

中国地质科学院地质力学研究所 2023 年工程 地质服务-柴达木盆地东部欧南凹陷青德地 1 井 压裂试气工程采购需求

采购需求一览表【供参考】

包号	包名称	预算金额 (万元)	主要工作量简介
1	柴达木盆地东部欧南凹陷青德地 1 井压裂试气工程	515.00	工作任务内容： 青德地 1 井地层含气性测试 (1) 测试层位：在下石炭统怀头他拉组测试 2 层组。 (2) 采用含气性测试方式对试气层段进行施工，组织开展储层改造、返排试气、人工助排等配套工作。 (3) 按要求取全取准各项试气资料。 计划起止日期：2023 年 7 月-2023 年 9 月。

投标必须以包为单位，对所投包号中的所有内容进行投标，不允许拆包投标，也不允许将几个包合并报一个价格投标，评标、授标以包为单位。各包具体技术要求详见《技术分册》。

详细技术要求

一、项目概况

项目名称：中国地质科学院地质力学研究所 2023 年工程地质服务-柴达木盆地东部欧南凹陷青德地 1 井压裂试气工程

所属二级项目：柴达木盆地东部油气战略性矿产调查评价（中国地质科学院地质力学研究所）

实施单位：中国地质科学院地质力学研究所

经费及来源：中央财政

二、工作区基本条件

工作区位于青海省柴达木盆地德令哈地区，行政区划属青海省海西州德令哈市，距离德令哈市东南约 50.1km 处（图 5-1）。位于柴达木盆地北缘东部德令哈坳陷埃北 I 号构造高部位，东经：96° 54' 48"，北纬：37° 2' 47"。地面地形为戈壁滩，有部分砂梁，地面平均海拔在 2900-3100m 左右。该地区属大陆干旱性气候，气候干燥寒

冷，少雨多风（年平均风力三级，风季主要在二至五月和九至十月），冬季漫长，夏季短促，日温差变化大，年平均气温 2.6℃，一月份气温一般在-23℃左右，最低气温可达-30℃。



图 5-1 柴达木盆地青德地 1 井地理位置图

三、工作区地质背景和地质工作程度

（一）工作区地质背景

1. 构造特征

柴达木盆地德令哈坳陷处于青藏高原东北缘的柴达木盆地东部地区北端，构造区划属于柴北缘断裂带的东段，夹持于宗务隆山和埃姆尼克山之间，面积 7112km²。

德令哈坳陷以二级断裂及局部构造圈闭发育特征为依据，划分出北部山前斜坡带、德令哈凹陷带、欧龙布鲁克构造带、欧南凹陷带和埃姆尼克凸起 5 个二级构造单元。总的而言，德令哈地区为“三隆二凹”的构造格局，凸起、凹陷相间发育，北西-北西西向展布开。

区域上，柴达木东部地区经历了前震旦纪结晶基底构造演化和震旦纪-三叠纪柴达木地块构造演化阶段和中新生代陆内盆地构造演化阶段。德令哈坳陷自晚古生代以来，以海西-印支运动、晚燕山运动和晚喜山运动表现强烈。

2. 地层特征

柴达木盆地东部地层发育较为齐全，但时有间断或缺失（图 5-2）。盆地边缘的元

古界和古生界出露则较为广泛，主要见于盆地北缘残山、东侧鄂拉山等地区，它们断续成带或成片分布。据物探和部分钻探揭示，柴达木盆地中，古生界和元古界亦有较广泛分布，但它们埋藏深浅不一，是构成柴达木盆地前中生代地块的主体。中生代地层主要分布在柴达木盆地内及边缘残山地区，侏罗纪以来为内陆河湖盆地，是目前盆地内已知的主要烃源岩和油气储集的主要岩系。

