



玻璃鋼

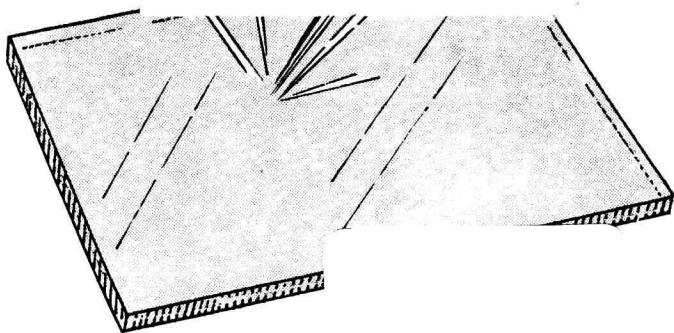
GLASSFIBRE REINFORCED PLASTICS

陳舜華編著
真知出版社出版

玻璃鋼

GLASSFIBRE REINFORCED PLASTICS

工业学院图书馆
藏书章



陳舜華編著·真知出版社出版

玻 璃 鋼

編 著 者：陳 舜 華

出 版 者：真 知 出 版 社

香港北角馬寶道66號二樓

印 刷 者：新 華 印 刷 股 份 公 司

香港鰂魚涌華廈工業大廈四樓B座

定 價：港 幣 三 元 四 角

版 權 所 有 * 不 准 翻 印

(一九七三年七月版)

前 言

玻璃鋼，是現代興起的一種新型工業材料。

究竟，玻璃鋼是什麼東西呢？它和玻璃、鋼鐵等物質材料，又有些什麼關係呢？爲什麼叫它做「玻璃鋼」呢？凡此種種問題，相信，都是我們所希望知道的。爲此，本書不辭譴陋，僅在這方面爲大家提供一些素材，以便作茶餘或者飯後的談資。

事實上，在現代工業材料當中，玻璃鋼憑着它們許多優異性能，已經和金屬材料、高分子材料等名揚四海，有鼎足三分的局面。

問題却是：玻璃鋼既然具有如此高強、獨特的「本領」。那麼，它能否算是一種「完美」和「萬能」的材料呢？在這裏，本書只作一些初步的探討。

不過，回顧起來，玻璃鋼的發展歷史，至今只有二、三十年而已。因此，人們對於玻璃鋼的基礎理論，與及產品設計理論等的研究，仍不很完整和深入；再加上本人手頭資料有限，市面上同類的書籍非常短缺，所以在轉譯或者行文之中，錯漏和謬誤之處，自當在所難免。

敬希讀者們見諒，還望各先輩，不吝珠玉，予以斧正！

陳舜華

一九七三年初春於香港

目 次

前 言	1
一、 從交通意外事件談起	1
二、 玻璃鋼的用途	4
三、 玻璃鋼是什麼？	12
四、 玻璃鋼的製法	46
五、 樹脂塑料的種類和性能	53
六、 玻璃纖維的製法及用途	61
七、 觸媒、促進劑和硬化劑	65
八、 玻璃鋼的結構研究	70
九、 玻璃鋼的「家族」	75
十、 玻璃鋼的缺點	84
十一、 玻璃鋼材料的展望	87

一、從交通意外事件談起

交通意外事件的發生，往往造成傷亡。現代西方國家的許多大城市，幾乎都無可避免地，面臨着日益嚴重的車禍問題的威脅。因此，有人設想：只要能夠發明一種可以抵受高速度運動物體所造成的衝力的撞擊，而不至破碎支離的材料，去代替金屬鋼件，用來鑄造汽車和街道上面的建築物，諸如電燈柱、鐵欄杆等等。那麼，即使一旦發生車禍，也可以減少許多損失。

當然，交通意外事件的傷亡率，到底是否可以因此而減低，在這裏，我們暫且不加以討論。不過，就關於如何保證駕駛人士安全的問題上，確實有人做過這樣的一次試驗：工程師開動了一輛汽車，然後跳出車外，讓汽車自己撞向路旁的一根特製的電燈柱。說也奇怪，汽車雖然撞擊電燈柱，可是，車身竟絲毫沒多大的損傷。同時，電燈柱也只不過向前傾側彎曲，並不像通常的車禍那樣，燈柱折斷成爲好幾截，然後從空中壓落汽車上，使汽車破碎支離。這到底是什麼緣故呢？

