

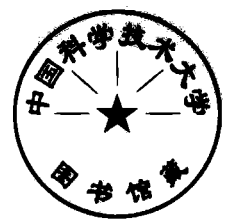
專 題 文 献 譯 編

高 空 生 理 学

第 一 輯

中国科学技术情报研究所

1960年1月



專 題 文 献 譯 編

高 空 生 理 学

編 輯 者 中国科学技术情报研究所
出 版 北京朝内大街117号

印 刷 者 北 京 解 放 軍 报 印 刷 厂

發 行 处 全 国 各 地 新 华 書 店

定价：0.87元

1960年1月第2次印刷

目 录

一、在人造地球卫星上生存条件的保证	1
二、现代航空事业中的生理的障碍	8
三、宇宙飞行	11
四、飞行时的生物电流的测量	12
五、爆炸减压的生理和病理效应	15
六、爆炸减压时动物体内气腔的形成	19
七、在65,000英尺高度爆炸减压的病理学评价	22
八、快速减压时的虚脱现象	26
九、真性爆炸减压	30
十、在极度高空中体液的沸腾	32
十一、在高空体液沸腾的真实特征	36
十二、在低气压下活组织的沸腾现象	43
十三、在高空机体内的沸腾和蒸发现象	47
十四、加压服的生理学	59

在人造地球衛星上生存条件的保証

(Обеспечение Жизненных Условий на ИСЗ)

В. Петров

利用自动的宇宙偵察机能够探索到大气上層和宇宙空間的自然条件。今后将要建立固定的宇宙站。这样，适于人居住的星际飞船即可飞向另外一个世界。目前我們研究的問題是：在星际飞船上飞行期間以及停留在衛星上和最后着陆时所产生的一些生理現象，人是否能經受得住。同时还要談到各种工程問題，这些問題是与保証人造地球衛星和宇宙飞船上的生存条件有关的。

1. 密閉座艙的建立問題

当研究人有可能飞向宇宙的时候，第一个需要解決的問題即已發生的問題，是在同溫層低層飞行的飞机的設計問題。众所周知，在4公里的高度，人就开始缺氧，如上升到7—8公里的高度，沒有氧气装置，則对生命就有危險。采用氧气的呼吸装置就可使人的上升高度增加，但是在12公里的高度就是用純氧呼吸也无帮助，而在15公里以上的高度，一般氧气就停止进入肺臟了。

为了預防所謂的“氧”气飢餓現象，就必須使飞机或火箭的艙內具有正常呼吸时所需要的空气压力和氧气分压。

除此之外，在8公里以上的高度，由于空气压力的减小，沒有密閉座艙保护的人就可能产生所謂的减压病。这种病症的原因是由于下列情况所致：在减压时由于溶于血中的氮气轉变为气体状态，因而就可能在血管內、关节腔和各种組織中集聚成泡。

血管內形成大的气泡就引起血管产生血栓，因此，就会出现身体的瘫痪，甚至于死亡。

应当指出，当更大减压时，如在19公里的高度，甚至于在正常温度的情况下，人体內液体也沸騰起来了。这些現象曾被許多作者用动物試驗过（主要是用狗試驗），他們使这些动物受到突然减压达一定程度。經過30—60秒鐘就可观察到呼吸完全中断，大約經過2分鐘，心臟跳动便完全停止。

应当指出，宇宙中所有的这些現象，远比人們所預料到的現象要更剧烈得多。

为了預防这些現象，高空飞行的飞机都备有密閉座艙，并且在呼吸时所呼出二氧化碳和水蒸气都向飞机周圍的空間通風，而呼吸所需要的空气則来自大气，这是由于它受到了預先壓縮的緣故。

这种方法不适用于火箭，因为在24公里以上的高空，由于大气非常稀薄，空气的壓縮十分困难。

同样，假若是人仍能够做出适用于極度高空的壓縮器，那么当壓縮器工作的时候，艙內的温度可能会升高到200°C以上，除此之外，在这样高度中臭氧在艙內可能会聚

集，并有害于人。

因此，为了在 24 公里以上的高空飞行，就需要一个完全与外界隔绝的环境，在这种环境中舱内所需要的压力只能依靠气体（主要是氧气）的贮备来维持。气体要处于压缩或液化的状态，放在火箭的舷侧，人所呼出的二氧化碳和水蒸气将要利用化学吸收剂来清除。为了减少火箭舷侧上的空气贮备量，舱内的一般压力只要保持在约为 $1/2$ 个大气压的水平上就有足够的氧气以补偿低压的损害。

通常舱内备有可以自动指示氧和二氧化碳含量的仪器，以及维持舱内大气成分和规定的压力的自动装置。当然，密闭座舱的好处还有在飞行期间乘务员感觉不到舱外骤然变化着的大气压力。

当设计密闭座舱的时候，还必须考虑到温度的因素。

当飞行时，特别是在通过大气浓厚层的过程中，舱壁及舱本身的空气有可能显著地变热。尽管气体的游离粒子在电离层的上层具有着 $2,000^{\circ}\text{C}$ 以上的温度，但由于它们极其稀薄，所以不致使火箭过热。还应认识到，在 560 公里的高度上，铝制火箭的外壳的温度是不高于 27°C 的。

在宇宙中火箭的温度将决定于吸收太阳热能与火箭本身辐射能的对比。众所周知，黑色表面吸收热光线强，而白色和光泽的表面则散射热光线强。

Циолковский 利用了这个特性提出了如下的建议：在火箭的表面上，一部分涂上黑色，以便吸收太阳光辐射的热；另一部份做成光泽发光的，以便增加对热光线的散射。利用自动装置对着太阳转动火箭（或人造地球卫星）就可以保持火箭内（或人造地球卫星内）所需要的温度。大多数半导体的仪器在温度高于 60°C 时便不能工作。关于这一点是非常重要的。

目前采用着这种方法来保持所需要的温度，特别是用同温层气球（Эксплорер II）试验过，利用这种方法将气球的吊舱涂上颜色。在 22 公里的高空，在 6 小时（白天）期间，吊舱内的温度波动于 $+6.5^{\circ}$ 到 -12°C 之间。

