

吳聖鐸 黃文机 編著
人民交通出版社 出版



現有梁式木橋的防腐、維修與加固

現有梁式木橋的防腐、維修與加固

吳聖鐸 黃文机 編 著

人民交通出版社

本書介紹對現有梁式木橋進行補做防腐及維修加固工作的一些可行的方法。書中並有較多的算例，便於使用參考。

本書可供橋梁工程技術人員參考，特別適於基層橋梁養護、施工人員參考使用。

現有梁式木橋的防腐、維修與加固

吳聖鐸 黃文機 編著

*

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六號

新華書店北京發行所發行 全國新華書店經售

人民交通出版社印刷廠印刷

*

1965年4月北京第一版 1965年4月北京第一次印刷

開本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張：3 $\frac{1}{8}$ 張

全書：79,000字 印數：1—4,500冊

統一書號：15044·1496

定價(科六)：0.46元

目 录

一、緒論	3
二、木桥的腐朽与防腐方法	4
(一)木桥的腐朽条件与腐朽現象	4
(二)減輕木桥腐朽的构造防潮措施	6
(三)药剂防腐法	10
1. 防腐剂	11
2. 防腐处理前的检查及清理工作	14
3. 防腐方法	17
(四)防腐工作的注意事項	27
三、木桥的虫害及其防治	30
(一)钻蛀木桥的害虫	30
1. 軟體钻孔动物	30
2. 甲壳钻孔动物	31
3. 白蚁	34
(二)虫害的防治方法	35
1. 海生钻孔动物的防治	35
2. 白蚁的防治	37
四、木桥构件的力学損害及其消除	40
五、梁式木桥維修与加固的方法	45
(一)桥面木(橫木)的維修与修复	45
1. 維修	46
2. 修复	46

(二)大梁的加固与修复.....	61
1.就地加固	61
2.修复	87
(三)排架的加固.....	106
1.帽木加固	106
2.木桩加固	108
参考文献.....	111

一、緒 論

木材是一种良好的天然建筑材料，它的容重（即单位体积的重量）輕，相应的力学强度（抗拉、抗压、抗弯、抗剪）都比較高，便于运输，便于加工建造。在盛产木材地区建造木桥，更为有利。我国現有公路桥梁及农村桥梁中，木桥占有很大的比数。日本农村桥梁中有半数以上为木桥〔1〕；苏联铁路、公路及改善土路的綫路上，木结构桥梁占桥梁总长度的75%〔2〕。

然而，木材也有一些显著的缺点，即木桥不經防腐处理則极易腐朽，而且木桥的机械磨損也較鋼筋混凝土桥、石桥、鋼桥为快，致使使用年限減短。易遭火灾且养护維修費用比永久性桥要多，也是其缺点。我国公路和农村中的木桥，許多都未經過有效的防腐处理，加之近年来养护維修較差，以致有些木桥的技术状况不良，从而影响交通，为此，必需迅速采取措施改变这种状况，才能适应交通运输的需要。

不能认为木结构的上述缺点是不可克服的。如改善木桥的使用条件及用有效的防腐处理，它的使用年限是可以延长的。如我国山西省五台县佛光寺大殿系公元857年所建，山西省应县佛宫寺木塔系公元1056年所建，河北省薊县独乐寺观音閣也是公元984年的木结构建筑物。这些木结构都是千年上下的古代建筑物，虽然其間也有所修整，但主体结构仍然保持至今。这說明木结构在良好的使用条件下，其寿命是可以达到相当长的年限的。至于处在露天条件下的木桥和木电綫杆，如果經過

有效的防腐处理以后，一般可使用50年以上。在苏联，未經防腐的木桥可以使用10至12年，防腐处理的木桥則可使用50年以上〔3〕。美国对电綫杆木用克魯苏油加压浸注以后，使用了60余年尙无腐朽現象。由此可見，改善木結構使用条件，輔行防腐处理，对于延长現有木桥使用期限非常重要，而且肯定是能收效的。但是必須說明，对于那些机械磨損或腐朽較严重的构件，以及那些結合松动、結構变形比較严重的部位，則必須进行认真的清除、抽換、补强、加固等整修工作，同时再进行相应的补做防腐处理的工作。

