

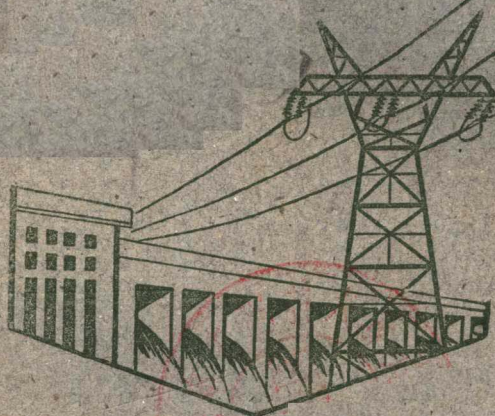
技工学校交流讲义

綫路运行与检修

上册

陕西省電業局技工学校編

学校内部使用



中国工业出版社

本书是为培养具有中级技工水平的线路运行与检修专业学生而编写的。分上下两册：上册包括高压架空电力线路的各种故障、巡视及运行中的测量和试验；下册包括高压架空电力线路的维护检修，电力电缆线路运行与配电变压器运行等内容。

本书由陕西省电业局技工学校强篤学、王立，重庆电力技工学校林秉忠、李振金，浙江电力技工学校戚永康，北京供电局技工学校胡培生、周宪德、张兆祥、汪玉林编写和修订；并经陕西省电业局技工学校二分校吴其昌审查。



线路运行与检修

上册

陕西省电业局技工学校编

*

水电技工教材编辑组编辑（北京阜外月坛南街10号）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路10号）

（北京市书刊出版事业许可出字第110号）

化工印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $4^{13/16}$ ·字数107

1961年12月北京第一版·1961年12月北京第一次印刷

印数0001—1,100·定价(7-2)0.39元

*

统一书号：15165·1145（水电—109）

52

89

目 录

第一章	高压架空电力线路的运行	3
第一节	高压架空电力线路各种故障的基本原因	3
第二节	高压架空电力线路各种故障的分类	4
第二章	杆塔方面的故障	5
第一节	杆塔运行的条件	5
第二节	杆塔的偏歪及倾倒	6
第三节	木杆的腐蚀	8
第四节	雷击损坏木杆	14
第五节	木杆燃烧	15
第六节	铁塔腐蚀	26
第七节	基础及铁塔地下部分的故障	27
第八节	混凝土杆在制造上的缺陷和使用中的损伤	28
第九节	杆塔被车辆碰坏	30
第三章	导线和避雷线方面的故障	30
第一节	导线和避雷线的运行条件	30
第二节	导线在制造和架设中的缺陷	32
第三节	导线腐蚀	33
第四节	导线的振动及其造成的故障	35
第五节	导线碰线	42
第六节	导线的跳跃	43
第七节	向导线上投掷外物所引起的故障	44
第八节	导线闪络所引起的电弧事故	45
第九节	导线连接器的故障	46
第十节	避雷线的损坏	53
第四章	线路绝缘子和金具方面的故障	54
第一节	绝缘子的工作条件, 关于电气和机械故障的概念	54
第二节	线路上安装不合格的绝缘子	56
第三节	绝缘子的衰老现象	57
第四节	绝缘子的污秽	58

第五节	閃絡时絕緣子的损坏	62
第六节	絕緣子的机械损坏	63
第七节	金具的损坏	64
第五章	電力綫路沿綫的情况	65
第六章	雷害及其預防	69
第一节	大气过电压及其危害	69
第二节	避雷设备	75
第三节	閘型避雷器	81
第四节	管型避雷器	83
第五节	保护間隙	86
第六节	35~110 千伏綫路的防雷	88
第七节	3~10千伏綫路的防雷	89
第七章	高壓架空電力綫路上的復冰和消除	90
第一节	关于复冰的概念	90
第二节	因复冰而发生的故事	91
第三节	复冰的防止和消除	92
第八章	高壓架空電力綫路的巡視	93
第一节	概述	93
第二节	定期性巡視	94
第三节	特殊性及夜間巡視	98
第四节	故障性巡視	98
第五节	监察性巡視	99
第九章	架空電力綫路運行中的測量和試驗	99
第一节	木杆腐朽測量	99
第二节	絕緣子的試驗	102
第三节	導綫連接器的檢驗	107
第四节	杆塔接地裝置电阻的測量	114
第五节	弧垂及限距的測量	121
第六节	雷电觀測	140

