

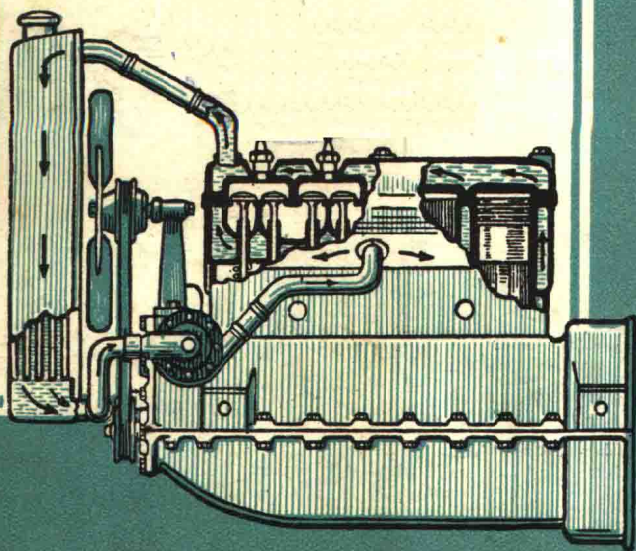
F 10

23



В.П.塔拉森柯夫 著

发动机的 冷却



93

8

发动机的冷却

B. II. 塔拉森柯夫 著
陈伯 顾 梁民生 译



国防工业出版社

目 录

前言.....	3
热的基本概念.....	5
热是什么? (5) 物体的温度和热量(8) 热的传导(9)	
发动机为什么需要冷却?	12
燃料燃烧时产生的热量(12) 发动机的热平衡(13) 发动机的零件应该有怎样的温度? (14)	
发动机的冷却系统.....	18
空气冷却系统(19) 液体冷却系统(20) 冷却液的温度(27)	
用节温器调节冷却液的温度 (29) 汽车和拖拉机发动机的冷却系统 (30) T-34 型坦克发动机的冷却系统 (33)	
坦克发动机液体冷却系统的机件和部件的构造.....	36
发动机零件的冷却(36) 散热器(37) 水泵(40) 带蒸汽空气阀的加水三通管 (43) 膨胀水箱 (44) 水管(45)	
温度表(46) 风扇(48) 空气入口(50) 空气出口(51)	
发动机热状态的调节.....	52
冷却液带走的热量和散热器散出的热量与什么有关? (52)	
改变通过散热器的空气量来调节发动机的冷却强度 (56)	
改变发动机的负荷和转速来调节冷却强度 (57)	
冷却液.....	58
水 (59) 低凝点的冷却液 (62)	
发动机冷却系统的维护.....	67
冷却液的加注和排放(67) 蒸汽空气阀的调节(68) 发动机冷却系统水垢的清除(70) 水的软化(74) 散热器灰尘的清除 (75) 温度表的检查 (77) 风扇皮带紧度的调节 (78)	

前 言

社会主义国家实力的日益加强，我們祖国国防力量的日益巩固，是由于优先发展重工业，順利地发展了我們国家的国民經济一切部門的結果。

由于大型机器制造业底发展，苏联軍隊装备有必要数量的坦克、汽車、牵引車以及其他机器等現代軍事装备。

有效地利用这些机器，將它們存放和保持在正常的技术状态，以及保持在战斗准备状态，在很大程度上决定于駕駛員的准备程度，决定于他們对器材和机器的技术維護規則的知識。

坦克、汽車和拖拉机的复杂而貴重的机件之一是发动机，因此，延长它的修理間隔期，可以收到很大的經济效果，可以减小使用費和机器保存費。

保持正常的熱状态是发动机不停歇工作和耐久性的重要条件。发动机决不可以过热和过冷，因为过热和过冷几乎总是会引起发动机的事故的。

发动机的正常熱状态是由冷却系統的正常工​​作来保証的。冷却系統是由若干部件和仪表組成的，在这本小冊子中将要研究它們的构造。冷却系統的可靠保养能改善发动机技术状态，并且能够延长它的修理間隔期。

