



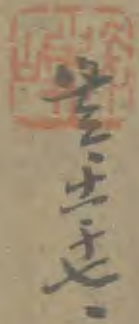
指正 張峻

張

峻 著

防空工程學

李青題



上海圖書館藏書



張峻著

防
空
工
程
學

上海图书馆藏书



A541 212 0003 8744B

~~270890~~

防空工程學

張峻著

目錄

陳序

防空工程學

自序

第一章	防空工程與地質·····	(七)
第二章	爆炸彈威力之計算·····	(一五)
第三章	炸彈威力之實驗報告·····	(三四)
第四章	防空室之防毒通風設計·····	(四四)
第五章	防空室通氣方法及裝置·····	(五五)
第六章	防空房屋與防空壕峒·····	(六三)

第七章 建築結構與防空……………(七六)

第八章 工廠防空設備之設計……………(八四)

附註：本書各章係彙集著者所發表之論文輯成。

無空防即無國防

防空工程學

著者

陳序

自一九一五年飛機與毒瓦斯，於第一次歐戰中顯著威力後，戰爭方式，已由陸海之平面戰而進於天空之立體戰；戰爭之工具，亦由火力，機械而轉入高度機械及化學之趨向矣。是以防空技術與建築工程之研究，益感迫切需要，此次歐戰，軸心與盟方出動之飛機，動輒千餘架，不但飛機性能激增，其所載之炸彈量，亦超於往昔。故一切軍事及民間防空，當力求其堅固安全，使能無虞空襲，而達於減低損害之目的。

本書著者張永令先生曾任教於防空及城寨等訓練班有年，抗戰以還，復於空襲之下，搜集實際資料，悉心研討，故對防空工程建設之新動向，頗有所得，近出所著「防空工程學」一書，披覽之次，深感我國科學落後，此類書刊，不易多覩，本書所論各節，不獨材料新穎，闡述詳明，而撮精摘華，尤切實用，實為我防空界、

工程界同仁之優良參考資料，爰於付梓之日，謹誌數語，是以爲序。

民國三十三年秋陳獨真寫於重慶防空技術研究會。

× × × × × × × × × ×

本書作者著有下列各書

- (一) 現代軍事工程學 二十八年出版 上海世界書局發行
- (二) 防空工程 二十九年出版 上海世界書局發行
- (三) 戰時與戰後之市政工程 二十九年出版 上海世界書局發行
- (四) 實用防空 三十二年出版 現代防空出版社
- (五) 城寨之理論與實施 三十三年出版 軍用圖書社
- (六) 要塞工程 三十三年稿成即將付印
- (七) 國防工程論 三十三年稿成即將付印

自序

(節錄本人在城寨訓練班之講詞)

防空與要塞工程本均屬軍事工程之一部門，構築要塞工程者，不能不知炸彈及傘兵之防禦，建築防空工程者亦不能忽視要塞設計之原理，再要塞與防空工程中所包括之各項技術，例如山洞之構築；毒氣之防禦；通訊之配置；兵器之製造；偽裝之設施；測候之方法；以及橋樑之構築，莫不基於地質、化工、電機、兵工、生物、氣象、土木等學科而成之。是故可知防空與要塞之關係密切，防空與要塞學術是集科學之大成耳。

迄今航空機、砲火、及戰車相繼猛進，要塞與防空亦當用盡科學技術，迎頭趕上，由防禦而進攻，自消極而積極，方厥國防之安全。事實上近代戰爭除應用科學技術外，全無內容，現代軍隊即科學與技術之強大結合，國防上之一切問題就是科學技術上之問題，換而言之軍事家就是科學技術家。上面再三覆四，以幾何學式之

說明，證實現代是科學時代，戰爭是科學戰爭，從事是頭任務者，在時間上永無間斷，空間上是廣漠無境。著者礙在防空一隅，以八載從事防空研究之所得，報告各位，共同研究，以期永固國防，固國家幸甚，民族幸甚！

本書承

張峻永令敬謝於軍政部城寨局城寨訓練班三十三年八月十三日

軍政部城寨局李局長竹村先生親自校閱指正並題封面謹此誌謝

拿出智信仁勇做人精神
實現勤廉速密辦事準則

敬錄 李青局長在城寨訓練班訓示

第一章 防空工程與地質

第一節 防空山峒與地質

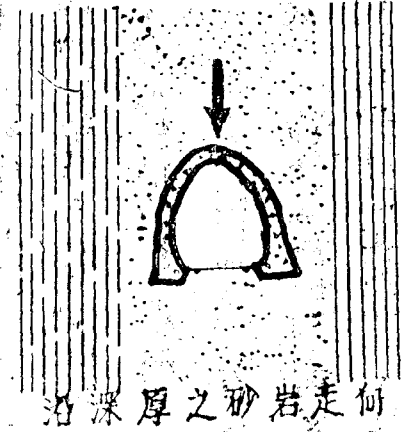
防空山峒爲防空設備中效能最大之一種，故無論軍事或民間之防空設備上，皆開鑿山峒建築之。惟開鑿山峒，如事先對於該處之地質，未曾詳考測量清楚者，則不惟將來建築上發生疑難；即防護效能上亦無從計算，甚至有發生傾塌或不能合乎實用之結果，故開鑿山峒，必須確勘地層之組織，岩石之硬度。如有地層變化複雜，難於確勘之處，則應用鑽機鑽取地下之石樣，先探知其性質，然後建築。

開鑿山峒因地層岩石及走向之關係，因此實際上有各種不同之處置。如在堅硬之火成岩，則工程雖較難，而支撐經濟，無坍塌之危險，且無地下水之虞，惟在成層之水成岩則岩層之走向不一，支撐與排水工程大矣。其各種不同處置方法舉數例如下：

如附圖（一）山峒沿深厚之砂岩走向，開鑿工程比較容易，並且不須支撐工事

，雖然或有漏水之處，亦可築溝引洩之。

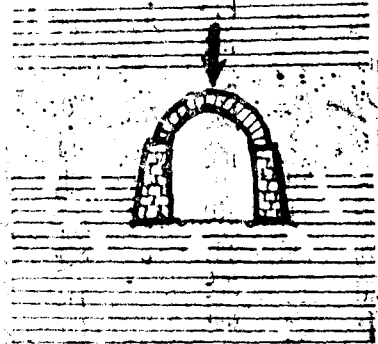
第(二)圖。山峒沿薄層



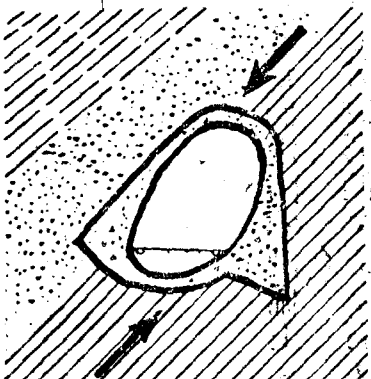
之水成岩走向，岩層平整，應須構築支撐工事。並須注意其頂部支撐。若岩石繞節理，峒內多水，則應構築溝渠而引洩之。

第(三)圖。山峒沿薄層之斜立水成岩走向，因附着

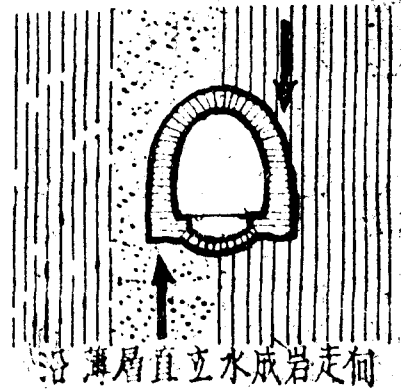
力弱於凝集力，故岩層間常有活動之弊。山峒則受一種剪壓力，以致時有傾崩等情發生，故支撐工事應隨岩石走向佈置之。如岩層乾燥而無水，則傾崩之虞較少。惟砂岩與頁岩之間大多有水，剪壓力亦甚大，不如將山峒全部移入頁岩或全部移入砂岩，以免遭遇岩層間滑動之虞。



沿薄層水成岩走向



沿斜立水成岩走向



第(四)圖。山峒沿薄層之直立水成岩走向，山峒則受壓甚大，時有崩塌之虞。因岩層間之支撐僅受岩層間之磨擦力而已，故山峒支撐工事應極堅固。

以上四種係指山峒在橫斷面上而言。在縱斷面上而言，山峒在建築中有經過各種不同之地層，故時遇有患水及鬆質地層，工程之難易不能一致，如經過斜立地層者，其間有透水層與不透水層相參錯，則必患水。如遇鬆質及硬質之地層相參錯者，則必患滑落（即發生剪壓力）。若只為一向之斜層，則尚可預測當段地層之一般組織。若地層褶疊叢生則更為複雜，山峒內之支撐工事，務須先確勘其組織，再計算支撐工事應負剪力、擠壓力、滑力、及炸彈擊中時之衝擊力。適當之設計，在佈置山峒地位時，應避免開鑿於石岩層間或斷層之處為佳。至於山峒上部所負重量之估計，根據實驗，其算法如下：

若山峒深在十五公尺上下者，山峒應加築支撐工事，因山峒上部岩石之半重，

均爲岩石所承受也。若山峒深在三十公尺上下者，則反不受上部岩石之全重，其所受之重量之支撐工事當較爲簡單。

至於鬆質地層之開鑿山峒，如堅硬之泥層、碎石子層、砂礫岩、砂岩、頁岩、流砂層、多水軟泥層等。其中自行崩潰之層如流砂、軟泥、碎石子等層。支撐工程當較岩石地層爲大，施工亦困難。開鑿山峒時並須用隨進支撐法，即在開鑿山峒時，隨即插入兩旁支撐木柱及頂部木條，堵住兩旁及頂部之峒壁，以免塌頂潰側之患，必要時並須加撐峒底支撐工事，以防支撐下陷。

第二節 地上防空室與地質

防空室建築於地面上者，或一部地下者；在泥土地層經過相當時期，定有下陷之趨勢。至其經過時間之長短，則視土質之鬆堅而定。故在設計防空室基礎之前，應先計算土地之承重應力；並注意其設計時能使基礎不致有不平均之下沉。鋼骨水泥防空室基礎之設計，應爲連續基礎，或平板基礎。木造防空室柱基之設計，應設

積墊木，各種設計均應適應防墜系之壓力能均佈於地面為要。

各種土質之承重應力如左表：

土質種類	土質說明	安		承		重	
		值	天	值	天	值	天
石	現方天生岩床層厚而最堅者	200	200	20	20	30	30
	相當於上等磚砌坊工者	25	25	20	20	20	20
	相當於次等磚砌坊工者	15	15	10	10	10	10
粘土	厚層而乾燥者	6	6	8	8	8	8
	厚層而尚乾燥者	4	4	6	6	6	6
礫石及粗砂	互相緊密者	8	8	10	10	10	10
	乾燥結實而乾潔者	4	4	6	6	6	6
流砂中層	清潔而乾潔者	2	2	4	4	4	4
	層泥土等	0.5	0.5	1	1	1	1

基礎面積應以防空室全部重量以及炸彈命中時之衝擊力（每平方尺計）；除地面之承重力（每平方尺計），所得之商數決定之。

如遇土質鬆堅不一，則應在鬆泥土質部份，加打木樁或挖深至實土部份。

如建築高大之建築物應注意地基組織。

未固結之地基——高大之建築，必須有堅實之地基，才能支持重量。若地基為未固結之岩層，如砂礫沙粒粘土等，必須以打樁或以膠結法使之能支持上荷重量。

固結之岩石地基——如地基築在堅實之火成岩上，則安全可靠，如築在石灰岩上，必須注意其下部有否裂縫或暗溝，因石灰岩極易被水溶解。如有裂縫暗溝，必須事先加以填塞，以防止上部載重之下陷。如地基築在砂岩上，必須注意其中是否夾有頁岩或黏土，此種砂岩頁岩，被水浸溶後，即能軟化，以至上部岩石發生移動，而波及地基，在此種情形之下，應將地基挖深至堅實層為妥。凡成層岩愈近地面，往往節理愈多，含氣孔甚多，易滲水分，應用膠結物填塞。堅實之岩石地質，亦應探測其深度為妥，如係一薄層之岩石，應計算其承載應力為要。

第三節 防空壕與地質

防空壕多在地面上開挖，惟各地土質不同，泥土之自然坡角當有大小，致防空壕之開挖法亦有不同。普通在軍事築城學或民事建築上多指實土而言。其實泥土因

有砂土、礫土、黏土、沃土之分。壕之開挖，其壕壁之斜度，當應顧及泥土之自然坡角，以免有傾塌之虞。茲將各種土質之自然坡角錄表如下。

見下表所載，則壕壁之斜度，應與自然坡

類	別	自然坡角	自然坡度
砂	泥	18度	3 : 1
粘 土	(1)乾燥	26度	2 : 1
	(2)微濕	45度	1 : 1
	(3)潮濕	15度	3.2 : 1
礫 石	(1)顆粒粗	30度	1.7 : 1
	(2)大小有序	40度	1.2 : 1
沃 土	(1)乾燥	40度	1.2 : 1
	(2)微濕	45度	1 : 1
	(3)飽和	30度	1.7 : 1
砂	(1)乾燥	35度	1.4 : 1
	(2)微濕	40度	1.2 : 1
	(3)飽和	30度	1.7 : 1

角相同爲最佳。惟事實上防空壕爲適應減小其踏空面積，及顧全壕內掩蔽材料之強固，而其設計上希望條件，爲壕壁與壕底能成90度直角。是故在硬質泥土段者，防空壕面之開挖，除構築時用工具拍實外，可將壕壁略爲傾斜。在鬆質泥土者，壕壁應做木板支撐，在稍硬之泥土段者，可做竹籬護之，以免傾塌。此外地面上之挖壕，如在地下水位較高之處，時常有水，且同時地上還有地上水流入，對於壕身之安全關係甚大，應加築排水滯之設備，以策堅固。

第二章 爆炸彈威力之計算

第一節 引言

消極防空之發展，歷史極短，一九二八年德國 RUTH 博士在日內瓦國際紅十字會中曾建議有詳細之消極計劃，至一九三三年德國 Presden 工學院增設防空工程系從事研究，消極防空至此已成爲各國國防上之主要問題矣。至於吾國之消極防空，近年來因環境所迫，多致力於實際構築，對於理論方面，尙少有研究者。

研究消極防空，當先研究炸彈之破壞力，國內防空書籍中，雖有論載，惟少有系統之專文，本文即係彙集各國防空研究之報告，加以撰擇而成，內分三節：炸彈破壞力，彈片破壞力，空氣震動力及地面震動，以期成爲有一系統之參考材料。

