

毒性化學物質災害應變曝露限值之研究

作者簡介



作者劉心智上尉，畢業於陸軍軍官學校物理系 99 年班、化訓中心正規班 104-1 期，歷任排長、副連長，現任職本中心化學課程組教官。

指導教官高雪君中校，畢業於陸軍官校 87 年班(正 67 期)、化校正規班 90-1 期、國防大學理工學院應化所 94 年班，歷任排長、教官、連長、中隊長、營參謀主任，現任本部化學課程組主任教官。



提要

- 一、毒性化學物質事故應變作業應考量曝露限值，劃分危害區域及選用適當的防護裝備，確保所有人員的安全。目前國內外曝露限值種類多元，各界依循標準不同，發生誤用恐危及應變人員生命安全。本文研究目的在說明介紹國內外現行曝露限值之定義、規範及運用方式，藉分析比較探討適用時機及對象，供準則修訂及各部隊應變之參考。
- 二、曝露限值區分職業曝露限值及緊急應變曝露限值兩大類別。筆者收錄國內外常見之曝露限值，說明其定義、特色，使讀者瞭解其制定規範及運用方式，未來於執行毒性化學物質事故應變作業時能適切運用。
- 三、考量化學兵部隊任務性質，針對緊急應變曝露限值之定義、使用對象、使用時機及使用順序進行分析比較，歸納出其中規律、運用時機及運用彈性等，找出我軍適用之曝露限值系統。
- 四、研究發現國內緊急應變之依據來源有數項問題，包括本軍準則訂定標準未統一、各界危害區域劃分之標準有異、危害途徑不同應列述不同之曝露限值及官方資料未明確指出依據來源等，期能透過於相關研討會中提出建議，未來作為準則修訂之參考，不足之處將持續精研，彌補準則不足之處，以提供各部隊應變參考運用。

關鍵字：曝露限值、緊急應變、OELs、PACs、Ceiling、IDLH

前言

化學兵部隊依令支援毒性化學物質事故應變作業時，應變人員之生命將遭受嚴重威脅，現場必須進行危害評估確認化學物質危害的種類及型態，並考量人員曝露限值予以劃分危害區域及選用適當的防護裝備，確保事故現場所有人員的安全。然而目前國內外曝露限值種類多元，各界(包含本軍準則)依循標準不同亦或缺漏，若發生誤用，恐危及應變人員之生命安全。

本文研究目的在說明介紹國內、外現行曝露限值之定義、規範及運用方式，並藉分析比較，探討各曝露限值適用時機及對象，供準則修訂及各部隊應變之

參考。

曝露限值介紹

一、職業曝露限值

職業曝露限值OEL(Occupational Exposure Limit)¹，主要運用於工業衛生領域中，評估工作人員曝露於作業場所中有害物的狀況，並規範作業場所中所有工作人員，隨時間而不同之曝露狀況，有效改善不良的工作環境，進而保護工作人員的健康安全。以下就美國及我國的職業曝露限值介紹說明：

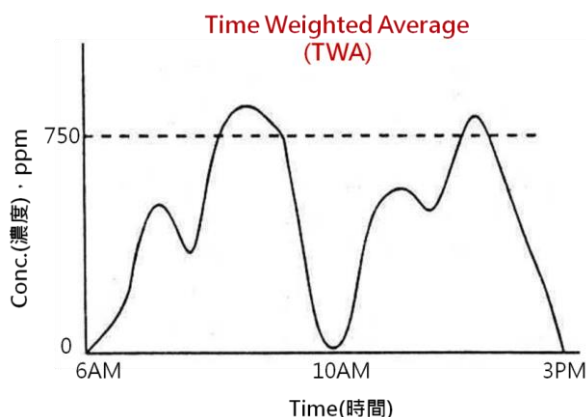
(一)TLVs 恕限值²(threshold limit value)

亦稱閾值(為暴露可接受的濃度)，由美國政府工業衛生師協會(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)所制定；主要運用於工作場所，用於保護勞工健康的環境，為化學物質濃度在人體代謝仍未受影響情況下之最高值，一般危害性越強之物質其恕限值越低。其主要有下列標準值：

1.TLV-TWA 八小時日時量平均恕限值³(如圖 1)

八小時日時量平均恕限值標準值的意義是指：「在該濃度下，幾乎所有的工作者，每天工作八小時，每週工作五天，終其一生不會發生不良的健康效應」。對於人員健康的影響，可以TLV-TWA恕限值來評估。必須注意的是，TLV-TWA的恕限值是取8小時的平均值，而工作場所化學物質的濃度，會隨著時間變化而有所改變，也就是在某一時間，其曝露濃度可能已達到致死濃度。

