

传统靛蓝染色幕后的科学

王然 刘育红



靛蓝是人类应用最早的染料，在世界范围内都有着悠久的历史，从古埃及木乃伊穿着的服装到我国马王堆出土的蓝色麻织物，都是由靛蓝染成的。在1856年人造有机染料发明之前，植物靛蓝一直是世界上应用最广泛和最重要的染料。这里根据文献对古代靛蓝染色方法进行简要介绍，揭示其幕后的科学。

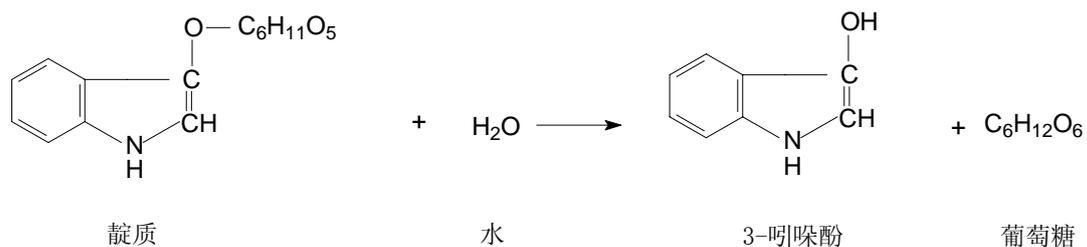
一缩合染色方法

缩合染色出现的历史比较悠远。早在石器时代，人们就懂得了利用蓝草鲜叶来搓染面料或纱线。

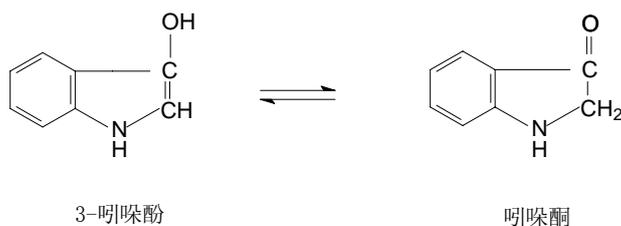


由于蓝草鲜汁内含有靛质，也就是靛甙，从植物细胞中溶出后在水中发生酶解得到吲哚酚和葡萄糖。吲哚酚能够上染纤维，与空气中氧气的接触发生双分子

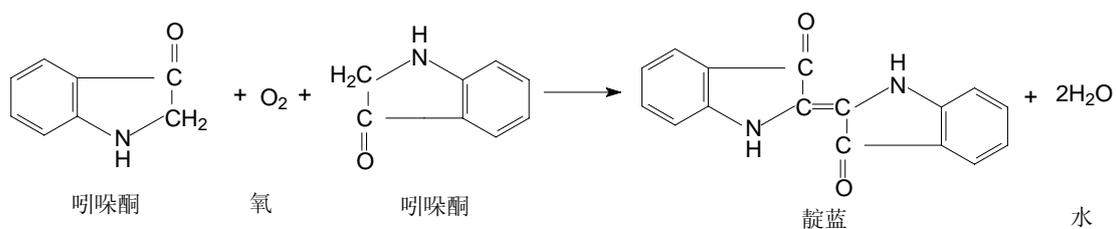
的缩合，在纤维中形成不溶于水的靛蓝，反应如式 1-3 所示。



