ICS 75.060
CCS E 24

GB

중화인민공화국 국가표준

GB 18047—20XX
GB 18047—2017 대체

차량용 압축천연가스

Compressed natural gas as vehicle fuel

(의견 수렴서)

XXXX-XX-XX 발표 XXXX-XX-XX 시행

국가 시장 감독 관리 총국
국가 표준화 관리 위원회 발표

목 차

머리말 II
1 적용범위 3
2 인용표준 3
3 용어와 정의 4
4 기술적 요구사항 5
5 시료 채취 5
6 시험방법 5
7 검사규정 6
8 저장, 운송 및 사용 6
부속서 A (규정) 모터법 옥탄가-메탄가 계산 방법(MON-MN) 7
부속서 B (규정) 프로판 노킹 지수-메탄가 계산 방법(PKI-MN) 9

머리말

이 표준은 GB/T 1.1—2020<표준화 작업 지침 제1부: 표준화 문서의 구조와 작성 규칙>의 규정에 따라 작성되었다.

이 표준은 GB 18047—2017 <차량용 압축 천연가스>를 대체하며 GB 18047—2017과 비교했을 때 구조 조정과 편집상의 수정 외에 주된 기술적 변화는 다음과 같다.

a) 메탄가 지표 추가(4.1 참고).
b) 산소 함량 지표 변경(4.1, 2017년판 4.1 참조).
c) 구성 시험방법 변경(6.1, 2017년판 4.2 참조).
d) 총 유황 시험방법 변경(6.2, 2017년판 4.3 참조).
e) 황화수소 시험방법 변경(6.3, 2017년판 4.4 참조).
f) “부속서 A”가 참고 부속서에서 규정 부속서로 변경(부속서 A, 2017년판의 부속서 A 참조).
g) “PKI-MN” 메탄가 계산 방법을 부속서 A로 추가(부속서 B 참조).

이 표준의 일부 내용은 특허와 관련이 있을 수 있으니 주의하고 이 표준을 발표한 기관이 특허를 인지할 책임은 없다.

이 표준은 국가 에너지국에서 제안하고 기획하였다.

이 표준 및 대체 표준의 역대 버전 발표 상황은 다음과 같다.

—2000년에 GB 18047-2000이 최초 발표되었고 2017년에 처음으로 개정되었다.

—이번이 두 번째 개정이다.

차량용 압축 천연가스

1 적용범위

이 표준은 차량용 압축 천연가스의 기술적 요구와 시험방법, 검사 규정, 저장, 운송 및 사용에 대하여 규정한다.

이 표준은 압력이 25MPa를 초과하지 않고 차량용 연료로 사용되는 압축 천연가스에 적용된다.

2 인용표준

다음의 인용표준은 이 표준의 적용을 위해 필수적이다. 발행연도가 표기된 인용표준은 인용된 판만을 적용한다. 발행연도가 표기되지 않은 인용표준은 최신판(모든 추록을 포함)을 적용한다.

