

几种胶带用聚酯和芳纶线绳浸胶技术的研究

曲荫章¹,于发家¹,姜 华¹,高称意²

(1. 青岛正元线绳制造有限公司,山东 青岛 266609;2. 北京橡胶工业研究设计院,北京 100039)

摘要:探讨几种新浸渍材料及新浸渍方法在胶带用聚酯和芳纶长丝线绳浸胶工艺中的应用。结果表明,粘合剂 IL-6 减量替代一浴法浸渍液中的粘合剂 RP,粘合活化聚酯长丝线绳粘合性能提高,浸渍成本降低;二浴法(第一浴浸渍液为水基环氧树脂溶液)浸渍的粘合活化芳纶长丝线绳粘合性能比一浴法好;IONOTHANE 硬化剂处理的芳纶长丝硬线绳断裂强力高,耐疲劳性好,但硬度较低,浸渍成本较高;氯丁胶乳部分或全部替代 RFL 浸渍液中的丁吡胶乳可提高线绳的粘合性能。

关键词:芳纶线绳;聚酯线绳;浸胶;浸渍液;胶带

中图分类号:TQ330.38⁺9;TQ340.65;TQ336.2

文献标识码:B

文章编号:1000-890X(2004)03-0154-05

浸胶线绳是帘布型 V 带的换代骨架材料,我国胶带行业已把骨架线绳化列为胶带的发展方向之一。在国际线绳制造技术不断更新,新纤维材料和新浸胶产品不断开发,新浸胶技术和新浸胶配方不断涌现的同时,国内聚酯线绳用量稳定上升,芳纶线绳用量逐步增大,线绳出口得到一定发展。为适应国际线绳行业的发展形势,我们对聚酯和芳纶长丝线绳浸胶技术进行了更深入的研究,现将研究情况简介如下。

1 粘合活化聚酯长丝线绳浸渍液的粘合剂选择

众所周知,与人造丝、维纶和锦纶纤维比,聚酯和芳纶纤维与橡胶的粘合性能较差,原因是这两种纤维大分子链上缺少能与橡胶大分子链形成化学键合的活性基团。因此,聚酯和芳纶纤维的浸渍处理需要采用二浴法或在一浴法浸渍液中加入专用粘合剂,并且胶乳组分只能选用粘合性能较好的丁吡胶乳而不能选用粘合性能差的胶乳(如丁苯胶乳)。与其它纤维材料相比,聚酯和芳纶纤维的浸胶工艺繁琐,所用原材料品种多、成本较高^[1,2]。

为提高聚酯和芳纶线绳与橡胶的粘合强度,除对浸胶原材料和浸胶配方进行优化、浸胶工艺

进行改进外,还采用在纺丝时将一些粘合活化剂随纺丝油剂一起粘附在长丝表面的方法来纺制粘合活化长丝。粘合活化长丝制备的关键是将二浴法中第一浴浸渍液的某些粘合剂组分在纺丝阶段加入^[2]。由于从纺丝到制成骨架材料需要一定时间,同时粘合剂有活性随时间延长而衰减的特性,因此粘合活化长丝不宜长时间储存,且储存期间应特别注意不受热的作用、光的直射及各种化学品的污染。粘合活化聚酯和芳纶长丝如果采用传统 RFL 浸渍液或(RFL+粘合剂)浸渍液浸渍(一浴法),可减少纤维材料浸胶的工艺步骤和降低生产成本,这种方法尤其适用于无聚酯和芳纶专用浸胶机的厂家。粘合活化聚酯和芳纶长丝骨架材料的突出优点是浸胶线绳受潮后再烘干,其与橡胶的粘合强度保持率还可达 75%,而普通聚酯和芳纶长丝[(RFL+粘合剂 RP)浸渍液浸渍]则只能达 52%^[3]。本研究针对粘合活化聚酯长丝线绳,探讨了一浴法浸渍液的粘合剂选用问题。

线绳的浸渍方法为一浴法,浸渍液为 RFL+粘合剂。试验用的粘合活化聚酯长丝线绳和普通聚酯长丝线绳分别由 1100dtex/192f 粘合活化聚酯长丝和普通聚酯长丝(上海石油化工股份有限公司产品)捻成;RFL 浸渍液的间苯二酚和甲醛树脂质量分数为 0.023,丁吡胶乳质量分数为 0.41(如无说明,下同),自制;粘合剂 IL-6 为己内酰胺封闭端基的异氰酸酯水分散体,质量分数为