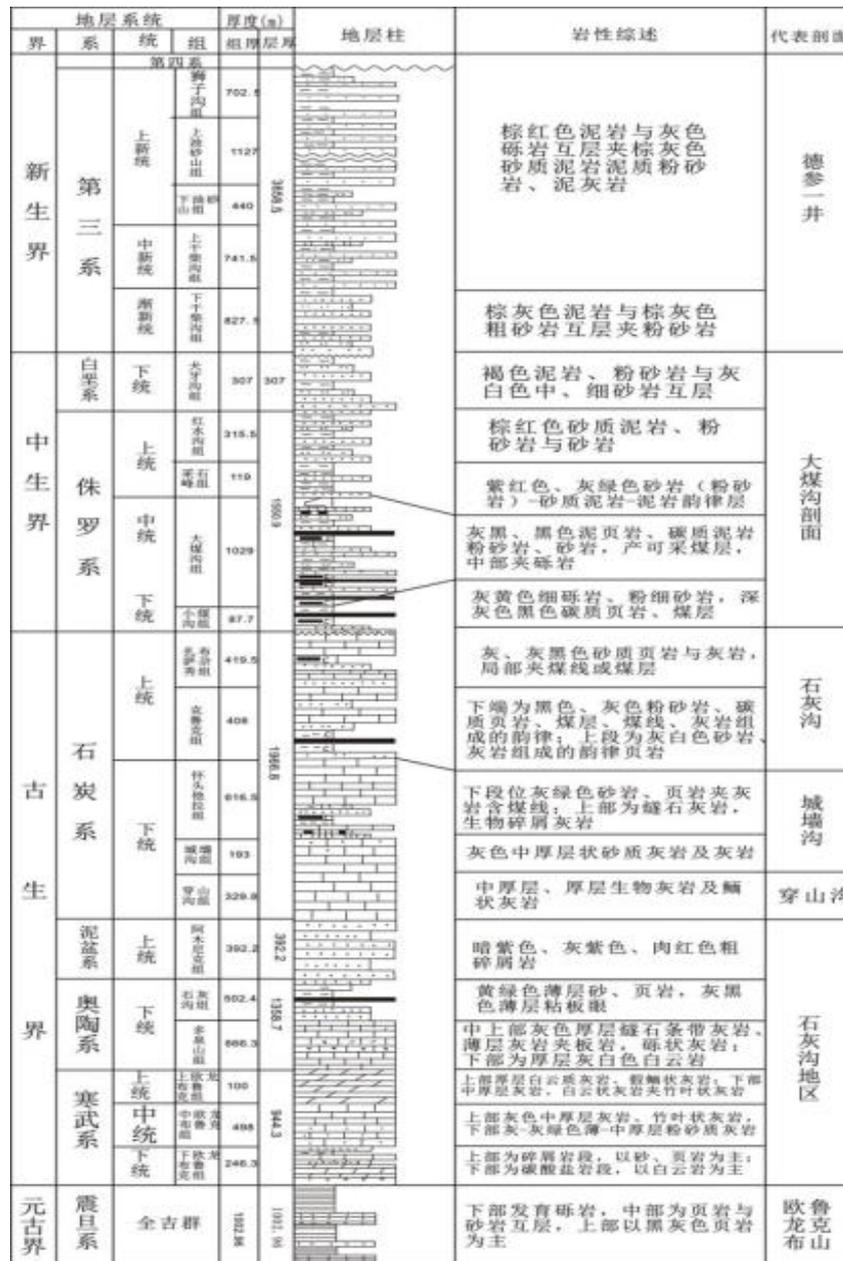


图 5-2 柴达木德令哈坳陷地层岩性柱状图

石炭系在柴达木盆地周缘山地及盆地内，分布广泛，早石炭世以海相沉积为主，晚石炭世以海陆交互相为特征。以柴北缘石炭系为代表的稳定型石炭系，生物群门类较全、属种繁多、化石丰富，是青海省及西北地区的典型剖面之一，柴南缘与北缘类

同，亦为稳定型沉积，而柴达木盆地北缘北部宗务隆山地区—土尔根大坂一带可能为活动型沉积，火山岩发育，具有一定的变质作用。石炭系是区内重要勘查新层系，也是该井的目的层，具体划分如下：

