

# 矿井密闭防灭火技术规范-AQ 1044-2007

## 1 范围

本标准规定了矿井密闭防灭火技术的使用范围、使用通则、技术方案的制定、实施、管理和防灭火效果的检验等。

本标准适用于煤矿矿井火灾防治。

## 2 定义

本标准采用下列定义。

2.1 矿井密闭防灭火技术 **technology on prevention and extinguish of mine fire by fire seal**  
以建筑密闭为主要封闭措施,将井下需要防火或灭火的区域进行封闭后断绝其氧气来源,防止火灾发生或阻止火灾持续与蔓延,达到防火或灭火的目的。

注:封闭措施指封堵漏风的措施。包括建筑各种密闭、建立隔绝带、留隔离煤柱、堵塞各种裂隙和空隙、形成采空区压实带、人工假顶及水封等。建立密闭是最常用的封闭措施。

### 2.2 密闭(名词) **air stopping**

建筑在矿井生产区与欲封闭区之间的连通巷道中,用于切断连通巷道中的空气流动,同时防止人员进入的隔离构筑物。

### 2.3 密闭(动词) **seal**

建筑密闭的行为。

### 2.4 封闭区 **sealed area**

矿井中用封闭措施隔离的区域。

### 2.5 火区 **sealed area of fire**

矿井中发生火灾时被封闭的火灾区域。

### 2.6 漏风通道 **passageway of air leakage**

漏风流经或可能流经的道路。

### 2.7 危险漏风 **dangerous air leakage**

能为井下煤炭自燃或火灾蔓延提供足够氧气的漏风。

## 3 总则

### 3.1 密闭的分类与命名

#### 3.1.1 按墙体倾角分

##### 3.1.1.1 垂直密闭

墙体垂直布置,用于水平巷道和倾角小于等于 30°的倾斜巷道中,墙体自重主要由基础支承。

##### 3.1.1.2 倾斜密闭

墙体垂直于巷道轴线,用于倾角大于 30°的倾斜巷道中,墙基表现为基座形式,墙体自重由基座支承,底板一侧受有侧压。

##### 3.1.1.3 水平密闭

墙体水平布置,用于垂直巷道中,墙体自重由基座支承,基座四周均受有侧压。

#### 3.1.2 按墙体受力特点及使用性能分

##### 3.1.2.1 普通密闭

墙体主要承受地压与自重,用于一般场合。

##### 3.1.2.2 防爆密闭

墙体能承受一定爆炸压力和冲击波,用于有瓦斯、煤尘爆炸危险的场合。

##### 3.1.2.3 防水密闭

墙体能承受较大静水压力,用于尚需堵水的场合。

### 3. 1. 3 按 务期限分

#### 3. 1. 3. 1 临时密闭

发生火灾时，为了紧急切断风流控制火势或缩封火区锁风，用木板、帆布、砖等轻便材料建造的简易密闭。

#### 3. 1. 3. 2 永久密闭

为了长期封堵漏风，封闭防火或封闭灭火，用砖、石、水泥等上燃性耐久材料建造的坚固密闭。

#### 3. 1. 3. 3 防火门

为了紧急控制与隔离机电硐室等地点发生的外源火灾而设置的常开风门。

### 3. 1. 4 按墙体材料和结构分

#### 3. 1. 4. 1 木板密闭

墙体由立柱、顶梁、墙板和墙板上涂抹的粘土、石灰或水泥砂浆组成，用作临时密闭。

#### 3. 1. 4. 2 排柱密闭

墙体由单排密集支柱和涂抹的粘土、石灰或水泥砂浆组成，用作临时密闭。

#### 3. 1. 4. 3 风布密闭

墙体由立柱、衬板和衬板上钉挂的风布组成，用作临时密闭。

#### 3. 1. 4. 4 喷塑密闭

墙体由立柱、衬底和衬底上喷涂的泡沫塑料组成，用作临时密闭。

#### 3. 1. 4. 5 木段密闭

墙体用木段垒砌，木段之间逐层充填粘土或沙浆，可耐动压，常用作临时密闭。

