



中华人民共和国国家标准

GB/T 40547—2021

煤层气钻完井设计指南

Design guidelines for coalbed methane well drilling and completion

2021-08-20 发布

2022-03-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 设计原则和依据 1

5 钻井工程设计 2

6 固井设计 4

7 钻前工程技术要求 5

8 风险分析 6

9 健康、安全、环保要求 6

10 钻完井工程质量要求 6

11 设计书内容框架 6

附录 A（资料性） 钻井工程质量控制要求 7

附录 B（资料性） 煤层气钻完井设计书内容框架 8

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由全国煤炭标准化技术委员会(SAC/TC 42)归口。

本文件起草单位：中联煤层气有限责任公司、中煤科工集团西安研究院有限公司、山西蓝焰煤层气集团有限责任公司、中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司、中国石油大学(华东)、中国石油大学(北京)、河南理工大学。

本文件主要起草人：杨刚、朱光辉、米洪刚、李丹琼、胡滨、孟尚志、李斌、孙新阳、张培河、鲜保安、马腾飞、赵俊、吴见、冯永玖、张兵、降文萍、徐加放、毕延森、陈建兵、李俊峰、于忠涛。

煤层气钻完井设计指南

1 范围

本文件规定了煤层气井钻完井设计的原则、依据、内容和技术要求。

本文件适用于煤层气直井、定向井钻完井工程设计,对于水平井等其他井型的钻完井设计可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 19139 油井水泥试验方法
- AQ 1081 煤层气地面开采防火防爆安全规程
- SY/T 5225 石油天然气钻井、开发、储运防火防爆安全生产技术规程
- SY/T 5466 钻前工程及井场布置技术要求
- SY/T 5619 定向井下部钻具组合设计方法
- SY/T 5724 套管柱结构与强度设计
- SY/T 5972 钻机基础选型
- SY/T 5974 钻井井场设备作业安全技术规程
- SY/T 6199 钻机设施基础规范
- SY/T 6276 石油天然气工业 健康、安全与环境管理体系
- SY/T 6613 钻井液流变学与水力学计算程序推荐作法
- SY/T 6641 固井水泥胶结测井资料处理及解释规范
- SY/T 6818 煤层气井钻井工程安全技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

钻完井 drilling and completion

利用机械设备从地面将地层钻成孔眼,并下套管固井、裸眼或下入筛管等作业过程。

3.2

井眼轨迹 well trajectory

设计或实钻的井眼轴线。

4 设计原则和依据

4.1 设计原则

煤层气钻完井设计依据地质设计,体现地质和工程一体化的设计思想,合理有效的保护和开发煤储

层,按照健康、安全和环保的要求进行编制。

4.2 设计依据

4.2.1 地质资料

区域地质资料;区块地质资料,包括构造、地层、水文地质等;目标煤层的厚度、深度、分布及煤质等。

4.2.2 工程资料

井名、井别、井口坐标、构造位置、设计垂深、靶点数据、目标煤层、完钻原则、完井方式等。

4.2.3 邻井资料

地质日报、地质总结报告、地质录井资料、测井资料、取心资料、试井资料、排采资料等,钻井设计、完井报告、复杂情况分析等。

5 钻井工程设计

5.1 井眼轨迹设计

5.1.1 根据地质要求,综合考虑钻井工艺、设备工具、地质导向等技术因素确定井眼轨迹类型。

5.1.2 最大全角变化率宜符合起下钻、下套管、排采管柱防偏磨等作业的限制条件。

5.1.3 最大井斜角宜综合考虑目的层垂深、水平位移、排采设备等作业的限制条件,宜取最小值。

5.1.4 对邻近井进行防碰扫描,防碰扫描的判别宜采用分离系数结合理论井眼中心距的方法进行,设计分离系数宜大于 2.0。

5.1.5 进行防碰风险分析并制定应急计划。对于设计分离系数小于 2.0 的井宜制定防碰控制措施。

5.1.6 通过专业软件进行轨迹设计,并绘制二维剖面图、水平投影图及三维示意图(宜包括单井及井组井眼轨迹水平投影图)。

5.2 井身结构和套管设计

5.2.1 一般要求

5.2.1.1 依据地震以及邻井钻井、录井、测井、压裂、排采等资料预测地层压力。

5.2.1.2 根据地层岩性纵向分布情况、孔隙压力、地层破裂压力、地层坍塌压力、特殊地层(易垮塌、易漏失、易缩径等地层)、钻井工艺、完井要求和排采要求,合理设计井身结构和套管程序。

