

● 叶琳昌 编著

建筑防水工程 渗漏实例分析

中国建筑工业出版社

TU761.1 137
Y42a1

建筑防水工程 渗漏实例分析

叶琳昌 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑防水工程渗漏实例分析/叶琳昌编著. —北京:
中国建筑工业出版社, 2000

ISBN 7-112-04163-5

I. 建… I. 叶… III. 建筑防水-工程施工
IV. TU761.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 13784 号

建筑防水工程渗漏实例分析

叶琳昌 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市黄坎印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/32 印张: 14 $\frac{1}{4}$ 字数: 318 千字

2000 年 5 月第一版 2000 年 5 月第一次印刷

印数: 1—4,500 册 定价: 18.00 元

ISBN7-112-04163-5

TU · 3280 (9639)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

建筑防水工程的质量，直接影响到建筑物的使用功能和寿命，关系到人民生活和生产能否正常进行，历来受到人们的重视。但迄今为止，我国防水材料的质量不尽人意，防水技术仍较落后，建筑物的渗漏现象相当普遍。为此国家每年花费防水方面的返修资金高达 20 亿元左右。

建筑防水工程是一门综合性学科，它涉及到设计、材料、施工及管理维修等多方面因素。只有掌握建筑、结构、材料、施工技术等多方面专业知识，并有广泛的阅历和丰富的实践经验，才能正确制订设计与施工方案，并通过精心操作和全面质量管理，确保防水工程做到滴水不漏。当建筑物一旦出现渗漏，除了常规的检查方法以外，主要依靠技术人员进行高水平的诊断。只有把渗漏原因准确地分析清楚，才能提出有科学依据和可操作性的修补方案，并能收到事半功倍的堵漏效果。

作者长期从事建筑防水施工技术的研究和工程实践。本书收集了作者历年来代表性论文 52 篇（一部分是与别人合作），包括综述、试验研究、设计与施工、专利技术、技术经济评价等内容，从一个侧面反映了我国不同历史时期建筑防水技术发展的轨迹。欣喜的是，这些研究成果中如技术经济评价、排汽屋面以及屋面工程质量通病防治措施等，已被广泛应用。不仅为国家制订有关政策提供了理论依据，而且还有助于提高建筑防水工程设计与施工的水平。

本书收集的大部分渗漏工程实例,通过渗漏现象描述、原因分析、防治措施与改进意见等方面,将防水工程中有关分项如结构层、找平层、隔汽层、保温层、防水层等存在的问题,逐一进行剖析,有助于防止类似事故的重复发生。另外,《上海体育馆地下主变电所防水设计》、《重庆世界贸易中心5层地下室防水设计与施工》两篇论文,则是防水设计与施工的代表作,值得一读。

在本书出版之际,谨向长期帮助和合作的有关同事以及《工业建筑》、《中国建筑防水》、《建筑技术》、《施工技术》等编辑部表示感谢。此外,台湾一流式防水中心和丁德厚先生还提供了部分防水专利内容,为本书增添不少光彩,特此说明并表示感谢。敬请读者对本书提出宝贵意见,来信请寄:上海市田林14村25号1803室(邮编:200233)。

作者 叶琳昌

一、综 述

1 建筑防水工程纵横谈^①

本文根据国外防水技术发展情况,结合我国防水工程的现状,提出了今后改进的意见。

1.1 我国建筑防水工程现状

建筑物渗漏问题是当前突出的质量通病,也是用户反映最为强烈的问题。

1988年,原中国建筑技术发展研究中心曾对近10年来兴建的房屋进行抽查,在17个省市22个城市中的327幢建筑物中,屋面存在不同程度的渗漏约占60%。同年,北京市建委在雨季后对近期竣工的885幢房屋进行调查,发现其中525幢的屋面存在不同程度的渗漏,占调查总数的59.3%。