圖 1 八小時日時量平均恕限值(TWA)示意圖



1 Proposals to introduce a new occupational Exposure Limit(OEL) framework。HSC Consultative Document, P.3。

2 TLV® Chemical Substances introduction。ACGIH TLV®/BEI® GUIDELINES, <http://www.acgih.org>。

3 吳婉怡、梁永芳、蔡嘉一合著，〈化災緊急應變規劃曝露限值之探討〉《工業污染防治》，民國 94 年 1 月。

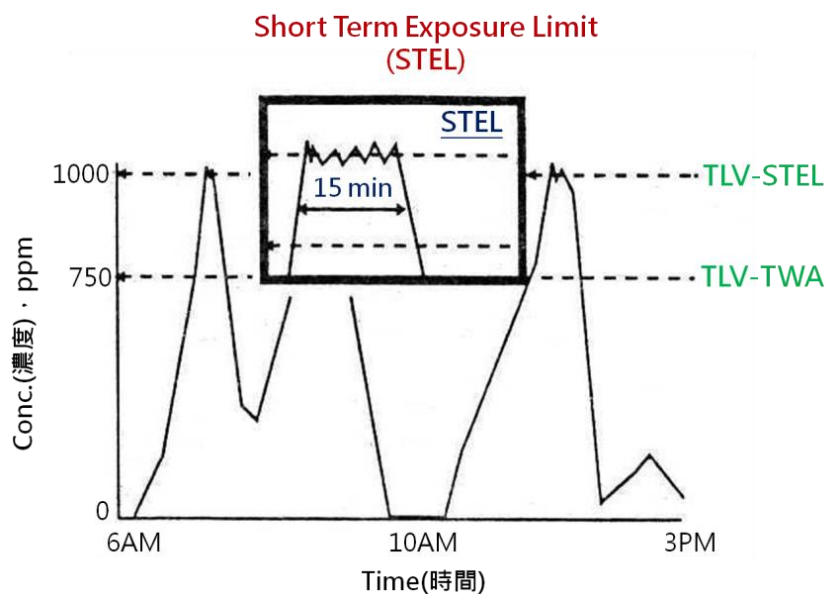
資料來源：吳婉怡、梁永芳、蔡嘉一合著，《化災緊急應變規劃曝露限值之探討》。

2.TLV-STEL 短時間時量平均恕限值⁴(如圖 2)

短時間時量平均恕限值的意義是指「勞工連續曝露在此濃度15分鐘」不致於有下列反應：

- (1)不可忍受的刺激。
- (2)慢性或不可逆的組織病變。
- (3)因醉暈作用增加意外事故的傾向或降低工作效率。

圖 2 短時間時量平均恕限值(STEL)示意圖



吳婉怡、梁永芳、蔡嘉一合著，《化災緊急應變規劃曝露限值之探討》。

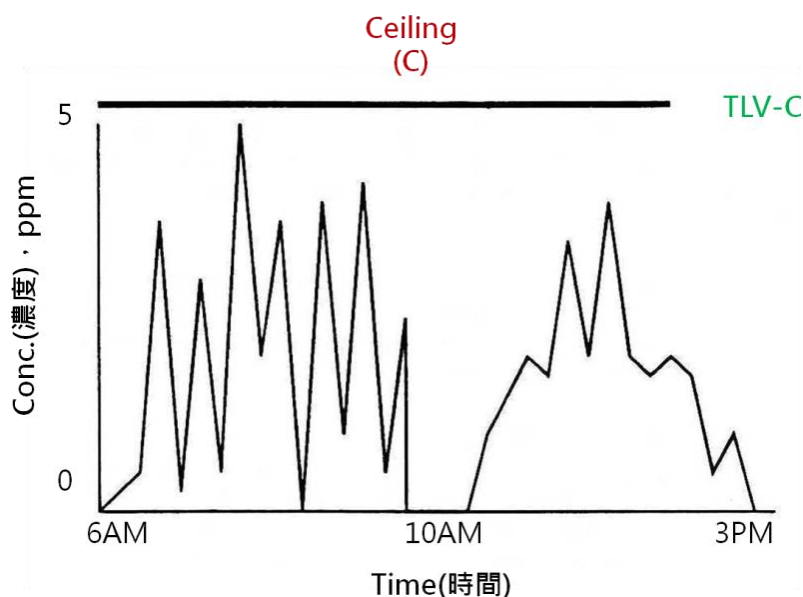
3.TLV-C 最高濃度恕限值⁵(如圖 3)

最高容許濃度即任何時間均不得超過的最高濃度，大部分是針對有強烈刺激性(或有快速生物效應)的化合物。其意義為：「不得使勞工任何時間遭遇不可忍受的刺激或生理病變」。主要是針對一旦人體曝露，可能導致急速和特殊反應的化學物。此值對於洩漏應變時，可視為一個限制指標。

⁴ 同註 3。

⁵ 同註 3。

圖 3 最高濃度恕限值(Ceiling)示意圖



吳婉怡、梁永芳、蔡嘉一合著，《化災緊急應變規劃曝露限值之探討》。

(二) PEL 容許曝露濃度⁶(Permissible Exposure Limits)

容許曝露濃度(包含TWA、STEL、Ceiling值)與恕限值(TLV)相同，是由美國職業安全衛生署(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)於1971年所訂定，由於OSHA是執法單位，因此PEL具有法定效力之標準。但所訂定的法規，主要規範勞工可以曝露的最大值。裡面的數值有些是依據TWA值，有些是Ceiling值，可以看出在規範時，還是有可行性的考量。以下幾點特性：