#### 3. 1. 4. 6 沙(土)袋密闭

墙体用沙(土)袋垒砌，沙(土)袋常用麻袋、编织袋，每袋装其容量的 60%~80%，上超过 50kg。能耐动压，抗冲击，可用作临时密闭或防爆密闭。

#### 3. 1. 4. 7 石膏密闭

墙体用石膏浇筑，整体性入密封性强，可用作临时密闭或永久密闭。

#### 3. 1. 4. 8 砖墙密闭

墙体用砖砌筑，可用作临时密闭或永久密闭。

#### 3. 1. 4. 9 料石(或片石)密闭

墙体用料石(或片石)砌筑，承压性好，可用作永久密闭。

#### 3. 1. 4. 10 混凝土密闭

墙体用混凝土浇筑，整体性和承压性好，能防水、防爆，可用作永久密闭。

#### 3. 1. 4. 11 单墙充填密闭

仅用于倾角大于 30°的倾斜巷道和垂直巷道，在砖密闭或料石密闭上方，充填河沙、粘土或粉煤灰等上燃性材料构筑的密闭，可做永久密闭。

#### 3. 1. 4. 12 双墙充填密闭

由两座密闭及其间充填的河沙、粘土、粉煤灰或凝胶等材料组成，能耐压，仅用于倾角大于 30°的倾斜巷道和水平巷道，可做永久密闭。

#### 3. 1. 4. 13 充气气囊密闭

用塑料布或橡胶布等制成的气囊在现场充气，用作临时密闭。

### 3. 2 密闭防灭火技术的使用范围

密闭防灭火技术主要适用于采煤工作面回采结束后的采空区、报废的煤巷、煤巷高冒或空洞的自然火灾防治和直接灭火缺乏条件或有危险或上奏效的外源火灾灭火。

### 3. 3 密闭防灭火技术的使用通则

#### 3. 3. 1 必须对发火地点、发火原因及漏风状况进行详尽的分析，使密闭防灭火技术做

到有的放矢、因地制宜。

3.3.2 必须正确选择密闭的位置、结构的施工方法，尽可能缩小封闭范围，减少密闭数量，控制漏风，保证密闭的施工安全和工程质量，提高密闭防灭火的窒息效果。

3.3.3 必须加强对封闭区的管理，加强对密闭的维护和检修，严格限制其邻近区域生产活动情况对封闭区的采动影响，以保证封闭区良好的封闭状态。

3.3.4 必须选定可靠的观测地点，建立完善的观测制度，随时随地掌握封闭区内的自然发火趋势或火情变化。

3.3.5 必须根据《煤矿安全规程》和《矿井防灭火规范》(试行)规定的条件检验封闭防灭火效果。

#### 4 密闭防灭火方案的制定

##### 4.1 火情及漏风分析

4.1.1 对密闭防火而言必须分析掌握最易自燃发生的危险地点。

4.1.2 对密闭灭火而言必须查明发火原因、火源显现和潜伏的位置。

4.1.3 必须查明漏风分布和危险漏风通道。

4.1.4 对存在疑问的漏风通道应做连通性分析判断，难以判断的可采用六氟化硫(SF<sub>6</sub>)示踪气体做连通性判断。

##### 4.2 封闭范围圈定

4.2.1 封闭范围的圈定应尽可能小，有困难时可采用分步缩封的方案。

4.2.2 相邻的采空区与火区之间应尽可能隔离，避免连通。

4.2.3 几个相邻的封闭区可以再圈成一个大封闭区进行双层封闭。

##### 4.3 密闭位置选择

4.3.1 密闭位置的选择应在确保施工安全的条件下使封闭范围尽可能小，尽可能靠近火源。

4.3.2 密闭位置应选择在动压影响小、围岩稳定、巷道规整的巷段内，密闭外侧离巷口应留有4~5m的距离。

##### 4.4 密闭结构选择

4.4.1 密闭的总体结构包括墙体和辅助设施，密闭的墙体必须具有足够的承压强度、足够的气密性能和足够的使用寿命，能满足指定的特殊使用性能；密闭的辅助设施应根据需要配齐。

4.4.2 永久密闭必须采用上燃性建筑材料。

4.4.3 临时密闭要求结构简单严密、材料质量轻、施工方便，完成任务后需要拆除的要便于拆除，有瓦斯爆炸危险时要求防爆。临时密闭一般选用木板密闭、风布密闭、喷塑密闭、砖密闭、石膏密闭或沙(土)袋密闭。