式 1 靛质水解生成 3-吲哚酚



式 2 吲哚酚发生酮式互变异构



式 3 吲哚酮氧化缩合生成靛蓝

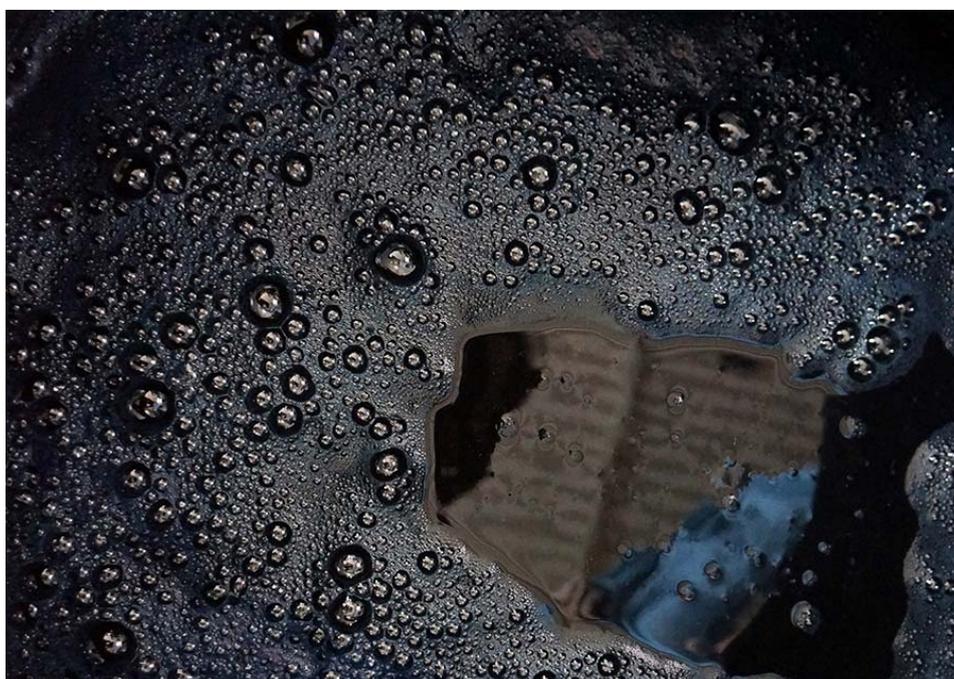
但是采用搓染方法存在很多问题。丝纤维表面容易被擦伤，影响染色质量；毛纤维表面会粘附较多的叶渣杂质，洗除比较费时；棉、麻制品染色时，需加灰质等碱性物质，以利于透染和显色，但往往不易获得匀染的效果。因此搓染逐步被浸染所取代。



浸染方法是将蓝草鲜叶在容器内捣碎，再加冷水浸渍，去除叶渣，将纤维制品放入浸泡染色，然后取出透风、水洗。这里的搓染和浸染在原理上是一致的，可统称为缩合染色技术，是秦汉以前主要的靛蓝染色技术。

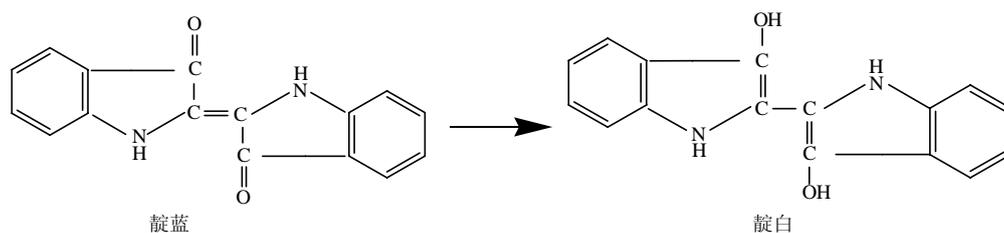
二 自然发酵染色方法

缩合染色要求具备就地零星采集蓝草鲜叶的条件，受限于蓝草收获时节与产地，另外由于吡啶酚对纤维的上染较缓慢、染料利用率低等原因，缩合染色逐渐被靛蓝的还原染色技术所代替。

