

防水工程实例手册

FANGSHUIGONGCHENGSHILISHOUCE

沈春林 詹福民 编

中国建筑工程出版社 ■

防水工程实例手册

沈春林 詹福民 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

防水工程实例手册/沈春林, 詹福民编. —北京: 中国
建筑工业出版社, 2000.8

ISBN 7-112-04251-8

I. 防… II. ①沈…②詹… III. 建筑防水-工程
施工-技术手册 IV. TU761.1-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 27375 号

手册共分四个部分, 即地下防水工程、屋面防水工程、外墙防水工程和
卫浴间防水工程。每部分都介绍了近年来国内防水设计和施工的典型实
例。每个实例都介绍了工程概况、施工方法、材料选择、质量标准和工程
应用情况等。对于工程中的渗漏水情况都详细分析了其渗漏水的原因、治
理方案的制定和治理效果, 还总结了经验教训等。

这些防水成功的实例对从事防水工作者很值得借鉴, 很有参考价值,
对我国防水质量水平的提高是很有益的。

2p20/22

防水工程实例手册

沈春林 詹福民 编

*

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

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 46¼ 字数: 1120 千字

2000 年 8 月第一版 2000 年 8 月第一次印刷

印数: 1—3,000 册 定价: 82.00 元

ISBN 7-112-04251-8

TU·3349 (9585)

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

近年来，我国的建筑防水事业正向规范化的要求前进，自从建设部提出的一系列综合治理渗漏的方针政策后，房屋渗漏情况有所改善，在防水材料方面，新型防水材料不断涌现，使用率不断提高，传统的纸胎沥青油毡、塑料油膏以及焦油型防水材料已经受到限制，将要逐步淘汰。在施工技术方面贯彻执行国标《屋面工程技术规范》(GB50207—94)，使许多防水工程质量得到提高，建设部、国家建材局及各地建设行政主管部门都在认真抓防水新技术的示范工程，这些措施的实施，有力地推动了防水工程质量的提高。但是我们应该认识到，建筑物还存在着不同程度的渗漏，材料以次充好，施工层层转包，设计马马虎虎，管理形同虚设的现象都有不同程度的存在，建筑防水质量只保修3~5年，而不实行防水质量保证期，这些现象的存在，使建筑物的渗漏率居高不下，建筑防水呼唤保证期。

为了提高防水工程质量，从材料、设计、施工、管理、制度法规等方面着手进行综合治理，学习先进技术和经验，笔者汇编了近年来全国防水领域战线上防水设计和施工的典型实例文章，共计170余篇。本手册具有实用性、指导性和参考性，防水工程实例详尽说明了材料选择、施工方案、质量标准和工程应用情况，对我国从事防水工作的同志是一本非常有益的实用性工具书。由于时间仓促，本书有不到之处请指正和原谅。

本书由国家建材局苏州非矿院防水材料设计研究所所长沈春林高工和盘锦禹王防水建材集团有限公司董事长兼总经理詹福民先生汇编，参加汇编的还有王庆波、褚建军、杨炳元、苏立荣、吕联亚、姜哲、李青云、朱炳光、韩世敏、邱小佩、沈秀芳、俞志强、樊福祥、江志伟、岳晓红、冯瑞亭、段永光、杜剑、赵宇平、樊细扬、刘立、张玉祥、霍祖政。为了在再版时增加新的实例，请将防水实例文章寄苏州市三香路179号（邮编：215004）沈春林收。