GB/T 11060.1 천연가스 내 황화화합물의 측정 제1부: 아이오딘법에 의한 황화수소 함량 측정

GB/T 11060.2 천연가스 내 황화화합물의 측정 제2부: 메틸렌블루법에 의한 황화수소 함량 측정

GB/T 11060.3 천연가스 내 황화화합물의 측정 제3부: 아세트산납 반응속도 이중 광로 검출법에 의한 황화수소 함량 측정

GB/T 11060.4 천연가스 내 황화화합물의 측정 제4부: 산화 마이크로쿨롱법에 의한 총 유황 함량 측정

GB/T 11060.5 천연가스 내 황화화합물의 측정 제5부: 가수소분해-속도계 비색법에 의한 총 유황 함량 측정

GB/T 11060.8 천연가스 내 황화화합물의 측정 제8부: 자외선 형광법에 의한 총 유황 함량 측정

GB/T 11060.10 천연가스 내 황화화합물의 측정 제10부: 기체 크로마토그래피법에 의한 황화합물 측정

GB/T 11060.12 천연가스 내 황화화합물의 측정 제12부: 레이저 흡수 분광법에 의한 황화수소 함량 측정

GB/T 11060.13 천연가스 내 황화화합물의 측정 제13부: 자외선 흡수법에 의한 황화수소 함량 측정

GB/T 11062 천연가스 발열량, 밀도, 상대밀도 및 웨버 지수의 계산 방법

GB 13392 도로 운송용 위험 화물 차량의 표시

GB/T 13609 천연가스 시료 채취 지침

GB/T 13610 천연가스의 구성 분석 기체 크로마토그래피법

GB 17258 차량용 압축천연가스 강재 용기

GB/T 17281 천연가스 중 부탄에서 헥사데칸에 이르는 측정 기체 크로마토그래피법

GB/T 17283 천연가스 내 수분 노점 측정 냉각 미러 응축 습도계법

GB/T 18619.1 천연가스 내 수분함량 측정 칼 피셔-쿨롱법

GB 19158 충전소용 압축천연가스 강재 용기

GB 20300 도로 운송용 폭발물 및 독성 화학물질 차량의 안전 기술 조건

GB/T 21069 고압 천연가스의 수분함량 측정

GB/T 22634 천연가스 수분함량과 수분 노점 간의 환산 방법

GB/T 27894(모든부) 천연가스 일정한 불확정 범위 내에서 기체 크로마토그래피법에 의한 구성 분석

GB/T 27896 천연가스 중 수분함량 측정 전자식 분석법

GB/T 30490 천연가스의 자동 시료 채취 방법

GB/T 33440 천연가스 호환성에 대한 일반적 요구

GB/T 35211 천연가스 발열량 측정 연속 연소법

GB/T 43503 천연가스 내 산소 함량 측정 전기화학적 방식

TSG R0004 고정식 압력용기의 안전기술감독규정

TSG R00005 이동식 압력용기의 안전기술감독규정

TSG 23 가스 용기의 안전기술규정

HB 4443 가스 용기 운반차량

SY/T 7379 천연가스 수분함량 측정 레이저 흡수 분광법

SY/T 7507 천연가스 내 수분함량 측정 전기 분해법

3 용어와 정의

이 표준의 목적을 위하여 다음의 용어와 정의를 적용한다.

3.1

압축천연가스 compressed Natural Gas

저장 및 운송을 목적으로 처리한 뒤 압축한 천연가스를 일컫는다.

비고: 압축천연가스는 주로 차량 연료로 사용되는데 보통은 기체상태에서 20MPa로 압축된다.

3.2

차량용 압축천연가스 compressed Natural Gas as Vehicle Fuel

전용 압력용기에 저장되어 차량 연료로 사용되는 압축천연가스를 일컫는다.

3.3

메탄가 methane Number

연료 가스의 노킹 저항성을 평가하는 지표이다.

비고: 메탄가는 가솔린의 옥탄가과 유사한 개념이다. 메탄가는 일정 메탄-수소 혼합물 중 메탄의 부피 백분율로 표시되며 표준 조건의 시험용 엔진에서 해당 혼합물은 피측정 연료가스와 동일한 노킹 저항 성능을 가진다.

[출처: ISO 14532: 2014, 2.6.6.1]

4 기술적 요구사항

4.1 차량용 압축천연가스의 기술적 지표는 표1의 규정에 충족해야 한다.

4.2 동일 지역의 차량용 압축천연가스는 GB/T 33440 중 가스 호환성에 관한 요구에 충족해야 한다.

표 1 차량용 압축천연가스의 기술적 지표

항목	기술 지표
고위 발열량 [a]/(MJ/m³)	≥31.4
메탄가	≥65
총 유황(취기제를 포함하며 황으로 환산)	≤100
황화수소[a]/(mg/m³)	≤15
이산화탄소(몰분율/%)	≤3.0
산소(몰분율/%)	≤0.1
수분 [a]/(mg/m³)	차량이 운행되는 특정 지역에서, 압력이 25MPa 이하이고 환경 온도가 –13℃ 이상인 조건에서는 수분의 질량 농도가 30mg/m³를 초과해서는 안 된다
수분 노점/℃	차량이 운행되는 특정 지역에서, 압력이 25MPa 이하이고 환경 온도가 –13℃ 미만인 조건에서는 수분 노점이 최저 환경 온도보다 5℃ 낮아야 한다.
[a] 이 표준에서 가스 부피의 표준 조건은 101.325kPa, 20℃이다.	

5 시료 채취

차량용 압축천연가스의 시료 채취는 GB/T 13609 또는 GB/T 30490에 제시된 방식대로 실시하며 시료 채취 지점은 계약에 규정된 차량용 압축천연가스의 인수인계 지점이어야 한다.

6 시험방법

6.1 차량용 압축천연가스의 고위 발열량은 GB/T 11062에 따라 계산하며 GB/T 35211에 따라 직접 측정할 수도 있다. 계산에 사용되는 차량용 압축천연가스의 구성율 측정은 GB/T 13610 또는 GB/T 27894에 따라 측정할 수 있으며 중재 시험은 GB/T 13610을 따라야 한다.

6.2 차량용 압축천연가스 내 총 유황 함량 측정은 GB/T 11060.4, GB/T 11060.5, GB/T 11060.8 또는 GB/T 11060.10에 따라 실시하며, 중재 시험은 GB/T 11060.8을 따라야 한다.