1991年,建设部在100个城市中共调查了2072幢建筑物,发现屋面和厕浴间的渗漏比较突出,分别占抽检总数的35%和34.2%。

为了解决建筑物渗漏,建设部在1991年下半年分别下达了《关于治理屋面渗漏的若干规定》、《关于提高防水工程质

① 本文写于1993年3月中旬,原载《工业建筑》1994年第1期。

量的若干规定》，引起了各级领导和社会各界的高度重视，在较短时间内，建筑物渗漏顽症开始得到抑制。

1992 年建设部又对 6 个城市 60 幢商品房进行抽查，仅发现 1 幢屋面有一点渗漏。同年，中国建筑工程总公司抽查了 74 幢建筑物，屋面渗漏占 9.4%。

从以上情况看出，近几年来屋面渗漏情况有所改善，但厕浴间渗漏现象仍未根治。北方地区外墙大板缝、南方地区山墙（迎风面）渗水比例很高。

地下防水工程渗漏情况也十分严重。1988 年曾对全国 10 个省市 210 个混凝土衬砌的地下室进行调查，渗漏工程占 57%。

上海地铁新客站，施工时就发现顶板、衬砌有裂缝及漏水，经过堵漏后又出现多处渗漏。1991 年兴建的上海人民广场地下变电站，内衬混凝土的贯穿性裂缝多达 100 余条。此外，上海体育馆地下变电站、上海地铁徐家汇车站等，虽在防水设计上作了比较周密的考虑，但因多种原因未能全部付诸实施，因而还是出现严重的渗漏水。

造成上述局面的原因固然很多，但笔者认为，这主要与我国防水技术的发展水平和国情有关。

1.2 国外防水技术发展概况

当前，国外防水技术发展总趋势可概括为：第一，先进的防水材料已经配套，并为成功地解决建筑物（尤其是屋面）渗漏提供了先决条件；第二，屋面防水施工机具已有突破性进展；第三，防水设计趋于多样化，并越来越重视功能的价值。

建筑防水工程可按材料类别划分为卷材防水、涂膜防水

和密封防水三大类。

1.2.1 卷材防水

近年来，国外高分子防水卷材的技术进步是巨大的，集中表现在 EPDM（三元乙丙橡胶）和 PVC（聚氯乙烯）防水卷材及其应用技术方面。其主要标志是材性有了改进，卷材厚度有所增加，品种趋于完善。施工技术可分为全粘、点铺、松铺、机械固定等不同工法。

例如，美国新研制的 EPDM 防水卷材，拉伸强度已达到 13.3MPa，最大延伸率为 590%，抗撕裂强度为 28kN/m，尺寸稳定性为 100%。而卷材厚度，当采用全粘结时为 2.54mm（带涂层）；如用作压顶时，厚度为 3.05mm，即由两层分别为 1.5mm 厚卷材和保护毡组成。与此同时，白色卷材已进入市场，使用范围日益增多。EPDM 的接缝胶粘剂，已由氯丁橡胶基改为丁基橡胶基，胶粘剂的平均剥离强度由原来 1.75~2.63N/cm 提高到 5.25~12.26N/cm。

关于 PVC 卷材，为了克服因增塑剂挥发而引起的收缩，导致屋面使用寿命不长的问题，目前主要采取增加卷材厚度（由以前 0.8mm 增加到 1.2~1.5mm）、改用高分子量增塑剂等方法。我们在美国参加 NRCA 第 106 届年会时，看到美国有一家厂商推出一种 PVC—橡胶—聚酯（三聚物）卷材，这种固体热塑性材料就不会出现增塑剂的挥发问题。

目前高聚物改性沥青油毡在法国和意大利已占绝对优势，美国、日本、加拿大和德国的改性油毡均在迅速增长。油毡铺贴层数分单层和双层两种。由于 SBS 改性油毡有良好的低温性，在法国已成为主导防水材料，至今已有 20 多年历史。APP 改性油毡则必须增设防护紫外线的涂层，这样可延长使用年限。改性沥青油毡过去都使用热熔法施工，目前将更多

地使用冷沥青胶粘剂。

值得指出，即使在美国、日本工业化发达的国家，仍然有一部分屋面使用纸胎油毡。在日本，粘结纸胎油毡是采用半自动沥青加热锅，直接在屋面上加热使用。而在美国则倾向于冷法施工。美国有一种叫 Taurus（金牛）牌冷沥青胶粘剂，不仅有粘接力强、耐候性（ $-9.4\sim+121^{\circ}\text{C}$ ）和耐酸碱性较好等特点，而且有一定的流动性，可涂可抹，使用十分方便，且有修补裂缝的功能。由于该胶粘剂溶剂含量不多，即使在盛夏阳光直射下，在大约超过 50°C 的屋面基层上施工时，对人体安全也无妨碍。