装在坦克、汽車、拖拉机和其他机器上的发动机，它們的冷却系統的构造原理是相同的，单独部件的用途也是一样的，只不过构造形式做得不同罢了。

发动机冷却系統的維護和調节規則，对于各种机器都

是一样。

坦克发动机的冷却系统最复杂，所以在这本小册子里研究冷却系统的构造时，把重点放在坦克发动机的冷却系统上。

这本小册子的目的，是帮助坦克、汽车和拖拉机驾驶员更深入地钻研发动机冷却系统的构造、工作和维护。

热 的 基 本 概 念

热 是 什 么？

十八世紀，歐洲各國的許多著名學者都曾為這樣一種關於熱的理論辯護過，這種理論認為熱是一種很輕的看不見的流体，這種流体可被物體的小孔所吸收，就象水能被海綿吸收那樣。為了證明這個理論，曾經舉了這樣一個例子：火堆上火熱是進入了鍋壁的小孔才再從那里進入水中的，假如鍋里放有杓子的話，那麼水里的熱便又可以進入杓子。所以熱是從一個物體“流進”另一個物體的小孔的。在稱過了熱的和冷的東西之後又肯定這種“流体”是很輕的，于是就象稱呼氫氣和氧氣那樣把這種看不見的很輕的“流体”叫做“熱素”。

1744年，偉大的俄國學者米哈伊爾·華西里維奇·羅蒙諾索夫推翻了這個理論，並且在他的著作“關於熱和冷的原因的探討”一文中證明熱不是別的，而是物體的質點——它的分子的運動。後來科學的發展証實了M. B. 羅蒙諾索夫對於熱的本質的見解的正確性。

一切物體都是由細微的，即使在高倍顯微鏡下也看不見的質點——分子組成的。具有物質的化學性質的極細微的物質質點叫做分子。分子是由還要更小的質點——原子組成的，不過原子已經沒有分子所具有的那種性質了。

在固體或液體的分子之間作用着的結合力的稱為分子間的作用力。這種結合力的本質來說是電力。這種作用力的作用決定於分子之間的距離。相隔距離近於0.0000003

公厘(对于不同的物質这个距离是不相同的)的两个分子既不吸攏也不斥开,它們好像是处于平衡。但是使它們稍微靠近一点时,在它們之間就好像发生了很大的排斥力,阻止着它們的靠攏,这个排斥力在分子靠得愈近时愈大。这也就是为什么要压縮水或要以压縮来减小某种金屬的体积是那样困难(几乎不可能)的原因。

当把两个分子分开到大于0.0000003公厘的距离时,会



偉大的俄国学者米哈伊尔·华西里維奇·
罗蒙諾索夫

发生相反的现象。

分子間的排斥力变成了吸引力。当分子間的距离增大不多时,这个力先是增大,然后在分子繼續分开时,便开始迅速减小,并且很快就消失掉,物体就开始破裂。如果把两个分子假想成两个小球(图

1),則分子間的結合力将和把这两

个小球連联起来的彈簧的作用一样。在我們讓这两个小球靜置着的时候,它們上面并没有什么力作用着,但是如果使小球靠攏,則彈簧被压縮,将反抗靠攏,相反,如果使小球向相反方向分开,則彈簧被拉伸,又将反抗小球彼此分开。

如果把彈簧压縮一次,則它便会伸張,撐开小球,小

球便被分开某一个距离，弹簧又将力求把它们拉拢，不过在小球被拉拢之后，弹簧将再把它们推开，就是这样靠拢

张开，张开靠拢下去。每振动一次，小球之间张开时的距离都要减小一些，而靠拢时的距

离则增大一些，而且小球是相对于某

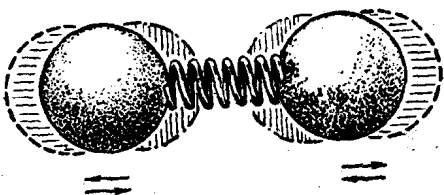


图1 分子间附着力的作用好象小球之间弹簧的作用

一个中间位置以越来越小的振幅来振动的。这是压缩或拉伸弹簧一次所发生的结果，如果把弹簧周期地压缩许多次，则小球便将长期处于运动状态。就象小球一样，分子原来是经常处于运动状态中的，即使在固体中，它们也不是静止的，而是在不断进行振动运动的。