目 录

一、地下防水工程

上海地铁 1 号线的防水工程·····	薛绍祖 (3)
建筑物地下防水技术及其工程实例·····	田凤兰 (7)
镇江谏壁电厂地下电缆隧道渗漏水的治理·····	余正华 (15)
806 号高层住宅楼地下室沉降缝渗漏水治理·····	叶 军 (19)
郑州金博大城主楼地下室堵漏防水·····	杜 剑 (23)
地下工程中混凝土渗漏的原因与处理方法的探讨——广州地铁 1 号线 车站、区间的渗漏整治·····	邱小佩、余哲夫 (27)
珠海口岸广场防水施工技术 ·····	游宝坤 韩立林 方瑞良 李应权 陈富银 何 丹 (30)
·····	黄贞祥 叶 强 吴洪江 李铁和 董化宇 赖 成
灌浆技术在中科院 917 大楼等建筑防水及修复中的应用 ·····	张金接 陈宛平 刘素荣 (35)
北京复一八线地铁永安里车站防水施工技术·····	郝震寰 (45)
望京新城电力方沟变形缝及施工缝渗漏治理·····	刘锦颖 (51)
UEA 无缝设计施工新技术在银兴商业城中的应用 ·····	陈富银 何玉珍 黄锦添 蔡继勳 (54)
北京中银大厦“赛柏斯”防水施工技术·····	焦德贵 (60)
国际金融大厦地下室底板防水工程施工实例·····	宋玲玲 王丛巍 (63)
京皇国际大厦地下室防水工程冬期施工新技术·····	叶 军 (66)
北京地铁工程防水施工技术·····	李继宏 (70)
北京宗帽综合楼地下防水工程的施工·····	孙成珩 (74)
艺丰广场工程地下室防水施工·····	赵清炎 李士兴 (77)
青岛贵都大厦地下室的抗裂防渗·····	王命平 (81)
几例变形缝发生渗漏水的原因分析·····	王向波 (85)
混凝土施工缝防水技术的研究·····	金树新 杨惠先 邓 勇 (90)
大庆热电厂输煤系统变形缝的堵漏措施·····	张兴波 (94)
庄胜广场地下工程防水构造措施·····	于玉贵 (96)
北京“天外天”商品市场扩建工程防水设计与施工 ·····	郭景伟 靳水明 单兆铁 钟鸿英 (99)
首都机场航站楼基础滑移层的选材与施工·····	王培林 (103)

富水地层煤矿斜井淋水治理——泥质角砾岩斜井严重淋水封治情况

.....	王 衡	(107)
浅谈北京地铁复一八线防水工程	单兆铁 钟鸿英 王培林	(111)
地下室堵漏技术	高冠祥	(116)
UEA 补偿收缩混凝土在石家庄北国商城地下室混凝土施工中的应用	中建一局集团六公司	(122)
亚运会北京射击场 7 号工程看台防水施工	周文琴	(126)
三元乙丙防水卷材在北大图书馆地下室工程施工中的应用	中建一局集团四公司防水分公司技术发展部	(130)
中国工商银行营业办公楼工程地下室防水施工	中建一局集团四公司防水分公司技术发展部	(133)
北京世界金融中心工程地下室防水施工	中建一局集团四公司防水分公司技术发展部	(137)
南玻现代高层公寓(三期)地下室防水施工实例	王宜群	(142)
阳光广场冬期地下室防水施工	孟凡荣 周文琴	(146)
地下架空电缆层防水堵漏治理技术	卢家宗 陆建雯 许鹤力	(151)
地下室应用特种氩凝 PA105 的防水施工实例	中建一局六公司	(155)
富国海底世界工程综合防水施工技术	北京城建集团一公司	(159)
首都国际机场停车楼地下室防水施工方案	曹征富	(171)
亚运会会议大厦地下室综合防水施工	周文琴	(177)
高性能 UEA 混凝土在武汉武商百盛国际配售中心工程中的应用	何 丹 王栋民 方瑞良 游宝坤 王全志 冯 达 金庆亮 张心让 韩 保	(182)
裕中里某科技楼地下室防水墙堵漏浅谈	任丽芳	(189)
XYPEX 防水材料在北京国际友谊花园地下工程中的应用	陈 泳 王培林	(192)
北京中南海“9856”工程地下室防水堵漏施工总结	沈春林 褚建军	(196)
粘性防挡水在工程中的应用	樊细杨	(199)
济南华能大厦地下防水工程施工方法的探讨	辽宁盘锦禹王防水建材集团济南分公司	(201)
快凝聚合物砂浆的研究及其在地下工程中的应用	冀文政 沈贵松 蔡灿柳	(202)
郑州合众大厦人防地下室堵漏工法简介	朱炳光	(209)
天津国民大厦地下室防水设计施工方案	杜 剑	(212)
混凝土裂缝的成因及治理技术	吕联亚	(215)
以双快氟铝酸盐水泥为基的防水堵漏材料的研制与使用	李青云	(222)
人行隧道渗漏水综合治理设计与施工方案	杜 剑	(227)
浅谈地下水池刚性防水	姜 哲 李 荣 朗惠君	(233)
广西桂林五里峡电站大坝渗漏综合治理	吕联亚 阳启德	(237)
GB 系列止水材料在混凝土面板堆石坝中的应用	陈肖雷 鲁一晖 杜振坤 许 临	(241)

