

職業性溴丙烷中毒認定參考指引

中華民國 105 年 11 月訂定

撰寫者：藍凡耘醫師、郭浩然醫師

一、導論

溴丙烷分為1-溴丙烷(1-Bromopropane, n-propyl bromide, 又稱正溴丙烷)以及2-溴丙烷(2-Bromopropane, isopropyl bromide, 又稱對溴丙烷)。目前使用上多為正溴丙烷,是一個廣泛使用的有機溶劑,尤其常見於金屬、塑膠、電子、或光學產品的去漬製程,亦用於黏著劑、噴劑、或乾洗業等。

正溴丙烷為無色或淡黃色透明液體,中性或微酸性,對光敏感,熔點 110°C ,沸點 71°C ,相對密度1.357 (20°C),能以任意比例與醇、醚混合,微溶於水。正溴丙烷暴露可能導致眼睛、黏膜、呼吸道、及皮膚的刺激,亦可能造成神經系統的暫時或永久性傷害,這些傷害包括頭痛、頭暈、意識喪失、說話含糊、混亂、行走困難、肌肉顫抖、或四肢感覺異常等表現。動物實驗發現正溴丙烷可能與血球數減少、免疫抑制合併肝臟、生殖系統、及神經系統病變有相關⁽¹⁾;根據動物實驗資料,美國國家毒理計畫(National Toxicology Program, U.S. Department of Health and Human Services)將正溴丙烷列為可能人類致癌物(reasonably anticipated to be a human carcinogen)⁽²⁾;國際癌症研究中心(IARC, International Agency for Research on Cancer)則尚未列入正溴丙烷致癌性的資料⁽³⁾。

正溴丙烷尚有一同分異構物:2-溴丙烷(2-bromopropane),又名對溴丙烷(isopropyl bromide),對溴丙烷為無色或淡黃色透明之可燃液體, 25°C 時蒸氣壓為31.5千帕,沸點 59°C ,熔點 -89°C 。對溴丙烷的暴露可能刺激眼睛、黏膜、呼吸道、及皮膚。南韓及中國的研究發現對溴丙烷工廠暴露的勞工有血液學的異常,包括輕微貧血以及白血球、紅血球、甚至全血球的低下;另有短暫的神經系統症狀包括頭暈、四肢麻木及無力等。另南韓的研究顯示對溴丙烷具有女性生殖毒性,可能引起月經周期消失或紊亂等症狀;男性勞工暴露對溴丙烷則可能導致精蟲數量減少或活動力降低。此外,根據動物實驗資料,對溴丙烷可能與血球數

減少、生殖系統及神經系統病變有相關。至於致癌性部分，目前尚無對溴丙烷致癌的相關資料⁽²⁾。

我國南部某高爾夫球桿頭鍍膜加工廠於民國102年8月至10月間，陸續有六名員工出現頭暈、疲倦、下肢麻木、無力等神經學症狀，並分別至不同醫院就診、接受各項檢查，並同為疑似正溴丙烷毒性神經病變案例。六名員工一同於民國102年11月間轉診至臺北榮民總醫院，並住院接受中毒物質檢驗和神經病變鑑別診斷，後由臺北榮民總醫院神經科確診為四例以小纖維為主的毒性神經病變、一例毒性脊髓病變、一例毒性神經和脊髓混合型病變。正溴丙烷造成之多發性神經病變為國際罕見案例，此群聚事件肇因於作業環境整建時通風不良，情況特殊，經勞動部職業疾病鑑定委員會鑑定結果為執行職務所致，為國內職業疾病鑑定案群聚現象首例⁽⁴⁾。

