文章编号：1002-4972(1999) 08-0001-07

环氧树脂涂层钢筋的技术原理、发展过程及国内外应用情况

杨万里， 吴小蓉
（宏利工业有限公司，香港）

摘要：文章全面地介绍环氧树脂涂层钢筋的制作工艺、技术要求、历史起源、发展中遇到的技术问题以及在国内外工程中应用情况。

关键词：环氧树脂；涂层；钢筋；工程防腐；应用
中图分类号：TU56 1.67 文献标识码：B

Technological Principle, Development Process and Application of Epoxy Resin Coated Steel Bar Both in China and Abroad

YANG Wan-li, WU Xiao-rong
(Hongli Industrial Company, Ltd., Hongkong)

Abstract: An overall introduction is given to the manufacture technology, technical requirement, historical origin, technical problems met in development and application of epoxy resin coated steel bar both in China and abroad.

Key words: epoxy resin; coating; steel bar; anticorrosion for engineering; application

1 概况

国内外工程耐久性状况的调查表明，在混凝土结构中因钢材腐蚀引起建筑物破坏造成的损失是十分惊人的。

据有关资料披露，美国每年这种损失就高达数百亿美元。现在，美国每 4 座钢筋混凝土公路桥梁中就有 1 座因钢筋锈蚀而严重损坏，年维修费需 10 亿多美元。

在我国，据估计每年因钢筋锈蚀造成的损失不低於上百亿人民币。可见，钢筋防锈是一个迫切需要解决的大问题。

国际上为解决这一问题研究了多种方法，其中采用环氧树脂涂层钢筋（简称涂层钢筋）是一种较为有效的防止钢筋锈蚀的措施。

涂层钢筋是一种在普通钢筋表面制作一层环氧树脂薄膜保护层的钢筋，涂层厚度一般在 0.15 ～ 0.30mm 。经国外的大量研究和多年的工程应用表明，采用这种钢筋能有效地防止处於恶劣环境条件下的钢筋被腐蚀，从而大大提高工程结构的耐久性。涂层一般采用环氧树脂粉末以静电喷涂方法制作：将普通钢筋表面进行除锈、打毛等处理后加热到 230 °C 左右高温，再将带电的环氧树脂粉末喷射到钢筋表面，由于粉末颗粒带有电荷，便吸附在钢筋表面，并与其熔融结合，经过一定养护固化后便形成一层完整、连续、包裹住整个钢筋表面的环氧树脂薄膜保护层。环氧树脂涂层以其不与酸、碱等反应，具有极高的化学稳定性和延性大、干缩小，与金属表面具有极佳的粘着性的特点，在钢筋表面形成了阻隔钢筋与外界电流接触的功能而被认为是化学电离子防腐屏障，环氧树脂涂层被誉为钢筋防腐的坚强卫士。

2 环氧树脂涂层钢筋的制作工艺及技术要求

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

涂层的质量跟防腐的效果有紧密关系，必须在合乎标准规定的工厂化环境生产。涂层钢筋的制作主要有四道工序，各道工序均有严格的制作要求，并有一套保证质量的严格标准和检验程序。

2.1 制作材料及方法

涂层材料有粉末环氧树脂和液体环氧树脂两种，其主要原料包括环氧树脂、增塑剂、固化剂和耐碱颜料等。环氧树脂不与酸、碱发生反应，具有极高的化学稳定性，同时还具有延性大、干缩小，与金属表面具有极佳的粘着性，因而是在金属表面制作防腐保护膜的理想材料。

液体环氧树脂涂装方法有涂刷法、喷涂法和浸涂法；粉末环氧树脂涂装方法有静电喷涂法、粉末浴法和静电粉末浴法。环氧树脂粉末静电喷涂方法，具有适用性广、易于操作且涂层耐蚀性优于其它涂装方法等特点，故此，各国的产品标准都指定采用静电粉末喷涂法。其原理为将带电的环氧树脂粉末颗粒（具有一定的吸附性）喷涂在已加热的钢筋表面，粉末遇热熔化，并很快固化，冷却后便形成十分牢固地粘着在钢筋表面的连续涂层。