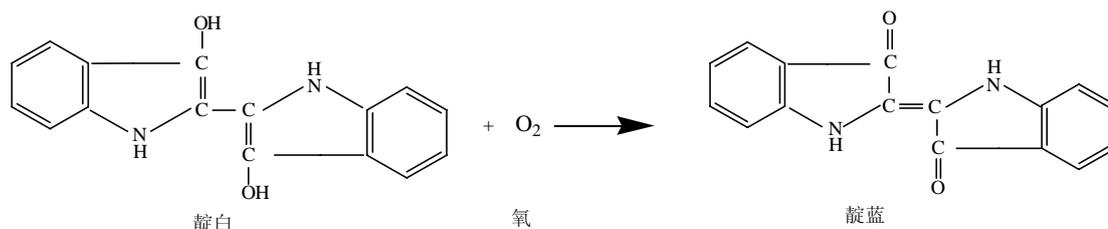


所谓靛蓝的还原染色技术，也就是将蓝草先制成不溶性靛蓝，染色时将靛蓝还原成可溶性靛白，当靛白上染纤维后再将靛白氧化为靛蓝固着在纤维制品上，如式 4、5 所示。这种方法可以不受地点、季节的限制，而且染料的利用率也较

高，是植物靛蓝染色技术上的一个大进步。

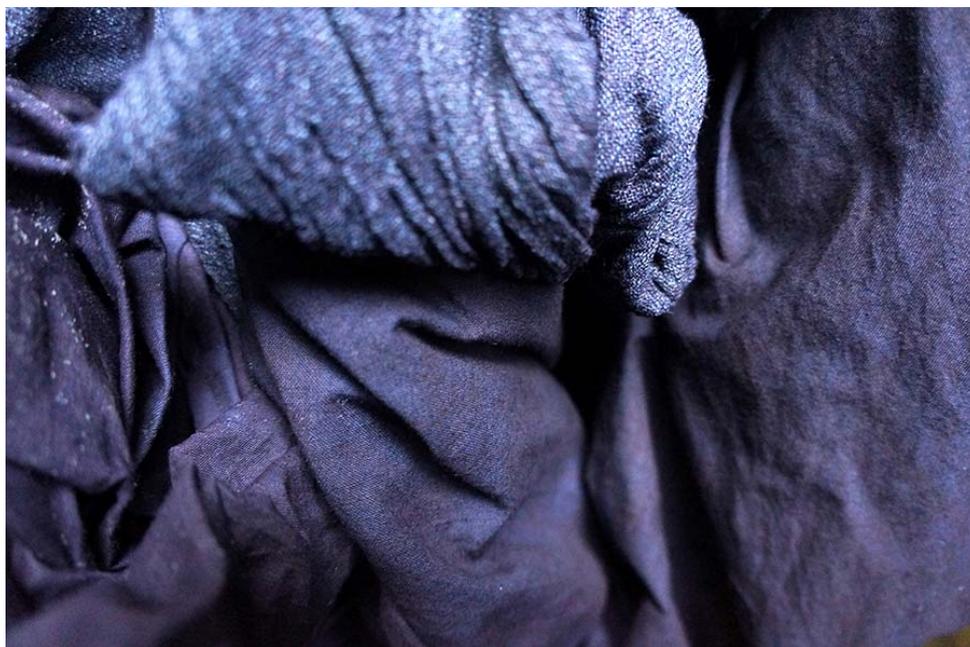


式 4 靛蓝还原成为靛白



式 5 靛白氧化成为靛蓝

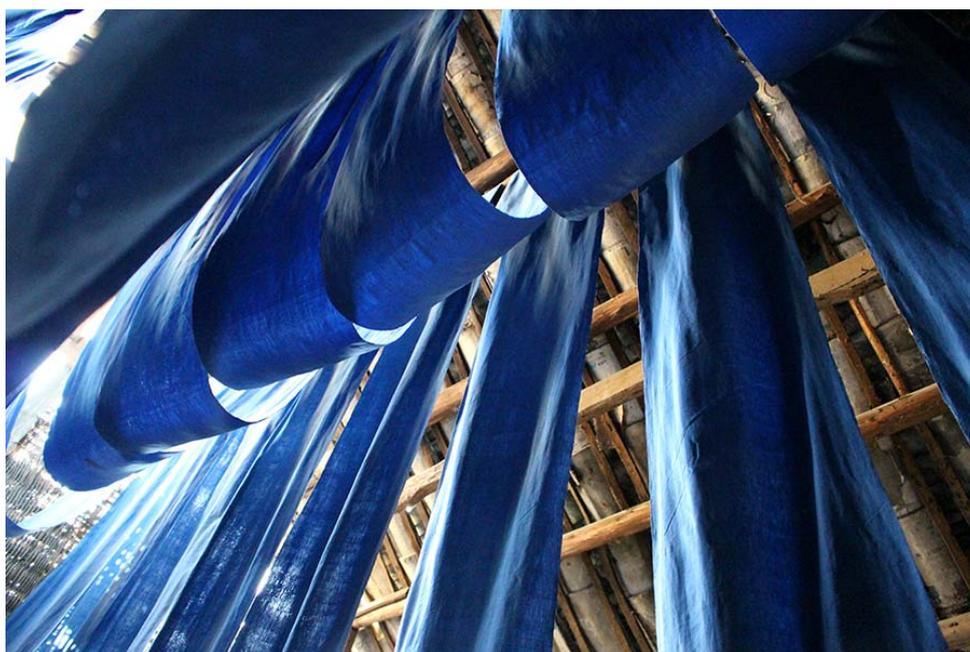
