

航空發動機罩

構造及強度計算

B. M. 斯特里公諾夫 著



國防工業出版社

在本書中提出了氣冷式及液冷式航空發動機罩的強度計算方法。介紹了發動機罩（如壳体）承力型式的理論的和實驗的研究。內容有構造說明、氣動力載荷、計算公式和圖表、數字舉例、以及某些發動機罩合理型式的說明。

本書可供航空工廠設計局的設計工程師和計算員參考，亦可作為高等學校高年級學生學習飛機強度計算和進行畢業設計時的參考書。

В. М. Стригунов
КОНСТРУКЦИЯ
И РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ
АВИАЦИОННЫХ КАПОТОВ
Обorongиз
главная редакция авиационной литературы
Москва 1946

本書系根據蘇聯國防工業出版社
一九四六年俄文版譯出

航空發動機罩 構造及強度計算

〔蘇〕斯特里公諾夫 著
樊蔚勳、葉緒齋、俞公沼 譯
張阿舟、俞公沼 校

*
國防工業出版社 出版

北京市書刊出版業營業許可証出字第 074 号
北京新中印刷廠印刷 新華書店發行

*
787×1092 耗 1/32 • 3¹⁵/16 印張 • 79,600 字
一九五六年十二月第一版

一九五六年十二月北京第一次印刷
印數：1—4,070 冊 定價：(10)0.60 元

作者序

若干年前由于飞行的速度不大，發動机罩的強度及其与發動机的联接問題，并未引起足够的重視。对發動机罩強度所以采取这样的态度是由于：一、作用在發動机罩上气动力載荷很小，二、由于發動机罩（象整流片一样）的構造安全度已經完全保證了足够的強度。

由于这些原因，差不多在一九三九年以前，發動机罩在強度观点上沒有引起怀疑，因而也未进行發動机罩的強度計算。

以后几年飞机的速度剧增，这就增加了作用在每一个飞机附件上的气动力載荷，特别是在比机翼翼型更为弯曲的發動机罩上。作用在近代高速飞机的發動机罩上的气动力載荷大大地超过了在低速飞机發動机罩上的構造安全度。

由于發動机罩的強度不够，常常在飞行中损坏，其碎片碰到尾翼、机翼或机身，因而造成失事。因此在高速飞机的強度計算中，保證發動机罩及其与發動机联接处的強度便成为很重要的問題。

对于作用在發動机罩上的气动力載荷，目前在量上和質上都已有了足够的了解。但是足够完整的航空發動机罩強度計算方法的資料至今还没有^①。

① 斯特里公諾夫 В. М., 發動机罩強度計算, 航空队技术 1940 年第 6 期 (В. М. Стригунов, К расчету капотов на прочность. ТВФ № 6, 1940 г.).

發動機罩強度計算方法的擬定是極為複雜的問題。本文所考慮的航空發動機罩，由於存在有開口和加強而不同於完整的殼体外，在其上還作用有各種不同分布的氣動力載荷。因為一般的薄殼計算理論不能完全用於發動機罩的計算，故而必須採用補充的理論和實驗的研究來解決發動機罩和承力系統的不同構造和負荷的問題。

在計算發動機罩及其聯接的強度中，由於以上的原因使得一個單一方法的擬定遭受了很大的困難。

作者的目的是要找出一個用來計算現在應用於飛機製造業中的基本型式的發動機罩的方法。

目 录

作者序

第一章	航空發動機罩的構造型式	1
	达烏念德 (Тауненд) 环	1
	發動機罩構造型式	3
	气冷式發動機罩	4
	液冷式發動機罩	15
第二章	作用在航空發動機罩上的气动力載荷	21
	吹击發動機罩的气动力載荷	21
	發動機罩受气动力載荷的可能負荷情况	29
	对称負荷 (俯冲)	30
	不对称負荷 (拉出俯冲)	31
第三章	發動機罩各元件的受力情况和計算	32
	气冷式發動機罩各元件的受力情况和計算	32
	發動機罩包皮的应力計算公式	33
	發動機罩中段飯件应力的計算公式	38
	發動機罩母綫上的特殊点	40
	气冷式發動機罩前圈受力情况的研究	41
	用型条加强的發動機罩圓筒部分	46
	气冷式發動機罩与各种剖面形狀的液冷式發動 機罩的比較	61
第四章	实驗研究	64
	实驗所用試件構造的簡單說明	64
	發動機罩及罩盖的靜力实驗方法	66
	气冷式發動機罩	66
	液冷式發動機罩上所用罩盖的实驗	67