正溴丙烷此類新興溶劑在過去十餘年當作取代氟氯碳化物的表面清潔溶劑，使用上普遍認為相對安全。然而，近年來動物實驗和國際上的人體個案報告，已顯示出正溴丙烷一定程度的健康危害。諸如Ichihara等人於1998至2001年間發表的動物實驗，證實正溴丙烷在大鼠上造成四肢無力、癱瘓等症狀；檢查發現有神經傳導和遠端潛時遲滯、周邊神經和中樞神經軸突髓鞘的退化性變化、以及雄鼠睪丸生殖能力的改變⁽⁵⁻⁸⁾。

Ichihara等人於2002年、Majersik等人於2007年、Sclar於1999年、Samukawa等人於2012年陸續發表正溴丙烷對人體神經毒害的個案報告，包括走路不穩、感覺異常等症狀；神經切片檢查顯示神經軸突的傷害⁽⁹⁻¹²⁾。Ichihara等人於2004年發表的病例-對照研究(case-control study)以某一正溴丙烷製造工廠的27位女性員工為病例組，對照某啤酒工廠的23位員工進行分析，結果顯示病例組脛神經遠端潛時延長、腓神經感覺神經傳導速度下降、及雙手指及雙大拇指的震動覺減少。該正溴丙烷製造工廠女性員工的時間加權平均暴露(time-weighted average; TWA)劑量為0.34-49.19 ppm⁽¹³⁾。

Li等人於2010年發表的研究更進一步發現正溴丙烷在女性員工當

中，暴露劑量與脛神經遠端潛時、腳趾震動感覺閾值、乳酸脫氫酵素(lactate dehydrogenase)、甲狀腺刺激素、以及濾泡刺激素等有關(dose-dependent)⁽¹⁴⁾。

二、具潛在性暴露之職業

正溴丙烷為近年來新興的工業用清洗劑，物理特性及清洗效力與三氯乙烯相似，但物化特性對臭氧層破壞性較小，是對環境相對友善的有機溶劑，也因此容易讓人忽略它仍具有化學性的危害。美國環保署已於2007年將正溴丙烷列為可接受的消耗臭氧物質(ODS)替代品，並且廣泛應用在清洗金屬精密儀器及電子零件，另外也可使用在噴膠、乾洗劑及噴霧膠黏劑的溶劑中，同時也是生產農藥、醫藥、染料及塗料的化工原料。國內正溴丙烷過去多用於金屬鑄件及電子零件清洗，但因它為非列管毒化物，越來越多事業單位偏好選用它當作清洗溶劑，預期職場勞工，暴露到正溴丙烷的機會將會增高⁽¹⁵⁾。

推論具潛在性暴露的職業包括：

1. 各類機械設備製造、修配、操作，金屬製品相關行業等。如金屬製造業、機械設備製造修配業、電子業、運輸工具製造修配業、航空機械製造修配業、精密機械製造業、電鍍業(電鍍前處理之去油脂)、印刷業。
2. 衣物乾洗。暴露的職業為紡織業、洗衣業。
3. 從事油脂、樹脂、橡膠、纖維素酯(cellulose ester)、纖維素醚(cellulose ethers)和生物鹼溶劑之相關作業。
4. 從事油脂、石蠟油等物質的萃取劑之相關作業。
5. 塗料、漆的製造。暴露的職業為油漆製造業、噴漆作業。
6. 製造農藥、殺蟲劑的原料。暴露的職業為農藥製造業、農業、環境清潔作業。
7. 實驗室作業。

三、醫學評估與鑑別診斷

正溴丙烷的健康危害取決於吸入空氣的正溴丙烷濃度、皮膚接觸，以及接觸的時間長短。美國職業安全與健康管理局(OSHA)目前對於正溴丙烷尚未設定容許濃度標準PEL、加州職業安全與健康管理局則於2010年制定時量容許濃度標準(PEL-TWA)為5 ppm；2005年美國政府工業衛生技師協會(ACGIH)建議時量限值(TLV)為10 ppm，而於2011年下修至0.1 ppm。