表 5-1 柴达木盆地晚古生代地层系统

地层				柴北缘		柴南缘 打柴沟					
系	统	国际阶	国内阶								
石炭系	下二叠	亚丁斯克	隆林	未见顶		四角羊沟	上段				
		萨克马尔	紫松				下段				
	上石炭	阿瑟尔	逍遥	扎布萨尕秀 (未见顶)	大套灰岩段	锦敖苏					
		格舍尔	达拉	克4: 泥岩夹灰岩段	黄绿色砂岩段						
		卡西莫夫	滑石板	克3: 砂砾岩段							
		莫斯科	罗苏	克2: 灰泥岩互层段							
	下石炭	巴什基尔	谢尔普霍夫	德坞	克鲁克	怀头他拉	大干沟	灰岩段			
								维完	大塘	黄绿色粉砂岩段	鲕粒灰岩段
		杜内	岩关	城墙沟				穿山沟	生物碎屑灰岩段	石拐子	灰岩段
									砂页岩夹灰岩段		砾岩段
泥盆系	上泥盆	法门	邵东	阿姆尼克	大套砂砾岩段	哈尔扎组					
						黑山沟组					

①穿山沟组：青海省第一区调队 1976 年创建于阿木尼克山穿山沟西侧。岩性为灰、灰黑色薄-中厚层状灰岩、鲕状灰岩、生物碎屑灰岩、夹钙质页岩、粉砂岩，含珊瑚、腕足类。其下与阿木尼克组，其上与城墙沟组均为整合接触。该组厚度在穿山沟地区为 452m，城墙沟地区为 210m，向东逐渐变薄，总的厚度变化为 90~452m。下部与阿木尼克组整合接触。

②城墙沟组：由穆恩之等 1958 年创建于乌兰县欧龙布鲁克山城墙沟地区。自穿山沟组创建以后，该组作为下石炭统下部层位，并与穿山沟组一起代表杜内阶沉积。岩性为灰色泥岩、砂质灰岩、生物灰岩，底部含泥、钙质结核。含丰富的珊瑚 (*Siphonophyllia oppresa-Ekwasophyllum heijianshanense* 组合)、腕足类及腹足类、三叶虫、苔藓虫等。该组与下伏穿山沟组和上覆怀头他拉组均为整合接触。在城墙沟剖面厚 202m，穿山沟地区厚 490m。在牦牛山等地，穿山沟组与城墙沟组没有详细划分，城墙沟组和穿山沟组总厚大于 475m。应该指出，现划的城墙沟组在很多地区与穿山沟组未分开，笼统归入早石炭世早期沉积。

③怀头他拉组：1959 年穆恩之命名于乌兰县欧龙布鲁克怀头他拉煤矿。该组分布于结绿素、石灰沟、欧龙布鲁克山南坡、怀头他拉煤矿、扎布萨尕秀西、及牦牛山等

地。岩性为浅灰、灰黑色薄-中厚层状灰岩、燧石灰岩、生物灰岩，夹砂页岩。一般厚 293~600m。含腕足类（*Gigantoproductus geniculatus*-*Echinoconchus punctatus* 组合）、珊瑚及孢粉等。在欧龙布鲁克山怀头他拉煤矿剖面，该组下部为砂岩、页岩互层，夹细砾岩、灰岩及煤层；上部为灰岩、砂岩、泥灰岩，厚 1111~1301m。含珊瑚、腕足类等。其下与城墙沟组整合接触。

④克鲁克组：1959 年穆恩之创名于乌兰县怀头他拉煤矿至克鲁克之间。最初称克鲁克群，1980 年以后改称为组，青海省区域地层表（1980）、青海省区域地质志（1991）相继引用，代表上石炭统下部沉积。1997 年青海省“岩石地层”将其代表整个上石炭统，包括了扎布萨尕秀组。本报告同意青海省区域地质志的观点，代表上石炭统下部层位。该组见于分区东部大头羊沟、石灰沟、扎布萨尕秀及欧龙布鲁克山一带。岩性为灰、黑灰色灰岩、砂岩、页岩、碳质泥岩互层（图 5-3），夹煤线或薄煤层。在怀头他拉至克鲁克之间厚 390m，石灰沟 694m，扎布萨尕秀东北厚 390m，在欧龙布鲁克山北坡和怀头他拉南山等地厚约 225~722m。

