

第一章 概论

本书的书名为“环保与健康新材料——托玛琳”。那么托玛琳是什么物质呢？带着这个问题，我们打开了《英汉宝石词典》，它是这样描述的：Tourmaline, 碧玺，电气石，矿物学中称电气石。碧玺一词系工艺名称或中国商品名称，据说名源于波斯古地名比及扎克（意为“红宝石”）。电气石是一种含硼及成分复杂的硅酸盐矿物。化学式： $\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Li}, \text{Al})_3\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}](\text{BO}_3)_3(\text{OH}, \text{F})_4$ 。类质同象发育，主要端元变种有黑电气石（铁电气石）、镁电气石、锂电气石。镁电气石同黑电气石，黑电气石与锂电气石均可构成连续系列，而镁电气石同锂电气石则不构成连续系列。宝石级多为镁电气石或锂电气石。三方晶系。柱状（有时针状）晶体，横断面为球面三角形，晶面有纵纹。硬度 7~7.8。比重 3.03~3.25。解理完全。玻璃光泽。透明至不透明。折光率 1.61~1.69。有两色性。有绿、黄、粉红、红等色。有时同一晶体有两种颜色。优质者为深红色透明晶体，俗称“双桃红”，浅红色或浅粉红色称为“单桃红”。经加热，红色品种可变成无色、蓝绿色，绿色品种可变为黑色。本石为十月诞生石，象征内心欢喜与安乐。主要产于巴西、缅甸、斯里兰卡、印度、马达加斯加、前苏联、瑞士、泰国、美国等。我国边远地区也有该矿石的分布。本石别名有 Achroite, Andalukite, Aphrizite, Brazilian Lmerald, Brazilian Peridot, Schorlomite, Schorl, Sikerite……

通过以上的描述，可见，托玛琳是一种宝石。自古以来，世界上最美好的东西莫过于宝石。宝石常被人们比作贞洁少女的泪珠、夏夜天空中的繁星、圣人智慧的结晶。佩戴它象征着勇敢、坚定、富有和永远不变的爱等等。现今，宝石以它自身固有的美和巨大的经

济价值，越来越诱人，越来越有魅力。

晶莹无瑕的钻石、火一般热烈的红宝石、天鹅绒一样色泽柔和的蓝宝石和闪耀着猫眼奇光异彩的金绿猫眼石，把这个世界装扮得美不胜收；随着科学的不断发展，人们逐渐发现这些稀世珍宝不仅可以用来做美丽的装饰物，而且可以用来为改造自然，改造被污染的环境，促进人们健康。托玛琳（电气石）——Tourmaline 就是一个典型的代表。下面就让我们领略一下它的传奇故事吧！

第一节 托玛琳的传奇故事

在巴西偏远的宝石矿区，环境恶劣，为了预防疾病，各矿山每年都要评选年度医疗费用等节约支出的优胜者。令人吃惊的是每年评选出的优胜者都是托玛琳矿山，而且医疗费支出远远少于其他宝石矿山。

在托玛琳矿山中，未被选中用于宝石的不透明矿石，最初是作为废物垃圾倾倒出去，而堆在野外的牧草地中，后来人们发现，堆积有托玛琳的地方，牧草长得特别旺盛，要比其他未堆托玛琳的地方高出一倍，而且充满生机，发现者们经过多年观察，得出同样的结论，证实托玛琳确有促进植物生长繁衍的功效。

托玛琳，最早发现于斯里兰卡，16 世纪初，它就与钻石、红宝石一样受到珍视，有的呈黄色、红色、绿色、粉红色、黑色、紫色、白色，后来又发现彩色像西瓜一样，外围为绿色，中心部分为粉红色。

17 世纪 80 年代，法国的皮埃尔居里兄弟在一次偶然的实验过程中发现，该种宝石会在两端积聚电荷，产生电性两极，与永久磁铁的永久磁极相类似，托玛琳具有永久电极的性质，而且通过外界测定，两极的静电压相当高，但因其电阻很大，表现出的电流值并不大，数量级为 0.06 mA ，与人体的生物电流相当。这种电学性质，对改造环境很有意义，加之又能辐射 $4 \sim 14$ 微米的远红外辐射，故而对人体健康有着重要作用。