2.2 静电喷涂法

采用环氧树脂粉末以静电喷涂方法制作涂层的工艺流程为：

钢筋表面处理（喷砂净化、打毛）→钢筋加温（约 232 °C）→静电喷涂→涂层固化→净水冷却。

待涂装的钢筋表面不得有铁锈、油、脂、漆等有害物质，也不得有结疤、尖角、毛刺等缺陷，并使钢筋表面具有一定的粗糙度，以增强涂层与钢筋的粘结；有盐污染的钢筋，应采用化学清洗对其表面进行处理。有些涂层材料还要求按有关建议对钢筋表面进行预处理。钢筋表面处理后应检查其洁净度，符合要求后方可制作涂层。

钢筋净化处理后应尽快进行涂层制作。钢筋通过感应加热炉，其表面被加热到约 232 °C，利用红外线光学高温测量计或用不含硫的测温蜡测试温度。测温至少每 30min 或者每次更换不同直径的钢筋时进行一次。

用静电喷涂机在钢筋表面喷涂环氧树脂粉末，粉末在钢筋表面熔化流动形成一层薄膜。约 3 ～ 5s 后涂层薄膜开始固化，冷却后便在钢筋表面惰性的防腐保护层。

2.3 对涂层的技术要求

涂层材料应具有足够的对化学腐蚀、热湿环境腐蚀、阴极剥离、氯化物的渗透等的抵抗性，涂层钢筋与混凝土之间的粘结强度不应低於普通钢筋的 80%，涂层还应具有一定的可弯性、耐磨性及抗冲击性等。对涂层材料的上述要求，通常由涂层材料制造商通过权威机构的严格测试，并出具相应的质量证明书予以保证。钢筋涂层的制作厂家则应根据有关标准要求保证涂层的厚度、连续性和可弯性，一般以这三项指标作为判定涂层制作质量的依据。

3 环氧树脂涂层钢筋的起源和发展

50 ～ 60 年代，美国及加拿大建造了大量钢筋混凝土公路桥梁，为保证公路畅通，在美国的北方与加拿大，冬季需要在路面上撒布大量消冰盐，以溶化冰雪，盐水渗入到桥面板中，使其顶部钢筋严重腐蚀，混凝土保护层过早地胀裂、剥落，原来预期使用 20 ～ 25a 的构件，5 ～ 10a 后就要更换；在美国南方的海边，如弗罗里达州的海港码头，特别是处于浪溅区的混凝土结构和采用含盐骨料的混凝土结构也遭到类似的腐蚀破坏。大量腐蚀破坏的结构，需要相当高昂的经费进行修复，有些甚至超过了其最初的建造费用。

为解决这一问题，美国交通部自 60 年代开始进行防腐技术的研究开发，通过大量试验，从 50 多种涂层材料中筛选出最佳的钢筋防腐涂料 --- 静电喷涂环氧树脂粉末。与镀锌、涂塑、阴极保护等防腐技术相比，环氧树脂涂层钢筋具有防腐效果好、涂装工艺简单、涂层厚度易於控制、对环境无污染、最具成本效益等优势，因而得到迅速发展。涂层钢筋於 1973 年在美国宾悉法尼亚的一座桥面板上首次试点应

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

用，1976 年进入建筑市场，随后焊接涂层钢丝网也于 80 年代中期进入建筑市场，美国目前在冬季需要大量撒布消冰盐的路桥上，采用涂层钢筋已成为必要的防腐措施，在其他方面，如海港码头、近海建筑、地下建筑、车库、隧道、污水处理池、化工厂房等也普遍采用了这种钢筋。资料显示，近年来涂层钢筋的用量，在桥梁方面占钢筋总用量的 70% ～ 80%，在其他结构方面占钢筋总用量的 6% ～ 7% 。除美国外，涂层钢筋在北美的加拿大，在欧洲的英国、挪威，在亚洲的日本、中东和东南亚国家以及我国的香港地区等，都得到了越来越多的应用。