鑒於我國尚無溴丙烷建議容許暴露標準，勞動部勞動及職業安全衛生研究所(簡稱勞安所)已於2016年6月依國內外正溴丙烷相關職場勞工暴露調查、流行病學及毒理學等文獻資料，完成職場正溴丙烷容許暴露標準建議值文件，並經「職場危害因子容許暴露標準建議值審議小組」多次會議討論和決議：「接受職場溴丙烷八小時日時量平均容許暴露標準建議值(REL-TWA)為0.1 ppm，並註記「瘤」、「皮」字」。

正溴丙烷的暴露途徑主要有二：(1)吸入正溴丙烷揮發氣體或霧滴、(2)皮膚接觸。故評估個案暴露時要一併考慮二途徑的貢獻：透過空氣採樣估計吸入的正溴丙烷濃度，以及生物指標評估整體暴露程度。生物指標的部分，過去研究指出尿液中的正溴丙烷代謝物N-acetyl-S-(n-propyl)-L-cysteine (AcPrCys)可能是特異性較好的生物指標^(16, 17)。

Patricia I. Mathias等人曾比較分析正溴丙烷三種在尿中的代謝物：N-acetyl-S-(n-propyl)-L-cysteine (AcPrCys)，3-bromopropionic acid (3-BPA)，bromide ion levels (Br⁻)，收集30位有工作上正溴丙烷暴露的兩間傢具坐墊工廠之員工，其中13位定義為高暴露者，在工作中使用含有正溴丙烷的噴霧黏合劑；另外17位定義為非暴露者，執行其他無須使用噴霧黏合劑的工作。所有受試者收取同時段工作48小時後、在家中睡前、以及起床後的尿液；結果發現暴露者尿液中AcPrCys以及Br⁻的含量上升（相較於非暴露者）。在50份高AcPrCys含量的尿液中並無3-BPA發現。從以上研究結果推論，尿液中的AcPrCys 以及Br⁻可作為溴丙烷暴

露的生物指標，而3-BPA無法作為指標。但也有研究指出以Br-作為生物指標的特異性較差，主要是因為飲食，特別是海鮮類會形成顯著且不易排除的背景濃度干擾⁽¹⁹⁾。

(一)健康影響

- 1.急性危害：正溴丙烷可能對眼睛、鼻、咽喉、皮膚產生輕微刺激性反應；亦可能有頭痛、頭暈、噁心、迷醉、步態不穩、視力模糊等急性中樞神經危害，以及疲倦、精神不濟、意識混亂等精神異常變化⁽¹⁸⁾。
- 2.慢性危害：目前有關正溴丙烷毒性之科學文獻有限，主要報告的慢性危害為神經系統的病變。

周邊及中樞神經系統：Ichihara等人於1998至2001年間發表的動物實驗，證實正溴丙烷在大鼠上造成四肢無力、癱瘓等症狀；檢查發現有神經傳導和遠端潛時遲滯、周邊神經和中樞神經軸突髓鞘的退化性變化⁽⁵⁻⁸⁾。Yu等人於動物實驗發現大鼠在暴露正溴丙烷1000 ppm，4週後出現體重下降、運動神經傳導速度降低、及遠端潛時遲滯的情形⁽⁵⁾。該團隊後續動物實驗將雄性大鼠分作4個暴露濃度：新鮮空氣、200 ppm、400 ppm、800 ppm，持續每天暴露8小時、共12週的實驗，結果顯示800 ppm暴露組出現踢腿無力且無法站立於斜坡的症狀；400 ppm、800 ppm暴露組後肢抓地能力明顯下降；病理解剖發現周邊神經和中樞神經軸突髓鞘的退化性變化⁽⁶⁾。Yu等人發現在1000 ppm正溴丙烷暴露下，雄性大鼠出現後肢癱瘓、明顯體重下降、運動神經傳導速度降低、及遠端潛時遲滯的情形⁽⁸⁾。