相传 18 世纪发生在欧洲有这样一个故事：在一个温暖的夏天，荷兰的阿姆斯特丹有几个小孩在玩荷兰航海者带来的石头，发现这些石头在阳光下出现奇异的现象，就叫他们的父母来看，惊奇地发现这种石头，具有一种能吸引或者排斥轻物质（如灰尘、纸屑或革屑）的力量。因此，荷兰人把这种石头叫做“吸灰石”。后来证实它就是矿物名为电气石的托玛琳，因为它一则能吸附细小的纸片，二则是带电的石头，故美其名曰“电气石”。

经考查，我国在 644 年唐太宗征西时就得到过这种宝石，并刻成印章，比斯里兰卡早 1 000 多年。在清代的皇宫中，就有较多的碧玺饰物。据清朝的典籍中记载，慈禧太后殉葬品中，其脚下踏着一支碧玺琢刻而成的莲花，重量达 1 056.25 克（三十六两八钱），价值白银 75 万两。

在《清会典图》中也将碧玺称为“碧”；《填海虞衡志》中称其为“碧霞”或“碧洗”。在俄罗斯，碧玺也被称为“西伯利亚石”。

现代的宝石市场中，蓝色电气石、杂色电气石和电气石猫眼，其中红色电气石最受人们欢迎。但是，在 21 世纪，最受欢迎的确不仅是这些五光十色的宝石饰物，而是广泛用于环保、健康事业的比饰物更有价值的新用途，让托玛琳这种宝石放射出更加灿烂的光芒。

第二节 托玛琳应用的国内外动态

1880 年，法国的皮埃罗·查里兄弟首先发现并证明，托玛琳是一种具有永久电极的天然矿石，这种矿石对人体，对环境都具有极大的作用。但是，直到 100 年之后，即 1986 年前后，东京大学的教授中村辉太郎先生和久保哲治郎先生，着手对这种天然宝石的实际应用进行了全面的开拓性研究。经过一年半的努力，托玛琳的超微粒粉碎技术已经获得成功，并已将这种超微粒材料（ $0.1\ \mu\text{m}$ ）单位的结晶体，混入纤维原料内制成织物也已获得成功。这种掺入

托玛琳原料制成的纤维，被称为“梦的纤维”。用这种纤维制成的衣服，穿在身上，不断放出微电流对皮肤产生刺激，增强了神经系统的调节作用，促进了全身的血液循环，特别是微循环。其中内衣、裤售价高达 100~200 美元一套。

1995 年起，日本科学家对托玛琳进行了全面的物理分析和化学分析，确认这种宝石具有“3 个方面的特性”，“9 个方面的功能”，“40 个方面的效果”，并进行全面的试验，作出了详尽的科学报告，以大量的数据证明了这种宝石将是 21 世纪改善环境，促进人体健康的全新材料。

目前国际上，开发的托玛琳功能性产品有：

保健纺织品类鞋、内衣裤、袜、腰肩膝腕的保健、保暖防护用品、服装内衬材料、床单、床垫、床罩、枕头；

建材类 水性涂料、石膏、框架材料、地毯、地面砖；

家电业 空调器内的消臭、抗菌过滤器；洗衣机内用的布袋；

化妆品 晚霜、沐浴露、祛痘、祛皱、美白系列产品；

化工业 肥皂；

造纸 保鲜纸，过滤用纸以及其他功能纸；

其他 水稻耕作、温室栽培、无土栽培、净化水的制造、健康建筑材料，饲养家禽、牲畜，养鱼，粪便处理等。

近年来，以往被视为无利用价值的非宝石级电气石，首先在日本开发出上述对环境和健康大有裨益的功能性产品，在亚洲最为成熟的市场上身价倍增。

好的性能和独特的功能，特别是一种材料多种功能的保健类商品实属不多，很快被广大人民所接受，特别是被从事环保和保健事业的人群所看中，从日本开始向周边、向全世界各个角落扩展，显示出托玛琳这一环保健康新材料的强大生命力。

1997 年，关于托玛琳产品的开发信息从不同渠道流入中国，中国的科技人员及时地作出反应，上海、北京、广州、大连、西安等城市都有“先行者”尤其是上海先后有 10 多家科研院所、大专院

