

2
19549
20543



什么是病毒

别霍夫著

科学技术出版社

什 么 是 病

霍 夫 曼 著
陈 善 基 译

科 学 技 术 出 版 社

1960年·北京

目 次

緒 言	1
病毒的发现史	4
病毒的主要特征	7
噬菌体——細菌的病毒	19
共生体微生物和細菌的滤过类型	26
病毒的性質和起源	29
病毒性疾病和防治它們的方法	34
天 花	36
狂犬病	43
口蹄疫	46
猪 痘	48
鷄 痘	49

緒 言

鼠疫、天花、霍乱、炭疽和其他許多种傳染病，自古以來就夺去了无数人的生命，并且使大批的动物死亡。但是，只有到了19世紀，人类才知道这些傳染病是由一些生物引起的。人們把这种生物叫做微生物，因为它们都是些极其微小的生物。比十分之一毫米更小的东西，人类的眼睛就看不清了，可是微生物只有几百分之一毫米、甚至几千分之一毫米大小；所以，在还没有发明显微镜之前，人們是不知道什么微生物的。

几百年以前，很多学者都在制造放大鏡，好用它来观察各种微小的东西。有一位荷兰人安东尼·雷汶胡克（1632—1723年）也制造了一种放大鏡，它們就是現在的显微镜的原型。有一次，雷汶胡克把一滴雨水放在扩大鏡下面观看，发现其中有大批各式各样的生物。他管这些生物叫做“渺小的野兽”，并且形容它們的大小说：“在这些微小的动物之中，最小的比一只虱子的眼睛还要小一千倍。”但是，雷汶胡克的这个发现和后来其他許多学者的研究，都没有闡明微生物在人类生活中和地球上許多現象中所起的作用。

那个时候，信仰宗教的人对微生物引起的各种現象是自有一套看法的。

在古代的年鉴中，曾記載着教堂里的面包上出现了血液一般的斑点的



安东尼·雷汶胡克
(1632—1723年)

事情。現在我們知道，這是一種微生物的色素，這些微生物叫做靈桿菌。如果靈桿菌在含有碳水化合物的物體上繁殖，它們就會分泌一種紅色的物質。當時信仰宗教的人就說這是基督的血液，並且把這種麵包叫做浸了基督血液的“聖餅”。有些微生物分泌的物質，在分解時能發光。這些“發光的細菌”可以生活在肉類、動物的屍體、死亡的植物和魚類身體的表面。所以這些有發光的細菌生活着的屍體、植物或是魚類就能在黑暗中發光。過去也曾認為這是中了魔力的一種現象。

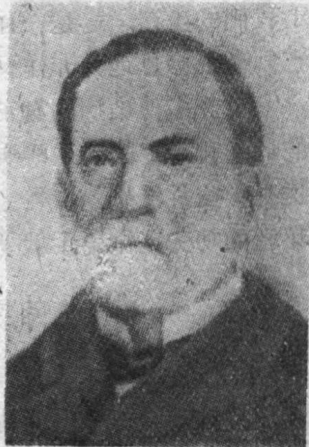
就連18世紀著名的瑞典科學家卡爾·林奈，雖然對植物學的發展有過那麼多的貢獻，可是也不能確定微生物的作用和意義。儘管當時已經發現許多種微生物的組織並不一樣，但林奈在創立他的生物分類學時，還是把所有的微生物都歸列到一個屬之中，並且給這個屬起了個名字，叫做“混沌”。他寫道，“這是一些神秘的……活的分子，研究清楚它們是我們後代的事。”

但是，開始認清微生物的，並不是林奈後代的人，而是和他同時代的人。

杰出的俄羅斯醫生兼科學家達尼洛·薩莫伊洛維奇（1744—1805年），就是最先假設傳染病的发生同微生物有關的人。1770年，他在莫斯科參加防治鼠疫流行病的時候，曾經試圖找出鼠疫的病原體（鼠疫桿菌），那時他把這種病原體叫做“不尋常的生物”。在科學史中，薩莫伊洛維奇是第一個用顯微鏡尋找傳染病病原體的人，他的嘗試雖然沒有得到結果，但對於傳染病科學的發展，卻具有重大的意義。