6.3 차량용 압축천연가스 내 황화수소 함량 측정은 GB/T 11060.1, GB/T 11060.2, GB/T 11060.3, GB/T 11060.10, GB/T 11060.12 또는 GB/T 11060.13에 따라 실시하며, 중재 시험은 GB/T 11060.1을 따라야 한다.

6.4 차량용 천연가스의 이산화탄소 함량 측정은 GB/T 13610 또는 GB/T 27894에 따라 실시하며, 중재 시험은 GB/T 13610을 따라야 한다.

6.5 차량용 천연가스의 산소 함량 측정은 GB/T 13610, GB/T 27894 또는 GB/T 43503에 따라 실시하며, 중재 시험은 GB/T 13610을 따라야 한다.

6.6 차량용 압축천연가스의 수분 노점 측정은 GB/T 17283에 따라 실시하며, 수분 함량 측정은 GB/T 18619.1, GB/T 21069, GB/T 27896, SY/T 7379 또는 SY/T 7507에 따라 실시한다. 수분 노점을 이미 알고 있는 경우에는 GB/T 22634에 따라 이를 표준 조건의 수분 함량으로 환산할 수 있으며 중재 시험은 GB/T 17283을 따라야 한다.

6.7 메탄가 계산은 부속서 A에 제시된 모터법인 옥탄가-메탄가 계산 방법 또는 부속서 B에 제시된 프로판 노킹 지수-메탄가 계산 방법에 따라 실시하며 중재 시험은 프로판 노킹 지수-메탄가 계산 방법을 따라야 한다.

7 검사규정

7.1 정상 생산 시, 압축 천연가스 내 액체 상태의 수분이 존재하지 않음을 보장하기 위해 제품의 수분 함량을 매일 검사해야 한다.

7.2 생산에 최초 투입 시, 이 표준에 규정된 기술적 요구에 따라 전반적인 검사를 실시해야 한다.

7.3 거래 시, 인수인계 당사자 간의 합의에 따라 검사 주기 및 검사 항목을 정하고 주기마다 검사를 1회 실시해야 한다.

8 저장, 운송 및 사용

8.1 차량용 압축천연가스의 저장용기는 TSGR 0004 또는 GB 19158의 관련 규정에 충족해야 한다. 차량용 압축천연가스의 강재 용기는 GB/T 17258의 관련 규정을 따라야 하며, 차량용 압축천연가스의 운송 용기는 HB 4443, TSG R0005 및 TSG 23의 관련 규정을 충족해야 한다. 또한 차량용 압축천연가스는 GB 13392 및 GB 20300의 관련 규정을 따라 운송해야 한다.

8.2 운전 압력과 온도에서, 차량용 압축천연가스에는 액체 상태의 탄화수소가 없어야 한다.

8.3 차량용 압축천연가스 내 고체 입자 지름은 5μm 미만이어야 한다.

8.4 차량용 압축천연가스에는 감지 가능한 냄새가 나야 한다. 냄새가 없거나 냄새가 부족한 천연가스에는 취기제를 첨가해야 한다. 최소 취기제의 용량은 당일 천연가스가 공기 중에 누출되어 폭발 하한선의 20% 농도에 도달했을 때에도 냄새를 감지할 수 있을 정도여야 한다. 취기제는 일반적으로 강한 냄새를 가진 화합물로 조제한다.

부속서 A
(규정)
모터법 옥탄가-메탄가 계산 방법(MON-MN)

A.1 메탄가 정의

메탄가MN Methane Number

점연식 엔진 연료의 노킹 저항성을 나타내는 일종의 약속된 수치이다.

기체 연료의 메탄가는 ASTM의 옥탄가 평가 방법을 사용하여 규정된 조건의 표준 엔진 시험을 통해 해당 연료와 표준 연료 혼합물의 노킹 경향을 비교함으로써 측정한다. 피측정 기체 연료의 노킹 저항성이 일정 비율로 혼합된 메탄과 수소 혼합 가스 표준 연료의 노킹 저항성과 같을 때, 해당 표준 연료의 메탄 부피 백분율 값이 해당 기체 연료의 메탄가가 된다.

