

研究与开发

# 铜防腐剂及百菌清处理 3 种木材的 野外耐久性能

蒋明亮

(中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)

**摘要:** 在广东亚热带气候条件下,不同剂型的季铵铜(ACQ)、柠檬酸铜(CC)、百菌清(CTL)及铜铬砷(CCA)处理马尾松、湿地松、毛白杨后的野外埋地耐久性能的结果表明:毛白杨防腐处理后不宜在与地接触的条件使用,可以用于快速初步评价防腐剂的野外耐久性能;吸药量  $6.4\sim 8.5\text{ kg/m}^3$  时,CTL 处理后的木材不宜在与地接触的条件下使用;湿地松的 ACQ-B 及 CC 防腐、防白蚁效果相当;对于马尾松、湿地松,吸药量  $6.0\sim 6.8\text{ kg/m}^3$  时,ACQ-B、CC 处理的试材埋地 6 年后,防腐效果较好,防白蚁的效果尚可;对于马尾松、湿地松,吸药量约  $10\text{ kg/m}^3$  时,ACQ-B、CC、CCA 处理的试材埋地 6 年后,防腐、防白蚁效果较好。

**关键词:** 季铵铜(ACQ); 柠檬酸铜(CC); 百菌清(CTL); 马尾松; 湿地松; 毛白杨; 耐久性

**中图分类号:** S782.33 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-8654(2006)05-0011-03

## Durability of 3 Wood Species Treated with Copper Based Preservative and Chlorothalonil

JIANG Ming-liang

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing100091, China)

**Abstract:** The durability of ACQ, copper citrate(CC), Chlorothalonil and CCA treated Masson Pine, Slash Pine and Poplar were tested at a typical sub-tropical area in Guangdong province in Southern China. The results showed that not all preservative-treated Poplar could be used in ground contact circumstances, and neither could Chlorothalonil be used for ground contact conditions at a retention of  $6.4\sim 8.5\text{ kg/m}^3$ . ACQ-B and CC treated Slash Pine, under the same retention level, had almost equivalent effect for preventing decay and termite infestation. The stakes of Masson Pine and Slash Pine, treated by ACQ-B and CC at a retention of  $6.0\sim 6.8\text{ kg/m}^3$  in a 6-year-test, exhibited good resistance for decay and fare resistance for termites; while that treated by ACQ-B, CC and CCA, around a retention of  $10\text{ kg/m}^3$ , have extremely fine resistance for decay and termites after the 6-year test.

**Key words:** ACQ; copper citrate; chlorothalonil; masson pine; slash pine; Poplar; durability

季铵铜(ACQ)、柠檬酸铜(CC)、百菌清(CTL)中不含铬、砷成分,为环保型木材防腐剂,已经列入美国

木材防腐协会(AWPA)标准。ACQ、CC 可以用于室外与地接触条件,CTL 可以用于室外地上条件<sup>[1]</sup>。ACQ、CC 处理木材后的抗流失、耐久性能也有报道<sup>[2-4]</sup>;不同剂型 CTL 的耐久性能有初步结果,表明 CTL 油载型的耐久效果较其他剂型好<sup>[5]</sup>。

美国木材防腐者协会(AWPA)制定的木材防腐剂及防腐木材标准,对不同木材树种、不同木制品种

收稿日期:2005-10-9; 修改稿:2006-08-21

基金项目:国家自然科学基金项目(39800114)“低毒防腐剂对木材防腐性能研究”、国家科技基础平台项目“林业工程技术标准体系构建国内主要防腐材处理质量的研究”部分内容。

作者简介:蒋明亮(1965—),男,中国林科院木材工业研究所研究员,博士。

类、不同使用条件下各防腐剂的吸药量进行了比较详细的规范<sup>[1]</sup>;澳大利亚标准中对木制品种类及使用环境中生物因子的危害等级条件下,各防腐剂的吸药量也有明确的规定<sup>[6]</sup>。防腐木材的使用寿命与使用地域及木材树种密切相关。本研究在广东亚热带气候试验条件下,对 ACQ 不同剂型、CC、CTL 及 CCA 处理人工林木材树种马尾松、湿地松、毛白杨后的野外埋地耐久性能进行了试验,初步确定试材的合理吸药量以及与地接触条件下的耐久性能,为防腐木材质量标准的制定奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试材