4.4.4 永久密闭要求墙体结构稳定严密、材料经久耐用，墙基与巷壁必须紧密结合，连成一体。永久密闭一般采用掏槽结构，也可采用锚杆注浆结构。煤巷密闭必须掏槽，帮槽深度为见实煤后0.5m，顶槽深度为见实煤后0.3m，底槽深度为见实煤后0.2m，掏槽宽度大于墙厚0.3m；岩巷上要求掏槽，但必须将松动岩体刨除，见硬岩体。

墙身应选用高强度材料砌筑或浇筑，且有足够的厚度，墙厚可参考附录A选择，墙面覆盖层厚度应大于20mm。

4.4.5 在倾角超过30°的巷道砌筑密闭时，密闭墙体宜垂直于巷道轴线，并采用基座结构，用以承受侧压和墙体自重。墙基四周必须嵌入巷帮一定深度，岩壁宜大于0.5m，煤壁宜大于1m。墙体上方可充填河砂、粘土或粉煤灰等惰性材料或予以注浆。

4.4.6 对密闭有防爆要求时宜选用沙(±)袋密闭作缓冲墙，再建筑永久密闭。

4.4.7 要求耐动压时宜选用木段密闭。

4.4.8 在巷帮破裂的巷道中可选用充填型密闭，或对巷帮进行注浆处理。

4.4.1.9 要求承受一定的静水压力时，宜选用料石或混凝土密闭。料石密闭内侧应边砌边用水泥砂浆抹面，静水压力大于0.1 MPa时，应专门进行设计。

#### 4.5 观测系统的确定

4.5.1 火区密闭和防火永久密闭都应在离地板高度为墙高的2/3处设直径上小于25mm的检测口，用于观测压差、气温和取气样；封闭区内高外低处的密闭应安装直径50mm以上放水管，并带有水封结构或安装阀门，离底板高度为0.3m，用于观测水温、释放积水；另外在密闭的顶部还要安装直径上小于100mm的灌浆管，以备灌浆使用。

4.5.2 选择封闭区回风侧有代表性的密闭，定期观测封闭区内的气体状态，重点掌握封闭区内气体成分的变化，可靠检验密闭防灭火方案的实施效果。在检测封闭区内的气体浓度时，平时可用气体检测管检测，阶段性测定应取样用色谱仪分析。

#### 4.6 方案图纸与方案说明

4.6.1 以通风系统图为底图绘制密闭防灭火方案图，图上应按统一的符号和文字标明密闭的位置、漏风的路线和有关的通风设施。同时绘制封闭方案的通风网络图，在网络图中要详细绘出封闭区与系统的连接关系，在各节点要标明节点号和节点压能值。网络图自下而上绘制进风段、用风段和回风段，用虚线绘出漏风路线。

4.6.2 封闭方案应有详尽的说明书，其内容应包括：

- a) 基本情况分析；
- b) 封闭范围的圈定；
- c) 密闭位置的选择；
- d) 密闭结构的选择；
- e) 观测系统的确定；
- f) 方案实施的安排；
- g) 封闭效果的预计。

#### 5 密闭防灭火方案的实施

5.1 为了抓住密闭防火的有利时机，应根据煤的自然发火期，科学地安排密闭的时间。回采工作面回采结束后要及时进行密闭，上得长期对停采工作面进行通风。

5.2 为了保证密闭施工的安全，必须制定可靠的安全措施。

5.2.1 密闭前5m内必须支护牢固，防止冒顶、片帮事故。

5.2.2 瓦斯矿井采用密闭灭火时，密闭结构必须具有足够的防爆能力。一般采用沙(±)袋密闭作掩体，再建筑永久密闭。

5.2.3 封闭火区时，应依照正、负压通风方式和瓦斯涌出量的大小来合理确定密闭顺序。有瓦斯爆炸危险时，一般进、回风侧同时砌筑密闭，做到边检测、边通风、边密闭，最后同时迅速封闭密闭通风口，迅速撤出工作人员。

5.2.4 密闭过程中，必须严格掌握火区气体的爆炸危险趋向，采取正确的通风措施。建议采用爆炸三角形法判断火区气体的爆炸危险性和危险趋向(参见附录B)。

5.3 必须确保密闭的工程质量，按质量要求验收。

#### 6 封闭区的管理

6.1 必须绘制封闭系统图(实施后的实际封闭方案图)，建立密闭管理卡片或火区管理卡片。所有密闭都必须编号、登记、上图。密闭管理卡片或火区管理卡片内容包括密闭编号、密闭地点、巷道倾角、墙体结构、性能要求、建筑日期及完好程度、维修记录、观测记录等。