另外，独联体各国，如莫斯科、圣彼得堡、基辅等城市，目前还大量使用沥青纸胎油毡，并以热法施工为主。据称这种屋面使用年限都在 15~20 年以上。

在我国台湾地区，1989 年公布了由张忠雄先生发明的“柏油网火焰处理”专利技术。该技术就是利用沥青具有良好的防水性和粘结力的特点，通过火焰处理，将基层表面的多余水分瞬间蒸发（汽化），去除表面污垢尘埃，使之获得干燥、清洁的基面。这样再通过热熔后的柏油网，使柏油（即沥青）很易渗透到基层的裂隙和毛细孔内（追踪性），从而达到修补裂缝和防水的目的。这种具有低造价、多功能的防水材料 and 工法，是值得我们借鉴的。

1.2.2 涂膜防水

涂膜防水材料按主原料大致有氨基甲酸乙酯橡胶类、丙烯酸橡胶类、沥青橡胶类、氯丁二烯橡胶类、丙烯酸树脂类。作为防水涂膜，通常还要配以底漆、加固织物、辅助和保护材料等。涂膜防水材料的开发，主要以改善传统沥青防水的缺点为目标，同时也弥补高分子卷材防水的某些不足，它主要

适合于复杂形状的屋面防水。但因对基层要求极严，成膜厚度不稳定，加上经济性等原因，因而在国外一般仅使用于简易屋面或修补工程。如在正式工程中，仅作为多道防水设防中的一道防水材料。

另外，国外一些功能性涂料也值得注意。例如澳大利亚 PaBco 公司开发的有银灰色防锈防腐涂料、降温铝基涂料、耐久型防水反光涂料、丙烯酸基耐磨涂料、硅酮疏水涂料、黑色防潮涂料等，并制定了系统而详尽的施工工法。

涂膜防水的基层含水率一直是人们关心的课题。除水乳型涂料以外，目前尚未看到卓有成效的在湿基面上能迅速粘结和固化的溶剂型或反应型的防水涂料。

前苏联一直致力于乳化沥青膏的性能研究，并在工业化生产和防水工程的应用上取得长足的进步。1991 年 7 月间，我们曾专程赴白俄罗斯明斯克市考察，发现乳化沥青膏性能较好，见表 1-1。屋面分三次喷涂，干燥后成膜厚度可达

前苏联乳化沥青膏基本性能^① 表 1-1

指 标	单 位	技 术 性 能	
		I	II
密 度	g/cm ³	1.25~1.30	1.10~1.15
耐热温度	℃	大于 120	大于 90
吸 水 率	%	不大于 3.0	不大于 3.5
体积膨胀率	%	不大于 1.0	不大于 1.5
与水泥基面上的粘结力	MPa	0.25	0.25
拉断极限应力	MPa	不小于 0.35	不小于 0.35
透水性 (10min)	MPa	不小于 0.8	不小于 0.8
耐冻融循环次数 ^②	次	不低于 100	不低于 75

①指乳化沥青膏水分自然蒸发后的性能。

②耐冻融循环试验，系指含饱和吸水的试件，每次循环在空气介质中，冷冻至-（15~20）℃，然后置于+（15~20）℃的水中进行融化。

4~5mm, 用料为 $12\sim 15\text{kg}/\text{m}^2$ 。据当地主人介绍, 这种屋面使用年限可达10年以上。值得指出, 这种沥青膏不用桶包装, 而是通过贮存罐输入罐车运往工地, 并通过罐车上的输送泵直接在屋面上进行喷涂, 因而不只保证质量, 而且做到文明施工, 不污染环境。该输送泵水平可送80m, 垂直为60m; 输送量为 $1.5\text{m}^3/\text{h}$ 。

1.2.3 密封防水

密封材料是一种表面能成膜的粘弹性的膏状材料, 用于建筑工程的接缝部位防水。随着超高层建筑、大型框架墙板、玻璃幕墙等使用要求, 各种不同性能的密封材料应运而生。如具有高弹性、大延伸率、高耐久性的聚硫、聚氨酯、硅酮已成为国际市场上三大主要密封材料。据资料介绍, 美国、加拿大目前就有11类700多种弹性密封膏, 其中聚氨酯密封膏有116种牌号, 丁基密封膏有110种牌号, 聚硫密封膏76种牌号, 硅酮53种牌号。1990年美国密封膏的销售额已达7亿多美元, 在建筑接缝部位的使用量已达总数的40%以上。

