

Scheda di Dati di Sicurezza (SDS)

2,3,3,3-Tetrafluoropropene (R1234yf / HFO-1234yf)

N. CAS: 754-12-1 N. ONU: 3161 Data di emissione: Aug 29, 2026 Versione: 1.0

1 Identificazione

1.1 Identificatore del prodotto

Nome chimico	2,3,3,3-tetrafluoropropene
Nomi comuni / sinonimi	R1234yf, HFO-1234yf, HFO1234yf, tetrafluoropropene, Opteon YF
Numero CAS	754-12-1
Numero ONU	3161 (gas liquefatto infiammabile)
Codice delle merci pericolose	Classe 2.1 Gas infiammabile
Formula molecolare	CF ₃ CF=CH ₂ (C ₃ H ₂ F ₄)
Peso molecolare	114.04 g/mol
Uso raccomandato	Refrigerante HFO di quarta generazione; utilizzato principalmente negli impianti di condizionamento dell'aria per autoveicoli in sostituzione dell'R134a; impiegato anche nel condizionamento dell'aria residenziale/commerciale e nei refrigeratori

1.2 Dettagli del fornitore della scheda di dati di sicurezza

Nome del fornitore	Hangzhou Wula Chemical Co., Ltd.
Indirizzo	N. 7 Longtan Road, Distretto di Yuhang, Hangzhou, Provincia di Zhejiang, Cina
Codice postale	311100
Telefono	+86-571-87024025
Fax	+86-571-87024025
E-mail	safety@wulachem.cn

1.3 Numero di telefono di emergenza

Linea di emergenza chimica nazionale (Cina): +86-532-83889090 (24 ore)

Contatto di emergenza del fornitore: +86-571-87024025

2 Identificazione dei pericoli

2.1 Classificazione GHS

Classificazione di pericolo:

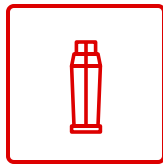
- Gas infiammabile (Pericolo fisico) — Categoria 2 (bassa infiammabilità, classe A2L)
- Gas compresso (Pericolo fisico) — Gas liquefatto
- Lesioni oculari gravi / irritazione oculare (Pericolo per la salute) — Categoria 2B

Nota: l'R1234yf è un gas a bassa infiammabilità di classe ASHRAE A2L. I limiti di infiammabilità sono 6.2%–12.3% (vol in aria); la velocità di combustione è molto bassa e l'energia di accensione è relativamente elevata. Nella maggior parte delle condizioni pratiche di impiego è difficile da accendere, ma deve comunque essere gestito come gas infiammabile. GWP < 1 (~0.3); si tratta di un refrigerante HFO di quarta generazione a GWP ultrabasso.

2.2 Elementi dell'etichetta GHS



GHS02 Fiamma



GHS04 Bombola di gas



GHS07 Punto esclamativo

Parola di segnalazione: **ATTENZIONE**

Indicazioni di pericolo:

- H221** Gas infiammabile.
- H280** Contiene gas sotto pressione; può esplodere se riscaldato.
- H316** Provoca una lieve irritazione cutanea.
- H320** Provoca irritazione oculare.

Consigli prudenziali:

- P102** Leggere e comprendere tutte le precauzioni di sicurezza prima della manipolazione.
- P210** Tenere lontano da calore, superfici calde, scintille, fiamme libere e altre fonti di innesco. Non fumare.
- P271** Utilizzare solo all'aperto o in luogo ben ventilato.
- P280** Indossare guanti/indumenti protettivi/Proteggere gli occhi/il viso.

P305+P351+P338 IN CASO DI CONTATTO CON GLI OCCHI: Sciacquare accuratamente per parecchi minuti. Togliere le eventuali lenti a contatto se è agevole farlo. Continuare a sciacquare.

P377 In caso di incendio dovuto a perdita di gas: non estinguere, a meno che la perdita non possa essere fermata in sicurezza.

P381 In caso di perdita, eliminare tutte le fonti di innesco.

P403 Conservare in luogo ben ventilato.

P410+P403 Proteggere dalla luce solare. Conservare in luogo ben ventilato.

P405 Conservare sotto chiave.

2.3 Altri pericoli

- Il vapore è più pesante dell'aria (densità di vapore ~3.9, aria = 1) e può diffondersi per lunghe distanze lungo il suolo; può provocare un ritorno di fiamma verso la fonte di innesco.
- Si decompone ad alta temperatura producendo gas tossici e corrosivi (fluoruro di idrogeno, monossido di carbonio, fluoruro di carbonile, ecc.).
- Le bombole possono rompersi o esplodere se riscaldate a causa dell'aumento della pressione interna.
- Gas a bassa infiammabilità A2L: velocità di combustione molto bassa, energia di accensione relativamente elevata, ma presenta comunque un rischio di incendio/esplosione in ambienti confinati o arricchiti di ossigeno.
- Vita atmosferica molto breve (~11 giorni); degradazione rapida; bassa persistenza ambientale.

3 Composizione/informazioni sugli ingredienti

3.1 Sostanza/miscela

Questo prodotto è una sostanza pura.