5.2.1.3 有效保护煤储层,减少钻井液对不同地层压力煤储层的伤害。

5.2.1.4 宜避免将漏、喷、塌、卡等井下复杂地层设计在同一裸眼段内。

5.2.1.5 套管设计宜满足钻井、完井、排采、生产、修井、增产措施和弃置等作业要求。

5.2.2 技术要求

5.2.2.1 根据地层岩石可钻性及生产、排采要求优选井眼尺寸。

5.2.2.2 据上部地层钻井地质特征、表层封固要求等确定表层套管下入深度。

5.2.2.3 根据增产措施、井下作业、生产管柱的尺寸等选择或优选套管的强度和尺寸。

5.2.2.4 套管柱结构设计和套管强度校核按照 SY/T 5724 的规定执行。

5.2.2.5 根据地层的腐蚀环境和条件,选择套管材质并制定防腐措施。

5.2.3 井身结构

5.2.3.1 常规煤层气井井身结构按表 1 设计。

表 1 常规煤层气井井身结构

开钻程序	钻头尺寸/mm	套管程序	套管尺寸/mm
一开	311.1	表层套管	244.5
二开	215.9	生产套管	139.7(或 177.8)

5.2.3.2 复杂地层情况下按表 2 设计。

表 2 复杂地层情况下煤层气井井身结构

开钻程序	钻头尺寸/mm	套管程序	套管尺寸/mm
一开	444.5	表层套管	339.7
二开	311.1	技术套管	244.5
三开	215.9	生产套管、裸眼或筛管	139.7(或 177.8)

5.2.3.3 采用小井眼钻井时，钻头尺寸不小于 89 mm。

5.3 钻头选型

根据所钻地层特性和井段长度，结合邻井资料，选择钻头尺寸、钻头类型、切削结构等，确定钻压、转速、泵压、排量和水眼组合等参数。

5.4 钻具组合设计

5.4.1 钻具组合设计执行 SY/T 5619 的规定。

5.4.2 钻具组合宜满足井眼轨迹控制、取心作业和井下复杂情况处理的要求。

5.4.3 对于直井钻遇地层倾角大、软硬交错互层多的易斜地区，宜设计防斜打直钻具组合。

5.5 钻井液设计

5.5.1 一般要求

5.5.1.1 根据地层孔隙压力、坍塌压力和破裂压力预测结果，结合邻井实钻情况和钻井工艺要求，确定合理的钻井液密度。

5.5.1.2 针对各井段地层情况，优选钻井液体系，并确定关键性能指标，如黏度、切力、固相含量等。

5.5.2 煤系钻井液性能要求

5.5.2.1 宜选用清水、气体、无黏土钻井液、泡沫钻井液等，钻井液密度设计按照 5.5.1.1，含砂量 $\leq 0.2\%$ ，pH 值 7.5~8.5。

5.5.2.2 上述钻井液不能满足安全钻进要求时，可采用环保型聚合物钻井液，钻井液密度设计按照 5.5.1.1，漏斗黏度 ≤ 45 s，API 失水 ≤ 10 mL(水平井宜 ≤ 5 mL)，固相含量 $\leq 5\%$ ，含砂量 $\leq 0.2\%$ ，pH 值 7.5~8.5。