PBM 水下修补材料在长山闸抢修工程中的应用	张咏红 黄巧星 戴杨春	(249)
胜利油田防空专业队掩蔽工程防水施工技术	徐文龙 傅华腾	(252)
高压旋喷注浆在建筑基坑防渗工程中的应用 ...	李彦涛 孙 凯 高岗荣 陈朝辉	(265)
葛洲坝一号船闸结构缝漏水处理	张 勇	(268)
凤滩水电站 3 号机组尾水锥管进入门廊道顶拱漏水原因分析及堵漏处理	陈永夏	(273)
桥墩水库大坝防渗工程的修补处理	陈满生 徐 煌	(276)
潘家口水库坝面水下防渗封缝处理	邢京萍 甄 理	(280)
防渗补强材料在沙溪口水电站的综合应用	金瑞浩	(283)
补强加固材料在溢洪道混凝土消缺中的应用	劳俭翁	(286)
北京西客站北站房及综合楼防水工程综述	宋继文	(289)
城建科研楼防水施工	周 元	(294)
北京地铁王府井站东南风道防水工程效果分析	杨开武 王艳文	(297)
注浆堵漏在处理李家塔煤矿井壁渗漏中的应用	李柱和	(300)
设备基坑堵漏施工处理技术	罗 章	(304)
北京地铁西单站东北风道竖井防水工艺	杨开武 王艳文	(307)
引入大秦工程止水防渗技术	张豫生 莫耀升	(310)
深圳铁岗水库输水隧洞防水整改施工	石伟国 王晓敏	(313)
利用灌浆技术进行防水堵漏	张治晖 姜立基	(316)
大秦铁路隧道漏水综合防治技术	秦鸿昌	(319)
广州地铁 1 号线混凝土渗漏原因及治理	莫庭斌 邱小佩	(323)
广州珠江隧道水下沉管段接头防水处理	吴其波	(326)
低密度聚乙烯膜在北京地铁隧道防水层中的应用初探	郝小平 金 珂	(330)
TZS 堵漏剂在地下工程渗漏治理中的应用	许英明	(335)
东港隧道渗漏水综合治理工程	夏吉安	(337)
“必坚定”在地下室防水工程中的应用	焦德贵	(343)
广州陈氏书院下沉式广场防水工程设计与施工	陈奕沔	(347)
董铺水源厂取水泵房壁板渗漏治理	褚建军 沈春林	(352)
29 层物业大厦二层地下室沉降缝止水带破裂涌水治理	黄水良	(356)
地下车库墙板裂缝渗漏水的处理	张廷荣	(359)
济南华联商厦扩建工程地下室渗漏原因与补漏技术	徐新生	(362)
浅埋暗挖地下工程防水设计与施工实例	郭景伟 靳水明 单兆铁 钟鸿英	(365)
地下室渗漏水治理修补实例	王宜群 张绍良 王 浩	(369)
江西省宜春国贸大厦地下室防水堵漏施工	施玉明	(373)
沉降缝防水堵漏处理	黄松涛	(375)
北京市一商局招待所翻建工程的地下防水施工	杨永锋	(378)
福建粮食大厦地下防水施工技术	马宝和 黄 宁 林逸捷	(381)
山西财经大学公寓楼地下室防水堵漏施工	王保国 孙泽红 戴长永	(385)
深圳市证券会地下室防水堵漏施工	易 举 朱 红	(387)