從18世紀末葉到19世紀初葉，科學家們所做的工作，主要是繼續積累有關微生物的傳播、構造和形態方面的知識；而在19世紀中葉和以後的時期，主要是闡明它們在人類生活中所起的作用。

应当把偉大的法国科学家路易·巴斯德（1822—1895年）称为科学的微生物学的創始人。他第一个証明了酿酒、牛奶变酸和酿醋的发酵过程都是由微生物引起的。其他許多研究者的工作，也对于建立科学的微生物学起了促进作用，尤里耶夫兽医学院的教授布拉維尔在这方面占有一个显著的地位。他在1855年发现了引起炭疽的微生物。德国的細菌学家罗伯特·柯赫（1843—1910年）和他的学生，对于发展人类傳染病和家畜傳染病的病原微生物的知識，曾有过巨大的貢獻，他們在一个短促的时期中就发现了結核、白喉、破伤风、人鼠疫、馬鼻疽、猪丹毒、腊腸中毒、牛傳染性肺炎以及其他若干种傳染病的病原体。



路易·巴斯德
（1822—1895年）

在19世紀90年代开始以前，人們已經发现了人和牲畜許多种疾病的病原微生物，人們还研究出傳染病微生物的种种純培养方法。看来，任何一种傳染病的微生物，似乎都可以分离出来和在显微镜下看到。但是，在微生物学蓬勃地发展之后，科学家在这方面却首次遭到了失敗。对于許多种傳染病，他們即使用尽了既有的方法也不能找出病原微生物。

人类早就知道天花、狂犬病、口蹄疫、牛瘟和猪瘟了；但是，科学家为了找到这些傳染病病原微生物而作的努力，一直都得不到結果。研究傳染病的科学家，現在又面临着一个不能解釋的謎了。于是，从薩莫伊洛維奇的时代起，就出現了許多不同的說法，来解釋那些找不出病原体的傳染病的本質。

人类早就知道天花、狂犬病、口蹄疫、牛瘟和猪瘟了；但是，科学家为了找到这些傳染病病原微生物而作的努力，一直都得不到結果。研究傳染病的科学家，現在又面临着一个不能解釋的謎了。于是，从薩莫伊洛維奇的时代起，就出現了許多不同的說法，来解釋那些找不出病原体的傳染病的本質。

法国大科学家查理·尼哥尔曾生动地形容傳染病說：“对

于我們的生存，這是一種最可惡的敵人，它們多得不計其數，它們毫不停息地為非作歹，這是但丁所描寫的地獄中的惡鬼。”

對許多傳染病的真正病原體的無知，使尋找防治這些疾病的葯劑和規定防治這些疾病的正確措施都受到了阻礙。但是，這個秘密並沒有保持得太久，它們很快就被揭開了。揭開這個秘密的功勞完全屬於俄羅斯的科學家。

病毒的發現史

在自古以來就造成巨大物質損失的傳染病之中，牛瘟這種流行性動物傳染病的傳播是很廣泛的。已經知道，歐洲在公元第1世紀的時候就有這種疾病，千百萬頭牛都因為患牛瘟而死掉了；一直到20世紀20年代以前，這種流行病還在妨礙着歐洲許多國家畜牧業的發展。雖然很多卓越的微生物學家用了多年的時間想闡明牛瘟的起因，可是很久還是得不到結果，而研



尼·費·加馬列亞
(1859—1949年)

究病因在建立一個新科學部門中却起着突出的作用。在19世紀的末葉，卓越的俄羅斯科學家尼·費·加馬列亞（1859—1949年）也曾研究過牛瘟，他當時還是一個年青的醫生。