校、民营科技企业对托玛琳进行研究和开发，经过三年多的努力，对托玛琳的基本结构、理化特征和特殊功能等都作了全面的研究，目前对各种加工工艺基本上已经掌握，而且已经有部分产品走向市场，如托玛琳纺织品系列，改善室内空气质量的负离子产品，改善饮水质量的活化水系列等产品，获得市场的认可，得到人民群众的青睐。而且有些产品已经出口到日本，获得日本用户的好评。

实践表明，托玛琳作为环保和健康产品的新材料，必将以崭新的面貌、强大的生命力、生机勃勃的商机为人类的环保和健康开花、结果。

第二章 托玛琳的基本性质

第一节 托玛琳的一般特征

托玛琳的一般特征包括外形、颜色、硬度、成分等等，现分述如下(图 2-1)。

(一) 化学式



(二) 名称分类

主要的托玛琳有三种：

- (1) 铁托玛琳(Schorl)；
- (2) 锂托玛琳(Elbaite)；
- (3) 镁托玛琳(Dravite)。

(三) 主要成分

钠、镁、铁、锰、锂、铝、硼、硅、氧、氢、氟(表 2-1)

(四) 形状

一般为柱状结晶，从侧面能看到与纵向平行的条线，也就是出现在结晶面上的线纹。截面呈六角形，只是大多数三面很大，近似于三角形。柱状结晶的两个端面为三面 120°，好像是戴上一个斗笠，上下相差 180°，而且端面的角度也不相同，这种上下的不对称性，称为异极像。另外，铁托玛琳特别易于形成大的结晶体。