A.2 옥탄가와 메탄가

A.2.1 옥탄가와 메탄가의 관련

미국 가스 연구소(GRI)는 ASTM의 옥탄가 평가 방법으로 천연가스의 모터법 옥탄가(MON)를 측정하였다. 측정 결과, 순수 메탄의 MON은 약 140이며 대부분의 천연가스는 MON이 115~130 이었다. 프로판 함량이 높은(17%~25%) 피크 부하 절감 가스의 MON은 96~97이었다. 미국 가스 연구소는 연구를 통해 실험 데이터와 매우 일치하고, 구성 또는 수소-탄소비와 옥탄가 간의 상관식 두 가지를 도출했는데 이들 상관식은 대다수의 일반적인 천연가스에 적용 가능하다. 이 밖에, 실험 데이터를 바탕으로 도출한 옥탄가와 메탄가의 상관식도 있다. 이들 상관식은 다음과 같다.

A.2.2 천연가스의 구성과 옥탄가의 선형 상관식:

$$MON = 137.78x_1 + 29.948x_2 - 18.193x_3 - 167.062x_4 + 181.233x_5 + 26.994x_6 \quad (A.1)$$

여기에서

MON——모터법 옥탄가

x_i——성분 i의 몰분율, 각 성분의 기호와 명칭은 표 A.1을 참조한다.

표 A.1 기체 연료의 성분 기호와 명칭

성분 기호	1	2	3	4	5	6
성분 명칭	메탄	에탄	프로판	부탄	이산화탄소	질소

A.2.3 천연가스의 수소-탄소비와 옥탄가의 상관식:

$$MON = -406.14 + 508.04R - 173.55R^2 + 20.17R^3 \quad (A.2)$$

여기에서

R——기체 연료의 수소 원자와 탄소 원자의 수 비

A.2.4 천연가스의 메탄가와 옥탄가의 상관식:

$$MN=1.445MON-103.42 \quad \text{(A. 3)}$$

$$MON = 0.679MN + 72.3 \quad \text{(A. 4)}$$

식 A.3과 식 A.4는 완전한 선형 관계는 아니므로($r^2=0.98$) 이 두 상관식은 서로 간에 완전 역산할 수 있는 관계는 아니다.

부속서 B
(규정)
프로판 노킹 지수-메탄가 계산 방법(PKI-MN)

기체 연료의 메탄 가는 구성에 따라 다양한 방법으로 계산할 수 있으며 각 방법에 따라 계산한 결과는 다를 수 있다. 본 부속서에 기술된 방법으로 메탄가(PKI)를 계산해야 한다.

DNV GL®은 연료 혼합물 자체의 연소 특성을 기반으로 가스의 노킹 저항성을 나타내는 메탄가 계산 방법("PKI-MN")을 개발하였다. PKI-MN 방법은 메탄-프로판 비율(PKI, 프로판 노킹 지수)을 기반으로 하며, 동일한 엔진 조건에서 피측정 가스의 노킹 저항성을 메탄-프로판 혼합가스의 노킹 저항성과 비교하여 평가한다.

비고2: DNV GL은 DNV GL AS사의 상표이다. 이 정보는 이 표준의 사용자 편의를 위한 것으로, 상표에 대한 인식을 강조하는 것은 아니다.

다항식(B.1)을 사용하여 PKI 값을 계산하는데 이 계산은 PKI 값이 20 이하(또는 MN(PKI)≥53, 아래 참조)일 때 적용된다. 피측정 가스의 구성 범위는 표 B.1을 참조한다.

$$PKI = \sum \alpha_{i^n} X_i^n + \sum \beta_{i^n * j^m} X_i^n X_j^m \quad \text{(B.1)}$$

여기에서

X——(정규화된) 몰분율

i——CH_4, C_2H_6, C_3H_8, i-C_4H_{10}, n-C_4H_{10}, n-C_5H_{12}, i-C_5H_{12}, neo-C_5H_{12}, CO_2, CO, H_2 및 N_2

j ——C_2H_6, C_3H_8, i-C_4H_{10}, n-C_4H_{10}, n-C_5H_{12}, i-C_5H_{12}, neo-C_5H_{12}, CO_2, CO, H_2 및 N_2

n ——1에서 4까지

m ——1 또는 2

α와 β 값은 표 B.1을 참조한다.

표 B.1 식(B.1)의 α와 β 계수

계수	수치	기술
α_{CH4}	569.2855	CH_4
$\alpha_{(CH4)^2}$	-650.8543	CH_4^2
$\alpha_{(CH4)^3}$	64.35958	CH_4^3
$\alpha_{(CH4)^4}$	17.21496	CH_4^4
α_{C2H6}	-645.1	C_2H_6
$\alpha_{(C2H6)^2}$	694.2294	C_2H_6^2
$\alpha_{(C2H6)^3}$	-675.3811	C_2H_6^3
$\alpha_{(C2H6)^4}$	1 474.79079137333	C_2H_6^4
α_{C3H8}	499.3985	C_3H_8
$\alpha_{(C3H8)^2}$	-576.6659	C_3H_8^2
$\alpha_{(C3H8)^3}$	252.1937	C_3H_8^3
$\alpha_{(C3H8)^4}$	593.959	C_3H_8^4
$\alpha_{n\text{-}C4H10}$	934.4663	N_C_4
$\alpha_{(n\text{-}C4H10)^2}$	-86.87236	N_C_4^2
$\alpha_{(n\text{-}C4H10)^3}$	-20418.91	N_C_4^3
$\alpha_{(n\text{-}C4H10)^4}$	633286.6	N_C_4^4