作者简介:曲荫章(1931-),男,山东招远人,青岛正元线绳制造有限公司高级工程师,从事橡胶制品骨架材料的研发工作。

0.5,瑞士 EMS 公司产品;粘合剂 RP,质量分数为 0.2,江苏宜兴良兴化工厂产品。线绳粘合强度按 HG/T 2821—1996 标准测试,1100dtex/3×3 和 1100dtex/5×3 规格线绳优等品粘合强度性能指标分别为 21 和 26 kN·m⁻¹。

(RFL+粘合剂)浸渍液中粘合剂 RP 含量对聚酯长丝线绳粘合强度的影响见表 1,粘合剂 IL-6 减量替代粘合剂 RP 对聚酯长丝线绳粘合强度的影响见表 2。

表 1 (RFL+粘合剂 RP)浸渍液中粘合剂 RP 含量对
聚酯长丝线绳粘合强度的影响 kN·m⁻¹

线绳	浸渍液中 RP 质量分数		
	0	0.2	0.4(常量)
粘合活化聚酯长丝			
1100dtex/3×3	18.52	22.65	24.30
1100dtex/5×3	23.00	35.84	36.60
普通聚酯长丝			
1100dtex/3×3			23.35
1100dtex/5×3			36.19

表 2 浸渍液中粘合剂 IL-6 减量替代粘合剂 RP 对
聚酯长丝线绳粘合强度的影响 kN·m⁻¹

线绳	IL-6 质量分数 0.03	对比样
粘合活化聚酯长丝		
1100dtex/3×3	26.22	19.03 ¹⁾
1100dtex/5×3	37.50	23.86 ¹⁾
普通聚酯长丝		
1100dtex/3×3	23.85	27.84 ²⁾
1100dtex/5×3	29.14	38.24 ²⁾

注:1)浸渍液中无粘合剂;2)D-417 浸渍液的二浴浸渍法,第一浴的浸渍液为 D-417(由端基封闭异氰酸酯、水基环氧树脂和湿润剂组成,美国杜邦公司产品),第二浴的浸渍液为 RFL。

从表 1 可以看出,RFL 浸渍液中不加入粘合剂,粘合活化聚酯长丝线绳的粘合强度不能达到 HG/T 2821—1996 标准优等品的要求;浸渍液中粘合剂 RP 质量分数为 0.2,粘合活化聚酯长丝线绳的粘合强度与浸渍液中粘合剂 RP 质量分数为 0.4 的普通长丝聚酯线绳的粘合强度相当且达到 HG/T 2821—1996 标准优等品的要求。这说明浸渍液中的粘合剂 RP 质量分数减半,粘合活化聚酯长丝线绳的粘合性能仍能达到要求。经计算,粘合剂 RP 质量分数减半,浸渍液的成本降低 10%;只要每吨粘合活化聚酯长丝的价格与每吨

普通聚酯长丝的价格差不高于 800 元,用粘合活化聚酯长丝取代普通聚酯长丝并将浸渍液中粘合剂 RP 质量分数减半是有经济效益的。

从表 1 和 2 可以看出,粘合剂 IL-6 减量替代粘合剂 RP 时,粘合活化聚酯长丝线绳的粘合强度明显改善,虽未达到用 D-417 浸渍液的普通聚酯长丝线绳的粘合性能,但差距不大,且比用同样浸渍液处理的普通聚酯长丝线绳粘合强度高得多,表现出粘合活化长丝的优点。与用 D-417 浸渍液浸渍普通聚酯长丝线绳相比,用(RFL+粘合剂 IL-6)浸渍液浸渍粘合活化聚酯长丝线绳,由于粘合剂含量减小,又省去了价格不菲的水基环氧树脂和分散剂,因此浸胶成本较低,故尽管粘合活化聚酯长丝的价格比普通聚酯长丝高,但用(RFL+粘合剂 IL-6)浸渍液浸渍的粘合活化聚酯长丝线绳成本仍低于用 D-417 浸渍液浸渍的普通聚酯长丝线绳。这表明粘合活化聚酯长丝工业化生产后,在线绳上的应用前景光明。