炸彈分有四種：即榴彈、爆炸彈、毒氣彈及燃燒彈是也。其中以爆炸彈之威力最大，各國轟炸機隊多使用之。防空工程中亦以應付爆炸彈爲主。

爆炸彈破壞力之研究，因有關之因子過多，每難得其精密之計算。近年來各國所採用之計算方法，多根據第一次歐戰時之實地考察與試驗之報告；再以年來飛機速度之增加及爆炸力之增強等實情，列成公式，作為準則，其精密確度雖難滿足，惟證以年來之實驗應用，尙與實情相符。

第二節 爆炸彈之破壞力計算

爆炸彈之裝藥量，視彈重而異，重裝者 (Heavy-case) 較輕裝者 (Lightcase) 為小。英國內務部之防空公報中，曾載有各國通用之炸彈裝藥量及炸彈大小尺寸表各一，茲譯載如下：

爆炸彈之破壞力

侵徹力之計算 (Penetration) 設計防空洞室，其最主要之問題即為侵徹力之防禦。侵徹力之計算與炸彈之重量、炸藥之性質，引信以及擲下高度均有密切關係。第一次歐戰時所應用之炸彈侵徹力之公式，係根據一八三九年法國 Porcelet 氏所

爆炸彈種類	裝藥量 (彈重之百分數)	全重(公斤)
輕裝	50—60	} 25 至 2000
中裝	25—40	
重裝	25	

爆炸彈之裝藥量表

爆炸彈	彈長(公尺)	直徑(公分)
1,000公斤(輕裝)	4(.3)	60
500公斤(重裝)	2(1.3)	30
250公斤(中裝)	1.8(1.3)	40
100公斤(中裝)	1.5(.6)	25
50公斤(中裝)	1.3(.6)	20

爆炸彈大小尺寸表

發明之砲彈侵徹力公式。此公式為計算炸彈侵徹力之最初公式。其計算法係基於炸彈之斷面密度 (Sectional Density)。茲將該式列下：

$$S = \frac{M}{A} \cdot \frac{1}{2gbf} \cdot \text{Loge} \left(1 + \frac{b}{a} V^2 \right) \dots \dots (\text{Poucelet's Formula})$$

式中 S = 侵徹深度 (公尺)

M = 彈之重量 (公斤)

A = 彈之最大斷面積 (公尺)

V = 着速 (公尺/秒)

f = 彈之形式係數 (通常 = 1)

a, b = 常數

根據聯合委員會 (Metz Committee) 所定之

$\frac{b}{a}$ 值如下...

於一九一〇年法國Petry氏因為

Poncelet's公式分析較難，遂將該式

改良，化成較簡之公式如下...

$$S = K' \cdot \frac{M}{d^2} \cdot F'(V) \dots\dots$$

(Petrys Formula)

式中d = 彈之直徑 (公分)

F'(V) = 速率之函數

K' = 常數

材	料	$\frac{b}{a}$	b
石灰石	15	180.0
磚	15	47.4
碎石	200	87.0
沙	35	36.4
壤	80	21.3
腐植土	60	42.0
木	20	41.7

$F'(V)$ 係根據 Poncelet's 公式之 V 如其數值列表如下：

V	40	60	80	100	120	140	160
	180	200					
$F'(D)$	.33	.72	1.21	1.76	2.36	2.97	3.58
	4.18	4.77					
V	220	240	260	280	300	320	340
	360	400					
$F'(D)$	5.30	5.89	6.41	6.92	7.40	7.87	8.31
	8.74	9.54					

K' 值如下：

石灰石	0.43	磚	1.63	爛土	5.27
混凝土	0.63	沙 土	2.94	× 1:2:4 混凝土	0.224
圪 土	0.94	腐植土	3.86	* ,,	0.38

註：×係根據法國(Kiezeke)氏在第一次歐戰時在凡爾登要塞

Verdun Fort實測所定。

★係英國Bazant氏所定。

在第一次歐戰時，各國所採用之公式均爲此式，目今仍可採用，惟因各國所用量料不同，故K值略有變動。

迄至一九三四年美國Peres氏集法國及美國各軍事專家實驗報告，造成公式如下，此式近年各國均通用之，吾國防空當局亦採用是式。

$$S = \frac{E}{A \cdot \lambda} \cdot K \dots \dots \dots \text{(Pere's Formula)}$$

式中 S = 侵徹深度 (公尺)

E = 撞擊動能 (Impact energy of bomb) (公斤公尺)

A = 炸彈之最大面積 (平方公分)

K = 材料抵抗係數

λ = 炸彈之形式係數 (通常 = 1)

M = 之值因各種材料而異，經實驗所得如下表。

鋼筋混凝土.....	1	1
.....	1500	2500
混 凝 土.....	1	1
.....	750	1500
實 土.....	1	1
.....	200	225
.....	1	1
.....	50	150

註：一切混凝土可用 $\frac{1}{1200}$ 惟劣混凝土除外。

上表所例之土質之 M 值，根據土木工程中之打樁工程作為研討，則難正確，因土質之種類甚多，稍有分別，則在打樁工程中即有難易之分，故上表內土質項之 M 值，當須視土質之分別，組織密度等情形而決定之，而上列之 M 值，則作為根據也。

破壞半徑之計算 (Radius of Destruction) 炸彈侵入工事或土中，然後爆發，其所成之漏斗孔 (Crater) 之半徑，謂之破壞半徑。

依 Peress 氏之公式，破壞半徑為

$$r = \frac{3}{\sqrt{C}} \frac{L \cdot B}{C} \dots\dots\dots \text{(Peres Formula)}$$

式中 R = 破壞半徑 (公尺)

L = 爆炸藥之重量 (公斤)

(炸彈全部侵入者藥量以裝藥量全重計)

(炸彈頭部侵入者藥量以表藥量之 1/5 計)

B = 阻止係數

100 公斤左右之炸彈者 = 0.175 — 0.225)

300 公斤以上之炸彈者 = 0.25 — 0.400)

C = 材料係數

(鋼 = 12, 鋼筋混凝土 = 6, 混凝土 = 3, 圬土 = 2, 土 = 0.7)

一九三六年 英國內務部之防空公報中，曾載有德國及美國軍部所試驗之炸彈
 漏孔徑深報告，特製成圖表，以作參考。

爆炸彈之破壞深度 (Depth of Hole Caused by Bomb)

求得炸彈之侵徹力及破壞半徑後，則爆炸彈之破壞深度即可由下列公式求得之

，惟爆炸分有兩種

：侵入爆炸 (Fired

Afterpenetrated)

及露面爆炸 (Fired

on Impact)，兩者

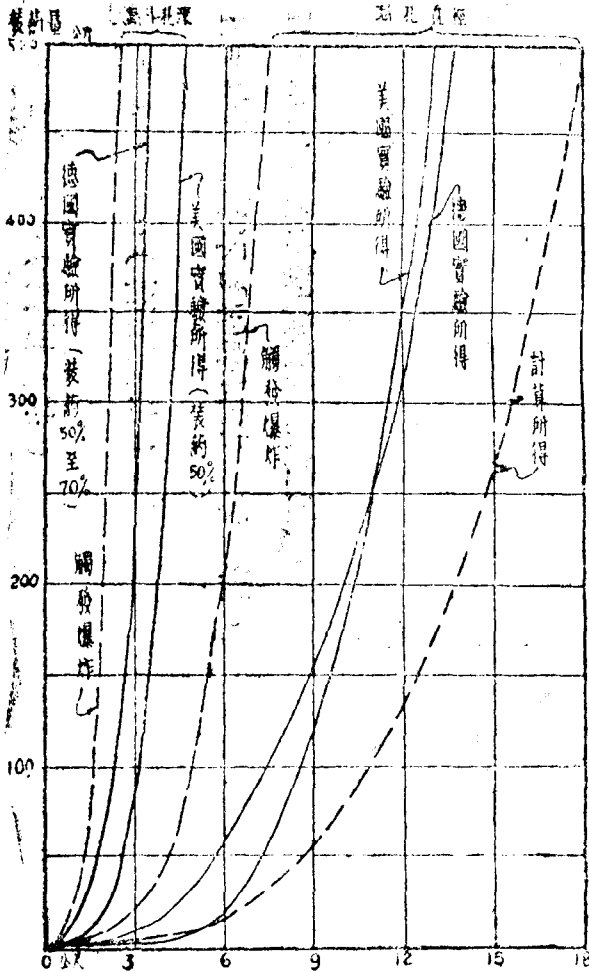
之破壞力各有不同

故有下列兩公式。

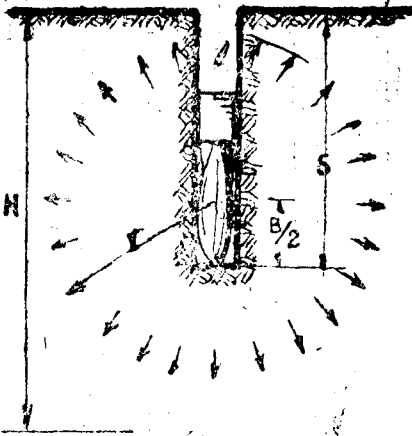
(意文之防空理論

與實際一書中亦採

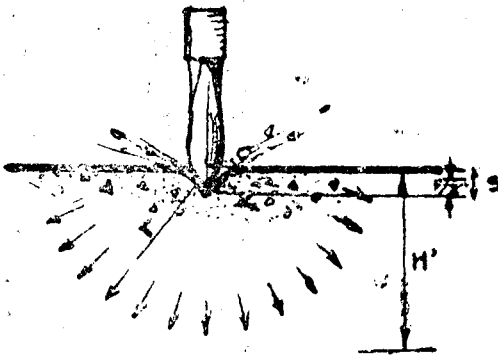
用此等公式。)



炸彈爆發後所成之漏斗孔徑深圖表



侵入爆炸



露面爆炸

$$H' = \frac{S-F}{2} + r \dots\dots\dots (\text{露面爆炸})$$

$$H = S - \frac{B}{2} + r \dots\dots\dots (\text{侵入爆炸})$$

式中 F = 炸彈信管之長約等於炸彈之直徑。

B = 炸彈之長度約等於彈徑之6倍。

防禦爆炸之所需材料厚度

(Required Thickness of Protective Covering)

計算防空工事所需材料之厚度，應在炸彈破壞深度上，另加安全厚度得之。土木工程中之一切工事均已加上安全率，其率有超過百分之一百者。軍事工程中因經濟及施工等關係，安全率可依照百分之五十計算之。

茲綜合上述各項公式，例舉一題以示應用。

問題：設有敵機一架，由上空投下100公斤重炸彈一枚，彈之着速度為250公尺/秒；問其對鋼筋混凝土之破壞深度為幾何？

解：先求炸彈之撞擊動能 (Impact Energy of Bomb)

$$E = \frac{MV^2}{2g} \quad (g = \text{地心引力} = 9.81 \text{ 公尺/秒}^2)$$

(V = 炸彈着速)

$$= \frac{100(250)^2}{2 \times 9.81} = 320,000 \text{ 公尺/公斤}$$

代入公式

$$S = \frac{320,000}{3.1416 \left(\frac{25}{2} \right)^2} \times \frac{1}{1500} = 0.43 \text{ 公尺}$$

$$r = \frac{3 \sqrt{10 \times 175}}{6} = 0.66 \text{ 公尺}$$

$$H = \frac{0.43 - 0.25}{2} + 0.66 = 0.75 \text{ 公尺}$$

$$\text{防禦所需厚度} = 0.75 + \frac{0.75}{2} = 1.125 \text{ 公尺}$$

實用 1.00 公尺

炸彈彈片之破壞力 (Penetration by Fragments)

關於炸彈彈片破壞力之計算，各國防空書籍中記載甚少，僅美國軍部曾將洋松板 (Douglas Fir) 以炸彈作實地試驗，並列成公式如下：

$$P = K \frac{MV}{A} \dots\dots\dots \text{(American Formula)}$$

式中 P = 彈片侵徹木板之深度 (英寸)

M = 彈片之重量 (英磅)

V = 彈片着速

(英尺/秒)

A = 彈片着板

面積 (平

方英寸)

$$K = 1.4 \times 10^3$$

用於洋松

其試驗報告，編表

如下：

防禦彈片之之材料

厚度及彈片效力半徑，

可參放下列兩表。

彈片重量 (英 噸) ounce)	音速 (英尺/秒)	對於洋松板之度 最大侵徹深度 (英寸)
$\frac{1}{2}$	2,000	5.05
,,	1,000	2.5
$\frac{1}{4}$	1,000	1.4
$\frac{1}{25}$	4,000	3.55
,,	2,000	2.1
$\frac{1}{50}$	2,000	1.2
$\frac{1}{500}$	4,000	1.6
,,	3,000	1.3
,,	2,000	0.8

如下圖：

一般鋼筋混凝土房屋對於防禦各種重量炸彈之威力，根據德國之實驗，其結果

材 料			(最小厚度) (英寸)
軟	鋼	板	$1\frac{1}{2}$
磚	坊	土	$13\frac{1}{2}$
鋼	筋	混 凝 土	12
普	通	混 凝 土	15
沙		土	30
礫		石	24

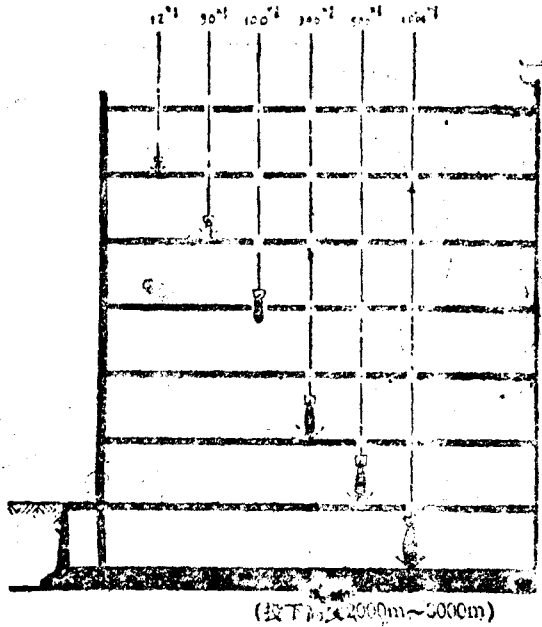
炸 彈 重 量	彈片最大效力半徑
50至 500 公斤	1000公尺
1000公斤	2000公尺

註：此表已經作者在本國試驗，頗合通用。具有上述厚度之牆壁，當可防禦在距離 50 公尺處之 50 公斤爆炸彈之彈片。（日本在吾國城市所用之炸彈以60公斤為多）

第三節 空氣震動力及地面震動力

空氣震動力 (Air pressure and Suction)