加馬列亞在1886年作了一個獨創的實驗。他從患牛瘟的小牛身上取出一些血液，用能阻留最小細菌的特种濾器來濾過這種血液，然後再用這種濾過的、不含細菌的血液來感染另一頭健康的小牛。過了幾天，那頭小牛也患起典型的牛瘟來了。加馬列亞這個典範的實驗，非常清楚地表明，在病牛的血液中含有某種能

引起牛瘟的病原体，但是它們小得連用顯微鏡（當時最好的顯微鏡可以放大兩千倍）都看不見，並且能穿過濾器的濾孔，而那些被濾器阻留住的細菌，都是其他傳染病的病原体。因此就為進一步積累那些比傷寒、痢疾、炭疽和其他傳染病的病原体——細菌——小得多的病原體的事實奠定了基礎。

由於種種原因，加馬列亞沒有做完這個研究工作，所以自然界中有一種極其微小的、用一般光學顯微鏡看不見的微生物（它們不但能穿過濾菌器，而且用通常的培養基也培養不出來）這件事，在幾年以後才徹底地得到証實。

這種微生物是1892年被另一位俄羅斯科學家季·約·伊凡諾夫斯基（1864—1920年）發現的。

我們知道，由不同的幾位科學家（甚至是在不同的國家中）所完成的一些重大發現，經過的情況往往彼此很相象，這種事情在科學史中是數見不鮮的。在巴斯德生活的時代，法國的釀酒工業曾由於酒類的“變壞”而蒙受巨大的損失。巴斯德發現，酒類變壞的原因是發酵，而發酵則是由微生物引起的。所以他建議把剛制好的酒加熱（巴氏消毒法）來消滅那些微生物，這種方法拯救了當時法國的釀酒工業。

另一方面，伊凡諾夫斯基的發現却是由於研究菸草花葉病而引起的。在那些年代，克里米亞的菸草種植場正由於菸草患花葉病而受到很大的損失。伊凡諾夫斯基到了克里米亞以後，就在當地研究這種疾病。他進行了一系列的研究，想找出用普通顯微



季·約·伊凡諾夫斯基
（1864—1920年）

鏡可以看見的、引起花葉病的病原微生物，但是都沒有成功。於是，他就作了一個獨創、簡單，然而意義却極其重大的實驗。他從一些患花葉病的菸草葉中榨出了一些汁液，~~用~~用濾過器把汁液濾過，然後用濾過的汁液去感染健康的菸草植株。過了幾天，這棵植物上就出現了花葉病特有的症狀。最初，伊凡諾夫斯基以為，這棵植物的患病，是由於患病植物的濾液中的毒素所引起的。要肯定這種看法，就必須用這種汁液去感染第三棵植物，當第三棵植物患病以後，再用第三棵植物的汁液去感染第四棵植物，並且照着這種方法做下去。在這個感染過程中（這種方法叫做繼代移植），毒性物質的濃度應當由於在健康植物中得到稀釋而降低下來，最後就會有一棵植物不再患病了。伊凡諾夫斯基就是這樣作的。但是，他的實驗並沒有得到預期的結果。相反地，濾液的致病能力卻隨著每一次新的繼代移植而增強起來。這一點和當時已經很清楚的一個現象是相符的：對致病微生物進行繼代移植時，它們的致病能力會由於經過健康的機體而大大增強起來。於是，伊凡諾夫斯基就從自己做的這些實驗中得出一個結論：患花葉病的菸草的汁液，並不是由於含有毒素，而是由於含有一種特殊的微生物才產生了感染能力，這種微生物不但小得用顯微鏡也看不見，而且用通常能阻留細菌的濾過器也阻留不住它們。這種特別小的微生物還有一種特性：它們在其他微生物能夠生長的人工培養基上却不能生長。過了不久，人們給這種極其微小的生物起了個名字，叫做病毒。但是，由於巴斯德曾假定地用“病毒”這個名詞去稱呼炭疽桿菌那種相當大的微生物，所以科學家就把這些極其微小的微生物叫做濾過性病毒，以表示它們是一些可以從濾過器中濾過去的病毒。這個名稱也着重地表明，病毒和細菌不同的地方是它們能穿過瓷制的或是石棉制的特種濾過器。一個