因为分子之间的距离太小，而每秒振动次数又很大，所以它们的振动我们眼睛是看不出来的。不过分子的这种振动是可以感觉出来的，那就是好象物体被加热了，而振动的大小，正好就是物体的温度。分子振动运动愈强烈，则物体的温度愈高。

实际上分子的振动发生得要比较复杂些。物体的分子抵抗压缩的能力要比抵抗拉伸的能力大些。所以在物体加热时，由于振动的加强物体分子聚拢得较少，分开得较多，也就是物体膨胀了。不过分子振动的一般特征仍然很象上面所举的例子中的小球的振动。

强烈的分子振动不仅会在加热时发生，而且也可以由于一个物体沿着另一个物体运动（例如由于机构的零件之间的摩擦，特别在其间没有滑油的情况下）时发生。

由对分子运动的研究得知，分子是具有能量的。物体做功的能力就叫做物体的能量。能量可以各种形式出现，例如以我們上面所提到的热能的形式存在，也可以以机械的、化学的、电的、磁的形式出现。

能量的主要性質是，它既不会消失，也不会无中生有，只能从一种形式轉变为另一种形式，例如在內燃机中，燃料与空气中的氧气化合时的化学能轉为膨胀气体的热能，再如，也是在发动机中，当具有机械能的零件相对运动做功时，也会引起表面的加热。在这里我們又可看出能量由一种形式轉变为另一种形式——机械能轉变为热能。

这样就可以做出一个結論，热是能量的一种形式。

物体的温度和热量

在日常經驗的基础上，人类很早就得到这样的結論，就是各种物体都可被加热或冷却，而且有的物体可以很快被加热了，而有些物体却相反，要热得慢一些。

不过“热”或“冷”的概念是很不固定的。炎热的夏天我們說“今天是个大热天”——可是只不过到了夜里，我們好象就已經发现“轉凉”了。而冬天呢？习惯了冬季使人兴奋的严寒之后，当稍許变暖一些时，就說“今天多暖呀！”——虽然地面还是积着雪，而且誰也都还没有想到要把棉衣脱掉。

那么怎样可以确定物体的热状态，使大家都公認它是热的或冷的呢？

关于物体的热状态可以根据它的温度来判断，温度可以用百分分度的温度表的度数^①量出来。在这里沒有必要

① 百分分度温度表的“度”簡記为“°C”。

来叙述最流行的，我们在日常生活中所用的温度计，因为它都是大家知道的。

那么是把什么当作1度的呢？

如果把温度表沉入融解着的冰中若干次，则在标准大气压力下（760公厘水银柱），每次它都指出一个相同的一定温度，把这个温度取为零度。如果现在在同样的大气压力下把温度表沉入沸水中，则它每次指出的是另一个相同的一定温度。这个温度可以假定为100度。把温度表标尺上冰融解时的温度和沸水温度这两个温度读数之间的间隔分成100等分，这样的—一个等分就算作—度。

100分分度法是一种假定的分度法。例如在M. B. 罗蒙诺索夫的温度表上，这个间隔是—分成了150分。有的温度是根据另外的方法分度的。苏联测量温度用的是根据百分分—度定出的度数。

这样一来，在测量物体的温度时，我们就以一定的数值，也就是—度数表明了它的热状态。

只要把一些热量从物体里面去掉或加到它里面去，物体的温度就会有所变化。热量的测量单位是大卡。

一个大卡具有这么多的热量，它可以把—一公斤的水加热 1°C 。这个测量热量的单位叫做—仟卡，在俄文里用 ккал 表示。如果需要测量很小的热量，就可以不用大卡，而用小卡，一个小卡 (кал) 具有这样多的热量，它可以把—一克水加热 1°C 。