1. 定義作業環境空氣中有害物質可容許的暴露濃度之閾限值。
2. 容許濃度由 3 種閾限值(TLV)評估考量訂定。
3. 保護勞工不受有害物質影響的法令管制標準。單位可用 ppm 或 mg/m^3 表示，一般氣狀物質之容許濃度以 ppm 表示，粒狀物則以 mg/m^3 為主。ppm 與 mg/m^3 間之單位換算可以下式表示：

$$\text{氣狀有害物之濃度} \left(\frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{氣狀有害物之分子量}(\text{g}/\text{mole})}{24.45} \times \text{氣狀有害物之濃度}(\text{ppm})$$

※24.45為在攝氏25度、1大氣壓條件下，氣狀有害物之毫克摩爾體積立方公分數。

6 美國職業安全衛生署，OSHA，<http://www.osha.gov>。檢索時間：105 年 3 月 23 日。

(三)REL 曝露建議值⁷(Recommended Exposure Levels)

曝露建議值(REL)是由美國國家職業安全衛生研究所(National Institute Occupational Safety and Health, NIOSH)所制訂。初期原為管制曝露濃度(regulative exposure limit, REL)，與美國國家標準研究所(ANSI)共同制訂，但其較少考量非健康等因素，而有時又必須考慮其量測方法，因此自1980年後即很少公布修正建議。之後，就僅由美國國家職業安全衛生研究所(NIOSH)針對勞工作業環境研究制定其建議值，提供美國職業安全衛生署(OSHA)修訂法規運用。

(四)勞工作業場所容許曝露標準⁸

為本國勞動部依據職業安全衛生法第十二條第二項規定所訂定，於民國63年訂定發布，並歷經多次修法，訂定過程主要由審議委員會參考美國政府工業衛生協會(ACGIH)的恕限值(TLV)及各國的標準，並廣泛徵詢各界的意見後實施修訂。本標準為要求雇主應確保勞工作業場所之危害曝露值，目前規範有空氣中有害物計487種，及空氣中粉塵計4種的容許濃度值。

(五)分析比較

由於恕限值(TLV)、容許曝露濃度(PEL)、曝露建議值(REL)及我國的勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準均有所差異，以苯為例(如表1)，同樣是TWA即有4種不同的濃度標準值，故運用時必須考量個別限值類別之特性(著重安全或者依循法規等)，依實際狀況適當選用。

表1 苯的恕限值、容許曝露濃度、曝露建議值比較表⁹

職業曝露限值	苯(CAS No. 71-43-2)		
	TWA	STEL	C
恕限值TLV	50ppm	—	—
容許曝露濃度PEL	200 ppm	300 ppm	500ppm (10 min MAX)
曝露建議值REL	100 ppm	150 ppm	—
勞工作業場所容許曝露標準	1ppm(皮)瘤	2ppm(皮)瘤	—

資料來源：作者自行彙整。

二、緊急應變曝露限值

7 美國能源部 NIOSH，<http://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html>。檢索時間：105 年 3 月 23 日。

8 勞工作業場所容許曝露標準。全國法規資料庫，<http://law.moj.gov.tw>。檢索時間：105 年 3 月 26 日。

9 同註 8。

緊急應變曝露限值有別於職業曝露限值的不同，在於職業曝露考量為勞工作業環境下，每天工作8小時、每週工作5天的情況下，提供保護作用，但就化災事故緊急應變而言，不論是民眾或是應變人員，不會在此環境停留過久，通常事故發生後的30分鐘至1小時，為其最重要的時段。因此，其所曝露的限值，必須考量擴散危害後，進行危害區域劃分，並採取相對應的防護等級及措施。以下就緊急應變曝露限值，常被運用的規範及標準說明介紹：

(一)IDLH 立即危害生命或健康濃度值¹⁰(Immediately Dangerous to Life and Health Concentration)

1970年代中期，立即危害生命或健康之空氣中濃度值(IDLH)，首次由美國國家職業安全衛生研究所(NIOSH)發展作為選用呼吸防護具的準則。NIOSH及OSHA在1974年共同成立職業安全衛生部門(Department of Occupational Safety and Health Standards)整合OSHA於1970年「職業安全衛生法」公布的容許濃度值(PEL)，定義制定出387種物質的IDLH，目的是要定義出一濃度值，作為工作人員在不受傷害或不可逆健康效應下，可以順利脫離有害環境，包括防護具失效的情形(例如污染物自濾毒罐破過，或供氣式防護具停止供氣)及濃度高到必須使用有效的呼吸防護具的參考依據。

(二)AEGL 急性曝露限值¹¹(Acute Exposure Guidance Levels)

急性曝露限值(AEGL)是由美國環境保護署(US Environmental Protection Agency, USEPA)所發展制定，其主要作為處理化學品洩漏等災害事件，應變人員能曝露的時間及限值。依其曝露時間可區分5個曝露時間：10分鐘、30分鐘、60分鐘、4小時和8小時；依其曝露程度可區分AEGL-1、AEGL-2、AEGL-3等3個濃度範圍(如圖4、圖5)。