(五) 矿物归类

- 硅酸盐矿物(silicate)《环硅酸盐(cyclosilicate)》；
- 含有硼的复杂的硅酸盐矿物；

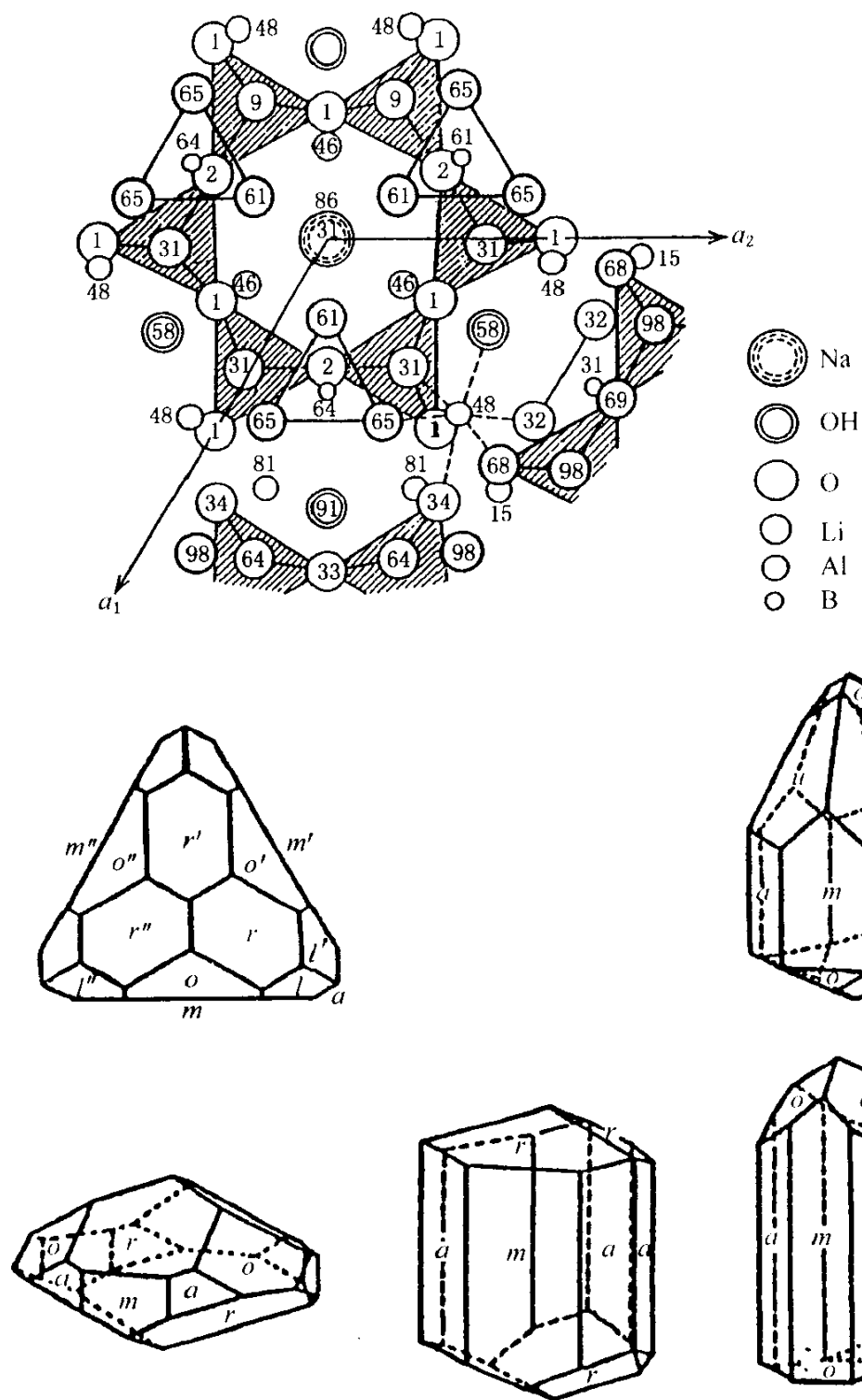


图 2-1 托玛琳的晶体结构

表 2-1 电气石成分比例表
(理想的化学成分构成)

	锂电气石 Eltaltite Na(Li, Al) ₃ Al ₆ (BO ₃) ₃ Si ₆ O ₁₈ (OH) ₄ 在只有 Li 的情况下			铁电气石 Schorl NaFe ₃ Al ₆ (BO ₃) ₃ Si ₆ O ₁₈ (OH) ₄			镁电气石 Dravite NaMg ₃ Al ₆ (BO ₃) ₃ Si ₆ O ₁₈ (OH) ₄		
元素	Wt%	Mol%	质 量	Wt%	Mol%	质 量	Wt%	Mol%	质 量
Na	2.53	1.85	22.989 8	2.18	1.85	22.989 8	2.40	1.85	22.989 8
Li	2.30	5.56	50.823	—	—	—	—	—	—
Fe	—	—	—	15.91	5.56	167.541	—	—	—
Mg	—	—	—	—	—	—	7.61	5.56	72.915
Al	17.86	11.11	161.889 0	15.37	11.11	161.889 0	16.88	11.11	161.889 0
B	3.58	5.56	32.43	3.08	5.56	32.43	3.38	5.56	32.43
Si	18.59	11.11	168.513 0	16.00	11.11	168.513 0	17.58	11.11	168.513 0
O	54.70	57.41	495.981 4	47.08	57.41	495.981 4	51.73	57.41	495.981 4
H	0.44	7.40	4.031 6	0.38	7.40	4.031 6	0.42	7.40	4.031 6
total	100.00	100.00	906.657 8	100.00	100.00	1 053.375 8	100.00	100.00	958.749 8

拥有 6 个 SiO_4 四面体呈环状相连的基本结构，也被称为环硅酸盐或环状硅酸盐。

(六) 结晶

三方晶系 (trygonal) 《广义的六方晶系 (hexagonal)》;

空间群: R_{3m} ;

- 结晶形状: 复三方锤体, 异极像 (拥有极性轴)。

(七) 折射率

$$W = 1.64 \sim 1.67$$

$$\epsilon = 1.61 \sim 1.65$$

(八) 颜色和透明度

铁托玛琳: 不透明, 黑色。

锂托玛琳: 透明到半透明, 可呈现粉红色、绿色、蓝色、黄色、白色等, 其中只有极少一部分的高质量的才能制成宝石。

镁托玛琳：不透明，有一部分可呈半透明。呈黄色、暗绿色、褐色、黑色。

这里要特别强调的是，尽管各种托玛琳的透明度和颜色不尽相同，但其性质基本相同，正因为如此，没有宝石价值的托玛琳被用于工业、农业、环保、健康事业，其利用价值在某种意义上比灿烂夺目的宝石更有价值。就贮藏量来说，全世界，尤其是中国，铁托玛琳产量最大，一般市场上流行的产品大多由铁托玛琳制作而成。

