

地下防水工程 实用技术

沈春林 主编

地下防水工程实用技术

主 编 沈春林
副主编 苏立荣 李 芳 利耀宜
参 编 高德财 褚建军 杨乃浩 杨炳元
刘 立 章宗友 姚 勇 王创焕



机械工业出版社

本书是依据《地下工程防水技术规范》(GB 50108—2001)、《地下防水工程质量验收规范》(GB 50208—2002)等规范规程和标准,并结合工程实践编写而成。主要介绍了地下工程的基础知识、地下工程的防水设计、刚性防水、柔性防水、密封防水、注浆防水、排水以及明挖法、特殊施工法和渗漏水治理等九章内容。对地下防水工程技术提供了实用性指导。

图书在版编目(CIP)数据

地下防水工程实用技术/沈春林主编. —北京:机械工业出版社, 2005.2

ISBN 7-111-16134-3

I. 地… II. 沈… III. 地下建筑物—建筑防水—工程技术 IV. TU94

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 010436 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 赵 荣

责任编辑: 闫云霞 版式设计: 霍永明 责任校对: 张莉娟

封面设计: 张 静 责任印制: 洪汉军

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 2 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm × 1092mm¹/₁₆ · 23.75 印张 · 583 千字

0 001—4 000 册

定价: 39.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

68326294、68320718

封面无防伪标均为盗版

前 言

近年来,随着我国国民经济的持续快速发展,工业和民用建筑等的建设项目已遍布城乡各地。建筑物若出现渗漏,不仅要花费大量的人力物力去进行防水堵漏,而且还将给人们的生产、生活带来不便。所以,建筑防水工程是一项保证建筑物免受水侵袭的分部工程,在建筑工程中占有十分重要的地位。

为了促进我国建筑防水事业的发展,机械工业出版社组织我们编写了《地下防水工程实用技术》一书。本书依据《地下工程防水技术规范》(GB 50108—2001)、《地下防水工程质量验收规范》(GB 50208—2002)等规范、规程和标准,并结合工程实践,就地下工程的基础知识、地下工程的防水设计、刚性防水、柔性防水、密封防水、注浆防水、排水、以及明挖法、特殊施工法和渗漏水治理等九章内容作了介绍。详尽地介绍了地下防水工程的结构自防水法、隔水法、接缝防水法、注浆止水法、疏水法等主要防水做法。可帮助读者就地下防水工程技术提供实用性指导。

笔者在编写本书过程中,参考和采用了多位学者的著作文献、工具书、标准资料,并得到了许多单位和同仁的支持与帮助,在此对有关作者、编者致以诚挚的谢意,并衷心希望得到各位同仁的帮助和指正。

本书由沈春林任主编,苏立荣、李芳、利耀宜任副主编,并由高德财、褚建军、杨乃浩、杨炳元、刘立、章宗友、姚勇、王创焕参加编写而成。由于编者水平有限,书中肯定存在着许多不足之处,敬请读者批评指正,以便在再版时更正。

编 者

2004年11月8日

目 录

前言

第1章 概论	1
1.1 防水工程	1
1.1.1 防水工程的功能	1
1.1.2 防水工程的分类	2
1.2 地下防水工程	2
1.2.1 地下工程的类型及施工方法	3
1.2.2 水对地下工程的影响	3
1.2.3 地下工程的防水技术	6
1.2.4 正确选择和合理使用建筑防水材料	9
1.2.5 地下防水工程的质量保证体系	11
第2章 地下防水工程的设计	14
2.1 地下防水工程设计概述	14
2.1.1 地下防水工程设计的基本规定	14
2.1.2 地下工程的防水等级和设防要求	15
2.1.3 防水构造	17
2.1.4 地下工程防水方案的确定	26
2.2 混凝土结构主体防水的设计	27
2.2.1 防水混凝土的设计	27
2.2.2 水泥砂浆防水层的设计	30
2.2.3 卷材防水层的设计	32
2.2.4 涂膜防水层的设计	36
2.2.5 塑料板防水层的设计	40
2.2.6 金属防水层的设计	41
2.3 混凝土结构细部构造防水设计	43
2.3.1 变形缝	43
2.3.2 施工缝	47
2.3.3 后浇带	49
2.3.4 穿墙管(盒)	50
2.3.5 埋设件	52
2.3.6 预留通道接头	52
2.3.7 桩头	53
2.3.8 孔口	54

2.3.9 坑、池	55
第3章 地下建筑刚性防水的 施工	56
3.1 防水混凝土	56
3.1.1 防水混凝土的分类	56
3.1.2 混凝土的配制	57
3.1.3 防水混凝土的施工	90
3.1.4 防水混凝土结构细部构造防水的 施工	95
3.2 水泥砂浆防水层	105
3.2.1 防水砂浆的分类	106
3.2.2 防水砂浆的配制	106
3.2.3 水泥砂浆防水层的施工	119
3.2.4 水泥砂浆防水层细部构造防水 施工	128
第4章 地下工程柔性防水的施工	131
4.1 卷材防水层	131
4.1.1 卷材防水层的常用材料	131
4.1.2 卷材防水层的施工	134
4.2 涂膜防水层	150
4.2.1 材料	151
4.2.2 涂膜防水层的施工	159
4.3 塑料防水板防水层的施工	178
4.3.1 塑料防水板防水层的常用 材料	178
4.3.2 塑料防水板防水层的施工	179
4.4 金属防水层的施工	179
4.4.1 金属防水层的常用材料	179
4.4.2 金属防水层的施工	179
第5章 密封防水	181
5.1 密封防水的设计	181
5.1.1 密封设计原则	181
5.1.2 密封设计的基本内容	182
5.2 密封防水的施工	188
5.2.1 施工机具	188
5.2.2 施工的环境条件	190