马尾松(*Pinus massoniana*) 采自广州,树龄 19 年;毛白杨(*Populus tomentosa*) 采自北京大兴,树龄 15 年;湿地松(*Pinus elliottii*) 采自广州,树龄约 15 年;试材尺寸均为 300 mm×20 mm×20 mm,为参照 AWP A E7-01《Standard Method of Evaluating Wood Preservatives by Field Tests with Stakes》中规定的相关尺寸。

1.2 防腐剂及处理方法

ACQ 各剂型、CC、CCA 及 CTL 为实验室制备。ACQ-B 及 ACQ-C 的技术指标符合 AWP A P5-05 要求,其质量分数以 CuO 计,吸药量以 CuO/0.667 计;ACQ-Z 中使用的季铵盐为辛基癸基二甲基氯化铵,其中 CuO 与季铵盐的比例与 ACQ-B 及 ACQ-C 相同,吸药量以 CuO/0.667 计;CC 的技术指标符合 AWP A P5-03,其质量分数以 CuO 计,吸药量以 CuO/0.625 计;CCA 为 C 型,技术指标符合 AWP A P5-05,质量分数和吸药量以 CuO-CrO<sub>3</sub>-As<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 之和计算。CTL 含量为 98%,湖南化工研究生产,用 *m* (二甲苯):*m*(CTL)=10:1 溶解后,以航空煤油为溶剂,CTL 质量分数为 1.84%。试材均采用真空 14.6 kPa 条件下浸泡 10~15 min 后气干。

1.3 野外试验方法

野外耐久试验参照 AWP A E7-01 及 GB/T 13942.2-92《木材天然耐久野外试验方法》,腐朽及白蚁危害分级及结果计算采用 AWP A E7-01 方法,腐朽分级:10 为完好,9 为截面有轻微腐朽,7 为截面有 10%~30%腐朽,4 为截面有 50%~75%腐朽,0 为完全腐朽;白蚁危害分级:10 为完好,9 为截面有<3%明显蛀蚀,7 为截面有 10%~30%蛀蚀,4 为截面有 50%~75%蛀蚀,0 为试样蛀断;每种重复处理 10 个试材;试验地点:广州龙洞;试验结果列于表 1~表 3。

2 结果与分析

表 1 药剂处理马尾松试材野外耐久试验结果  
Tab.1 Results of natural durability of preservative treated Masson Pine

| 处理<br>药剂 | 吸药量/<br>(kg·m <sup>-3</sup> ) | 埋地时间/年   |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|----------|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|          |                               | 1        |          | 2        |          | 3        |          | 4        |          | 5        |          | 6        |          |
|          |                               | <i>d</i> | <i>t</i> | <i>d</i> | <i>t</i> | <i>d</i> | <i>t</i> | <i>d</i> | <i>t</i> | <i>d</i> | <i>t</i> | <i>d</i> | <i>t</i> |
| CTL oil  | 6.9                           | 10       | 10       | 9.9      | 10       | 9.8      | 10       | 5.2      | 5.2      | 2.8      | 2.8      |          |          |
| ACQ-B    | 1.9                           | 10       | 10       | 10       | 8.0      | 8.0      | 5.6      | 6.0      | 4.2      | 6.0      | 4.6      |          |          |
| ACQ-B    | 4.1                           | 10       | 10       | 10       | 10       | 9.8      | 9.0      | 9.4      | 8.4      | 9.4      | 2.8      |          |          |
| ACQ-B    | 6.8                           | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 8.0      | 9.2      | 6.6      |          |
| ACQ-B    | 16.6                          | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       |
| CC       | 1.8                           | 10       | 10       | 10       | 10       | 9.2      | 7.6      | 9.0      | 6.8      | 9.0      | 6.2      |          |          |
| CC       | 4.4                           | 10       | 10       | 10       | 10       | 9.2      | 8.8      | 9.2      | 8.8      | 9.2      | 7.8      |          |          |
| CC       | 9.6                           | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 9.0      | 10       | 8.4      |
| CC       | 19.3                          | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 9.8      | 10       | 8.6      |
| CCA      | 8.6                           | 10       | 10       | 10       | 9.8      | 10       | 9.8      | 10       | 8.2      | 10       | 8.2      | 10       | 8.0      |
| CCA      | 10.7                          | 10       | 10       | 10       | 9.8      | 10       | 9.6      | 10       | 9.6      | 10       | 8.6      | 10       | 8.6      |
| 对照       | 0                             | 5.6      | 3.8      | 0        | 0        |          |          |          |          |          |          |          |          |