- 1.AEGL-1：人員曝露此空氣濃度中，會有顯著不適、刺激的感覺，但為暫時的曝露且為可逆的。
- 2.AEGL-2：人員曝露此空氣濃度中，會有不可逆或其他嚴重不利於健康的影響。
- 3.AEGL-3：人員曝露此空氣濃度中，可能會影響健康、危及生命或死亡。

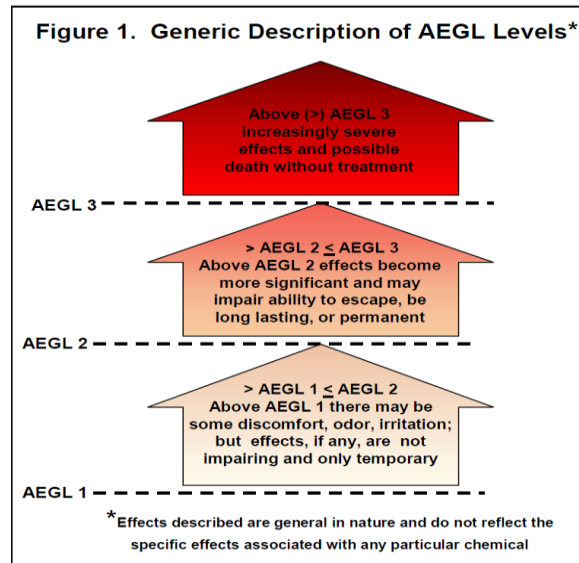
10美國能源部 NIOSH，<http://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html>。

維基百科，<http://m.wikipedia.org>。檢索時間：105年3月23日。

11美國環境保護署 USEPA，<http://www.epa.gov/oppt/aegl/pubs/define.htm>。

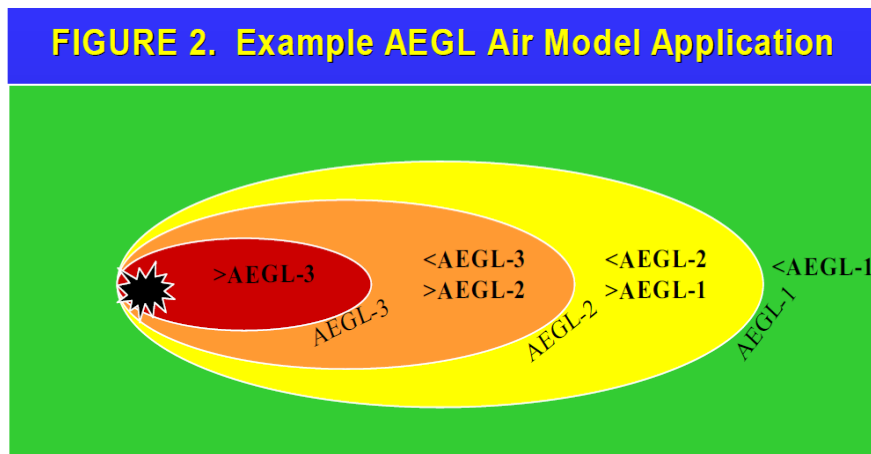
應急管理問題特別小組 EMI SIG，<http://orise.orau.gov>。檢索時間：105年3月25日。

圖 4 急性曝露限值(AEGL)等級區分



資料來源：USACHPPM – Basic AEGL Information.

圖5 急性曝露限值(AEGL)危害區域劃分



資料來源：USACHPPM – Basic AEGL Information.

(三)ERPG 緊急應變規劃指引¹²(Emergency Response Planning Guidelines)

緊急應變規劃指引(Emergency Response Planning Guidelines, ERPG)，是由美國工業衛生協會(American Industrial Hygiene Association, AIHA)所制定，其主要運用於緊急情況下，人員持續曝露於有毒環境中1小時，並完成指定任務所能接受氣體、蒸汽或煙霧之濃度，該濃度是ppm濃度。依毒性物質之允許曝露程度可分為以下三級：

12應急管理問題特別小組 EMI SIG，<http://orise.ora.gov>。 美國工業衛生協會 ERPG 開發計畫。AIHA，<https://www.aiha.org/get-involved/AIHAGuidelineFoundation/EmergencyResponsePlanningGuidelines/Pages/default.aspx>。檢索時間：105 年 3 月 23 日。

1.ERPG-1：人員曝露於有毒氣體環境中約 1 小時，除了短暫的不適感或令人不悅之氣味外，不會有其他不良影響的最大容許濃度。

2.ERPG-2：人員曝露於有毒氣體環境中約 1 小時，而不致使身體造成不可恢復之傷害的最大容許濃度。

3.ERPG-3：人員曝露於有毒氣體環境中約 1 小時，而不致對生命造成威脅的最大容許濃度。

(四)急性曝露限值(AEGL)及緊急應變規劃指引(ERPG)所定義之範疇大略相同，惟急性曝露限值，主要考量其應變作業時間，再將其曝露時間予以區分，但兩者曝露限值略有不同(以氯氣為例，如表 2)

表2 氯氣的急性曝露限值、緊急應變規劃指引值比較表¹³

氯氣(Cl ₂) AEGL值(ppm)					
	10分鐘	30分鐘	60分鐘	4小時	8小時
AEGL-1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
AEGL-2	2.8	2.8	2.0	1.0	0.71
AEGL-3	50	28	20	10	7.1
氯氣(Cl ₂) ERPG值(ppm)					
ERPG-1		ERPG-2		ERPG-3	
1		3		20	

