

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB50108—2001

地下工程防水技术规范

Technical code for waterproofing of underground works

2001—07—04 发布

2001—12—31 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

中华人民共和国建设部

联合发布

中华人民共和国国家标准
地下工程防水技术规范

GB 50108—2001

条文说明

主编部门：国家人民防空办公室
批准部门：中华人民共和国建设部
施行日期：2001 年 12 月 31 日

中国建筑资讯网
2001 北 京

目 次

1	总 则	4
3	地下工程防水设计	6
4	地下工程混凝土结构主体防水	11
5	地下工程混凝土结构细部构造防水	29
6	地下工程排水	36
7	注 浆 防 水	39
8	特殊施工法的结构防水	43
9	其 他	49
10	地下工程渗漏水治理	51

1 总 则

1.0.1 (原规范 1.0.1, 修改条文)

地下工程由于埋在地下, 时刻受地下水的渗透作用, 如地下工程防水性能不好, 致使地下水渗漏到工程内部, 将会带来一系列问题: 如影响人员在工程内正常的工作和生活; 使工程内部装修和设备加快锈蚀; 使用机械排除工程内部渗漏水, 需要耗费大量能源和经费, 而且大量的排水还可能引起地面和地面建筑物不均匀沉降和破坏; 另外, 据有关资料记载, 美国有 20% 左右的地下室存在氡污染, 而氡是通过地下水渗漏渗入地下工程内部聚积在地下工程内表面。我国地下工程内部氡污染的情况如何, 尚未见到相关报道, 但如地下工程存在渗漏水则会使氡污染的可能性增加。

为适应我国地下工程建设的需要, 使新建、续建、改建的地下工程能合理正常地使用, 充分发挥其经济效益、社会效益、战备效益, 因此对地下工程的防水设计、施工内容作出相应规定是极为必要的。在设计和施工中, 要贯彻质量第一的思想, 把确保质量放在首位。

1.0.2 (原规范 1.0.2, 修改条文)

根据 1998 年 3 月建设部标准定额司召开的规范修订协调会的精神, 本规范不再涉及验收规范的内容, 故删去原条文中验收的内容。

目前, 城市市政隧道修建越来越多, 为适应这一情况, 在本条中增加市政隧道这一内容。

关于水底隧道, 根据施工方法可分为矿山法、盾构法、沉管法等, 由于目前国内沉管法施工的水底隧道数量太少, 所以这次修编时未将沉管法的有关内容纳入。

1.0.3 (原规范 1.0.3, 修改条文)

防水原则既要考虑如何适应地下工程种类的多样性问题, 也要考虑如何适应地下工程所处地域的复杂性的问题, 同时还要使每个工程的防水设计者在符合总的原则的基础上可根据各自工程的特点有适当选择的自由。原《规范》提出的防水原则基本符合上述要求, 从修编过程中征求的意见来看, 使用单位对这一原则也是基本满意的。

根据征求的意见, 这次对原提出的原则增加了“刚柔相济”这一内容。原来的原则只规定了各种防水方法相结合, 这次加的内容是从材性角度要求在地下工程中刚性防水材料和柔性防水材料结合使用。实际上目前地下工程不仅大量使用刚性防

水材料，如结构主体采用防水混凝土，也大量使用柔性防水材料，如细部构造处的一些部位、主体结构需要采取柔性防水的部位，因此增加的内容是符合目前工程实际的。

1.0.4 (增加条文)

保护环境是我国的基本国策，考虑到地下工程防水施工中的噪音、材料、施工废弃物等会对周围生态环境造成不利影响，因此地下工程防水设计、施工时必须从选择施工方法、材料等方面事先考虑其对周围环境影响程度，并有针对性地采取措施，使对周围生态环境的影响减至最小。

1.0.5 (原规范 1.0.4，修改条文)

由于材料使用是否合适是保证地下工程防水质量的关键一环，因此这次修订时对推广新材料持更加积极和慎重的态度。

1.0.6 (原规范 1.0.5，修改条文)