爆炸彈破壞力中尚有一種空氣震力：即炸彈爆炸時所發之氣體，激動空氣所成之壓力。吾人曾見炸彈發發點附近，每有未受彈片打擊之物體或人畜而被破壞或



一千斤炸彈可破七層大廈

致傷者，此即受炸彈之空氣壓力打擊所致。

空氣震動力經實驗所得，包括有壓力及吸力二種。據英國軍部以250爆炸彈作為試驗，其所得之結果如下表。

250公斤炸彈空氣震動力表

離炸彈距離 (公尺)	最大壓力 公斤 / 平方公分	最大吸力 公斤 / 平方公分
10	1.68	—
16	0.42	.098
30	0.16	.058
60	0.028	.014

由上表所示，則可知炸彈之空氣震動力與爆藥之開方數成正比例並知其與離炸彈之距成反比例，故化成下列公式，俾求各種不同情形之空氣震動力。

今以 $D_A = \text{炸彈離A點之距}$

D_B = 炸彈離B點之距

P_A = A點所受之空氣壓力

P_B = B點所受之空氣壓力

代入公式

$$\sqrt{\frac{\text{試驗用之爆藥重量}}{\text{現用爆藥重量}}} = \frac{\text{試驗時之壓力}}{\text{欲求之壓力}}$$

茲例舉一題，以示應用。

問題：設有一250公斤重炸彈一枚，內裝爆藥125公斤求其離

10公尺處之空氣壓力

解 $\sqrt{\frac{250}{125}} = \frac{1.68}{X}$

$$X = \frac{1.68}{1.96} = 0.86 \text{ 公斤 / 平方公分}$$

空氣壓力之計算法如上。

地面震動 (Vibration)

炸彈爆發時，地面因此震動，其情狀類如地震，影響房屋結構之安全，各國軍事雜誌中所見者，僅述及地面震動與房屋結構安全關係之重要，而無詳細理論及計算方法，茲述美國所用之地震防禦計算法譯著如下，以資參考。

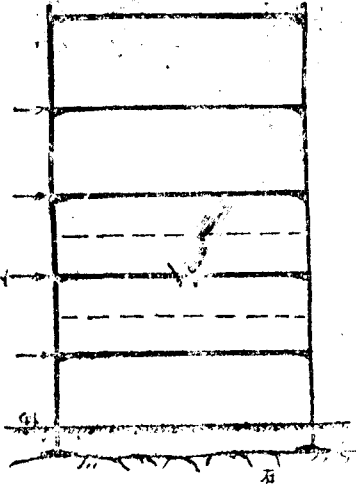
1. 美國舊金山在一九零六年地震後，美國土木工程師學會曾根據經驗所得，規定建築物之防禦地震以每年平方公尺 ∞ 磅風力計算此項規定無從探得其因數，故不十分可靠，僅可作參放之用。

一九三五年美國 Sutherland

與 Bowman 兩氏規定如下：

建築物築在岩石上者，每層所受壓力（代表震動）為該層全

重之 $\frac{2}{10}$ 至 $\frac{3}{10}$ 如圖。



震動壓力圖

作者認為現代之一切建築物之結構計算，當須加上此種地面震動

之外力 (Force) 則不僅可防禦地震，即地面上之炸彈空氣震動力亦有所防禦也。

火箭炸彈 (俗稱飛彈)

火箭飛機彈翼展十六尺至十八尺，起飛機構造簡單，這種起飛場目標極小，極易隱藏，敵人的建造速率，也許尚快於我們轟炸他們的速率。飛彈的圖樣與構造亦簡單，是用金屬板造成的，差不多任何製造汽鍋工廠都可以製造，除羅盤駕駛規置之外，大概每具之價值尚不及三千美元，起飛之後，可以大概知得牠的飛行路線以及爆炸地點，所以在再發出飛彈之前，便可以改正風向以及其他因素造成之偏差。飛彈實際，是一枚飛行魚雷，具有魚雷的許多特性，其控制機械作用也和魚雷相同。牠有一個鐘表式的機械，經過預選撥好的時間之後，便可以把信管推進彈頭爆炸部份，使上昇機失去作用，彈身向下俯衝，同時使引擎停止。本身很巧妙而簡單，這種火箭的重量。現在德國所用者為一噸重之飛彈。

第三章 炸彈威力之實驗報告

吾國爲實現中國軍事工程建設科學化起見，特組設國防科學技術策進會，延聘專家從事研究與國防有關之技術問題，同時對於防空學術之譯述以及防空資料之蒐集亦不遺餘力。本年六月間著者曾由美國大使館借來美國防空影片兩部：「防空工程」，「炸彈試驗」譯著成文，該片爲美國陸軍部民防處總工程師室編輯，片中大都爲炸彈威力及炸彈實驗之報告，取材於英美法德等國，著者鑒於此項材料甚有價值，摘要譯述如左：

表（一）

計算爆炸之對土石侵徹深度，當先求知飛機之速度，高度，當時之氣候，風向風速等，俾求得其着速及速角，而進一步方得求其侵徹力，表中之數字係在靜空中之數值。

(表一) 炸彈之衝鼻速度及衝擊角度表

高 度 呎	飛 機 速 度 每 小 時 哩 數							
	150		200		250		500	
	衝擊速度 (每秒 呎數)	衝擊角度 (度)	衝擊速度 (每秒 呎數)	衝擊角度 (度)	衝擊速度 (每秒 呎數)	衝擊角度 (度)	衝擊速度 (每秒 呎數)	衝擊角度 (度)
5.000	560	70	565	65	615	59	640	54
10.000	735	76	750	72	765	68	785	65
15.000	850	79	860	76	870	72	880	69
20.000	920	81	925	78	930	74	935	71
25.000	970	82	970	79	980	76	980	73
30.000	1000	83	1000	80	1000	78	1000	74

表(11)

炸彈落於土地上，土地因其侵徹力及爆炸，隨成漏斗狀之土孔。美國雖尚未被炸；而其對於是項試驗頗為重視，蓋此係求炸彈威力之基本試驗也。

表(二) 炸彈對沙土所炸成之漏斗孔試驗報告表

炸 彈 (磅)	觸		引	信	種	類	期
	漏斗孔深度 (呎)	漏斗孔直徑 (呎)					
100	2	9	4	6	20	25	
200	3	13	10	11	27	75	
600	5	17	17	17	37	225	
1100	6	20	28	28	45	500	
2000	7	22	47	47	50	950	

圖(三)

炸彈爆發時發生極大之氣體，壓迫四週空氣而成壓力。又由四週空氣之密度關係，而生吸力，被

炸地區之房屋震毀

，人畜震斃；均係

此類空氣震力所致

。美國陸軍部用五

百磅重之炸彈試驗

：設彈於地中間，

在二十五呎，五十

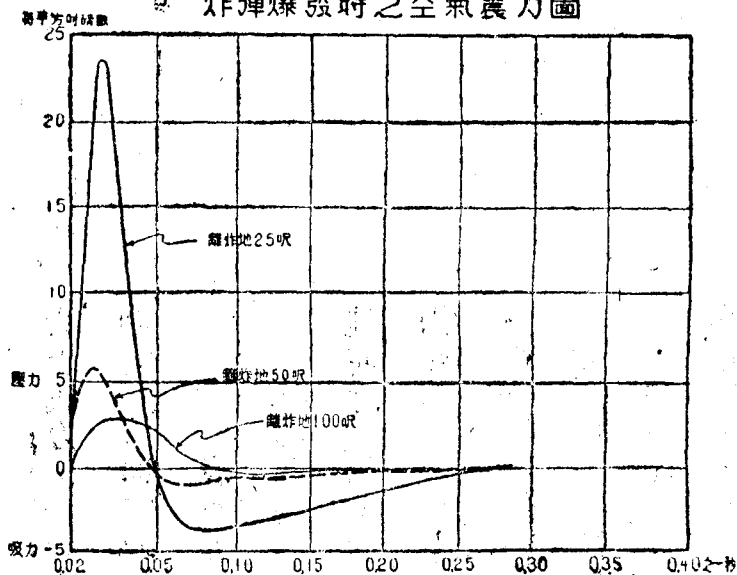
呎，一百呎處之四

週安設氣壓表，測

量氣壓，其結果如

下圖表：

炸彈爆發時之空氣震力圖



三 圖

圖(四)參閱上

表便知其壓力在百分

之二之一秒時；即發

生每平方吋二十四磅

之壓力。如每一人體

以二平方呎計算，而

受七千磅之壓力，人

已粉碎矣！即受數百

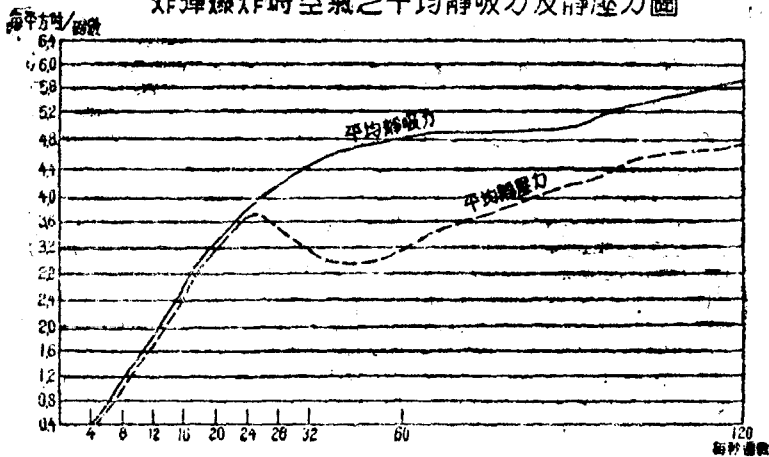
磅之壓力，亦早使內

臟損壞。本表之記載

係示其平均靜力中吸

四 圖

炸彈爆炸時空氣之平均靜吸力及靜壓力圖



力之威力，實大於壓力，即一切物體如無法禦其壓力則吸力之力量必使之損毀。

表 (五)

炸彈落地時，因其衝擊及爆炸；遂發生地面之震動，狀同地震，基礎不固之建築，因此而毀者甚多。美國陸軍部收集各國資料，並在各種不同之地質處，用各種重量試驗，其水平威力半徑其結果如表 (五)；表中並說明如一切工事之覆蓋層之厚度；能及表載數值之三分之二時，則不致受地震力之打擊影響。

表(五) 炸彈爆發時地震之水平威力半徑試驗報告表

炸彈重 (磅)	炸藥重 (磅)	石灰石 (呎)	磚 (呎)	土 (呎)	磚或石 (呎)	土 (呎)	藍或石 (呎)	砂 (呎)	砂 (呎)	土 (呎)	軟沙土 (呎)	泥 (呎)
100	60.5	13	15.2	16.8	24.3	26.5	29.8	30.5	37.9			
220	121.0	16.3	19.1	21.4	30.6	33.4	37.5	38.5	47.8			
550	302.5	22.2	26.0	29.1	42.2	45.3	51.0	52.2	64.8			
1100	605.0	28.9	32.7	36.5	52.3	57.1	64.2	65.8	81.7			
2200	1210.0	35.1	41.2	45.7	65.9	71.9	80.8	82.9	102.9			

表(六)

水泥混凝土係防空工程材料中之最優之一種。並為民間建築中之普遍使用之材料，惟因水泥混凝土之混合成份不同，水泥沙礫及石子，品質各異，雖有規定水泥混凝土對防禦炸彈之厚度者，亦難正確。美國除研究各國之研究成果，再以已經試

驗過應力之水泥混凝土分每平方呎四千二百磅及三千四百磅之兩種水泥混凝土用各種不同之炸彈在二千呎高空擲下；試驗其所得上述兩種水泥混凝土之應需厚度如下表：

表(六) 炸彈自2000呎高空擲下對混凝土之應需呎度表

炸彈重(磅)	炸藥%	藥重 彈重	新面壓力 井/口	混凝土之應需呎度(呎)	
				4,200 井/口	3,400 井/口
一般用之炸彈					
250		33	3.4	(呎) 3.6	(呎) 4.0
500		32	4.6	4.8	5.5
1000		31	5.7	6.2	7.0
2000		30	7.3	8.3	9.5
半裝甲頭之炸彈					
500		17	6.9	7.5	8.5
1000		17	8.6	9.5	10.9

表(七)

民間之防空過於廣泛，如欲整個國境之民間建築築成完全防空化：事實上不易辦到，所以本國之城市防空政策重於疏散（此點亦為各國所採用者）惟僅以疏散則過於消極，因此將就其中，以抵禦五百磅炸彈之彈片及爆風之破壞力為標準。美國陸軍部民防處及英國內務部，經多次慎重之試驗，始發表各種防禦材料之厚度表，作為準則。民間防空化之建築，頗為應用之。

表(七) 抵禦500磅炸彈之彈片及爆風之各項材料厚度表					
材	料	需要度 (吋)	材	料	需要度 (吋)
鋼筋	混凝土	12	清水	混凝土	15
加鋼筋	之磚	13	木板	隔沙	24
磚	之沙	13	包	牆	30

表(八)

內容爲採用各種不同材料之牆身，以炸彈實地爆擊，求各牆之抵禦強度，其試驗所得之結果，堪供軍事及防空工程設計者之參考。

1. 試驗牆共計十一道（十六種材料，見下表。）

2. 試驗結果之各種材料優劣評述：

(子) 鋼板及瓦輪鐵板對於爆風破片之抵禦力均有良果，其厚度如有 $1\frac{1}{2}$ 吋，則足可供防空建築之需，如以抵禦二十五尺處之炸彈爲目標者則應加厚 $1\frac{1}{2}$ 吋爲妥。

(丑) 磚牆用於抵禦50呎處之破片者應需 $1\frac{1}{2}$ 吋厚，抵禦25尺則應加厚至 $1\frac{3}{4}$ 吋爲妥。

(寅) 沙袋 至少應有三十吋厚，並需有 $\frac{1}{2}$ 吋比之斜面，及木條支撐。

(卯) ∞ 煤屑水泥空心磚牆，在距炸50呎處，尙可應用，惟須將磚空填實，並加支撐爲妥。

(辰) 木板 不宜作防破片之用作抵禦50尺處之炸片，厚度至少 $\frac{3}{4}$ 吋以上，惟在非不得已時，不宜採用。

(巳) 石綿板僅有防火之效，而無防炸之力。

所見，但是，假如我們能精細研究，特別是由其數字的標記着眼，便知各表所載各數值，確實是嘔盡心血之作矣。

以上各表，初看起來，也許認為都是些老生長談的材料，軍事工程書籍中時有

防禦牆之種類		穿過數	擊入數	擊入最深值	附註
1	11,16"厚木板,7/8"邊框	15	4	1 1/8"	牆仍立邊處擊入
2	4"磚牆,7,8"邊框	2	23	1 3/4"	牆有數處裂縫
3	12"磚牆,標準坊工	無	20	2"	牆被破壞甚微
4	A 10號瓦輪鐵板	12	6	1 1/4"	板被爆風擊稍動
	B 12號瓦輪鐵板	18	5	1 1/4"	同
5	A 3號瓦輪鐵板	3	11	1 1/2"	並無別種損壞
	B 8號瓦輪鐵板	5	16	3 1/16"	同
6	1,2"厚結構用之建築鋼	2	27	9 9/16"	同
7	1"厚結構用之建築鋼	無	28	1 1/2"	同
8	30"沙包	無	31	5 1/2"	頂上兩皮裹吹落
9	A 3,4"厚夾板撞	9	5	3 3/4"	板未移動
	B 3/4"厚夾板用釘釘合	8	3	1"	板被吸至距炸處10呎處
10	A 3/8"石綿水泥瓦輪板	—	—	—	被擊粉碎
	B 1"石綿水泥平板	5	3	3 3/8"	板未移動
	C 2"石綿水泥平板	4	2	3 3/4"	同
11	8"煤屑水泥空心磚版	2	13	1 1/2"	並無別種損壞