資料來源：作者自行整理

三、小結

針對以上幾種常見的曝露限值，筆者將其彙整成表(如表3、表4)，並提出其差異點供參考：

(一)恕限值 TLV 為學術界的意見，是由美國政府工業衛生協會 ACGIH 在公衛等相關領域的專家，整理科學文獻的資料而得；僅從健康因素，沒有考量在經濟或技術上的可行性，所以僅僅是 ACGIH 的意見，但較能符合健康安全要求。

(二)容許曝露濃度 PEL，由於制定單位 OHSA 負有執法機關之角色，其變更涉及繁雜的法定程序與民間企業的爭議，通常 15~20 年才會更新 1 次，更新速度不如 ACGIH 每年審查的 TLV 來得快。因此，有許多相同化學物質的 PEL 大多高於 TLV，而 REL 為 NIOSH 針對勞工作業環境，研究制定其建議值，提供修法時運用。

(四)立即致死濃度 IDLH，為美國國家職業安全衛生研究所(NIOSH)制定，為呼吸防護具選用之依據，因此，主要可用於界定應變人員防護裝備的等級，以確保應變人員安全。

13同註 12。

(五)列管之毒性化學物質，會進行毒性測試，定義規範出其毒性(半致死濃度LC50、半致死劑量LD50)，而這些數據也會收錄於立即危害濃度IDLH中，可用以提供應變時，作為急毒性之參考運用。

表3 職業曝露限值比較表¹⁴

制訂單位	職業曝露限值	容許濃度之類別	備註
美國政府工業衛生師協會ACGIH	恕限值 TLV	TLV-TWA TLV-STEL TLV-C	每年會藉由會員大會，同部檢討修訂。
美國職業安全衛生署 OSHA	容許曝露濃度 PEL	PEL-TWA PEL-STEL PEL-C	由於修法程序及避免企業的爭議，通常15~20年才會修訂更新1次。
美國國家職業安全衛生研究所 NIOSH	曝露建議值 REL	REL-TWA REL-STEL REL-C	每年會檢討修訂，提供美國職業安全衛生署(OSHA)運用。
中華民國 勞動部	勞工作業場所 容許曝露標準	八小時日時量平均容許濃度 短時間時量平均容許濃度 最高容許濃度	由審議委員會參考國家的標準，並廣泛徵詢各界意見後實施修訂。

資料來源：作者自行整理。

表4 緊急應變曝露限值比較表¹⁵

制訂單位	職業暴露限值	容許濃度之類別	備註
美國環境保護署 USEPA	急性暴露限值 AEGL (USEPA, 2015)	AEGL-1 AEGL-2 AEGL-3	適用普通人群(包含敏感族群)
美國工業衛生協會 AIHA	緊急應變 規畫指引 ERPG (AIHA, 2015)	ERPG-1 ERPG-2 ERPG-3	適用所有族群
危害評估與保護行動委員會 SCAPA	臨時緊急 暴露限值 TEEL (OSHA, 2015)	TEEL-1 TEEL-2 TEEL-3	適用普通人群(包含敏感族群)
NIOSH	立即危害濃度 IDLH (NIOSH, 2015)	N/A	作為空氣呼吸器選用 準據，部分數據引用 LC/LD等動物試驗值

資料來源：作者自行整理。

¹⁴同註8。

¹⁵同註12。

分析比較

化學物質外(洩)釋意外事故中，化學兵部隊主要支援緊急應變任務，因此在曝露限值選用上，以緊急應變曝露限值為主。而事實上緊急應變曝露限值的開發團體不只一個，因此於危害區域劃分或再確認時，選用何種曝露限值作為化學兵執行緊急應變任務之依據有其重要性。以下就文中所介紹之緊急應變曝露限值進行幾點分析比較：

一、就「定義」言

- (一)在執行危害區域劃分時，熱區為受毒性物質直接污染區域，通常最靠近洩漏源且具有較高濃度，將直接威脅應變人員生命安全。就定義言，可以發現保護行動準據 PAC-3¹⁶ (AEGL-3、ERPG-3、TEEL-3)、立即危害濃度 IDLH 均符合熱區要求而其中 PAC 本身具有選用優先順序，依序為 AEGL，ERPG 次之，TEEL 再次之(應急管理問題特別小組 EMI SIG，2015)。
- (二)由於化學物質種類多元，可能面臨 PACs¹⁷ 或是 IDLH 均無收錄相關數據情形，就定義而言，職業曝露限值之最高容許濃度 Ceiling 也符合熱區之條件，故將其列述表中。
- (三)我國環保署官方相關作業規定，如毒性化學物質災害疏散避難作業原則，則採用 ERPG 為危害區域劃分之主要依據¹⁸(環境保護署，2015)，而化學兵目前也是依循此一標準。