重大的科学新发现就是这样完成了。

伊凡諾夫斯基的这个研究，推动人們进一步去寻找其他种病毒。过了几年，这种工作获得了許多新的成就。1897年，两个外国科学家呂夫勒(Löffler)和弗洛什(Frosch)发现了口蹄疫的病毒（口蹄疫不但是一种傳播很广的家畜疾病，而且人类有时也会受到它的感染）。1901年，瑞德(Reed)发现了人类黄热病的病毒。1899年，俄罗斯兽医M.Г.塔爾塔科夫斯基重复了一遍加馬列亚做过的实验，証实加馬列亚說的情况是正确的，同时也得出的确有牛瘟病毒存在的結論。貝耶林克(Beijerinck)做了一些实验，証明伊凡諾夫斯基的发现是正确的，因而有力地肯定了自然界中有病毒存在的意見。

在以后的几年中，主要是发现了許多新的病毒，这是动物、植物和人类許多种傳染病的病原体。文献上发表了描述羊痘(1902年)、鷄瘟(1902年)、狂犬病(1903年)、犬疫(1905年)等等病毒的文章。从伊凡諾夫斯基的发现起，有关病毒的学說在微生物学中逐渐发展成为一个重要的分科，現在其中已經包括有二百种以上不同的病毒。这个部分在生物科学中現已发展成为一个独立的部門——病毒学了。

病毒的主要特征

在最初的30年中，病毒学家最大的成就是发现了許多种新病毒。至于在研究它們的主要特征这方面，各国的科学家虽然作了耐心的努力，所获得的结果仍然是微不足道的，并且基本上只是以下几点：

第一，已經充分証明，病毒的体积非常小，比已知的最小細菌还小得多，而且它們是用光学显微镜看不見的；

第二，病毒可以从細菌滤过器中穿过；

第三，病毒有一个极明显的特点：它們不能在人工培养基上繁殖，只能寄生在动物、植物或是人类的机体細胞中；

第四，已經証明，病毒具有一定的特异性；例如，天花病毒或狂犬病病毒不能感染植物；而植物的病毒也不会使动物发生疾病；狂犬病病毒只能在一些动物的身上引起狂犬病，而不能引起天花。

但是，只知道病毒的这几种特征，并不能使人們全面地認識这种极其微小的特殊生物，这就妨碍了寻找防治病毒性疾病的治疗方法。所以，研究病毒的化学組成、物理性質、构造等等問題，就成为首要的任务了。此外，为了获得大量的病毒，找出在實驗室条件下大批培养病毒的方法也是一件意义重大的工作。

无法使病毒和别种物質分开，也是闡明許多問題时的一个主要障碍。的确是这样，例如，用感染敏感动物的方法从有病动物身上取出血液，从这种血液的血清中找到病毒时，决不等于我們已經得到純粹的病毒了。在血清中，除了病毒以外，还有血清組成中的蛋白質和各种盐类化学物質。可見，还得想办法处理含有病毒的血清或是别种物質，使其中除了病毒以外不再混有其他物質。从1930年开始，苏联和外国的許多實驗室都在頑強地寻找分离出純粹的病毒的方法。經過了許多次失敗以后，終於成功地解决了這個問題。現在，科学家已經有了許多种化学方法和物理方法来分离出純粹的病毒了。

人們所用的化学方法是各式各样的。例如，在許多情況下，人們利用酶能分解蛋白質的特性来使病毒和蛋白質混杂物分开。还有一种方法是用醋酸鉛、丙酮、酒精等物質使病毒沉淀，这也可以使病毒从許多种物質的混合物中分离出来。还可以設法使病毒吸附在纖維素或是鷄紅血球上来分离病毒，例