第四章 防空室之防毒通風設計

日本使毒氣之統計 二十六年至三十年根據防空總監部紀錄

二十六年七月至十二月，用毒氣九次。

二十七年一月至六月，用毒氣二十一次。

二十七年七月至十二月，用毒氣八十四次。

二十八年一月至六月，用毒氣二百零五次。

二十八年七月至十二月，用毒氣二百五十次。

二十九年一月至六月，用毒氣二十一次。

二十九年七月至十二月，用毒氣十八次。

三十年一月至六月，用毒氣一百三十三次。

三十年七月至十二月，用毒氣九十八次。

共計毒氣一千零五十一一次。

第一節 概論

近觀吾國各地之對空防毒計劃，多偏重於人體之防護器材及藥品，而對於防空室之防毒設備，未見普遍裝設。查人體防護之器材及藥品；應付飛機佈毒時固屬重要，而防空室之防毒設備，實為戰爭期間所不可缺少者。查防空室之防毒設備有四種，茲分述如下：

(1) 室內空氣自給法 此法係利用原有防空室之空氣，在敵機投毒時；室內外空氣斷絕時，仍能繼續供給避難者呼吸至相當時間，即需有較大容積之防空室，使少數人在相當時間內，不感覺呼吸之困難，可適用於小型或家庭防空室。在公共防空室方面，因較大之洞室建築工料費用甚大，不能合乎經濟原則。至於容積之規定，每人每小時至少須有 500 立方英尺空氣方足應付。

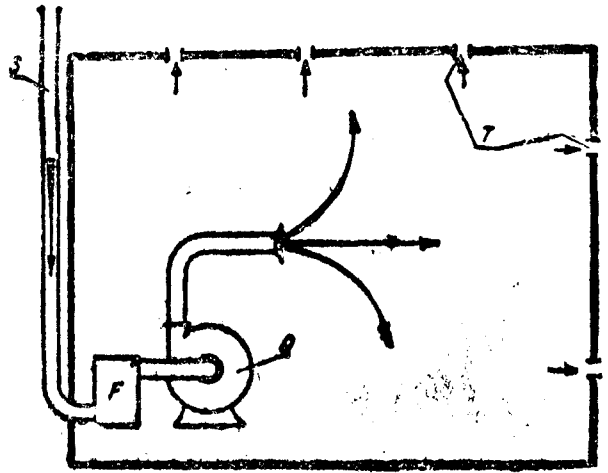
(2) 濾毒通風機 利用濾毒器將已染毒之空氣濾清，然後用通風機抽入防空室內，供給新鮮空氣，此法本為妥善之法，奈因抗戰期內購辦不易，較難設置。

(3) 養氣供給器，係用壓縮之之養氣儲貯於供給器內，供給器形如長筒，每筒可儲貯空氣200立方英尺之養氣，藉開關器徐徐散佈室內。此種儲貯器戰時不易購辦，且不能大量供給養氣，不適宜用於大型防空室中。

以上三種，在抗戰期內不易普遍設置，故不贅述其詳。

(4) 高空取氣法，毒氣之比重較空氣為重，其佈施之高度約2.0公尺至3.0公尺。因此之故，可利用較高之空間抽入新鮮空氣。

此法無須濾毒器，在大型防空室中應裝通風機以資抽入足量空氣，實為抗戰期內最適用之防毒通風法。茲將高空取氣之設計詳述如下：

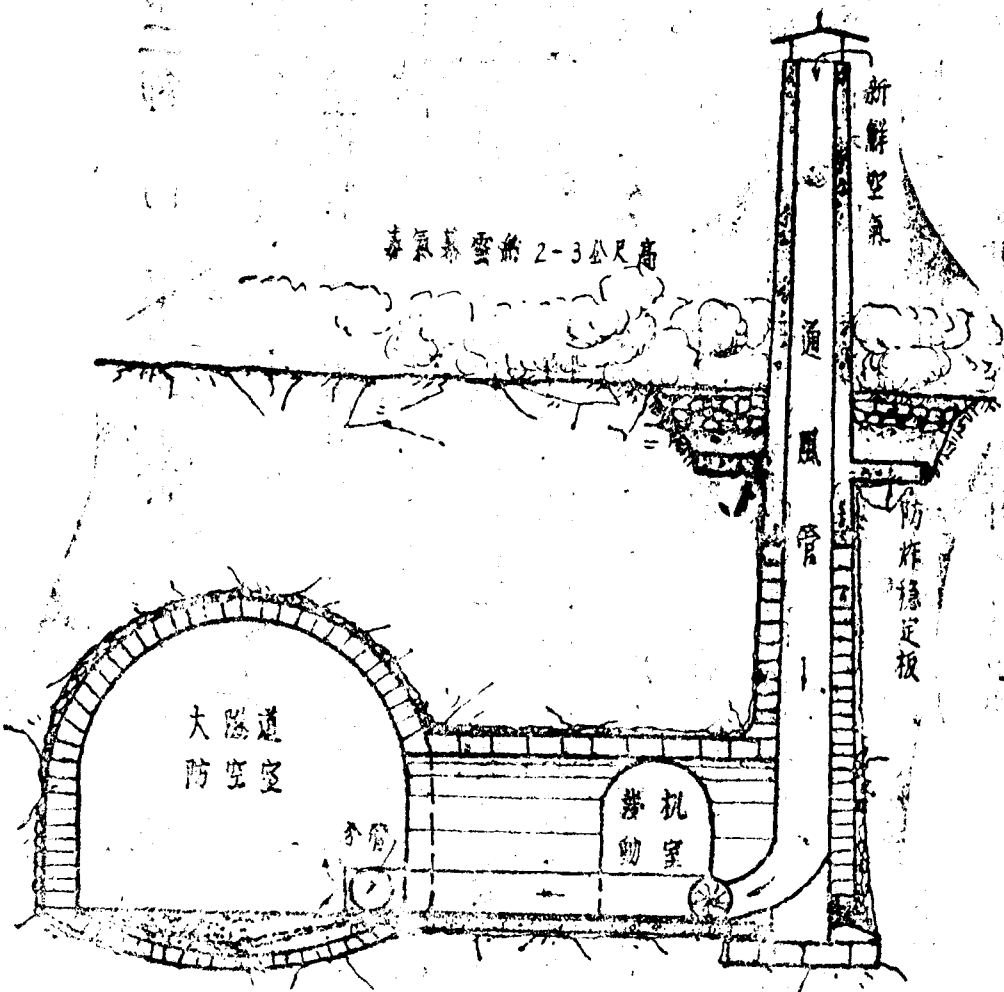


圖機風通毒濾

第二節 高空取氣之設計

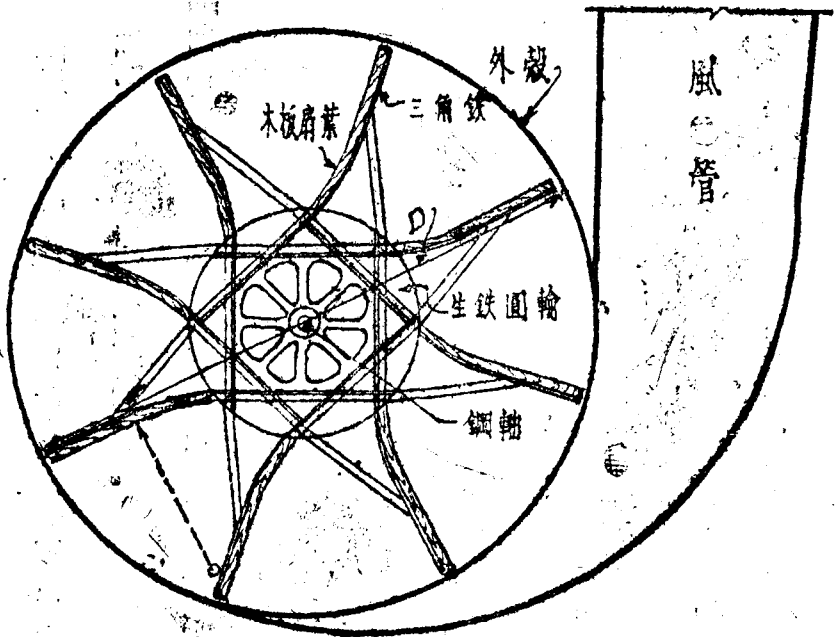
欲從較高之空間取入空氣可以構築煙囪形之通風管，再裝通風機以抽足量之空氣。通風機分人工搖動及電力轉動兩種。人工搖動者適用於五十人以下之防空室，否則需多設通風設備。五十人以上者以電力轉動為宜。電力轉動之電源，在大型防空室應設發動機室自行發電，以免受外來電源之影響，而（都市電廠來電）發生停止轉動之虞，並須另裝手搖機以防電機之發生故障。優良之防空室，在經濟可能下，宜裝設通風設備二處，以便第一處受損時，第二處可立即使用，且室內另裝通風支管，使氣量均佈。通風機設計，通風機之構造分有二部：風扇及發動機。風扇之式樣在美國通用者概有 Guibal, Schieleand Moritz Ser & Reteau 等式樣其中以 Guibal 式最為適用，因其構造便利，且費用較小也。

Guibal 式風扇之構造，係用木板及角鐵做成弧形扇葉，裝於生鐵製成之圓輪上，再由鋼軸接至發動機，其裝置及構造設計，詳見下圖。



高 空 取 氣 之 設 計 圖

扇葉之寬(英尺)代入上題：



“GUIBAL”式風扇結構圖

至於風扇之大小及發動馬力之

計算，應先估計防空室中每分鐘所

需空氣量。例如：有一防空室容納

二千人，每人每分鐘需空氣量五立

英尺，則二千人每分鐘需空氣

10,000立方英尺。求得每分鐘所需

空氣量後，則風扇之大小可依照美

國 Robert Peale 氏之公式計算，

其公式如下：

$$D = 0.23 \sqrt{C} \quad W = .05D$$

式中 D 為風扇之直徑；C 為每分

所需空氣量(立方英尺)；W 為風

$$D = .023\sqrt{10,000} = 23 \text{ 英尺或 } 0.5 \text{ 公尺}$$

$$W = 0.5D = 1.15 \text{ 英尺或 } 0.35 \text{ 公尺}$$

發動機馬力之計算根據 Robert Peeler 氏之公式爲

$$H.P. = .000211 \times W \times D^3$$

式中 H.P. = 所需馬力匹數；W = 馬力每分鐘轉數（通常 = 390 轉）代入上題：

$$H.P. = .000211 \times W \times D^3$$

$$.000211 \times 390 \times 2.3^3 = H.P. \text{ 用 } 2 \frac{1}{2} \text{ H.P.}$$

第三節 通風管之設計

通風管須有二個：進風及出風，構築方法相同，惟出風管無需通風機。通風管之構築必離堅固，以採用鋼筋混凝土築成爲佳，管壁內外須粉刷三公分（ $\frac{3}{8}$ 英寸）以上之水泥灰沙，最好加以避水漿以防漏氣，總之，管之強度務須足以防禦重磅炸彈在管旁爆炸而不致破裂爲準。爲便利通風管之設計起見，將附管壁厚表如下

，以資參考。

高度 (公尺)	1:2:4鋼筋混凝土通風管度表 鋼筋=1.2%			
	下 端		上 端	
	(英寸)	(公分)	(英寸)	(公分)
6	15	38	8	20
7	18	45	8	20
8	18	45	8	20
9	20	50	9	22
10	20	50	9	22
11	22	55	10	25
12	22	55	10	25

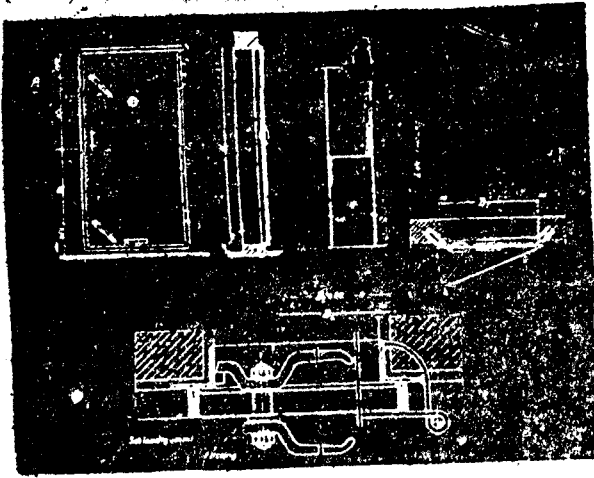
通風管之高度，根據通常毒氣幕雲之高度為三公尺至五公尺，惟安全計，管之高度應在八公尺以上為妥。為防禦重磅爆炸彈爆炸時之空氣壓力，及穩定通風管之安定，其基礎之深度應須為管高之 $\frac{1}{3}$ 以上；並須加築防炸穩定之鋼筋混凝土板。通風管因露出地面目標甚顯，適宜之偽裝，可將管塗以適應於環境之偽裝彩色；並偽裝成樹木形狀即可。

法應先將室內四週完全粉刷水泥灰沙，務須全無小縫罅隙，出入口處須設裝氣閘，密閉設施，以使與室外毒氣隔絕。設施方

以防濃厚毒氣於室門開放時直接湧入。氣閘之設計，即設氣閘室一小間，長約三尺，裝設防毒門二處，防毒門務須堅實，可用六公分以上之硬木板做成，門鉸須堅固宜藏入混凝土門框內；使其不易脫落。門之四週須加墊緣皮帶條，以便密切，必要時在門外另加毛氈布幕一層。門之開關必須敏捷，其形式應如戲院內太平門上之插銷。見下圖為