此外，有些木桥或因构件受磨損或局部腐朽引起的削弱，或因原設計荷載标准小于当前路段上运输車輛的荷載，經過检查、計算、整修和調整后，也是有可能提高其承載能力的。

本书的編写目的，在于簡要地敘述和推荐对現有梁式木桥进行补做防腐和整修加固工作的一些可行方法，以期通过这些方法来延长現有梁式木桥的使用年限，从而有計劃地进行改建工作，逐步改善現有梁式木桥的技术状况。

由于这项工作，我們做的还不多，因此书中所介紹的經驗尙需在今后的实践中不断的加以修改和补充。

二、木桥的腐朽与防腐方法

(一)木桥的腐朽条件与腐朽現象

木材的腐朽是由于菌絲存在所引起的。有时木材是在建筑工地上感染了菌害，但是在林場和运输途中感染菌害的可能性更大。在木桥結構物上，木腐菌能够以孢子繁殖于木材表面或裂縫中，也可能以保持生命的菌絲存在于木材内部，分泌酵素

吸取細胞中的营养物而破坏木材組織，产生腐朽現象。

适于菌类进行破坏活动的溫度是 $3^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{C}$ ，繁殖最快的溫度是 $+18^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 。溫度低于 -5°C 時可使木材表面的菌类死亡，但居留于木材內部深处的菌絲仍保持其生命力，一旦溫度上升又会恢复其破坏活动的的能力。长期使溫度保持在 60°C 以上，可以杀死菌类。木腐菌还需要在較高的湿度和較大的木材含水率的情况下才会較快地发育生长。同时一定量的空气也是木腐菌生活的必需条件，所以当木材长期置于水下，由于空气的隔絕也就不致于产生腐朽了。木材含水率达 $30\sim 70\%$ 时最适宜木腐菌生长，含水率在 22% 以下木腐菌的生长很困难，但已感染木腐菌的木材，即使含水率在 22% 以下，菌絲仍保持其生命力。长期低于 18% 以下的干木材，几乎完全沒有腐朽的危险。木材周围空气的相对湿度增高到 $90\sim 100\%$ 并且处于空气流通不暢（通风不良）的状态下，也会使木材难于干燥，促成木腐菌生长的有利条件。

木材腐朽的过程可以分为三个阶段：第一阶段是木材內有菌絲生长活动，木材保持原有的顏色和物理力学性质；第二阶段木材开始有顏色变化，有时甚至出現黑色綫条及浅灰色斑点（因此有“大理石状腐朽”的叫法），此阶段腐朽引起物理力学性质的破坏和强度下降；第三阶段腐朽表現在力学强度的显著丧失，腐朽顏色极为明显（有白色腐朽、褐色腐朽、杂斑腐朽）。腐朽木材被敲击时，发出低沉瘖哑的声音，健全木材則发出清脆的音响。

木結構桥梁与房屋結構相比，处于更不利的情况。在許多构件相互接触易于存留污垢和脏水的地方，例如桥面板与纵梁接触处，纵梁和排架帽木或石台枕梁木等接触处，組合梁的鍵槽处，斜撑結合頂接处以及鉄件孔眼处，等等，都比較容易腐

朽。木材与鉄件或圬工体接触处不仅因降水等造成的水分集聚不易排除，而且当温度变化时，这些地方可能凝结水分（由于空气中相对湿度较高时），并且不易迅速干燥。

在上承式木桥中如果桥面行车系排水条件较好，并且不易渗漏时，大多数的纵梁处于较好的状态。但是边梁因为降水淋湿与阳光照射的直接交替作用，含水量发生急剧变化，从而使木材易发生愈来愈严重的裂缝，给木腐菌寄生创造了条件。缘木和栏杆也属于类似的情况。