根据著名的德国科学家 Г. 阿伯尔特的计算，宇宙火箭（或人造地球卫星）舱内空气的温度是可以调节的。其调节的方法是：使黑色表面的大部分或小部分向着太阳，或者是使发光的表面的大部分或小部分向着太阳，温度范围是 $+29^{\circ}$ 到 -12°C 。

舱内应当预先设置保证乘务人员生命安全的各种装置，以便在可能发生危险时使用。

例如，假若在人造地球卫星的舱壁中出现一个这样大小的洞（就是说该洞在 1 立方公尺体积的舱上占去了 1 平方厘米的面积），那么当洞形成之后，经过 40 秒钟舱内就会形成真空。在这种事故发生时，假定已备好有了轻型的急救星际服（一种飞行密闭服）和急救用的氧气贮备；氧气贮备是用来维持星际服内所需要的压力。同时也可利用为堵洞之需。

在特别危险的情况下，舱能够与人造地球卫星脱离，并利用不大的制动火箭射向陆地。当到达大气层时再利用降落伞降落。

利用火箭飞行时，曾进行过以下的试验：把放有猴子的密闭座舱从 160 公里的高空抛出去，和把放有狗的密闭座舱从 200 公里或 200 公里以上的高空抛出去。

2. 紫外綫及宇宙綫的防护

呼吸問題及溫度問題是人在宇宙中必須遇到的問題。這個問題長久沒有得到統一。

人所共知，在炎熱的白天當太陽晒得過度的時候，可能人被晒到這樣程度：先開始脫皮，有時身體還可能出現更嚴重的灼傷。灼傷的產生是由于太陽光譜中的紫外光綫對皮膚的影響。同時還應當注意，大約在45公里高度上臭氧層強烈地吸收着紫外綫，所以在地球表面上的紫外綫對人的影響已大大減弱，假若人位於絕緣的臭氧層上空，那麼受到紫外綫的影響就會非常厲害。但是在火箭艙內防止紫外綫並不是特別困難的，只要艙的所有玻璃表面（能透太陽光的）是由不透紫外綫和X綫的物質構成即可。這種成分的玻璃已經制成了。

對宇宙綫的防護是困難的多，甚至於約為一公尺厚的鉛層對防護宇宙綫也不是完全可靠的。關於宇宙綫有害於人的機體的意見，有些學者仍有分歧的看法。據了解，在宇宙中續航飛行的飛行員，他在宇宙中遭受到宇宙綫輻射較在地面上多許多倍。但是到目前為止，宇宙綫有害於人的情況還是不清楚的。必須指出，無論是宇宙綫的性質或是它的作用，仍研究得很少，只是蘇聯的第二顆人造地球衛星才使這個問題稍微清楚一點。

3. 過重負荷和失重

在進行宇宙飛行時，還遇到了一個困難。最近它的意義被強烈地夸大了。困難在於：火箭飛行的第一階段當速度迅速增加時，以及當返回著陸速度迅速減低時，火箭的乘務人員將要遭受到很大的過重負荷，即人將要感到到自己的重量增加數倍，我們已知道，速度這樣的迅速增加是必然的。而現在使我們感到興趣的是這時所發生過重負荷現象。

過重負荷不是固定的單位數量，它只是表示對身體附加力與身體重量之間的比率。根據作用的方向，過重負荷分為方向向下的正過重負荷和方向向上的負過重負荷。

關於人的身體過重負荷可分為縱向的、橫向的和側面的（圖1）。

縱向過重的方向是沿着軀干，當作用是由人的頭部向着腳部時，這種過重叫做正過重負荷；反之，當作用由腳向着頭部時，即叫做負過重負荷。

人忍受負過重負荷要比正過重負荷艱巨。

處於靜止狀態的身體所遭受到的過重負荷可視為一個單位。根據這個條件，當過重負荷為零時，身體的重量就沒有了。

在短時間內，人可以忍受三倍的負過重負荷，這時人就感覺到血涌向頭部，顫動脈搏動，以及頭

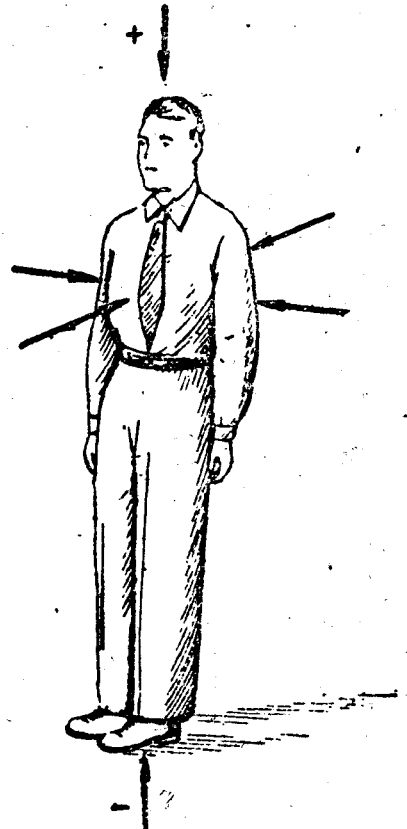


圖1 作用到人的過重負荷

皮急烈緊張。

當4—5倍的負過重負荷時，人的情況就變得非常緊張，在顳部出現象刀割一樣尖銳的疼痛，臉和頭的血管充滿了血，從而引起鼻子出血。

當負過重負荷作用的時間增加時，就出現視力被破壞的現象，失去知覺。

正的縱向過重負荷的作用同樣也引起人體內的損傷，但在過重負荷停止之後，人恢復正常狀態比負過重負荷之後要快。當4—5倍的過重負荷時，很難做到使頭保持在所需要的位置，並產生下列現象：兩頰和嘴唇下垂、下頷骨下垂、呼吸遭到破壞、用兩手運動極其困難、內部器官發生移位，所有這些都使機體產生不正常的感覺。