靛白可以直接上染丝、毛、棉纤维，而且比吡啶酚上染更为容易，因此发酵还原染色的染料利用率高，容易染得深蓝色。但制靛时，会或多或少地生成靛红素，使染得蓝色偏红光。



自然发酵染色是靠制靛时蓝草上所附的微生物或者染液从空气中捕集微生物而进行发酵还原的。这种方法有可能来源于劳动人民的长期观察，发现废弃的蓝草鲜叶水浸液或染液经长时间的放置，其底部蓝色沉淀能被发酵而具有重新上染纤维的能力。

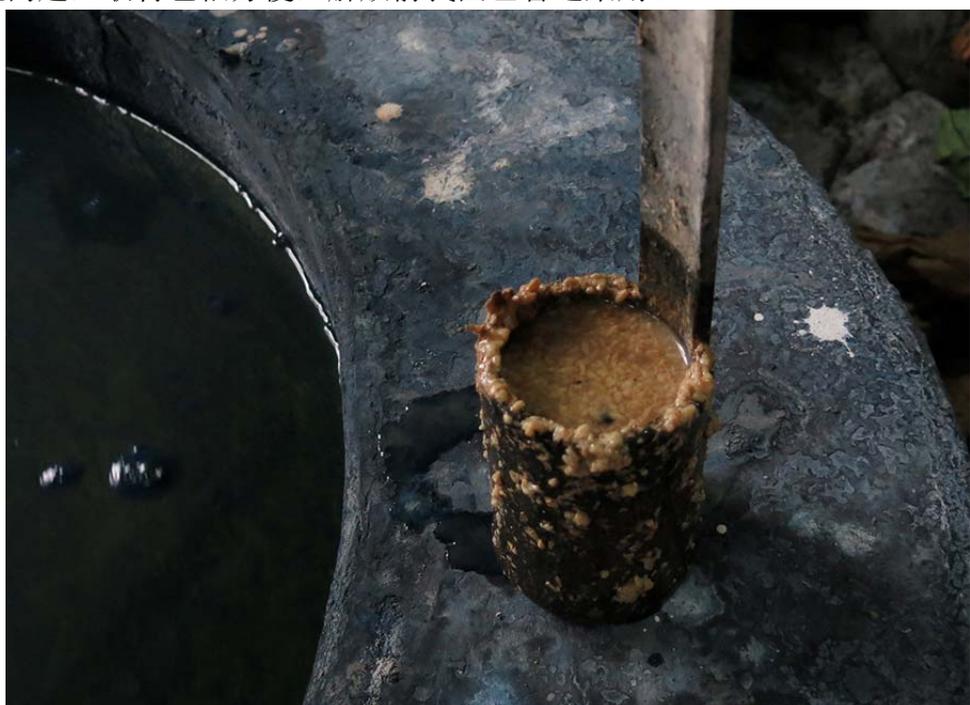
自然发酵染色为使靛蓝还原充分，所需准备时间较长，而且菌种较杂，控制不易，在染色过程中发现问题也不易补救。为了避免这些缺点，劳动人民经过长期摸索，发现将密封陈置的米酒或其酒糟加入靛蓝染液内，可以使植物靛蓝染液