第一章 高压架空电力线路的运行

第一节 高压架空电力线路各种故障的基本原因

高压架空电力线路由于长期处于露天之下，使得线路的杆塔、绝缘子和导线不仅经受正常作用的机械载荷和电力负荷，所有元件还得经受各种自然条件的影响，如风、雨、冰、雪、雷电以及其他等等。这种影响能够促使线路各元件逐渐趋于损坏。因此线路事故总比其他设备的事故为多，如果注意不够，会使得线路安全运行受到很大影响。

由于气候的变化和空气中水分的变化，木杆会发生腐朽，铁塔及其他金属部件会发生腐蚀，线路的绝缘子会受到损坏。

空气温度变化时，导线的张力也变化，这就能使绝缘子及其他部件损坏。

各种不同的风力可能成为导线振动、跳跃和碰线的原因，也可能招到杆塔的损坏。

空气中的灰尘、特别是线路附近工矿企业排除的烟气和有害气体，均能促成绝缘子绝缘劣化、铁塔以及线路其他部分的腐蚀。

雨的影响，主要是加速木杆的腐蚀，特别是忽晴忽雨的情况下更是如此，此外，绝缘子在特殊的大雨下和积有灰尘的绝缘子在细雨中，都容易产生闪络的现象，甚至损坏绝缘子。

在天气潮湿和寒冷的地区，绝缘子上由于冰雪的积聚，亦会发生闪络现象。

雷电对綫路运行的影响更是严重，它不仅可以使絕緣子击穿，有时也会导致断綫事故；对于木杆来講，有时也会有被雷电劈裂的事故发生，甚至引起烧杆、倒杆、断綫等事故。

根据綫路运行經驗証明，以上各因素有时常常同时出現，这样影响就更加严重了。

为了保証电力綫路的工作安全可靠，綫路运行人員，应当熟知可能破坏綫路工作各种故障的原因以及事先发现这些故障的原因和掌握消除隱形故障的对策。

一系列运行經驗証明，仔細地对綫路进行巡視与检查，及时地发现在綫路上各設備所发生的一切缺陷及隱形故障，及时予以消除，就能保証綫路的安全运行。

第二节 高压架空电力綫路各种故障的分类

高压架空电力綫路事故有許多类别，按照不同的事故分类又各有不同的分析方法。一般最主要的事故分类有以下几种：

1. 单位长度的事故率——以每百公里每年若干次事故来计算，并且按照不同的电压等級来划分；
2. 按照事故及停电的基本原因来分类：例如結構上的缺点；运行上的缺点；以及未查明者等等；
3. 按照綫路主要部件进行事故分类。

以上三种分类方法，是各自从不同的观点上出发来分析事故。其中第一种按单位长度的事故率来比較，可以突出的說明綫路事故按綫路长度比例增减的实际情况；第二种按照事故及停电的基本原因来分类，可以說明事故的基本根源所在，例如雷击事故較多，应从改善防雷設施来进行，运行上

的缺点較多，則应加强运行人員的責任感，以減少錯誤发生；第三种分类方法，主要在于根据綫路各部件发生事故的比較次数，来掌握綫路中的薄弱环节，以便于运行人員对这些部分的設備或部件加强維護与检修工作。

按照綫路主要部件进行分类，可分为以下几項：

- (1) 杆塔方面的故障；
- (2) 导綫及避雷綫方面的故障；
- (3) 綫路絕緣子及金具方面的故障；
- (4) 雷害事故。

以上几項，我們将从第二章起逐一討論。

在討論各种故障的同时，也将簡單的介紹有关各种故障預防的知識。

第二章 杆塔方面的故障

第一节 杆塔运行的条件

杆塔設立在露天里；这样就不能不受到气候和空气中水分变化的影响，逐漸地减弱杆塔部件的强度。木質杆塔受到水分变化的影响便容易发生腐朽；鉄塔受到这些影响后則容易发生腐蝕現象。至于鋼筋混凝土杆塔，一般受自然条件影响較小，但如果制造不合乎要求，便可能发生保护层剝落，露筋生鏽等現象。