经过 20 余年的发展，现在，涂层钢筋的涂装技术已十分成熟，有一整套完备的产品质量检测手段，美国、英国、日本及国际标准化组织 ISO 等均制定了涂层钢筋的产品标准，对该产品的应用也制定了相应的设计施工规定。

3.1 早期出现的问题

近 20 余年来，涂层钢筋的应用市场迅速发展，国际上有数以十万计的建筑工程采用它作为主要防腐措施。当中绝大部分效果理想。采用涂层钢筋的众多工程确实不会出现因钢筋腐蚀引起混凝土结构破坏的情况，这为各地节省了大量维护重修的费用。

然而，也有极少数建于 70 年代早期的个案出现问题，部份采用涂层钢筋的结构在建成数年后，即出现局部锈蚀。这些单独的个案虽不能代表所有采用这产品的工程状况，却也曾引起建筑界对涂层钢筋耐腐蚀性的关注和探讨，并促进涂层行业的工艺改善和产品规范的严谨化。

1979 年建成，位于美国弗罗里达群岛的 Long Key 大桥的涂层钢筋锈蚀问题是少数个案中引起较多讨论的实例。1986 年在建成仅 5 ～ 7a5 座超过 610m 长的主要桥梁中有 4 座严重锈蚀。

在发现 Long Key 大桥的锈蚀后，弗罗里达交通部立项调查了涂层钢筋锈蚀程度和发生原因，开展试验室和工程研究，与在南 Tempa 的南弗罗里达州大学签定系列研究合同。此外，美国钢筋学会（Concrete Reinforcing Steel Institute CRSI) 亦委托了工程顾问公司进行对涂层钢筋防腐性能的研究。

这些研究的基本结论很接近，70 年代涂层涂料的质量较粗劣、没有产品标准依循、Long Key 大桥生产厂家的质量控制问题、野蛮施工、混凝土孔隙多、保护层过薄（部分只有 13mm 厚）、炎热多盐环境等是促成腐蚀的主因。经过多方面的深入调查后，北美建筑界认为上述现象仅为不典型的“个别事件”，并不代表美州其他地区的情况。事实上，Long Key 大桥的问题在 1986 年被发现，但过去的 20 余年来，分布于全美数十个州有超过 27,000 座公路桥梁采用了涂层钢筋，只有弗罗里达州 Long Key 大桥的部分结构出现了腐蚀的情况。然而，这个别事例却促使美、加交通部和其他主管机构意识到涂层质量标准化的重要性，并促进了涂层钢筋生产质量和产品规范的标准化。

3.2 改进与发展

桥墩位于海上的 Long Key 建于 1979 年，是弗罗里达州第一座采用涂层钢筋的工程。所采用的是第一代的环氧涂料，主要用于处于湿盐环境中的桥面和路面板上，该配方没有考虑到处于炎热海洋环境中的结构物锈蚀情况远比陆上建筑严重。故此，该种涂料已于 90 年代被禁止使用。

在有关弗罗里达州大桥锈蚀问题的大量研究报告发表以后，美国交通部和相关政府部门仍然以涂层钢筋作为主要的防腐方法。只是，为确保预期的防腐效果，对涂层钢筋的产品质量和施工规范的要求更严格，涂层材料及涂装技术也不断地改进。主要的规范主管单位如 ASTM 、 AASHTO 、 FHWA 、 ACI 和 NACE 等更有独立委员会促进涂层钢筋的应用和质量的保证。

自 1986 年以后，北美每年的涂层钢筋用量不断增加，1986 年总用量是 14.5 万 t，到了 90 年代平均年用量已达 20 万 t 以上。主要用在交通系统，如桥梁、公路、码头、隧道、地基等