5.6 取心设计

- 5.6.1 依据煤层特征及取心要求,优选取心工艺方法和取心钻进参数。
- 5.6.2 明确井眼准备、取心工具的检查、下钻、取心钻进、割心和起钻等作业要求。
- 5.6.3 宜采用绳索式半合管取心工具,煤心直径不小于 60 mm。
- 5.6.4 根据煤层顶底板和煤层具体情况采用 PDC 取心钻头、硬质合金取心钻头或金刚石取心钻头。

5.7 水力参数与摩阻扭矩计算

根据井眼清洁要求和井筒能承受的最大环空当量循环密度,按照 SY/T 6613 的推荐作法或通过专业软件设计水力参数,计算环空返速、循环压耗、钻头水功率、钻头喷嘴喷射速度,优选泵排量、钻井液性能、钻具组合、钻头喷嘴类型、钻头喷嘴尺寸和数量。

通过专业软件模拟计算入井管柱极限工况下的摩阻扭矩,并根据计算分析结果制定相应的降摩阻扭矩措施。

5.8 钻井设备选型

- 5.8.1 钻井设备包括提升设备、转盘、钻井泵及其他钻机配套设备。
- 5.8.2 钻机综合提升能力宜大于不同钻井工况下最大钩载的 1.5 倍。
- 5.8.3 转盘扭矩宜大于不同钻井工况下最大扭矩的 1.5 倍。
- 5.8.4 根据水力计算所得泵压与排量,优选钻井泵,额定泵压宜大于最大模拟泵压的 1.2 倍。

5.9 井口装置要求

- 5.9.1 在地质资料清楚或勘探开发程度较高的区块,根据以往资料无井喷风险的煤层气井,可不安装防喷器,但施工现场建议备压井材料,在设计中制定井控措施。对于地质资料不清楚的煤层气井宜选用单闸板或双闸板液压防喷器及其配套的液压控制系统和节流管汇。
- 5.9.2 在对地质条件作充分了解的基础上,结合井口装置和后续作业要求进行试压设计。
- 5.9.3 宜有井口和防喷器装置示意图,标明尺寸、压力等级、材质和连接方式等关键参数。
- 5.9.4 井口与套管保护要求按照 SY/T 6818 的规定。
- 5.9.5 完井井口装置宜采用环形钢板简易井口,明确试压要求、焊接要求和电焊井号等。

6 固井设计

6.1 一般要求

- 6.1.1 依据地质设计、钻井工艺要求、作业目的、实钻数据和固井技术规范,结合邻井资料进行固井设计。
- 6.1.2 根据煤储层的特性和实际的井下条件选择对煤层伤害小、与煤层胶结良好的水泥浆体系。
- 6.1.3 宜用近平衡压力固井。

6.2 水泥浆返高设计

返高要求主要包括:

- a) 表层套管外水泥浆宜返至地面;
- b) 技术套管外水泥浆宜封固煤层、水层等资源层和复杂地层;
- c) 生产套管外水泥浆至少上返至目标煤层以上 200 m,并封固煤层、水层等资源层和复杂地层。
若需负压抽采,水泥浆宜反至地面。

6.3 固井参数设计

包括隔离液、水泥浆、顶替液的泵注体积与排量等。

6.4 套管口袋

表层套管留口袋宜小于 1 m,技术套管留口袋宜为 1 m~1.5 m,生产套管留口袋宜为 1.5 m~2 m。

6.5 水泥浆密度设计

综合考虑地层孔隙压力、漏失压力、作业方式以及顶替效率设计水泥浆密度。宜选择常规密度水泥浆体系,封固段地层存在漏失风险时,可采用低密度水泥浆体系。

6.6 套管扶正器设计

技术套管的套管鞋以上 100 m 内和生产套管的套管鞋至顶部目标煤层以上 150 m 内加放套管扶正器。

6.7 水泥浆性能要求

固井施工前,取现场水对设计使用的水泥按 GB/T 19139 的要求进行试验,试验内容主要包括:抗压强度、稠化时间、滤失量和流变性等。

水泥浆主要性能要求包括:

- a) 表层套管固井水泥石 24 h 抗压强度宜大于 3.5 MPa;
- b) 技术套管固井水泥石 24 h 抗压强度宜大于 7 MPa;
- c) 生产套管固井水泥石 24 h 抗压强度宜大于 14 MPa;
- d) 低密度领浆的稠化时间设计为注、替水泥浆时间加上不少于 60 min 的安全附加时间,常规尾浆的稠化时间设计为注、替水泥浆时间加上 30 min ~ 60 min 的安全附加时间;
- e) 直井井段固井水泥浆滤失量宜不大于 150 mL,定向井和压裂井段水泥浆滤失量宜不大于 100 mL,水平井根据实际情况提高要求。

7 钻前工程技术要求

7.1 井场要求

7.1.1 根据给定的井位坐标,实地勘测确定地面井口位置,待基础施工结束后复测井位。

7.1.2 井场布置按照 SY/T 5466 的规定。

7.1.3 根据煤层气钻井和压裂作业要求,井深 1 000 m 以浅的井场面积不宜小于 50 m×35 m,井深 1 000 m 以深的井场面积不宜小于 50 m×40 m,丛式井等特殊情况的井和 1 500 m 以深的井宜适当加大,水平井井场面积不宜小于 80 m×60 m。其他内容按 SY/T 5466 的规定执行。

7.2 基础选型与布置要求

7.2.1 按照 SY/T 5972 的规定,提出基础选择及布置的要求。

7.2.2 按照 SY/T 6199 的规定,提出基础施工及布置的要求。

7.2.3 设备基础平面宜高于井场面 100 mm~200 mm,并排水畅通。

7.2.4 设备基础地基承载能力不小于 0.15 MPa,遇不良地基宜进行技术处理。

7.3 消防要求

7.3.1 按照 SY/T 5974 中的规定,提出井场消防应对措施及器材配备的要求。

7.3.2 按照 SY/T 5225 中的规定,制定井场火源、易燃易爆物源的安全防护措施,并建立井场动火作业审批制度。

8 风险分析

8.1 地质风险

8.1.1 对地层岩性变化、断层平面与空间展布等地质因素进行分析。

8.1.2 对可能含有硫化氢、一氧化碳等有毒有害气体的特殊层位、埋藏深度、含量情况进行分析。

8.1.3 对所在地区的气温、风力、雨量、汛期水位以及可能引起的地质灾害进行分析。

8.2 作业风险

8.2.1 依据邻井钻井实钻情况,制定设计井复杂情况的预判与应对措施。

8.2.2 依据区块内浅层气、煤层气分布层位、井段分析结果,预测设计井浅层气、煤层气分布层位、井段。

8.2.3 制定设计井可能钻遇的断层、漏层、超压层位和井段等的应对措施。

8.2.4 对含硫化氢、一氧化碳等有毒有害气体的异常情况,单独制定应急处理预案。

9 健康、安全、环保要求

9.1 按照 SY/T 6276 的规定,制定煤层气钻完井健康、安全与环境管理体系、组织机构、管理程序和警示标示。

9.2 按 AQ 1081 的要求配备必要的防护装备,防止有毒有害气体、刺激性物质及噪声对人体造成伤害。

9.3 针对可能发生的生产事故与自然灾害,制定有关防火、防爆、防泄漏、防误操作等措施。

9.4 制定环境保护控制措施和废弃物处理方案。

9.5 针对煤层气开发过程对地下水、植被、耕地等的影响,明确水体保护措施。

10 钻完井工程质量要求

10.1 钻井工程质量控制要求,参见附录 A。

10.2 固井水泥环胶结质量分级按照 SY/T 6641 的规定,煤层及上下 50 m 井段固井质量宜达到中等及以上。

11 设计书内容框架

煤层气钻完井设计书内容框架参见附录 B。

附 录 A
(资料性)
钻井工程质量控制要求

直井钻井工程质量要求见表 A.1。

表 A.1 直井钻井工程质量要求

垂直井深/m	井斜/(°)	全角变化率 ^a /(°/30 m)	水平位移/m	井径扩大率/%	取心收获率 ^b /%	取心直径/mm
0~500	≤2	≤1.5	≤10	普通层段≤15 煤层段≤35	煤层≥80 其他岩层≥90	煤层≥60 其他岩层≥60
>500~1 000	≤3	≤1.5	≤30			
>1 000~1 500	≤4	≤2.0	≤40			
^a 表示连续三点。 ^b 粉煤取心收获率≥60。						