热 的 傳 导

热总是从温度较高的物体向温度较低的物体传递的。如果拿两只杯子，一只加满冷水，另一只盛上热水，再把

这两个杯子里的水倒进一个鉢子里，則这个鉢子里的水不冷又不热，而是暖的。就是說，热水里的热量已經傳到冷水里去了，并且把它加热了。要烤烤冻僵了的手，我們就把手接近暖的爐子。在这种情况下，热量也就从热物体（爐子）傳到了較冷的物体（手）上。爐子加热了它周围的空气，而热空气与冷空气相混合，就把整个房間里的空气烘暖了。

在两个物体相接触时，例如我們把手放在爐子上烘时，或者在把热水灌入冷的水箱时，热量便从一个物体傳到另一个物体，也可以說，热的傳遞是由于物体的导热性。导热性可理解为物体傳导热量的一个物理性質。

知道了热是什么之后，这个性質是不难理解的。如果把两个物体加热到不同的温度，則高温物体分子振动振幅将比低温物体分子大。我們現在讓这两个物体接触，則第一个物体分子的振动傳到第二个物体的分子上，逐漸增强第二个物体的分子的振动。第二个物体的分子就开始以較大的振幅振动，因而这个物体的温度增高。因为第一个物体的分子把自己的能量放出了一部分，所以它們的振幅减小，而这个物体的温度也就降低了。

在給物体的一个部分加热时，也会发生相同的情况。得到热量的分子开始以大的幅度振动并使隣近的其余分子振动起来。

可見，热能是朝物体温度較低的方向扩展的，而且温度差愈大，傳遞的热量愈多。

单位時間內所能流过的热量，例如单位時間內通过鍋壁的热量，还和鍋壁的材料有关。我們把两个壁厚相同的鍋子，不过一个是鋁做的，另一个是鉄的，放在爐子上把

它們加熱到相同的溫度，如果現在摸一下鍋把手就會發現，鋁鍋的把手比鐵鍋的“熱”得厲害些，鋁鍋傳到把手的热量比鐵鍋傳到把手的熱多。這可以用鋁在單位時間內比鐵多放出3~4倍的热量來解釋。

和其他物體比起來，氣體導熱的能力最差。例如，空氣的傳熱能力是鐵的萬分之一。因此空氣被用來防止熱物體的冷卻（這時空氣應該是靜止的）。皮毛好像是能“發熱”的，而比較確切地說，它能防止物體的冷卻是因為毛皮或棉絮阻止了纖維之間存在着的空氣的運動。毛皮、棉絮和衣料的作用就是阻止空氣運動。

要評價各種材料的導熱能力，可以利用所謂導熱系數。這個系數表示當壁兩邊的溫度差為 1°C 時，在1平方公尺的表面上，通過1公尺厚的壁的热量。例如鋁的導熱系數平均等於175，鐵—40，銅—55，木材—0.2，鍋垢—2等等。導熱系數愈大，則單位時間內通過的热量愈多，相反，導熱系數愈小，則單位時間內通過的热量愈少。

熱傳遞的另一個方法是对流。对流就是热量被大量的受熱物質帶走，例如在燒爐子時發生的室內空氣的熱傳遞就是由於爐子周圍的空氣質點被加熱，變得比較輕，被較冷的和較重質點所排擠以至流布於全室。

在發動機里也發生着這樣的熱傳遞。流過氣缸外圍的水帶走了氣缸里的熱並把它帶到散熱器中去。通過散熱器的空氣帶走散熱器水管上的熱，然後又把它散布到周圍的大氣中。

還有一個熱傳遞方法，那就是輻射。熾熱的物體會發出一種特種的射線，稱為熱射線。這種射線以巨大的速度——等於每秒300000公里的光速把能量散射出去。例如太

阳到地球的距离等于一亿五千万公里，热射线在8分鐘内即可到达。

发动机为什么需要冷却？

燃料燃烧时产生的热量

B-2型压燃式发动机的工作过程是通过喷油咀向气缸中压缩了的空气里喷入雾状的柴油。按照M. B. 罗蒙诺索夫发现的能量守恒定律，能量是不会消失得无影无踪的，只是从一种形式转变为另一种形式。因此，在发动机气缸里压缩空气所耗费的能量，也没有消失掉，而是变成了另一种形式，那就是热能，这可以从气缸温度升高发现出来。空气在气缸里被压缩时，温度被提高到 $700\sim 800^{\circ}\text{C}$ 。雾状柴油进入加热到这样高温度的空气里以后，就会发火而燃烧起来。