3.2 Informazioni sulla composizione

Nome del componente	CAS N..	Concentrazione (in massa)
2,3,3,3-tetrafluoropropene	754-12-1	≥99.5% (grado superiore ≥99.9%)

3.3 Informazioni sulle impurità

Impurità	Limite di specifica
Acidità (come HCl)	≤1 ppm
Umidità	≤10 ppm

Residuo di evaporazione	≤100 ppm
Gas non condensabile (25°C, vol%)	≤1.5%
Cloruri	Conforme

4 Misure di primo soccorso

4.1 Descrizione delle misure di primo soccorso necessarie

Consigli generali: Allontanare immediatamente la vittima dalla zona contaminata. Mantenere al caldo e a riposo. Mostrare questa SDS al medico curante.

Inalazione:

- Allontanare immediatamente la vittima in aria aperta. Mantenere libere le vie respiratorie.
- Somministrare ossigeno se la respirazione è difficile.
- Se la respirazione si è arrestata, praticare la respirazione artificiale (preferibilmente con maschera a valvola e pallone o maschera tascabile; evitare il bocca a bocca).
- In assenza di polso, iniziare immediatamente la rianimazione cardiopolmonare (RCP).
- Tenere la vittima al caldo e a riposo. Monitorare attentamente le condizioni.
- Consultare immediatamente un medico.

Contatto cutaneo (ustione da freddo):

- Sciacquare immediatamente la zona interessata con grandi quantità di acqua tiepida (37–40°C) per favorire il riscaldamento.
- NON usare acqua calda (>40°C) o calore diretto (e.g., riscaldatori elettrici).
- NON strofinare o massaggiare la zona congelata; questo può peggiorare il danno tissutale.
- Rimuovere con cautela gli indumenti congelati. Se gli indumenti aderiscono alla pelle, NON strapparli; tagliare intorno.
- Coprire con una medicazione sterile.
- Se si sviluppano sintomi di irritazione o se l'ustione da freddo è grave, consultare immediatamente un medico.

Contatto oculare:

- Aprire immediatamente le palpebre e sciacquare abbondantemente con molta acqua o soluzione fisiologica per almeno 15 minuti.
- Assicurare un'irrigazione completa di tutte le superfici oculari sollevando le palpebre superiori e inferiori.
- Rimuovere le lenti a contatto se presenti e facilmente rimovibili.
- Consultare immediatamente un medico, preferibilmente un oftalmologo.

Ingestione:

Non applicabile. Questa sostanza è un gas a temperatura ambiente; non è prevista un'esposizione per ingestione.

4.2 Sintomi ed effetti più importanti, sia acuti che ritardati

- Inalazione acuta: vertigini, sonnolenza, cefalea, nausea, atassia, perdita di coscienza, aritmia cardiaca.
- Contatto cutaneo (liquido): ustione da freddo (pelle pallida e dura, dolore, formazione di vesciche); può provocare una lieve irritazione cutanea.
- Contatto oculare (liquido): ustione da freddo grave, danno corneale, compromissione visiva; può provocare irritazione oculare.
- Esposizione in caso di combustione: se si verifica la combustione, l'inalazione dei prodotti di decomposizione termica (HF, ecc.) può causare gravi ustioni delle vie respiratorie ed edema polmonare.

4.3 Indicazione di qualsiasi attenzione medica immediata e trattamento speciale necessario

Note per i medici:

- Terapia sintomatica e di supporto. Mantenere le vie respiratorie; somministrare ossigeno se necessario.
- Monitorare la funzione cardiaca; l'esposizione ad alta concentrazione può causare aritmie.
- Evitare i farmaci catecolaminergici (e.g., epinefrina/adrenalina) — possono aumentare la sensibilità del miocardio ai fluorocarburi e provocare una fibrillazione ventricolare.
- Trattare le ustioni da freddo secondo i protocolli standard: lukewarm acqua (37–40°C) rewarming. NON usare calore secco o massaggi.
- In caso di sospetta inalazione di HF o di altri prodotti di decomposizione termica, monitorare attentamente le vie respiratorie e l'edema polmonare; somministrare una terapia con calcio/gluconato secondo necessità.

5

Misure antincendio

Avvertenza di infiammabilità: L'R1234yf è un gas a bassa infiammabilità di classe A2L. I limiti di infiammabilità sono 6.2%–12.3% (vol in aria). Sebbene la velocità di combustione sia molto bassa e l'energia di accensione relativamente elevata, in ambienti confinati o arricchiti di ossigeno può comunque bruciare o esplodere in presenza di una fonte di innesco. Ai fini antincendio deve essere gestito come gas infiammabile.

5.1 Mezzi di estinzione

Mezzi di estinzione adatti: Utilizzare l'agente estinguente adatto all'incendio circostante. Sono accettabili polvere chimica secca, biossido di carbonio, nebbia d'acqua e schiuma.

Mezzi di estinzione inadatti: Getto d'acqua diretto e potente sul gas liquefatto in fuoriuscita (accelera l'evaporazione e la dispersione).

5.2 Pericoli specifici derivanti dalla sostanza o miscela

- L'R1234yf è un gas infiammabile; limiti di infiammabilità 6.2%–12.3% (vol in aria).
- Il vapore è più pesante dell'aria e può accumularsi nelle zone basse; possibile ritorno di fiamma verso la fonte di innesco.
- La decomposizione termica ad alta temperatura produce gas tossici e corrosivi: fluoruro di idrogeno, monossido di carbonio, fluoruro di carbonile, ecc.
- Le bombole possono rompersi o esplodere se riscaldate. Se un incendio dovuto a perdita di gas non può essere arrestato alla fonte, non estinguere.