原來，構成上述試驗用汽車和電燈柱的材料，並非

普通的金屬鋼材，而是今日鼎鼎大名的「玻璃鋼」。

究竟，玻璃鋼又是什麼東西呢？

提起「玻璃鋼」這三個字，相信，大家總會聯想到「玻璃」和「鋼鐵」來。事實上，玻璃鋼和玻璃、鋼鐵，三者迥然不同。如所周知，玻璃是晶瑩易碎的脆硬之物，鋼鐵却是堅硬而固實的東西。前者是非金屬性質的化合物，後者是金屬性質的複合物。至於玻璃鋼，則是另一種物質，它既不是玻璃，也不是普通的鋼材，是一種新型的「矽酸鹽材料」。可是，它却具有玻璃和鋼材的優點，有着比鋼鐵還要堅硬固實的性能。因此，人們都形象地稱它為「玻璃鋼」。

老實說，玻璃鋼的真正名稱，該是「玻璃纖維增強塑料」。顧名思義，它實在是「玻璃」和「塑料」的「混血兒」。它的出現，至今只不過三、四十年吧了。與鋼鐵或者其他的材料來比，它的「年紀」還很輕，是材料工業領域中的「晚輩」。但是，這位「晚輩」却處處受到人們的器重。玻璃鋼之名，今天已經不脛而走，到處大派用場了。

玻璃鋼之所以在材料工業的領域當中，大顯身手，並且使許多沿用已久的材料相形見絀，這方面和它本身所獨具的優越性能有密切的關係。

我們知道，現代機械，尤其是動力機械和依靠動力來推進的機械設備，諸如汽車、飛機、輪船、火箭、導彈、人造地球衛星；與及電機、內燃機和各種機車等等，目前都幾乎一致地，正朝着「輕巧」的方向發展。

因為重量機械和設備，它們工作時所需要的推動力量也越大。這就是說，比較笨重和巨型的動力機械和設備，往往必需虛耗更多的燃料。而玻璃鋼的重量「輕盈」，質堅如鋼，正符合上述各種工業所要求，難怪它在工業材料的領域當中，處處受人器重。

再說，現代的許多機械和工業設備，幾乎都需要接觸到各種酸類、鹼類和鹽類等化學藥品，甚至需要在高溫度、高壓力和高速度的環境條件下面工作。玻璃鋼材料又正好具備抗腐蝕、耐高溫和能夠抵受高壓力等優越性能。因此，玻璃鋼便成為今日「炙手可熱」的一種新興工業材料。可以說，目前玻璃鋼的「足跡」，已經遍及各個工業生產部門和人們的生活領域之內。

二、玻璃鋼的用途

玻璃鋼的「足跡」，既已經遍及於現代工業各個部門和人們的生活領域當中。那麼，它在實際方面的用途又如何呢？在這裏，我們還是從建築工業的應用問題談起。

最初，玻璃鋼只是「嘗試性」地被製成各式波形的瓦片即浪板，供建築工程作為覆蓋屋頂之用。後來，因為這種新興的「矽酸鹽材料」具備重量輕、透光性好和抗蝕力強等多種特點，因而，有人把它直接建造各種簡易建築物，例如海濱泳場的輕便更衣室，或普通平房，包括牆板、窗框、屋頂和室內的裝飾、設備等等。如果說，真正全部利用玻璃鋼材料進行建設的工程，當推1968年4月間，英國林肯衛克翰公園游泳場的建築工程了。

據報道，英國林肯衛克翰公園游泳場，分為泳池和泳棚兩個項目。泳池長一百英尺，寬五十英尺，其材料是利用克里斯迪三八四（Crystic 384）聚脂樹脂，以手工的鋪塗法，逐層地鋪浸 FGE 3001 玻璃纖維蓆而建

成的。這種玻璃纖維蓆，每平方英尺重兩安士而已。其四壁及泳池底部均鋪上同樣厚度的玻璃纖維蓆。因此，整個泳池是無支柱的。至於泳棚部分，則利用許多厚度為三十二分之三吋的雙面拋物綫面的玻璃鋼板，相互以螺絲或鉚釘栓合而成。栓合時候，還把鋼板的地脚底部埋在二英尺深的土層裏，再用混凝土加以固定。所以，就泳棚的結構來說，是十分堅固、扎實的。這樣的一座全玻璃鋼材料的建築物，既美觀、輕便，又耐風化、耐侵蝕，同時維修容易，保養費用低廉。據說，這座玻璃鋼泳場，建築費比起利用其他材料所建成的同樣建築物，便宜了百分之二十五。

近年來不少國家已經建成全玻璃鋼的活動房屋，供人們居住。這些房屋，不獨美觀、華麗，而且又能耐蝕、防漏、抗風和隔音、隔熱，具有許多優點。由此可見，玻璃鋼在建築工業方面的用途，已日見其廣泛。

玻璃鋼在化學工業方面，早已經被利用來製成各種化學藥品的貯罐和輸送管道。就以英國卜內門(ICI)藥廠來說，已建成了一套長約一千一百英尺化學藥品輸送管道，和一座高約一百八十英尺，直徑為三英尺的「巨型」玻璃鋼烟囱。