⑤扎布萨尕秀组：1962 年青海地质局石油普查大队创名于乌兰县扎布萨尕秀东北，青海第一区域地质调查大队（1980）、青海省区域地层表（1981）、青海省区域地质志（1991）先后引用，代表上石炭统上部沉积。1997 年青海省“岩石地层”认为该组纯系生物地层单位予以废弃，并将其归入克鲁克组，本报告同意青海省区域地质志的划分意见。该组分布于石灰沟、欧龙布鲁克山地区，岩性为灰、灰黑色厚层状生物灰岩、灰岩，夹粉砂岩，碳质、泥质页岩及煤层。石灰沟剖面厚 325m，扎布萨尕秀剖面厚 593m。其下与克鲁克组整合接触，其上未见顶；在东部地区，岩性为砂页岩、灰岩夹煤系，局部以碎屑岩为主，夹碳酸盐岩。中部为厚约 700m 的灰绿色火山角砾岩、英安岩和流纹岩，总厚 150~3600m。含腕足类（*Gigantoproductus geniculatus*-*Echinoconchus punctatus* 组合）、珊瑚及孢粉等。在欧龙布鲁克山怀头他拉煤矿剖面，该组下部为砂岩、页岩互层，夹细砾岩、灰岩及煤层；上部为灰岩、砂岩、泥灰岩，厚 1111~1301m。含珊瑚、腕足类等。其下与城墙沟组整合接触。

（二）钻井基本数据

青德地 1 井位于青海省海西州德令哈市怀头他拉镇托素湖南侧，构造位置位于柴达木盆地北缘东部德令哈坳陷埃北 I 号构造高部位。青德地 1 井是在原埃北 1 井（原井深 1319.00 m）基础上加深钻探的地质调查井，设计井深 3070.00 m，于 2016 年 8 月 31 日开钻，2016 年 11 月 4 日完钻，2016 年 11 月 24 日完井；完钻井深 3070 米，

在石炭系地层取心 11.03 米，收获率 97.35%。全井钻井总时间为 2170.43 小时，其中生产时间 1958.10 小时，占总时间的 90.22%，非生产时间为 212.33 小时，占总时间的 9.78%。钻机月 2.79 台月，钻机月速 627.60 米/台月，平均行程钻速 3.68 m/h，平均机械钻速 2.33m/h。具体参数见表 5-2。

表 5-2 青德地 1 井钻井基本数据表

井号	青德地 1 井	海拔	地面：2883.18（复测）			坐标	4103785.6m（复测）		
井别	调查井		补心：2887.68m				17314376.9 m（复测）		
测线位置	D86067.5 与 D850045 交点沿联络线方向向东 1.2km 处								
设计井深	3070.00 m	完钻井深	3070.00 m			完钻层位	阿木尼克组 D _{3a}		
开钻日期	2016.09.08	完钻日期	2016.11.04			完井日期	2016.11.24		
井身结构	井眼尺寸	加深：215.9 × 3 070.00 m							
	最大井斜	3050 m/12.81°/285.77°				闭合距	108.19		
套管结构	套管名称	外径 (mm)	钢级	壁厚 (mm)	下入井深 (m)	联入 (m)	水泥返高(m)	阻流环位 (m)	固井质量
	表层套管	244.5	N80	10.03	693.6	8.05	地面		合格
	油层套管	139.7	N80	9.17	2600.77	4.50	地面	2587.55	合格
	套管头型号		TFz 244.50 mm × 139.70 mm-35 MPa						
其它	人工井底 (m)	2573.50 (软探)			补心高 (m)		4.50		
泥浆使用情况	井段 (m)	密度 (g/cm ³)	粘度 (s)	失水量 (ml)	泥饼 (mm)	初切 (Pa)	终切 (Pa)	PH 值	钻井液类型
	1319.00-3070.00	1.22-1.35	49-80	2.0-4.0	0.2-0.5	1-4	5-9	9	聚磺
地质分层	钻穿地层	N _{1g}	E _{3g}	C _{2zh}	C _{2k}	C _{1h}	C _{1ch}	D _{3a}	
	深度 (m)	328.0	904.0	1267.4	2364.0	2806.1	3011.9	3070.0▽	