5.2.3 施工工艺	191	技术	263
第6章 注浆防水	205	8.2.3 盾构法隧道防水的施工	266
6.1 注浆材料	205	8.3 沉井	272
6.1.1 无机类注浆材料	207	8.3.1 沉井的类型及其应用	273
6.1.2 有机类注浆材料	210	8.3.2 沉井防水的技术要求	273
6.1.3 注浆材料的选用	223	8.3.3 沉井各部位的防水	274
6.2 注浆防水设计	223	8.3.4 沉井下沉时的排水	276
6.2.1 注浆防水的一般规定	223	8.3.5 沉井封底的防水	276
6.2.2 注浆防水的设计要点	224	8.3.6 沉井封水	278
6.2.3 常用注浆法的机理特点和适用 工程	225	8.4 地下连续墙	280
6.3 注浆防水施工	226	8.4.1 地下连续墙的分类、特点、适用 范围及构造	280
6.3.1 注浆防水的施工要求	226	8.4.2 地下连续墙的施工	282
6.3.2 注浆工艺流程	227	8.5 锚喷支护	295
6.3.3 注浆防水施工机具	229	8.5.1 锚喷支护的基本规定	295
6.3.4 预注浆防水	232	8.5.2 锚喷支护的基本材料	296
6.3.5 后注浆防水	235	8.5.3 锚喷支护的施工	299
6.3.6 衬砌裂缝注浆防水	237	第9章 地下工程渗漏水的治理	305
第7章 排水工程	240	9.1 渗漏水治理的原则及顺序	305
7.1 渗排水防水	240	9.1.1 渗漏水治理的原则	305
7.1.1 渗排水层排水	241	9.1.2 渗漏水治理的顺序及一般 规定	305
7.1.2 盲沟排水	243	9.2 抹面堵漏法	307
7.1.3 内排法排水	246	9.2.1 常用材料	307
7.2 隧道、坑道排水	247	9.2.2 抹面堵漏法的施工工艺	322
7.2.1 贴壁式衬砌防水	247	9.3 渗漏水治理实例	327
7.2.2 离壁式衬砌防水	249	9.3.1 [例1] 某净水厂净化间沉淀池、 滤池裂缝渗漏水治理方案	327
7.2.3 复合式衬砌防水	250	9.3.2 [例2] 某汉墓博物馆渗漏水防水 堵漏方案	334
7.2.4 衬套	250	9.3.3 [例3] 某别墅地下室渗漏水防水 堵漏方案	350
7.2.5 贴壁式、离壁式、复合式衬砌排水 的施工	251	附录A 地下防水工程建设标准 强制性条文 及条文说明	355
第8章 明挖法和特殊施工法防水 工程	253	附录B 建筑防水工程专业承包企业资质 等级标准	363
8.1 明挖法防水工程	253	附录C 建设部推广应用和限制禁止使用 技术 (摘要)	364
8.1.1 明挖法的基本要求	253	附录D 防水工程的有关规范及相关的 标准 (摘要)	367
8.1.2 明挖顺做法的结构防水	253	参考文献	370
8.1.3 明挖覆盖 (盖挖) 法的结构 防水	256		
8.2 盾构法隧道防水	260		
8.2.1 盾构法隧道防水的分类及基本 要求	260		
8.2.2 盾构法隧道衬砌管片的防水			

第1章 概 论

随着建筑科学技术的快速发展,建筑物和构筑物正在向高、深两个方向发展,就地下空间的利用和开发而言,随着设施不断的增多,规模不断的扩大,对防水的要求也越来越高。建筑防水技术亦随之日益显示出其重要性。

1.1 防水工程

建筑防水工程是建筑工程中的一个重要组成部分,建筑防水技术是保证建筑物和构筑物的结构不受水的侵袭,内部空间不受水危害的专门措施。具体而言,防水工程是指为防止雨水、生产或生活用水、地下水、滞水、毛细管水以及人为因素引起的水文地质改变而产生的水,渗入建筑物、构筑物内部或防止蓄水工程向外渗漏所采取的一系列结构、构造和建筑措施。概括地讲,防水工程包括防止外水向建筑内部渗透,蓄水结构内的水向外渗漏和建筑物、构筑物内部相互止水三大部分。

1.1.1 防水工程的功能

建筑物防水工程涉及到建筑物、构筑物的地下室、墙地面、墙身、屋顶等诸多部位,其功能就是要使建筑物或构筑物在设计耐久年限内,防止各类水的侵蚀,确保建筑结构及内部空间不受污损,为人们提供一个舒适和安全的生活环境。对于不同部位的防水,其防水功能的要求是有所不同的。

屋面防水的功能是防止雨水侵入室内。对屋面有综合利用要求的,如用作活动场所、屋顶花园,则对其防水要求将更高。

外墙防水的功能是防止风雨袭击,防止雨水通过墙体渗透到室内。墙面是垂直的,雨水虽无法停留,但墙面有施工构造缝以及毛细孔等,雨水在风力作用下,产生渗透压力可到达室内。

卫生间及地面防水的功能是防止生活、生产用水和生活、生产产生的污水渗漏到楼下或通过隔墙渗入其他房间,这些场所管道多,用水量集中,飞溅严重。有时不但要防止渗漏,还要防止酸碱液体的侵蚀,尤其是化工生产车间。