Ichihara等人於2002年、Majersik等人於2007年、Sclar於1999年、Samukawa等人於2012年陸續發表正溴丙烷對人體神經毒害的個案報告，包括走路不穩、感覺異常等症狀；神經切片檢查顯示神經軸突的傷害⁽⁹⁻¹²⁾。Ichihara等人於2004年發表的個案-對照研究(case-control study)以某一正溴丙烷製造工廠的27位女性員工為病例組，對照某啤酒工廠的23位員工進行分析，結果顯示病例組脛神經遠端潛時延長、腓神經感覺神經傳導速度下降、及雙手指及雙大拇指的震動覺減少。該正溴丙烷製造工廠女性員工的時間加權平均暴露劑量為0.34-49.19

ppm⁽¹³⁾。

Li等人於2010年發表的研究更進一步發現正溴丙烷在女性員工當中，暴露劑量與脛神經遠端潛時、腳趾震動感覺閾值存在著劑量-反應關係(dose-response relationship⁽¹⁴⁾)。我國民國102年發生之正溴丙烷暴露所致神經病變為一群聚事件，包括四例以小纖維為主的毒性神經病變、一例毒性脊髓病變、一例毒性神經和脊髓混合型病變⁽¹⁷⁾。

生殖內分泌系統：Ichihara等人於2000年發表的動物實驗發現，正溴丙烷的暴露導致雄鼠睪丸生殖能力的改變⁽⁷⁾、Li等人於2010年發表的研究則發現正溴丙烷在女性員工當中，暴露劑量與乳酸脫氫酵素、甲狀腺刺激素、以及濾泡刺激素存在著劑量-反應關係⁽¹⁴⁾。

(二)醫學評估

- 1.職業暴露史：詳細詢問與記錄員工的工作史，包括：行業特性、工作環境、工作時間、使用有機溶劑的種類與數量等。注意詢問暴露正溴丙烷的可能情況，及暴露防護之措施與暴露後去污染及清除之情況等。收集環境測定及生物偵測的結果。
- 2.相關病史：過去、現在及家族病史，以排除非職業病因。另外如抽菸史、飲酒史、中樞神經症狀、皮膚眼睛刺激作用、以及抽菸或飲酒後的影響等，亦需加以詢問並記錄之。
- 3.臨床表現：急性吸入主要表現為中樞神經抑制、鼻腔、口咽之刺激。皮膚、眼睛接觸會有局部刺激症狀。慢性中毒則可能包括⁽¹⁷⁾：
 - (1)全身性症狀：頭痛、頭暈、疲倦。
 - (2)腸胃道症狀：胃口不佳、噁心、嘔吐。
 - (3)肌肉骨骼症狀：肌肉痠痛、關節疼痛。
 - (4)神經學症狀：肢體麻木、刺痛感、走路困難、自覺聽力異常、手部反應變慢、耳鳴、嗜睡。
 - (5)其他症狀：皮膚紅疹、月經周期改變。
- 4.理學檢查：對於神經、皮膚、眼睛傷害的表現應特別注意。
- 5.實驗室檢查：若有末梢神經病變症狀，則神經傳導速度為必要檢查；若有中樞神經之症狀，則誘發電位及神經行為測驗為必要檢查。檢查項目依需要而定，可包括：

- (1)神經傳導速度、肌電圖和誘發電位檢查：神經傳導檢查包括運動神經傳導速度及感覺神經傳導速度，誘發電位檢查(evoked potentials)包括視覺誘發電位檢查(V.E.P.)、腦幹聽覺誘發電位檢查(B.A.E.P.)等。
- (2)神經切片檢查：有神經軸突的傷害⁽¹¹⁾。
- (3)電腦斷層掃描或核磁共振掃描：包括腦部(慢性中毒可能影響中樞神經系統)、脊椎(排除外傷、感染或其他影響神經之疾病)。
- (4)神經行為測驗。
- (5)尿液中溴丙烷的代謝物N-acetyl-S-(n-propyl)-L-cysteine(AcPrCys)和尿液中的溴(bromide)。