根据建设部 1996 年颁发的《工程建设技术标准编写规定》第二章十四条的规定改为：“……除应符合本规范外，尚应符合国家现行的有关强制性标准的规定”典型用语。

3 地下工程防水设计

3.1 一般规定

3.1.3 (原规范 2.1.3, 修改条文)

本条将“合理确定工程防水标高”做了修改。“工程防水标高”最早的含义是地下工程防水设防高度应为地下水位高度加 1m(1m 即是毛细管水上升的高度)。在原规范编写时,“工程防水标高”被定义为地下工程防水设防高度,它不单纯地以最高地下水位而定,而应综合分析历年水位地质资料、根据工程重要性、工程建成后地下水位变化的可能性等因素而定。上面两个定义虽有差别,但都强调防水设防高度主要由地下水位而定。但地下工程不仅受地下水、上层滞水、毛细管水等作用,也受地表水的作用,同时随着人们对水资源保护意识的加强,合理开发利用水资源的人为活动将会引起水文地质条件的改变,也会对地下工程造成影响,因此地下工程不能单纯以地下最高水位来确定工程防水标高,对单建式地下工程应采用全封闭、部分封闭的防排水设计(全封闭、部分封闭系指防水层的封闭程度,部分封闭只在地层渗透性较好时采用或可采用自流排水排走流入工程内的渗漏水,此时工程结构底板可按结构受力要求考虑)。对附建式的全地下或半地下工程的设防高度,应高出室外地坪高程 500mm 以上,确保地下工程的正常使用。

3.1.4 (原规范 2.1.4, 修改条文)

防水混凝土自防水结构作为工程主体的防水措施十余年来已普遍为地下工程界所接受,根据各地的意见,修编时将原《规范》中的“宜采用防水混凝土结构”改为“应采用防水混凝土结构”。

3.1.5 (原规范 2.1.5, 修改条文)

根据目前工程实践所遇到的问题及积累的经验,新增了预留通道接头、桩头防水的内容。

3.1.8 (增加条文)

原《规范》对设计内容没做规定,因此工程防水设计时有一定的随意性,加上这条内容的目的是使防水设计规范化,使地下工程建设从设计阶段开始就对防水有明确的要求,为确保地下工程正常使用打下良好的基础。

3.2 防水等级

3.2.1 (原规范 2.2.1, 修改条文)

原《规范》规定的防水等级划分为四级, 经过十余年的使用, 从防水工程界的反映来看基本上是符合实际的、可行的, 因此这次仍保留原防水等级的划分。但原《规范》的规定也暴露以下一些问题:

1 有的级别没有数量指标, 只有定性要求, 这就给施工和验收造成一定困难。

2 原《规范》只规定了整个工程的渗漏水量的指标, 而对工程局部的渗漏水量的指标没有规定, 这就有可能造成有的工程整体渗漏水量达标, 但局部渗漏水量超标, 严重影响工程正常使用。

针对上述问题, 修订时作了如下修改:

1 除一级外, 其他各级都给出了定量指标。

2 定量指标不仅规定了整个工程的量值, 也规定了工程任一局部的量值。

修订上述标准的主要依据是:

1 防水等级为一级的工程其结构内壁并不是没有地下水的渗透现象, 在原规范的条文说明对此有过明确地叙述, 其渗透量约在 $0.012 \sim 0.024 \text{L/m}^2 \cdot \text{d}$ 。20 世纪 90 年代德国 STUVA 隧道防水等级规定处于完全干燥的隧道其容许渗漏水量为:10m 区间为 $0.02 \text{L/m}^2 \cdot \text{d}$, 100m 区间为 $0.01 \text{L/m}^2 \cdot \text{d}$ 。根据国内外的上述看法, 一级标准的结构内壁是有少量渗水的。修订组在讨论要不要对一级标准规定定量指标时认为:由于渗水量极小, 且随时都为正常的人工通风所带走, 因此量测极为困难, 规定了这一指标后将给验收工作带来困难。而不规定定量指标, 仍沿用原来的定性描述, 通过感观检查也可判断工程是否达到一级标准。因此这次修订时对一级标准仍没有规定定量指标。