5.3 Prodotti di combustione pericolosi

Fluoruro di idrogeno (HF), monossido di carbonio (CO), fluoruro di carbonile (COF₂) e altri composti fluorurati.

5.4 Consigli per i vigili del fuoco

- I vigili del fuoco devono indossare un autorespiratore a pressione positiva (SCBA) e indumenti di protezione completa ignifughi.
- Se la fonte del gas in fuoriuscita è già in fiamme e non può essere chiusa, NON estinguere — lasciare che il gas continui a bruciare raffreddando i contenitori circostanti (principio «non estinguere se la fonte non può essere chiusa»).
- Se la fonte può essere chiusa in sicurezza, chiuderla e poi estinguere.
- Se possibile, spostare i contenitori dalla zona di incendio in un luogo sicuro.
- Raffreddare i contenitori con spruzzi d'acqua da distanza di sicurezza fino allo spegnimento dell'incendio.
- Evacuare immediatamente se i contenitori mostrano scolorimento o se i dispositivi di sicurezza di pressione iniziano a sfiatare.
- Isolare la zona; tenere fuori il personale non autorizzato; eliminare tutte le fonti di innesco.

6 Misure in caso di rilascio accidentale

6.1 Precauzioni personali, dispositivi di protezione e procedure di emergenza

- Evacuare immediatamente il personale dalla zona di perdita verso posizioni sopravvento. Stabilire un perimetro e limitare l'accesso.
- Eliminare tutte le fonti di innesco (fiamme libere, scintille, elettricità statica); vietare l'uso di apparecchiature e strumenti che possono generare scintille.

- Gli intervenienti di emergenza devono indossare SCBA, indumenti antistatici ignifughi, guanti criogenici e protezione oculare.
- Entrare dalla direzione sopravento.
- Arrestare la perdita se può essere fatto in sicurezza.
- Non toccare o camminare nel materiale fuoriuscito.
- Mantenere disponibile personale di contatto per le emergenze per il supporto esterno.

6.2 Precauzioni ambientali

- Impedire al gas di entrare in fognature, scantinati o spazi confinati (l'accumulo di gas infiammabile comporta un rischio di esplosione).
- Ventilare la zona per accelerare la dispersione.
- L'R1234yf ha un GWP estremamente basso (<1); i rilasci di grandi quantità hanno un impatto climatico minimo, ma è comunque preferibile il recupero.
- Evitare il rilascio in corsi d'acqua e suolo.

6.3 Metodi e materiali per il contenimento e la pulizia

- **Perdita piccola:** Aumentare la ventilazione per accelerare la dispersione del gas. Monitorare la concentrazione di gas infiammabile e il livello di ossigeno per prevenire incendi e asfissia.
- **Perdita grande:**
 - Chiudere la valvola di origine se è sicuro farlo; eliminare le fonti di innesco nelle vicinanze.
 - Recuperare utilizzando apparecchiature dedicate di recupero gas.
 - Se il recupero non è possibile, utilizzare nebbia d'acqua per diluire (prevenendo l'inquinamento delle acque).
 - Se la valvola della bombola non può essere chiusa, spostare la bombola in un'area sicura e ventilata e sfiatare lentamente.
- **Perdita di bombola:** Spostare la bombola in un'area sicura ben ventilata e sfiatare lentamente. Se la valvola non può essere chiusa, contattare il fornitore per una gestione professionale.

6.4 Riferimenti

Vedere sezione 8 (Controlli dell'esposizione/protezione individuale) e sezione 13 (Considerazioni sullo smaltimento).

Pericolo critico: Il vapore di R1234yf è circa 3.9 volte più pesante dell'aria e si accumula nelle zone basse e confinate, generando sia un'atmosfera povera di ossigeno sia un rischio di incendio/esplosione. Controllare sempre il livello di ossigeno (deve essere $\geq 19.5\%$) e la concentrazione di gas infiammabile (inferiore al 10% del LEL) e utilizzare un sistema di coppia prima di entrare in spazi confinati o in zone basse; non introdurre mai fonti di innesco in tali aree.

7.1 Precauzioni per la manipolazione sicura

- Manipolare in sistemi chiusi con adeguata ventilazione naturale o aspirazione localizzata.
- Il personale deve essere appositamente formato e seguire rigorosamente le procedure operative. Solo personale certificato.
- Impedire le perdite di gas nell'atmosfera del luogo di lavoro.
- **Gestione del gas infiammabile:** Tenere lontano da fuoco e fonti di calore; vietato fumare nelle aree di lavoro; utilizzare sistemi di ventilazione e apparecchiature a prova di esplosione; evitare l'accumulo di cariche statiche, assicurare la messa a terra affidabile di apparecchiature e tubazioni.
- Evitare il contatto con metalli reattivi e agenti ossidanti forti.
- Manipolare le bombole con cautela; non far cadere, scivolare, rotolare o urtare le bombole. Utilizzare attrezzature di sollevamento adeguate.
- Equipaggiare l'area con attrezzature di risposta alle emergenze per le perdite.
- Indossare guanti isolanti e protezione degli occhi/del viso quando si manipola il liquido per prevenire le ustioni da freddo.
- Ispezionare periodicamente le bombole, le valvole e le tubazioni per rilevare perdite.