	实验数据和计算结果的比较及实验数据的分析···68
	气冷式发动机罩·····68
	罩盖表面受正交负荷的受力情况分析·····75
第五章	发动机罩强度计算·····77
	气冷式发动机罩计算·····77
	有鱼鳞片的发动机罩·····77
	有风挡的发动机罩·····88
	液冷式发动机罩计算·····92
	平面罩盖计算·····93
	曲面罩盖计算·····94
	在不对称载荷情况关于支撑隔框计算的一些 指示·····95
	简短结论·····96
第六章	有关发动机罩合理构造型式的几点意见···97
	气冷式发动机罩的构造·····98
	液冷式发动机罩的构造·····100
第七章	航空发动机罩的强度计算数字举例·····101
	例一、气冷式发动机罩的强度计算·····101
	例二、液冷式发动机罩的强度计算·····117
	参考文献·····118

第一章

航空發動機罩的構造型式

航空發動機罩構造的發展，在很大程度上是根據飛機飛行速度的增長來決定的。欲使飛行速度增大基本上有兩條道路：飛機及其部件的氣動力外形的改善和發動機功率的增大，同時也要求發動機外形尺寸有顯著的加大。

因此，曾經提出過關於減低飛機各個部分迎面阻力的問題，尤其是發動機（液冷式和氣冷式一樣）迎面阻力的降低。

在發動機上運用最成功的第一個整流物，是環形整流物，它曾經很廣泛地被應用過，這種環形整流物曾以其發明者——達烏念德(Таунед)工程師命名，名為達烏念德環。

達烏念德環

達烏念德環是由斷面有彎曲的和沿弦向長度較短的薄鋁形整流物組成，它安裝在星型發動機的气缸頭上(圖1)由於在發動機上安裝了短環（雖然還有大部分發動機是裸露的）就顯著地減低了迎面阻力（大約減少40~50%），並且改善了發動機的冷卻。這可以解釋為：安裝在發動機上的環