6.2 所有密闭前都必须安设栅栏、警标和记事牌。记事牌内容包括密闭编号、密闭地点、密闭检查观测记录。

6.3 必须加强密闭的检查和维修，保证密闭完好。

6. 4 在密闭灭火过程中，必须停止火区周围对密闭灭火有影响的一切生产活动。
- 7 防灭火效果的强化
  7. 1 应加强对整个封闭区的封闭堵漏。
    7. 1. 1 封闭区的所有通口均应密闭，所有密闭均应加强维修和堵漏。
    7. 1. 2 井下大面积漏风地点宜建立隔绝带实行堵漏。
    7. 1. 3 巷帮裂隙及硐外空帮等漏风地点宜采取注浆、充填等有效的局部堵漏措施。
    7. 1. 4 地面漏风裂隙应采用黄土覆盖、充填等堵漏措施。
  7. 2 原已圈定过大的火区应设法缩封。火区缩封必须制定缩封方案，报上级部门审批后由矿山救护队在锁风状态下实施。缩封方案可参照编制密闭防灭火方案的要求编制。
  7. 3 采取均压措施以降低封闭区的漏风压差：
    - a) 设法使封闭区成为通风网络中的角联分支，进行均压调节；
    - b) 设法使封闭区所有密闭同时处于通风系统中的进风侧或回风侧；
    - c) 设法开辟与封闭区并联的通路。
  7. 4 采取灌注惰性气体的措施可以提高封闭区的惰化程度，对于瓦斯矿井灭火还可起到阻爆的作用。
  7. 5 采取注水、注浆、注凝胶等措施可以降低密闭区内部温度，加快灭火速度。
- 8 防灭火效果的观测
  8. 1 定期测定封闭区密闭内外压差，进行漏风分析。
  8. 2 指定有代表性的回风侧密闭，用气体检测管测定封闭区内、外的 O<sub>2</sub>、CO、CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 等气体浓度，用分辨率上低于 0. 2 的温度计测定封闭区内、外的空气温度及密闭四帮煤、岩温度，每天测定一次。定期用采样球胆采集封闭区气样，送化验室进行气体成分分析。
  8. 3 每次测定都必须仔细填写观测记录，至少记录观测地点、观测日期和观测人，并填绘观测曲线。
- 9 防灭火效果的检验
  9. 1 根据测定，出现下列现象之一即定为出现自燃发火隐患：
    - a) 密闭内出现 CO<sub>2</sub> 且呈上升趋势；
    - b) 密闭内水温、气温呈上升趋势；
    - c) 密闭附近煤温、岩温呈上升趋势。
  9. 2 根据测定，出现下列现象之一即定为出现发生自燃火灾，防火失败：
    - a) 密闭内出现烟雾；
    - b) 密闭附近煤温、岩温上升超过 70℃。
  9. 3 密闭灭火必须同时达到以下条件并稳定一个月以上方可确认火区熄灭：
    - a) 各回风侧密闭取气样分析，CO 浓度低于 0. 001%、O<sub>2</sub> 浓度低于 5%；
    - b) 各回风侧密闭内气温低于 30℃或达到发火前温度；
    - c) 各密闭内水温低于 25℃或达到发火前温度。
  9. 4 火区长期封闭仅 O<sub>2</sub> 浓度达到熄灭条件时，可组织进行火区侦察，以确认火区是否熄灭。火区侦察必须制定侦察方案，报上级部门批准后由矿山救护队在锁风状态下进行。
  9. 5 火区达到熄灭条件需要启封时，可以制定启封方案申报启封。启封时发现火尚未熄灭应立即进行直接灭火，直接灭火有危险或上奏效时，应立即重新封闭火区。

附录 A

(标准的附录)