人不能夠忍受非常大的正過重負荷的作用，因為這時流向腦部的血液不足，和產生心悸等現象。

延續性的4倍—5倍的過重負荷，就開始引起視力的喪失，並使高級神經的活動受到破壞，即靈敏性遲鈍了，注意力減低。

繼續增加過重負荷量或是延續正的縱向過重負荷，能夠使知覺完全喪失。

無論在過重負荷量的方面，或者是在延續期方面，人體忍受橫向過量負荷要比忍受縱向過重負荷好一些。在橫向過重負荷大的情況下，血液的循環並沒有受到破壞，而當作用的時間較短時。過重負荷作用意義更大。這些情況將在下面要部分地闡述。在正常人體中，內部器官並不發生巨大的移位，而且血管主要是沿着人體縱徑分布着，因此，橫向過重負荷對血液循環沒有特別影響。它主要是對呼吸有影響；當過重負荷的值太大時，呼吸發生困難。

為了調節血液循環，人體具有特殊的神經“機制”。當由於過重負荷的影響而血液循環受到破壞時，該“機制”即起作用。各種成份“機制”很多。在過重負荷的情況下當血液循環受到破壞時，所有的這些“機制”都被動員來維持血管中所需要的血壓。

目前科學家們認為，在飛行的最初階段，當火箭的速度是最大的時候，人自己的感覺是如同重量增加到4倍（增加了3倍），在以後的飛行階段，過重負荷即顯著地減少，將相當於大約兩個人的重量。既然飛行第一階段的操縱即將實現自動化，因此，乘務員就不需要完成與火箭的操縱有關的某些任務。所需要的儀器和操縱工具將來都置於艙內，人是可以躺着來操縱機器的。這樣使用起來亦極方便。由於臨床研究和試驗室的試驗證明，在這種情況下，人承受加速度的能力最好，（圖2）。

為了使遭受過重的人能夠承受過重負荷轉為輕微起見，人應當在一種人工構成過重負荷的特种设备上進行長期的鍛煉。

飛行員所用的這些設備是迴轉式的。未來的星際乘務員將來同樣可以使用它們。

當人造衛星或火箭達到7.9公里/秒的速度時，離心力與地心引力均等，而艙內即出現失重狀態。

如果說在地球上產生過重現象是十分容易的話，那麼失重的產生只是短時間的，如電梯的降落等……。由於失重作用的時間短促，所以在地球上研究失重的現象是非常困難的。當人造地球衛星第一次飛行時，首先用動物，然後將用人來進行研究失重對機體活動的長期影響問題。目前在這一方面已經能夠做出某些假設。

在正常很多情況下，我們身體對重力的方向並無區別，所以吃飯、呼吸、說話、思考、無論是站着或是躺着都可以，並很有效地利用雙手。事實證明，重力的作用即不幫

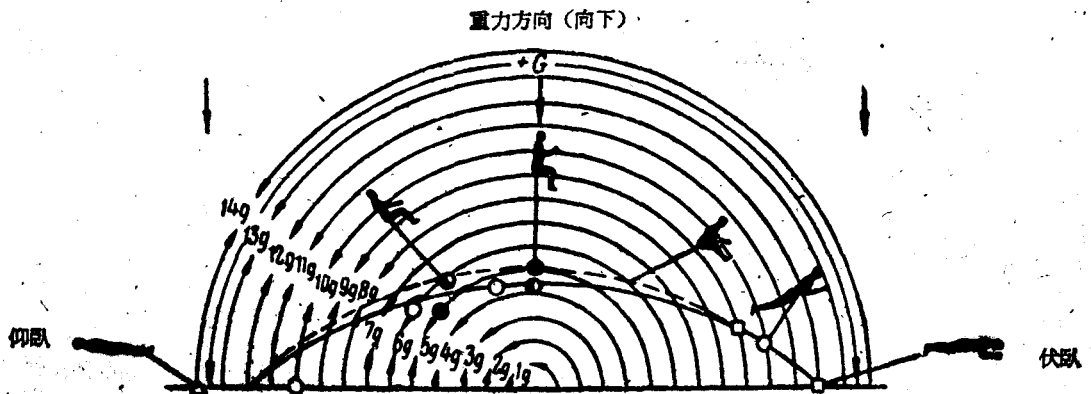


圖2 根据人体的位置人承受加速度的能力

○—Климова Мейо ○——英国的資料, △——德国的資料, □——美国的資料, G——重力的速度, G——重量

助,也不妨碍人体大多数作用的实现。有些殘廢者終年不得不躺着生活,但在这时由于重力的作用并未感到特別困难。从医生的角度来看,失重状态在很大程度上要影响的唯一机能是內耳的平衡机能。但是由于某种原因,当人們这个机能發生了损伤时,只有在水里才能辨識方向。这是由于視力在很大程度上补偿着这个机能的不足。有些科学家們認為,由于失重長期影响的結果,神經調节血液循环的能力可能逐步地削弱。削弱的原因为身体缺乏活动性和肌肉組織的衰弱,在很大的程度上这不是生理上的作用,而是心理上的作用,因此,需要这样来設計一种座艙,就是在艙內有条件地实现《上》和《下》。同样也有这种可能,完成了長期星际旅行的人們,需要重新習慣于地球上的生存条件。在艙內不可以走动,因为脚对地板沒有压力。因此,走动时所需要的摩擦力也不存在,运动是靠系紧到艙內固定零件上来实现的。当使用液体时,将要感到特別不方便。因为按照我們通常的習慣,液体是不会流出的,必須用水泵或橡皮灌注器以强制手段使水流出。并且須用浸湿的海綿来洗臉,燃燒也不是以普通的方式进行的:需要把繼續不断的氧气流引向燃燒器的火焰,因为燃燒的产物包围了火焰,能使火焰熄灭。食物应当在轉动式的閥罐內煮,使罐中的食物在离心力的作用下紧靠于壁上。有些科学家們認為:进行着星际旅行或在人造地球衛星上長期飞行的人能够以藥片为食,藥片集中了人的生命所需要的滋养品。但是,研究証明,人是不能依靠这样食物而生存長久的時間的,因为除掉营养之外,在質和量方面人要取得一定的、最低限度的食物。这对消化器官的正常工作來說是必需的。