(九) 比重

托玛琳的比重一般为 $3.0 \sim 3.3$ ，根据不同的托玛琳，其成分有差异，因此比重也稍有变化，比重由大到小的排列顺序为：

铁托玛琳 > 镁托玛琳 > 锂托玛琳。

(十) 硬度

托玛琳的硬度颇高，一般在 $7 \sim 7.5$ 莫氏硬度。

第二节 托玛琳的理化特性

前面已经讲到，托玛琳既是一种晶体，又是一种电介质，还是一种带电的石头，因此有必要把这三种性质分别讲清楚，以便广大读者对托玛琳有个基本的认识。由于用于环境和健康的材料主要是铁托玛琳，因此以后各章节中主要叙述的内容系指铁托玛琳而言。

一 托玛琳的晶体性质

既然托玛琳是一种晶体，首先要弄清什么是晶体。人类对晶体的认识是从具有规则外形的石头开始的。因此，在人类的早期，就把有规则外形的石头叫做晶体。随着社会的发展，人们发现各种晶体都有它的特殊的外形，尽管晶体大小、外形、颜色各异，但是相应的晶面之间的夹角都是固定不变的。

早在 17 世纪，意大利科学家斯丹诺（晶面角守恒定律的发现者）的老师巴尔托林有一次不慎将一个大的冰洲石晶体掉到地上摔碎了。边惋惜边拾地上的碎块时，惊奇地发现这些小碎块和大的晶体外形一模一样。尔后又通过观察和研究，他发现了晶体的解理性，即晶体总是沿一定的晶面碎裂的，碎裂后的碎块和原来大块晶体的外形相同。直到 1855 年，法国科学家布喇菲经过潜心研究，提出了空间点阵学说。即在晶体内部，分子、原子或离子的排列是有规则的，它们像士兵列队一样，排成一定形式的空间点阵。随着时间的推移和大量实验验证，人们把晶体定义为：分子、原子或离子作有规则排列的物体。由一个晶核长成的晶体叫单晶体；由许许多多晶粒挤压在一起的晶体就叫做多晶体。世界上的晶体实在太多了，例如钢、铁、铜、银、金、锡、铝、花岗岩、食盐、雪花、糖、味精、煤烟、毛发、骨头等等，甚至连构成生命的蛋白质、核酸也是晶体。所以有人说：“我们是生活在晶体世界里。”然而，在世界上，虽然有这么多的晶体，而真正能形成规则多面体的晶体是实在太少了，多少年来，不管是皇宫贵族，还是平民百姓，都认为晶体是圣洁、无瑕、高贵的，习惯上把那些绚丽多彩的单晶体视为晶体。诚然，同时也存在着非晶体，像玻璃、冰糖、沥青等都是非晶体。经研究发现，这些非晶体内部原子的排列在一个很小的范围内仍然保持着一定的规则性，根据上述晶体的定义，反观晶体和非晶体的区别在于不管在晶体里还是在非晶体里，如果只看一种原子周围有几个另一种原子，那么数目是相同的，这叫短程有序。但是，从大范围来看，非晶体是长程无序的。

显而易见，晶体是其中分子、原子或离子作长程有序排列的物体。所说的长程，也就是指的大范围而已。

托玛琳是地地道道的晶体，而且是柱状晶体，是非常珍贵的、少见的、外形规则的晶体。

上面讲到了晶体的定义，那么，晶体有哪些重要特性呢？

晶体有许多重要的物理特性。如：自然光与偏振光的特性、折

射与双折射的特性、压电效应、热电效应、电光效应、晶体硬度的特殊性、晶体的解理性等等，这里只叙述与托玛琳应用有关的压电效应和热电效应。

（一）压电效应

晶体在压力作用下使晶体极化，使晶体表面荷电的现象称为压电效应。具有这一性质的晶体称为压电晶体。相反，如果在晶体（晶片）两面施加外电场，晶片则发生机械变形，这称为反压电效应。在压电效应中施加的压力与电极化的强度成正比；在反压电效应中，机械变形的程度与外电场也成正比。