就高档聚氨酯密封膏而言, 其品种可分为双组分、单组分、低模量、高弹性等, 由于性能优良, 价格低于聚硫, 因此在建筑密封膏中已占首位。另外, 硅酮密封膏的变形能力可达 $\pm 50\%$, 且强度高, 稳定性好, 耐高温, 因此更适用于高层建筑和装配式住宅。日本近年来开发的一种兼备聚氨酯和硅酮特点的改性硅酮密封膏, 已经用于实际工程上。

1.2.4 其它防水技术

随着商品混凝土的大量应用, 国外在地下防水工程中不再强调混凝土材料(结构)自防水。例如在1993年3月参观美国奥克兰市新建的图书馆地下室工程时, 发现他们在混凝土衬砌外侧干铺一层功能性复合防水片材。施工时, 只需将

片材用射钉枪锚固于衬砌上，接缝之间也不用胶粘剂，随后即可回填土。据称这种复合片材的背面为硅藻土，正面为防水基料。在潮湿基面上铺贴，复合片材可遇水膨胀达到止水的目的。由于不考虑混凝土自防水作用，因而可减少地下结构层的厚度，并节约工程造价。

另外，台湾一流式防水中心还致力于蓄水屋面的革新研究。经过 20 多年的实践，在各类屋面工程中取得显著成效。这种蓄水屋面的基本作法和原理与大陆相似，但因其构思新颖，节点构造上有所创新，从而达到既能蓄水（仅保持室内热阻需要的水深）又不会干涸的功效。这种集保温隔热、节约能源、改善生态环境于一身的革新蓄水屋面很适合台湾的气候情况；同时还可以改善城市小汇水面积暴雨迳流关系，尚可减少市政下水设施的投资费用。

值得指出，堵漏材料在国外发展也很迅速。如一种无机粉状材料，撒布在平面渗漏点的孔洞上，就可遇水膨胀而封堵。而美国 Fomo 公司生产的 Handi 聚氨酯系列发泡材料可装置于大小不同的喷枪中，并配有软管和喷嘴，操作时轻松自如，工作面干净整洁。这种方法适用于喷涂立面的渗漏点。

此外，屋面修补技术在国外也受到重视。在美国曾看到一种“屋面渗漏检测仪”，能对基层渗漏点作出自动记录和报警（超过规定含水率部位），从而为诊断旧屋面的渗漏提供了科学依据。

1.3 改进意见

与国外防水工程相比，我们既有技术上的差距，也有管理上的差距。例如主体防水材料（高、中、低档）我们一般都能生产，并已形成一定的规模经营。但无论从品种、规格

特别是辅助材料的配套上，还有较大的距离。某些厂家的材料质量不够稳定。另外，防水设计和施工（含机具）在不少地区还处于无序和落后的状态。为此，特提出以下几点对策。

1.3.1 加强科研投入，避免低水平的重复研究

长期以来，我国建筑防水施工不是专业化队伍进行，又缺少专门从事该项工作的研究机构，很多应用技术课题尚未立项，很多经验得不到系统的总结和提高。为此，建议国家有关部门组织有关单位进行不同层次的协作攻关，重点是加强防水技术的基础理论和应用技术的研究。下面一些课题可供参考：

（1）根据小康住宅、高级宾馆、工业建筑的超净恒温车间等建筑特点和节能要求，研究高性能的防水、保温、隔热多功能的复合材料。

（2）开展屋面温度应力的理论研究，解决不同地区屋面构造形式与不同部位、不同材料之间差额变位问题。

（3）涂膜防水排汽屋面的理论研究和实践效果。

（4）结合各大中城市地铁工程实践，研究在不同地基条件下地铁防水的综合技术。

（5）研究卷材、涂膜、密封防水材料的配套施工机具，并且组织有关厂家定点生产。

（6）结合村镇建筑的特点，研究我国独有的生态建筑防水技术。

（7）在调查和试验的基础上，逐步编制不同地区的屋面和地下防水节点图集。

对于防水重点科研项目，建议在全国设立科研基金会，除国家资助一部外，还可向社会公开筹措。我相信，一些有志于防水事业发展的企业家，一定会响应这个倡议的。

1.3.2 成立全国性统一的防水工程协会

1993年初,我们在美国洛杉矶与美国屋面承包商协会(NRCA)会谈时了解到,该协会成立至今已有106年历史,成员共3400多个,遍布美国、加拿大各地,并有众多的外国籍会员。该协会主要任务是出版技术刊物,开展技术培训教育,提供技术咨询服务,每年定期召开一次年会,同时举办防水材料、建筑机具展示会。此外,根据美国防水市场情况,每月定期向有关成员发布工程招标信息,报道美国国内经济动态等;同时还向联邦政府反映意见和政策建议等。