(三)鑑別診斷

需排除可造成神經異常之其他疾病，例如：重金屬中毒(例如：鉛、砷等)、代謝異常(例如：糖尿病、慢性腎衰竭、酒癮性或維生素缺乏引起之神經病變等)、內分泌疾病(例如：甲狀腺異常等)、末梢血管疾病(例如：雷諾氏病等)等、其他相關系統性疾病。

四、流行病學證據

正溴丙烷此類新興溶劑在過去十餘年當作取代氟氯碳化物的表面清潔溶劑，使用上普遍認為相對安全。然而，近年來國際上的人體個案報告，已顯示出正溴丙烷一定程度的健康危害。

(一)周邊及中樞神經系統

Ichihara等人於2002年、Majersik等人於2007年、Sclar於1999年、Samukawa等人於2012年陸續發表正溴丙烷對人體神經毒害的個案報告，包括走路不穩、感覺異常等症狀；神經切片檢查顯示神經軸突的傷害⁽⁹⁻¹²⁾。Ichihara等人於2004年發表的個案-對照研究以某一正溴丙烷製造工廠的27位女性員工為個案組，對照某啤酒工廠的23位員工進行分析，結果顯示個案組脛神經遠端潛時延長、腓神經感覺神經傳導速度下降、及雙手指及雙大拇指的震動覺減少。該溴丙烷製造工廠女性員工的時間加權平均暴露劑量為0.34-49.19 ppm⁽¹³⁾。Li等人於2010年發表的研究更進一步發現正溴丙烷在女性員工當中，暴露劑量與脛神經遠端潛時、腳趾震動感覺閾值存在著劑量-反應關係⁽¹⁴⁾。

我國南部某高爾夫球桿頭鍍膜加工廠於民國102年8月至10月間，陸續有6名員工出現頭暈、疲倦、下肢麻木、無力等神經學症狀，並分別至不同醫院就診、接受各項檢查並同為疑似正溴丙烷毒性神經病變案例。6名員工一同於民國102年11月間轉診至臺北榮民總醫院，並住院接受中毒物質檢驗和神經病變鑑別診斷，後由臺北榮民總醫院神經科確診為4例以小纖維為主的毒性神經病變、1例毒性脊髓病變、1例毒性神經和脊髓混合型病變。正溴丙烷造成之多發性神經病變為國際罕見案例，此群聚事件肇因於作業環境整建時通風不良，情況特殊，經勞動部職業疾病鑑定委員會鑑定結果為執行職務所致。根據該群聚進行的研究調查指出職業性正溴丙烷的暴露可造成周邊神經病變以及中樞神經的不良影響；並證明尿中代謝物 N-acetyl-S-(n-propyl)-L-cysteine (AcPrCys) 可用於溴丙烷暴露的特定生物指標^(4, 17)。

(二) 生殖內分泌系統

Li 等人於2010年發表的研究則發現正溴丙烷在女性員工當中，暴露劑量與乳酸脫氫酵素、甲狀腺刺激素、以及濾泡刺激素存在著劑量-反應關係⁽¹⁴⁾。

五、暴露證據收集方法

(一) 作業經歷之調查：需確定為從事正溴丙烷之製造、處置、或使用作業之勞工，或是暴露於其蒸氣之工作場所之勞工；應收集之資料包括工作職稱、年資，由此確認正溴丙烷可能暴露的程度。