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

工程，并且扩大结构中涂层钢筋的使用部位。过去桥面板只有上层钢筋网采用涂层钢筋，1986 年以后，则在上下两层钢筋网都全部采用；此外，结构中的其他金属配件如接头、箍筋等也采用环氧涂层。

3.3 Long Key 大桥建成后的研究

80 ～ 90 年代，北美以及世界其他地方的政府机构和学术科研单位也对涂层钢筋进行了大量的研究计划和报告。

(1) 宾悉法尼亚州交通部调查了几种防锈保护系统包括涂层钢筋的有效性。尽管周围混凝土的氯离子浓度较高，涂层钢筋基本处于良好状态。

(2)1990 年纽约州报告 70 年代中修建的一座桥的桥面板出现分层和剥落，进一步调查显示该钢筋涂层使用最早准许使用的环氧树脂涂料，易于出现大量空隙，仅在几座桥梁中使用。同在 1990 年纽约州交通部对 14 座建成 7 ～ 12a 的桥梁进行更加细致的调查，使用最坏事例试验设计选择桥面板有横向裂缝的桥梁。桥面板没有其他原因引起破坏。在 54 个芯样中有 3 个的钢筋有较微锈蚀。锈蚀形式为涂层破损处轻微锈斑，涂层没有脱粘。

(3)1992 年明尼苏达州交通部检查了 10 座老桥的桥面板。从每座桥面板裂缝处以钢筋为中心取芯样，有一根钢筋出现锈蚀，但很轻微，因此结论为：没有发现涂层钢筋发生锈蚀。

(4)1993 年北卡罗来纳州交通部检查了 3 座沿海桥梁下部结构的涂层钢筋的状况。这些桥梁建于 1985 年，是该州在下部结构构件中首次使用涂层钢筋。在钢筋部位氯离子浓度已超过锈蚀限值，但环氧涂层状况良好。

(5)1993 ～ 1994 年美国联邦公路管理局进行了一次较大规模的桥梁考察。13 座应用涂层钢筋的桥梁均已建成超过 20a，按联邦公路管理局对桥梁的评级标准，全部被评为整体状况极佳。

(6)1993 ～ 1994 年，印度政府地面交通部就评估涂层钢筋和其他防腐方法进行了一个研究计划。报告总结：大部分采用涂层钢筋的混凝土结构都远比采用其他抗腐蚀方法的表现为佳。

(7)1994 年，美国海军科研办公室在弗罗里达州西部进行了 76 个月的海洋浪溅区、水位变动区的浸泡外露试验。评比几种防腐方法的抗腐效果：环氧涂层钢筋的防腐效果最佳，热浸镀锌次之，采用阻锈剂保护普通钢筋第三，最后是使用阻锈剂做预处理的普通钢筋。

(8)1993 ～ 1993 年，美国联邦公路管理局对多种有成本效益的防腐方法进行比较。

对含有 12 种不同种类的钢筋混凝土构件进行测试。其中包括：普通钢筋、3 组可弯曲环氧涂层钢筋、3 组不可弯曲环氧涂层钢筋、304 型和 316 型号不锈钢钢筋、镀铜钢筋、热浸镀锌钢筋和喷涂金属涂层钢筋。试验采用锈蚀大电池电流、半电池电位、电抗阻分析、线性极化和钢筋网与网抗阻等测试方法，再结合目视观察，评定各种方法的有效性。报告总结环氧涂层钢筋的防腐效果仅次于 316 号不锈钢钢筋，而 316 号不锈钢钢筋可考虑用于设计年限在 75 ～ 100a 的工程上。即使在有预制裂缝的混凝土构件中这种钢筋的锈蚀速度比一般钢筋慢 800 倍。钢筋的成本限制了这种钢筋被普遍采用在混凝土结构中。但是，对于难以修补腐蚀破坏的构件来说，采用不锈钢钢筋所增加的额外成本或许可以接受。交通流量较大的水下结构、隧道和桥梁，因停用会带来高昂的成本，有潜在使用可能。