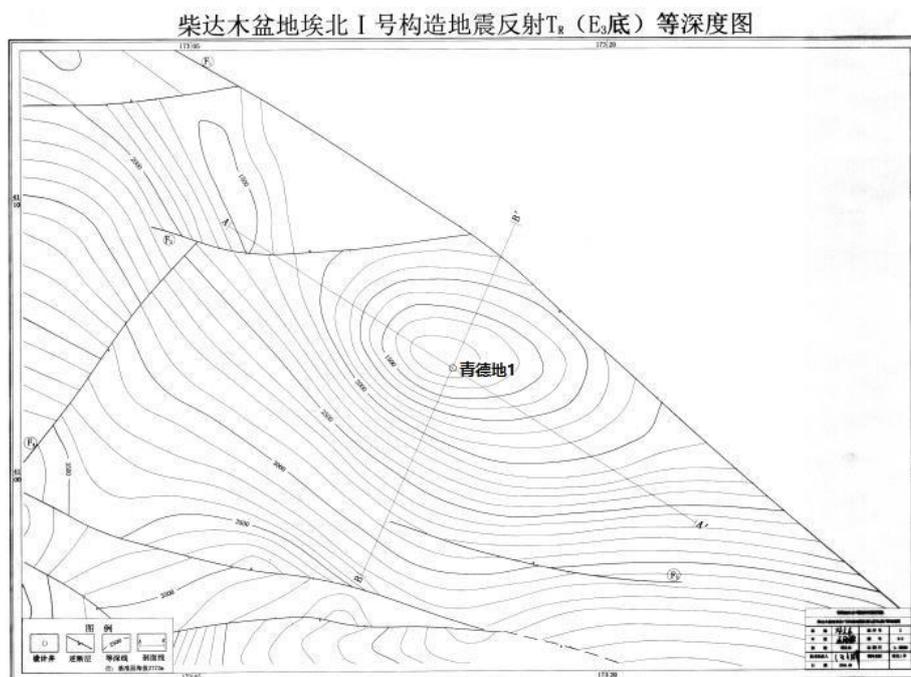


图 5-3 柴达木盆地青德地 1 井构造位置图

四、完成任务及提交成果

（一）工作目标及任务

（1）实施青德地 1 井直井压裂试气工程，针对下石炭统有利层段实施储层改造 2 层，并开展试气（含人工助排措施），力争获得工业气流。

（2）取全取准储层物性、岩石力学、天然气组分等系列地质及工程参数，分析青德地 1 井储层改造效果并评价含气性。

（二）主要工作量

（1）编制青德地 1 井直井压裂试气工程施工方案；

（2）针对青德地 1 井开展通井作业，保证压裂试气工作顺利实施；

（3）开展小型压裂测试，回馈测试结果并优化工程方案；

（4）对青德地 1 井目的层段（以地质设计为准）开展直井压裂 2 层组，并开展试气（含人工助排措施，以地质设计为准），获取地质参数（以地质设计为准），分析青德地 1 井储层改造效果；

（5）整理原始资料分析，协助甲方进行综合含气性评价；

（6）提交压裂试气成果报告。

（三）提交成果

（1）提交的成果资料

按照有关资料归档要求，提交施工总结报告（含：连续油管射孔施工设计、泵送桥塞-射孔联作施工设计、压裂施工设计、试气施工设计、压裂试气总结报告、压后拟合评价成果报告等），以及相关文件电子介质等。

（2）提交报告时间

压裂试气 30 日内完成资料整理与报告编写，并提交各项原始资料及成果报告，时间不能迟于 2023 年 11 月 30 日。

五、工作方法和主要技术要求

该工程项目涉及压裂试气的各个环节，技术要求按照自然资源部、中国地质调查局、中国石油天然气集团等相关技术规范、规程、标准，具体参数按照本工程《压裂地质设计方案》、《压裂工程设计方案》及相关标准执行：