最容易受腐朽损害的，应该算是靠近水面和与地面接触的部分，如木桩、木柱等。这些构件由于在该处经常保持了较高的含水率，或受时干时湿的交替作用的影响，所以极易腐朽。

1953年底交通部公路总局曾召开了一次木桥防腐会议，从那时开始，有些省对木桥也曾进行了防腐处理工作。但随后一个时期，由于某些原因对木桥防腐注意得又不够了。1957年及1958年对浙江、福建、广东、四川、云南、湖北等省木桥防腐情况调查的结果[4、5]，及湖南省交通厅1963年7至9月对木桥涵防腐效果调查的结果[25]，都证明凡经过正规防腐处理过的木桥，均能延长使用年限。

(二)减轻木桥腐朽的构造防潮措施

木腐菌的寄生与发展，需要有一定的温度、湿度等相应的条件。对于这类条件严格地加以控制，就是不进行药剂防腐处理，也可以在一定程度上抑制腐朽的发生。象在绪论中已举出过的例子，佛光寺大殿和佛宫寺的木塔等，都是由于通风条件良好，长期保持木结构干燥所得到的结果。近几年来，有些省的公路木桥采用了比较简易的桥面铺装（有的是用三合土，有

的是用碎石路面)，其中凡是表面排水順暢而又不易滲漏水分的，下面的纵梁和桥面板都保持了干燥健全的状态。由此可知，认真推广这种构造防潮措施，可以有效地延长木桥使用期限。对于桥面板和纵梁目前仍然完整的桥梁，經過詳細检查和补做药剂防腐处理以后，或者对于稍显腐朽的木桥經過彻底清除腐朽部分并进行整修加固和补做药剂防腐以后，最好都在桥面板上加做路面鋪装。因为这样，除了可以使桥面板和纵梁在路面鋪装保护下能够經常保持干燥状态外，同时还能減輕車輛行駛时引起的冲击震动和桥面板的磨損。做这类路面鋪装工作时，应该注意下列事項。

1) 应该彻底拆除已经有腐朽部分并补做药剂防腐处理。

2) 进行必要的修补加固工作。

3) 清除桥梁各个暴露及隱蔽角落的积水、泥垢等不清洁的附着物。

4) 路面鋪装的底层最好采用油毡等防水层（湖南省的实践經驗指出[25]：用粘土做成简单的防水层后，反而造成腐朽的不利影响；采用泥結碎石路面效果比三合土鋪装防潮效果更好）。

5) 路面鋪装工作最好在桥梁木材含水率較低（在20%以下，用扩散法除外）和气温較高（室外气温在15°C以上）的季节里进行。

6) 桥上的路面鋪装比在路基上的路面更需要注意养护，經常保持必要的纵横坡度以利排水，保持路面平整不使出現坑槽。桥面鋪装路面的纵横坡根据鋪装材料的不同而定（参考表1）。通过纵横坡排除的降水，应该汇集到鉄皮、木材或塑料制成的洩水管內，以便把水排到河中去。排水应注意不要淋湿桥梁下部的构件。

表 1

桥面鋪装材料	最小纵向坡度, %	推荐横向坡度, %
黑色处理石層	0.5~1.0	1.5
沥青嵌縫的預制混凝土板或 三合土層	1.0~2.0	2.0~2.5
碎石路面	2.0~2.5	2.5~3.0

除了鋪装路面以外,对于边梁(尤其是建筑高度較大的釘板梁)以及撑架桥的斜撑等經常容易受到日晒雨淋的构件,应当設法添装簷板(图 1)或挂設油毛毡遮板、芦苇、草帘、竹篾席(图 2)之类的遮蔽物,以期减少阳光、雨、雪、霜、露等对于木材造成时干时湿的不良影响。但是这类遮蔽物应该預先經過防腐处理,并且不能直接貼附于桥梁构件表面上,以免造成空气不能流通、积热不易散失,反而加速腐朽的后果。遮蔽物太大时,可以将遮蔽物分成若干段落小块,小块前后参差地悬挂,并留出縫道(或在其中留出小窗孔)以利通风。如果挂設草帘,应该严禁桥梁附近的烟火,預防发生火灾。