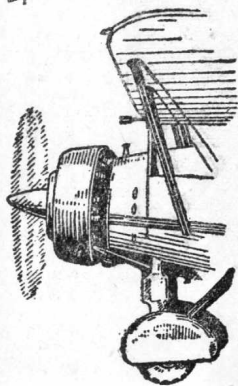


圖1 用達烏念德短環的飛機

头时所引起的渦流，并且导使气流沿着气缸冷却片的平面流动。为了明显起见，在图 2 和图 3 中表示了发动机上無环型罩和有环型罩时气流的比較。



图 2 气冷式发动机上没有达烏念德环所形成的渦流

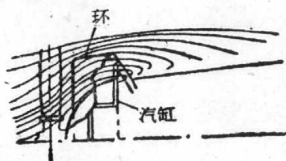


图 3 气冷式发动机有达烏念德环时的流綫图

达烏念德环的構造現在已有若干改变。环沿弦向有了显著地增長并且有了内部整流物（鈹）（图 4）。

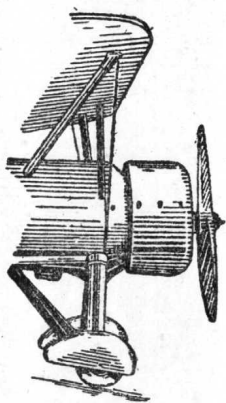


图 4 用达烏念德寬环的飞机

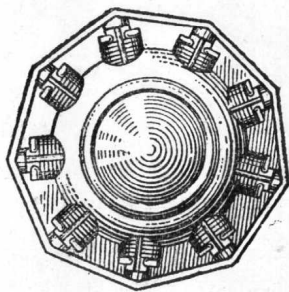


图 5 多边形的达烏念德环

环也是和发动机气缸联接的。达烏念德环有时不作成

圓的，而作成多边形的（图5）。

后来达烏念德环的構造与 NACA 型發動机罩在工作原理和型式上很相似了（图6和6a）。

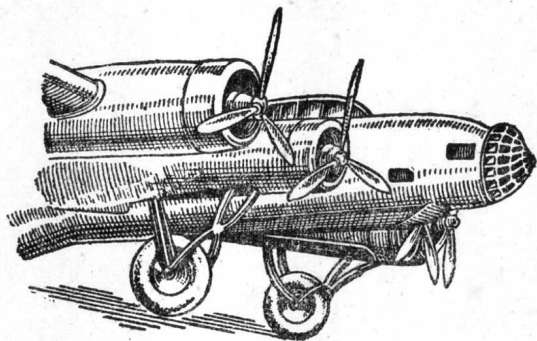


图6 用 NACA 發動机罩的飞机

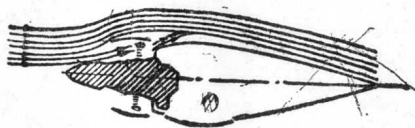


图6a NACA 發動机罩的工作图

再往后几年，NACA 罩代替了环形罩，这是因为 NACA 罩比达烏念德罩显著地减低了迎面阻力，更加改善了发动机的冷却。应该指出，达烏念德型短环重量很輕（9 公斤），而 NACA 罩重 35 公斤。

發動机罩構造型式

这里要介紹在飞机制造业中过去和現在应用的航空發動机罩的構造型式。航空發動机罩分为二类：气冷式和液

冷式發動機罩。

氣冷式發動機罩在大多數情況下，是由一條母綫繞發動機水平軸綫旋轉的迴轉體，斷面是圓形的（圖 7）。

液冷式發動機罩不是圓形斷面（圖 8）因此也不是迴轉體。

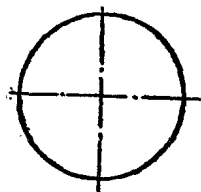


圖 7 氣冷式發動機罩的斷面

氣冷式發動機罩

氣冷式發動機罩的構造型式基本上有兩種：用魚鱗片（чешуя）的罩（圖 9）和用風擋（жалюзи）的罩（圖 10）。有時魚鱗片和風擋在罩上同時使用。

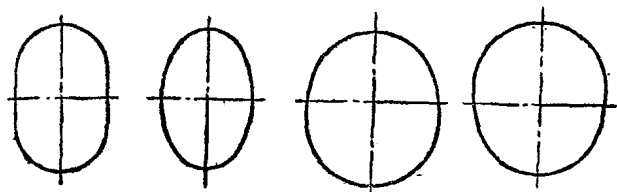


圖 8 液冷式發動機罩的斷面

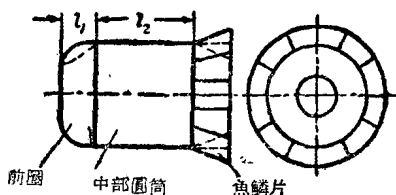


圖 9 用魚鱗片的發動機罩

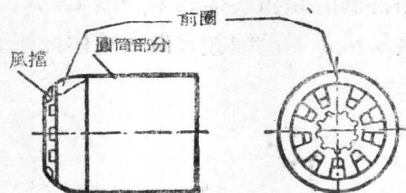


图 10 用風擋的發動機罩

用魚鱗片的發動機罩

用魚鱗片發動機罩由前圈、中部和魚鱗片組成(图 9)。

前圈可以是整體的,也可以是可分解的(图11和图12)。整體的前圈由厚度為 1 公厘的兩塊曲鈹(壳)和兩塊曲鈹之間的縱向肋膜組成(图 13)。前圈外徑為 $D_{\text{HAP}} = 1320$ 公厘,而內徑為 $D_{\text{BH}} = 1200$ 公厘。縱向的肋膜和前圈的剖面型狀給前圈足夠的剛性。肋膜之間的距離取為 $b = 290 \sim 300$ 公厘。可分解的前圈在大多數情況下由三個扇形段組