表5 緊急應變曝露限值定義比較¹⁹

緊急應變曝露限值	定義	備考
AEGL-3	人員曝露於有毒氣體環境中，將對生命造成威脅之濃度。	EMI SIG，2015
ERPG-3	人員曝露於有毒氣體環境中，而不致對生命造成威脅之最大容許濃度。	
TEEL-3	人員曝露於有毒氣體環境中，將對生命造成威脅之濃度。	
IDLH	人員曝露於有毒氣體環境中，將直接威脅生命、造成不可逆健康效應或使損及個人自危險區域逃生能力之濃度。	NIOSH，2015
Ceiling	任何時間均不得超過的最高濃度。	職業曝露限值

16PACs 開發計畫，<http://www.atlintl.com>。

17同註 16。

18毒性化學物質災害疏散避難作業原則。行政院環境保護署，<http://www.epa.gov.tw>。檢索時間：105 年 3 月 23 日。

19同註 7、10-12。

資料來源：筆者自行彙整。

二、就「使用對象」言

- (一)不論是職業曝露限值或緊急應變曝露限值均有其適用對象，就緊急應變曝露限值而言，PACs 設定為適用普通人群，包括敏感族群(如小孩、老人、過敏體質等)，而其中 ERPG 則是幾乎適用所有族群(EMI SIG，2015)，適合選用作為危害區域劃分之參考依據，當然以上也包含參與緊急應變之工作人員在內，化學兵部隊即是屬於此一族群。
- (二)立即危害濃度 IDLH 為 NIOSH 針對緊急應變事故中，防護裝備選用之依據而開發的緊急應變曝露限值，適用於參與緊急應變之作業人員以及位於暖區待命的預備人員等。

表6 緊急應變曝露限值使用對象²⁰

緊急應變曝露限值	使用對象	備考
AEGL-3	普通人群，包括敏感族群。	EMI SIG， 2015
ERPG-3	適用幾乎所有人。	
TEEL-3	普通人群，包括敏感族群。	
IDLH	緊急應變作業人員。	NIOSH， 2015
Ceiling	於工作場所就業之勞工	職業曝露 限值

資料來源：筆者自行彙整。

三、就「曝露時間」言

- (一)參與緊急應變作業時，作業時間受到危害面積、事故現場地形地貌、應變人員體力等因素影響，尤其受空呼吸器鋼瓶之氣體儲量限制，應變人員必須依據災害情形選擇適當之應變動線、偵檢儀器等執行任務以節省時間，因此可根據任務所需時間選用適當緊急曝露限值。
- (二)ERPG、TEEL 及 IDLH 分別專指曝露 1 小時即 30 分鐘之生理危害，AEGL 則區分為 10 分鐘等五個不同的時間區間，在緊急應變選用上預有較大支彈性空間，而 Ceiling 則指任何時間均不得超過標準值。

表7 緊急應變曝露限值時間區間比較²¹

緊急應變 曝露限值	時間區間	備考
AEGL-3	區分10分鐘、30分鐘、1小時、4小時	適用於毒性化學物質

²⁰同註 7、10-12。

²¹同註 7、10-12。

	、8小時等五種時間區間	災害EMI SIG，2015
ERPG-3	曝露1小時。	
TEEL-3	曝露1小時。	
IDLH	曝露30分鐘。	適用於毒性化學物質 災害 NIOSH，2015
Ceiling	任何時間均不得超過。	適用於工作場所環境 監控

資料來源：筆者自行彙整

四、就「使用順序」言

(一)就使用順序而言，依據 EMI SIG 指出，PACs 計畫開發之曝露限值有以下使用先後順序：

- 1.當 AEGL、ERPG 及 TEEL 皆有收錄對應濃度時，應優先使用 AEGL。
- 2.當 ERPG 及 TEEL 有數據可查，而缺乏 AEGL 時，則採用 ERPG 作為劃分依據。
- 3.若 AEGL 及 ERPG 皆查無資料時，此時選用 TEEL。

(二)以我國而言，首先依循官方指導優先採用 ERPG，但一旦 ERPG 系統查無資料時，缺乏更進一步之指導，而筆者研究發現各曝露限值系統均為獨立系統，各系統間均無明確指出使用優先順序。

表8 緊急應變曝露限值使用順序比較

緊急應變 曝露限值	使用順序	備考
AEGL-3	當 AEGL、ERPG 及 TEEL 皆有收錄時， 優先使用 AEGL	EMI SIG， 2015
ERPG-3	當 ERPG 及 TEEL 有收錄，缺乏 AEGL 時，則採用 ERPG	
TEEL-3	若 AEGL 及 ERPG 皆查無資料時，則選 用 TEEL	
IDLH	各系統間無明確指出使用順序	NIOSH，2015
Ceiling		職業曝露限值

資料來源：筆者自行彙整

五、小結

總結以上分析比較，得出以下結論：

(一)目前我國官方以 ERPG 作為緊急應變作業中劃分熱區以及暖區之依據，並且以 ERPG-2、ERPG-3 及緊急應變指南，制定出初期隔離距離，以及下風危害距離，作為危害區域劃分之參考，提供各界緊急應變使用。