比较表 1 和 2 可以得出,用 D-417 浸渍液浸渍的普通聚酯长丝线绳粘合强度比用(RFL+粘合剂 RP)浸渍液浸渍的普通聚酯长丝线绳高,但成本也高;用(RFL+粘合剂 IL-6)浸渍液浸渍的粘合活化聚酯长丝线绳粘合强度明显高于(RFL+粘合剂 RP)浸渍液浸渍的普通聚酯线绳,但每吨粘合活化聚酯长丝线绳的浸渍加工成本比每吨普通聚酯长丝线绳高 250 元,再加上粘合活化聚酯长丝与普通聚酯长丝的价格差,粘合活化聚酯长丝浸胶线绳的成本大大高于普通聚酯长丝浸胶线绳。因此,在聚酯线绳生产中,是用粘合活化聚酯长丝还是用普通聚酯长丝,是用一浴法还是用二浴法,是用粘合剂 RP 还是用粘合剂 IL-6,应根据要求的线绳性能/价格比确定。

2 粘合活化芳纶长丝线绳的二浴浸胶法

众所周知,芳纶纤维以其综合性能优异而成为深受众多领域欢迎的新材料,并获得“合成钢丝”的美誉。在橡胶行业,芳纶以其极高的强度和优异的尺寸稳定性而成为各种橡胶制品理想的骨架材料。提高芳纶与橡胶的粘合性能一般是对芳纶进行二浴浸胶处理,且第一浴的浸渍液为类似于 D-417 浸渍液的异氰酸酯、水基环氧树脂等粘

合助剂浸渍液,第二浴浸渍液为 RFL 浸渍液。受原材料的限制,国内一直采用(RFL+粘合剂 RP)浸渍液对芳纶骨架材料进行浸渍处理,这种方法具有工艺简单、可利用现有一浴浸渍设备等优点,但浸渍的芳纶骨架材料虽然初期粘合强度与用二浴法浸渍的芳纶骨架材料相近,然而,随着储存时间的延长,其粘合强度衰减明显快于二浴法浸渍的芳纶骨架材料,特别是受潮再烘干后的粘合强度保持率仅达到二浴法浸渍芳纶骨架材料的 60%^[3]。为充分利用芳纶纤维的优异性能,有必要对芳纶纤维二浴法浸胶处理方法进行研究。

由于韧性和耐疲劳性差,芳纶线绳二浴法的第一浴浸渍液应减少甚至不用降低韧性的浸渍材料,同时又必须使浸胶后的线绳具有良好的粘合效果。为达到这两方面的要求,二浴法的第一浴浸渍液为水基环氧树脂浸渍液,第二浴浸渍液为 RFL 浸渍液。试验用的粘合活化芳纶长丝线绳 1680dtex/5 由 1680dtex/1000f 粘合活化芳纶长丝(牌号为 Kevlar-119,美国杜邦公司产品)捻成;一浴法的浸渍液为(RFL+粘合剂 RP);二浴法的第一浴浸渍液为水基环氧树脂浸渍液(质量分数为 0.02,进口产品),第二浴 RFL 浸渍液的胶乳组分由质量比为 20 : 80 的氯丁胶乳(牌号为 Bayprene MKB,固形物质量分数为 0.58,德国拜耳公司产品)/丁吡胶乳(牌号 5218FS,固形物质量分数为 0.4,日本瑞翁公司产品)组成。

二浴法和一浴法浸渍的粘合活化芳纶长丝线绳与 CR 胶料的粘合强度见表 3。

表 3 二浴法和一浴法浸渍的粘合活化芳纶长丝线绳与 CR 胶料的粘合强度 kN · m⁻¹

浸渍方法	浸渍后	受潮 72 h 再烘干
二浴法	35.54	32.41
一浴法	32.45	20.28

从表 3 可以看出,二浴法浸渍的粘合活化芳纶长丝线绳粘合强度比一浴法浸渍的粘合活化芳纶长丝线绳高;尤其是受潮再烘干后,两种浸渍方法制备的线绳粘合强度差异更加明显,二浴法浸渍的粘合活化芳纶长丝线绳粘合强度为受潮前的 91.2%,而一浴法浸渍的粘合活化芳纶长丝线绳则降低到受潮前的 62.4%,只为二浴法浸渍的粘