SY/T5289-2016《油、气、水井压裂设计与施工及效果评估方法》

SY/T6376-2008《压裂液通用技术条件》

SY6443-2000 《压裂酸化作业安全规定》

SY/T6262-1996 《气井试气工艺规程》

SY/T5836-93 《中深井压裂设计施工方法》

SY/T6088-1994 《深井压裂工艺作法》

SY/T5108-1997 《压裂支撑剂性能测试推荐方法》

最终工程施工按实钻成果资料经综合分析研究后确定的直井压裂和试气设计执行。

(一) 井身结构

青德地 1 井采用两开井身结构。原埃北 1 井眼使用 $\Phi 311.1$ mm 钻头钻至 695 m 井深，下入 $\Phi 244.5$ mm 套管至 693.60 m，表层套管外径 244.5 mm，钢级 N80，壁厚 10.03 mm；二开使用 $\Phi 215.9$ mm 钻头钻至 1319 m，打水水泥塞裸眼完钻。加深钻进段用 $\Phi 215.9$ mm 钻头钻至 3070 m 完钻，采用聚磺钻井液体系。下入 $\Phi 139.7$ mm 套管至 2600.77 m，固井。油层套管外径 139.7 mm，钢级 N80，壁厚 9.17 mm，抗内压强度 63.40MPa，抗外挤强度 60.90MPa。

套管串结构：浮鞋 (0.39m)+N80*9.17mm*139.9mm 油套 1 根 (11.51m)+振动器 (1.32m)+调节短套 1 根 (3.78m)+N80*9.17mm*139.7mm 油套 226 根 (2579.27m) + 联入 (4.5m) = 下深 (2600.77m) 阻位：2587.55m (见图 5-4)。

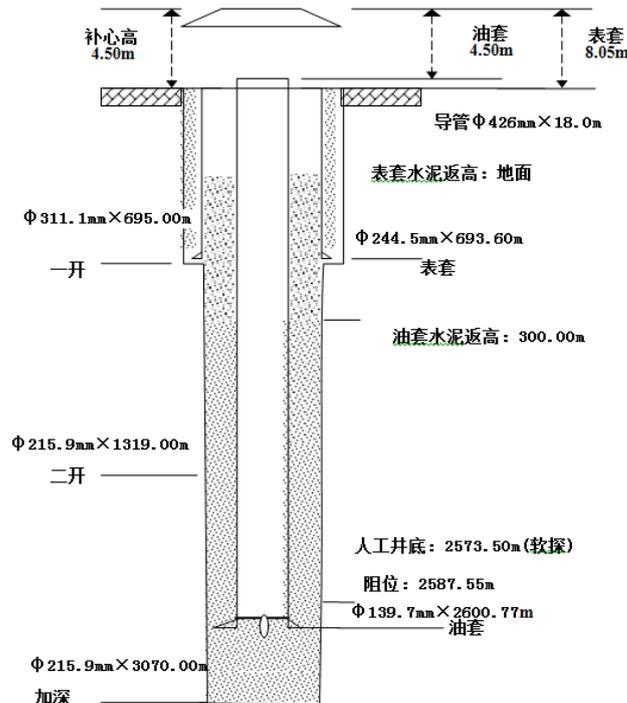


图 5-4 青德地 1 井井身结构示意图

（二）压裂层段基本情况

本次射孔段设计方案均处于全烃升高段，以非均质储层-裂缝型、缝洞型储层为勘探目标。优选测试层位 2 套：下石炭统怀头他拉组（2485m-2505m）和下石炭统怀头他拉组（2360-2410m）。测试层段为一套开阔台地相沉积，岩性均以泥灰岩为主。基于同岩性取心段测试显示，储层层脆性指数高，具有较好的可压性，具体地质参数以压裂地质设计为准。

（三）压裂技术要求

本次压裂采用“前置酸化+压裂改造”的压裂思路，提高裂缝导流能力，增大泄油面积。储层改造工艺方面，由于储层致密性强，借鉴致密气的体积压裂思路，本次采用“复合压裂液+组合支撑剂”的复合压裂工艺，出于井深结构限制，采用大排量+大规模+油管浅下+缝口暂堵压裂工艺进行改造。采用低分子聚合物压裂液体系，加入解水锁剂，降低压裂液对储层的水锁伤害；采用酸液预处理、多段塞打磨工艺，降低地面施工压力，有助于提高施工排量；采用全程液氮泡沫伴注复合压裂工艺，加快地层返排速率，进一步提高压裂液返排率，降低压裂液对地层的伤害；采用组合粒径支撑剂，对不同级别的裂缝进行有效支撑；滑溜水采用 70-140 目（暂定）粉陶和 40-70 目（暂定）陶粒进行段塞式加砂，暂堵和支撑天然裂缝或层理；尾段采用冻胶连续携砂 40-70 目（暂定）和 30-50 目（暂定）陶粒，增大近井裂缝导流能力。预测施工排量 8-10m³/min，液量 1500-1800m³/层，加砂量 100-150m³。