(二)就使用對象及時機而言，除最高容許濃度 Ceiling 外，上述之緊急應變曝露限值，均符合化學兵部隊應變之需求。

(三)就使用時間而言，依據緊急應變作業之任務需求調整，選用時可保持彈性。

(四)就使用順序而言，國內法規僅指導選用 ERPG，缺乏進一步之選擇，且上述各項曝露限值系統均各自獨立，並無明確之使用先後順序。

研究發現與建議

一、本軍準則訂定標準未統一

準則為化學兵部隊執行緊急應變作業最重要之依據，然而在重新檢視化學兵有關緊急應變之準則，發現化學兵應援部隊訓練教範以及化學災害應援作業手冊中出現有依循準據不相同之處(如表9)，應統一依據來源避免混淆。

在職業曝露限值OEL中，由於OSHA為擁有監督實權之執法單位，其所制定之PEL具有法定效力，各運作場址均須遵循其規範，故適合選用作為準則最基本之依據，而ACGIH所制定之TLV及NIOSH所制定之REL則可列述其中輔為參考使用。

表9 準則參考依據來源²²

準則名稱	準則內容	備考
化學兵應援部隊訓練教範	0 4 0 0 5 危害極限值 0 4 0 2 5 化學事故	以 TLV 為主要依據，2007
化學災害應援作業手冊	0 2 0 1 4 毒性危害 0 2 0 2 3 毒性基本資料 0 3 0 4 2 要旨 0 4 0 3 4 確認(劃分)原則 附件四列管毒性化學物質基本資料	以 PEL 為主要依據，2008

資料來源：筆者自行彙整。

二、各界危害區域劃分之標準有異

危害區域劃分之標準均源自緊急應變指南，惟數據粗糙，無論專業技術小組、消防局、實驗室等均可獲得各種有關化學物質外(洩)釋緊急應變之訓練教材或教學簡報，然而不難發現其中關於危害區域劃分之標準，各界有所不同(如表10)。

化學兵部隊在接獲請求支援命令，依令出發前往事故現場，支援應變作業

²²國防部陸軍司令部頒，《化學災害應援作業手冊(第一版)》，02041、02023、03042、04034條、附件四列管毒性化學物質基本資料，(桃園：國防部軍備局第01印製廠，2008年9月23日)。

時，無論專業技術小組/消防局是否已完成危害區域劃分作業，偵檢班都必須進行偵檢作業，確認熱區及暖區範圍，以確保部隊應變作業人員安全。而當各界選用標準不同，濃度標準必定出現落差，熱區及暖區劃分位置便完全不同，現場之調度指揮必然出現混亂，應可於相關研討會中提出議題，建議各界統一選用標準。

表10 危害區域劃分標準²³

區分	劃定標準	出處	備考
熱區	ERPG-3	環保署	污染區
	IDLH 1/2倍IDLH Ceiling 10倍TWA LC ₅₀	專業技術小組、消防局	
下風 危害區	ERPG-2	環保署	除污區
	TWA	專業技術小組、消防局	

資料來源：筆者參考環保署法規、專業技術小組及消防局訓練教材自行彙整。

三、官方資料庫略顯不足

化學兵依令支援毒性化學物質事故應變作業時，應變人員生命將面臨嚴重威脅，因此視現場危害程度，適切劃分危害區域(熱區、下風危害區等)事關重大。而我國在危害區域劃分部分，僅在行政院環境保護署所制定之毒性化學物質災害疏散避難作業原則²⁴中載明，且在目前列管之305項毒性化學物質中僅有65項，透過下風擴散模擬軟體，評估危害擴散距離，其餘項目仍採用緊急應變指南所列建議值，數據較為粗糙，救災能量並不一定能夠負荷，再加上此法規修訂頻率較低(民國95年最後修訂)，數據表現可能較不趨近於事實。

而前述各項緊急應變曝露限值，雖多為他國所制定之法令規範及協會研究建議限值，但在數據資料庫方面表現較為全面(如表11)，更新、修法頻率也更加頻繁，故建議在官方法規建置完善前，將其收錄作為危害區域劃分之參考，彌補我國法規不足之處。

23參見毒性化學物質災害疏散避難作業原則。行政院環境保護署，<http://www.epa.gov.tw>。災變現場初期控制及危險區域劃分。專業技術小組訓練教材，<http://www.epa.gov.tw>。檢索時間：105年3月23日。

24全國法規資料庫，<http://law.moj.gov.tw>，2015。檢索時間：105年3月26日。

表11 緊急應變曝露限值收錄資料庫筆數²⁵

緊急應變曝露限值		收錄資料筆數	備考
PAC	AEGL	318種	Final：176 Interim：84 Proposed：12 Holding：46 (ACGIH，2015)
	ERPG	146種 (我國毒性化學物質災害疏散避難作業原則-65種)	(EMI SIG，2015)
	TEEL	3387種	
IDLH		388種(NIOSH，2015)	(NIOSH，2015)

資料來源：筆者自行彙整。

四、官方資料出現數據落差

目前毒性化學物質資料查詢來源，多以勞動部所制定之勞工作業場所容許曝露標準²⁶，以及工研院譯頒之安全資料表為主，其中不僅提供毒化物之物化性，還能夠查詢毒害症狀、防護裝備選用指導等，使應變人員在保護自己生命安全之前提下，能夠順利完成任務。然而曝露限值的表現上，其實有著許多落差，且無法獲知選用之優先順序。以甲醛為例(如表12)，無論是職業曝露限值，或緊急應變曝露限值方面，在無法獲知選用優先順序，以及不考慮救災能量負荷的前提下，若要選用最為嚴謹、安全的數據，也可能因納入之曝露限值系統的不同而有所差異。