7.2 Condizioni per lo stoccaggio sicuro, incluse eventuali incompatibilità

- Conservare in un magazzino per gas infiammabili fresco, asciutto e ben ventilato; conservare separatamente da gas comburenti e ossidanti.
- La temperatura di stoccaggio non deve superare 45°C. Tenere lontano da fuoco, fonti di calore e luce solare diretta.
- Conservare separatamente da ossidanti, metalli reattivi, alogeni, ecc. Non conservare insieme a materiali incompatibili.
- L'area di stoccaggio deve essere dotata di attrezzature di risposta alle emergenze per le perdite e di adeguate attrezzature antincendio.
- Le bombole devono essere conservate in posizione verticale con cappucci per valvole e anelli di sicurezza in posizione, adeguatamente fissate per evitare cadute.
- Utilizzare sistemi di illuminazione e ventilazione a prova di esplosione.
- Vietare l'uso di apparecchiature e strumenti che possono generare scintille.
- L'area di stoccaggio deve essere dotata di allarmi di rilevazione di gas infiammabile e di chiari cartelli di avvertimento di sicurezza.
- Implementare un sistema di ricezione/rilascio a due persone e di custodia a due persone.

7.3 Usi finali specifici

Esclusivamente per uso industriale. Utilizzato principalmente negli impianti di condizionamento dell'aria per autoveicoli (in sostituzione dell'R134a) e nel condizionamento dell'aria residenziale/commerciale, nei

refrigeratori, ecc. Il personale deve essere professionalmente formato. Non utilizzare per contatto alimentare diretto, inalazione medica o altre applicazioni non approvate. I sistemi che utilizzano R1234yf devono tenere conto della sua bassa infiammabilità e integrare adeguate misure a prova di esplosione e di rilevazione delle perdite.

8 Controlli dell'esposizione/protezione individuale

8.1 Parametri di controllo

VLE cinese (Limite di Esposizione Lavorativa)	Nessun limite legale stabilito. Riferimento raccomandato: WEEL 500 ppm (TWA, 8 h)
AIHA WEEL-TWA (USA)	500 ppm (circa 2280 mg/m ³), media ponderata su 8 ore
OSHA PEL-TWA (USA)	Nessun limite specifico stabilito (fare riferimento al WEEL)
Valore limite biologico	Non stabilito

Nota: secondo la GBZ 2.1-2019, questa sostanza non è attualmente elencata nella tabella cinese dei limiti di esposizione professionale (OEL). Si raccomanda di fare riferimento agli standard internazionali.

8.2 Metodi di monitoraggio dell'esposizione

Cromatografia gassosa con rilevazione a ionizzazione di fiamma (GC-FID) o spettrometria di massa (GC-MS); rilevatori di gas combustibile (di tipo a infrarossi o a combustione catalitica) per il monitoraggio della concentrazione di gas infiammabile nel luogo di lavoro.

8.3 Controlli tecnici appropriati

- Progettazione di processo chiusa con ventilazione generale o aspirazione localizzata.
- Fornire doccia di sicurezza e stazione di lavaggio oculare.
- Installare allarmi di rilevazione di gas infiammabile nelle aree in cui possono verificarsi perdite, interbloccati con i sistemi di ventilazione.
- Utilizzare apparecchiature elettriche a prova di esplosione; tutte le apparecchiature e le tubazioni devono essere messe a terra in modo affidabile per la protezione dall'elettricità statica.

8.4 Misure di protezione individuale

Protezione respiratoria:

- Condizioni normali (al di sotto del limite di esposizione): nessuna protezione speciale richiesta.
- Concentrazioni elevate: si raccomanda una semimaschera respiratoria con cartuccia per vapori organici.
- Alta concentrazione o salvataggio/evacuazione di emergenza: deve essere indossato un autorespiratore a pressione positiva (SCBA).

Protezione degli occhi/del viso:

- Manipolazione generale: occhiali di sicurezza chimici.
- Quando si manipola il liquido o in caso di potenziale esposizione a liquido: devono essere indossati occhiali di protezione/schermo facciale per prevenire le ustioni da freddo.

Protezione cutanea:

- Protezione delle mani: guanti antistatici per la manipolazione normale; guanti isolanti criogenici (e.g., guanti per ghiaccio secco, guanti di pelle per il freddo) per il contatto con il liquido.
- Protezione corporea: indumenti di lavoro antistatici ignifughi; indumenti resistenti al freddo per il contatto con il liquido.
- Altro: vietato fumare nelle aree di lavoro; evitare l'inalazione ad alta concentrazione; utilizzare un sistema di coppia quando si entra in serbatoi, spazi confinati o altre aree ad alta concentrazione; utilizzare strumenti a prova di esplosione.

8.5 Misure di igiene

- Rimuovere gli indumenti contaminati e lavare accuratamente la pelle dopo il lavoro.
- Mantenere una buona igiene personale.
- Assicurarsi che stazione di lavaggio oculare e doccia di emergenza siano disponibili sul luogo di lavoro.