此外，杆塔还常常遭受雷电、复冰、风、水灾及火灾等影响，或其它可能发生的机械力的破坏(如車輛碰伤等)。

如果木杆上的絕緣子遭受破坏，沿着木杆而流过的洩漏电流，可能也引起木杆的燃烧。

杆塔故障，主要有下列几項：

1. 杆塔的偏歪及傾倒；
2. 木杆的腐朽；
3. 雷击损坏木杆；
4. 木杆燃烧；
5. 鉄塔严重腐蝕；
6. 鉄塔地下基础部分的损坏；
7. 混凝土杆在制造上的缺陷和使用中的损伤；
8. 杆塔被車輛碰坏。

第二节 杆塔的偏歪及傾倒

一、杆塔发生偏歪及傾倒的原因

1. 杆塔在修建之后，由于地基未夯实，經過雨季和一段时间之后，基座坑內的土壤可能发生不均衡的下沉現象，因而造成杆塔的偏歪和傾倒。

2. 杆塔的连接部分松动，在木杆綫路上这种現象特别显著。这主要是因为木杆在建設之后或检修更换之后，日益干燥縮小以致使螺栓连接部分松动，或是接腿与主杆连接的綁綫松弛，而造成杆塔的偏歪。

3. 由于冬季施工的关系，杆塔是設立在冻结的土壤里，到了春天，土壤开始解冻，基础附近的土壤可能松动而使杆塔偏歪。

4. 拉綫張力不平均。

5. 由于洪水灾害和暴风所引起的。

6. 导綫有严重的不均衡复冰。

7. 由于設計及施工錯誤所引起的，如杆塔埋入的深度不够，杆位不正，以及导綫三角排列机械荷載不均衡和木杆

根部未用橫木補強等。

由于以上原因，杆塔容易发生偏歪現象，在运行中可能会发展成杆塔傾倒事故，或因为部件受力不均匀而引起結構部分的部件損坏，以及对地限距不够等現象。

根据“高压架空电力綫路运行規程”的規定，杆塔的偏歪程度在下列范围内暂时允許使用，但运行人員应注意其变化。

表 2—1 杆塔实际位置距正常位置的允許范围

順 序	类 别	木 質 杆 塔	鉄 塔 及 鋼 筋 混 凝 土 杆 塔
1	杆塔偏离綫路中心綫，不大于	0.1米	0.1米
2	杆塔傾斜度，不大于	1:100	1:200
3	橫担歪斜度，不大于	1:50	1:100

二、防止杆塔傾倒的措施 如發現杆塔已經偏歪时，則应将其扶正或矫正，然后进行检查和拉紧所有已松弛的接腿綁綫和减弱的螺栓連接部分，在土壤已經下沉的基础坑內补填土壤并加以夯实。

如果发现偏歪的原因是由于杆塔的埋入深度不够时，应将基础坑的深度按照設計規定加深。若不便加深时，可以加强基座，但应經過原設計者或綫路工区技術人員的核算。如果是木杆且未加地下橫木者，可以增加地下橫木来补強。

由于杆位不正，因受导綫的旁压力而使电杆本身发生的弯曲現象，則需移杆矫正位置。对于轉角杆或終端杆因受不同拉力而使电杆本身发生的弯曲，則应平衡拉綫張力或增加補助設備，如撑杆等以資平衡。

为了預防由于洪水灾害而造成的杆塔傾倒事故，在汛期

8

来临之前还应作好下列工作。

1. 在汛期来临之前对杆基进行一次全面的检查，凡杆基周围土壤下沉或者松动者应填土夯实，并在杆根地平面上培出不小于30厘米高的坡台；

2. 木杆设立在水中或在汛期有可能被水浸淹者，应根据具体情况增添拉线或撑杆；

3. 在汛期杆基有被水冲击可能者，根据具体情况应增添护桩或护堤，已有的护桩及护堤应进行一次检查，不良的要加固；

4. 在汛期，适当增加特殊巡线次数，及时消除线路上的缺陷；

5. 为了及时处理汛期中的缺陷及故障，应对事故备品加以清查和补充。

第三节 木杆的腐蚀

木杆设立在露天之下，由于自然条件的影响以及细菌和白蚁等的侵蚀，因而会逐渐腐朽。

木杆腐朽的速度，主要决定于所含的水分最容易促使木材腐朽的木材湿度是 25~60%。木杆腐朽的位置以及腐朽的速度，决定于木材的种类、质量、砍伐时间、气候和埋设木杆地点的土壤性质。此外，还决定于当地有无白蚁，以及木材是否浸注了防腐剂。