표 B.1 식(B.1)의 α와 β 계수(계속)

계수	수치	기술
$\alpha_{iso\text{-}C4H10}$	735.2388	I_C4
$\alpha_{(iso\text{-}C4H10)^2}$	-3182.614	I_C4^2
$\alpha_{(iso\text{-}C4H10)^3}$	20945.19	I_C4^3
$\alpha_{(iso\text{-}C4H10)^4}$	159067.9	I_C4^4
$\alpha_{n\text{-}C4H10}$	2 571.93079360535	N_C5
$\alpha_{(n\text{-}C5H12)^2}$	10516.49	N_C5^2
$\alpha_{(n\text{-}C5H12)^3}$	-7.71E+14	N_C5^3
$\alpha_{(n\text{-}C5H12)^4}$	28633476	N_C5^4
$\alpha_{iso\text{-}C5H12}$	-3582.968	I_C5
$\alpha_{(iso\text{-}C5H12)^2}$	0	I_C5^2
$\alpha_{(iso\text{-}C5H12)^3}$	4.03E+14	I_C5^3
$\alpha_{(iso\text{-}C5H12)^4}$	-11917334	I_C5^4
$\alpha_{neo\text{-}C5H12}$	1123.396	NEC5
$\alpha_{(neo\text{-}C5H12)^2}$	1679.728	NEC5^2
$\alpha_{(neo\text{-}C5H12)^3}$	-1.72E+14	NEC5^3
$\alpha_{(neo\text{-}C5H12)^4}$	3467919	NEC5^4
α_{N2}	-469.4281	N2
$\alpha_{(N2)^2}$	352.6881	N2^2
$\alpha_{(N2)^3}$	-220.4917	N2^3
$\alpha_{(N2)^4}$	1419.68	N2^4
α_{CO2}	-953.4603	CO2
$\alpha_{(CO2)^2}$	1148.487	CO2^2
$\alpha_{(CO2)^3}$	-601.3399	CO2^3
$\alpha_{(CO2)^4}$	448.1256	CO2^4
α_{CO}	-5813.76	CO
$\alpha_{(CO)^2}$	5511.721	CO^2
$\alpha_{(CO)^3}$	1647.043	CO^3
$\alpha_{(CO)^4}$	-3471.242	CO^4
α_{H2}	-906.8599	H2
$\alpha_{(H2)^2}$	1059.748	H2^2
$\alpha_{(H2)^3}$	-1302.862	H2^3
$\alpha_{(H2)^4}$	3639.859	H2^4
$\beta_{CH4\ \times\ C2H6}$	201.7889	CH4*C2H6
$\beta_{CH4\ \times\ C3H8}$	-865.8567	CH4*C3H8
$\beta_{CH4\ \times\ n\text{-}C4H10}$	-1210.228	CH4*N_C4
$\beta_{(CH4\ \times\ n\text{-}C4H10)^2}$	1331.556	(CH4*N_C4)^2
$\beta_{CH4\ \times\ n\text{-}C4H10}$	-1023.278	CH4*I_C4

표 B.1 식(B.1)의 α와 β 계수(계속)