为了便于人在艙內生存起見,需要在艙內建立人工重力。关于这一点,可使火箭和衛星作旋轉运动的方法来实现,(圖3)这时产生的离心力在艙內形成了失重的感觉。为了同一个目的,另外一些科学家們建議使用磁力板和相适应的鞋。但是这种方法只是部分地解决了問題;如使艙內人的活动方式方便了,但对所有的非磁力体(液体、食物、衣服等)仍有失重的条件,所以由于失重而产生的不方便仍存在。

已用猴子和狗进行了多次試驗,把这些动物裝在高空火箭上送向高空,使它們在相当長的时间处于失重的条件。在美国用嗎啡麻醉的猴子升到80公里高度以上,猴子的照片被刊登在国外和苏联的一些报刊和杂志上。这些試驗不是經常成功的,在很多猴子中只有一只活着。

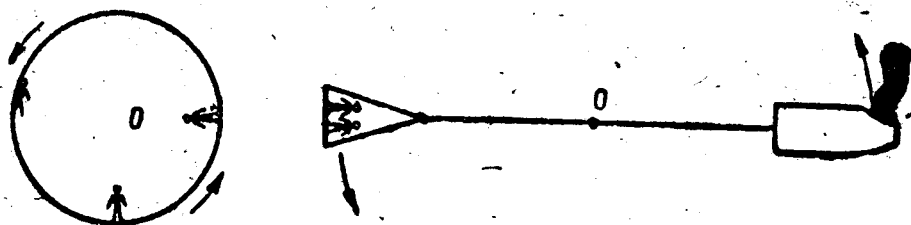


圖3 人造重力的獲得（O——旋轉心中）

已經不只一次地將老鼠升到大氣的上層進行試驗過。

在1956年12月舉行的關於火箭和操縱裝置問題的巴黎國際會議上，蘇聯科學家做了科學報告，即把不用嗎啡麻醉的狗順利地升到110—200公里以上的高空。這些狗到現在還活着，並感覺很好。這個報告成了激動人心的消息。其中一只狗的照象在圖4中示出。在1957年2月的“勞動”報上登載了這樣的消息：當把12只狗升到110公里高度時，其中的任何一只都沒有死亡，並首次攝下了科學資料的照片。該照片說明了，在無空氣的空間和失重條件下這些首批旅行者在宇宙中的舉動。領導這些卓越試驗的蘇聯科學家Покровский談到：“……一股煙似的銀色火箭，在太陽升起前的5分鐘內，即飛入了同溫層，在火箭的頭部設有一個不密閉艙，彈射小車就放於這個艙內，小車上載有特制的密閉飛行服，900公升氧氣的供氧設備，降落傘系統，以及記錄飛行時生理功能的裝置。

彈射小車重量為70公斤。降落傘系統張開時，保證了大約6公尺/秒的垂直降落速度，高空探測用的火箭很快就達到110公里的高度，在那裡，火箭的頭部與其外殼分開，而自由降落就開始了。在80—90公里的高空，大約以700公尺/秒的速度彈射出了第一個小車，此後，經過3秒鐘，降落傘系統就張開，動物從75—85公里的高空，在1小時的期間內就著陸了……。”

從1951年開始，蘇聯科學家組織了很多次火箭飛行，其目的是研究大氣高層的特性以及這些特性對有機體的影響。

在解決很多複雜性的生物學問題方面，這些試驗獲得了很大的成就。成功的解決了這些問題之後就可以進一步地使人能夠飛向宇宙的空間。

1957年11月3日第二顆人造地球衛星在蘇聯的發射是證明了蘇聯在科學和技術方面有了新的和巨大的成就。這顆衛星與第一顆衛星主要的區別是在於：在第二顆衛星內有着更複雜的儀器和一個裝有試驗動物（狗）的密閉容器，容器內還裝有空氣的調節系統、食物的貯備和用來研究在宇宙空間生命活動的裝置。

根據科學資料積累的程度以及當載有動物的第二顆人造地球衛星發射之後，對於實現人類飛向宇宙更加接近是毫無疑問的了。

失重和原始宇宙綫放射的影響以及太陽的紫外綫和微粒輻射的影響，在醫學和生物學方面實際上研究得非常少。只有在大气上層的長期飛行中，才有可能說明它們以及另外一些我們還不太知道的因素對生物的作用。

進行這種研究需要大力地克服在設計和方法上所存在的困難。在這種情況下，所有的儀器在長時間內應自動工作，自動地記錄一些所需要的數字和曲綫，對過重負荷、振



圖 4 被苏联科学家送到110公里高空，并安全返回着陆的弹射小车和狗的照像。

荡、压力及温度的变化均持有高度的稳定性。并且仪器尚应具有最低限度的外形尺寸、重量和耗电量。

当创造动物飞行中生活所需要的条件时，也产生了不少的困难。譬如在密闭座舱中被做得很好的以及通常应用的空气再生系统，由于本身笨重而显得不适宜。

需要建立另外一些更有效的系统。很明显，因为失重状态消除了通常地球上的空气交流，所以通风系统应当是强制性的。由于这样，舱内的热量交换以及动物不受大的温度波动的保护作用将具有一定的特性。

因为在失重的条件下，处于自由状态的液体，可以沿着全舱喷散，因此，研究保证供应动物水和液体食料的方法是必要的。

要想了解在特殊的试验条件下所提出的任务的多样性及复杂性，甚至这一点还远没有把问题全部概括出来。

为了维持动物的生存条件，需拟制很复杂的全部自动设备的系统。同时采用科学仪器来研究动物的基本生理功能及舱内卫生条件。并且要预先训练动物，使它适应于长期逗留在舱内的环境及建成某些阳性条件反射。

对第二颗卫星上动物的观察，就有可能阐明；无论在飞机或火箭上高空飞行时或在试验室中所不能研究的因素对机体的影响。

为了保证卫星上有机体的飞行，必须解决一系列的特殊医学-生物学和技术问题，其中每个问题都具有重要的理论意义和实际意义。

温血动物（狗）是卫星的第一个“旅客”。这完全是很自然的，因为它的正常生理学已详细地研究过。狗对于异常飞行条件的训练，表现很好，所以第二颗卫星上动物的材料将做为广泛科学分析用的资料。