那么，压电效应是如何产生的呢？经研究发现，在晶体未受压力作用时，正电荷重心和负电荷重心相互重合，此时晶体的总电矩等于零，所以晶体表面不存在电荷；当晶体受到压力作用时，由于晶体发生形变而导致正、负电荷重心分离，致使晶体表面荷电。压力越大，形变越甚、电荷重心分离越甚、表面荷电越强。在自然界中，虽然晶体很多，但真正具有压电效应的压电晶体为数不多。如 α -二氧化硅、酒石酸钾钠、钽酸锂、碘酸锂，特别是托玛琳都是有发展前途的压电晶体。

（二）热电效应

由于温度的变化引起某些晶体表面荷电的现象称为热电效应。具有这种性质的晶体称热电晶体。

托玛琳就是热电晶体的典型代表，托玛琳晶体属三方晶系的 $3m$ 点群，有唯一的三次旋转轴，热电效应就发生在这个三次轴的方向上。托玛琳之所以会产生热电效应是晶体受热膨胀时，带电粒子之间发生相对位移，引起晶体的总电矩发生变化而导致晶体表面荷电。和压电效应一样，在自然界的众多晶体中真正有热电效应的热电晶体也是微乎其微。而且具有热电效应的晶体可以同时具有压电效应，但是具有压电效应的晶体却不一定具有热电效应，可见，兼有热电效应和压电效应的晶体实属不多，托玛琳则两者兼而有之，其应用价值是其他矿石包括五光十色的宝石是无

可比拟的。

二 托玛琳的电学性质

托玛琳又名电气石，顾名思义托玛琳是带电的石头。自然带电，首先要弄清楚电是怎么回事？众所周知，一切物体都由分子组成，分子又由原子组成，而原子则由带正电的原子核和带负电的电子组成，在一般情况下，同一个原子中正负电荷相等，因而整个物体被认为是不带电的或中性的。当它们由于某种原因（如摩擦、受热、化学变化等）而失去一部分电子时，就带正电，获得额外电子时，就带负电。通常电荷周围存在着电场，运动时还有磁场。

作者在《磁·远红外·健康》一书中已经提到地球是一个大磁场，但它的磁场强度很低，仅有 0.05 mT （毫特斯拉）相当于过去所称的 0.5 Gs （高斯）。虽然地球的磁场强度很少，但与人的生活 and 生命活动有着密切的关系。地球同样是一个巨大的静电场，地球上衍生的各类生物和人类，由于长期生存在这样的大气静电场中，就逐步形成了适应与利用这种环境的遗传特性，如果在这样一个大气静电场中，再加上一个适宜的静电场，就会发生各种生物效应。

实验证明 托玛琳带的是直流静电，它与一般“诱电体”所带的静电截然不同，一般“诱电体”所带的静电在没有外界条件变化的情况下，处于静电平衡状态，这种平衡状态遵守下列原则：

在此状态下，导体内部场强处处为零；静电荷只能分布在导体的外表面上；整个导体是一个等势体，它的表面是一个等势电；导体表面上任何一点的场强方向跟该点的表面垂直。只有把这种“诱电体”放入电场，才会产生电分极。然而 托玛琳是极性结晶体，即使不放入电场中，矿石本身也有电分极产生，即自然地、永久地在一端产生“正电极”，在另一端产生“负电极”。而且，这种正电极和负电极未必是平衡的，常常处于一种不稳定状态。因此这种不平衡

便产生了“电位”，因为有了电位，电子不断从负电极流向正电极，这种电子的流动就是托玛琳所带静电的本质。

托玛琳为什么能连续产生直流的静电呢？这是因为从宇宙中不断有“基本粒子”落下。基本粒子有质子（正离子）和电子（负离子），正离子不能通过大气层，只有被称为“太阳风”的负离子通过大气层落到地球的表面。这些负离子被托玛琳的“正电极”吸收，接连不断地被传到“负电极”。于是，有一个负电子从负电极侧跳出来，沿着电力线飞到正电极，形成电场（图 2-2）。这样，只要有太阳，宇宙落下来的负离子一直被托玛琳的正电极吸收，所形成的电场则循环不息，静电一直在流动，因此，托玛琳就永久地存在电极，连续不断地产生静电。然而这种电流只有 0.06 mA(毫安)尽管这种电流非常微弱，但对我们的生命是多么的重要，它竟然和我们人体的生物电流是惊人的相似。