发生发酵还原作用，开创了人工发酵还原染色方法时代。



三、人工发酵还原染色方法

米酒及其酒糟内含有根霉菌、毛霉菌和酵母菌等微生物。根霉菌、毛霉菌都能分泌淀粉酶，使淀粉分解为葡萄糖；酵母菌能分泌多种生物酶，能使葡萄糖变为丙酮酸，丙酮酸可进一步转化为乙醇，并在乳酸杆菌的作用下，转化为乳酸。在这些转化过程中，都具有还原作用，可使靛蓝还原为靛白。米酒糟中除有发酵需要的微生物外，还有微生物繁殖所需的养料如淀粉、蛋白质、脂肪和维生素等。因此靛蓝液内加入米酒糟，既可解决微生物的接种问题，又可解决微生物的营养繁殖问题，取材也很方便，解放前我国已普遍采用。



人工发酵还原染色过程中，先在染缸中放入清水，再加入粉碎后的靛蓝，依

次加入碱、酒等物。发酵数日后，若缸中液体冒出浓厚粘稠的泡沫，液体的颜色呈发黄（因靛白为淡黄色），染液即制成。

染色时先将染色的织物漂洗干净，拧干后放入染缸中染色，不同季节与织物厚重程度可适当加热，捞出后透风待靛白氧化完全、布面颜色不再加深时再浸渍，再捞出透风。如此反复多次后，将织物捞出洗出靛渣，然后将织物晒干。这样一次染色过程就结束了。为了染得深浓的色泽，有时染色过程要重复 8 次，甚至更多。



需要注意的是染液内的乳酸不可积聚太多，否则会影响酵母菌等微生物的生存和繁殖，影响发酵还原的顺利进行，甚至使染液败坏。因此，对于棉、麻纤维的染色，靛蓝的发酵还原染液内必须加入石灰等碱性物质，以中和乳酸并使靛白溶解。当然石灰用量也不可过高，否则也会妨碍酵母菌的繁殖，影响发酵还原的顺利进行。由于丝毛蛋白质纤维能吸附乳酸、因此丝、毛用靛蓝的发酵染色时，染液内不加碱性物质，也可获得满意的染色效果。另外染液的温度和搅拌对发酵还原也有影响。冬季温度太低，可以在染缸外微微加温，以利酵母菌的生存和繁殖。因为酵母菌的发酵还原作用是在厌氧条件下进行的，一般在正常染色生产时，染液不需另外搅拌，如在停工期间则每天需搅拌数次，以便在有氧气的条件下，使酵母菌能较快繁殖。

关于靛蓝人工发酵染色技术的开始年代并无文献可查，但在明代工艺技术巨著《天工开物》彰施篇中提到靛蓝染色时，只指出配制染液必须加用稻灰的碱性物质，而根本没有提及发酵用剂之加入，可见当时还是采用自然发酵染色的，至少靛蓝人工发酵技术在明代尚未在全国范围内推广。

参考文献：

- [1] 张志伯. 我国古代植物靛蓝染色的探讨[J]. 上海纺织工学院学报, 1979, (4): 91-95.
- [2] 杜燕孙. 国产植物染料染色法[M]. 上海: 商务印书馆, 1950.
- [3] 巩继贤, 李辉芹. 我国传统的靛蓝染色工艺[J]. 北京纺织, 2002, (5): 25-27.

[4] 杨璧玲. 植物靛蓝染色传统工艺原理及应用现状[J]. 染整技术, 2008, (3): 13-15.