深圳彭年广场地下室防水工程施工	石伟国 (390)
从珠江隧道黄沙暗埋段的工程实践论水下结构防水问题	王少林 (393)
地下建筑混凝土结构渗漏水防治的探讨	邱小佩 莫庭斌 (397)
上海地铁车站防水新材料、新技术应用心得九则	沈秀芳 朱祖熹 (404)
钢筋混凝土结构自防水在上海地铁工程中的应用	曹迪光 (413)
上海地铁二号线车站防水工程综合治理研究	董云德 (421)
上海地铁二号线车站顶板附加防水层与出入口通道防水技术探讨	陈心茹 (428)
浅析青岛地铁试验段防水工程	黄 舰 (437)
垂直防渗在河北省水利工程基础处理中的应用	张淑秀、祁 伟 (441)
公路隧道防排水若干问题探讨	吕康成 金祥秋 崔凌秋 (444)
地铁二号线车站结构自防水与接缝防水设计的探讨	陆 明 (448)
广州地铁一号线杨箕车站土建工程防水设计与施工	胡根友 (458)
青岛地铁喷锚支护结构防排水系统的设计与施工	周书明 张先锋 (466)
“一大”会址基坑施工的注浆环境保护	董秦海 (471)
六甲洞隧道病害整治注浆加固技术	李治国 (474)
小盘岭隧道渗漏与冰冻综合防治技术	王大为 吕康成 邹立福 解赴东 张翼翱 (479)
上海市地铁二号线电缆隧道防水措施及渗漏整治技术	赵永胜 (483)
上海市地铁一号线延伸段消防通道、二号线敞开段及电缆隧道 渗漏水原因分析	赵永胜 周顺华 (486)
中央公园车站渗漏水处理技术总结	王新顺 (489)
上海地铁车站混凝土渗漏补强止水处理	邱小佩 陈高艺 周 易 (493)
北京地铁近河段隧道治防水施工技术	王 宽 付爱荣 周殿宾 (496)
高压通水隧道混凝土裂缝及围岩固结止水处理	邱小佩 陈 昊 (501)
裕中里某科技楼地下室防水墙堵漏浅谈	任丽芳 (505)
CPE 防水板材 (JS—18 阻燃防水卷材 II 型) 在大坂山隧道衬砌的 防排水系统中实践应用	咎勇杰 (508)
GT 型可开启式排水盲沟整治隧道漏水	黄仕尧 金 煌 王哲军 (512)
北京地铁西单车站渗漏水治理技术	何克文 刘振才 崔恩民 宋 红 由亚政 李士银 (515)
广州地铁公园前车站 A 区桩间渗漏水的治理	黄平先 张民庆 (522)
广州地铁杨箕站过站箱涵防水设计浅述	黄早林 (524)
温泉堡水库碾压混凝土拱坝防渗设计与运行	高建中 景书达 (529)
铁山隧道渗漏水整治应用新技术	唐先国 周朝晖 (533)
防水宝在深圳帝王大厦电梯井渗漏治理等防水 工程中的应用	赵宇平 陈 敏 岳晓红 (539)
防水宝在河北省委办公楼防水堵漏中的应用	冯瑞亭 (542)
宇皇牌防水宝在青岛地区的应用实例	段永光 (544)

广州中海锦苑地库地下室防水工程施工方案	江志伟 (547)
广州地铁 JY—2 工程 6 轴以东 G~F 轴立墙防水施工方案	江志伟 (550)

二、屋 面 防 水 工 程

塔式高层公寓楼屋面防水施工	冉 成 (555)
从设计、施工、保护着手,抓屋面防水工程质量	戴正文 (564)
北京北方医院门诊楼屋面防水施工	胡勇红 (570)
新型防水涂料在桂花苑工程中的应用	刘岩松 (573)
聚氨酯涂膜在中国国际广播电台屋面防水工程中的应用 中建一局四公司防水公司技术发展部	(576)
北京西客站工程新型防水材料的应用及质量控制	邹启泰 (579)
恒基中心工程倒置式屋面防水施工	李和平 (583)
银河王朝大酒店倒置式屋面施工简介	倪卫国 (586)
福州“元洪城”倒置式屋面工程的防水施工	李占江 田凤兰 (589)
北京钓鱼台大酒店屋面防水施工	孙成珩 (593)
北京燕莎中心工程屋面防水施工	高冠祥 (597)
双面丙纶复合聚乙烯防水卷材在大跨度装配式建筑 防水工程中的应用	樊福祥 朱喜明 (602)
威海市“七一一”厂车间渗漏治理	霍祖政 (606)
南京电视塔发射机房屋面防水工程的设计与施工	刘礼龙 李 雷 (609)
中央直属储备粮库专家推荐防水做法	中国建筑防水材料工业协会专家委员会 (612)
倒置式保温隔热上人屋面在水星阁上的应用	周鸿明 黄建国 (620)
使用伪劣防水材料和劣质施工造成屋面渗漏的实例	张廷荣 (623)
贴彩釉波形陶瓦坡屋面渗漏水的防治	张廷荣 (626)
SBC120 聚乙烯丙纶双面复合防水卷材施工技术	王汉猷 任永建 储小雷 (629)
TS 高分子复合防水卷材施工技术	谭亚武 (632)
某钢板屋面的渗漏原因分析	胡 杭 (635)
兰州军区体育馆铝制屋面防水治理	张 宁 郑建龙 张钦田 (638)
江西省宜春地区某建设银行宿舍屋面渗漏水治理实例	石美崖 (641)
南京金泰商城屋面防水施工	杨庆恒 贾敦忠 (643)
中国煤炭大厦屋面工程施工技术	夏松峰 (649)
展览厅网架屋面渗漏原因分析及其治理措施	刘蜀麟 (653)
上海地铁一号线地面设施屋面防水现状及渗漏治理	谢 征 (657)
林德—厦门叉车有限公司大型钢网架屋面防水工程综述	余正华 (663)
复合防水治理紧水滩水电厂主厂房渗漏实例	陈汉东 (666)
金穗大厦倒置式屋面防水施工	杨庆恒 倪秋云 (670)
北京火车站 1 区、17 区、18 区、19 区穹顶屋面防水翻修	韩世敏 (674)