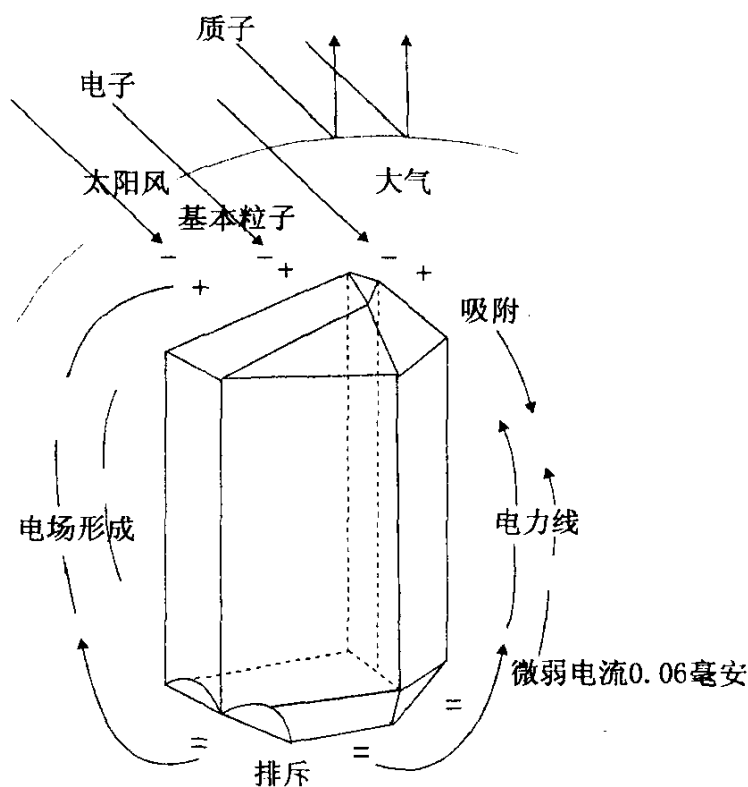


图 2-2 托玛琳电场形成图

托玛琳具有永久性电极的这一非常独特的性质。而且，无论是粗矿石还是磨成微米级、亚微米级的超细粉末，每个结晶体都有正电极和负电极，尤其值得重视的是：结晶体越小静电压越高。这可以通过对固体物理的静电压计算出来。

由于托玛琳的独特电特性，因此有人提出检测一块宝石是不是托玛琳，可以用下列方法：

- (1) 电压测定；
- (2) pH 测定；
- (3) 氢气放出试验；
- (4) 负离子测定；
- (5) 加压式电流测定。

我们每个人都有这样的生活经验，每逢冬季，如果碰到金属，可能会感到麻酥酥的，那是为什么呢？那就是静电的放电现象，即静电碰到或靠近有电流流动的物体（导体），就会一下子放电，这种电的流动就是电流。例如因激烈的气流产生的大量带电现象（静电积存现象）的云会对着地面一下子放电，那就是雷。

那么，托玛琳带有静电，为什么我们去触摸它，不会有麻酥酥的感觉呢？这是因为托玛琳放出的电流是极其微弱的，只有 0.06 毫安。而雷的电流则大得多，所以往往把人击伤甚至致死。

在自然界里，或在日常生活中所看到的静电现象，一旦放电，电荷立即消失变为零，就像弄翻了铁水桶里的水，铁水桶变得空空的。但是，令人吃惊的是，无论怎么放电，托玛琳还是连续放电，电荷不会消失。这就是因为上面已经讲到的，托玛琳是极性结晶体的罕见结构，结晶体的两端有正负两极，照在我们头上的太阳向宇宙释放阳光、热量、大量的电子和离子强烈地照耀着地球，但大部分被大气阻断了，到达地球的只有负离子，如上所述的原因，形成永久的电流，只要有太阳，就能永远获得太阳风的负离子，就能连续的放电，永远也放不完。