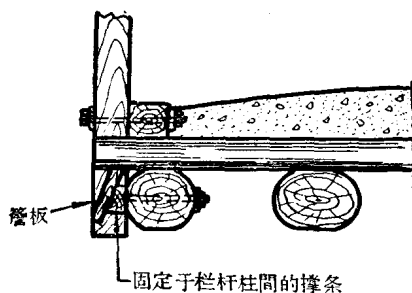
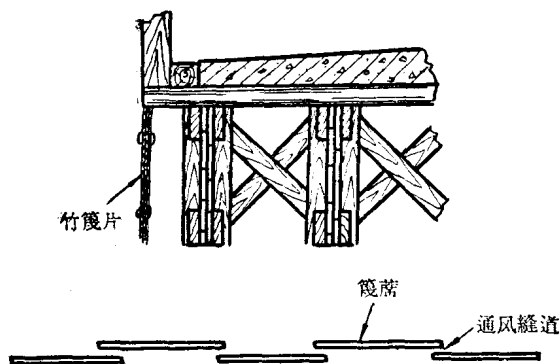


图 1 在边梁外侧加釘簷板用以遮蔽边梁



竹篾席等遮蔽在平面上分段落示意图

图2 在釘板梁桥外侧懸挂竹篾席起遮蔽作用

由于这类遮蔽物使桥梁迎风面积大为增加时，在有大风以致台风出現的地区，根据当地气象台发出的大风警报，可以将遮蔽物暂时收藏起来，待大风过境以后再挂上去。遮蔽物使桥梁侧面外露部分的条件改善了，但遮蔽物本身却处于不利条件，有腐朽的可能，因此一旦发现遮蔽物有腐朽跡象出現时，应该立即予以更换，以免木腐菌传播。草帘、芦苇、竹篾席之类的制品应该編制成具有整齐的外形，以免悬挂以后长短不齐影响桥梁的美观。

撑架桥的斜撑下端樁头除用药剂防腐处理外，还可使用浸过防腐油剂的绳索(图3)在斜撑下端樁头稍上的位置纏扎起来，将上面淌下的水截住引走，不使过多的降水注入樁头中。木结构墩台在洪水过后常常有許多垃圾浮草之类的杂物停留于构件結合处，易于促成腐朽，因此洪水过后这些构件及結合部位必須及时清除洗刷。

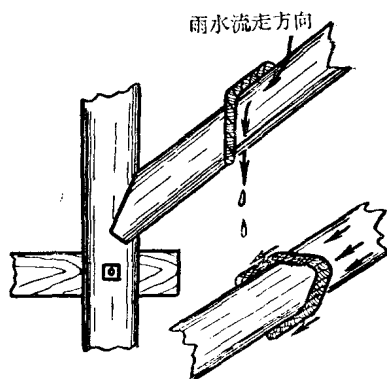


图3 在斜构件上纏扎“油繩”將淌下的水引离樑口排走

(三) 葯剂防腐法

木桥在新建时如果采取了有效的葯剂防腐处理方法（如用加压灌注油质防腐剂或用热冷槽法浸入防腐剂），往往可以在非常不利的条件下使用数十年而不致发生腐朽现象。然而在实际，我国大多数的木桥都未进行葯剂防腐处理，并且大部分已经出现了不同程度的腐朽迹象。从另一个角度来看，这些木桥中的大多数，又都还具有一定的力学强度，在无法大量拆换改建的条件下，对于现有木桥经过整修加固补做防腐处理以延长其使用年限，就成为一项具有重大意义且迫切需要进行的工作了。

当然，对已经使用多年而且正在使用的木桥补做防腐处理，不仅工作复杂、困难较多，而且防腐剂的效果也比较难以持久，因此需要经常地定期重复进行防腐处理，这样使防腐所用的费用比新建木桥时就进行防腐所需的费用要多一些。但是从减少集中的改建投资，维持现有交通的畅通着眼，还是完全必要的。