定向井钻井工程质量要求见表 A.2。

表 A.2 定向井钻井工程质量要求

井段/m	全角变化率/(°/30 m)	最大井斜角/(°)	井底水平位移/m	井径扩大率/%
直井段	≤1.5	≤1.0	≤5	≤15
造斜段	连续三点不大于 3.5 单点不大于 4.0	—	—	≤15
稳斜段	正常地层≤2.0	不超过设计井斜角 5°	—	非煤层≤15 煤层≤35
注 1：造斜段完成后可使用 MWD 继续定向，或者也可以使用单点定向控制，但在定向段宜采用复合钻具组合钻进。 注 2：特殊地层指地层倾角 10°以上，地层正常钻进中易发生井斜和方位偏移的，宜书面报告甲方人员，取得甲方认可的。 注 3：靶点为煤层顶板，中靶半径 25 m，如遇到靶点垂深与预测变化大于 20 m，根据实际情况调整中靶点的认定，以设定的原垂深靶点为靶点。 注 4：使用≤1.25°螺杆造斜，造斜段缓慢造斜，稳斜段降斜率不大于 1.3°/30 m。				

附 录 B
(资料性)
煤层气钻完井设计书内容框架

B.1 基本数据

包括井名、井别、井位坐标、靶点数据、目标煤层、完井层位、完井方式、完井原则等。

B.2 地质储层基本数据

包括区域构造概况、构造基本特征、地层序列及岩性简述、标准层、煤层物性特征、岩心资料、地下流体资料、地层压力预测等。

B.3 邻井资料统计

包括邻井地质资料、邻井工程资料、邻井事故及复杂情况统计等。

B.4 井眼轨迹设计

包括轨迹数据表、二维剖面图、水平投影图及三维示意图、防碰设计等。

B.5 井身结构和套管设计

包括井身结构设计依据和原则、井眼与套管程序、井身结构示意图、套管强度校核等。

B.6 钻头选型

包括地层岩性分析及钻头选型、钻头计划表、钻井参数。

B.7 钻具组合设计

包括各个井段的钻具组合及使用要点。

B.8 钻井液设计

包括钻井液基本要求、各井段钻井液体系及主要性能、钻井液密度设计曲线图、各井段钻井液配制及维护方法、煤储层保护措施。

B.9 取心设计

包括取心要求、取心工具及钻头选择、钻井取心参数设计、取心作业程序和注意事项。

B.10 水力参数与摩阻扭矩计算

包括井眼清洁计算、水力参数计算、工程措施要求。

包括钻具摩阻扭矩计算、套管摩阻计算、工程措施要求。

B.11 钻井设备选型

包括对钻井设备进行模拟校核,列出钻井主要设备清单。

B.12 井口装置要求

包括井口装置设计的依据和要求、历次开钻井口装置示意图、套管和套管头试压要求。

B.13 固井设计

包括各层套管固井参数设计、各层套管固井施工程序。

B.14 钻前工程技术要求

包括井位与井场的条件要求、基础选型与布置要求、消防要求。

B.15 风险分析

包括地质风险和作业风险分析。

B.16 健康安全环保要求

包括基本要求、环保要求、钻进作业安全措施、起下钻及短起下钻作业安全措施、预防卡钻的措施、预防井眼扩大的措施、预防井漏的措施、放喷要求与井控措施。

B.17 钻完井工程质量要求

包括井身质量、取心质量、固井质量等。