英國防毒鋼門標

準圖。



防 毒 鋼 門 圖

第四節 美國化學兵器研究處試驗之防空室通氣及面積

研究報告

本報告係美國化學兵器研究處在防空室或避難室實驗所得，由美國陸軍部攝成影片運華，復經著者編譯成表錄下：

防空室之地位	自然通氣 (防空室門全開)				
	避難最長時間小時	通氣率 每小時每入立方尺	總面積 每入平方呎	地面積 每入平方呎	空氣量 每入立方呎
地面上	3	.....	30	6	50
地面上	12	.....	60	6	50
地面下	3	.....	30	6	50

		機 械 通 氣 (用 通 風 機)				
地 面 下	12	.....	50	6	75
地 上 或 地 下	3 12	} 完 全 閉 氣	75 100	6 6	120 350	
地 面 上		300	40	8	60
地 面 下	.....	300	30	8	60

上列各數僅對每人所需面積而言，防空室之大小決定應將一切設備之所需面積列入。

美國民防處對於防空室每人應佔面積及空氣量以每人50平方尺之總面積及75立方尺之空氣量為標準，英國內務部所規定者，與美國同。

第五章 防空洞通氣方法及裝置

第一節 引言

一般空洞之開鑿，其洞身高低之相差，折曲之情形，如通氣方法欠善，裝置不當，每易發生空氣不足及混濁之感；甚至於發生窒息等情。查國內各地防空洞之設計，大多未能適合通氣之條件，以致數年來不知有若干避難人民有因避難時空氣不良而致病者。著者特以防空工程之經驗，根據開礦工程中之通氣方法，作成是文，說明通氣方法及裝置，並繪其詳圖俾供實地應用。

第二節 通氣方法及裝置

防空洞通氣設備之佈置，應以整個洞身之詳圖，依其洞身地面之水平高度，折曲形狀，及其進出口之位置，然後根據氣流之方向，分流之情形，佈成一整個有循

環暢通無阻之系統。

在佈置氣流之流向，每有進氣與出氣交流之處；或應需會集合流之處，是故應有合理之通氣裝置。至洞身有分歧及高低之處，則有分整部通氣及局部通氣兩種，其設施大致相同，誠整部與局部之分而已，茲分述如下：

整部通氣方法

因氣流之進行及分歧橫斷及遮斷上之處置，應有下列各項之設備。

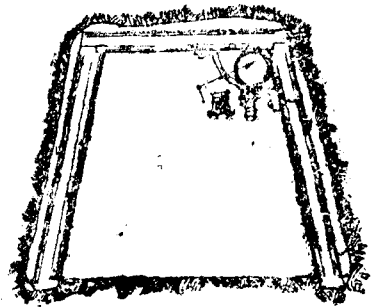
一、氣流進行上之表置

(A) 風管 欲氣流分佈於全部洞內，可利用風管，藉風扇之抽打分佈之。風管之做法有用帆布白鐵皮或鐵板爲之，爲經濟計，可用木板製成。管之大小；因傳送氣量之損耗及傳送距離遠近之關係，應自離扇機處起由大遞小。如距離過長，則在適當距離難另設加強風速之風扇（其功效尤如電學上之變壓器），俾資氣流得延長傳送。

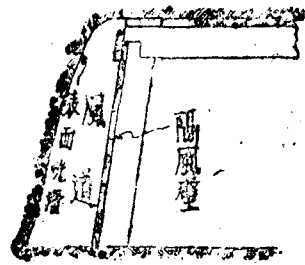
(B) 隔壁 利用內部撐架外空道充作通氣者，其撐架外面釘板壁，壁面並粉刷灰沙；以防洩氣。此種隔風壁之功用與風管相同，如在洞身較寬石質堅實之處，頗可採用。惟通氣道洞身之壁面，應加以修光，以免消損氣量及風速。

二、氣流橫斷之裝置

(A) 風橋 在給氣道與出氣道橫斷之處，為避免相對氣流之接觸，可裝置風橋，風橋之設置，在該接合段之洞身之高度應須加高，橋身應做成流邊型狀，以利氣流，為雙方交通之連絡，可建築開形風橋，其建築法即將乙洞身開低，上部留出



風管裝置圖

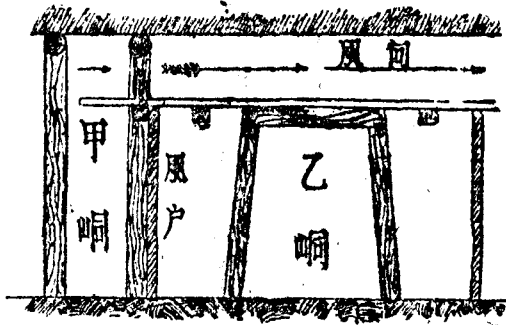


隔風壁裝置圖

通氣孔路，四週以木板爲壁。在橋之兩端裝置實拼木門各一，則一遇緊急時，可作應急通行出口。



風橋佈置圖(一)

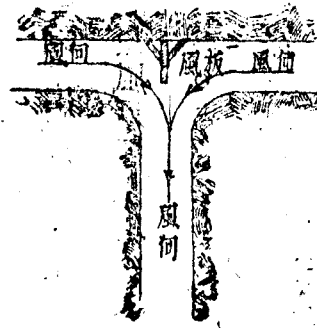


風橋佈置圖(二)

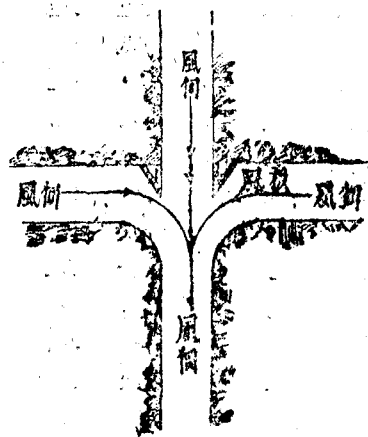
(B) 風壁 用於遮斷氣流之處，其構築法可在遮斷地點，因厚木板做一板壁，上面粉刷灰沙即成。這種風壁多用於攔斷不安全洞身之處，防空工程中以採用風戶爲佳。

三、氣流之分歧及遮斷上之處置

(A) 風板 有兩個以上之相對氣流會集於另一山洞時，應裝置風板，否則氣



風板佈置圖 例一



風板佈置圖 例二

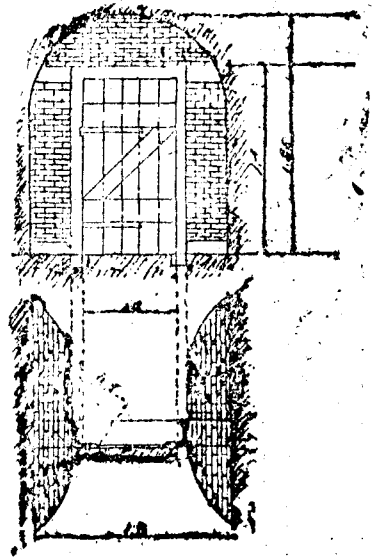
流互相阻礙，而發生反流或停滯之象。風板之裝製可用木板，依其氣流之轉向裝置之，板之表面，務求光滑圓彎，使氣流之摩擦力減小。

(B) 風戶 風戶用於遮斷氣流或轉變氣流方向之處，其做法可做木板實拚木一扇，過大斷面之洞身，可先砌(兩邊流線型)磚拱牆一道，中留門框梁門嵌入。風戶須常鎖閉，並裝置自動關閉之懸鏈或彈簧鉸鏈，以便隨時通行。

(C) 調量風戶 防空洞洞中有時因通氣設備發生障礙，以致氣流失却調節者，可裝設調量風戶補救之。其做法即在普通風戶上裝木板小窗，隨時可視氣量之需要，加以調節。

(D) 保安風戶 保安風戶常設於臨急改變氣流流向之用。如防空洞之中某一通氣機損壞致全部通氣發生影響，或某段洞身發生事變，保安風戶即可立刻遮斷氣流或改變氣流方向。其做如圖於后。

局部通氣方法



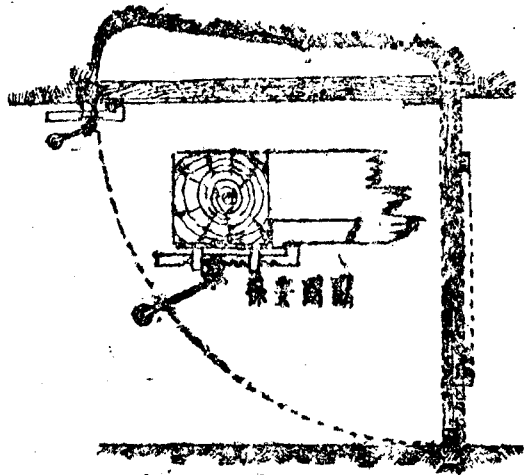
風戶裝置圖



調量風戶圖

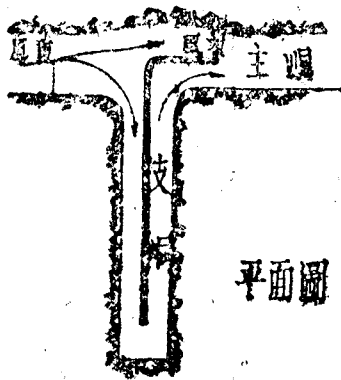
設計防空洞全部通氣方法及裝置，必須繪備通氣圖，以記載通氣機關之位置，氣流之方向，各種風戶、風管、風壁等位置，如有發生通氣障礙時，俾得立即可以修正。通氣佈置圖可備用於不時之災變，俾便迅速決定臨時通氣之方針，而處置善後。對於通氣裝置之各種符號列舉如下。

全部通氣之設計



保安門戶裝置圖

局部通氣即指山洞內各部之特別通氣，凡洞內有延伸或分歧小洞應用適合氣流循環之裝置，否則該段必有空氣不足及溼悶之弊，茲例示局部通氣裝置一例如圖。



局部通氣裝置一例如圖

局部通氣即指山洞內各部之特別通氣，凡

洞內有延伸或分歧小洞應用適合氣流循環之裝

置，否則該段

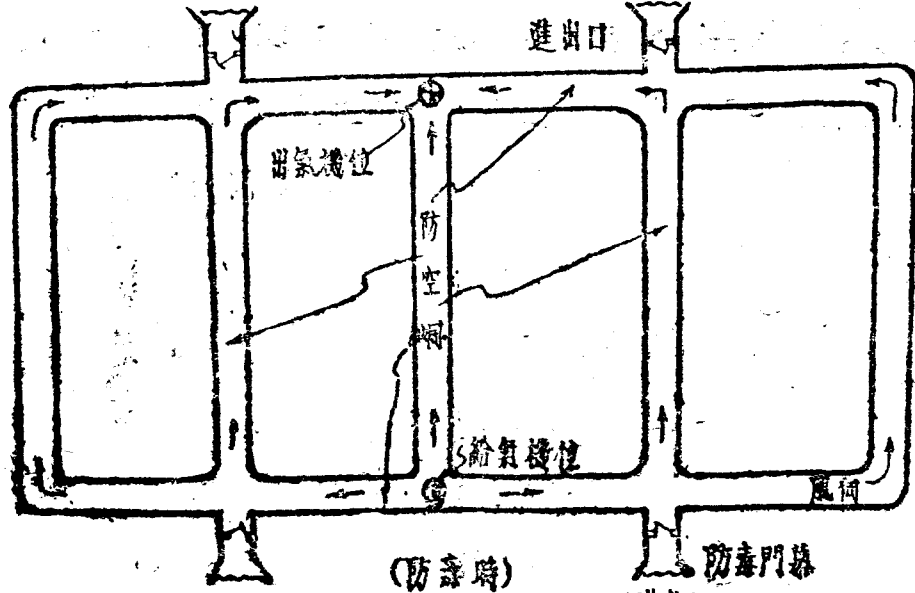
必有空氣不足

及溼悶之弊，

茲例示局部通

氣裝置一例如

圖。



(防敵時) 通氣圖一例

第六章 防空房屋與防空壕洞

第一節 引言

本章係作者交去年全國工程師學會論文之一，其範圍係根據近年來各國對於防空工程之研究與實驗之結果，以及本人八年來從事消極防空之實地經驗，以適合我國情形而能實際應用者摘要編著而成。

在讀本文前，讀者如先對於炸彈之破壞能力加以探討，則所載各節益可明瞭，其計算方法可參考本書第二章「爆炸彈之威力計算」一文。

第二節 防空房屋

適應於防空之房屋設計，應注意於偽裝與佈置，防火與防震及避難室之設備。

一、房屋之偽裝

房屋之偽裝務須注意四週之環境，凡屬集團形之房屋，（如城區，鎮市，工廠，倉庫等建築）偽裝較難，可持「以整化零」「以大化小」之原則加以偽裝。其設施方法可用塗料，偽裝網，反光避免，影陰避免等方法，務求整個建築物得在二千公尺之距離外，不能直接發現為止。

（一）塗料：係用無光之暗色油漆，泥土，或烟沫等材料塗抹，以減少顯著目標。

（二）草木：利於於園田地區，種植草木以資掩蔽。

（三）偽裝網：以偽裝網遮蔽，使之改變房屋之幾何線形之陰影。

（四）反光避免：凡對空有反光作用之物體，應特為掩蔽。玻璃窗可施以特別裝置，

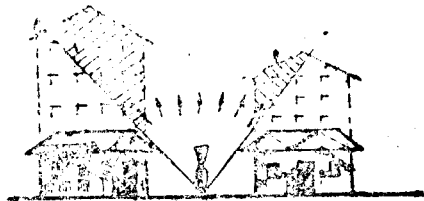
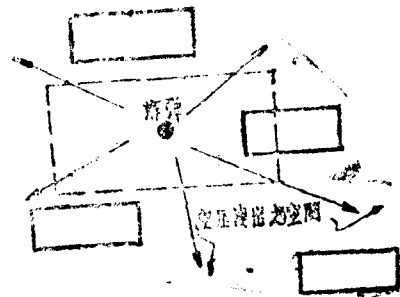
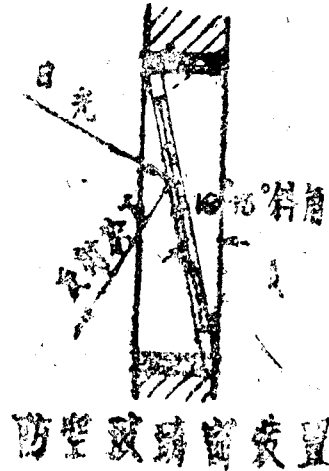
其方法即將玻璃窗裝設成十度至十五度之俯角，使光線反射向下。適當之偽裝術，綜合上述各法，聯合採用，務求週密，並須將整個區域，全部偽裝為最有效。