合活化芳纶长丝线绳的 62.6%,这个结果与文献[3]一致。这说明用二浴法制备的粘合活化芳纶长丝线绳更适于储存。

每吨粘合活化芳纶长丝线绳用二浴法浸渍消耗的物料成本比用一浴法多 380 元,同时二浴法的设备投资大于及能源消耗高于一浴法,但对于粘合活化芳纶长丝这种高价值的纤维材料,浸渍过程中所增加的这些成本不难消化。

3 芳纶长丝硬线绳新浸渍液的应用

切割式 V 带和同步带侧面没有包布,尤其是切割式 V 带的两个侧面都是工作面,在使用过程中极易因暴露在外的线绳受到机械力的作用而出现起毛问题,造成胶带过早破坏。因此,这两种胶带所用的线绳与包布式 V 带所用的线绳不同,其所有的纤维单丝都粘结在一起,形成一根类似塑料棒的绳索,这就是通常所说的硬线绳。

目前,硬线绳一般采用异氰酸酯浸渍法硬化,即在一定条件下纤维与异氰酸酯发生化学反应并结合在一起,形成具有一定硬度的线绳。这种处理方法已用了近 40 年,其缺点日益暴露出来:异氰酸酯和有机溶剂苯有毒,且异氰酸酯易燃,在线绳处理过程中这两种材料会被全部或部分排放到大气中,因此线绳的浸渍处理工艺危险性较大,对环境污染较重。

随着人们环境保护意识的增强,开发新的无污染线绳硬化技术和硬化材料受到重视,并取得了一定的成绩^[2]。荷兰阿克苏-诺贝尔公司开发的 IONOTHANE 浸渍液是一种离子化氨基甲酸乙酯树脂(以一种称为 N69 的化合物为基础聚合而成)水分散体^[4],是一种硬化作用较好的线绳浸渍液。研究^[4]证明,IONOTHANE 浸渍液是迄今为止制得的粘合性能和耐屈挠疲劳性能达到最佳平衡的浸渍液。N69 的分子结构有如下特点:中心为含羟基的化合物,羟基化合物的两侧为二异氰酸酯,分子链的两端分别是封端剂和叔氮二元醇。这种分子结构决定了 IONOTHANE 浸渍液具有促进芳纶纤维与橡胶粘合并使芳纶纤维线绳硬化和有一定柔性(耐疲劳性能好)的特性。原因是 N69 的羟基可与解除了端基封闭的异氰酸酯反应,在芳纶长丝周围形成网络,而该网络可与

第二浴 RFL 浸渍液形成的网络相互扩散、渗透,提高线绳的粘合性能和硬度;同时,氨基的存在使 IONOTHANE 具有水溶性,从而解决了传统硬化剂必须使用苯类有机溶剂的问题^[4,5]。

线绳的浸渍方法为二浴法,第一浴为硬化处理,浸渍液分别为 IONOTHANE 水溶液(质量分数为 0.1,荷兰阿克苏-诺贝尔公司产品)和异氰

酸酯溶液(质量分数为 0.1,日本 Nagase 公司产品);第二浴浸渍液为 RFL 浸渍液。粘合活化芳纶长丝线绳 1680dtex/2×3 由 1680dtex/1000f 粘合活化芳纶长丝(牌号为 Kevlar-119,美国杜邦公司产品)捻成。

浸渍液对粘合活化芳纶长丝硬线绳性能的影响见表 4。

表 4 浸渍液对粘合活化芳纶长丝硬线绳性能的影响

浸渍液	断裂强力/N	粘合强度/(kN·m ⁻¹)	硬度指数 ¹⁾	屈挠试验 ²⁾ 后断裂强力保持率/%
IONOTHANE 浸渍液(硬线绳)	1 750	28.42	205	71
异氰酸酯浸渍液(硬线绳)	1 495	29.68	350	63
环氧树脂浸渍液(软线绳) ³⁾	1 768	30.34	100	75