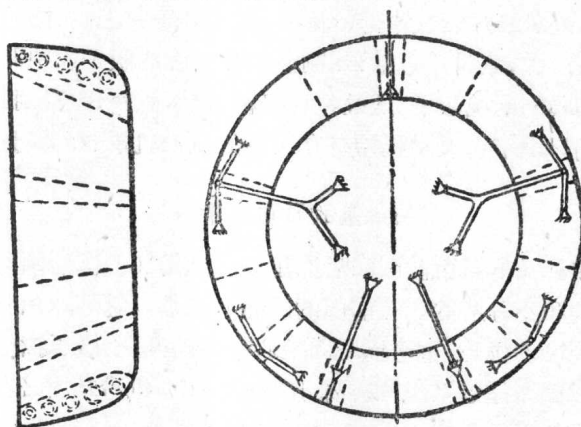


图 11 氣冷式發動機罩前圈

成，彼此之間用特制的鎖扣联接起来（图 12）。

高速飞机發動机罩的前圈經常做成整体而剛硬的。

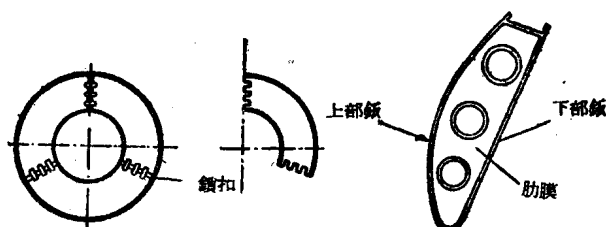


图 12 可分解的前圈

图 13 前圈断面

用魚鱗片的罩的中部通常是可分解的，在大部分罩中它多半由三个或四个扇形段（盖鉸）組成，相互之間用特制的鎖扣联接起来。

中部的各扇形段（盖鉸）用环形和縱向型条加强，以增加剛性。型条的安排可以是开口的，也可以是閉合的型式。

罩的魚鱗片裝在中部的后面，并連結于其上（见图9），从構造上說，魚鱗片包括：用剛性肋片加強的鉸子或中間有縱向肋膜的兩塊鉸子。通过特种操縱机构，魚鱗片可以打开或关闭以調節与發動机冷却有关系的發動机罩的出气量。

用風擋的發動机罩

用風擋的罩由前圈和后部組成（见图10）。前圈也有整体的和不分解的。在前圈的前面有風擋，它可以独立地联接到發動机上，也可以坚固地联接到前圈上。借風擋的帮助可以調節通过罩上的特殊小窗的为發動机冷却所必需的空气进气量（见图 10），用特殊的节气門可以打开或关闭發動机罩風擋的小窗。