为了说明特殊问题，需要使用类人猿、啮齿类、软体动物和昆虫试验。在后一种情况下，对进行遗传研究是有很大的意义的。

不言而喻，准备放射第二颗带有动物的人造卫星是一项如此渊博的科学工作计划，完成这项工作计需要苏联的科学家和许多科学团体作很大的努力。可以预料，该时已获得资料有可能使之更深刻、更完整、更全面地研究飞向宇宙的条件，并以此来实现人类的宇宙飞行。

4. 星 际 服

在宇宙旅行中，人需要一个特殊的衣服，它应当是密闭的，而又不妨碍活动，并且

应保证正常的压力。每个星际乘务员都需要若干件星际服。

第一、是当火箭从地球飞入宇宙时，人要穿上星际服，这件星际服应当使人免受所产生的过重负荷。类似的星际服见图5所示。



圖5 过重负荷时用的重型星际服

第二、是在火箭中走动用的星际服，因为火箭的舱是密闭的，在舱内空气自动供应，所以，笨重的星际服对乘务员是不适宜的，乘务员应穿轻便的，所谓过重负荷的星际服。来自乘务员带子上的小气囊的压缩空气，在这个衣服中形成了对机体的人造压力。这样一来，就促进了人的体内血压增高，这对人的生存来说是非常必要的。

第三、乘务员还需要有进入宇宙中穿的星际服，这种密闭飞行服式的星际服一定要密闭起来。还应具有一个独特的装置，它可以保证正常呼吸，并在衣内保持着所需要的温度。星际服不应束缚乘务员的活动。

解决保证人在火箭上或有人造地球卫星上生存条件的问题是需要科学研究工作方面有一个相当长的时间，关于创造密闭座舱、密闭飞行服、和超音速高空飞机的过重负荷星际服的經驗，以及放射第

二颗苏联人造地球卫星时所解决的医学、生物学问题，是人征服宇宙所预先走的第一步。已实现的技术水平和知识的积累使之完全确信地断言：建立适于人居住的人造地球卫星和星际火箭是当前10—15年期间的现实任务。

（节译自“人造地球卫星”〔苏联国防部军事出版社1958年版〕）

现代航空事业中的生理的障碍*

(Die physiologischen Barrieren im neuzeitlichen Flugwesen)

G. Schubert

现代航空技术上常常谈到各种障碍。在超音速的速度下飞行时必须克服所谓“声音障碍”就是一个例子。接近超音速的速度会发生特殊的、气体动力学的状况，使飞机绕着它的横轴作危险的震荡，并要求飞机采取一种特殊的负荷面。即使在音速的速度下从

* 刘光远校

事低空飞行时，座舱里的气体动力学的發热程度已然高到使坐在里面的人們非有冷气装置的保护不可。火箭从宇宙空間回到地球大气層时，在技术上也有克服“热障碍”的必要。与这些航空技术情况相关联的，也可以談談“生理的障碍”。这里所談生理的障碍是指一切航空的环境能使駕駛人員的各种器官系统的工作能力受損害到不再能够有目的地控制飞机，在一定的情况下甚至使他死亡。在这一定义下存在着許多的障碍，其中一部分早就已經被克服了，一部分被証明是无法克服的，还有一部分則尚待發明一种方法来克服。

在气球飞行时代已經被克服的是“高度障碍”。超过4公里的高度，并于較長的時間內逗留在那里，大气的低氧气張力就会損害人的工作能力，以致不能确实地控制飞机及执行特殊任务。为了避免高度障碍，也就是使高空病害不至發生，在4公里高空必須吸入附加氧气，到更高处則需吸入純氧。在今天高空病害乃至高空死亡已成为航空部門中的意外灾害了。

超过12公里的高度即开始有“气压障碍”。自这个高度开始，即使吸入純氧也不能滿足器官的氧气需要了。在这里加上了極度下降了的大气压力的純物理的作用。自9公里的高空起，就有作为减压病的征候的疼痛表現，特别是在各关节上。这种疼痛是由气体（氮）的游离而来，并随高度增加而加剧。为了克服这个障碍，必須采用“附加气压”，即穿上所謂加压服或使飞机上的人們都进入加压座舱。这个障碍也久已在实践上克服了；但今天的高度記錄还不过24公里。加压座舱或加压服漏气的事情，今天也已属于航空意外灾害問題的范畴了。

加压座舱或加压服破裂所引起的直接后果是：

1. 急性缺氧症，在16公里以上的高空，10—15秒鐘后即失去知觉。
2. 時間延長則發展为自發性的气体游离症，而有栓塞症的危險，及
3. 肺臟由于破裂或出血引起擴張不全。
4. 气压突降至相当于体温时的水蒸气压力之下，即在47毫米水銀柱之下时，組織液将轉变为蒸气状态，而引起巨大的皮下气腫。
5. 如果气压爆炸式突降，即于5毫秒及更短的時間內發生，則出現純粹神經性的虛脫休克，也就是立即發生难以恢复的呼吸停止。在这里决定性的东西的襲击胸部的气压变异。如果迷走神經被隔离，或胸部有泡沫状軟橡胶保护，則休克而死不致發生。这种現象与巨大的爆炸体爆炸后，在它的压力下的气体扩散的現象是相类似的。

在几十年前高空航行就已經發現了一种新的障碍，即加速度的障碍。取头——脚方向起作用的射綫（向心）加速（在轉弯，以及俯冲后恢复正常位置时）很快就会达到不能忍受的限界。象在飞机和离心机試驗所得結果那样，在飞机上直坐的飛行員，在平均4.5g加速度情况下，尚能支持15秒鐘而不致失去視野。支持更長的時間或提高加速度的程度就会使人失去知觉；这是由于充血，特别是中樞神經系統的充血所引起的。如果加速度作用的方向与大的軀干动脉相交叉，这就是說，如果飛行員在飞机中取腹位的話（根据离心机的試驗），可忍受的限界就可以高得多。在这样的情况下，可以在10g加速度中支持3分鐘而不受損害。过去曾用了很多人力和物力去搞清楚加速度的机制作用。为此制造了巨大的离心机（直徑30米，功率达4000馬力），并利用了多种有時間規定的生理学仪器在这些离心机上試驗了人的各种器官的反应。但可惜，这些研究的結果对于航空实践的意义并不大。在飞机中采用水平的体位的各种建議，在視力問題上就已站不住