注:*d*—防腐朽效果;*t*—防白蚁效果;下表同。

表 1 中,对于马尾松,吸药量 4.1~4.4 kg/m<sup>3</sup> ACQ-B 及 CC 处理的试材埋地 5 年后,防腐效果较好,但 4.1 kg/m<sup>3</sup> ACQ-B 防白蚁的效果较差;6.8 kg/m<sup>3</sup> ACQ-B 处理的试材埋地 6 年后,防腐效果较好,防白蚁的效果尚可;9.6 kg/m<sup>3</sup> CC 处理的试材埋地 5 年后,与 8.6~10.7 kg/m<sup>3</sup> CCA 相比,药剂的防腐、防白蚁效果相当且较好。吸药量 16.6 kg/m<sup>3</sup> ACQ-B 及 19.3 kg/m<sup>3</sup> CC 处理的试材埋地 6 年后,虽然防腐防白蚁效果都非常好,但处理成本也高,将继续观察其更长时间的耐久效果。

6.9 kg/m<sup>3</sup> CTL 处理后的试材埋地 5 年后,几乎完全腐朽及白蚁蛀蚀,用 CTL 处理的木材不宜用于与地接触的使用条件。

湿地松的天然耐久性与马尾松相当,表 2 的试验结果也与马尾松基本相似。吸药量 2.6~3.0 kg/m<sup>3</sup>

表 2 药剂处理湿地松试材野外耐久试验结果  
Tab.2 Results of natural durability of preservative treated Slash Pine

| 处理<br>药剂 | 吸药量/<br>(kg·m <sup>-3</sup> ) | 埋地时间/年   |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|----------|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|          |                               | 1        |          | 2        |          | 3        |          | 4        |          | 5        |          | 6        |          |
|          |                               | <i>d</i> | <i>t</i> | <i>d</i> | <i>t</i> | <i>d</i> | <i>t</i> | <i>d</i> | <i>t</i> | <i>d</i> | <i>t</i> | <i>d</i> | <i>t</i> |
| CTL oil  | 8.5                           | 10       | 10       | 9.8      | 9.8      | 9.4      | 9.8      | 8.0      | 5.0      | 3.4      | 1.4      | 0        | 0        |
| ACQ-B    | 2.6                           | 10       | 10       | 10       | 6.0      | 9.8      | 8.5      | 9.8      | 6.3      | 9.0      | 0        |          |          |
| ACQ-B    | 4.9                           | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 9.2      | 8.8      | 8.5      | 8.8      | 4.0      |          |          |
| ACQ-B    | 6.2                           | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 9.5      | 10       | 9.5      | 7.5      |          |          |
| ACQ-B    | 10.4                          | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 9.0      | 10       | 9.0      |
| ACQ-B    | 16.7                          | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       |
| CC       | 3.0                           | 10       | 10       | 10       | 10       | 9.8      | 8.4      | 9.8      | 8.4      | 9.0      | 1.8      |          |          |
| CC       | 4.8                           | 10       | 10       | 10       | 10       | 9.8      | 9.2      | 9.8      | 8.5      | 9.0      | 4.0      |          |          |
| CC       | 6.0                           | 10       | 10       | 10       | 10       | 9.4      | 8.4      | 9.2      | 7.6      | 9.0      | 4.8      |          |          |
| CC       | 10.6                          | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 9.8      |
| CC       | 20.6                          | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       |
| CCA      | 9.7                           | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       | 10       |
| 对照       | 0                             | 3.6      | 3.0      | 0        | 0        |          |          |          |          |          |          |          |          |