二、房屋之佈置

房屋之佈置應以「改高為低」「改整為散」為原則，每幢房屋之間距規定至少應為十公尺。（以十吋磚牆抵禦五十公尺外處炸彈彈片計算）。適當之佈置應根據上述規定，佈成零落形式。屋之距離應為某種定量炸彈破壞半徑之四倍，此外羣屋中間，務有利於炸彈爆炸時之空氣壓力洩出為要。

三、房屋之防火

房屋之防火，原為房屋建築之必備條件，各市工務局均有規定。根據日本防空



防空房屋佈置及佈置原則

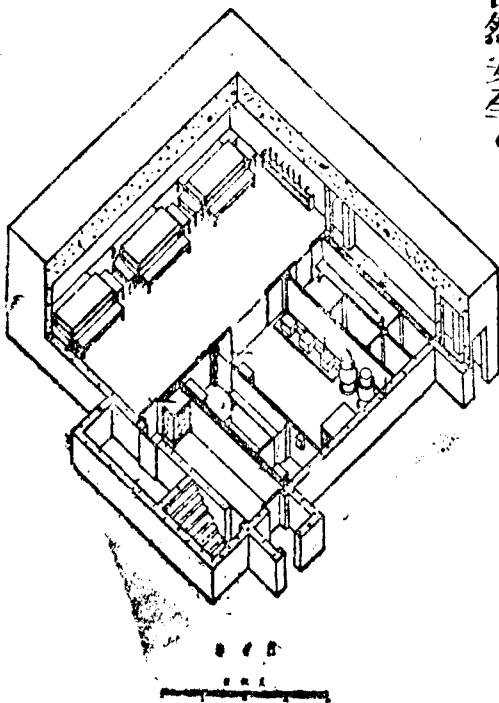
- | | |
|----------|----------|
| 佈置方面 | 佈置方面 |
| (1) 改高為低 | (1) 以整代零 |
| (2) 改整為散 | (2) 以大化小 |

建築法，城市建築房屋之縱深自十公尺至三十公尺，橫長八十公尺至一百公尺四週應有街巷相斷落。

四、房屋之防震

炸彈爆發時，爆藥化成氣體，壓迫空氣，地面四週同時發生震盪，爲防止此種震力，房屋之全部結構應密接一起，互相牽連，形成剛性結構 (Rigid-Framed Construction.) 則震盪即可減小，房屋自然安全。

註：所謂剛性結構者，在木構房屋中全部材料之接頭處，加以密接，使樑柱屋架連成一起；加做筍頭 (Joint) 如鋼骨水泥之房屋者，則柱樑鋼骨必須連接，搗成整個水泥樑柱，全部柱樑爲一方架子，才能發生剛性能力。



鋼筋混凝土防空室圖

五、避難室之設備

近年歐美各國之民間防空，以房屋中建造避難室者為多，蓋取其舒適便利也。房屋之中地下室或地面層之最堅固之一室；可作為防空避難室。地下室之禦彈

片及空氣壓力較佳，用

當避難室較為合宜。如

無地下室之房屋，則應

擇地面層中最週密之一

室，主要目的為選一已

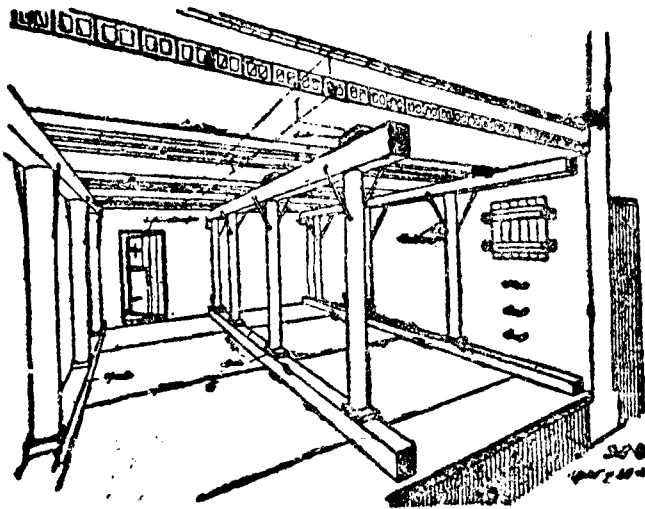
有防護之室，四週三十

英尺以內有十吋以上之

磚牆者。結構欠強之室

，應另加木柱木樑支撐

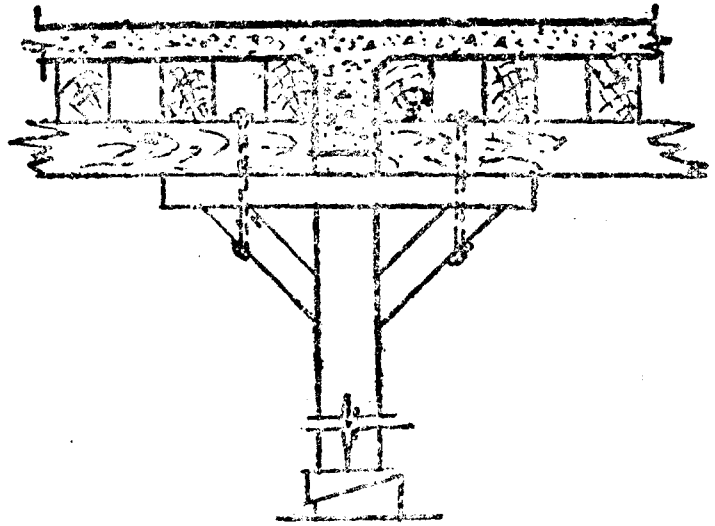
加強之。



避難室加強工程圖

，即隨壓盡開，空壓一過。仍即回復原來閉合位置。

第三節 防空壕與防空山洞



樓板加強圖

避難室之門宜做實拚門，鉸鏈務須堅固，門之四週用絨布條為墊，以防毒氣侵入，門外如裝設防毒布幕為佳。避難室窗戶之防護甚為重要。美國 A.M. Prentiss 中校設計一種彈性之板窗頗為適用。此窗可用夾板或企口木板做成，其裝法係用彈簧鉸鏈裝於窗框頂上，密貼窗線。窗框四週，用絨或橡皮為墊，以資密閉盡。此種板窗不受空氣壓力，當有空氣壓力時

防空壕洞方式甚多，功效各異，適應於吾國情形者概有下列數種：

(一) 露天防空壕：此壕挖掘方便，經費最省，極築於田野或疏建區，頗為適宜。地點之土質務宜堅實，壕之深度宜於二公尺二以上；（吾國人高概在一公尺八左右，坐時高度為一公尺三左右）則上部之積土可避機槍彈及炸彈片之作用，上部開寬最大不宜超過一公尺五，下寬為九十公分，兩側再護以竹籬笆（法國採用鐵絲眼網）以防土坍。

(二) 掩護防空壕：木結構之掩護防空壕，其內部應支持上部覆蓋材料之重量，并須有防禦空氣壓力之結構，木架之構築宜成剛性架狀 Rigid Frame 每次空襲受震後，必須週密檢查一次，每年加強一次，或添換欠妥材料，柱下應有厚木墊，以承負壓力之均佈。

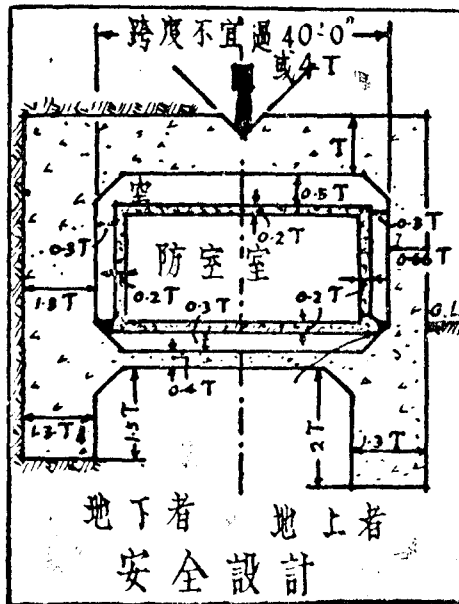
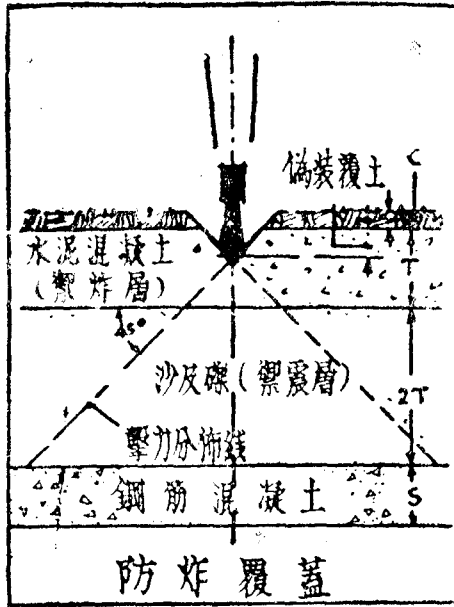
(三) 磚砌掩護防空壕：全部設計可根據涵洞設計法計劃之。露出地面之防空室，其側面應另加平方公分三公斤之空氣壓力尤宜。（根據日本田邊平學著之耐震建築論，炸震力每平方公分三公斤可將十三又二分之一吋厚之磚牆壓倒）掩護防

空壕之覆蓋材料宜用不同之防禦材料，因為層次之覆蓋，其抵禦力較同樣厚度與材料之覆蓋為強。防空壕之防禦強度在抵禦空氣壓力，彈片，及機槍彈為標準。

建築地點須擇地質高燥堅實，排水設備必須良善。壕之佈置應隨地形實施，平地上宜設成一百二十度左右之曲折形式。

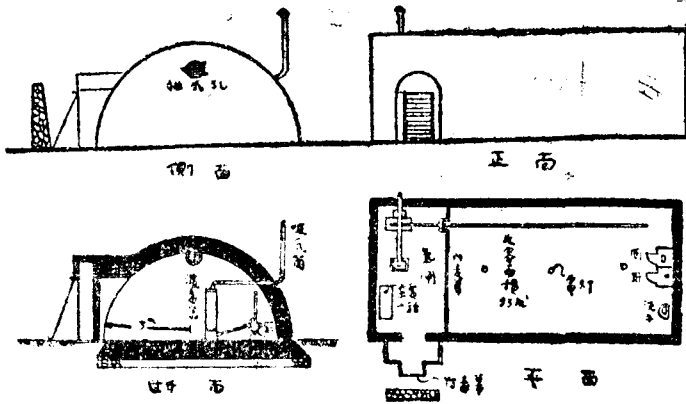
(四)鋼筋混凝土防空室：鋼筋混凝土防空室之設計多係抵禦炸彈直接命中者，全部設計應成 Rigid Frame 剛性結構。防空室之頂板厚度計算，除負荷上部覆蓋重量外，必須另計抵禦一定重量之炸彈（規定抵禦炸彈之重量當視其重要關係決定）。炸彈之着擊點應在頂部之最弱點（Weak-Point）炸彈如在頂面爆炸後頂部即成漏斗孔，故安全之計算法，當宜以一面支持；一面固定（Supported on one end & Fixed in the other）然後取其較大之撓曲力率（Bending Moment）。防空室頂之設計為防禦炸彈命中時之猛烈之震動（Impact），可在頂面加鋪砂或樹枝和土一層，作為墊震層。理想之防空室宜另築鋼筋混凝土

外罩，室中留空間 (Air-Space) 尤為安全。作者曾在崑山設計是種式樣之指揮部防空室一所，屢經轟炸，內部震動影響甚小。見下圖。



鋼筋混凝土防空室室壁之設計，應負荷上面全部重量外，應另計算 (Investiga
 8) 抵禦一定重量炸彈之在壁旁爆炸時之破壞力，如原用壁厚不敷時，應另加
 厚之（在軍用之防空室則壁部因有直接抵禦一定重量之砲彈侵徹力之防禦為宜

)。室底板之設計除負荷上面全部重量外，務使其壓力平均分佈地下做成 (Continuous Footing) 連續基礎。如地下土質鬆堅不均，應視地質而設計，務



圖室空防上地

一、防空山洞

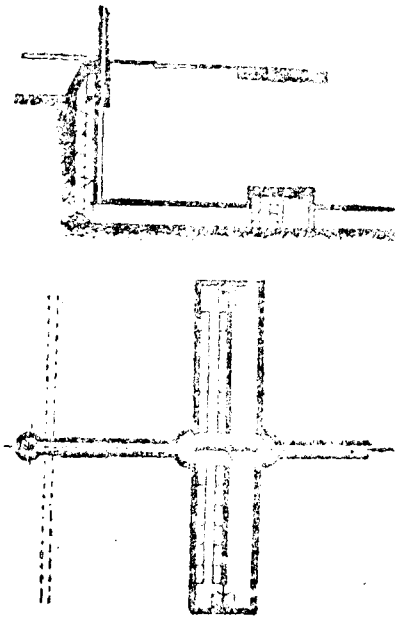
設計山洞，務先探測岩石之組織，內部支撐可據探礦工程之支撐設計，惟注意洞內土質之異別，分別支撐為宜。山洞之開鑿，無論用人或炸裂法，炸彈侵入室旁地下之爆炸，室之四週應加築抵抗板，其厚度以能使炸彈露天爆炸即可。

不得損傷石層，如有鬆裂之處，甯將鬆裂之處打下，再加以支撐或拱圈。岩石

使不發生 (Unequal Settlement or setting) 不勻之側面下沉，為防禦

之組織方向及層次與洞身之結構關係甚大，一般對內之支撐均洞採用於一律大小者；實屬欠當。適當之支撐，當隨岩石之組織方向及石質堅鬆之情形設計之。

二、防空洞室之防毒通氣設計



地下防空室圖

發明之毒氣是否有效，亦尙成問題。著者言此尙不致於過早乎？

適用吾國之防毒通氣設備誠有三種：室內空氣自給法，養氣供給法，及高空取氣法是也。一二種適用於小型防空室，至於濾毒設備，非但購辦不易，且對於今後最新

第四節 美國陸軍部試驗各種防空室強度之報告

本報告全部為影片實錄，經譯編後，評述各種防空室之優劣各點如後，其所試

之防空室，為現在美國所最常用者。

（本試驗係先構築各種不同式樣及料料之防空室七所用600磅炸彈在30呎處及30磅炸彈在10呎處起炸，然後檢定各種防空室適宜性，茲將各種防空室之試驗分述如下）

第一種，六人用地下防空室，材料為 ∞ 鋼骨混凝土，試驗結果，成績甚佳，惟應注意混凝土之配合成份（最好1:1.5:3）鋼骨之百分比應有混凝土百分之二、五為佳。

第二種，六人用地下防空室，材料為 ∞ 圓木結構，試驗結果，室略歪動，覆蓋被侵壞甚多，此種避難室可供多木之疏散地區應用之，建築費較廉。

第三種，五十人用半地下防空室，材料為 ∞ 號瓦輪鐵管，試驗結果，抵禦力甚強，惟管之接搭處略有裂動，如改作于小型家庭防空室甚為適宜。

第四種，六人用半地下防空室，材料為磚拱磚牆12吋厚，試驗結果，牆身略有裂縫，如另加木支撐尤佳，建築費亦甚低廉。

第五種，六人用半地下防空室，材料爲 \square 磚牆磚拱及木支撐，試驗結果，覆蓋略毀，整個建築未動，頗適用於一般民用防空室。

第六種，六人用半地下防空室，材料爲 ∞ 鋼骨混凝土拱及牆，試驗結果，爲民用防空室中最適用及抵禦力強之一種，並可滅除排去地下水之慮。

第七種，六人用地上防空室，材料爲 ∞ 鋼骨混凝土頂及牆，試驗結果，抵禦力尚可，惟內部震動甚烈，應加厚覆蓋。

美國陸軍部經此次試驗後，隨定民用防空室之建築規則矣。

第七章 建築結構與防空

近年建築之演進，因受空襲之影響，已趨於一切建築防空化之時代，各國對於現代房屋之設計及構造及設計，均有明文規定，以期適合戰時之需要。吾國各市工務局之建築法規尙乏有防空建築法一章，而僅偏重於防火方面，對於耐震耐炸方面，雖早已爲當局所注意，惟因於物力、經濟、及環境關係，實行尙需時日耳。

