

步驟 1. 加水至硼砂中。

建議使用溫熱水，硼砂不易溶於水中，要搖晃久一點。

搖完後會帶點白霧狀是正常的，底部不要有沉澱物。

(事先調好硼砂水溶液 2%)

步驟 2. 硼砂水溶液加膠水到紙杯中。

步驟 3. 量測 25c.c 的硼砂水，至紙杯中，倒入後立刻攪拌。

繼續分次加入少量硼砂溶液

會越來越稠，攪拌到棒子快要斷掉或是成團狀就可以了

第一次搓會非常黏手，搓久一點或是放到塑膠盒中，隔天再玩就會剛剛好，較不黏手

聚乙烯醇：有机化合物，白色片状、絮状或粉末状固体，无味。溶于水(95℃以上)，微溶于二甲基亚砷，不溶于汽油、煤油、植物油、苯、甲苯、二氯乙烷、四氯化碳、丙酮、醋酸乙酯、甲醇、乙二醇等。聚乙烯醇是重要的化工原料，用于制造聚乙烯醇缩醛、耐汽油管道和维尼纶合成纤维、织物处理剂、乳化剂、纸张涂层、粘合剂、胶水等。聚乙烯醇在 3 类致癌物清单中。

形成新的鍵結，使得可溶性的高分子相互連接形成具有一定交聯密度的網狀結構。常見交聯作用實例有毛髮及 DNA.....。

C、B(OH)₄

-與聚乙烯醇 (PVA) 上的醇基進行縮合反應，並且脫去水分子，使得

聚乙烯醇分子交聯在一起，而形成具有彈性的黏土狀

Na₂B₄O₇·10H₂O 或 Na₂[B₄O₅(OH)₄]·8H₂O 硼砂

當四硼酸鈉與聚乙烯醇混合後，會利用氫鍵(虛線)，與聚乙酸聚合連在一起

硼砂水濃度越高，分子的交聯反應比較好，彈性佳，可以做成彈力球；反之，交聯反應較差，黏性與延展性好，變成液狀或糊稠狀或軟軟的，就是水黏土

B(OH)₄⁻，利用四個 OH 基與聚乙烯醇的 OH 基產生氫鍵或脫水反應.....』二種可能：縮合反應或氫鍵

B(OH)₄⁻與聚乙烯醇 (PVC) 上的醇基進行縮合反應 (condensation reaction) 並且脫去水分子，使得聚乙烯醇分子交聯 (crosslinking) 在一起，而形成具有彈性的黏土狀聚合物，如圖八所示。

醇 B(OH)₄⁻與聚乙烯進行縮合反應的 交聯作用

另一說明，B(OH)₄⁻與聚乙烯醇上的醇基形成氫鍵 (hydrogen bonding)，使得聚乙烯醇分子交聯 (crosslinking) 在一起，而形成具有彈性的黏土狀聚合物，如圖九所示。。

聚乙烯醇與 B(OH)₄⁻形成氫鍵的 交聯作用

縮合反應

步驟 1. 加 75c.c 水至硼砂中。

※ 建議使用溫熱水，硼砂不易溶於水中，要搖晃久一點。

※ 搖完後會帶點白霧狀是正常的，底部不要有沉澱物。

步驟 2. 每一份倒入 50c.c 史萊姆膠至紙杯中。

再倒入各種粉(鐵粉、夜光粉或金蔥粉)。

步驟 3. 量測 25c.c 的硼砂水，至紙杯中，倒入後立刻攪拌。

會越來越稠，攪拌到棒子快要斷掉或是成團狀，就可以用手搓玩！

※用手碰觸之前，記得用肥皂或洗手乳洗乾淨手唷！

※第一次搓會非常黏手，搓久一點或是放到塑膠盒中，隔天再玩就會剛剛好，較不黏手！

做之前先來認識一下膠水為什麼可以變身 QQ 史萊姆吧！

一般的膠水含有約 88% 的水以及 12% 的「聚乙烯醇」(Polyvinyl alcohol，簡稱 PVA)，PVA 是一種水溶性鏈狀的高分子化合物 ($-\text{CH}_2-\text{CHOH}-$) n ，當硼砂加入膠水之後，會產生進行縮合反應(condensation reaction)並且脫去水分子，使得分子交聯(crosslinking)在一起，接著再搓成圓形的球，放一陣子就會產生固化現象，形成我們熟知的彈跳球