계수	수치	기술
$\beta_{(CH4 \times n\text{-}C4H10)^2}$	1550.095	$(CH_4*I_C_4)\hat{}2$
$\beta_{CH4 \times n\text{-}C5H12}$	-2811.677	$CH_4*N_C_5$
$\beta_{CH4 \times iso\text{-}C5H12}$	3363.982	$CH_4*I_C_5$
$\beta_{CH4 \times neo\text{-}C5H12}$	-1534.526	CH_4*NEC_5
$\beta_{CH4 \times N2}$	-1.053973	CH_4*N_2
$\beta_{CH4 \times CO2}$	473.5748	CH_4*CO_2
$\beta_{(CH4 \times CO2)^2}$	-308.259	$(CH_4*CO_2)\hat{}2$
$\beta_{CH4 \times CO}$	5356.434	CH_4*CO
$\beta_{CH4 \times H2}$	118.6856	CH_4*H_2
$\beta_{CH4 \times (H2)^2}$	252.8852	$CH_4*(H_2\hat{}2)$
$\beta_{(CH4)^2 \times H2}$	325.3052	$(CH_4\hat{}2)*H_2$
$\beta_{C2H6 \times C3H8}$	0	$C_2H_6*C_3H_8$
$\beta_{C2H6 \times n\text{-}C4H10}$	-437.6954	$C_2H_6*N_C_4$
$\beta_{C2H6 \times iso\text{-}C4H10}$	-109.9838	$C_2H_6*I_C_4$
$\beta_{C2H6 \times n\text{-}C5H12}$	-1870.347	$C_2H_6*N_C_5$
$\beta_{C2H6 \times iso\text{-}C5H12}$	3909.509	$C_2H_6*I_C_5$
$\beta_{C2H6 \times neo\text{-}C5H12}$	-886.5785	$C_2H_6*NEC_5$
$\beta_{C2H6 \times N2}$	968.8876	$C_2H_6*N_2$
$\beta_{C2H6 \times N2}$	267.4728	$(C_2H_6\hat{}2)*N_2$
$\beta_{C2H6 \times (N2)^2}$	337.4649	$C_2H_6*(N_2\hat{}2)$
$\beta_{C2H6 \times CO2}$	1431.95	$C_2H_6*CO_2$
$\beta_{C2H6 \times CO}$	6463.144	C_2H_6*CO
$\beta_{C2H6 \times H2}$	1865.091	$C_2H_6*H_2$
$\beta_{C3H8 \times n\text{-}C4H10}$	-118.4902	$C_3H_8*N_C_4$
$\beta_{C3H8 \times iso\text{-}C4H10}$	0	$C_3H_8*I_C_4$
$\beta_{C3H8 \times n\text{-}C5H12}$	-1734.806	$C_3H_8*N_C_5$
$\beta_{C3H8 \times (n\text{-}C5H12)^2}$	1.28E+14	$C_3H_8*(N_C_5\hat{}2)$
$\beta_{(C3H8)^2 \times n\text{-}C5H12}$	11318.42	$(C_3H_8\hat{}2)*N_C_5$
$\beta_{C3H8 \times iso\text{-}C5H12}$	3318.968	$C_3H_8*I_C_5$
$\beta_{C3H8 \times neo\text{-}C5H12}$	0	$C_3H_8*NEC_5$
$\beta_{C3H8 \times N2}$	13.34534	$C_3H_8*N_2$
$\beta_{C3H8 \times CO2}$	292.2753	$C_3H_8*CO_2$
$\beta_{C3H8 \times CO}$	5403.503	C_3H_8*CO
$\beta_{(C3H8)^2 \times CO}$	2333.823	$(C_3H_8\hat{}2)*CO$
$\beta_{C3H8 \times H2}$	957.8873	$C_3H_8*H_2$
$\beta_{n\text{-}C4H10 \times iso\text{-}C4H10}$	3500.703	$N_C_4*I_C_4$
$\beta_{n\text{-}C4H10 \times n\text{-}C5H12}$	-4737.328	$N_C_4*N_C_5$

표 B.1 식(B.1)의 α와 β 계수(계속)