如，分离流行性感冒的病毒时就采用这种方法。但是，用化学方法来分离出純粹的病毒，并不是在任何場合中都适用的，因为这种方法有許多缺点，其中最主要的是，經過一系列化学方法处理以后，分离出来的病毒会失去了活力，也就是失去了傳染性。

从这方面來說，用每分鐘 5 万轉或是更多轉数的高速远心沉淀法来使病毒和混合的雜質分开，可以得到極其滿意的結果。但是，用远心沉淀法获得的沉淀物中，除了病毒以外，还能含有其他物質的微粒；所以，要得到完全是病毒的沉淀物，就要采用分次高速远心沉淀法。在采用这种远心沉淀法时，最初所用的速度要适于沉降比病毒大或是重的异物微粒。然后加大速度，使比病毒小的微粒沉降到沉淀物之中。重复几次加速度的远心沉淀，結果就会获得只含有病毒粒子的沉淀物了。

获得純粹状态的病毒以后，就可以对它們进行化学分析。弄清各种病毒的化学构造，把分析的结果互相比較以后，馬上就能看出，动物病毒和植物病毒之間的区别是很大的。

植物病毒是一些核蛋白質，从化学构造方面看来，它們都是些最不复杂的生物物質。动物病毒則比較复杂，它們除了含有核蛋白質以外，还含有少量磷脂状态的类脂質、胆固醇、中性脂肪以及碳水化合物。

不久以前查明，动物病毒和植物病毒中的核酸有一个特別值得注意的地方。在 1956 年，有两位外国研究者弗連凱尔-康拉特和施拉姆从菸草花叶病病毒中分离出来了核酸，他們証明，这种核酸能使健康的植物感染上病毒性花叶病，并且使植物的細胞中形成特有的病毒性蛋白質。

后来，这两位研究者又查明，从菸草花叶病病毒中分离出来的这种蛋白質和核酸，在适当的濃度和一定的時間中会互相

发生作用，結果形成了和原来的病毒相似的，也就是和菸草花叶病毒相似的顆粒。

近两三年来，生物化学家們对于闡明某些种核酸（它們在动物的胸腺和肝脏中，含量特別丰富）的作用，也进行了多方面的研究。迄今为止所积累的實驗資料，十分明显地証实，在机体組織細胞中进行的蛋白質的合成过程中，核酸起着重要的作用。在1944年，人們发现核酸能够傳遞微生物的某些性状。例如，如果把由荚膜型肺炎球菌中分离出来的核酸，加到培养着无荚膜的肺炎球菌的培养基之中，那么在下一个世代就会获得有荚膜的肺炎球菌。

从这些資料看来，病毒的核酸究竟起着怎样的作用呢？对于这个问题，由于缺少必要的實驗資料，現在还很难加以回答。无论如何，病毒中含有核酸和其他某些化合物的事，又一次說明病毒的生物化学組織是相当复杂的，并且还推翻了不久以前認為病毒只是一些很簡單的蛋白質分子的观点。

在30年代的时候，人們开始研究病毒的大小。既然病毒小得用光学显微镜都看不見，那怎么能測定它們的确实大小呢？方法找到了，人們利用了一种极其简单的方法，这就是过滤。所谓过滤，一般指的是使一些微小的顆粒（例如干燥的河砂）穿过篩子，当然，所用的滤器应当没有什么明显的吸附能力。从篩子孔眼的大小上面，可以約略地估計出穿过这些孔眼的砂子有多么大。对病毒也采用了这种方法。人們使所要檢查的、含有病毒的悬浮液依次穿过孔眼逐渐减小的几个滤器。从最后一个还可以找到病毒的滤器上面，也就是根据这个滤器的孔眼的大小，就可以断定病毒的大小。但是，用这种方法来測定病毒的大小是很不准确的，而且在每天都进行的實驗室工作中，它只能当作一种获得初步数据的方法。