地下防水的功能是防止地下水的侵入。地下水不但有动水压较高的特点,而且常常伴有酸碱等介质的侵蚀。地下建筑的结构是以受力为主,同时也具有防水功能。同时采取排导,再填以密实粘土或灰土,以减少动水压的渗透作用,再就是采用防水材料等多道设防措施来提高防水能力和防水的可靠性。

贮水池和贮液池等的防水,其功能是防止水或液体向外渗漏,设在地下时还要考虑地下水向里渗漏。贮水池和贮液池等结构除本身具有防水能力外,一般还将防水层设在内部,并且要求所使用防水材料不能污染水质或液体,同时又不能被贮液所腐蚀,这些防水材料多数采用无机类材料,如聚合物砂浆等。

1.1.2 防水工程的分类

建筑防水工程的分类，可依据设防的部位，设防的方法，所采用的设防材料性能和品种来进行分类。

1.1.2.1 按设防的部位进行分类

按建筑物、构筑物工程设防的部位可划分为地下防水，室内卫浴间防水，外墙面防水，屋面防水以及特殊建筑物、构筑物等部位的防水。

地下防水是指地下室、地下管沟、地下铁道、隧道、地下建筑物、构筑物等处的防水；

室内卫浴间防水是指卫生间、浴室、盥洗间、厨房、开水间以及楼地面，管道等处的防水；

外墙面防水是指外墙立面、坡面、板缝、门窗、框架梁底、柱边等处的防水；

屋面防水是指各类建筑物、构筑物屋面部位的防水；

特殊建筑物、构筑物等部位的防水是指水池、水塔、室内游泳池、喷水池、四季厅、室内花园、储油罐、储油池等处的防水。

1.1.2.2 按设防方法分类

按设防方法可分为复合防水和构造自防水等。

复合防水是指采用各种防水材料进行防水的一种新型防水做法。在设防中采用多种不同性能的防水材料，利用各自具有的特性，在防水工程中复合使用，发挥各种防水材料的优势，以提高防水工程的整体性能，做到“刚柔结合，多道设防，综合治理”。如在节点部位，可用密封材料或性能各异的防水材料与大面积的一般防水材料配合使用，形成复合防水。

构造自防水是指采用一定型式或方法进行构造自防水或结合排水的一种防水做法。如地铁车站为防止侧墙渗水采用的双层侧墙内衬墙（补偿收缩防水钢筋混凝土），为防止顶板结构产生裂纹而设置的诱导缝和后浇带，为解决地铁结构漂浮而在底板下设置的倒滤层（渗排水层）等。

1.1.2.3 按设防材料的品种分类

防水工程按设防材料的品种可分为：卷材防水、涂膜防水、密封材料防水、混凝土和水泥砂浆防水、塑料板防水、金属板防水等。

1.1.2.4 按设防材料性能分类

按设防材料的性能进行分类，可分为刚性防水和柔性防水。

刚性防水是指采用防水混凝土和防水砂浆作防水层。防水砂浆防水层则是利用抹压均匀、密实的素灰和水泥砂浆分层交替施工，以构成一个整体防水层。由于是相间抹压的，各层残留的毛细孔道相互弥补，从而阻塞了渗漏水的通道，因此具有较高的抗渗能力。

柔性防水则是依据其防水作用的柔性材料作防水层，如卷材防水层、涂抹防水层、密封材料防水等。

1.2 地下防水工程

地下防水工程是指对全埋或半埋于地下或水下的地下室、隧道以及蓄水池等建筑物、构

筑物进行防水设计、防水施工和维护管理等技术工作的工程实体。是依据建筑物、构筑物防水设防部位进行分类而得出的一个防水工程类别。

地下工程的特点是由于受地下水的影响,如果没有防水措施或防水措施不得当,那么地下水就会渗入其结构内部,导致混凝土腐蚀,钢筋生锈,地基下沉,甚至淹没构筑物,直接危及建筑物的安全。为了确保地下建筑物的正常使用,国家发布了《地下工程防水技术规范》(GB 50108—2001),明确规定了地下防水工程的等级以及每一个等级的防水设防要求,并对地下工程防水的设计和施工都作了详尽的规定,地下工程防水施工必须严格按照规范的规定执行。国家为了加强建筑物工程质量管理,统一地下防水工程质量验收,确保工程质量还制定了《地下防水工程质量验收规范》(GB 50208—2002)对地下防水工程的验收作了明确的规定,是地下防水验收工程的依据,达不到验收规范规定标准的工程是不能验收的。

此外,国家还发布了一系列与地下防水工程相关的专项规范,详见附录一。

1.2.1 地下工程的类型及施工方法

1.2.1.1 地下工程的类型

地下工程可根据建造环境和建造方式与用途的不同,分为隧道工程、地下建筑物、地下构筑物等类型。

隧道工程主要是指铁路隧道、公路隧道、地下铁道、越江隧道、海底隧道以及水工、热力、电缆隧道等。

地下建筑物主要是指建筑物的地下室、地下厂房、地下仓库、地下车库、地铁车站、城市地道、地下商业街等。

地下构筑物主要是指军事、人防工程、城市共用沟、水工构筑物、贮水池、游泳池等。

1.2.1.2 地下工程的施工方法

地下工程施工时,必须先开挖出相应的空间,然后方可在此空间内进行修筑衬砌,其开挖空间的施工方法由于各类工程的场地、环境、水文、地质等条件的不同,其施工方法各异,总体而言可分为明挖法和暗挖法。具体而言,有大开挖基坑、地下连续墙、沉井、逆作法、盾构法、顶管法、沉管法、箱涵等多种工法。