三、外 墙 防 水 工 程

- JS 复合防水涂料在外墙渗漏治理中的应用 朱炳光 韩世敏 (681)
- 防水—装饰双功能防水材料在高层建筑外墙防水施工中的应用
..... 朱炳光 黄文友 (684)
- 万泉公寓外墙漏水与饰面翻新综合治理施工技术 李汉周 (687)
- JAS9800 高硅纯丙树脂饰面涂料在处理外墙面砖龟裂及渗漏上的应用
..... 杜金虎 (691)
- 有机硅防水涂料在中山温泉高尔夫球会别墅外墙渗漏等工程治理中的应用
..... 沈春林 褚建军 (694)
- 外墙渗漏原因及治理要点 王新民 陶 乐 (697)
- 防水宝在外墙整体防水施工中的应用技术 深圳东方建材有限责任公司 (699)
- 墙体渗漏治理方法 孙家齐 (700)

四、厕浴间防水工程

- JS 复合防水涂料厕浴间防水施工工法 韩世敏 (707)
- JS 复合防水涂料在西华饭店厕浴间防水工程中的应用 韩世敏 黄文友 (712)
- JS 复合防水涂料在深圳万科俊园厕浴间防水工程中的应用 韩世敏 (716)
- 厕浴厨房间渗漏原因及防治措施 赵全振 姜康乐 (720)
- 厕浴间渗漏治理方法 孙家齐 (723)

一、地下防水工程

上海地铁 1 号线的防水工程

上海地铁运营公司 薛绍祖

一、前言

上海地铁 1 号线是上海地铁规划网络 7 条线中纵贯南北的骨干线路，从锦江乐园至上海火车站，全程长 16.1km；沿线穿过上海五条主要道路和吴淞江，经过最繁华的商业中心与文体中心；13 座地铁车站与地面上数十条公交线路联网，对改善上海市的交通紧张状况具有重要作用。

在地铁所处的 20m 浅地层，大多系饱和含水软粘土层，承载力低，含水量高达 40% 以上，灵敏度高，稍经扰动即会降低强度和压缩模量。这种地层在主固结变形完成后，次固结现象在几年甚至更长时期内会持续下去。盾构法区间隧道在吴淞江以北穿过粉砂层。面对如此不利的地质条件，地下车站和区间隧道结构防水，必须作十分周密的考虑。

上海地铁 1 号线从 1984 年上海火车站地铁车站破土动工至 1994 年全线土木工程竣工，整整经历了 10 年的时间。地铁防水设计、防水施工、材料质量监理、防水工程管理等诸多环节已经形成系列。大多数地下车站和区间隧道的表观防水效果较好，但也暴露了一些问题，值得总结与分析研究。

二、施工方法与结构防水

上海地铁 1 号线车站地下结构施工采用地下连续墙，有明挖（即“顺作法”）和暗挖（即“逆作法”）两种施工方法。漕宝路以南的区间隧道为明挖施工矩形段，其余大部分是双管圆形隧道，采用盾构工法施工。

1. 地下车站结构防水的技术要求

采用防水混凝土提高自身防水能力，顶板底板采用外贴防水层，地下墙采用防水接头，以保证渗水量不超过 $0.1\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{昼夜}$ 。站厅部分的侧墙内侧另外分离式装饰墙，两层墙之间留有墙面渗漏水的导水沟槽。