在病毒的一切主要特性之中，人們在很长的时期中都沒有搞清楚它們在形态学上的許多特点。人們曾使用过几十种新型显微镜，其中最好的可以看到0.2微米大小的物体。但是，就連用这样的显微镜也看不見病毒。天花病毒是一切病毒中最大的了，可是它也只有0.175微米大小，用光学显微镜还是看不見。因此就象过去那样，人們所能做到的，只能是繼續根据高速离心沉淀法沉降病毒时所用的速度和病毒可以穿过多大篩孔的濾器来确定病毒的大小。

由于病毒顆粒的大小和光波的长度不相称，以致不能用光学显微镜观察到病毒顆粒。光綫的波长比病毒小体长，所以病毒既不能滯留住光綫，又不能把光綫反射回去，而光綫却会繞过病毒小体，因此就不能显出病毒的形象了。总而言之，病毒既然不会妨碍光波的扩散，所以就无法看見它們了。

因此，就要利用一种波长比光波还短很多倍的、非常短的輻射，以便連病毒这么小的东西都能妨碍它的扩散。

最近几十年来物理学中的成就，帮助解决了这个問題。

物理学家曾发现了几个不寻常的現象，而人們就根据这些現象創造了一种比普通的光学显微镜更强有力的仪器。这些現象中包括：

(1) 某些种物質能够发现电子（負电荷的粒子）；

(2) 以高速度运动的电子射束，活动的情况很象波长很短的光綫；

(3) 电子射束能在磁場和电場中聚集出焦点来。

人們就利用这些物理現象設計了一种超强力的新式显微镜，叫做电子显微镜。电子显微镜的构造原理，有許多地方都很象光学显微镜。普通显微镜是利用日光或是灯光当作光源的，可是电子显微镜却利用一种放射电子射束的裝置、也就是

所謂的“电子枪”来当作“光源”。电子显微镜通常要在5—10万伏特的电压下工作。由“电子枪”的白热灯絲上放射出負电荷的电子来。由于空气能抑制电子的飞行，所以电子显微镜中整个电子部分都装在真空之中。許多現代化的电子显微镜的“电子枪”都装在上部。“电子枪”下面装着一个特殊的电磁綫圈，它的功用和光学显微镜中的聚光透鏡一样，把电子射束聚焦到观察标本上面。当电子射束被电磁綫圈聚到电子显微镜中所要观察的标本上面时，电子就由于和标本物質的原子相撞而向各方面散射出去，并且在观察标本上越密实或是越厚的部分，电子散射出去的强度也越强。装置在标本台下面的第二个电磁綫圈（它的功用相当于光学显微镜中的接物鏡），使射向第三个电磁綫圈水平面上的电子流形成观察标本的实际图形。第三个电磁綫圈的功用相当于进行显微镜摄影术时所用的投影鏡。它把电子流投射到一个受到电子撞击时会发光的荧光屏上，观察者可以把这个荧光屏换成摄影底片来摄取照片。根据投射到荧光屏上电子的多少（这是由标本各部分的密度所决定的），在荧光屏上就形成了相反的、被强力放大的、所观察物体的形象，例如病毒。现在的电子显微镜，可以把观察的标本放大几万倍，使我們能看見7—100埃^①大小的微粒。只要想一下，有机物質分子中的碳原子，彼此之間的距离才有1.4—1.5埃，就可想象出以上这种尺寸的大小和电子显微镜具有怎样的分辨性能了。

从观察中查明，电子的散射程度是随着样标本的密度而定的，这一点对于提高电子显微镜檢查技术是很重要的。例如，蛋白質的密度比金屬的密度小，因而散射电子的程度也就不如金、鉻、鈾等等金屬。

^①埃是測量光波所用的长度单位，1埃等于0.1毫微米，也就是一亿分之一米。

用电子显微镜观察的标本，是制备在一片极薄的火棉胶薄膜上的。由于这片薄膜也能在某种程度上散射电子，所以象的背景往往是灰色的，而不是白色的。而电子象实际上还是标本的阴影，在这种薄膜上的病毒，散射电子的程度比薄膜要强一些。因此，病毒在显微镜上的阴影是深灰色的，而背景是浅灰色的。