各种密闭使用条件汇总表

表 A1

| 密闭结构  |                  | 密闭厚度<br>m | 务年限<br>年 | 巷道断面<br>m <sup>2</sup> | 特殊性能                    |                      |
|-------|------------------|-----------|----------|------------------------|-------------------------|----------------------|
| 木板    |                  |           | 0.25~0.3 | 小于 10                  | 临时快速密闭                  |                      |
| 风布    |                  |           | 0.1      | 小于 8                   | 临时快速密闭                  |                      |
| 喷塑    |                  |           | 0.1      | 小于 8                   | 临时快速密闭                  |                      |
| 木段    |                  | 0.8       | 0.5      | 小于 8                   | 抗动压                     |                      |
| 沙(土)袋 |                  | 4. 10     | 1        |                        | 防爆、抗冲击                  |                      |
| 石膏    |                  | 2         | 1        |                        | 充填密封                    |                      |
| 砖     |                  | 0. 24     | 1        | 小于 8                   | 抗较大地压                   |                      |
|       |                  | 0. 37     | 2        | 小于 10                  |                         |                      |
|       |                  | 0. 50     | 3        | 小于 15                  |                         |                      |
|       |                  | 0. 75     | 3        | 小于 15                  |                         |                      |
| 料石    |                  | 0. 80     | 大于 5     | 大于 10                  | 抗较大地压和静水压力              |                      |
|       |                  | 1. 60     | 大于 5     | 大于 10                  |                         |                      |
| 混凝土   |                  | 0. 50     | 大于 6     | 小于 10                  | 抗很大地压和静水压力              |                      |
|       |                  | 0. 75     | 大于 6     | 大于 10                  |                         |                      |
|       |                  | 1. 00     | 大于 6     | 大于 10                  |                         |                      |
| 单墙充填  | 木板墙<br>砖墙<br>料石墙 | 填 0. 5. 1 | 1        | 小于 6                   | 抗一般地压<br>抗较大地压<br>抗较大地压 | 仅用于倾角大于 30° 的巷道防裂隙漏风 |
|       |                  | 充填 3. 5   | 1.3      | 小于 10                  |                         |                      |
|       |                  | 充填 3. 5   | 3.6      | 大于 10                  |                         |                      |
| 双墙充填  | 木板墙<br>砖墙<br>料石墙 | 填 0. 5. 1 | 1        | 小于 8                   | 抗一般地压<br>抗较大地压<br>抗很大地压 | 仅用于倾角小于 30° 的巷道防裂隙漏风 |
|       |                  | 充填 3. 5   | 1.3      | 小于 10                  |                         |                      |
|       |                  | 充填 3. 5   | 3.6      | 大于 10                  |                         |                      |

## 附录 B

### (标准的附录)

#### 判断火区气体爆炸危险性的爆炸三角形法

判断火区内气体爆炸危险性的爆炸三角形法,分为爆炸三角形合成法和爆炸三角形归一法两种。

#### B1 爆炸三角形合成法

设火区气体中含有  $n$  种可爆炸气体,浓度分别为  $X_i (i=1, 2, \dots, n)$ ; 含两种超量惰性气体( $CO_2$  和  $N_2$ ), 浓度分别为

$Y_1$  和  $Y_2$ ; 含氧气浓度为  $Y_P$ , 火区气体爆炸三角形三顶点坐标按下列各式计算:

上限点  $U$  的坐标: (B1)

下限点  $L$  的坐标: (B2)

临界点  $S$  的坐标: (B3)

式中 (B4)

(j=1,2)

至此,可在直角坐标系中绘出火区气体合成爆炸三角形图。

按下式计算火区气体组成状态点  $P$  的横坐标:

(B5)

根据  $X_P$ ,  $Y_P$  在爆炸三角形图中绘出点  $P$ , 根据危险性的分区即可判断该火区气体的爆炸危险性(见图 B1)。

$P$  点位于爆炸三角形图中的“爆炸危险区(即 I 区)”时,随时存在爆炸危险性,应当立即停止作业,撤退人员;

$P$  点位于“减风危险区(即 II 区)”时,应当适当增加风量;

$P$  点位于“增风危险区(即 III 区)”时,应当适当减少风量;