9 Proprietà fisiche e chimiche

9.1 Proprietà fisiche e chimiche di base

Aspetto e odore	Gas incolore con un leggero odore etereo; gassoso a temperatura e pressione ambiente; liquido trasparente incolore sotto pressione
Soglia olfattiva	Non disponibile (leggero odore simile all'etere)
pH	Non applicabile (gas)
Punto di fusione / Punto di congelamento	-149.7 °C
Punto di ebollizione / Intervallo di ebollizione (101.3 kPa)	-29.4 °C
Punto di infiammabilità	Nessuno (gas infiammabile; il concetto di punto di infiammabilità non è applicabile)
Tasso di evaporazione	Non disponibile
Infiammabilità (gas)	Infiammabile (classe A2L, bassa infiammabilità)

Limiti di esplosività (superiore/inferiore, % vol in aria)	Superiore 12.3% / Inferiore 6.2%
Velocità di combustione	~0.015 m/s (molto bassa, velocità di combustione laminare)
Energia minima di accensione	Elevata (> 10,000 mJ, molto superiore a quella dei gas infiammabili comuni)
Pressione di vapore (25°C)	580 kPa
Densità di vapore (aria = 1)	~3.9 (più pesante dell'aria)
Densità relativa (liquido, 25°C)	1.147 g/cm ³
Solubilità	Leggermente solubile in acqua; solubile in etanolo, etere ed altri solventi organici
Coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua (log P)	~2.04
Temperatura di autoaccensione	~405 °C
Temperatura di decomposizione	Decomposizione termica ad alta temperatura

9.2 Proprietà termodinamiche

Temperatura critica	94.7 °C
Pressione critica	3382 kPa (3.38 MPa)
Densità critica	0.473 g/cm ³
Calore di vaporizzazione (al punto di ebollizione)	~181 kJ/kg
Calore specifico del liquido (25°C)	~1.51 kJ/(kg·°C)

9.3 Altri dati di sicurezza

gruppo di sicurezza ASHRAE	A2L (bassa tossicità, bassa infiammabilità)
Potenziale di deplezione dell'ozono (ODP)	0 (non depleta lo strato di ozono; vedere sezione 12.6)

Potenziale di riscaldamento globale (GWP, 100 anni)	<1 (~0.3, GWP ultrabasso; vedere sezione 12.6)
Vita atmosferica	~11 giorni (degradazione rapida)

10 Stabilità e reattività

10.1 Reattività

Chimicamente stabile in normali condizioni di temperatura e pressione; scarsamente reattivo. Presenta tuttavia un intervallo di infiammabilità in aria (6.2%–12.3%) e può bruciare in presenza di una fonte di innesco.

10.2 Stabilità chimica

Stabile in normali condizioni di temperatura e pressione. All'interno dell'intervallo di concentrazione infiammabile può bruciare in presenza di una fonte di innesco (A2L, bassa infiammabilità; velocità di combustione molto bassa). Contiene un doppio legame carbonio-carbonio ma non polimerizza facilmente a temperatura ambiente.

10.3 Possibilità di reazioni pericolose

- In aria (6.2%–12.3% in volume) può bruciare in presenza di una fonte di innesco (fiamma libera, calore elevato, scintilla elettrica). La velocità di combustione è molto bassa e l'energia di accensione è relativamente elevata.
- La decomposizione termica ad alta temperatura produce fluoruro di idrogeno, monossido di carbonio e fluoruro di carbonile tossici.
- Può reagire con metalli alcalini, metalli alcalino-terrosi e polvere di alluminio ad alta temperatura o in condizioni specifiche.
- Può subire reazioni di ossidoriduzione con agenti ossidanti forti.

10.4 Condizioni da evitare

Alta temperatura, fiamma libera, fonti di innesco (scintille elettriche, elettricità statica), fonti di calore diretto, sovrappressione della bombola

10.5 Materiali incompatibili

Metalli reattivi (sodio, potassio, calcio, polvere di alluminio, polvere di magnesio, ecc.), agenti ossidanti forti, alogeni

10.6 Prodotti di decomposizione pericolosi

Fluoruro di idrogeno (HF), monossido di carbonio (CO), fluoruro di carbonile (COF₂) e altri composti fluorurati

10.7 Polimerizzazione pericolosa

Non si verifica in normali condizioni di stoccaggio e di impiego.

11 Informazioni tossicologiche

11.1 Informazioni sugli effetti tossicologici

Tossicità acuta:

Ratto, inalazione CL ₅₀ (4 h)	> 500,000 ppm (concentrazione massima testata; bassa tossicità)
Topo, inalazione CL ₅₀ (4 h)	> 500,000 ppm
Coniglio, dermica DL ₅₀	Non disponibile (sostanza gassosa)

11.2 Irritazione cutanea/corrosione

Il contatto con il liquido può causare ustioni da freddo (lesione fisica). Classificazione GHS: lieve irritazione cutanea (Categoria 2B, H316). Non è un corrosivo chimico.

11.3 Irritazione oculare/corrosione

Il contatto con il liquido può causare gravi ustioni da freddo e danni corneali. Classificazione GHS: Lesioni oculari gravi / irritazione oculare Categoria 2B (H320), provoca irritazione oculare.

11.4 Sensibilizzazione respiratoria o cutanea

Nessuna sensibilizzazione segnalata. I dati disponibili da test animali e dati epidemiologici umani non mostrano alcun effetto di sensibilizzazione.

11.5 Mutagenicità sulle cellule germinali

I test in vitro e in vivo (test di Ames, test di aberrazione cromosomica, test del micronucleo nel topo, ecc.) non mostrano alcun effetto mutageno.

11.6 Cancerogenicità

Prove insufficienti di cancerogenicità.

- IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro): Non elencato
- ACGIH (Conferenza Americana degli Igienisti Industriali Governativi): Categoria A4 (Non classificabile come cancerogeno per l'uomo)
- EPA (Agenzia per la Protezione Ambientale degli Stati Uniti): Gruppo D (Non classificabile quanto alla cancerogenicità per l'uomo)

11.7 Tossicità riproduttiva

Gli studi su animali mostrano un NOAEL per inalazione subcronica di 50,000 ppm, senza tossicità riproduttiva o dello sviluppo significativa. Non sono disponibili dati di tossicità riproduttiva sull'uomo.

11.8 Tossicità specifica per organi bersaglio - esposizione singola

- Effetti cardiaci: l'esposizione ad alta concentrazione può causare aritmia cardiaca, in particolare sotto stress o durante l'esercizio fisico (sensibilizzazione alle catecolamine).
- L'inalazione ad alta concentrazione può causare una lieve depressione del sistema nervoso centrale (vertigini, sonnolenza).

11.9 Tossicità specifica per organi bersaglio - esposizione ripetuta

Gli studi di inalazione subcronica (28 giorni e 90 giorni) non mostrano tossicità significativa per gli organi bersaglio al di sotto del NOAEL di 50,000 ppm. L'esposizione ripetuta a bassa concentrazione non evidenzia danni d'organo chiari.

11.10 Pericolo per aspirazione

Non si prevede che causi polmonite da aspirazione in forma gassosa. L'inalazione ad alta concentrazione può tuttavia causare depressione del SNC e sensibilizzazione cardiaca. Se si verifica la combustione, l'inalazione dei prodotti di decomposizione termica (HF) può causare gravi ustioni delle vie respiratorie ed edema polmonare.

12 Informazioni ecologiche

12.1 Ecotossicità

Pesci, tossicità acuta (CL ₅₀ , 96 h)	> 100 mg/L (bassa tossicità per i pesci)
Dafnia, tossicità acuta (CE ₅₀ , 48 h)	> 100 mg/L
Inibizione della crescita delle alghe (CE ₅₀ , 72 h)	> 100 mg/L
Tossicità batterica	Non disponibile

12.2 Persistenza e degradabilità

- Degradazione atmosferica: degradato principalmente per reazione con i radicali idrossilici; vita atmosferica molto breve, ~11 giorni; degradazione rapida; bassa persistenza ambientale.
- Biodegradabilità: i dati disponibili sulla biodegradabilità sono limitati, ma la persistenza ambientale è bassa grazie alla rapida degradazione atmosferica.
- Idrolisi: Non si idrolizza facilmente a temperatura ambiente.
- Photodegradation: Rapidamente degradato fotochimicamente nell'atmosfera.

12.3 Potenziale di bioaccumulo

log P = 2.04. Potenziale di bioaccumulo relativamente basso (al di sotto della soglia di bioconcentrazione di log P = 4.5).

12.4 Mobilità nel suolo

Altamente volatile in forma gassosa. Bassa solubilità in acqua. Elevata mobilità. Si volatilizza facilmente nell'atmosfera e si degrada rapidamente se rilasciato nel suolo.

12.5 Risultati della valutazione PBT e vPvB

Non soddisfa i criteri PBT (persistente, bioaccumulabile e tossico) / vPvB (molto persistente e molto bioaccumulabile). La vita atmosferica è breve; non è una sostanza persistente.

12.6 Altri effetti avversi

- **Potenziale di deplezione dell'ozono (ODP):** 0 (non depleta lo strato di ozono; sostanza di classe HFO non ODS)
- **Potenziale di riscaldamento globale (GWP, orizzonte temporale di 100 anni):** <1 (~0.3, rispetto a CO₂ = 1, GWP ultrabasso)
- L'R1234yf è un refrigerante HFO di quarta generazione con GWP ultrabasso (<1) e vita atmosferica breve (~11 giorni); impatto climatico minimo; è un sostituto preferenziale dei refrigeranti ad alto GWP come l'R134a.
- Non è una sostanza controllata dal Protocollo di Montreal; a causa del suo GWP ultrabasso non è un gas a effetto serra controllato in via prioritaria dal Protocollo di Kyoto.
- I prodotti di degradazione possono comprendere l'acido trifluoroacetico (TFA), che può accumularsi nei corpi idrici locali, ma le ricerche attuali indicano un impatto limitato sugli ecosistemi acquatici.

13 Considerazioni sullo smaltimento

13.1 Metodi di trattamento dei rifiuti

Prodotto/residui:

- Il recupero e il riciclaggio (purificazione e riutilizzo) sono l'approccio preferito.
- L'R1234yf ha un GWP estremamente basso, ma essendo un gas infiammabile non deve essere rilasciato in atmosfera in modo arbitrario.
- Se il recupero non è praticabile, smaltire attraverso un impianto autorizzato di trattamento dei rifiuti pericolosi.
- L'incenerimento ad alta temperatura con lavaggio alcalino per l'abbattimento dei fluoruri è un metodo accettabile. L'incenerimento deve garantire la combustione completa e tenere conto dei rischi legati al gas infiammabile.
- Non scaricare in fognature, corsi d'acqua o suolo.