계수	수치	기술
$\beta_{n\text{-}C4H10 \times (n\text{-}C5H12)^2}$	5.26E+14	$NC_4*(NC_5\text{^}2)$
$\beta_{(n\text{-}C4H10)2 \times n\text{-}C5H12}$	2.98E+14	$(NC_4\text{^}2)*NC_5$
$\beta_{n\text{-}C4H10 \times iso\text{-}C5H12}$	6095.06	$N_C_4*I_C_5$
$\beta_{n\text{-}C4H10 \times neo\text{-}C5H12}$	-953.0022	$N_C_4*NEC_5$
$\beta_{n\text{-}C4H10 \times N2}$	0	$N_C_4*N_2$
$\beta_{n\text{-}C4H10 \times CO2}$	-103.5715	$N_C_4*CO_2$
$\beta_{n\text{-}C4H10 \times CO}$	5869.191	N_C_4*CO
$\beta_{n\text{-}C4H10 \times H2}$	1267.62	$N_C_4*H_2$
$\beta_{iso\text{-}C4H10 \times n\text{-}C5H12}$	5056.603	$I_C_4*N_C_5$
$\beta_{iso\text{-}C4H10 \times iso\text{-}C5H12}$	6619.279	$I_C_4*I_C_5$
$\beta_{iso\text{-}C4H10 \times neo\text{-}C5H12}$	-1363.961	$I_C_4*NEC_5$
$\beta_{iso\text{-}C4H10 \times N2}$	1.48E+14	$I_C_4*N_2$
$\beta_{iso\text{-}C4H10 \times CO2}$	211.7526	$I_C_4*CO_2$
$\beta_{iso\text{-}C4H10 \times CO}$	5786.325	I_C_4*CO
$\beta_{iso\text{-}C4H10 \times H2}$	1458.461	$I_C_4*H_2$
$\beta_{n\text{-}C5H12 \times iso\text{-}C5H12}$	1.23E+13	$N_C_5*I_C_5$
$\beta_{n\text{-}C5H12 \times neo\text{-}C5H12}$	0	$N_C_5*NEC_5$
$\beta_{n\text{-}C5H12 \times N2}$	-1573.689	$N_C_5*N_2$
$\beta_{n\text{-}C5H12 \times CO2}$	-898.4669	$N_C_5*CO_2$
$\beta_{(n\text{-}C5H12)2 \times CO2}$	-42401.41	$(N_C_5\text{^}2)*CO_2$
$\beta_{n\text{-}C5H12 \times CO}$	3985.11	N_C_5*CO
$\beta_{(n\text{-}C5H12)2 \times CO}$	48265.32	$(N_C_5\text{^}2)*CO$
$\beta_{n\text{-}C5H12 \times H2}$	-1112.444	$N_C_5*H_2$
$\beta_{(n\text{-}C5H12)2 \times H2}$	99558.33	$(N_C_5\text{^}2)*H_2$
$\beta_{iso\text{-}C5H12 \times neo\text{-}C5H12}$	3773.449	$I_C_5*NEC_5$
$\beta_{iso\text{-}C5H12 \times N2}$	4490.678	$I_C_5*N_2$
$\beta_{iso\text{-}C5H12 \times CO2}$	5122.01	$I_C_5*CO_2$
$\beta_{(iso\text{-}C5H12)2 \times CO2}$	-28087.85	$(I_C_5\text{^}2)*CO_2$
$\beta_{iso\text{-}C5H12 \times CO}$	10248.34	I_C_5*CO
$\beta_{iso\text{-}C5H12 \times H2}$	5464.935	$I_C_5*H_2$
$\beta_{neo\text{-}C5H12 \times H2}$	-642.1708	NEC_5*N_2
$\beta_{neo\text{-}C5H12 \times CO2}$	0	NEC_5*CO_2
$\beta_{(neo\text{-}C5H12)2 \times CO2}$	-11320.11	$(NEC_5\text{^}2)*CO_2$
$\beta_{neo\text{-}C5H12 \times CO}$	4772.677	NEC_5*CO
$\beta_{neo\text{-}C5H12 \times H2}$	0	NEC_5*H_2
$\beta_{N2 \times CO2}$	1156.2	N_2*CO_2
$\beta_{(N2)2 \times CO2}$	359.3422	$(N_2\text{^}2)*CO_2$

표 B.1 식(B.1)의 α와 β 계수(계속)

계수	수치	기술
$\beta_{N2 \times CO}$	6076.818	N_2*CO
$\beta_{(N2)2 \times CO}$	389.8532	(N_2^2)*CO
$\beta_{N2 \times (CO)^2}$	367.3194	N_2*(CO^2)
$\beta_{N2 \times H2}$	1506.656	N_2*H_2
$\beta_{CO2 \times CO}$	6557.376	CO_2*CO
$\beta_{(CO2 \times CO)^2}$	1824.586	(CO_2*CO)^2
$\beta_{CO2 \times H2}$	1924.918	CO_2*H_2
$\beta_{(CO2 \times H2)^2}$	-1656.22	(CO_2*H_2)^2
$\beta_{CO \times H2}$	6896.458	CO*H_2
$\beta_{(CO \times H2)^2}$	911.7918	(CO*H_2)^2

해당 계산은 PKI 값이 20이하일 때 적용되며 피측정 가스의 구성 범위는 표 B.2를 참조한다.

표 B.2 가스의 구성 범위

종류	최저/%(mol:mol)	최고/%(mol:mol)
CH4	65	100
C2H6	0	20
C3H8	0	20
i-C4H10	0	5
n-C4H10	0	5
n-C5H12	0	2
i-C5H12	0	2
neo-C5H12	0	2
C6+	0	1.5
H_2	0	20
CO	0	10
CO_2	0	20
N_2	0	20
H_2S	0	0.5

가스 혼합물에 C_{6+}와 H_2S가 존재하는 경우, C_{6+}와 H_2S의 비율을 나타내기 위해 DNV GL® 급속 압축기의 자연 발화 측정을 바탕으로 비례 계수를 구하였다. 이 계산법에서는, 혼합가스의 노킹 저항성에 영향을 미치는 C_{6+}와 H_2S를 n-C_5H_{12}의 당량 몰분율로 변환시키는데 이러한 비례 계수가 적용된다. 이들 계수는 보정식 (B.2)과 (B.3)에서 메탄과 n-펜탄의 몰분율을 보정하는 데 사용된다.