采用何种开挖方法则应以地质、地形及环境条件埋置深度为主要依据,尤其是埋置深度对其开挖施工方法有决定性的影响。埋置较浅的工程,施工时可先从地面挖基坑或基坑,经修筑衬砌之后再回填,即明挖法。敞口明挖、盖挖法地下连续墙等均属明挖法施工范畴。当埋置深度超过一定限度后,明挖法施工则不再适用,则应采用暗挖法施工,暗挖法顾名思义,即不挖开地面,而是采用在地下挖洞的方法进行施工。常见的盾构法、顶管法均属暗挖法施工范畴。

1.2.2 水对地下工程的影响

自然界的水是以气态、液态和固态的形式存在于大气圈、地表和地壳之中的,并形成大气水、地表水和地下水。大气降水渗透到地壳中,这是地下水的主要来源。江河、湖泊等地表水的渗透则是地下水重要的补给来源。

1.2.2.1 地下水的类型

对地下工程具有实际意义的地下水主要有上层滞水、潜水、毛细管水、层间水等类型。

1. 上层滞水 上层滞水一般存在于地表岩土层的包气带中, 如透气性不大的夹层, 阻滞下渗的大气降水和凝结水, 并使其聚集起来形成上层滞水。地表的低洼地区由于大气降水很难从其中流走, 亦可形成上层滞水。居民区和工业区上下水管的渗漏, 人工填土层也有可能出现上层滞水。上层滞水型的地下水距地表一般不超过 1~2m, 分布范围有限。补给区与分布区一致, 其水量极不稳定, 通常是雨季出现, 旱季消失, 故在旱季勘测时较难发现。由于其接近地表, 在构筑地下工程时要特别注意其影响。当开挖基坑时, 则要采取措施, 防止其涌入基坑内, 如果地下工程位于上层滞水型地下水位线以下时, 则必须设置防水层。

2. 潜水 潜水是埋藏在地表以下第一个隔水层以上的地下水, 当开挖到潜水面时, 即出现潜水面 (在建筑工程中把这个潜水面的标高称作地下水位)。潜水主要由大气降水、地表水和凝结水补给, 其变化幅度比较大。潜水系重力水, 在重力作用下, 由高水位流向低水位。当河水水位低于潜水水位时, 潜水则补给河面。当河面水位高于潜水水位时, 则河水补给潜水。因此, 当地下工程采取自流排水的办法防水时, 必须正确掌握地表水系 (如江河、湖泊、水库等) 的常年水位变化情况, 尤其对于近地表水系构筑的地下工程, 要特别注意防止洪水倒灌。

3. 毛细管水 毛细管水可以部分或全部充泄离潜水面一定高度的土壤孔隙中, 毛细管现象是由于土粒和水接触时受到表面张力的作用, 水沿着土粒间的连通孔隙上升而引起的。由土壤的孔隙所构成的毛细管系统十分复杂, 所以形成的沟管通向各个方向, 沟管的粗细变化也很大。毛细管水的上升高度与土壤的种类、孔隙、颗粒大小、润湿程度有关。一般而言, 粗砂和大块碎石类土中的毛细管水的上升高度不超过几厘米, 而黄土则超过 2m, 粘土则更大。毛细管水的上升, 也可传布到与地下水和土壤的毛细管水相接触的地下工程、房屋基础。地下工程在防水设计时, 毛细管水带区取潜水位以上 1m, 毛细管带以上部分可设防潮层。

4. 层间水 层间水是指埋藏在两个隔水层之间的地下水。在层间水未充泄透水层时为无压水, 如水已充满了两个隔水层之间的含水层, 那么在打井至该层时, 水便可在井中上升甚至自动喷出, 这类层间水称为承压水或自流水。承压水的特点是上下都有隔水层, 具有明显的补给区。承压区和泄水区、补给区和泄水区二者相距很远, 层间水由于具有隔水层顶板, 故受地表水文, 气候因素影响较小, 水质好, 水温变化小, 是很好的给水水源。当地下工程穿过该层时 (如深挖地道的竖井或斜井往往就要穿过层间水), 由于层间水压力较大, 必须采取可靠的防压力水渗透的措施。

1.2.2.2 水对地下工程的影响

水对地下工程的围护结构以及地下工程的施工影响是多方面的, 有关专家认为主要有以下几个方面的影响:

1. 水对地下工程围护结构的影响 水对地下工程围护结构可产生吸湿作用、毛细作用、侵蚀作用、渗透作用和冻融作用等一系列的有害作用。这是由于混凝土的特性、结构和水的成分、特性所决定的。

(1) 吸湿作用。任何物质在与气态的水蒸气和液态的水接触时, 都能将水吸附在自己的表面, 这种现象称为吸湿。砖石、混凝土等建筑材料是一种非均质的多孔材料, 在空气和水中都具有很强的吸湿作用。吸湿作用的强弱与周围介质的温湿度有关, 湿度越大, 温度越

低,吸湿作用就进行得越强烈。地下工程围护结构所具有的吸湿现象,往往是地下工程潮湿的主要原因。

(2) 毛细管作用。大部分物质其结构中有许多肉眼不易看见的缝隙,称其为毛细管。这些毛细管遇水后,只要彼此有附着水(水可以润湿管壁),水就会沿着这些毛细管上升,直至水的重量超过它的表面张力时才会停止上升。毛细管越细,上升水的重量越不易超过表面张力,因此水位也升得越高,物质也就越容易透水。毛细管吸水现象在许多建筑材料中都可以看到,在有些材料中,上升可达到数米之高。地下水能被有孔的建筑材料吸收产生毛细上升现象,潮湿的土壤也能通过毛细作用引起潮气上升,这对于地下工程来说是会产生危害的。尤其是地下水或土壤中含有侵蚀性介质时,毛细作用不仅可使整个地下工程受到损害,而且还能传到地面建筑。毛细作用的影响是很大的,即使地下工程埋置在地下水位线以上,地下水往往也会通过土壤的毛细作用造成地下工程的危害。如果建筑材料具有憎水性,那么水就不易润湿管壁,沥青类防水材料、有机硅类防水材料均具备这种性能。