木材质量好与坏对它使用寿命来讲是有很大大意义的，干燥平正而层细的木杆寿命比带树节、层粗且有裂纹的木杆的寿命长得多。冬季砍伐的木材比夏季砍伐的木材遭受腐朽作用的程度较轻。如果在设立木杆时，木杆的某一部分的内部已发生腐朽，而在检查外表面时未发现，那末，这一部分就

会很快的损坏。

木杆腐朽的速度随埋设木杆地点的土壤性质而不同。如埋设在水田洼地中的木杆，因土壤湿度大，不宜于细菌繁殖，腐朽速度最慢。街道边、居民区附近的木杆因土壤被行人踏实，土壤内缺少空气和水分，因此也不适合菌类生殖，故腐朽速度较慢；旱地土壤一般都较为松软含有足量的空气和水分，易受热而且能保温，最适宜菌类生殖，埋在这些地方的木杆腐朽速度较快；砂土地内湿度经常变化，故腐朽速度最快。

根据上述情况，在杆根部分埋土时应注意夯实，使其土质坚实，减少空气和水分，这样就不利于菌类生殖；另外对木质较差的或直径较小的木杆应埋设在水田洼地或居民区附近，这样就可以延长其使用年限。

一、木杆各部分的腐朽情况 木杆的各部件所处位置不同，所以发生的腐朽情况及其发展程度也是不同的，遭受腐朽作用最严重的是下列部分：

1. 接腿或主柱的地面附近地方(大约在地面以上0.4~0.5米和在地面以下0.4~0.5米的一段)；

2. 木杆主柱的上顶，主柱与接腿、横担、以及与其它零件联接的地方；

3. 横担以上的整个表面和横担的两端以及所有对口联接地方、截口接合地方和螺栓孔的部分(图2—1)；

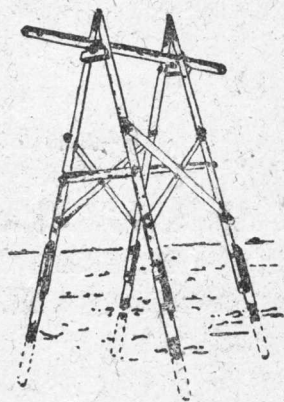


图 2—1 木杆上发生腐朽的地方(用黑色涂抹之处)

4. 在水田和洼地設立的木杆，处于地表面或水表面的部分腐朽作用較弱，这种木杆的腐朽作用发生在距土壤（或水）表面高0.5米左右的地方。

杆塔各部分腐朽的过程也是不同的，在未浸防腐剂的木杆部件上，腐朽时常从木杆外部开始，并向木柱中心发展；有时腐朽仅从一侧开始（向北的一侧，因这一侧永远背着太阳光）；此外，腐朽时常顺着裂紋开始，如在截口接合的地方和在木杆鉗孔处开始。木柱外部良好而从中心开始腐朽的情况是稀少的。浸以防腐剂的木杆，由于使木質腐朽的一些細菌和使腐朽发展所必需的水分，經過裂紋处进入到未浸注防腐剂的部分，因此腐朽現象时常从木柱内部靠裂紋的地方开始，并在浸以防腐剂的外表面的下面发展，造成内部环形或心形的腐朽。如图2—2所示。

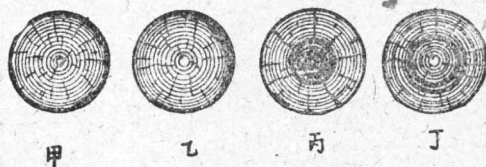


图 2—2 木質腐朽情况

甲—表面腐朽(圓的)；乙—側的表面腐朽；
丙—內部中心腐朽；丁—內部環形腐朽。

木材腐朽后，其机械强度大大减弱，并能成为木杆损坏的原因，所以必須經常检查木杆的腐朽部分。如果腐朽后的截面接近或达到危險截面时，就需要换掉其腐朽部分。如果腐朽程度較輕时，可在原腐朽部分进行必要的防腐处理。