实验再一次证明，通过加热，托玛琳的电特性变得更强，据说，

温度每升高 10°C ，其效果增高一倍。另外，给托玛琳晶体纵轴上加压，就会产生更强的静电。

就是因为托玛琳的电的特殊的、罕见的性能，在工农业、国防、科技、环保、健康事业都有着广阔的应用前景。

第三章 托玛琳的第一个特殊性能

——发射远红外线

托玛琳在常温下能发射波长 4~14 微米 发射率在 0.92 以上的远红外线。

第一节 红外线的基本概念

“红外线”，顾名思义，是指在红光外面的一段光线。具体地说，红外线（更确切地说应该称红外辐射）是指波长在 0.76~1 000 微米之间的电磁波。那么，什么叫电磁波呢？即在空间传播的交变电磁场，它在真空中的传播速度为每秒 30 万公里，按波长由短至长依次排列为 γ 射线、X 射线、紫外线、可见光、红外线、微波、无线电波等 构成了电磁波谱（图 3-1）。这里要特别强调的是，在空间传播的交变电磁场，才能称为电磁波，不具备这种性质的，就不是电磁波，如永磁体的静磁场，不具备交变磁场的性质，就不是电磁波。

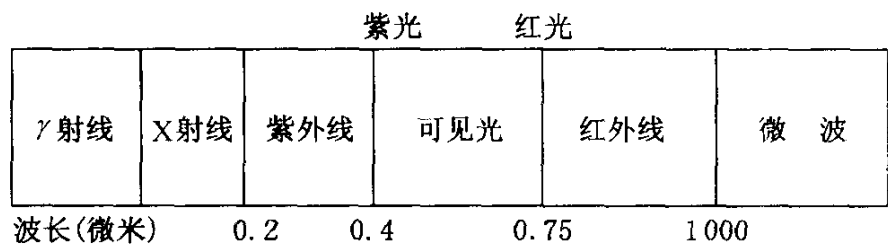


图 3-1 红外线在电磁波谱的位置

红外线分近红外、中红外和远红外，一般医学上是这样划分的：

近红外区 0.76~3 微米

中红外区 3~30 微米

远红外区 30~1 000 微米

但在实际应用中，通常只分为近红外和远红外：

近红外区 0.76~3 微米

远红外区 3~25 微米

而最常用的是把 2.5 微米以上的红外线统称为远红外线。

不管是红外医疗仪器制造商，还是用户，最为关心的是红外线的发射率。所谓发射率 即在一定温度下 整个波长范围(例如 8~25 微米)内测量物质与标准黑体的法向辐射率之比，称为比辐射率，也称发射率。一般以发射率的高低来衡量红外线治疗仪、远红外保健纺织品等红外保健医疗产品的优劣，发射率愈高，其热效应愈好。但是 衡量红外产品的好坏 不能单纯看其发射率的高低 还要看其保健治疗功能如何？还有其他测试指标等综合考虑才能得出全面正确的结论。

一般红外发射率用比值表示，例如 0.80、0.90 等。图 3-2 所示在 50℃, 3~15 μm 波段的远红外陶瓷粉的光谱发射率。也有用百分数表示的，如 80%、90% 等，后者是用傅立叶的方法测试的，国际上较少采用，国内天津地区常采用百分数表示法，其 90% 就相当于 0.90 其余依次类推。

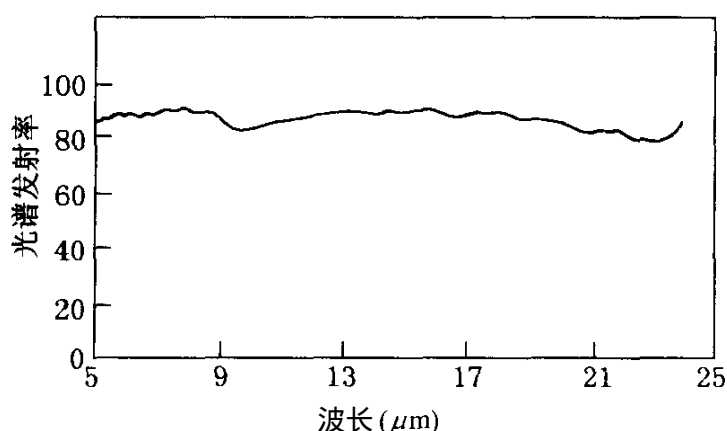


图 3-2 远红外陶瓷粉的光谱发射率

红外线是电磁波的一部分，更与可见光有千丝万缕的联系。因