(3) 侵蚀作用。地下水对建筑物的侵蚀主要表现在酸、盐及有害气体对各种建筑物的围护结构的损坏,一般以不致密的混凝土、不坚固的石材或金属衬砌的地下构筑物及房屋基础最易受到侵蚀的影响。地下水对混凝土的侵蚀主要表现在碳酸侵蚀、溶出性侵蚀、碳酸盐侵蚀等几个方面。地下水对混凝土的侵蚀程度决定于地下水的侵蚀性、水泥的特性、混凝土的强度和密实性。

(4) 渗透作用。地下工程的围护结构材料如砖石、混凝土等均有大量的毛细孔、施工裂缝,在水有一定压力时,水就会沿着这些孔隙流动而产生渗透作用,尤其是地下工程埋得越深,地下水位越高,其渗透压也就越大,地下水的渗透作用也就越严重。地下工程的渗漏水在大多数情况下都是渗透作用所引起的。

(5) 冻融作用。严寒地区的建筑工程其围护结构含水时,特别是砖砌体、不致密的混凝土经过多次冻融循环是很容易被破坏的。地下工程处于冰冻线以上时,土壤含水,冻结时不仅土中水变成冰,体积增大,而且水分往往因冻结作用而迁移和重新分布,形成冰夹层或冰堆,从而使地基冻胀,冻胀可导致地下工程不均匀地抬起。当冰夹层或冰堆融化时又不均匀地下沉,年复一年地使地下工程产生变形,轻者出现裂缝,重者危及使用。防止冻溶作用的发生,地下工程应尽量构筑在冰冻线以下,必须在冰冻线以上构筑的地下工程应有反冻胀措施,施工时应避开寒冷的季节。

2. 地下水渗流对地下工程施工的影响 在地下水位以下开挖基坑,构筑的地下室、竖井、地道穿过含水地层时,均会有地下水渗入基坑或洞内的可能,施工中必须采取降低地下水位防止地面水回流进入基坑、防止地下水突涌等措施排出渗入基坑或洞内的地下水。在一般情况下是不允许带水作业的,带水作业的工程一般其工程质量都较差,渗漏水严重。防止在施工时出现地下水的渗流和涌水可采用注浆法、沉井法、地下连续墙(防渗墙)、冻结法、气压法等工艺。

在地下水位以下的土中开挖构筑地下工程时,往往会碰到基坑周围或洞壁周围的土随地下水一起涌进坑内或洞内,此时土完全失去承载力,人难立足,边挖边冒,无法施工。流沙不仅对地下工程的施工,而且对附近的建筑物都有很大的危害,流沙防治主要方法是减少动水压,可采用人工降低地下水位、沿基坑四周打板桩至不透水层或在枯水期施工等方法。

3. 地下水位变化对地下工程的影响 地下水位的变化幅度是很大的,最低水位和最高

水位有时能相差数米,影响地下水位变化的因素很多,有天然因素(如气候条件、地质条件、地形条件、地区条件等)和人为因素(如修建水利设施,水管渗漏,大量抽取地下水等)。水位变化对地下工程可产生浮力影响、浸蚀作用影响、对衬砌耐久性和对地基强度的影响。

(1) 地下工程位于地下水位之中,势必受到向上的浮力,尤其是地下水位骤然上升,其浮力增大,这使地下工程很容易浮起而被破坏。如有的掘开式工程或地道的底板曾因浮力的作用而发生断裂。

(2) 地下工程在进行自流排水或机械排水降低地下水位时,是很容易引起浸蚀作用,掏空地基,不仅可使地下工程地基失稳,而且还会引起地表塌陷,危及地面建筑的安全。

(3) 地下水位在地下工程埋置的范围内经常发生变化,使衬砌结构长期处在湿润和干燥交替更迭之中,这将降低工程结构材料的耐久性。

(4) 地下水位的变化对地基的强度也有很大的影响,当地下水位上升浸蚀软化岩石,地基土的强度就发生降低,其压缩性加大,从而使地下工程产生较大的变形。

1.2.3 地下工程的防水技术

地下工程由于长期位于地表以下,尤其是在高水位地区,其工程是长期位于地下水中,因此地下防水工程是决定地下工程能否正常使用的关键。

1.2.3.1 地下工程防水的形式

地下工程防水的形式,大体上可以归纳为水密型防水、泄水型防水、混合型防水等三种类型。水密型防水是指从围岩、结构、材料着手,采取种种方法防止地下水进入工程内部;泄水型防水又称引流自排型防水,是指从疏水、泄水着手,将地下水有意识地疏导入工程里的排水系统,使使之不浸蚀于结构本身的一种防水形式;混合型防水是指将水密型防水和泄水型防水二种防水形式结合于一体,即在同一工程中既有泄水一面,又有水密一面的一种防水形式。

不论采用何种防水形式,其地下防水工程的整体质量要求是不渗不漏,保证排水畅通,使建筑物具有良好的防水和使用功能,地下防水工程的整体质量优劣与恰当选材、精心设计、严格施工以及定期维护管理是密切相关的,是延长防水工程寿命的关键所在。