木杆零件的工作寿命决定于上述各种情形，所以不能精确的預先确定其使用寿命。用好的松木制成而未浸防腐剂的

木材，其工作期限如下：綁桩 4～6 年左右，橫担及木杆連接部分 5～8 年左右，主柱 8～10 年左右。

二、木杆的防腐处理

1. 用防腐剂处理木材。延长木杆工作寿命最可靠的方法，就是将木杆用防腐剂处理，因为木材的腐蚀与朽烂的主要原因，是寄生菌类的腐蚀，和白蚁的侵蚀，而使用防腐剂的作用就可防止菌类的滋生和白蚁的侵入。普通最常使用的防腐剂是煤焦蒸油和木焦蒸油。煤焦油是炼焦的副产品。木焦蒸油是木材干馏过程中的副产品，其性能与煤焦蒸有许多相似的地方。

处理的方法一般有工厂加压处理法、热煮冷浸处理法、扩散处理法等。前一种是属于工厂处理性质，后者是属于现场处理性质。

(1) 加压处理法：加压处理的主要方法是把木材置入大型铁桶内，全部密封，有时先抽真空后，注入防腐剂，增高温度并且加大压力，将防腐剂压入木材至规定的浸入深度为止。

(2) 热煮冷浸处理法：也就是开口锅煮浸法，有以下三种做法：

甲、将木材放在防腐剂的热锅中热煮，然后立即将防腐剂放出去，并立即注满冷防腐剂；

乙、将木材放在防腐剂的热锅内热煮，然后立即移入有防腐剂的冷锅内冷浸；

丙、将木材放在防腐剂的热锅内，热煮之后即行撒火，使防腐剂与木材同时自然冷却。

这种开口锅的处理方法，是在热煮的过程中使木材内的水分与空气膨胀，一部分空气和水分便被逐出；在冷浸的过

程中（或冷却过程中）使空气和水蒸汽又收缩，木材内部形成半真空状态，而将防腐剂吸入。这种处理方法最适宜于处理木材根部，或是处理绑桩的全部长度，并且也是最经济而有效的方法。

（3）扩散法：扩散法主要包括有包紮法及复涂抹法。这两种方法可以在现场进行，不需要特殊的设备。这两种方法所以称为扩散法的原因，是由于防腐剂溶液通过扩散作用浸入木材内部。当木材的湿度愈大，则防腐剂愈易于溶解在木材的水分里，渗入内部愈快，实验证明：木材湿度在50%以上，在18°C时，防腐剂溶液每昼夜渗入木材的厚度约1毫米。但另一方面杆子的湿度过大，渗入的防腐剂仍会很快的从木杆中流入土壤。

（4）包紮法是采用防腐绑带，防腐绑带是由外层防水层和内层防腐膏构成。防水层以防水纸，假羊皮纸或油毡纸做成，宽为50厘米，长依绑紮带处木杆粗细决定，并在接缝处多留出5厘米的备用。

如果防腐带是在现场制成的；那么在它干燥之后就可使用。如果是以集中方式制成的防腐带，在使用之前要喷以微量的水。防腐带绑紮时是用铁钉和铁丝将其固定在电杆的所需部位，然后从防腐带的边缘1~1.5厘米处，紮上2~3道铁丝箍，在防腐带边缘的地方钉上三个钉子，并在防腐带表面及上下边缘涂盖上沥青。应该注意，沥青复盖的质量，是决定防腐带外层的防水程度。

包好的防腐带，应该是结实、无缝、并紧贴在木杆上。为了更好的使防腐带紧贴在木杆上面，地面以上部分要适当的填上土，但不要高出防腐带上缘，并在次年春季把它取掉。

(5) 复涂抹法常使用瀝青軟膏，是在冷的状态下用刷子刷在所需部位。如在冬季施工时，需把它加热到 $30\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。涂刷的膏剂在木杆上硬化以后，再用刷子涂上防水保护层。用作防水层的材料，是采用Ⅲ或Ⅳ号的石油瀝青，或用少加一些干沙子的瀝青乳剂。防水层的沙子是为了使复盖物能牢固地附着在杆子上。对所有砍伐伤痕及木杆表层上的其它破坏地方，以及木杆在地面上边部分所有梢头，都要涂盖上瀝青防腐膏；木杆在地面上边部分的梢头，应用防水紙片、油毡綫或其它复盖物掩盖并且釘上釘子固定在木杆上。