脚。旋動的座位的安置，也直到現在沒有實現。所謂抗g服（用力捆紧在两脚及腹部上的橡皮帶）在實際上還在應用，但據作者所見，其作用並不比飛行員的天然措施，如高度的肌肉張力及緊壓呼吸等好，這些都是飛行員本能地可以做到的，或可以鍛煉得來的。由此可見，加速度的障礙到現在還沒有克服，而在航空時又必需避免它。例如有經驗的飛行員就很了解，怎樣利用快速的飛機，採取適當的轉彎半徑來避免失去視覺。

現代用大量生產方式製造出來的噴氣式飛機所能達到的高速帶來了一種新的生理障礙，這種障礙應叫做視覺的障礙。這種障礙的根源是人的視覺器官反應的遲鈍，以及它的光學的分析能力不足。這個障礙的巨大的實踐意義在於這一型的飛機不能飛行，這就是說，某些一定的任務在這一型的飛機上只能非常不完備地執行，甚至根本不能執行，這就當然地使這一類型的飛機的發展成為問題。人的視覺器官的反應的遲鈍已在這一事實上表現出來，即在良好的條件下，兩個光刺激在短於 $1/50$ 秒的時間間隔逸過時，人們的視覺器官已不能分別地感覺到，而只能當做一個統一的光刺激而感覺到了。在生理學上比較起來很令人感到興趣的是蜜蜂、蜻蜓等能飛行的生物在一秒鐘內能分別感覺150個光刺激；在足夠光亮的條件下，甚至在一秒鐘內對300個光刺激也能分別感覺到。人的眼睛的遲鈍性可能用所謂“感覺時間”加以測量而表現出來。要使光刺激能夠被感覺，不獨光刺激必須按眼睛的不同的情況而具有一定的強度，而且也要有一定的時間才能引起被感覺的作用。故感覺時間就是自光刺激作用於網膜至感覺形成的時間。感覺時間又由兩部份的時間所合成，即感受器官的潛伏期，這是刺激網膜所需要的时间，神經細胞的傳遞時間以及接通機制上所延擱的時間；及中樞潛伏期，這是刺激皮層視區所必須的時間。感覺時間的長短，要看下面一些條件如何而定：刺激光的強度及顏色，刺激光強度與背景光強度的差別，被感覺的形象在網膜上所佔範圍，流動刺激光的速度，眼睛的適應情況等。由於這些條件的不同，感覺時間可在0.05—0.1秒鐘之間。這些時間關係當人們在地面上運動時並無任何意義。但在使用的現代化的飛機，如每秒鐘飛行300公尺的噴氣式飛機，情形就不同了。若在這種情況下，出現了一個在時間上靜止的目標，如果假定感覺時間為0.1秒，則需較平時在地上近30公尺才可看到，如果還看得見的話。但這裡所謂只是指在視野之內任何一處的視覺目標的被感覺而言。為了使目標真正被認識，即被看清楚，眼睛必須運動，使目標能出現在網膜上視覺最靈敏的地方。這些輔助動作也需要一定的時間，因此，感覺時間平均可延長到一秒鐘。在所舉例中可見，在目標被看清楚之前，它已接近了300公尺；換句話講：在飛機駕駛員面前300公尺的目標，實際已經在他側邊。由此可見，在飛機駕駛員之前有一個“盲帶”，可以叫做視障。這一地帶的縱深是與飛機的速度相順应的。在這裡還沒有談到所看到的目標的邏輯的加工及情況的掌握。如果將這些動作所需要的时间都加上去，則感覺時間將延長到許多秒鐘，這就使上例中的視障地帶的縱深可達1公里。到現在為止還沒有飛機駕駛員自覺地，有準備、有目的地從事過這種舉動，而在每秒鐘300公尺的速度相遇之事則已有之。視障在航空事業中造成不可忍受的情況；在實際上也已出現過這樣的作用，特別在意外災害統計中可以看到。在實際上，人們也曾用無線電探測設備人為地擴大視野。無線電探測設備也曾經必須地被用以尋找因極高的速度而失去了的目標。在實踐上，這又是一種時間的損失，完全不適當地加重了駕駛員的負擔。

前面所講的只照顧到比較小的飛行速度而已。如果人們考慮一下用火箭推動力可以

达到的超音速的速度（曾經达到过每小时1990公里=每秒鐘550公尺），那么即刻会了解到，視障将使人不适于現代型飞机的駕駛，如果要用这些飞机来从事一种有目的的演習的話。必須用电视，远距离操縱的电子技术及自动化的有目的的控制等来代替人的眼睛。由于眼睛的視障，人已經不适于駕駛这一型的飞机了；电子仪器执行这一任务比人精确得多，而且也便宜得多。

在地球大气最上層作較長時間的飞行已要考虑到有發生輻射的障碍的可能。超出大气層以上，对于輻射起防御作用的滤过屏蔽消失了；沒有保护的人体可受到严重的損害。滤过屏蔽首先是对原始宇宙綫，并从而对宇宙綫的重核成分起屏蔽作用；后者——重核成分——是具有特別高的电离作用的因素。原始宇宙綫在到达20公里高度就变为第二性射綫，它的作用約等于X射綫。这种第二性的射綫在中部緯度，18公里高空对沒有保护的人体，在24小时內可放射14毫当量。这一照射的事实还不怎样危險，因飞行时只有比較短的时间在这样的高空盘旋。至于原始的（第一性的）宇宙綫則因其巨大的能量，对于人体組織的作用比X射綫大得多了。但直到現在为止，关于这一射綫的密度及活的細胞对它的特殊敏感性，特別对它的重核的敏感性知道的还太少，故未能下結論。这一問題的解釋，还有待于哺乳动物在重核帶中的檢驗才能获得。現在使用的、达30公里高空的气球，不适于这种探测用，因这一高度正好是重核帶的最下界限。但在这一高度的气球中，在人的皮膚上已可發現重核命中的踪迹。关于对原始（第一性的）宇宙綫的防御問題，人們已作了深入的理論的探討。一个不充分的保护，可带来更强的作用的危險。至于足够厚的保护壁則因其特大的重量而不适用。只有限制飞行時間才可以防止經常的侵害，特别是由重核命中而来的侵害。