耐火耐震耐炸爲防空建築之要旨，以構架 (Rigid Frame) 之結構及鋼筋混凝土之材料爲符合此項要求，惟鋼筋混凝土造價甚昂，欲求普遍採用，勢不可能，英國內務部爲規定防空建築之法規，邀請多數建築師、工程師、兵工專家、及軍事專家之討論，並就國民經濟能力而言，認爲防空建築之設計，注重於抵禦下列三種破壞爲對象。

(一) 在50呎以外爆炸之500磅炸彈之破片及爆風 (Air Pressure)

(二) 命中爆炸之輕量燒夷彈。

(三) 毒氣。

本文所論者爲第(一)(二)兩項，因建築上所受之威力最大與結構上亦最有關係，至於第(三)項之建築與毒氣容後專文論述。

在50呎以外爆炸之炸彈，在普通情形下，對建築物祇發生橫面 (Horizontal) 及向上 (Upward) 之威力，而不影響頂面之保障，惟爲防禦直接命中之燒夷彈或空中爆炸彈則頂面亦須有保障而其保障之標準與側面相等爲宜。

結構上之側面保障

炸彈破片之動作係與爆風同時發生，爆風即空氣震動，具有壓力及吸力，是故結構上尚有反轉力之效果 (Reversal Effects)。以一單樑爲例，爆炸時對樑發生之力有下列兩種效果：

1、剪力 (Shear)

二、彎力 (Bending)

爆炸時，壓力極速，在彎力尙未發生之前，樑即被毀於剪力 (Shear)，因此用以抵禦剪力材料之厚度爲主要之因素，至於材料之抵禦力有剪應力及抵禦破壞之最高強度，其材料之厚度，並不與剪應力成反比例，即12吋之鋼筋混凝土牆與13吋之磚牆相比，抵禦爆風及破片之抵禦力則相等也，是故，一切防護用之材料對於重量上必須注意，輕質之材料則厚度需加大，以禦剪刀，如計算取得防禦爆風及破片之鋼筋混凝土需厚12吋而擬改爲10吋時則應加剪力鋼筋，惟此種辦法，不甚經濟，非必需採用時仍不用爲佳。

如防護材料採用不同之數種材料合築者則應用下列公式分配之。

假設： t_1 = 第一種材料單獨使用時之需要厚度；

c_1 = 該材料應用之厚度；

$$\text{設 } \& = \frac{c_1}{t_1} \quad ,$$

再假用： t_2 = 第二種材料單獨使用時之需要厚度；

c_2 = 兩種材料同時使用時，第二種材料之應需之厚度；

$$\text{則 } c_2 = (1 - \delta) t_2 \text{ 即 } c_2 = \left(t_2 - \frac{c_1}{f_1} t_2 \right) \quad \circ$$

無論何種材料之牆壁，必須有適當之支撐 (Lateral Support) 方能有效，如鋼板、木板、沙包等材料，如無適當之支撐則不能抵禦爆風再以磚石砌之牆如基礎不固，或無梁牆之設置，則極易崩坍也。

結構上之頂面保障

各種材料用於頂面保障者，均須支撐穩固，不同之材料亦可混合利用，惟除承負炸壓力之材料外，其餘祇作淨重加於承力之材料上，如承力材料之上面材料，具有自立及承力作用者（磚石材料砌成拱形者，而其支撐點超出於承力材料結構之外者）則其淨重可不計入承力材料中，惟拱形結構之材料其支撐部份應能抵抗拱之推力 (Thrust of the Arch) 為合格。

傾塌壓力 (Drops Load)

構築於建築物旁近或建築下之防空室，應將建築物傾坍時之壓力，計算於防空室結構中，根據英國內務部之防空建築法規定如下：

(一) 防空室之上有一層或兩層之房屋者，每平方呎可加 200 磅之傾坍壓力。

(二) 防空室之上有三層至四層之房屋者，每平方呎可加 300 磅之傾坍壓力。

(三) 防空室之上有四層以上之房屋者，每平方呎可加 400 磅之傾坍壓力。

上項規定之傾坍壓力，視其值，並非是以房屋全重為壓力，因房屋傾坍時材料間之傾下壓力已有一部份力量互相抵消，故其規定之值已有相當之安全矣。

構築房屋 (Frame-Work) 下防空室之附加傾坍壓力，不能與磚石建築物同時而論，以經驗而言，吾人亦知構築房屋不易完全崩坍，就普通情形而言，傾坍物 (Debris) 祇不過一層或二層之單牆或樓面與隔牆而已，(炸彈命中者不在此例) 惟構築房屋之設計，應有連續而確具構築作用者 (Rigid-Frame) 為是。

為抵禦傾坍壓力，防空室之頂面應有墊震層之設置，以使其壓力減小，其方法

有三：

(一) 防空室頂面加填泥沙，或其他鬆散材料 (Loose Materials)，其厚度不宜小於鄰近或上面建築物高度之二十分之一。

(二) 在防空室頂面加鋪硬性材料一層，使傾坍物在未影響及防空室前，已經崩能，如生鐵架網。

(三) 用 (一) (二) 混合施用，即用墊震作用之沙土填在防空上再以硬性材料一層於其上。

如防空室建於笨重物地點之下者 (如工廠機器房下之防空室或倉庫堆棧下之防空室)，應用下列計算法求其傾坍壓力之數值：

一層至四層者

$$\text{傾坍壓力} = 200 \left(\frac{P}{50} \right) = \text{每平方呎磅數，}$$

其中 $P =$ 儲藏物或機器每平方呎磅數，

四層以上者

傾坍壓力 = 300

($\frac{P}{50}$)

每平方呎磅數

上述之結構計算，僅以抵禦五呎呎處之爆炸壓力及破片而言，至於計算禦炸刀除參考「爆炸彈之威力計算」一章，其力學上之理論則一也。

至於各種爆炸彈對於建築物之破壞情況有三種，請參閱下圖。

第一種：直接命中

第二種：間接命中

第三種：爆炸波之破壞

第一種：直接命中，即爆炸彈直接命中建築物，其破壞情況最為嚴重。

第二種：間接命中，即爆炸彈命中建築物附近，其爆炸波及破片對建築物造成破壞。

第三種：爆炸波之破壞，即爆炸彈命中建築物附近，其爆炸波對建築物造成破壞。

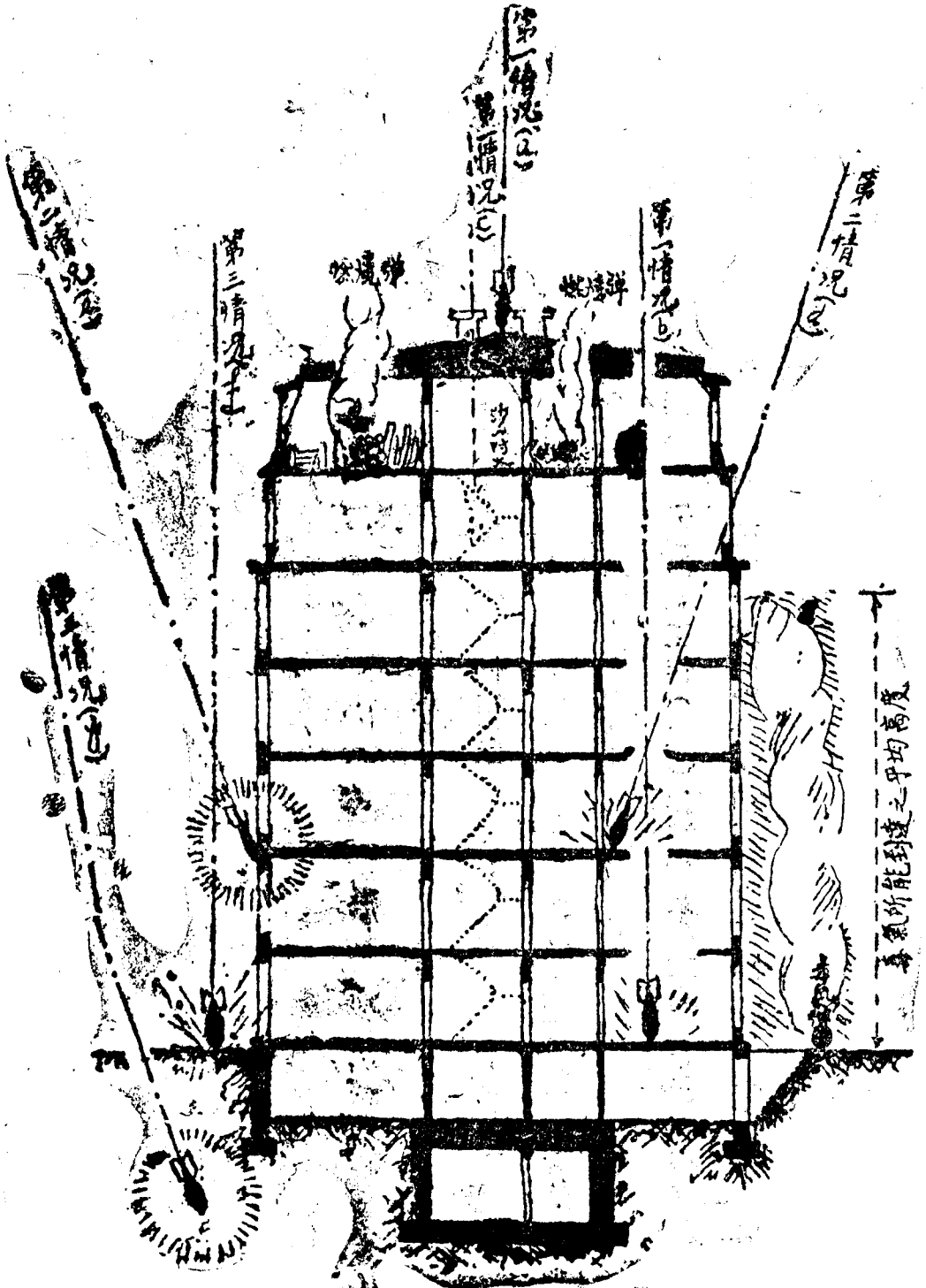
第一種：直接命中

第二種：間接命中

第三種：爆炸波之破壞

第一種：直接命中

圖况情壞破之物築建對彈炸



第八章 工廠設備之設計

第一節 工廠設備之保護

工廠爲空襲中主要目標之一，試觀各地被破壞最甚者；亦多爲工業區域。欲使戰時生產不受影響，工廠之防空實屬重要。工廠之防空設計與普通民間防空略有不同，茲將其重要設計要則分述如後，藉供參考。

工廠中之主要機器，水電，煤氣等設備爲最重要者；如不加保護，則一旦被損壞一部時，每多限制其原來生產額；或竟影響其全部工程。上項設備之保護方法，根據英國防空部顧問室之設計，並不在機器本身上加以保護，而僅增強機器間或水電設備旁之牆壁。其原因（一）爲便利工作（二）爲減少廠房之建築面積。牆壁之增強方法視牆之結構而定，普通磚牆之增強設計，即在牆身每隔相當尺距加築牆梁，其尺度大小可參考下表：

牆高 (呎)	牆架間距 (呎)	牆架厚度 (呎)	牆架闊度 (呎)
5	12	1.25	2.25
8	12	1.50	2.55
10	10	1.80	3.10
12	8	2.25	3.60

上述牆身高度以地平面量至窗檻為數，窗檻之高度最好高於機器。

油桶堆地之保護——油桶堆地如不加保護，一旦着火，必影響廠房。是故油桶堆地應距離廠房至少為廠房之全高，並不得小於一百呎為宜。其保護方法，為免彈片及燒夷彈 劑打擊，可在堆地四週築磚牆一道，高度約六呎至十呎，較經濟方法，可改用積土或沙包堆疊，圍其四週。堆地面積不宜超過五千平方呎，否則應分散堆置。

蓄水池之保護——地上蓄水池易被彈片擊破，地下蓄水池易被炸土所掩，所以

半地下式之蓄水池爲最適用。爲吸水方便計，池之底平面之一座做成斜槽。一座二萬加侖水池之大小，爲四十五呎長，二十五呎寬，四呎半深，四壁做成斜坡，用亂石水泥砌或全部用水泥混凝土構築亦可。至於水管之保護，注重在開關部份，見印度工廠防空法之規定，係用大鐵桶去上下兩底，套在閘上，四週堆沙袋或土，頗爲適用。

發電機防空室之設計——發電機爲工廠中之主腦部份；應加倍保護。其建築方法以築於山洞內爲佳，如在平地區域，發電機室應另設小發電室數處，以應急需。此種小發電室之設計，可做普通防空室一所，大小視內部機器及工作地位而定，室內電纜須築溝安設，並須與各機器聯絡溝通，上裝鐵柵踏板。發電室之窗戶務須高出機器之高度，如窗低於機器者，在窗之外部則另築擋牆保護之。

玻璃——無保護之玻璃，危險甚大，以過去各地工廠空襲後之結果考察，技工受傷者及機器主要另件之破壞者，均係破壞片打擊所致，所以工廠中在不需要用玻璃處，務須盡量免用，否則在玻璃內面釘以 $1/2$ 吋或 $3/4$ 吋眼之鐵絲網，或改用白蔴