在燃料燃烧时产生大量的热。只是燃烧1公斤的柴油便可产生10400大卡的热量，至于每小时在坦克发动机气缸里燃烧掉的燃料所产生的热量，则可以烧开5吨水。在汽化器式发动机里燃烧1公斤汽油大约可放出11000大卡左右的热量。

燃料在发动机气缸里燃烧时所形成的气体温度是很高的：燃烧温度超过 2000°C ，气体温度的平均值达 $800\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 。在比这个温度更低的温度下，许多金属都已熔解了。例如，锡在 232°C 熔化，铅在 327°C ，锌在 419°C ，铝合金在 $580\sim 650^{\circ}\text{C}$ ，工业用铜在 1083°C ，白铸铁在 $1100\sim 1150^{\circ}\text{C}$ 熔化，而润滑气缸壁的滑油在温度比 200°C 高一些时就着火。

可是为什么气缸壁上的潤滑油还没有燃燒呢？而且組成发动机的各种零件为什么也没有熔化呢，发动机又为什么没有坏呢？

要回答这个问题，首先就要弄清楚燃料在发动机气缸里燃燒时产生的大量的热都耗費在什么上面。

发动机的热平衡

燃料在发动机气缸里燃燒时产生的热量的分配称为发动机的热平衡。

图2表示燃料在坦克发动机里燃燒时所产生的热能都用到哪些地方去了。

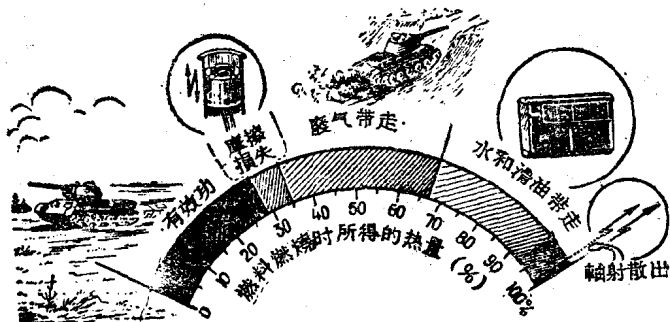


图2 坦克发动机的热平衡

在B-2型柴油机里一部分热量轉变为机械能（30~35%），一部分热量被廢气带走，还有一部分則被水和滑油带走了。不过不是全部机械能都可以被利用为有效功，它的一部分（約5%）耗費在克服发动机零件摩擦表面之間发生的摩擦力、进气和压缩气缸里的空气、喷射燃油、打开气門等工作上。

被热的廢气带走的热量約有30~35%。因为气体在发

动机气缸中膨胀和做功时，来不及完全放出本身的热能，所以它们只发生了部分的冷却。因此废气具有相当高的温度，它们的热能对于发动机来说是一个损失。

热的气体自始至终与发动机的各种零件相接触，这些零件是气缸壁、活塞、气门和其他零件。因此，在发动机里始终在进行热的气体对热得比较差的零件的热传递。可是发动机的零件是被水和滑油所冷却的，而水和滑油又被空气所冷却，因而这些热量最后结果仍是散失到空气中，所以也是一个损失。

发动机的零件应该有怎样的温度？

耗費在加热发动机零件上的热量达到很大的数值。例如，如果計算一下气缸壁、气缸盖、活塞与热气体相接触的总表面积，就可以发现，在一个鐘头內通过这些表面的每一平方公尺的热量大約有300000大卡。因此如果不及时地导出发动机的被加热零件的热量，則由于温度过分地升高，复盖着气缸壁的滑油就会被强烈地燃去，气缸里的活塞就会膨胀得很大并被卡住。