本报告支持继续使用环氧涂层钢筋作为防腐保护措施；在各种情况下，涂层钢筋的锈蚀速度都比所观察的普通钢筋低。然而，采用涂层钢筋适宜：在同一板块中，上下层钢筋网均为涂层钢筋；在运输及铺置涂层钢筋的过程中，尽量减少涂层破损，并需修补裂缝。只在桥梁板上层钢筋网使用涂层钢筋的结构耐久性不如上下两层全用，可是相比只用一般钢筋的结构，其构件的耐久性仍然有明显改善。

4 环氧树脂涂层钢筋的应用现状

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

经过将近 30a 的发展，涂层钢筋已成为一种最成熟有效的防腐技术。在防腐工程界的重要性不断提高，应用层面和范围也不断扩大。国外的应用工程已多不胜数。中国市场的起步较慢，但亦已有几个重点工程可作参考。

4.1 国际应用情况

除了北美以外，欧洲、日本、中东地区、澳洲、南朝鲜、印度、新加坡、马来西亚、泰国、印尼、我国的香港以至非洲的苏丹也有众多工程采用。并且，绝大部分是政府或工程业主制定强制性的防腐技术规定，指定在特定环境中的工程必须采用。

美、欧、日本等先进国家早于 80 年代已颁布有关产品、设计、施工等方面的技术规范。90 年代后，印度、香港和东南亚国家亦引入类似的规范为工程提供应用依据。

目前，较普及采用的产品和设计规范包括:

(1) 美标 ASTM A775M-95a

(2) 英标 BS 7295:1992

(3) 日标 JSCE 1985

(4) 欧标 DIN

(5) 香港土木工程总规章

除了国家标准以外，国外的大型石化企业如加德士、无比、AMOCO、壳牌、沙特阿拉伯石油公司等，在世界各地的石化码头和配套设施也都需要采用涂层钢筋抗腐，保障长远经济效益。故此，亦有内部设计和产品规范依循。

应用范围方面，涂层钢筋最早用在寒冻地区消冰盐影响的桥梁面板上，在涂料和加工工艺的完善化后，广泛扩展到各种水上和沿海地区的工程上。码头的浪溅区、跨海的桥墩和基部、海底通道的内外侧、填海区的基部工程、核电厂、废水处理厂、化工厂的地基蓄水池、主力墙等部份都宜采用。

香港自中国银行大厦首次采用后，涂层钢筋的发展迅速。90 年代建设的大量基建工程如赤腊角新机场、青马大桥、汀九桥、地下铁路海底通道、九广铁路高架桥路段等都采用了涂层钢筋。新加坡和马来西亚亦广泛应用在铁路、码头、地下铁、高架桥的工程上。印度政府地面交通部于 1994 年向全国颁布的公函，建设在离海 50km 以内的沿岸地区的桥梁公路工程宜采用涂层钢筋。从此，大量修建的工程已广泛采用。

4.2 国内的应用情况

环氧涂层钢筋在国内工程上的应用，随着我国建设事业的高速发展，尤其在 1995 年以来，在国内得到逐步发展。

4.2.1 建立了涂层钢筋生产线

1993 年香港宏利工业有限公司率先从国外引进了涂层钢筋生产线设备，并在广东省海丰县建立了涂层生产线。

4.2.2 编制产品标准

根据建设部的要求，由中国建筑科学研究院会同有关单位共同编制完成了建筑工业行业的涂层钢筋产品标准《环氧树脂涂层钢筋》JG 3042-1997, 该标准是在参考了美国 ASTM A775M-95a、ASTM A934M-95、英国 BS7295:1992 及国标准化组织 ISO14654(1995 工作草案) 等标准有关内容的基础上，结合我国国情编制的，见表 1。该标准对涂层钢筋产品的技术要求、品质检测的试验方法、产品的检验规则以及对制作涂层材料的性能等均作出了具体规定。此外，鉴于我国现行的有关混凝土结构设计、施工规范尚未对涂层钢筋应用中的有关要求作出规定，作为行业标准，该标准还对涂层钢筋的设计与施工方法提出了原则要求，该标准已于 1997 年 12 月 1 日起实施。