1. 防腐劑

凡能毒杀木腐菌类的化学药剂称为木材防腐剂；能毒杀蛀蚀木材的虫类的化学药剂称为木材防虫剂。但通常是着重于防腐，对于防虫剂也希望同时带有防腐效果，所以往往均习惯于称防腐剂而很少称防虫剂。木材经过防腐处理后，木材的纤维组织内含有毒质，这就可以防止虫蛀及菌丝感染，并能毒杀木材中已存的菌类，阻止它们继续蔓延。理想的防腐剂是对菌、虫类有较高的毒效而对施工及养护人员则没有什么毒害作用，但实际上很难符合这种要求。往往对菌、虫类毒效高的，对人也有很大的毒害，因此必须注意施工时的安全保护工作。

常用的木材防腐剂可分为油质防腐剂和水溶性防腐剂。

油质防腐剂

1) 煤焦克鲁苏油

煤焦克鲁苏油是煤焦油在 $200\sim 400^{\circ}\text{C}$ 之间的蒸馏产物，为多种苯基化合物的混合物，呈黑褐色，有强烈的石炭酸气味，比重在 $1.05\sim 1.12$ 之间。对破坏木材的菌、虫类均有较强的毒效，不溶于水，因此也不易从木材内被水冲走。

克鲁苏油若直接在炉火上加热时，油的温度不应超过 $60\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，以免引起火灾；用“水浴”或蒸气加热时，油的温度不应超过 $90\sim 95^{\circ}\text{C}$ ，因为工作人员长期受其蒸气侵袭，或人的皮肤被克鲁苏油沾污后如果长期不洗去，都会使皮肤发生红肿，受害部分发烧，以致夜间不能入眠。中毒严重者会患化脓性斑疹。经过提取酚后的克鲁苏油，毒性大为降低，不宜采用。

2) 精重油

精重油是煤焦油的重油蒸馏物（经过蒸馏、冷却、过滤、

除去結晶后的产品)，它的外观、性能及应用方法都与克魯苏油相似。

3) 蒽油

蒽油是煤焦油在 $300\sim 400^{\circ}\text{C}$ 之間分餾出来經過冷却沉去結晶后的产品。为黑色液体，外观及气味与克魯苏油相似，惟粘度和比重較大（平均比重为1.10），閃火点較高。由于粘度大，所以更难滲入木材。

4) 綠油

綠油是石油加工的副产品，因为毒性輕微，所以不单独用作防腐剂。但綠油极易滲入木材，因此常用来与克魯苏油、蒽油等毒性大的油质防腐剂調配在一起使用。也可用来作为配制防腐浆膏的溶剂。綠油的閃火点約在 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ 之間，所以对綠油加溫应严格控制在 50°C 以下，否則就有失火的危險，必需加溫时，最好采用水浴或蒸汽管加溫。綠油保存时也需同汽油一样，需注意防火。

水溶性防腐剂

1) 氟化鈉(NaF)

氟化鈉为白色或浅灰色粉末，在 16°C 的水中溶解度为4.56%，升高溫度时，溶解度并不增加。比重为2.7~2.8。对木腐菌的毒效很高，杀死木腐菌的最低剂量为0.4~0.6%（透入木材中氟化鈉干盐重量与干燥木材重量比）。工业氟化鈉（或称精制氟化鈉）的純度为90~96%，粗制氟化鈉的純度不低于30%。后者的毒性比前者小1/2到2/3。

用氟化鈉水溶液处理过的木材，药剂在受雨水冲淋时易被洗掉。配制时需含鈣盐或鎂盐极小的軟水，并且不能与石灰、白堊、水泥等接触以免轉化成为对菌、虫类无毒害作用的不溶性氟化鈣或氟化鎂。人体与氟化鈉接触过久，接触处如不