在官方法規能夠明確律定選用優先順序前，建議能以健康等因素作為考量，羅列PEL、TLV(僅考量健康因素，並未考慮經濟或技術之可行性)及NIOSH所制定之REL作為參考，提供使用者依照狀況不同，自行選用以增加使用彈性。

²⁵同註 12。

²⁶同註 8。

表12 甲醛之曝露限值²⁷

甲醛50-00-0(ppm)				甲醛50-00-0(ppm)			
	TWA	STEL	Ceiling	IDLH	20		
勞工作業場所容許暴露標準	1瘤	2瘤	—	1/2倍IDLH	10		
安全資料表	—	—	1瘤	Ceiling	0.3 (TLV)	0.1 (REL)	
TLV	—	—	0.3	10倍TWA	7.5 (PEL)	0.16 (REL)	10 (勞)
PEL	0.75	2	—	LC ₅₀	333		
REL	0.016	—	0.1				

資料來源：筆者自行彙整。

結語

本文主要在蒐整及分析相關曝露限值，並著重化學災害緊急應變曝露限值，將目前化學災害應變中曝露限值之運用規範予以介紹，經研究結果確認以下事實：

- 一、除了我國官方法規選用之ERPG外，尚有AEGL及TEEL兩大系統可供依循，資料更加完整。
- 二、PACs系統及IDLH無論在定義上、使用對象、使用時機等均適用於危害區域劃分之標準值，適合作為本軍執行毒性化學物質災害應變任務之參考依據。
- 三、最高容許濃度Ceiling雖屬於OEL，但由於定義相符，各界也列為劃分之標準，當ERPG等曝露限值系統，均查無資料時，也可參考運用。

職業曝露限值中，區分多種規範，但部分因涉及法令修定程序等問題，因而久未修訂其值，故於參考各職業曝露限值時，考量其更新的時效性。研究結果也發現，目前國內化災應變程序仍有不足之處，各應變團隊於執行應變作業時恐致指揮混亂，威脅應變人員生命安全，因此筆者提出幾點建議以供參考：

- 一、本軍準則為國軍部隊執行緊急應變之最高指導原則，擁有如同國家法規一般之地位，建議採用PEL訂定標準，而TLV及REL則可列述輔為參考。
- 二、各界對危害區域劃分之標準有異，建議參考目前國內專業技術小組區域劃分流程予以界定，統一標準。
- 三、危害物質曝露途徑多元，安全資料表應能收錄不同曝露途徑之曝露限值。
- 四、安全資料表收錄之TWA、STEL等值，應明確指出屬於何種職業曝露限值系統。

²⁷同註 12。

以上建議希望提供作為未來準則修訂之參考，不足之處將持續精研，彌補準則不足之處，以提供各部隊應變參考運用。

參考文獻

一、準則、手冊

- (一)國防部陸軍司令部頒，《化學災害應援作業手冊(第一版)》，(桃園：軍備局第401印製廠，2008年9月23日)。
- (二)國防部陸軍司令部頒，《核生化作業中心手冊(第二版)》，(桃園：軍備局第401印製廠，2007年11月19日)。
- (三)行政院環境保護署訂頒，〈毒性化學物質標示及安全資料表管理辦法〉，民國103年11月10日修正頒布。

二、期刊、論文

- (一)吳婉怡、梁永芳、蔡嘉一合著，《化災緊急應變規劃曝露限值之探討》
- (二)楊博堯，《我國毒性化學物質救災應變管理系統現況之研究》，2003。
- (三)徐孝璋，《緊急應變訓練模式設計與探討》。2013。
- (四)Proposals to introduce a new occupational Exposure Limit(OEL) framework。HSC Consultative Document，P.3。

三、網站資訊

- (一)美國能源部 NIOSH，<http://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html>，2015。
- (二)美國環境保護署 USEPA，<http://www.epa.gov/oppt/aegl/pubs/define.htm>，2015。
- (三)美國美國工業衛生協會 AIHA，ERPG 開發計畫，<https://www.aiha.org/get-involved/AIHAGuidelineFoundation/EmergencyResponsePlanningGuidelines/Pages/default.aspx>，2015。
- (四)美國職業安全衛生署 OSHA，<http://www.osha.gov>，2015。
- (五)美國政府工業衛生技師協會 ACGIH，<http://www.acgih.org>，2015。
- (六)全國法規資料庫，<http://law.moj.gov.tw>，2015。
- (七)PACs 開發計畫，<http://www.atlintl.com>，2015。
- (八)應急管理問題特別小組 EMI SIG，<http://orise.orau.gov>，2015。
- (九)維基百科，<http://m.wikipedia.org>，2015。
- (十)行政院環境保護署，<http://www.epa.gov.tw>，2015。
- (十一)中華民國勞動部勞動法令查詢系統，<http://laws.mol.gov.tw>，2015。