4.2.3 开展了对涂层钢筋应用技术的试验研究

由於环氧树脂涂层改变了钢筋的表面状况，使钢筋与混凝土之间的粘结强度受到一定削弱，需要在设计上采取相应的措施弥补涂层钢筋粘结强度降低的影响，针对钢筋混凝土结构中涂层钢筋的粘结锚固性能、锚固长度及绑扎搭接长度的设计取值、采用涂层钢筋对构件使用阶段裂缝和刚度的影响等问题，中国建筑科学研究院等单位开展了试验研究工作，三年多来完成了研究粘结锚固性能的拉拔试验计 6 组

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

中国行业标准 JG 3042 - 1997 与国外标准
对涂层钢筋质量检验要求的对照　　表 1

检验项目 \ 检验要求 \ 标准		中国JG3042-1997	美国ASTM A775M-95a	英国 BS 7295:1992	国标标准化组织 ISO-WD14654 (1995工作草案)
涂层厚度	检验指标 (mm)	在全部厚度离记录值*中，至少90%应在0.18～0.30之间	在全部厚度记录值*中，至少90%应在0.175～0.30之间	在任意连续200个厚度量测值中，至少95%应在0.15～0.28之间	在全部厚度记录值中，至少95%应在0.18～0.30之间
		不得有低于0.13的厚度记录值	< 0.125 拒收	不满足上述要求的个别厚度量测值也应在0.13～0.30之间	< 0.13拒收
	检验频率	至少2根 / 4h	至少2根 / 4h	至少1根 / 2h	至少2根 / h
连续性(微孔平均个数/ 米)	检验指标	< 3	< 3	< 5	< 4
	检验频率	至少2根 / 4h	随机	至少1根 / 2 h	至少2根 / h
可弯性 (弯曲试验)	弯曲直径	4d**(d<20) 6d(d> 20)	按不同直径分别作出规定	6d	4d (d<20) 6d (d> 20)
	弯曲角度 (回弹后)	180°		180°	180° (d <36) 90° (d > 36)
	弯曲速率	至少8r / min (均匀速率)	(规定弯曲时间) (均匀速率)	至少8r / min (均匀速率)	至少8r / min (均匀速率)
	试样温度	20℃～30℃	20℃ ～ 30℃	<15℃	23±5℃
	检测频率	至少1根 / 4h	至少1根 / 4h	至少1根 / 2h	至少1根/ 1h
	检验要求	在弯曲钢筋段外半圆范围内，涂层不应有肉眼可见的裂缝或失去粘着的现象发生			

* 一个厚度记录值为 3 个相邻肋间厚度量测值的平均值;

** d- 钢筋直径 (mm)

70 个试件，验证锚固长度的构件试验计 5 根梁，探讨涂层钢筋搭接长度及构件裂缝 、刚度性能的试验计 36 根梁，获取了国产涂层钢筋第一手试验数据，为有关标准规范的制定提供了重要依据。

4.2.4　编制《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》

根据交通部的要求，由中港第四航务工程局科研所、中交水运规划设计院和南京水利科学研究院共同编制的《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》已于 1998 年 10 月完成征求意见稿。预计可于 2000 年前发布实施。对涂层钢筋的技术要求、品质检测和设计使用作出详细的规定。为水工结构工程提供设计依据。