(二) 皮膚之物理檢查：判讀皮膚是否有因直接接觸正溴丙烷所引起之皮膚乾燥、紅腫、癢（接觸性皮膚炎）。

(三) 神經系統之檢查：

1. 周邊神經方面是否有符合以下末梢神經病變之臨床症狀。

(1) 肢體末端感覺異常麻木或消失。

(2) 四肢肌肉無力或萎縮。

(3) 肌腿反射降低或消失。

2. 中樞神經系統方面是否有：意識變化、個性改變、智能障礙、甚至運

動障礙等中樞神經之症狀。

3.神經電生理檢查是否有：神經傳導速率減低現象、及震動感覺閾值異常提高。

(四)空氣採樣：在暴露環境中，依據作業種類在不同地點作空氣採樣，而加以偵測。

(五)個人採樣：配合工作地點和時間，以個人樣本收集器來分析並計算個案所接受之暴露量。

(六)生物偵測：對於患病之工作者及高危險作業人員，收集其尿液，以液相層析質譜 (LC/MS/MS) 來分析尿液中的正溴丙烷代謝物 N-acetyl-S-(n-propyl)-L-cysteine (AcPrCys)。先前研究顯示正溴丙烷中毒病患在離開暴露後5-26天之尿液中AcPrCys濃度介於0.171 - 1.74 mg/g-Cr⁽¹⁷⁾。

六、結論

主要基準是診斷正溴丙烷中毒之必要條件，對不確定之病例，則需有相關輔助基準。

(一)急性中毒

1.主要基準

(1)在職業史或工作史中有急性暴露正溴丙烷之事實，且符合暴露在前而發生病症在後之時序性。

(2)具有因急性接觸或暴露正溴丙烷所引起之症狀。

①非特異性症狀：頭暈、頭痛、疲勞、倦怠、肌肉酸痛、厭食和視力模糊等。

②接觸性皮膚炎：因直接接觸正溴丙烷所引起之皮膚乾燥、紅腫、癢。

③中樞神經症狀：意識變化、智能障礙、甚至運動障礙等。

(3)需排除可造成神經異常之其他疾病，例如：重金屬中毒（例如：鉛、砷等）、代謝異常（例如：糖尿病、慢性腎衰竭、酒癮性或維生素缺乏引起之神經病變等）、內分泌疾病（例如：甲狀腺異常等）、末梢血管疾病(例如:雷諾氏病等)等、其他相關系統性疾病。

2.輔助基準

- (1)同一工作場所有其他同仁其有類似症狀。
- (2)改善原作業環境後，不再有新個案發生。
- (3)作業場所之正溴丙烷濃度監測資料發現正溴丙烷八小時之時量平均濃度超過0.1 ppm。
- (4)生物偵測：對於患病之工作者及高危險作業人員，收集其尿液，以液相層析質譜（LC/MS/MS）來分析尿液中的正溴丙烷代謝物 N-acetyl-S-(n-propyl)-L-cysteine (AcPrCys)。先前研究顯示正溴丙烷中毒病患在離開暴露後5-26天之尿液中AcPrCys濃度介於0.171 - 1.74 mg/g-Cr⁽¹⁷⁾。

(二)慢性中毒

1.主要基準

- (1)在職業史或工作史中有慢性暴露正溴丙烷之事實，且符合暴露在前而發生病症在後之時序性。
- (2)具有因慢性接觸或暴露正溴丙烷所引起之症狀
 - ①全身性症狀：頭痛、頭暈、疲倦。
 - ②腸胃道症狀：胃口不佳、噁心、嘔吐。
 - ③肌肉骨骼症狀：肌肉痠痛、關節疼痛。
 - ④神經學症狀：肢體麻木、刺痛感、走路困難、自覺聽力異常、手部反應變慢、耳鳴、嗜睡。
 - ⑤其他症狀：皮膚紅疹、月經周期改變。
- (3)需排除可造成神經異常之其他疾病，例如：重金屬中毒（例如：鉛、砷等）、代謝異常（例如：糖尿病、慢性腎衰竭、酒癮性或維生素缺乏引起之神經病變等）、內分泌疾病（例如：甲狀腺異常等）、末梢血管疾病（例如：雷諾氏病等）等、其他相關系統性疾病。
- (4)若有末梢神經病變症狀，則神經傳導速度出現神經傳導速率減低；若有中樞神經之症狀，則誘發電位及神經行為測驗為異常。