Imballaggio contaminato:

- Le bombole vuote devono essere restituite al fornitore o a una struttura qualificata per lo smaltimento. Non gettare o tagliare le bombole vuote.
- Le bombole vuote con pressione residua sono gestite come rifiuti pericolosi. Il gas infiammabile residuo deve essere sfiato in sicurezza sotto ventilazione prima dello smaltimento.

13.2 Precauzioni speciali per lo smaltimento

- Fare riferimento alle normative nazionali e locali prima dello smaltimento (e.g., Legge sulla prevenzione e il controllo dell'inquinamento da rifiuti solidi, Norme sul controllo dell'inquinamento da stoccaggio rifiuti pericolosi, etc.).
- Il personale deve indossare adeguati dispositivi di protezione individuale (vedere sezione 8).
- Assicurare una buona ventilazione per prevenire l'asfissia e l'accumulo di gas infiammabile. Nessuna fonte di innesco nel luogo di smaltimento.
- Lo smaltimento deve essere effettuato da una struttura qualificata e autorizzata.
- I registri di smaltimento devono essere conservati.

14 Informazioni sul trasporto

14.1 Numero ONU

3161 (2,3,3,3-tetrafluoropropene, gas liquefatto infiammabile)

14.2 Nome ufficiale di trasporto un

2,3,3,3-TETRAFLUOROPROPENE

14.3 Classe(i) di pericolo per il trasporto

Classe 2.1 Gas infiammabile

14.4 Gruppo di imballaggio

Non applicabile (i gas di Classe 2 non hanno gruppo di imballaggio)

14.5 Marchio di imballaggio / Etichetta di pericolo

- Etichetta di pericolo principale: Gas infiammabile (rosso, Classe 2.1)
- Etichetta di pericolo secondario: Nessuno

14.6 Metodi e materiali per il contenimento e l'imballaggio

- Bombole in acciaio senza saldatura. Le bombole devono essere conformi alle norme nazionali applicabili (e.g., GB 5099).
- Dimensioni di imballaggio comuni: bombole da 5 kg, 10 kg, 13.6 kg, 50 kg, 100 kg e cisterne ISO.
- Direzione della filettatura dell'uscita della valvola della bombola: filettatura sinistra per gas infiammabili.

14.7 Requisiti speciali per diversi modi di trasporto

Trasporto stradale (GB/T 12268 / ADR):

- I veicoli devono avere la licenza di trasporto merci pericolose ed essere equipaggiati con parascintille.
- Le bombole devono avere cappucci per valvole e anelli di sicurezza in posizione.
- Le bombole sono generalmente posate a piatto con le valvole rivolte nella stessa direzione; non impilare trasversalmente. L'altezza non deve superare il parapetto del veicolo.
- Trasportare durante la mattina presto/la sera in estate per evitare la luce solare diretta.
- Seguire le rotte designate; non fermarsi in aree residenziali o densamente popolate.
- Il veicolo deve essere equipaggiato con attrezzature antincendio e dispositivi di risposta alle emergenze per le perdite.

Trasporto ferroviario (RID):

- Vietare lo smistamento a gravità (nessuna classificazione a rotolamento libero).
- Trasportare in carri chiusi; bombole in posizione verticale o posate a piatto e fissate.

Trasporto marittimo (Codice IMDG):

- ONU 3161, Classe 2.1
- Inquinante marino: N.
- Categoria di stivaggio: D (solo sul ponte)
- Tenere lontano dalle fonti di calore; isolare dalle fonti di innesco

Trasporto aereo (ICAO/IATA DGR):

- ONU 3161, Classe 2.1
- Gas liquefatto infiammabile
- Vietato sugli aerei passeggeri (solo aerei cargo, nel rispetto dei limiti di quantità)

14.8 Precauzioni speciali per l'utilizzatore

- Non trasportare insieme a ossidanti, metalli reattivi, alogeni o prodotti alimentari/mangimi.
- I veicoli devono essere equipaggiati con adeguate attrezzature antincendio e dispositivi di risposta alle emergenze per le perdite.
- Il personale di trasporto deve essere specialmente formato e certificato.
- Proteggere da luce solare, pioggia e alta temperatura durante il trasporto.
- Durante le fermate in viaggio, stare lontano da fuoco, fonti di calore e aree ad alta temperatura.
- I tubi di scarico dei veicoli che trasportano questo prodotto devono essere dotati di parascintille.
- Caricare e scaricare con cautela per evitare danni alle bombole e ai raccordi; utilizzare strumenti a prova di esplosione e prevenire l'accumulo di cariche statiche.

15.1 Normative/legislazioni sulla sicurezza, salute e ambiente specifiche per la sostanza o miscela

Normative cinesi:

- Regolamento sulla gestione della sicurezza dei prodotti chimici pericolosi (Decreto del Consiglio di Stato n. 591)
- Catalogo dei prodotti chimici pericolosi (edizione 2015): componenti pertinenti elencati
- Serie GB 30000 (Regole per la classificazione e l'etichettatura dei prodotti chimici)
- GB/T 16483-2008 (Contenuto e ordine delle sezioni nella scheda di dati di sicurezza per prodotti chimici)
- Regolamento sull'uso sicuro dei prodotti chimici nel luogo di lavoro (Ministero del Lavoro, 1996)
- GBZ 2.1-2019 (Limiti di esposizione professionale per agenti pericolosi sul luogo di lavoro — Parte 1: Agenti chimici)
- TSG 23-2021 (Regolamento tecnico di sicurezza per le bombole di gas)
- Regolamenti sul trasporto stradale di merci pericolose
- Legge della Repubblica Popolare Cinese sulla sicurezza del lavoro
- Legge della Repubblica Popolare Cinese sulla prevenzione e il controllo dell'inquinamento atmosferico
- Legge della Repubblica Popolare Cinese sulla prevenzione e il controllo dell'inquinamento ambientale da rifiuti solidi
- Regolamento sulle sostanze che riducono lo strato di ozono: non è una sostanza controllata (ODP = 0)