2. 地下车站防水

用地下连续墙法施工地铁车站以结构自防水为主，顶板作附加防水层。11 座地下车站的顶板防水层施工面积超过 62000m^2 。

上海地铁系利用外资建设的基础项目，因资金来源国的原因，确定使用美国贷款购置了美国基利士公司（W.R.GRACE）的必坚定（BITUTHENE）产品，它是改性沥青和聚乙烯薄膜复合而成的一种坚韧、柔软、具有自粘性能的卷材，冷粘贴施工，作业方便。

大多数车站顶板采用必坚定产品，在若干车站及出入口、矩形区间隧道顶板、主变电站等地下设施结构顶板还采用了数种国产防水卷材和涂膜，按其使用量多少依次为：APP 改性沥青油毡（沈阳蓝天新型防水材料公司）、氯化聚乙烯橡塑共混卷材（上海建筑防水

集团公司)、三元乙丙卷材(上海橡胶制品二厂)、焦油聚氨酯涂膜(上海北蔡防水材料厂)。

3. 盾构法区间隧道衬砌接缝防水

上海地铁1号线采用了7台从法国FCB公司引进的土压平衡盾构,用于施工单线长度18.8km的圆形区间隧道。钢筋混凝土预制管片隧道衬砌,外径6.2m,内径5.5m,由6块管片组成。本工程采用了甲、乙、丙三种管片衬砌,其不同点除环、纵向螺栓型式有别外,甲型和丙型管片的外边缘防水凹槽较深,配合使用氯丁橡胶与水膨胀橡胶相复合的齿槽形防水密封垫;乙型管片的防水凹槽较浅,配合使用遇水膨胀橡胶防水密封垫。每千米隧道防水密封垫的长度为5万m,全线计为95万m,净重六百多吨。其中水膨胀橡胶近半数。

(1) 结构防水标准 隧道允许渗漏量不得大于 $0.1\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{昼夜}$,同时对于任何 100m^2 隧道内表面的渗漏水量不得超过 $20\text{L}/\text{昼夜}$ 。衬砌接缝不允许漏泥砂和呈现滴漏,拱底块在嵌缝作业后不允许有渗水。

(2) 隧道衬砌多道设防技术措施 钢筋混凝土管片采用高精度钢模成型(宽度允许误差为 $+0.5\text{mm}$),混凝土强度等级为C50(配比中需考虑掺加适量的磨细粉煤灰)。水泥用量不得大于 $450\text{kg}/\text{m}^3$,抗渗等级P8;盾构穿过吴淞江底及粉砂地层时,管片外弧面加涂防水涂层;管片环接缝设置两道防线,即防水密封垫和内沿嵌缝槽;此外衬砌背后注浆,也视为重要防水措施。总体上来说,圆形隧道可认为是三道设防。

(3) 管片防水密封垫主体材料遇水膨胀橡胶的技术性能:硬度 $40\pm 5^\circ$;伸长度 $\geq 550\%$;扯断强度 $\geq 35\text{MPa}$;恒定形压缩永久变形 $\leq 25\%$;吸水膨胀率 $\geq 150\%$;膨胀扯断强度变化率 $\leq 60\%$;老化系数 ≤ 1 级。

(4) 管片接缝嵌缝作业 设计规定盾构起始井和到达井的前后20环,联络通道的前后20环,要作整环嵌缝;其他环均嵌填拱底环两条纵缝与底部两侧各45度范围的环缝。经过工程实践,认为水膨胀性腻子加封氯丁胶乳水泥方案较好,容易填密,操作简易,不受初始缝状态影响,基面可湿或轻度渗漏均可作业。嵌缝作业应在管片变形相对稳定时进行。

三、技术分析

上海地铁1号线土建结构工程已于1994年春全部完成,1995年4月全线投入运营。经过检查分析,防水技术基本上是成功的,其渗漏水符合设计标准,甲、乙、丙三方均感满意。上海地铁的结构防水标准与新加坡地铁相一致。我们确定允许漏水量小于 $0.1\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{昼夜}$,是有上海自己从事试验工程的扎实基础(1979~1982年建成的上海地铁试验隧道的实际渗水量实测值为 $0.01\sim 0.02\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{昼夜}$),这一事实已为国内外隧道专家确认和赞誉。

80年代日本有关地下铁道隧道的渗漏水统计资料记载,业主曾对五个企业施工的隧道进行了调查,隧道总长度为132km,其中盾构施工段总长46km,占35%,平均渗漏水量为 $0.9\text{m}^3/\text{km}\cdot\text{h}$,即 $0.63\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{昼夜}$ 。这与上海地铁目前水平相比,大了6倍。