布代用之。

第二節 工廠防空室之計算

防空室之位置——工廠防空室之位置。必須選擇於容易進出之處，不宜附近於建築物，否則至少離開建築物全高一半之距離，如因地位限制，則防空室之結構應有負起建築傾地之重量。至於靠近於水塔，油池，汽油，危險物之庫房，以及水電設備等處須絕對避免。

傾坍重量之計算——有因地位限制；或因減少避難時間增加生產；工廠防空室築於房屋附近者，其結構強度應加計建築傾圮重量，以策安全。其計算以每平方尺若干磅計及之。根據英國內務部防空建築法之規定，分爲非構架式及構架式兩種，其加磅數如下表：

非構架房屋

一層至二層之房屋（高度超過防空室者）每平方尺加二百磅計算之。

二層至四層之房屋（高度超過防空室者）每平方尺加三百磅計算之。

四層以上之房屋（高度超過防空室者）每平方尺加四百磅計算之。

構架房屋

無論如何高的房屋：每平方尺加二百磅計算之。

傾坍重量加入防空室的頂部結構計算後，各部結構當應計及之。

避難人所佔之面積——在露天防空壕室中，每人應佔地面積至少四平方尺，在有頂防空室中，每人應佔體積四十五立方尺，如室之高為七尺半者；其地面積應為六平方尺。

防空室之大小及間距——適當容量之防空室，應不超過五十人之容量。如超過限定者，則應將防空室分成段落。兩座防空室之間距，至少不得小於二十五尺，在地位可能時最好能間距四十尺至五十尺為佳。

防空室進出口之設計——防空室進出口之寬度至少為二尺六吋以容過一人之進出，地位須擇方便之處，並須顧慮到通氣及緊急進出之需要。每室至少應有二個進

出口，稍大之防空室須加築應急出口。進出口內之便於注目處，安設有長鐵棒或鐵鎬，以防出口被塞時之用。

防空室之出水——防空室下之出水溝，在可能範圍內，應利用原來水溝爲宜，如新築水溝，應另備抽水幫浦或留築水井及水桶，以便隨時抽出積水。

衛生設備——防空室每三十人應設廁所一間，須隨時打掃清潔，在室內之相當地位，常備茶水杯缸，並須隨時消毒洗淨。

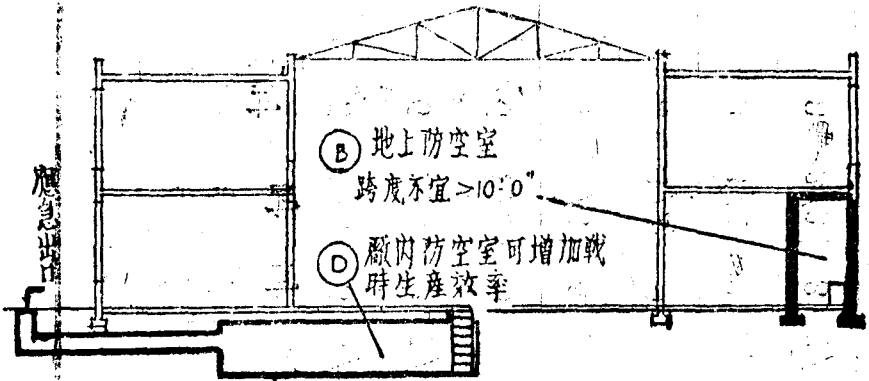
防空室抵禦力之標準——參政英國內務部及美國陸軍部出版之各種民間防空書籍，防空室之抵禦強度標準，均認爲以抵禦五百磅炸彈之彈片及爆風之破壞力爲適當。作者認爲工廠防空室之組禦強度標準，因工廠之受炸機會較多，應視廠內各部位性質酌量增加，惟最低限度，不得低於上述規定。

第三節 各種工廠防空室之設計

(一) 英國標準式露天防空壕 (A) 及 (B) —— (A) 種適用於乾燥堅土地段，(B) 種適用較軟之土地段。此種壕室之設計與步兵戰壕略同，惟其角點之進出口及廁所位置均為工廠防空壕之改良設計。根據印度及緬甸各地經驗，此種壕室因空氣流通進出方便，頗合熱帶地域及疏散地區之用。惟其缺點為敵機臨空時避難人感到心理恐懼，所以最好構築於樹蔭之下。

(A) 種標準露天防空室之設計為挖成深四尺六吋闊二呎六吋之深溝，挖出之土，填在兩旁，堆成高一呎五吋之堅實胸牆。(B) 種方法與 (A) 種同，惟因土質鬆軟，牆壁應挖成斜面上段二呎六吋下段一呎二吋兩旁為防止土壁傾坍計，另加撐木板架，下底鋪設地下水溝以洩積水。

(二) 水平線較高地段之防空壕設計——在潮濕地區地下築壕有水，可用十吋水泥混凝土或十吋磚牆，或一呎厚之石牆為壁，頂部做成拱形，在印度之半地下防空室，其頂部省去，空氣流通，進出方便，惟防禦空中槍彈方面較為困難。此種防空壕應注意排水設備之設計。



(三) 靠於廠房牆部之防空室設計

廠房地位狹窄；或在市區附近之工廠防空室，可利用原有廠房之堅實磚牆，在旁構築鋼筋混凝土頂之防空室。如圖中(B)是圖設計應加上傾圮重量每平方呎二百磅。此種防空室之闊度不宜超過十呎或小於四呎。為設計方便計，將各種闊度室之鋼筋數量及頂樑尺度計算成表如下：

鋼 筋 配 置 表

防空室 陶 度 (呎)	頂 七 (吋)	頂 板 鋼 筋				樑 之 大 小		樑 鋼 筋				每 人 計 算 應 需 鋼 筋 重 量 (磅)	每 長 防 空 室 之 容 人 數
		鋼 筋 A		鋼 筋 B				鋼 筋 D		鋼 筋 C			
		直 徑 (吋)	距 (吋)	直 徑 (吋)	距 (吋)	洞 (吋)	高 (吋)	數 (根)	直 徑 (吋)	數 (根)	直 徑 (吋)			數 (根)
4	5	1/4	6	1/4	18	12	10	3	5/8	3	5/8	9.3	0.66
5	6	3/8	9	1/4	18	12	11	3	5/8	3	5/8	10.0	0.86
6	6	3/8	6	1/7	15	12	12	3	5/7	3	5/8	10.7	1.00
7	8	3/8	6	1/4	10	12	12	4	5/8	4	5/8	11.5	1.16
8	8	1/2	9	3/8	16	12	12	4	5/8	4	5/8	12.2	1.33
9	8	1/2	8	3/8	12	12	13	4	5/8	4	5/8	13.6	1.50
10	8	3/8	8	3/8	9	12	13	4	5/8	4	5/8	14.4	1.66

炸彈各種材料威力表

附表(一)

序號	侵徹深度				爆炸威力半徑				炸彈破壞總深度				防護所需厚度				爆風半徑										
	混凝土	砌磚石	石岩	土質	鋼	鋼筋混凝土	混凝土	砌磚石	石岩	土質	鋼	鋼筋混凝土	混凝土	砌磚石	石岩	土質	鋼	鋼筋混凝土	混凝土	砌磚石	石岩	土質	公尺	英尺			
33	0.50	0.90	1.85	2.90	公尺	0.35	0.44	0.66	1.19	1.89	3.06	公尺	0.44	0.54	0.82	1.47	3.01	4.75	英尺	0.56	0.70	1.00	1.50	3.70	5.00	公尺	10
1''	1'-8''	3'-0''	6'-1''	9'-6''	英尺	1'-2''	1'-6''	2'-2''	3'-11''	6'-3''	10'-1''	英尺	1'-6''	1'-10''	2'-9''	4'-10''	10'-0''	15'-7''	公尺	1'-10''	2'-4''	3'-4''	4'-11''	12'-2''	16'-5''	英尺	33
41	0.60	1.12	2.30	3.60	公尺	0.44	0.55	0.83	1.50	3.07	4.80	公尺	0.55	0.64	0.97	1.74	3.50	5.61	英尺	0.80	1.00	1.70	2.50	5.70	8.00	公尺	25
1''	2'-1''	3'-8''	7'-7''	11'-10''	英尺	1'-6''	1'-10''	2'-9''	4'-11''	10'-1''	15'-9''	英尺	1'-8''	2'-1''	3'-3''	5'-9''	11'-6''	18'-5''	公尺	2'-8''	3'-4''	5'-7''	8'-3''	18'-9''	26'-3''	英尺	82
46	0.70	1.26	2.60	4.05	公尺	0.59	0.74	1.12	2.00	4.15	6.50	公尺	0.68	0.85	1.23	2.30	4.75	7.42	英尺	0.96	1.20	1.90	3.30	6.90	10.60	公尺	50
5''	2'-4''	4'-2''	8'-7''	13'-4''	英尺	1'-11''	2'-5''	3'-8''	6'-8''	13'-8''	21'-4''	英尺	2'-3''	2'-1''	4'-2''	7'-7''	15'-7''	24'-4''	公尺	3'-2''	3'-11''	6'-3''	10'-10''	22'-8''	24'-10''	英尺	164
50	0.76	13.6	2.81	4.40	公尺	0.69	0.85	1.29	2.32	4.80	7.50	公尺	0.79	0.98	1.49	2.68	5.50	8.65	公尺	1.12	1.40	2.10	1.00	7.60	12.00	公尺	70
3''	2'-6''	4'-6''	9'-3''	14'-6''	英尺	2'-3''	2'-10''	4'-3''	7'-7''	15'-9''	24'-8''	英尺	2'-7''	3'-3''	4'-11''	8'-10''	18'-1''	28'-5''	英尺	3'-8''	4'-7''	6'-11''	13'-2''	25'-0''	39'-5''	英尺	230
56	0.85	1.53	4.15	14'-6''	公尺	0.80	0.99	1.50	2.70	5.55	8.70	公尺	0.90	1.12	1.70	3.06	6.30	9.90	公尺	1.28	1.60	2.40	4.40	9.10	14.20	公尺	115
1''	2'-10''	5'-1''	10'-4''	16'-3''	英尺	2'-3''	3'-3''	4'-11''	8'-10''	18'-3''	28'-7''	英尺	3'-0''	3'-8''	5'-7''	10'-1''	20'-8''	32'-6''	英尺	4'-2''	5'-3''	7'-11''	14'-6''	29'-11''	46'-7''	英尺	330
55	0.99	1.78	3.66	5.75	公尺	0.80	1.19	1.80	3.24	6.65	10.40	公尺	0.69	1.35	2.05	3.70	7.60	11.90	公尺	1.46	1.83	2.80	5.00	10.40	16.20	公尺	167
2''	3'-3''	5'-10''	12'-0''	18'-10''	英尺	2'-8''	3'-11''	5'-11''	10'-8''	21'-10''	34'-2''	英尺	2'-7''	4'-5''	6'-9''	12'-2''	24'-11''	39'-1''	英尺	4'-11''	6'-0''	9'-3''	16'-5''	32'-2''	35'-2''	英尺	548
71	1.08	1.94	4.00	6.25	公尺	0.95	1.32	2.00	3.60	7.40	11.60	公尺	1.20	1.50	2.27	4.10	8.40	13.20	公尺	1.60	2.00	3.00	5.00	11.70	20.00	公尺	200
4''	3'-7''	6'-4''	13'-2''	20'-6''	英尺	3'-6''	4'-6''	6'-7''	11'-1''	24'-4''	38'-1''	英尺	4'-0''	4'-11''	7'-6''	13'-6''	27'-6''	43'-4''	英尺	5'-3''	5'-8''	9'-10''	19'-8''	38'-5''	65'-8''	英尺	656
01	1.54	2.76	5.70	8.90	公尺	1.62	2.00	8.05	5.50	11.30	17.70	公尺	1.80	2.25	3.40	6.10	12.60	19.70	公尺	2.40	3.00	4.50	8.25	17.00	26.50	公尺	375
4''	5'-1''	9'-1''	18'-9''	29'-3''	英尺	5'-1''	6'-8''	10'-0''	8'-1''	37'-1''	58'-''	英尺	5'-11''	7'-5''	11'-2''	20'-0''	11'-4''	64'-8''	英尺	7'-11''	9'-11''	14'-9''	27'-1''	55'-10''	86'-11''	英尺	7200

炸彈重量		炸藥重量		炸彈尺寸		炸彈侵徹深度						
公斤	磅	公斤	磅	直徑	長		鋼	鋼筋 混凝土	混凝土	砌磚石	石岩	土質
50	100	25	55	0.13	0.55	公尺	0.27	0.33	0.50	0.90	1.85	2.90
				0'-5''	1'-10''	英尺	0'-10''	1'-1''	1'-8''	3'-0''	6'-1''	9'-6''
100	200	50	110	0.25	1.10	公尺	0.33	0.41	0.60	1.12	2.30	3.60
				0'-10''	3'-8''	英尺	1'-1''	1'-4''	2'-1''	3'-8''	7'-7''	11'-10''
200	440	100	200	0.33	1.25	公尺	0.37	0.46	0.70	1.26	2.60	4.05
				1'-1''	4'-2''	英尺	1'-3''	1'-6''	2'-4''	4'-2''	8'-7''	13'-4''
300	660	150	330	0.40	1.45	公尺	0.40	0.50	0.76	1.36	2.81	4.40
				1'-4''	4'-9''	英尺	1'-4''	1'-8''	2'-6''	4'-6''	9'-3''	14'-6''
500	1100	250	550	0.43	1.63	公尺	0.45	0.56	0.85	1.53	4.15	14'-6''
				1'-5''	5'-5''	英尺	1'-6''	1'-01''	2'-10''	5'-1''	10'-4''	16'-3''
800	1760	400	880	0.45	2.20	公尺	0.53	0.65	0.99	1.78	3.66	5.75
				1'-5 ³ / ₄	7'-3''	英尺	1'-9''	2'-2''	3'-3''	5'-10''	12'-0''	18'-10''
1000	2200	500	1100	0.47	2.40	公尺	0.57	0.71	1.08	1.94	4.00	6.25
				1'-6 ¹ / ₂	7'-11''	英尺	1'-10''	2'-4''	3'-7''	6'-4''	13'-2''	20'-6''
2000	4400	1000	2200	0.55	3.10	公尺	0.83	1.01	1.54	2.76	5.70	8.90
				1'-9 ¹ / ₂	10'-3''	英尺	2'-9''	3'-4''	5'-1''	9'-1''	18'-9''	29'-3''

上海图书馆藏书



8541 212 0003 8744B

★★★ 軍事工程叢書之一 ★★★

版權所有
翻印必究

著 作 人	張 峻
校 閱	李 青
代理發行所	現代防空出版社 重慶復興關
經 售 處	軍用圖書社
印 刷 者	上海印書館 重慶新生路新生邨

中華民國三十二年十月十五初版
中華民國三十三年十月十五再版

本社刊物經中央圖書審查委員會依法准予免審