（四）试气技术要求

采用分压合试的试气方案。依据储层改造和试气测试开关井时间、产液状况、压力变化、日产量、烃类 PVT 样品等分析试井参数所反映的地质意义，通过天然气（原油）的密度、粘度、凝固点、成分、临界温压等分析石炭系油气藏性质，利用地层水氯根、矿化度、PH 值等判断油气藏地层水水型，综合查明石炭系油气藏的类型、油气水性质和分布等。结合井旁构造、沉积等地质背景明确石炭系油气成藏的基本特征，明确油气聚集成藏和富集的主控因素。返排过程中，若不能自喷，或排液过程中出现停喷，则采用制氮车气举助排方式诱喷排液。

（五）设备要求

青德地 1 井设计井深 3070m，优选有利层段实施储层改造 2 层，并开展试气，施工方应按照油气行业压裂试气标准提供满足压裂试气的全套施工设备。主压裂车的水马力应该满足压裂需求，高压泵车机组及配套设备可靠、合理，可实现无级变速停泵，

不低于 2500 型，最高工作压力 105MPa。本井地面流程采用两级节流测试流程（带数据采集系统），由一套管汇台、一套管汇台、一套热交换器、一套两相分离器、放喷池三条管线组成（一条主放喷测试管线、一条备用放喷测试管线、一条分离器安全释放管线），放喷池出口处安装燃烧筒。施工方应按照地质设计要求，准备相应的求产设备、取气装置以及人工助排设备。

六、质量、安全、环保要求

1. 项目管理执行中国地质调查局地质调查项目办法中的有关规定。投标人应具有完善的质量管理体系，对项目实行全过程的技术质量监控，能保证工作中各技术环节和技术指标严格按有关行业规范要求执行，确保每一个技术环节合理、安全。

2. 压裂液质量要求：配液所用清水水质清澈透明，机械杂质含量 $<0.2\%$ ；配液用水、化学添加剂和室内试验用水、化学添加剂相一致。优化配液工艺，要求配制出的压裂液不能有结块、鱼眼、豆眼。正式施工前要对压裂液取样进行基液粘度、PH 值等性能测试，确认压裂液性能符合设计要求后才能施工；若测试结果不符合设计要求，必须整改满足要求。

3. 放喷前做好解除或缓解管线冰堵的应急方案，专人观察套压、分离器压力变化情况。采用油嘴控制放喷，由小到大逐级放喷，要求连续、平稳、可控，并根据放喷口排液情况逐步建立起套压。

4. 投标人在施工前，要制定安全应急预案和环境保护措施。施工过程中，严格遵守《中华人民共和国安全生产法》、《中华人民共和国环境保护法》等相关法律法规以及行业有关标准和规定，确保当地自然环境不遭破坏和工程项目安全生产。

5. 现场作业人员应全部持有有效 HSE 证、硫化氢证；井架工以上岗位持有井控证；特种作业人员持有特种作业证。

6. 现场修整应符合标准油气井场标准，设置防护栏、大门、门岗房、安全指示牌、风向标等标准设施；须配置足够数量、有效的灭火器、防火砂等防火设施；须设置专门的安全监督，负责现场安全坐岗检查、整改等安全事务。

7. 废水、废泥浆的处理要求：废水、废泥浆、废液储存在防渗漏废液池或罐中处理后达标外排或再利用，在任何情况下，废水、泥浆不得排出井场。返排液等废水、废液的处理，须严格遵守国家及当地环境保护、生态要求，因此产生的费用，由受托方承担。

8. 积极响应绿色施工要求，严格遵守国家及工作区环境保护相关要求。控制建设工程在开发建设过程中的各种施工活动，尽量减少对生态环境的破坏，做好植被恢复、湿地保护与水土保持工作。