7	22.525																																	

序号	题目	题目类型	问题描述要求	题目来源
			管道再次稳定运行之后,分别模拟提产工况与降产工况:1. 在 1.5h 之内,入口流量由 24kg/s 增加为 50kg/s。2. 在 1.2h 之内,入口流量由 24kg/s 降为 12kg/s。取管道不同位置观察温度、压力、气体流速、持液率、流型变化情况,并对比两种不同工况下的立管稳态沿程参数。	
		选答题	1. 模型描述 立管基础参数如题目 1 中所示。可参考题目 1 中的瞬态的工况。 2. 建模要求 原则: a) 使用国产多相流仿真软件,或者自行编程进行计算。 b) 可以与一款以上主流商业软件(如 OLGA、LedaFlow 等)的相关模拟结果进行对比分析,不可仅使用国外主流商业软件进行模拟。 单位制:长度 m。 3. 分析内容 指出是否存在严重段塞可能,并对段塞流动参数(液塞频率、液塞长度、气泡速度等参数)规律进行分析。注:参赛成员可自行选用相关算法以及经验公式,但是需要进行参考文献引用以及算法说明。	
		选答题	1. 模型描述 根据立管工况,若存在立管严重段塞,如何对其进行防治,请提出相关防治措施并设计相关设备(如段塞补集器、立管顶部阀门等),并对防治措施进行论证。 2. 建模要求 原则: a) 使用国产多相流仿真软件,或者自行编程进行计算。	

序号	题目	题目类型	问题描述要求	题目来源
			b) 可以与一款以上主流商业软件（如 OLGA、LedaFlow 等）的相关模拟结果进行对比分析，不可仅使用国外主流商业软件进行模拟。 c) 对于自行编程计算的作品，需要给出设备的详细描述方程，以及与立管程序的关键结合步骤，对于设备对于立管相关参数的作用形式，需要详细给出。 单位制：长度 m。 3. 分析内容 关键设备的作用机理，强烈段塞流抑制的操作方案及策略分析及对相关水力参数（持液率、压力等）的影响机理分析。	
		选答题	1. 模型描述 立管基础参数如题目 1 中所示。可参考题目 1 中的瞬态的工况。 2. 建模要求 原则： a) 使用国产多相流仿真软件，或者自行编程进行计算。 b) 可以与一款以上主流商业软件（如 OLGA、LedaFlow 等）的相关模拟结果进行对比分析，不可仅使用国外主流商业软件进行模拟。 单位制：长度 m。 3. 分析内容 参考相关文献，给出立管管道运行中所产生液塞进行段塞追踪的计算方案，并分析主流商业软件（OLGA、LedaFlow 等）在是否开启段塞追踪情况下算法以及基础方程的异同。对于其中的基础水力参数（气液相流速、压力、相含率等）参数以及段塞流相关参数（液塞中气体流速、气团速度、液膜速度等参数）进行对比分析。	

注：上述赛题的最终解释权归属大赛专家评审委员会。