1. 结构自防水

整体浇筑的地铁车站工程和其他各类地下工程一样,如能做到混凝土结构自防水无疑

是十分理想的，也应是基本的防水措施。然而在现实工程中却是难以做到。剖析这一现象，具有诸多原因，其中最主要的是如何防止结构产生贯穿裂缝。通常，人们只注意到混凝土的强度等级和抗渗等级，而忽略了防止产生裂缝的各种措施。质量通病表现为混凝土标号和抗渗等级越高，单位水泥用量则越多。其结果是水化热增高，收缩量加大，导致有害裂缝的产生。上海地铁的实践表明，要避免贯穿性裂缝的出现，一要有正确的设计，二要有精心施工，三要有可靠的质保体系，三者缺一不可。

2. 在地铁工程中，各类“缝”的设置及其构造颇多争议

实践证明，如果设置或构造不当，将成为防水的薄弱环节。地铁工程因行车的特殊要求一般不能设置沉降缝，如果设置必须有特殊的构造使两侧结构的沉降差不超过 $\pm 4\text{mm}$ ，否则就可能导致行车事故。实际上，上海地铁车站只设置了纵向伸缩缝。为了减少地铁车站顶板的裂缝，在地铁汉中路站和衡山路站采取了防治措施，合理设置“诱导缝”（人工缝）和后浇带。实践证明，设置“诱导缝”是控制混凝土裂缝产生的有效措施之一。

3. 车站顶板的附加防水层

我国新修订国家标准《屋面工程技术规范》确立了工业民用建筑屋面多层设防的原则。遗憾的是基于种种原因，上海地铁1号线诸多车站的顶板防水层，都是单层设防。其结果凡贯穿性裂缝产生的地方，都有渗漏水现象，堵漏费用（包括地下墙）高达车站结构投资的3%~5%，这种现象国外也类同。文献报道，新加坡地铁系统车站顶板采用二层设防，虽比一层防水膜设防有所改善，但渗漏点仍不少。这一状况，提醒我们要尽快修订《地下防水工程施工及验收规范》（GBJ208—83）。

4. 钢筋混凝土管片防水

已建成的18.8km圆形区间隧道，虽然都达到了设计规定的结构防水标准，但是渗漏水现象并未杜绝。拱顶部分的渗漏水已造成接触网短路停电事故。随着列车运行振动的影响和隧道沉降变形，拱顶的渗漏水还会不断发展。拱顶不作嵌缝是相当危险的事情，而且顶部漏宜导流，不宜封堵，解决这个问题，要有一系列技术措施和工程维护管理办法。

钢筋混凝土管片本身的贯穿性裂缝，导致渗漏水和析碱现象，约占2%~3%，也是一项尚待研究的难题。一种意见是通过析碱可以自封；另一种意见是渗漏水导致腐蚀介质沉积，会造成钢筋锈蚀，危及结构使用寿命。

5. 注浆材料

水泥基注浆材料，加上完善的注浆工艺是隧道衬砌的另一道防水屏障。上海地铁采用法国盾构制造商推荐的惰性浆液（粉煤灰、粘土、膨润土为基料）注浆工艺。对这一屏障的效能有的技术人员担心存在着列车振动后会出现液化的危险，尚待观察，总结经验。

6. 水膨胀橡胶密封垫的耐久性

水膨胀橡胶密封垫是由水溶性、同时可遇水膨胀的树脂与合成橡胶混合制成。密封垫与水接触可以膨胀到原来体积的数倍，充填接缝间隙，凭借自身的膨胀压紧密封止水。据日本、香港、新加坡、英吉利海峡隧道及上海地铁的使用经验，这种材料可以充实的填充在管片密封沟槽内，材料损坏，密封垫位移（包括在封顶块管片插入期间）均很少发生。实践表明，密封垫的膨胀在管片拼装后很快发生，一个名符其实的干燥不透水隧道，完全可以在没有附加防水措施的情况下实现，上海地铁衡山路至常熟路区间就是很好的施工实例（采用上海长宁橡胶制品厂产品），整个区间相当干燥、美观。

在过去 10 年对水膨胀橡胶密封垫的应用过程中, 我们接触了上海市五个生产厂的同类产品, 发现产品内在质量参差不齐。有的厂家产品隧道建成的第一年防水效能尚好, 从第二年开始隧道渗漏水呈现逐年增加趋势。实践表明, 水膨胀橡胶的膨胀压力保持是有限度的。提醒人们注意必须对这种材料的耐久年限加强观测和研究。