在交通事業方面，玻璃鋼船舶已經遠航在一些國家的海洋裏；同時，玻璃鋼製成的汽車、機車和車廂等，也早已奔馳在許多國家的鐵路和公路上。記得1955年，英國在它全國船舶展覽會中，曾經展出過不少各式各樣的船隻。據估計，其中用玻璃鋼建造的，大約佔會場展

品的百分之四左右。到1959年，玻璃纖維增強塑料船舶所佔的百分比，上升至百分之二十。再到1966年，其百分比數字更進而達到百分之四十七。就以英國這一個比較保守的國家來說，玻璃鋼應用的比率尚且升得這麼快，其他工業更發達的國家便可想而知了。

至於玻璃鋼在航空工業方面的地位，今日更是舉足輕重的了。

我們知道，現代航空工業要求質地輕、強度大、熔點高的材料。金屬鋁曾是這門工業中的「驕子」，有「飛機鐵」之稱。但在今天看來，金屬鋁比玻璃鋼，又不免相形見絀了。

究竟，金屬鋁和玻璃鋼比較起來，又有什麼異同呢？

玻璃鋼比合金鋼的強度要高上1.7倍，比金屬鋁也還要高上1.5倍。所以，玻璃鋼材料在減輕飛機重量、節省燃料、提高航速和增加航程方面，比金屬鋁都更具重大的意義。今天，在航空工業技術上，由於玻璃鋼的出現，已經使金屬鋁變了黯淡無光。玻璃鋼除了可代替鋁金屬用作飛機內部設備和一般結構材料，諸如座椅、行李架、壁板和通風管道之外，還用來做重要的結構材料，諸如雷達罩、機身殼體、螺旋槳、燃料箱、起落架和機翼等。甚至在某些部位或零件，玻璃鋼亦成爲「關鍵性材料」，而替代金屬鋁。其中如巨型噴氣機的尾錐，因爲要耐受高頻聲波的振動關係，金屬材料便往往會因「疲勞」而至過早地破損，出現所謂「波炸」的現

象。可是，如果使用玻璃鋼材料來製造尾錐。那麼，由於玻璃鋼具有良好的消振性能和抗聲波、耐「疲勞」的性能，遂不會出現「波炸」的現象。

在宇宙空間技術和火箭導彈技術的發展上，玻璃鋼也同樣是居重要的地位。

比方說，導彈彈頭、火箭發動機的殼體和噴咀、機內的高壓容器、雷達罩和各種絕熱、隔熱的部件等等，都離不開玻璃鋼。據外國雜誌報道，利用合金鋼建造的多級火箭，如果把第一級、第二級發動機的殼體，和其中所有的部件都改用玻璃鋼鑄造，那麼，建成後總重量至少要減輕百分之六十五，同時，還可以使火箭和導彈的射程，提高至最少一倍以上。

前些時候，從事宇宙空間技術研究的科學工作者們，曾經苦於無法尋求到一種能耐受高熱考驗的材料，以便抵消火箭、導彈和宇宙飛船等重返地球大氣層時，因為高速度運動而和大氣層相摩擦所產生的「瞬時溫度」。據所知，這種「瞬時溫度」，高達攝氏五千度或甚至一萬度。因此，在這樣高溫和高速氣流的作用下，即使是最能耐高熱鋁合金（見本社出版的「人造衛星與導彈」一書）也會逐漸熔化而成為灰燼。在這方面，唯獨玻璃鋼不同。玻璃鋼是現在已知唯一可以耐受這種「瞬時高溫」的非凡材料！

至於在軍械和軍事設備等國防工業的應用上，玻璃鋼也逐漸取其他合金的地位而代之。

我們知道，鋼製步槍在連續發射六十發子彈之後，

槍管已經熱得可以燙手了。可是，如果用玻璃鋼製的步槍槍管，則在發射連續的六十多發子彈之後，槍管依然可以觸摸如故。同時，據比較材料所得，玻璃鋼製的軍械，在重量上要比鋼製的軍械輕上百分之三十到五十。由此可見，利用玻璃鋼來替代合金，製成各種軍械和軍事設備，則無論在快速調動部署，還是改進各種武器，提高軍事效能等問題上，都有着極其重要的國防意義。而實際上，現在已經有人利用玻璃鋼來生產槍管、槍托、發射管、頭盔和反坦克火箭筒、魚雷發射管等常規武器。相信，不久的將來，玻璃鋼在國防工業上的應用，必然會日見寬廣。

此外，玻璃鋼在電機工業、農業、工商業，甚至體育設備、日常生活用具等方面的用途，也是不容忽視的。

就以前面所提到的航海燈塔來說，用混凝土建造的一座普通燈塔，重量至少有四十噸，同時，燈塔本身又不能耐受海水的侵蝕；反之，一座玻璃鋼的燈塔，則僅重五噸，而且又能耐受海水的腐蝕。正因為這樣，利用克里斯迪一八九（Crystic 189）號塑料和玻璃纖維所製成的玻璃鋼閃光浮標，已經出現在航運事業上，而混凝土燈塔也開始被淘汰了。