ACQ-B 及 CC 处理的试材埋地 5 年后,防白蚁的效果较差,但防腐效果较好;4.8~4.9 kg/m<sup>3</sup>CC 及 ACQ-B 处理的试材埋地 5 年后,防腐效果较好,防白蚁效果相当且欠佳;6.0~6.2 kg/m<sup>3</sup>CC 及 ACQ-B 处理的试材埋地 5 年后,试材防腐效果相当而且较好,ACQ-B 防白蚁的效果较 CC 稍好;10.4~10.6 kg/m<sup>3</sup>ACQ-B 及 CC 处理的试材埋地 6 年后,防腐、防白蚁效果均较好,且与 9.7 kg/m<sup>3</sup>CCA 防腐、防白蚁效果相当。湿地松试验结果表明:相同吸药量 ACQ-B 及 CC 防腐、防白蚁效果相当。吸药量 6.0 kg/m<sup>3</sup> 以上的 CC、ACQ-B、CCA 处理试材将继续观察。

吸药量 8.5 kg/m<sup>3</sup> CTL 处理后的试材埋地 5 年后,完全腐朽及白蚁蛀蚀。

吸药量约 4.0 kg/m<sup>3</sup> ACQ-B、CC、CCA 处理的湿地松试材,采用不同规格尺寸 500 mm×50 mm×25 mm 及 300 mm×20 mm×20 mm 的试材试验,经过 3 年埋地后,在相同药剂、相同吸药量情况下,2 种试材的腐朽及白蚁危害分级基本一致,试验结果表明与湿地松试材尺寸大小基本无关。

表 3 为毛白杨试材的试验结果,试材埋地 2~3 年后,基本完全腐朽及被白蚁蛀蚀。

6.6 kg/m<sup>3</sup> ACQ-B 及 7.9 kg/m<sup>3</sup> CCA 处理的试

表 3 药剂处理毛白杨试材野外耐久试验结果

Tab. 3 Results of natural durability of preservative treated Poplar

| 处理<br>药剂 | 吸药量/<br>(kg·m <sup>-3</sup> ) | 埋地时间/年 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------|-------------------------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|          |                               | 1      |     | 2   |     | 3   |     | 4   |     | 5   |     | 6   |     |
|          |                               | d      | t   | d   | t   | d   | t   | d   | t   | d   | t   | d   | t   |
| CTL oil  | 6.4                           | 10     | 10  | 9.1 | 5.0 | 0.4 | 0   |     |     |     |     |     |     |
| ACQ-B    | 1.7                           | 10     | 10  | 4.4 | 4.6 | 0.6 | 0.6 |     |     |     |     |     |     |
| ACQ-B    | 2.4                           | 10     | 10  | 7.0 | 7.6 | 0.6 | 0   |     |     |     |     |     |     |
| ACQ-B    | 6.6                           | 10     | 10  | 10  | 10  | 8.4 | 9.6 | 8.4 | 9.6 | 1.8 | 1.8 | 0   | 0   |
| ACQ-B    | 10.8                          | 10     | 10  | 10  | 10  | 9.0 | 10  | 8.0 | 10  | 5.6 | 6.8 | 5.6 | 6.8 |
| ACQ-C    | 2.9                           | 9.0    | 7.8 | 3.5 | 5.0 | 3.5 | 3.5 |     |     |     |     |     |     |
| ACQ-C    | 4.0                           | 9.8    | 9.8 | 7.0 | 7.8 | 7.0 | 7.0 |     |     |     |     |     |     |
| ACQ-C    | 4.7                           | 9.5    | 9.5 | 7.0 | 8.5 | 7.0 | 7.0 |     |     |     |     |     |     |
| ACQ-C    | 5.8                           | 9.7    | 10  | 7.0 | 10  | 7.0 | 6.0 |     |     |     |     |     |     |
| ACQ-C    | 6.4                           | 10     | 10  | 7.0 | 10  | 7.0 | 9.0 |     |     |     |     |     |     |
| ACQ-Z    | 2.5                           | 8.0    | 10  | 0   | 0   |     |     |     |     |     |     |     |     |
| ACQ-Z    | 4.1                           | 9.0    | 9.5 | 9.0 | 7.0 | 9.0 | 7.0 |     |     |     |     |     |     |
| ACQ-Z    | 5.5                           | 9.2    | 9.2 | 9.2 | 9.0 | 9.0 | 8.2 |     |     |     |     |     |     |
| CC       | 2.6                           | 8.6    | 4.6 | 5.0 | 3.5 | 4.2 | 2.6 |     |     |     |     |     |     |
| CC       | 3.6                           | 10     | 10  | 8.6 | 8.2 | 4.0 | 4.0 |     |     |     |     |     |     |
| CC       | 4.8                           | 9.6    | 9.0 | 7.8 | 7.4 | 7.8 | 4.8 |     |     |     |     |     |     |
| CC       | 7.3                           | 10     | 10  | 10  | 10  | 9.0 | 8.6 | 9.0 | 8.6 | 4.6 | 4.2 |     |     |
| CC       | 13.9                          | 10     | 10  | 10  | 10  | 10  | 10  | 9.0 | 10  | 5.8 | 7.2 | 5.6 | 6.2 |
| CCA      | 4.5                           | 5.0    | 6.5 | 0   | 0   |     |     |     |     |     |     |     |     |
| CCA      | 6.4                           | 7.8    | 9.8 | 5.9 | 5.8 | 2.5 | 2.3 |     |     |     |     |     |     |
| CCA      | 7.9                           | 10     | 10  | 10  | 10  | 5.4 | 7.6 | 4.0 | 5.8 | 0   | 0   |     |     |
| 对照       | 0                             | 0      | 0   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