对于病毒这样小的标本，必须设法提高它们的电子象的显明程度，也就是要设法进行立体显微摄影术；但是，要做到这一点，就需要设法增加病毒的密度。

因此，人们就在病毒上复盖一层极薄的、密实的金属。这种事先处理标本的方法叫做影复法^①。这种处理方法通常是在真空中进行的，把金属放在一根钨丝上，通电使它炽热。金属在高温的作用下蒸发成气体状态，同时蒸气状态的金属微粒就直线地向四外扩散出去。如果这时把标本靠近钨丝，那么标本的表面就会复盖上一层金属分子的薄膜，而这层金属膜的厚度自然也不会是均匀的。由于火棉胶薄膜上的标本是凸出薄膜表面的，所以在它后面的部分就不会有金属分子盖住，因此标本就好象投射出本身的影子来了。这种影子虽然也是浅灰色的，但是看过去却相当明显。为了使它们成为深暗色的，处理摄影底片时，人们把底片的影象改制成幻灯片，再用幻灯片来印照片。印制照片时，还可以把标本的影象再放大。

采用电子显微镜，大约是15年前在实际工作中开始的。

苏联是从1940年开始制造电子显微镜的。在这段时间里，在A.A.列别夫院士的领导下制成了几种类型的电子显微镜，图1就是其中的一种。现代化的苏联电子显微镜和外国制造的

^①影复法——金属影复法(meta-shadowing)是一种用金属使标本影象更增强的方法。——译者

最好的电子显微镜比较起来是毫无逊色的，许多实验室中都在满意地使用着它们。

由于利用了电子显微镜，并且改进了电子显微镜标本的制

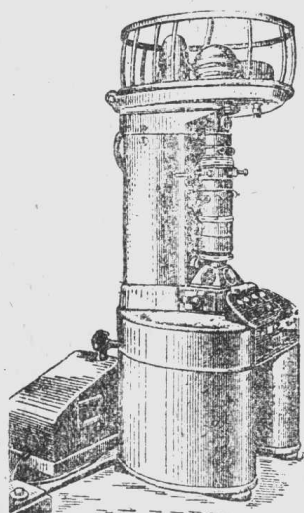


图1 苏联VSM-100型万能电子显微镜。

备方法，近年来对病毒的研究有了急剧的进展。现在好象在科学家的面前展开了一个可以亲眼看到病毒这种最微小的有生命物质的新世界。看到它们以后的欣喜心情，也许并不逊于当初雷汶胡克所体会到的。

由于有了电子显微镜，现在已经能弄清楚许多种病毒的形状和结构。首先证实的是，各种病毒的大小是不相同的，而且查明它们的形状也有一定的区别。只有电子显微镜才能使人准确地测出病毒的大小。现在已经知道，那些巨大的病毒，象引起天花、伪狂犬病等传染病的病原体，直

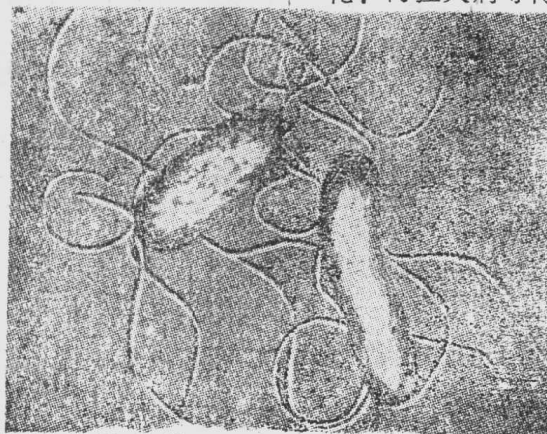


图2 猪霍乱杆菌(放大20,000倍)。

径是150—260毫微米；中等大小的病毒，象引起狂犬病、流行性感、鸡瘟的病原体，直径是90—125毫微米；而那些最小的病毒，象口蹄疫、菸草叶坏死、鼠腺癌等病毒，直径