Normative internazionali:

- **ONU GHS (Sistema armonizzato a livello mondiale di classificazione ed etichettatura delle sostanze chimiche):** 8a edizione rivista
- **Protocollo di Montreal:** Non è una sostanza controllata che riduce lo strato di ozono (ODP = 0)
- **Protocollo di Kyoto / Accordo di Parigi:** A causa del GWP ultrabasso (<1), non è un gas a effetto serra controllato in via prioritaria
- **EU REACH Regolamento (EC 1907/2006):** Sostanza registrata
- **Regolamento UE CLP (CE 1272/2008):** classificazione, etichettatura e imballaggio
- **Regolamento UE F-Gas (CE 517/2014):** Controlli sui gas fluorurati a effetto serra; l'R1234yf beneficia di un trattamento favorevole grazie al basso GWP
- **Direttiva UE MAC:** Approvato per l'uso nel condizionamento dell'aria mobile (impone ai veicoli nuovi l'uso di refrigeranti con GWP < 150)
- **Programma US EPA SNAP:** Approvato per il condizionamento dell'aria degli autoveicoli e altre applicazioni di refrigerazione
- **US OSHA HCS 2012:** Standard di comunicazione dei pericoli
- **US DOT 49 CFR:** Pericoloso Materials Transportation Regulations
- **ADR/RID:** Accordo europeo relativo al trasporto internazionale di merci pericolose su strada e su rotaia
- **Codice IMDG:** International Maritime Codice delle merci pericolose

- **IATA DGR:**International Air Trasporto Association Pericoloso Goods Regulations

16 Altre informazioni

16.1 Riferimenti

- Guida tascabile NIOSH sui pericoli chimici
- Database CAMEO Chemicals NOAA
- Database Composti PubChem (CID 5326064)
- Manuale ASHRAE - Sistemi e applicazioni di refrigerazione
- Standard ASHRAE 34 - Designazione e classificazione di sicurezza dei refrigeranti
- SAE J2845 - Valutazione del rischio per i refrigeranti infiammabili
- GB/T 16483-2008 (Contenuto e ordine delle sezioni nella scheda di dati di sicurezza per prodotti chimici)
- Serie GB 30000 (Regole per la classificazione e l'etichettatura dei prodotti chimici)
- SGH delle Nazioni Unite (Sistema armonizzato a livello mondiale di classificazione ed etichettatura delle sostanze chimiche), 8a edizione rivista
- Standard OSHA di comunicazione dei pericoli (29 CFR 1910.1200)

16.2 Abbreviazioni

Abbreviazione	Termine completo
SDS / MSDS	Scheda di Dati di Sicurezza / Scheda di Dati di Sicurezza del Materiale
GHS	Sistema armonizzato a livello mondiale di classificazione ed etichettatura delle sostanze chimiche
CAS	Chemical Abstracts Service (numero di registrazione)
un	Nazioni Unite (numero di merci pericolose)
ODP	Potenziale di impoverimento dell'ozono
GWP	Potenziale di riscaldamento globale
CL ₅₀	Concentrazione letale, 50%
DL ₅₀	Dose letale, 50%
TLV-TWA	Valore limite di soglia - media ponderata nel tempo
WEEL	Livello di esposizione ambientale sul luogo di lavoro

SCBA	Apparecchio di respirazione autonoma
PBT	Persistente, Bioaccumulabile e Tossico
HFC	Idrofluorocarburo
HFO	Idrofluoroolefina (refrigerante di quarta generazione)
STOT	Tossicità specifica per organo bersaglio
A2L	Classificazione di sicurezza ASHRAE: bassa tossicità, bassa infiammabilità
NOAEL	Livello senza effetti avversi osservati
LEL / UEL	Limite inferiore di esplosività / Limite superiore di esplosività
IARC	Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro
ACGIH	Conferenza Americana degli Igienisti Industriali Governativi

16.3 Declinazione di responsabilità

La presente Scheda di Dati di Sicurezza (SDS) è stata redatta in conformità allo standard GHS delle Nazioni Unite e ai requisiti normativi applicabili. Le informazioni in essa contenute si basano su banche dati chimiche di pubblico accesso, letteratura tecnica e norme nazionali e si ritengono accurate e complete alla data di emissione. Non viene tuttavia fornita alcuna garanzia, espressa o implicita, circa l'accuratezza, la completezza o l'affidabilità assolute delle informazioni. Gli utilizzatori devono verificare l'applicabilità delle informazioni alle proprie specifiche condizioni d'uso e fare riferimento, ai fini della conformità, alla SDS ufficiale fornita dal fabbricante/fornitore. Le informazioni contenute nel presente documento possono essere aggiornate in funzione di nuovi risultati della ricerca e di modifiche normative; si raccomanda una revisione periodica della versione più recente.