注:1)按 ASTM D 885—2002 方法测试;2)按 ASTM D 885—64 Appendix 标准进行;3)表 3 二浴法制备的软线绳。

从表 4 可以看出,用 IONOTHANE 浸渍液处理的粘合活化芳纶长丝硬线绳断裂强力与用传统环氧树脂浸渍液处理的软线绳相当,比用传统异氰酸酯浸渍液处理的硬线绳高约 20%;IONOTHANE 浸渍液处理的粘合活化芳纶长丝硬线绳粘合强度与用传统异氰酸酯浸渍液处理的硬线绳相当,低于用传统环氧树脂浸渍液处理的软线绳。由此得出,IONOTHANE 硬化浸渍液对提高芳纶长丝硬线绳断裂强力的作用显著,即在保证粘合强度的前提下把硬线绳的断裂强力提高到了软线绳的水平。

由表 4 得出,IONOTHANE 浸渍液处理的粘合活化芳纶长丝硬线绳疲劳试验后的断裂强力比传统异氰酸酯浸渍液处理的硬线绳高约 1/3,即 IONOTHANE 浸渍液处理的硬线绳耐疲劳性优于传统异氰酸酯浸渍液处理的硬线绳。

硬度是保证硬线绳耐切割性和耐磨性的重要指标。从表 4 可以看出,用 IONOTHANE 浸渍液处理的粘合活化芳纶长丝硬线绳硬度是用传统环氧树脂浸渍液处理的软线绳的 2 倍,但仅为用传统异氰酸酯浸渍液处理的硬线绳的 60%,即从硬度看,用 IONOTHANE 浸渍液处理的芳纶硬线绳硬度虽大大高于用传统环氧树脂浸渍液处理的软线绳,但比传统异氰酸酯浸渍液处理的硬线绳低得多,这是 IONOTHANE 浸渍液的不足之处。

据文献[5]记载,采用异氰酸酯硬化浸渍液处

理的芳纶硬线绳硬度随线绳捻度的提高而提高,用 IONOTHANE 硬化浸渍液处理的芳纶硬线绳的硬度与线绳捻度基本无关,这还有待于进一步验证。

IONOTHANE 硬化浸渍液还存在 2 个影响其推广使用的缺点。① IONOTHANE 浸渍液属酸性水溶性材料,用其硬化处理的线绳在烘干时产生的酸性气雾对浸胶机有腐蚀作用。②配好的 IONOTHANE 浸渍液价格约为 50 元·kg⁻¹,而异氰酸酯浸渍液还不到 6 元·kg⁻¹。

尽管 IONOTHANE 浸渍液还存在价格高、腐蚀设备、处理的线绳硬度还较低等不尽如人意之处,但它毕竟使我们看到了解决硬线绳处理过程中污染严重和易引发火灾问题的希望。

4 氯丁胶乳在浸渍液中的应用

V 带胶料氯丁化是 V 带要实现的“三化”之一,这就要求骨架线绳与 CR 胶料必须有良好的粘合性能。目前,线绳浸渍处理用的(RFL+粘合剂 RP)浸渍液胶乳一般为丁吡胶乳,用这种浸渍液处理的线绳与 SBR 和 NR 胶料的粘合性能良好,但与 CR 胶料的粘合性能略差,用氯丁胶乳全部或部分替代 RFL 浸渍液中的丁吡胶乳是解决该问题的有效途径之一^[6]。

线绳的浸渍方法为一浴法,浸渍液为 RFL+粘合剂 RP。试验用的 1100dtex/6×3 聚酯长丝线绳由 1100dtex/192f 普通聚酯长丝(上海石油

化工股份有限公司产品)捻成;氯丁胶乳牌号为 Bayerprene MKB,固形物质量分数为 0.58,德国拜耳公司产品。

氯丁胶乳部分或全部替代 RFL 浸渍液中的丁吡胶乳对聚酯线绳与胶料粘合性能的影响见表 5。

表 5 氯丁胶乳部分或全部替代丁吡胶乳对聚酯长丝线绳与胶料粘合强度的影响 $\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$

胶料	氯丁胶乳/丁吡胶乳固形物质量比			
	0 : 100	20 : 80	50 : 50	100 : 0
CR 胶料	27.84	36.40	37.61	41.44
NR/SBR 并用胶	31.76	39.12	44.05	46.23

从表 5 可以看出,浸渍液中不掺用氯丁胶乳,线绳与 CR 胶料的粘合强度较低,与 NR/SBR 并用胶的粘合强度已较高;随浸渍液中氯丁胶乳用量增大,线绳与 CR 胶料和 NR/SBR 并用胶的粘合强度提高;丁吡胶乳与氯丁胶乳以任意质量比使用,聚酯长丝线绳与 CR 胶料的粘合强度始终低于 NR/SBR 并用胶,这是由胶料性质决定的。