2.輔助基準

同急性中毒。

七、參考文獻

- 1.NIOSH. NIOSH Science Blog. 2013; Available from:
<http://blogs.cdc.gov/niosh-science-blog/2013/08/01/1bp-2/>. °
- 2.NTP, National Toxicology Program °
- 3.IARC, International Agency for Research on Cancer °
- 4.勞動部職業安全衛生署. 溴丙烷溶劑清洗作業造成多發性神經病變出現國內群聚首例. Available from:
http://www.osha.gov.tw/cht/index.php?code=list&flag=detail&ids=9&article_id=1457 °
- 5.Yu, X., et al., Preliminary Report on the Neurotoxicity of 1-Bromopropane, an Alternative Solvent for Chlorofluorocarbons. *Journal of occupational health*, 1998. 40(3): p. 234-235 °
- 6.Ichihara, G., et al., 1-Bromopropane, an alternative to ozone layer depleting solvents, is dose-dependently neurotoxic to rats in long-term inhalation exposure. *Toxicol Sci*, 2000. 55(1): p. 116-23 °
- 7.Ichihara, G., et al., Reproductive toxicity of 1-bromopropane, a newly introduced alternative to ozone layer depleting solvents, in male rats. *Toxicol Sci*, 2000. 54(2): p. 416-23 °
- 8.Yu, X., et al., Neurotoxicity of 2-bromopropane and 1-bromopropane, alternative solvents for chlorofluorocarbons. *Environ Res*, 2001. 85(1): p. 48-52 °
- 9.Ichihara, G., et al., Neurological Disorders in Three Workers Exposed to 1-Bromopropane. *Journal of Occupational Health*, 2002. 44(1): p. 1-7 °
- 10.Majersik, J.J., E.M. Caravati, and J.D. Steffens, Severe neurotoxicity associated with exposure to the solvent 1-bromopropane (n-propyl bromide). *Clin Toxicol (Phila)*, 2007. 45(3): p. 270-6 °
- 11.Samukawa, M., et al., A case of severe neurotoxicity associated with exposure to 1-bromopropane, an alternative to ozone-depleting or

- global-warming solvents. *Arch Intern Med*, 2012. 172(16): p. 1257-60 ◦
- 12.Sclar, G., Encephalomyeloradiculoneuropathy following exposure to an industrial solvent. *Clin Neurol Neurosurg*, 1999. 101(3): p. 199-202 ◦
- 13.Ichihara, G., et al., Neurologic abnormalities in workers of a 1-bromopropane factory. *Environ Health Perspect*, 2004. 112(13): p. 1319-25 ◦
- 14.Li, W., et al., Dose-dependent neurologic abnormalities in workers exposed to 1-bromopropane. *J Occup Environ Med*, 2010. 52(8): p. 769-77 ◦
- 15.鄭乃云, 正溴丙烷職業暴露危害. 2015 ◦
- 16.Hanley, K.W., et al., Bromide and N-acetyl-S-(n-propyl)-L-cysteine in urine from workers exposed to 1-bromopropane solvents from vapor degreasing or adhesive manufacturing. *Int Arch Occup Environ Health*, 2010. 83(5): p. 571-84 ◦
- 17.Wang, T.-H., et al., Neurotoxicity associated with exposure to 1-bromopropane in golf-club cleansing workers. *Clinical Toxicology*, 2015. 53(8): p. 823-826 ◦
- 18.Administration, O.S.H. Chemical Sampling Information /1-Bromopropane. 2007; Available from:
https://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_222006.html ◦
- 19.勞動部勞動及職業安全衛生研究所. 職場-1-溴丙烷容許暴露標準建議值文件. Available from: <http://www.ilosh.gov.tw/media/2882/職場-1-溴丙烷容許暴露標準建議值文件.pdf> ◦