木杆在防腐处理前，应将木杆上的泥土、树皮及其它污物除掉。

2. 其它的防腐方法

(1) 烧炙木材法：这种方法过去曾被广泛采用，但目前只有少数地方应用。这种方法是把木杆根部用小火均匀的烧炙 $0.5\sim 1$ 厘米深。一般認為这样作可以大大延长木杆使用寿命，因为木材表面烧出一层防菌的焦炭，同时烧的时候木材也烤干了一些。此外，还認為在烧炙时产生出一种木材干溜时的副产品，它是一种防腐剂。

但实际經驗表明这种方法并不能使木杆寿命延长多久，而且有时还会使木杆腐朽得很快。这是因为：在烧炙过程中木材上产生裂縫，使木材在运行中易于受潮；烧炙时只是木杆表面烤干了；此外，烧出的一层焦炭具有很高的吸湿性，很容易吸收水分。

为了改善烧炙法，可将炭化的木材表面再涂刷防腐剂。

(2) 采用混凝土基础或使用混凝土接腿：因为木杆根部距地面附近最容易腐烂，使用混凝土基础或使用混凝土綁桩，把木杆安装在这种基础或綁桩上，就可以大大延长木杆

的使用年限。

第四节 雷击损坏木杆

綫路遭受直接雷击时，常常使木杆劈裂，而且有时一个直接雷击不只是劈裂一棵电杆，而同时劈裂相邻近的几棵电杆。如果只是表面劈裂，一般是不一定会减弱木杆的机械强度。但在某些情况下，木杆劈裂而同时分开时，对机械强度的影响是很严重的，所以遇有这种情况必须立刻更换电杆。木杆劈裂以后，可能有某部分立即劈裂落地。遭受劈裂的部分可能是电杆的主柱，也可能是横担。如果是用螺栓将絕緣子悬挂在横担上，当横担被劈裂时螺栓就可能脫出，此时絕緣子串及导綫便落在地上，将引起严重的事故（木杆劈裂情形見图 2—3 及图 2—4）。遭受劈裂地方的木材表面一般并不燃烧，直接雷击木杆使其劈裂的原因，是由于强大的雷

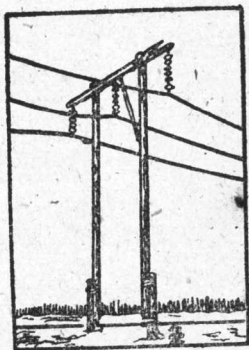


图 2—3 雷击使横担劈裂



图 2—4 雷击使木杆綁桩劈裂

电电流通过木材的纖維因而引起的强烈的蒸汽和瓦斯所致。

有时，直接雷击到木杆上时，除劈裂木杆外，也会引起燃烧现象。

应当指出，在木杆上装有避雷綫时，这种綫路是耐雷的，不会遭到上述劈裂现象。

第五节 木杆燃烧

如綫路附近的建筑物、庫房、干草或谷草堆以及其它等易燃物失火时，可能使木杆燃烧。所以必須注意綫路沿綫防护区内不得有建筑物存在，而且綫路附近不得有堆集的可燃材料。对于高压綫路危险性很大的是树林失火，如果使用木杆的綫路經树林和其它类似地方，而这些地方在天气干燥时可能由于燃烧的杂草等引起山火，則木杆可能燃烧。为了防止木杆下部失火，在电杆周围距离杆脚中心1.5~2米的地带去掉一层草块，并作好一条寬0.5~0.6米，深0.3~0.4米的沟。

此外，如有泄漏电流通过木杆也可能引起木杆、木横担发生燃烧现象。由于这种原因所引起的燃烧在每年秋末冬初、冬末春初季节发生的最多。严重的会造成开关跳閘，停止送电；有时虽未造成停电事故，但是木杆、木横担已經烧得不能再繼續使用，必須掉換新的木杆、木横担，这样就不得不被迫停电。因此下面着重叙述关于木杆、木横担由于泄漏电流通过而发生的燃烧問題。

一、发生燃烧的过程 运行中的架空綫路的各种木質部件(譬如木杆、木横担)，在燃烧之前，一般都是經過了三种过程之后，才会有燃烧现象发生。这三种过程是：