$P$  点位于“增减风安全区(即 IV 区)”时,增减风量均无危险。

几种火区可燃性气体爆炸三角形三顶点坐标值见表 B1。

表 B1

| 气体<br>称 | 爆炸下限 L |       | 爆炸上限 U |       | 临界点 S, %  |       |            |       |
|---------|--------|-------|--------|-------|-----------|-------|------------|-------|
|         | %      |       | %      |       | 超 $N_2$ 时 |       | 超 $CO_2$ 时 |       |
|         | $X_L$  | $Y_L$ | $X_U$  | $Y_U$ | $X_S$     | $Y_S$ | $X_S$      | $Y_S$ |
| CH4     | 5.00   | 19.88 | 15.0   | 17.79 | 5.18      | 9.47  | 5.96       | 12.32 |
| H2      | 4.00   | 20.09 | 74.2   | 5.40  | 4.20      | 5.13  | 5.20       | 8.46  |
| CO      | 12.5   | 18.81 | 74.2   | 5.40  | 13.06     | 5.16  | 15.67      | 8.01  |
| C2H2    | 2.5    | 20.41 | 80.0   | 4.19  | 2.36      | 5.07  | 3.27       | 8.51  |
| C2H4    | 2.75   | 20.35 | 28.6   | 14.49 | 2.89      | 6.06  | 3.53       | 9.45  |
| C2H6    | 3.00   | 20.30 | 12.5   | 18.31 | 3.12      | 8.41  | 3.82       | 11.17 |
| C3H6    | 2.00   | 20.51 | 11.1   | 18.61 | 2.09      | 7.62  | 2.50       | 10.92 |
| C3H8    | 2.12   | 20.49 | 9.35   | 18.97 | 2.21      | 8.36  | 2.61       | 11.57 |
| C4H10   | 1.86   | 20.54 | 8.41   | 19.17 | 1.93      | 8.39  | 2.29       | 11.57 |

**B2 爆炸三角形归一法**

下面介绍库—马归一法。该法由波兰库库兹卡和马楚拉提出，以 CH<sub>4</sub> 爆炸三角形图为归一基准图，以爆炸气体总浓度为横坐标，按下式计算修正后的气体组成状态点户的坐标，根据危险性分区即可判别该火区气体的爆炸危险性。

(B6)

<?xml:namespace prefix = v ns = "urn:schemas-microsoft-com:vml" />

(I=1,2...n)

式中：α ——CO<sub>2</sub> 对爆炸三角形的影响系数：

(B7)

β<sub>i</sub> ——CO<sub>2</sub> 对 P 点坐标的影响系数。

(B8)

a<sub>i</sub>、b<sub>i</sub>、c<sub>i</sub>、d<sub>i</sub>、e<sub>i</sub>、f<sub>i</sub>、c<sub>i</sub>'、d<sub>i</sub>'、e<sub>i</sub>'、f<sub>i</sub>' ——换算系数，由表 B2 查得。

表 B2

| 气体称   | 换算系数           |                |                |                |                |                |                  |                  |                  |                  |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|       | a <sub>i</sub> | b <sub>i</sub> | c <sub>i</sub> | d <sub>i</sub> | e <sub>i</sub> | f <sub>i</sub> | c <sub>i</sub> ' | d <sub>i</sub> ' | e <sub>i</sub> ' | f <sub>i</sub> ' |
| CH4   | 10.376         | 3.016          | 0              | 1              | -0.78          | 0              | 0                | 0                | 1                | -2.852           |
| H2    | 14.918         | 3.533          | 4.643          | 0.14           | -0.107         | -0.01          | 5.401            | 0.116            | 0.698            | -2.435           |
| CO    | 13.039         | 3.396          | 3.117          | 0.101          | -0.4           | -0.007         | 3.622            | 0.144            | 0.797            | -2.619           |
| C2H2  | 15.308         | 3.577          | 4.901          | 0.227          | -0.044         | 0.011          | 5.719            | 0.115            | 0.68             | 2.415            |
| C2H4  | 14.269         | 3.526          | 4.121          | 0.385          | -0.216         | -0.009         | 4.849            | 0.072            | 0.729            | -2.519           |
| C2H6  | 11.872         | 2.909          | 1.937          | 1.052          | -0.724         | -0.005         | 2.233            | -0.037           | 0.875            | -2.391           |
| C3H6  | 12.896         | 3.383          | 2.937          | 1.098          | -0.429         | -0.006         | 3.442            | -0.061           | 0.808            | -2.637           |
| C3H8  | 12.105         | 3.294          | 2.164          | 1.952          | -0.538         | -0.005         | 2.537            | -0.110           | 0.859            | -2.710           |
| C4H10 | 12.139         | 3.264          | 2.296          | 1.525          | -0.530         | -0.006         | 2.562            | -0.140           | 0.856            | -2.677           |