万方数据

材埋地 5 年后,完全腐朽及白蚁蛀蚀;7.3 kg/m<sup>3</sup> CC 处理的试材埋地 6 年后,也基本腐朽及白蚁蛀蚀;10.8~13.9 kg/m<sup>3</sup> ACQ-B 及 CC 处理的试材埋地 6 年后,防腐、防白蚁尚可但效果欠佳。

毛白杨的试验结果与马尾松、湿地松相比,防腐、防白蚁效果较差。在 AWPA 标准吸药量 6.4 kg/m<sup>3</sup> (室外与地接触)左右时,5 年内完全腐朽及白蚁蛀蚀,可见毛白杨防腐处理后不宜在与地接触的条件下使用,因其腐朽及白蚁蛀蚀速度较快,可用于快速初步评价防腐剂的野外耐久性能。

3 结论

1) 在广东亚热带气候试验条件下,湿地松与马尾松天然耐久性相当;毛白杨防腐处理后不宜在与地接触的条件下使用,可用于快速初步评价防腐剂的野外耐久性能;

2) 吸药量 6.4~8.5 kg/m<sup>3</sup> 时,CTL 处理后的木材不宜在与地接触的条件下使用;

3) 湿地松试验结果表明相同吸药量 ACQ-B 及 CC 防腐、防白蚁效果相当;

4) 对于马尾松、湿地松,吸药量 6.0~6.8 kg/m<sup>3</sup> (AWPA 标准 6.4 kg/m<sup>3</sup>) 时,ACQ-B、CC 处理的试材埋地 6 年后,防腐效果较好,防白蚁的效果尚可;吸药量约 10 kg/m<sup>3</sup> 时,ACQ-B、CC、CCA 处理的试材埋地 6 年后,防腐、防白蚁效果相当且较好。

致谢:本试验得到广东省林科院苏海涛所长、梁林庆工程师、刘磊助理研究员的支持及协助,仅致谢忱!

参考文献:

[1] American Wood Preservatives' Association (AWPA) Standard [S]. P5-05,2005;P5-03,2003;E7-01,2003;U1-03,2003.

[2] JIANG M L,LIU J L,QIN D C,et al. Leaching characteristics of copper in copper treated wood [C]. International Research Group on Wood Preservation,IRG/WP 03-30316.

[3] LAKS P E,GUTTING K W,GROOT De R C. Field performance of wood preservative systems in secondary timber species[C]. IRG/WP 97-30152.

[4] NICHOLAS D D,SCHULTZ T P. Efficacy of copper;propiconazole and copper;citrate systems in ground contact exposure at a site with copper tolerant fungi[C]. IRG/WP 03-30305.

[5] JIANG M L,WANG P,PIAO C G,et al. Laboratory evaluation and field trial of chlorothalonil and copper-based preservatives and leaching performance of copper in copper treated wood[C]. IRG/WP 02-30279.

[6] Australian Standard. Specification for preservative treatment Part 1:Sawn and round timber[S],AS 1604. 1-2005.

(责任编辑 鲍加芬)