結束語：生理的“障碍”是飞行时能够限制飛行員的各种器官的机能，而使其不能繼續确切地駕駛現代飞机，甚至使其死亡的一切周圍环境因素。在叙述克服这些障碍的可能道路时已指出，高度及气压障碍早已被克服；它們只在飞行意外灾害問題上还占些地位而已。唯加速的障碍及視障尚无法克服。視障是由人的视觉器官的反应性所引起，在實踐上它在一定的速度以上时在飛行員的眼前造成一个盲帶，它的縱深程度是与飞行速度的增加而俱增的。这种視障使人在高速度飞行时不适于执行战术的任务。在地球大气最上層的飞行，会出现“輻射障碍”的威胁，这就是宇宙射綫对人体器官的侵害，特别是它的重核成分对人体器官的侵害。

（譯自Schweizerische Medizinische Wochenschrift 1955, 85, 400）

宇 宙 飞 行*

（В Космическом Полете）

К. Платонов

还在不久前，只有誘人的幻想小說中写着到月球，火星和其它行星去飞行的故事。但我們著名的科学家К.Э. 齐奥尔科夫斯基科学的指出了，星际飞行这不是幻想，而完全

* 離家宜校

有可能实现。K.Э. 齐奥尔科夫斯基是星际飞行、即所谓宇宙航行科学的奠基人。现在苏联的科学，如苏联科学院院长A.H. 涅斯米扬诺夫院士所宣称的那样，已发达到有可能制造人造地球卫星和发射火箭到月球去。而其他各国也在研究解决这些问题。

从1957年7月1日至1958年12月30日的国际地球物理年内，在苏联和其他国家将发射人造地球卫星，这是为实现星际飞行而将走的第一步。装置在这些人造卫星里的无线电设备将进行十分重要的科学观察，并为建立载人的人造地球卫星的可能性提出论证。在那里离定期的宇宙飞行已不太远了。

宇宙航行学的发展促使了宇宙医学的建立，涉及这一方面的问题是十分多的。由于长时间不断的飞行，这样，同温层适用的飞机座舱内的空气长期再生问题，以及长时间穿密闭加压服个人卫生的保证问题，就迫切需要解决。但对人体生理机能的研究，在失重情况下人的活动的研究以及与宇宙射线作斗争等，显然将成为宇宙医学中的最特殊问题。

在宇宙飞行中，所有物体和宇宙飞行员本身都将失掉重量。这使生物体的个别生理机能活动及人的活动起着重要的变化。譬如，宇宙飞行员的手的运动将使得全身旋转起来。喝一口水也很困难，因为水成为一个圆滴状悬挂着。但是有根据确信，在丧失重量后，生物体的活动中，不会引起特别严重的，不可克服的变化。活动的变化，将借助于专门性的锻炼被校正过来。

解决与宇宙射线作斗争的问题是比较复杂的事情。在40—50公里高空已可以遇到透过大气层的宇宙射线；对放射性物质的研究试验及对原子防护方法的研究指出了同温层飞行员和宇宙飞行员的保险装置方法，以免宇宙射线的有害影响。

在巨大高度上产生了对紫外线的防护问题，在高空25公里或更高些时，紫外线的强度（波长不到300毫微米）显著增长；但紫外线只能影响到人体暴露无遮的表面部分，并很易被玻璃挡住，因在玻璃里含有一些稀土族元素。这就易于设计飞行员在同温层及宇宙飞行时防护紫外线影响的保险装置。

宇宙医学将研究宇宙飞行中的所有这些问题。这门医学将首先建立在现在对人在同温层飞行中的研究基础上。

（节译自“人在飞行中”〔苏联国防部军事出版社1957年出版〕）

飞行时的生物电流的测量*

(Bioelectric Measures during Flight)

J. G. Roth, S. I. Cohen, A. J. Silverman,

G. E. Johnson 及 E. G. Correll

二次世界大战以来，航空医学的研究已经逐步增加用客观方法来测量生理状态和活动。生物电流的测量是其中最有效的，它们很容易显示、传导和纪录出来，并且生物

* 蒋其斌校

电流的实验结果在短时期内即可引用，不象其他方法如化学试验法有所延搁。最近在航空医学试验室（Aero medical laboratory）进行的研究工作已经应用了心电图描记器、皮肤电阻计或皮肤电流器和脑电波仪器。

心电图描记器是高空、离心机和心理学研究中的一项基本仪器。这种仪器所提供的有关速度、节律、传导机制的材料，以及有关G力（地心吸力）和心脏的位置的实验材料不但可以作为生理活动的一个指标，并且可作为保证被试在实验时安全的检查器。皮肤电阻的测量在心理生理学实验中的应用已超过了五十年。然而，有两个主要困难影响着这方面的测量。第一是测量仪器的按装，第二是对产生皮肤电阻变化的实际原因及其特殊意义尚缺乏知识。我们相信仪器的問題已由McIennan和Correll设计出航空医学实验室型的皮肤电阻计（G₁SR）而大体解决了。这架仪器是非常灵敏的并且几乎完全排除了外来的影响。第二个问题是关于如何解释实验材料的问题，仍然未获得解决。无论如何我们已经有充分的知识允许我们应用这个具有高度复制能力和提供大量实验材料的仪器。

GSR受网状系统控制，所以它可以用于对该系统活动的测量。在这个试验中，它可以显示被试者的觉醒程度。目前所用的方法包括两方面的测量：由内部或尚未发现的刺激所产生的自发性或非特殊的皮肤电阻变化。和由一定的强度的特殊刺激——常是电击产生的皮肤电阻变化。经验证明，当被试者的觉醒状态或一般清醒状态从昏睡或麻醉状态