1.2.3.2 地下工程的防水措施

地下工程的防水、防潮是一项综合性的技术,其防水的内容包括地下工程的结构防水、注浆防水、排水、渗漏水防治以及基坑围护结构防水等,其中结构防水又细分为:混凝土结构主体防水、混凝土结构细部构造防水,采用特殊施工法的结构防水。地下工程防水的内容参见图 1-1。

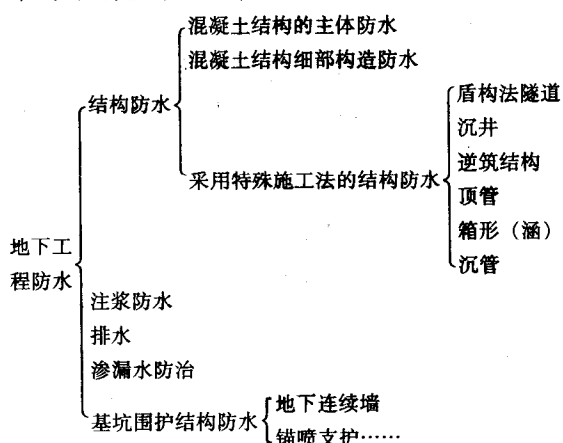


图 1-1 地下工程防水的内容

1. 地下工程防水措施的类别 地下工程的防水方法按其设防的方法,可分为构造防水和材料防水。

(1) 构造防水。构造防水是依靠建（构）筑物的结构（如底板、侧墙、顶板等）材料自身的密实性以及采用合适的构造形式（如采取坡度、离壁式衬砌、底板设置盲沟排水系统、伸缩缝等构造措施）来阻断水的通路，以达到构件自身防水目的的一类防水措施。

(2) 材料防水。材料防水是依靠采用不同的建筑防水材料来阻断水的通道，以达到防水目的或增强抗渗漏能力的一类防水措施。材料防水依据所采用的防水材料性质的不同，可以分为刚性防水（如涂抹防水砂浆、浇筑防水混凝土）和柔性防水（如铺设防水卷材、涂刷防水涂料等）。材料防水依据所采用的防水材料品种可分为防水混凝土防水、防水砂浆防水、卷材防水、涂膜防水、塑料板防水、金属板防水等。

地下工程的防水，无论采取何种设防方法，都应立足于混凝土结构的自防水功能，即防水混凝土的本体质量。

2. 地下工程防水的基本方法 由于地下工程所处的位置不同，故所遇到的地下水的类型和埋藏的条件也各不相同。因此，必须针对地下水存在的特点，采取相应的防水措施。其主要方法有隔水、排水、堵水等，可根据情况单独使用，也可以几种措施综合使用。

(1) 隔水。隔水是利用不透水材料或弱透水材料，将地下水（包括无压水、承压水、毛细水等）隔绝在建筑空间之外，隔水可以通过材料防水起作用，也可以利用结构自防水起作用。

地下工程多在迎水面设置防水砂浆防水层、卷材防水层、涂膜防水层，其目的是增强结构的自防水，混凝土结构自防水的关键是施工时必须确保混凝土的密实性及防止混凝土产生裂缝。

(2) 排水。排水是建筑防水的重要措施之一，是将水在渗漏进地下工程内部之前加以疏导和排除，其内容包括地表水的排除，人工降低地下水位或将水引入地下工程后再有组织的排走。

(3) 堵水。堵水其一是向岩石体内注入防水材料，堵塞水流通路而形成一个隔水层，即注浆止水。其二是当防水结构和防水构造受到破坏而发生渗漏时，向破坏处（如孔隙、裂隙等）及其附近注入防水材料而起到修复作用，即堵漏。

3. 各类型地下工程所采取的防水措施 地下工程采取的防水措施是多种多样的，其工程分类、设计所采取的结构形式、主体防水方案以及采用的防水材料可参见表 1-1。

表 1-1 各类地下工程的防水措施

工程类别	结构形式	重要防水部位	主体防水方案	主要防水材料种类
隧道工程	喷锚结构 衬砌结构 (复合式衬砌、离壁式衬砌、衬套贴壁式衬砌)	内衬砌的垂直施工缝 内衬砌的变形缝(诱导缝)、衬砌管片的接缝、灌浆孔、预留通道接头	喷射防水混凝土衬砌 防水混凝土衬砌 注浆防水 衬砌防水砂浆抹面 衬砌防水涂层 自流、机械排水系统 渗排水与盲沟排水 衬砌防水卷材	喷射防水混凝土,防水混凝土及衬砌管片,防水剂、防水砂浆,防水卷材、防水板,防水涂料,注浆堵漏止水材料,接缝与密封材料(可卸式止水带,密封胶,遇水膨胀止水条)等

(续)

工程类别	结构形式	重要防水部位	主体防水方案	主要防水材料种类
地下构筑物	钢筋混凝土结构 防爆结构 砌体结构 防水混凝土结构	施工缝 变形缝 构造节点 穿墙管(盒) 埋设件	防水混凝土结构防水层 (包括防水砂浆、卷材、涂膜、金属防水层) 构造节点等部位止水堵漏处理 排水系统	防水混凝土,注浆堵漏止水材料、密封材料,防水剂、防水砂浆,防水卷材、防水板、金属板,防水涂料等
地下建筑物	防水混凝土结构 钢筋混凝土结构 砌体结构 衬套结构	桩头 施工缝 后浇带 变形缝 穿墙管(盒) 埋设件 预留空洞 孔口 出入口	防水混凝土结构防水层 (包括防水砂浆、卷材、涂膜防水层) 构造节点等部位止水堵漏处理 排水系统	防水混凝土、膨胀混凝土,普通防水砂浆与改性防水砂浆,高聚物改性沥青防水卷材,合成高分子防水卷材、防水涂料,密封材料(橡胶类止水带、遇水膨胀止水条、密封胶)等