會越來越稠，攪拌到棒子快要斷掉或是成團狀，就可以用手搓玩！

※用手碰觸之前，記得用肥皂或洗手乳洗乾淨手唷！

※第一次搓會非常黏手，搓久一點或是放到塑膠盒中，隔天再玩就會剛剛好，較不黏手！

交聯作用---

1. 硼砂的分子式為 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ，當硼砂溶於水中時會生成硼酸，硼酸於水溶液中 會接受帶負電荷氫氧根離子 (Hydroxide，OH) 進而生成硼酸根離子 (borate ion， $\text{B}(\text{OH})_4^-$)。

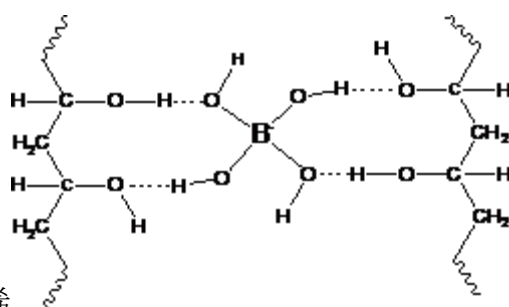
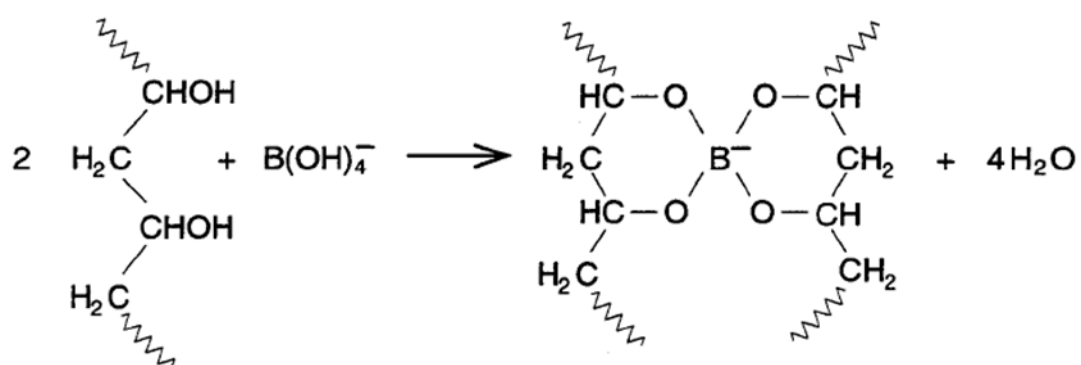
圖一 $\text{B}(\text{OH})_3$ 與 $\text{B}(\text{OH})_4^-$ 的分子結構式

2. $\text{B}(\text{OH})_4^-$ 與聚乙烯醇 (PVA) 上的醇基進行縮合反應，並且脫去水分子，使得聚乙醇分子交聯在一起，而形成具有彈性的黏土狀聚合物。

消委會指，一般而言，透過完好的皮膚吸收硼的機會應該不大，但若接觸含有過量硼的玩具後未有徹底洗手，除了可能經由雙手接觸食物和飲品而誤食硼化合物外，亦會經由雙手觸及嘴巴而增加攝入體內的機會。

而法國國家食品、環境及勞動衛生署 (ANSES) 亦曾提醒，兒童不應重複接觸硼化合物，並認為該些物質會對生育能力和胎兒胚胎發展造成影響。消委會引美國研究指 攝入過量硼長遠影響個人生殖健康

消委會引述美國公共利益研究小組 (US Public Interest Research Group) 於 2018 年 11 月公布的玩具安全研究報告指，該研究小組認為玩具中的硼化合物屬於較新的毒性危害，若經口服途徑攝入過量硼可致危險，又強調若攝入中等至高劑量硼，可引致作嘔、嘔吐，長遠更可能對個人生殖健康造成影響。



圖二 B(OH)₄⁻ 與聚乙炔
交聯作用

醇進行縮合反應的