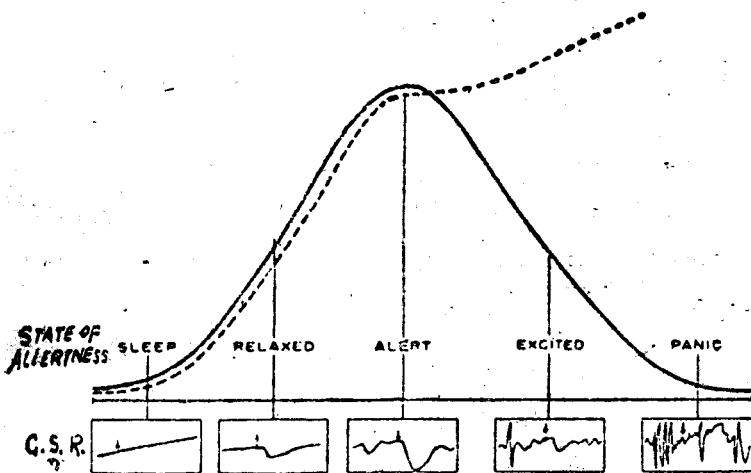


圖 1 本圖表示 GSR 反应的趨勢。以鈴形實線表示特殊反应的振幅，虛線表示非特殊反应的頻率。縱坐標及橫坐標之單位均是任意的數字。

增至注意状态和特别兴奋状态甚或狂热状态时，所产生的非特殊的电阻变化的频率增加，如图 1 所示的 S 型曲线。与此同时，由特殊刺激所引起的电阻变化的振幅随着由倦睡过渡到注意状态而有所增加，然后当觉醒程度增加时振幅又随图 1 所示铃作曲线减小。

必须强调，二曲线只代表一种关系而并未发现其绝对数值。在这种有保留的条件下，GSR 可被用作个体清醒或觉醒水平的指标。

EEG（脑电波仪器）是一个较新的仪器并且由于具有微小的电压就非常易于遭到外来影响和干扰。一般来说，它可大略地表明个体觉醒程度和意识状态的水平。在睡眠时记录的波形是缓慢的，在不紧张的醒觉状态时频率增加至 10 周/秒，在进一步清醒时或注意时可看到更快速的低电压活动。影响此种方法的应用的一个因素是：只有当被试者的眼睛闭起时不经常出现上述的变化。在目前的研究中正企图在清醒而睁开眼睛的被试者身上，用一种或几种自动 EEG 分析方法获得重要实验材料。正在研究和比较频率能力谱

及基綫交叉分析的方法。基綫交叉方法中所得的初步結果是有希望的。此种方法也是由設計GSR儀器的人員創造出來的。它可以利用電子學原理測量出 EEG 波形的周期性和複雜性。

當飛機更複雜和它們的性能增加時，更多的醫學研究是在模型機和模擬儀器，林克訓練機，高空氣壓艙和離心機中完成的。此種趨勢主要是由 2 種因素造成的：空間、重量和動力是常常很有限的，並且由於實際操作的複雜性常常不能控制或者發覺實驗中所有的因素及變化。在人體飛行時的反應研究中，使空中實驗發生困難的因素正是那些在地面難於或不可能正確複製的各種條件。雖然高空氣壓艙，離心機和模型機精確地複製了飛行情況的片斷部分，但飛行時的實際狀態仍然只有在空中實驗中才能得到。

根據這種情況，已經進行了確定在飛行時生物電流測量的可能性的初步實驗。由於 EEG 具有比 EKG 更大的敏感性易受外來的影響和干擾，決定在初步研究中不用 EKG 因為比較複雜的 EEG 裝置將給靈敏度較差的 EKG 的未來工作提供充分的材料。

航空醫學試驗室的 JC-131 B (Convair) 飛機已經改裝以適宜於試驗裝置。裝置了 110 伏 60 周的電源及適當的空間和重量的設備。該飛機是專為試驗用的飛機。為了 GSR 試驗，接裝了一個實驗室用的 GSR 儀器，一個電刺激和一個紙卷記錄器。關於 EEG 儀器，在接裝前試驗了不同種的設備，最後使用的 EEG 裝置由一個 Gvals P-4-A 前置放大器，一個 Brash BL-905 AC 放大器和 Edin 雙波道的示波器組成。在飛機中的 EEG 裝置是與所示的 GSR 儀器相象的。由於這些組成部分太大並且所要求的電力供應不適合於作戰轟炸機及作戰飛機，所以所獲得的材料將適用於空運飛機的設計和製造。而且，由此種裝備得到的材料可直接適用於軍事空運隊 (Military Air Transport Service) 所用的貨機和客機的情況。

由於精密地注意到儀器及電綫接頭的隔離工作，由 EEG 和 GSR 儀器獲得了令人滿意的記錄。以前提到的 EEG 自動分析方法需要磁帶記錄設備，而這並未包括在目前的裝備中；因此對 EEG 有重大意義的材料的分析有待於磁帶記錄設備接裝以後才能解決。利用筆和墨水波形記錄器所進行的試驗表明，在飛行時是可以得到不受外來影響的 EEG 記錄的。

在這一系列工作中所得出的 GSR 結果是非常有趣的，同時應用目前的儀器，GSR 結果是很明顯及易於解釋的。在大部分的初期研究中，我們只記錄了特殊的，自發的或未經刺激而產生的皮膚電阻變化，因為我們發現即使一個輕微的電擊就可以改變不太熟悉這種儀器的人的反應。

在某些飛行情況中和某些飛行操作中，自發的非特殊的電阻變化以不同的頻率表現出來。這些飛行操作若按反應的增加的順序排列是：運用自動駕駛儀器飛行（基本上是休息狀態），直綫和水平飛行失速，接近失速。我們發現在接近失速時較失速操作本身具有較高程度的清醒和注意狀態。這是與下面事實符合的：在飛行接近失速而非實際失速時所需要的注意量較大，而完成失速時所需警戒量較小。另一個有興趣而重要的發現是，當被試者沒有實際操縱飛機而只是一位乘客，由另一位飛行員飛行失速或接近失速課目時，被試者的自發性皮膚電阻變化的頻率最大。這可與乘客在汽車中在緊要關頭也作停車的動作相仿。在相類似的操作中記錄了由特殊電擊所引起的少量的特殊皮膚電阻變化反應，並與上述發現是相符合的。