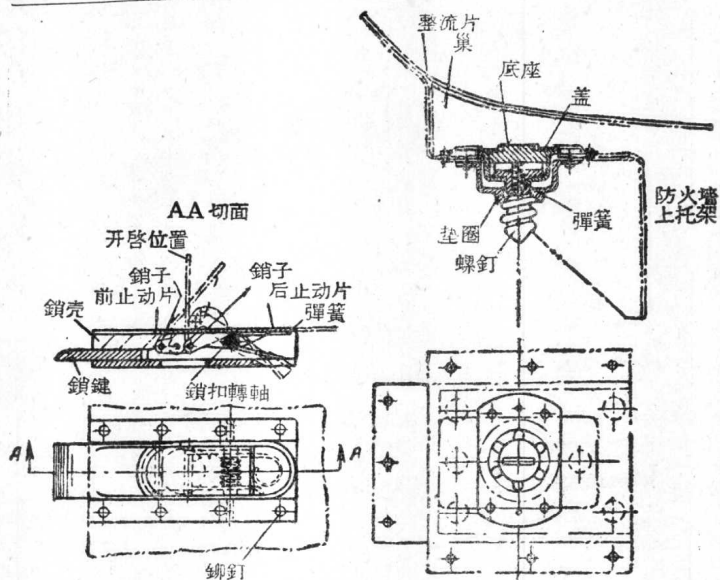


图 14 发动机罩拉紧式锁扣

图 14a 发动机罩螺丝锁扣

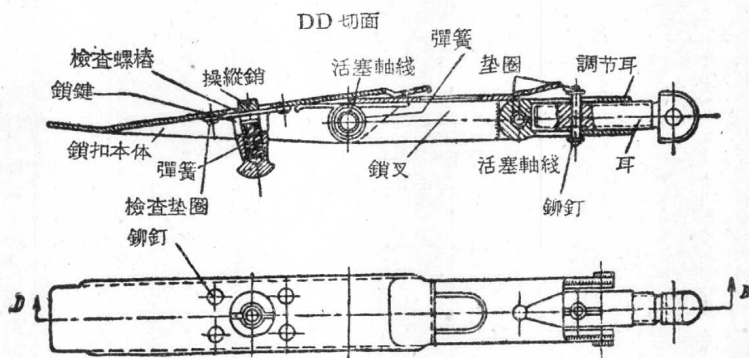


图 146 发动机罩弹簧式锁扣

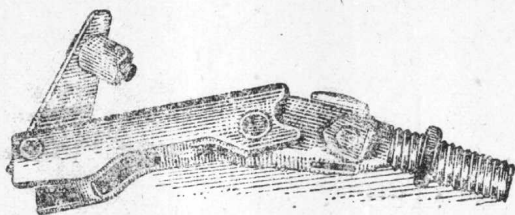


图 14B

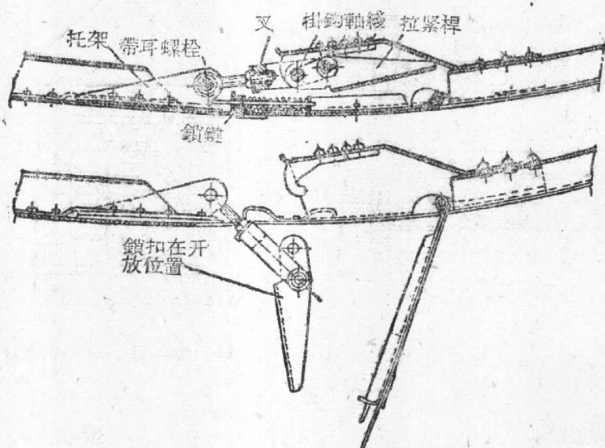


图 14Г

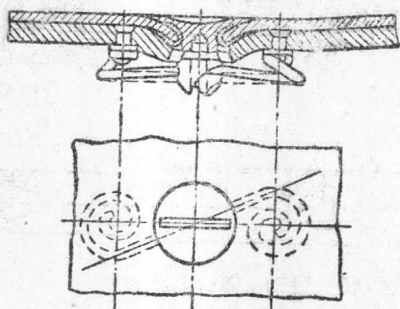


图 14A 朱氏锁扣

用風擋的發動機罩的后部（中部），同樣也是由几塊蓋板組成，蓋板之間用特制的鎖扣联接。蓋板相互之間的联接和發動機罩本身与剛性骨架的联接所用的鎖扣的構造樣式極多。

在圖 14, 14a, 14b 中表示了三種鎖扣（拉緊式的，彈簧式的和螺絲式的），在打開鎖扣時只用解錐（螺絲刀），而彈簧式鎖扣，甚至連解錐也不要。在圖 14b, 14r 和 14n 中，介紹了另外三種鎖扣，實際中最常應用的是朱氏鎖扣。