4.2.5　应用工程实例

在建设部行业标准《环氧树脂涂层钢筋》编制完成后，国内先有两个应用试点工程：北京西客站南广场地下通道和宁波甬江大桥。前

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

者由中国建筑科学院、北京市政设计研究总院和北京市城建三公司共同合作，于 1997 年 11 月完成了混凝土浇筑。后者由天津市市政设计研究院设计，涂层钢筋应用在桥梁板块接口部份。两个试点工程的涂层钢筋均由海丰宏利环氧树脂涂层加工厂供应。试点工程为国内应用涂层钢筋在运输和施工情况等方面提供了宝贵的参考资料。

试点工程完成以后，于 1997 和 1998 年，国内先后有两个大型码头工程正式设计采用涂层钢筋：加德士石油公司在汕头的 LPG 码头和上海宝钢集团公司在宁波马迹山的矿石中转码头。

在业主加德士石油公司指定下，汕头的 LPG 码头#1、#2 泊位有一半的钢筋需要环氧涂层保护，#3 泊位更增加用量，全部采用涂层钢筋。该项目由第四航务工程勘察设计院设计，中港第四航务工程局施工。至 1999 年已完成 2/3 的工程，涂层钢筋的运输、存放、施工、焊接和浇筑都按规范要求顺利完成（本刊其他专稿有详细介绍）。马迹山的矿石中转码头由第三航务工程勘察设计院设计、中港第三航工程局施工。是目前国内涂层钢筋用量最大的工程。第一期用于卸船码头墩台的 377t 涂层钢筋已经铺装完成。马迹山工地离海丰宏利工厂的距离虽然较远，但宏利工厂临近汕尾港，港口的集装箱码头直属宏利集团，故经由海船运输，快捷便利，运输费用低廉。涂层钢筋表面没有受多道操作破坏，运输、存放和施工亦很顺利。

国内有了试点工程和以上两个大项目总结的经验，又有可依循的产品设计规范，日后应用环氧涂层钢筋的工程必会大量增加，结构物的耐久性将获得更可靠的保证。

5 结语

涂层钢筋在北美特别是在美国使用 20 余年来，其制造工艺不断完善，质量不断提高，用量不断增大，价格则呈下降趋势。70 年代中期，这种钢筋的假格是普通钢筋价格的 1 倍，到 1987 年，尽管结构中的大部份钢筋都采用环氧涂层，在工程总造价中增加费用也仅为 1%，这有限的前期投资，减少了日后的维修费用，大大延长了结构的使用寿命和增加了结构可靠性。

涂层钢筋在国内的市场正在拓展中，部分工程用户对施工难度和使用成本较为关注。其实涂层钢筋目前大多应用于钢筋混凝土结构，施工技术并不复杂。根据国内几个使用单位的情况和国外的应用经验，一般素质的施工队伍，经过讲座、培训均可操作。

费用方面，随着国内市场用量不断增加，价格亦跟美国一样呈下降趋势。考虑到钢筋涂装成本可随着市场的扩大而降低，有了稳定的市场后还可就近建厂生产，大大降低运输费用，总的使用成本就会更低。我国过去受国情限制工程往往只着重尽量减低造价，而忽略了结构物的耐久性和沉重的维修问题。前期的费用省了一些，却带来日后极高昂的修复和拆建问题。随着经济的发展、效益观念的转变及体制的改革和进步，涂层钢筋在我国也必将有广阔的应用前景。

参考文献：

[1] 史志华，聂永明，陶学康．环氧树脂涂层钢筋 [J]. 公路，1997,(11)

[2]Pike,R.G.,Hay, R.E.Clifton, J.R.Beeghly, H. F.& Mathey,R.G.，“ Non - Metallic Coatings for Concrete Reinforcing Bars ” Publ.Roads, 1973, 37,(5),185 -197.

[3]JG3042-1997, 环氧树脂涂层钢筋 [S].

[4] 香港土木工程．海港工程手册—设计、建造及维修 (M). 香港：1996.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net