大家都知道，各种金属在温度升高时都要膨胀，不过膨胀得不一样罢了。例如1公尺长的鋼杆在加热到 100°C 时加长1公厘，同样长的銅杆加热到 100°C 时，加长1.6公厘而鉛杆則加长2公厘（图3）。

直徑150公厘的鋁活塞加热到 350°C 时，直徑增大1公厘多。在此种情况下，由于活塞直徑增大的数值比活塞和气缸壁之間間隙^①大若干倍，所以活塞将紧贴到气缸壁

① 这个間隙是設計师在計算发动机时特別規定下来的。

上。这时，压着活塞的力是这样大，以至于移动活塞变为不可能，而发生活塞卡在气缸中的现象。

诚然，在发动机的零件加热时，气缸也与活塞同时被加热了，这时它的直径也增大了。但是因为钢质气缸的直径大约比活塞直径少增加一半，所以在冷却得不充分时，不可避免地活塞要卡住在气缸中。

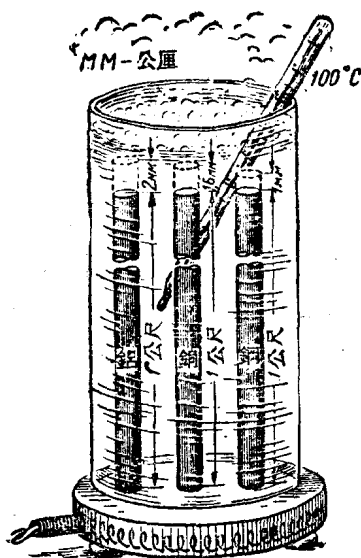


图3 加热时金属杆的伸长

由于发动机零件过分加热的结果，它们的机械强度和耐磨性都降低了。此外，当零件受热不均匀时，由于金属中内应力增大的结果，会出现裂缝。

因此，应该不断地冷却发动机的零件，使它们的温度不超过一定的限度。

如果过分地冷却，发动机又将发生什么现象呢？

当零件温度不够时（在低温下），它们表面上的润滑油的粘度很大，这样一来由于耗用在摩擦上的能量增多而使有效功的损失增加。此外，由于零件的温度低，燃料燃烧得不完全，结果发动机的功率降低。

在未充分热起的汽化器发动机工作时，进入气缸的可燃混合气便有一部分凝结（冷凝）在冷气缸壁上，并且流

入曲軸箱。这时滑油被燃油冲稀，粘度变得不足，因此而发生零件的迅速磨损。

柴油发动机在零件温度較低的情况下工作时，可能引起这样的惡果，那就是零件胶化。当温度降低时，一部分燃料和某些数量的潤滑油发生物理化学变化，变成胶質。胶質进入活塞环槽，能减少活塞环的活动性（图4a）而进入气門杆和气門导管之間的間隙，又会使气門卡住（图4b）。这时活塞环不能堵严活塞和气缸之間的間隙，而气門又不能完全坐合在气門座上。因此气缸里的空气不能被压缩，結果发动机就不能起动。

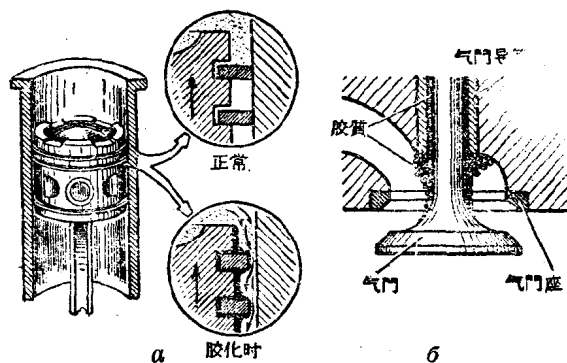


图4 发动机零件的胶化

a—活塞环的活动性丧失；b—气門卡住。

此外，在温度降低时燃燒产物中形成的酸蒸汽凝結在发动机比較冷的气缸壁上，引起气缸壁的腐蝕。結果增大了发动机零件的磨损。

为了避免温度降低时发生的上述各种有害現象，发动机的零件（它們的尺寸和加工工艺）要根据十分确定的工作温度来設計。例如，在正常工作时，汽車发动机的零件应