(1) 隧道工程。隧道工程围护结构的衬砌材料主要是钢筋混凝土，因此，我们必须采取各种措施来提高混凝土自身的防水性能，所用的防水混凝土其抗渗等级不得低于 P6。同时还应周密处理衬砌各部位的接缝防水，尤其是现浇混凝土衬砌的施工缝和变形缝，以及预制混凝土衬管片的接缝与注浆孔，这对保证衬砌防水质量尤为重要，隧道衬砌结构有喷射混凝土（喷锚支护）衬砌结构或现浇钢筋混凝土衬砌结构；预制钢筋混凝土管片（盾构法施工）衬砌结构；喷射混凝土衬砌或现浇钢筋混凝土衬砌附加离壁式墙体（衬套）结构三种基本形式。

这三种隧道衬砌结构所采用的混凝土材料都以级配法防水混凝土为主，有些工程还掺加适量的防水剂。其中喷射混凝土衬砌结构或现浇钢筋混凝土衬砌结构在做好预注浆防水和周密处理施工缝、变形缝的情况下，一般不易出现大面积渗漏，当衬砌和接缝局部存在孔洞，孔隙出现用水时，可采用甲凝、丙凝、氰凝等注浆止水材料进行后注浆封堵，则可获得较好的效果。预制钢筋混凝土管片衬砌结构主要应用于越江隧道、取水隧道及地铁工程。离壁式墙体结构则较多地应用于隧道洞口区段、地铁车站、地下厂房、人防工程等。

这两类衬砌结构的防水效果，主要取决于是否具备正确合理的防水设计方案和周密精湛的施工技术条件。

(2) 地下建筑物。地下建筑物的防水等级和使用要求随着社会的发展日趋提高。民用建筑和公共建筑地下工程的防水等级均应达到一级防水等级标准。根据国内外地下建筑防水的实践，除了围护结构均已普遍采用掺加外加剂的防水混凝土外，防水等级为一级、二级的围护结构主体迎水面还应选用两种至三种防水材料作防水层，以满足多道设防的要求，其中卷材防水层的基本做法（外防外贴法，外防内贴法）仍是卷材防水层的基本施工方法。

(3) 地下构筑物。地下构筑物的类型很多,对防水功能的要求应根据工程的性质,用途及其防水等级与标准而定,按当前可供选用的防水材料和技术水平,是不难解决各种防水问题的。重点处理好工程的施工缝、变形缝、构造节点、出入口、穿墙管件、预埋件等部位的防水,精心地施工则是十分重要的。

1.2.3.3 地下防水工程分项工程的划分

根据国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001)规定,确定地下防水工程为地基与基础分部工程中的一个子分部工程。地下防水工程可划分为地下建筑防水工程、特殊施工防水工程、排水工程和注浆工程等主要内容。《地下防水工程质量验收规范》(GB 50208—2002)根据施工的实际工作内容对子分部工程进行分项,设定主控项目、一般项目。这有利于及时纠正施工中的质量问题,有利于工程质量的提高。

地下防水工程子分部分项工程划分见表 1-2。

表 1-2 地下防水工程的分项工程

子分部工程	分 项 工 程
地下防水工程	地下建筑防水工程:防水混凝土,水泥砂浆防水层,卷材防水层,涂料防水层,塑料板防水层,金属板防水层,细部构造
	特殊施工法防水工程:锚喷支护,地下连续墙,复合式衬砌,盾构法隧道
	排水工程:渗排水,盲沟排水,隧道、坑道排水
	注浆工程:预注浆、后注浆,衬砌裂缝注浆

1.2.4 正确选择和合理使用建筑防水材料

随着石油、化工、建材工业的快速发展和科学技术的发展,防水材料已从少数材料品种迈向多类型、多品种的格局,数量越来越多,性能各异。依据建筑防水材料的外观形态,一般可将建筑防水材料分为防水卷材、防水涂料、密封材料、刚性防水材料四大系列,这四大类材料又根据其组成不同可划分为上百个品种。

建筑防水材料其性质在建筑材料中属于功能性材料。建筑物采用防水材料的主要目的是为了防潮、防渗、防漏。建筑防水工程的质量,在很大程度上取决于防水材料的性能和质量,故应用于防水工程中的防水材料必须符合国家和行业的材料质量标准,并应满足设计要求。但不同的防水做法对材料也应有不同的防水功能要求。防水材料的国家和行业标准详见附录 D。

防水材料由于品种和性能各异,因此各有着不同的优缺点,也各具有相应的适用范围和要求,尤其是新型防水材料的推广使用,更应掌握这方面的知识。正确选择和合理使用建筑防水材料,是提高防水质量的关键,也是设计和施工的前提,选用防水材料应严格执行《建设部推广应用和限制、禁止使用技术》的规定(见附录 C)。在此基础上需注意以下几个方面。

1. 材料的性能和特点

建筑防水材料可分为柔性和刚性两大类。柔性防水材料拉伸强度大、伸长率大、质量小、施工方便,但操作技术要求较严,耐穿刺性和耐老化性能不如刚性材料。同是柔性材料,卷材为工厂化生产,厚薄均匀,质量比较稳定,施工工艺简单,工效高,但卷材搭接缝多,接缝处易脱开,对复杂表面及不平整基层施工难度大。而防水涂料其性能和特点与之恰