發動機罩用接头固接到發動機特制的螺樁上去。發動

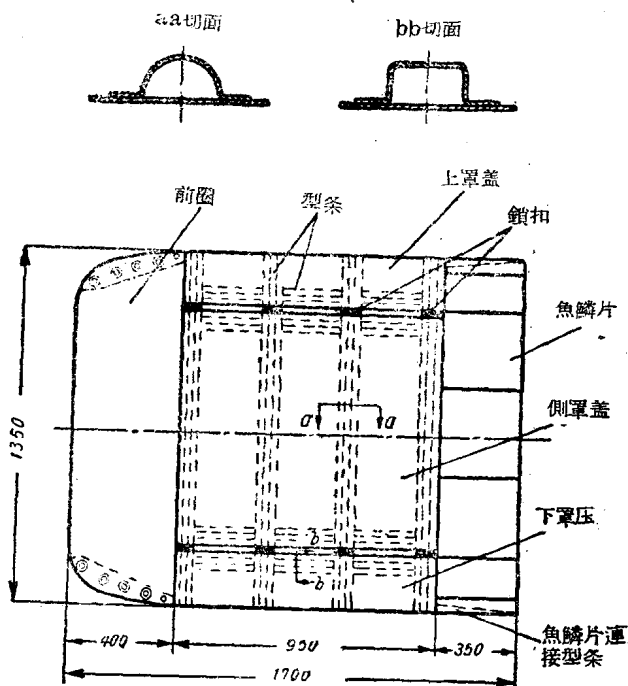


圖 15 氣冷式發動機罩總圖

机罩与发动机的联接也各有不同。

在大多数情形下前圈独立地和发动机联接(见图15a)。联接接头是这样安排的: 它能承受沿飞行方向的水平分力和径向的分力; 后来为了减小空气动力载荷, 高速飞机的前圈就作得更为细长和平滑。

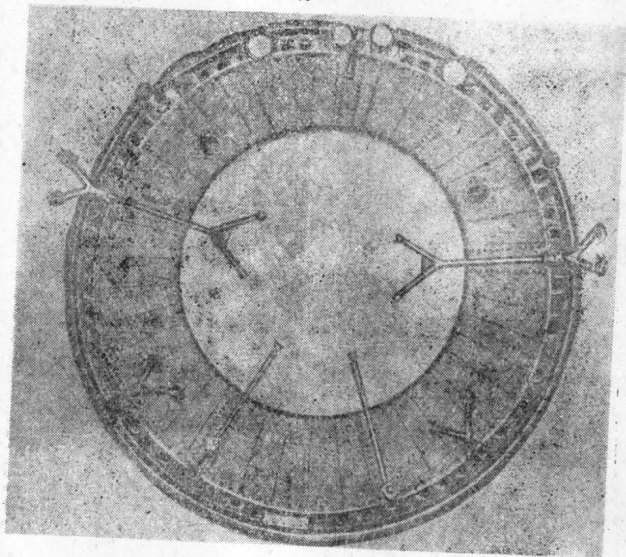


图 15a 气冷式发动机罩前圈

下面是两种近代气冷式发动机罩的詳細構造說明。

第一种型式发动机罩。如图 15 所示的发动机罩, 由刚性前圈, 中部圆筒和后部(鱼鳞片)组成。

前圈(图 15a)由两层杜拉铝钹(壳)作成: 外边的钹材厚 1 公厘; 里边的厚 0.8 公厘。前圈弦长 $b_k = 400$ 公厘。外圈最大直径 $D_{\text{нар}} = 1350$ 公厘, 内圈最大直径 $D_{\text{вн}} = 1280$ 公厘。在两个圈形壳体中间放置了十二个沿弦线方向的肋片(肋膜)。在靠近接头的断面上, 型条的安装是

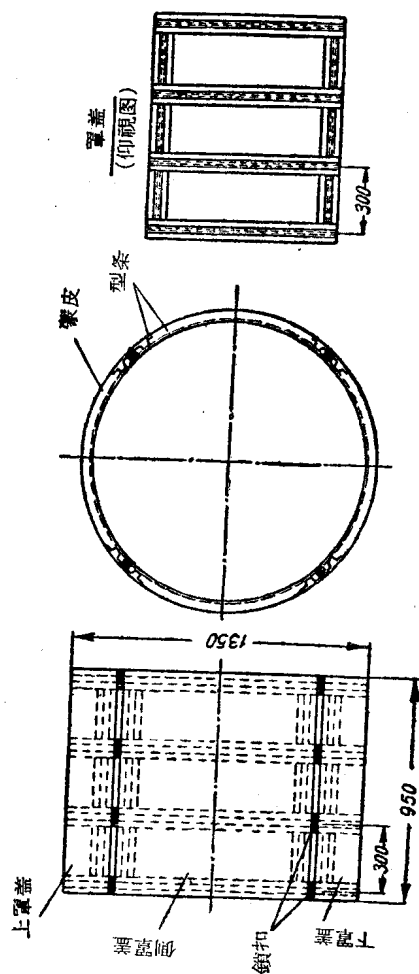


图 156 气冷式发动机罩中段