及时洗淨，会引起皮肤发炎，对骨骼及牙齿也有腐蚀作用。

2) 矽氟化鈉(Na_2SiF_6)

矽氟化鈉是磷酸肥料厂生产过磷酸盐时的副产品，为白色或微黄色（含有杂质）的粉末，外观很象食盐，在冷水中溶解度不大于0.65%，在热水中可达2.2~2.4%，在沸水中溶解度约为2.5%，毒性与氟化鈉相似。为了使其更好地溶于水中，通常是在矽氟化鈉中加入碱（苏打）或工业氨，使其成为氟化鈉或氟化铵。氟化铵是毒性大且在水中溶解度很好的防腐剂。在保存和使用时也須注意，不能与石灰、白堊、水泥等接触，以免失去毒效。

3) 二硝基酚($\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_2\text{OH}$)

二硝基酚呈黄綠色粉末状、揮发性强、溶解度低（不大于0.5%）、有类似石炭酸的刺激性臭味、有剧毒，用它处理过的木材易于燃烧，散发出来的气味及飞揚起的粉末对工作人员的呼吸器官和眼睛有害。因此，二硝基酚往往只作为配料以提高混合防腐剂的毒性，很少单独使用。同时它对大气作用的抵抗力較低，不易长久保持毒效。

4) 二硝基酚鈉($\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_2\text{ONa}$)

二硝基酚鈉是由23%无水苏打及77%二硝基酚所組成的混合物，易溶解于水（水温度为23°C时溶解度约为4.5%；水温度为85°C时溶解度约为27%），比二硝基酚的性质稳定，毒性很强，干燥的粉末易于燃烧、爆炸。

5) 烏拉力特

烏拉力特是由77~85%（重量比）的氟化鈉及15%的二硝基酚或加其他掺料制成的混合防腐剂，易溶于水并易渗入木材，外观为橙黄色粉末、有刺鼻气味、极易揮发、有剧毒。

6) 三联剂

三联剂也是由73%（重量比）的氟化鈉、18%的二硝基酚及約9%的重鉻酸鈉的混合防腐劑，呈黃色粉末狀，易溶解于60~70°C 熱水中，溶液易滲入木材。

此外，作為稀釋劑的油料，除綠油外，還有燈用煤油、輕柴油。用作防水層材料的一般為石油瀝青。至於煤瀝青，因脆性較大、缺乏粘性，故不宜用作防水層材料。稀釋劑油料和瀝青的毒性都不足以作為防腐劑，所以不能單獨當作防腐劑來處理木材。

2. 防腐處理前的檢查及清理工作

對現有木橋進行防腐處理以前，首先必須對各個構件（包括橋面板、緣木、連接系的斜撐等）進行一次詳細的檢查。檢查的主要目的是查明有無腐朽以及腐朽的部位和程度，同時測定各構件的含水率以便選用適宜的防腐處理方法。為了使查探結果較為準確並且了解構件內部是否有腐朽情況，最好配備空心鉗、斧、鋤、鎚等簡便工具及木材濕度測定儀，選擇適當部位進行檢查。各個構件腐朽與否，可以根據表面的顏色及硬度初步判斷，同時用鐵棍或質地堅硬的木棍敲擊構件的各個部位。腐朽的木材大都失去原有的光潔本色，白色腐朽使木材顏色變淺，褐色腐朽則使木材出現暗灰色或轉黑，表面有時存在有白色菌絲網膜、黑色黴菌斑點、白色或橙色的子實體；敲擊時發出低沉啞啞的聲響，失去木材原有的樹脂味而帶有霉臭氣味，木質鬆軟，用小刀順紋平削不能削出長片薄層。這些現象由於木材腐朽程度不同，並不一定同時存在。當木材尚處於第一階段（輕微腐朽）腐朽時，這些現象幾乎難以發現（這種程度的腐朽，只要採取有效的補加防腐措施處理以後，制止木橋腐朽的繼續發展，木橋仍可使用一定的時期）。

對於一些由敲擊發出的聲響而對該構件是否有爛心現象發