2 防水等级为二级的工程的渗漏水量原规范在条文说明中根据国内外资料给出了渗漏量的大概值($0.025 \sim 0.2 \text{L/m}^2 \cdot \text{d}$), 20 世纪 90 年代德国 STUVA 隧道防水等级规定处于基本干燥的隧道其容许渗漏水量为:10m 区间为 $0.1 \text{L/m}^2 \cdot \text{d}$, 100m 区间为 $0.05 \text{L/m}^2 \cdot \text{d}$; 由毛细管现象产生湿迹的隧道, 即在衬砌内壁可见局部明显渗水现象, 但无水珠滴落现象时其容许渗漏水量为:10m 区间为 $0.2 \text{L/m}^2 \cdot \text{d}$, 100m 区间为 $0.10 \text{L/m}^2 \cdot \text{d}$ 。上述德国标准中的渗漏水量的量值和我国防水等级为二级时的量值基本上是一致的。但由于这一量值仍然较小, 难以准确检测, 如以这一量值作为标准将给工程验收带来一定困难。在过去十年间, 上海地区曾对工程渗漏水量大小与工程表面的湿迹大小进行了长期观测, 尽管由于工程通风与否、风量大小、季节、湿度、温度等环境条件对湿迹的状态影响甚大, 但经对大量观测数据的分析, 在通风不好、

工程内部湿度较大的情况下,也得到了一些有价值的数据:每 5~6 滴水约为 1mL 水量,每分钟 2~3 滴的渗水量约与 0.06m^2 湿迹相当。因此,铁道、隧道等部门在判断一个工程是否达到二级标准时,采用测量任意 100m^2 防水面积上湿迹总面积、单个湿迹的最大面积、湿迹个数的办法来判断,已得到工程界的认可。因此修订时根据工程的不同用途,规定了工程结构内壁任意 100m^2 防水面积上湿迹总面积值,单个湿迹最大面积值及湿迹个数作为判断工程是否达到二级标准的量化指标。

3 三级标准中明确规定漏点数量、每个漏点的最大渗漏量,单个湿迹的最大面积,以便于工程验收。修订后的标准严于原定的标准,是考虑三级标准的工程对防水仍有一定的要求,标准过低会影响使用。在地下工程中,顶(拱)的渗漏水一般为滴水,而侧墙则多呈流挂湿迹的形式,当侧墙的最大湿迹面积小于 0.3m^2 时,此处的渗漏仍可认为符合三级标准。

4 防水等级为四级的工程的渗漏水保留了原整个工程渗漏水量的数值,增加了任一局部的渗漏水量的数值,其任意 100m^2 防水面积渗漏水量为整个工程渗漏水量的 2 倍。这是参照 20 世纪 90 年代德国 STUVA 防水等级中的规定,该规定中 100m 区间渗水量是 10m 区间的 $1/2$,是 1m 区间的 $1/4$ 。

3.2.2 (原规范 2.2.2,修改条文)

原条文中各类地下工程的防水等级予以删除,而增加了不同防水等级的适用范围。之所以作此变动,一是地下工程用途极广,原表中很难把所有工程类别一一列举;二是根据原表的规定,当某个工程的用途确定后,其整个工程的防水等级也随之确定,但实际上整个工程的不同部位、不同区域的防水等级要求还是有所差别的,如用同一防水等级来要求,这将给施工、验收带来不利的影响,也会相应提高工程造价。在设计时,可根据表中规定的适用范围,结合工程实际情况合理确定工程的防水等级。如办公用房属人员长期停留场所,档案库、文物库属少量湿迹会使物品变质、失效的贮物场所,配电间、地下铁道车站顶部属少量湿迹会严重影响设备正常运转和危及工程安全运营的场所或部位,指挥工程属极重要的战备工程,故都应定为一級;而一般生产车间属人员经常活动的场所,地下车库属有少量湿迹不会使物品变质、失效的场所,电气化隧道、地铁隧道、城市公路隧道、公路隧道侧墙属有少量湿迹基本不影响设备正常运转和工程安全运营的场所或部位,人员掩蔽工程属重要的战备工程,故应定为二级;城市地下公共管线沟属人员临时活动场所,战备交通隧道和疏散干道属一般战备工程,可定为三级;像涵洞这类对渗漏水无严格要求的工程则定为四级。对于一个工程(特别是大型工程),因工程内部各部分的用