好相反。同是卷材，合成高分子卷材、高聚物改性沥青卷材和沥青卷材也有不同的优缺点。由此可见，在选择防水材料时，必须注意其性能和特点。有关各类防水材料的性能和特点可参考表 1-3。

表 1-3 各类防水材料性能特点

性能特点 ^①	材料类别									
	合成高分子卷材		高聚物 改性沥 青卷材	沥青 卷材	合成高 分子 涂料	高聚物 改性沥 青涂料	沥青基 涂料	防水混 凝土	防水 砂浆	粉状憎 水材料
	不加筋	加筋								
拉伸强度	○	○	△	×	△	△	×	×	×	—
延伸性	○	△	△	×	○	△	×	×	×	—
匀质性(厚薄)	○	○	○	△	×	×	×	△	△	×
搭接性	○△	○△	△	△	○	○	○	—	△	○
基层粘接性	△	△	△	△	○	○	○	—	—	—
背衬效应	△	△	○	△	△	△	△	—	—	○
耐低温性	○	○	△	×	○	△	×	○	○	○
耐热性	○	○	△	×	○	△	×	○	○	○
耐穿刺性	△	×	△	×	×	×	△	○	○	—
耐老化	○	○	△	×	○	△	×	○	○	○
施工性	○	○	○	冷△ 热×	×	×	×	△	△	△
施工气候影响程度	△	△	△	×	×	×	×	○	○	○
基层含水率要求	△	△	△	△	×	×	×	○	○	○
质量保证率	○	○	○	△	△	×	×	△	△	△
复杂基层适应性	△	△	△	×	○	○	○	×	△	×
环境及人身污染	○	○	△	×	△	×	×	○	○	○
荷载增加程度	○	○	○	△	○	○	△	×	×	×
价格	高	高	中	低	高	高	中	低	低	中
储运	○	○	○	△	×	△	×	○	○	△

① ○—好；△—一般；×—差。

2. 建筑物功能与外界环境要求

在了解了各类防水材料的性能和特点后，还应根据建筑物结构类型、防水构造形式，以及节点部位、外界气候情况（包括温度、湿度、酸雨、紫外线等）、建筑物的结构形式（整浇或装配式）与跨度、屋面坡度、地基变形程度和防水层暴露情况等决定相适应的材料。表 1-4 可供在决定选择相适应材料时参考。

3. 施工条件和市场价格

在选择防水材料时，还应考虑到施工条件和市场价格因素。例如合成高分子防水卷材可分为弹性体、塑性体和加筋的合成纤维三大类，不仅用料不同，而且性能差异也很大；同时还要考虑到所选用的材料在当地的实际使用效果如何；还应考虑到合成高分子防水卷材相配套的粘合剂、施工工艺等施工条件因素。

以上以防水卷材为例提出了选材的要求，同样防水涂料、密封材料也有很多品种与各种

技术指标,但其选材的要求与上述基本相同。选择材料除了上面提到的几点以外,还应进一步考虑防水层能否适应基层的变形问题。

我国常用的一些防水卷材、防水涂料、密封防水材料的品种、特点及适用范围、施工工艺等详见本书相关内容。

表 1-4 防水材料适用参考表

材料适用情况 ^①	材 料 类 别							
	合成高分子卷材	高聚物改性沥青卷材	沥青基卷材	合成高分子涂料	高聚物改性沥青涂料	细石混凝土	水泥砂浆	粉状憎水材料
特别重要建筑屋面	○	⊙	×	⊙	×	⊙	×	⊙
重要及高层建筑屋面	○	○	×	○	×	⊙	×	⊙
一般建筑屋面	△	○	△	△	※	○	※	○
有震动车间屋面	○	△	×	△	×	※	×	※
恒温恒湿屋面	○	△	×	△	×	△	×	△
蓄水种植屋面	△	△	×	⊙	⊙	○	△	△
大跨度结构建筑	○	△	※	※	※	×	×	※
动水压作用混凝土地下室	○	△	×	△	△	○	△	×
静水压作用混凝土地下室	△	○	※	○	△	○	△	×
静水压砖墙体地下室	○	○	×	△	×	△	○	×
卫生间	※	※	×	○	○	⊙	⊙	※
水池内防水	※	×	×	×	×	○	○	×
外墙面防水	×	×	×	○	×	△	○	×
水池外防水	△	△	△	○	○	⊙	○	×

① ○—优先使用; ⊙—复合采用; ※—有条件采用; △—可以采用; ×—不宜采用或不可采用。

1.2.5 地下防水工程的质量保证体系

地下防水工程的整体质量要求是不渗不漏,保证排水畅通,是建筑物具有良好的防水和使用功能,要保证地下工程的质量,涉及到选材、设计、施工、维护以及管理诸多方面的因素,因此必须实施“综合治理”的原则方可获得质量保证。

1.2.5.1 材料是基础

建筑物和构筑物的防水是依靠具有防水性能的材料来实现的,防水材料质量的优劣直接关系到防水层的耐久年限。

防水工程的质量在很大程度上取决于防水材料的性能和质量,材料是防水工程的基础。在进行防水工程施工时,所采用的防水材料必须符合国家或行业的材料标准,并应满足设计要求。但不同的防水做法,对材料的性能也应有不同的要求。建筑防水材料的共性要求如下。

1. 具有良好的耐候性,对光、热、臭氧等应具有一定的承受能力。
2. 具有抗水渗透和耐酸碱性能。
3. 对外界温度和外力具有一定的适应性,即材料的拉伸强度要高,断裂伸长率要大,能承受温差变化以及各种外力与基层伸缩、开裂所引起的变形。
4. 整体性好,既能保持自身的粘合性,又能与基层牢固粘接,同时在外力作用下,有