$$X_{CH_4,\ 교정값} = X_{CH_4,\ 원래값} - 0.3X_{C_{6+}} \quad \text{(B. 2)}$$

$$X_{nC_5H_{12},\ 교정값} = X_{nC_5H_{12},\ 원래값} + X_{H_2S} + 1.3X_{C_{6+}} \quad \text{(B. 3)}$$

여기에서 *X*는 몰분율을 의미한다. 가스 혼합물의 총 몰 백분율이 100%일 때만 해당 계산법의 결과가 유효하다는 점에 유의한다. 해당 방법이 현재 사용 중인 메탄가 계산 방법과 유사하도

록 하기 위해 프로판 기준 비율(PKI)이 0~100 사이의 수치로 변환되는데, 이를 MN(PKI)이라고 한다. 식 (B.4)를 참조한다.

$$MN_{(PKI)} = a_1 PKI + a_2 PKI^2 + a_3 PKI^3 + a_4 PKI^4 + a_5 PKI^5 + a_6 PKI^6 + b \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (B.4)$$

식 (B.4)와 표 B.3에 제시된 계수를 사용하여, 식 (B.1)로 계산한 PKI 값이 MN(PKI)으로 변환된다.

표 B.3 식 (B.4)에서 PKI를 MN(PKI)으로 변환한 계수

계수	수치
a_1	-9.757977
a_2	1.484961
a_3	-0.139533
a_4	0.007031
a_5	-0.000177
a_6	1.75E-06
b	100

일반적으로 α 값은 단일 성분에 사용되며, β 값은 개별 성분 간의 상호작용에 사용된다.

예를 들어, 어떤 혼합물에 CH4 90%와 $C2H_6$ 10%가 포함되어 있다고 가정할 경우 본 부속서의 식 (B.1)과 표 B.2에 나와 있는 값을 사용하여 PKI를 계산한다.

$X_{CH_4} = 0.9$

$X_{C_2H_6} = 0.1$

$$PKI = X_{CH4}\times\alpha_{CH4} + (X_{CH4})^2\times(\alpha_{CH4})^2 + (X_{CH4})^3\times(\alpha_{CH4})^3 + (X_{CH4})^4\times(\alpha_{CH4})^4 + X_{C2H6}\times\alpha_{C2H6} + (X_{C2H6})^2\times(\alpha_{C2H6})^2 + (X_{C2H6})^3\times(\alpha_{C2H6})^3 + (X_{C2H6})^4\times(\alpha_{C2H6})^4 + X_{CH4}\times X_{C2H6}\times\beta_{CH4\times C2H6}$$

$$= 0.9\times 569.2855360160020 + (0.9\times 0.9)\times(-650.8543394907) + (0.9\times 0.9\times 0.9)\times 64.3595752573862 + (0.9\times 0.9\times 0.9\times 0.9)\times 17.2149592220536 + 01\times(-645.0999666628550) + (0.1\times 0.1)\times 694.2293768571020 + (0.1\times 0.1\times 0.1)\times(-675.3810752311650) + (0.1\times 0.1\times 0.1\times 0.1)\times 1\ 474.79079137333 + 0.1\times 0.9\times 201.788909592169$$

$$= 3.4$$

그러므로 해당 혼합물의 *PKI* 값은 3.4로 계산된다.

다음으로 식 (A.4)와 표 A.3에 나와 있는 값을 사용하여 $MN_{(PKI)}$을 계산한다.

$$MN_{(PKI)} = a_1 PKI + a_2 PKI^2 + a_3 PKI^3 + a_4 PKI^4 + a_5 PKI^5 + a_6 PKI^6 + b$$

$$= (-9.757977)\times 3.4 + 1.484961\times(3.4\times 3.4) + (-0.139533)\times(3.4\times 3.4\times 3.4) + 0.007031306\times(3.4\times 3.4\times 3.4\times 3.4) + (-0.0001770029)\times(3.4\times 3.4\times 3.4\times 3.4\times 3.4) + 0.000001751212\times(3.4\times 3.4\times 3.4\times 3.4\times 3.4\times 3.4) + 100$$

$$= 79$$

수학에서 0.9×0.9는 $(0.9)^2$과 같다. 식 (B.1)에서는 (예: 이 보기의 X_{CH4}=0.9) X_{CH4}^2 또는 $(X_{CH4})^2$로 표기하였다.