氯丁胶乳的稳定性较丁吡胶乳差是因为氯丁胶乳在储存过程中会分解生成氯化氢,氯化氢的强酸性会改变胶乳的 pH 值,而 pH 值一旦降到 7 以下,氯丁胶乳就会产生凝胶。试验证明,在密封、低温条件下氯丁胶乳可保存 1 年;掺入氯丁胶乳的浸渍液,在 pH 值为 8.5~9 的情况下可保存 48 h 不增稠,而仅用丁吡胶乳配制的浸渍液在同样条件下可保存 96 h。因此,要严格计算掺用氯丁胶乳的 RFL 浸渍液用量,做到现配现用,以保证浸渍液粘度稳定;此外,还要严格控制浸渍液的 pH 值,其过高或过低都不利于浸渍液放置。

目前,氯丁胶乳的价格比丁苯吡胶乳高 40%,但其固形物含量比丁苯吡胶乳高,因此在聚酯和芳纶线绳 RFL 浸渍液中用氯丁胶乳部分替

代丁苯吡胶乳,不存在成本障碍。

5 结语

近年来,我们在 V 带用聚酯和芳纶线绳的浸胶技术研究中取得了一些成果,研发的氯丁胶乳在浸渍液中的应用和粘合活化芳纶长丝线绳二浴法浸渍技术已用于实际生产,且效果良好。遗憾的是,试验所用的新型原材料除端基封闭的异氰酸酯和氯丁胶乳已国产化外,其余原材料均为进口产品或国内试制品,这使得粘合活化聚酯长丝线绳一浴法中粘合剂 IL-6 减量替代粘合剂 RP 和 IONOTHANE 浸渍液在芳纶长丝硬线绳中的应用技术还不能用于生产。我们呼吁国内相关研究院所和厂家投入一定的精力和资金,实现新型浸胶技术用原材料国产化,从而推动骨架材料浸渍工艺的改进,提升 V 带用线绳的综合性能水平,更好地为橡胶工业服务。

参考文献:

- [1] 高称意. 纤维骨架材料技术讲座 第 6 讲 纤维骨架材料的制造技术(续一)[J]. 橡胶工业, 2001, 48(11): 700-701.
- [2] 高称意. 胶带用纤维骨架及其粘合技术[J]. 橡胶工业, 2003, 50(1): 60-62.
- [3] Llian C. Wake Development in Adhesives-1[M]. London: Applied Science Publishers, 1997. 195.
- [4] Henk A A van Aalten. Aramid fibers and adhesion to elastomers; IONOTHANE® structure and performance[A]. Presented at a meeting of the Rubber Division[C]. Cleveland Ohio: American Chemical Society, 1995. 17.
- [5] Johan F van der Pol, Peter E Pagegaaij, Leo J de Vos. Aramid fibers and adhesion to elastomers; application and performance[A]. Presented at a meeting of the Rubber Division [C]. Cleveland Ohio: American Chemical Society, 1995. 21.
- [6] 高称意. 纤维骨架材料技术讲座 第 6 讲 纤维骨架材料的制造技术(续二)[J]. 橡胶工业, 2001, 48(12): 747.

第二届全国橡胶工业用织物和骨架材料技术研讨会论文

罗门哈斯成为东海橡塑

2003 年度优秀供应商

中图分类号: TQ330.8 文献标识码: D

2003 年 12 月 19 日, 美国罗门哈斯被东海橡塑(天津)有限公司评为 2003 年度优秀供应商。

东海橡塑(天津)有限公司主要从事汽车减震器、胶管等产品的生产和销售, 其产品主要供应天津夏利、丰田等著名汽车制造公司。

2003 年 3 月, 美国罗门哈斯公司被美国《财富》杂志评为美国最受尊敬的化工公司第二名。罗门哈斯公司是世界最大的精细化工品制造商之一, 在 26 个国家拥有 100 多家工厂。其产品广泛应用于涂料、粘合剂、密封胶、建筑材料、水处理、纺织、印刷、医药和生物技术、电子元器件、家庭清洁用品及其它日用品。

(罗门哈斯公司中国公司 王 韧供稿)