国外的经验值得借鉴。为此,建议建设部牵头,由国家建材局及有关部共同组建一个包括材料、设计、施工、科研等在内的全国统一性防水工程协会。由于我国地域辽阔,还可在各省市成立分会,或在南方、北方设立协调组织。相信这种集权威性、公正性、广泛性于一身的全国性防水协会,一定会发挥人才荟萃、学科齐全的优势,为提高我国防水工程质量做出应有的贡献。

1.3.3 抓紧科技成果的推广和应用

十多年来,在防水领域内已有一批新材料、新工艺、新机具问世,并收到较好的效果。但如何根据防水工程的特点,结合各地的具体情况,进行工程试点是非常必要的。通过不同地区的工程试点,在总结经验的基础上,再由政府有关部门或防水工程协会发布科技成果推广项目。

1.3.4 重大防水工程设计必须经过专家审议

从目前情况来看,防水设计还落后于材料的开发和施工工艺的发展。由于防水设计是选用材料和指导施工的法律依据,它不仅影响到建筑物的使用功能,而且直接关系到工程质量和耐久年限,其重要性是显而易见的。为此,重大工程

必须通过包括设计、材料、施工、生产等有关专家共同审议，这样防水设计才能体现技术先进、质量可靠、施工可行、造价合理的原则，从而满足屋面工程具有防水、隔热、保温等综合功能。

1.3.5 培育建筑防水市场势在必行

随着改革逐步深入，市场竞争也不断加剧。在这种形势下，防水工程市场应逐步走上规范化，并体现在公开、公平和公正性上。当前应着重注意的问题：一是防水工程应逐步向社会公开招标，尤其是重大防水工程。这样才能把技术、质量、进度与造价有机地统一起来，一味压低造价是不可取的；二是要设置专门机构或动员社会力量，进行质量监理；三是推行质量保证期和保险金制度，如发现工程渗漏，要对责任者进行重罚。

1.3.6 重视专业技术培训，在高等院校内开设“建筑防水工程学”课程

大量工程调查表明，大约有 50% 的渗漏属于施工原因。因此，培养一批既懂理论又会操作的专业防水施工队伍，已成为提高防水工程质量的关键。目前各地应继续抓紧完成防水工的持证上岗培训。并应从 1994 年开始，结合国家标准《屋面工程技术规范》（修订 GBJ207—83）的颁发，对有关设计、材料、施工、建设、质监等单位的技术人员进行一次专业技术培训。

另外，近几年来随着科学技术的发展，防水材料的品种越来越多，施工操作愈趋复杂，且综合性强。从事防水工程的技术人员，必须掌握设计、施工、材料等多方面的知识，并能熟练运用系统工程、技术经济学、全面质量管理、网络计划、计算机等现代化管理技能。只有精心设计、精心操作，才

能使防水工程做到滴水不漏。为此，建议组织有关专家尽速编写《建筑防水工程学》教材，并列入高等院校有关专业的教学计划中。

2 对沥青油毡屋面的再认识^①

沥青油毡屋面由于采用多层作法,不仅抗水性能好,而且有较长的使用年限,并在长期实践过程中,逐步形成一套独有的防水技术。如能在材料、设计和施工等方面加以改进,将会得到更好的发展。

2.1 概述

当前,我国的建筑防水材料仍以石油沥青油毡为主,约占全部防水材料的90%。多数重点和一般工业与民用建筑,仍大量地使用传统的沥青油毡屋面。据有关部门统计,1991年全国油毡产量已达4303万卷,比1977年的2076万卷增长1.67倍。

为什么氧化沥青纸胎油毡仍是我国防水材料的主体,这要结合我国国情加以分析。其主要理由是我国幅员辽阔,不仅气候条件不同,而且建筑物的功能要求差别也很大。特别是广大农村,由于经济原因,对建筑防水材料的需求在档次上不会很高。所以在今后相当一个时期内,继续重视和发展以纸胎和普通氧化沥青为基料的防水材料,是符合国情的,而且在市场上也有较大的竞争能力。

另外,根据中国土木工程学会1991年12月赴日考察后认为,日本在50年代与我国所处情况大致相同,屋面渗漏也很突出。后来,他们在不断总结工程实践的基础上,既重视

① 本文原载《工业建筑》1993年第6期。