目前，就工商業方面，已經利用玻璃鋼來建造多種器材，比如紙廠打漿機的防蝕濾罩、麵粉的貯藏倉、工業用大型水箱、運輸用貨箱、電器控制箱、電焊護面罩和鐵路交接用的「枕木」等等。

在前面談到，有關減輕交通意外事件傷亡的試驗，在這方面，西方國家的專家、學者們，都努力不懈。中國方面又如何呢？

中國淮南煤礦屬下的一個小礦組，也曾做過類似的新型玻璃鋼剛性支柱的試驗。

我們知道，西方國家的試驗，着眼點在於防止或減輕交通意外的傷亡數字。因此，用新型的玻璃鋼製成汽車和電燈柱，在試驗場中有意地重複交通意外事件，以尋求找出一些規律，解決一些問題；中國的試驗却着重於如何開拓這類新型材料的新用途，因此，着眼點在於如何使這類新興材料用於工農業的生產建設上。

據淮南煤礦李二礦的試驗指出，玻璃鋼的性能良好，因此，玻璃鋼剛性支柱，完全可以代替坑木和鋼管，用於煤坑和其它工業上，作為支柱。

這次工業性試驗是利用一種除去油脂的玻璃絲織物，加上化工原料配製成的樹脂塑料，並用纏繞成型法固化、加溫、然後脫模，裝配而成的新型玻璃鋼剛性支柱進行的。支柱呈長管形，高二點六公尺，外徑為一百三十個毫米，壁厚為十個毫米。並由柱帽、底座和柱體三個部份組成。其中，柱帽和底座的玻璃鋼板，厚度亦為十毫米。它們分別用合成膠黏結在柱體上。柱體的組成材料，就是上面所介紹的「新型玻璃鋼」材料。據試驗報告指出：發現這種剛性支柱，具有如下的許多優點。

第一，重量輕。支柱(玻璃鋼)每根只重十七公斤，

比起鋼管（金屬）支柱每根重四十三公斤來說，減輕了百分之六十的重量。比起木支柱每根重三十公斤來說，減輕了百分之四十三的重量。

第二，抗壓力强，它的破壞荷載達六十五噸左右，而坑木僅得二十至三十噸，金屬鋼管則在三十九噸至四十二噸之間。由於玻璃鋼支柱的重量輕，抗壓力强，故可將支柱的高度發展到二點六公尺以上，為煤炭工業的開採，尤其是高煤層的開採，提供有利條件。

第三，防腐蝕，因為支柱由玻璃鋼製成，所以能耐腐防銹，不會因此而影響使用，更可保礦坑的安全。

第四，維修易。支柱由玻璃鋼組成。所以，當折斷之後，可以在斷口處鋸齊，接駁然後纏上幾層玻璃纖維布，再用合成樹脂塑料黏合，固化成型後，又可繼續使用。

第五，彈性大。據試驗的現場觀測，如果支柱受壓過大，彎曲變形，其彎曲程度最大可達每公尺二十九毫米。但一經卸載之後，又可以立刻恢復原來狀態。

當然，玻璃鋼剛性支柱仍然是有它一定的缺點的。

用在農業上面，玻璃鋼也發揮了其一定的作用，它已經被利用來建造各種農作物栽培的溫室、穀倉、運貨車槽，甚至農地上蓋着作物的半透明風雨棚等等；在電機工業上，玻璃鋼已被利用來建造渦輪發電機的部件，比如大型的底座與及無磁性的阻水片，甚至還利用玻璃鋼來建造大型天文望遠鏡的天線盤，高壓輸電用的電阻子和絕緣瓷杯、瓷磚等等；至於日常生活用具和體育用

具方面，玻璃鋼製造的傢具，諸如桌、椅、床等等，早已深受人們的歡迎；同時玻璃鋼製造的弓和跳高撐竿等等，由於彈性良好，早已深得運動員們的讚賞。

玻璃鋼，今天在材料工業和人們的生活當中，已經扮替着重要的角色了。當然，這種新興的矽酸鹽材料，也決不是毫無缺點的「完美的材料」。比如說，它在耐受長時期高溫作用的時候，性能還不如理想；又它和其他塑料製品一樣，經過較長時期的使用，同樣地會出現「老化」的現象。這些缺點，目前還有待人們去研究和克服。不過，我們相信，玻璃鋼的成長發展歷史雖然還不很長，但是，在科學工作者們的努力試驗研究，加緊探討它的奧妙所在的情形下，玻璃鋼的用途，還是可以大大地擴展起來的。