日本是水膨胀橡胶最早研制和工程应用的国家, 目前已扩展到 15 个生产厂家, 其主体材料已发展为多品种。与日本相比, 我们还停留在聚醚聚氨酯单一系列, 有待进一步开发。

7. 渗漏水统计分析

上海地铁 1 号线经过检查分析, 防水技术基本上是成功的, 其渗水量符合设计标准。但由于设计、施工及管片的制作、养护、吊运、安装和外界诸因素的影响, 造成地下结构渗漏水在所难免。区间隧道渗漏水在若干区域还比较严重, 而且目前还在发展, 长此以往, 随水一道渗入混凝土结构的侵蚀性介质就会沉积于某个水分的蒸发与补给达到平衡状态的区域, 这个区域我们称其为“露点区域”。天长日久, 越积越多, 从而加剧了对混凝土的腐蚀, 出现表面膨胀剥离。

综上所述, 在建设过程中对钢筋混凝土管片外表面加设防水层, 是必不可少的保护措施; 而运营阶段隧道的维修中, 定期清洗和去除沉积在混凝土内表面的侵蚀性物质, 则是减缓混凝土腐蚀的一项有益措施。

作者 1996 年夏天参观香港地铁时, 看到香港地铁当局非常重视对混凝土腐蚀损害的补修。这方面的技术值得我们学习和研究。

参 考 文 献

1. 叶琳昌, 薛绍祖. 防水工程 (第二版). 北京: 中国建筑工业出版社, 1996
2. 朱祖熹. 城市隧道防水技术的现状与展望. 地下工程与隧道, 1994, 4, 18—24
3. 花象娟, 朱祖熹. 隧道防水材料的防火材料技术与管理. 上海隧道, 1996, 1, 88

建筑物地下防水技术及其工程实例

北京奥克兰防水材料有限公司 田凤兰

建筑防水工程,按照不同的部位主要分为屋面防水、卫生间的地面防水、墙面防水、地下室及地下管沟防水。地下室及地下管沟由于埋在地下或水中,将受到地下水的作用并受到地面水的影响,如果没有可靠的防水措施,地下水就会渗入,甚至会大量涌入。一旦出现地下工程渗漏水,不但影响建筑物使用,而且危及建筑物的坚固和耐久,且修缮难度大,耗资高,因此,必须认真做好建筑物地下工程防水处理,特别是地下室的防水,否则无法使用。

随着社会的发展,建筑物的规模大、水平高,功能愈来愈多,地下工程的建筑数量逐年增多。所以,认真研究地下工程防水技术,不但必要而且成为当务之急,特别是建筑物的地下室工程防水。

一、地下室工程防水综述

(一) 地下室工程防水做法分类

全部底板下面并且沿外墙向上直到出地面加一道完整的防水。即使如此,要保证如此大面积的防水层完全不透水,并且保证在底板和外墙施工期间及建筑物使用期间始终保持不透水,还是一个棘手的问题,并不总是能获得成功,所以,复合防水越来越受到人们的青睐,因为是双保险。

建设部关于建筑业重点推广应用 10 项新技术的指导意见中明确提出“地下防水重点推广以自防水混凝土为主并与防水卷材或涂料相结合”的防水方案,即刚柔结合的防水做法。

(二) 防水基础及选材原则

1. 自防水混凝土

自防水混凝土以水泥、砂、石为原料或掺加少量外加剂、高分子聚合物材料,通过合理调配水泥、砂、石配比,减少或抑制孔隙率,使其形成密实的混凝土。

不同的防水工程做法,需要不同类的防水材料,能够提供不同程度的防水功能,就建筑物地下室而言,其做法主要有三种,见表 1。

以上三种做法中,构造防水主要是建筑构造中的底板、墙体、顶板、楼板的密实混凝土以及在接缝中嵌填防水油膏起到防水作用。由于诸多因素,混凝土往往达不到密实,所以是不保险的;而材料防水实际上是给结构做上防水衬套,使其具有防水功能。

(1) 防水混凝土主要组成及作用

按组成材料不同划分为普通防水混凝土、外加剂防水混凝土、膨胀剂防水混凝土三个品种,不同的组成其作用、功能不同,见表 2。