途不同，其防水等级可以有所差别，设计时可根据表中适用范围的原则分别予以确定。但设计时要防止防水等级低的部位的渗漏水影响防水等级高的部位的情况。

3.3 防水设防要求

3.3.1 (原规范 2.3.2、2.3.3、2.3.4，修改条文)

不同防水等级的地下工程防水方案是地下工程防水界普遍关心的问题，这次修订时对此做了较大的改动。

从原《规范》编写时调研的资料和这次修编时调查了解的情况来看，地下工程的防水可分为两部分内容，一是结构主体防水，二是细部构造特别是施工缝、变形缝、诱导缝、后浇带的防水。目前结构主体采用防水混凝土结构自防水其防水效果尚好，而细部构造，特别是施工缝、变形缝的渗漏水现象较多，工程界有所谓“十缝九漏”之说。针对目前存在的这种情况，明挖法施工时不同防水等级的地下工程防水方案分为四部分内容，即主体、施工缝、后浇带、变形缝。对于结构主体，其防水采用目前普遍应用的防水混凝土自防水结构，当工程的防水等级为一级时，应再增设一至两道其他防水层，当工程的防水等级为二级时，可视工程所处的地质条件、环境条件等不同情况，应再增设一道其他防水层。之所以做这样的规定，除了确保工程的防水要求外，还考虑到下面的因素：即混凝土材料过去人们一直认为是永久性材料，但通过长期实践，人们逐渐认识到混凝土在地下工程中会受地下水侵蚀，其耐久性会受到影响。现在我国地下水特别是浅层地下水受污染比较严重，而防水混凝土又不是绝对不透水的材料，据测定抗渗等级为 S8 的防水混凝土的渗透系数为 $5\sim 8\times 10^{-10}\text{cm/s}$ 。所以地下水对地下工程的混凝土、钢筋的侵蚀破坏已是一个不容忽视的问题。防水等级为一、二级的工程，多是一些比较重要、投资较大、要求使用年限长的工程，为确保这些工程的使用寿命，单靠用防水混凝土来抵抗地下水的侵蚀其效果有限，而防水混凝土和其他防水层结合使用则可较好地解决这一矛盾。对于施工缝、后浇带、变形缝，应根据不同防水等级选用不同的防水措施，防水等级越高，拟采用的措施越多，一方面是为了解决目前缝隙渗漏率高的状况，另一方面是由于缝的工程量相对于结构主体来说要小得多，采用多种措施也能做到精心施工，容易保证工程质量。暗挖法施工时，其与明挖法不同处是主体不同的衬砌措施即是不同防水等级的防水措施，二是工程内垂直施工缝多，其防水做法与水平施工缝有所区别。

此条只讲了明挖法和暗挖法施工的地下工程的不同防水等级的防水措施，其他

施工方法施工的地下工程不同防水等级的防水措施拟结合其施工方法的特点放在第八章各节内叙述。

4 地下工程混凝土结构主体防水

4.1 防水混凝土

I 一般规定

4.1.1 (原规范 3.1.1, 修改条文)

由于防水混凝土的抗渗等级是根据素混凝土试件试验测得, 而地下工程结构主体中钢筋密布, 将对混凝土的抗渗性有不利影响, 为确保地下工程结构主体的防水效果, 故将地下工程结构主体的防水混凝土抗渗等级定为不小于 S6。

4.1.2 (原规范 3.3.1, 保留条文)

规定防水混凝土抗渗压力应比设计要求高 0.2MPa, 是因为混凝土抗渗压力是试验室得出的数值, 而施工现场条件比试验室差, 其影响混凝土抗渗性能的因素有些难以控制, 因此抗渗等级应提高一个等级(0.2MPa)。

II 设计

4.1.3 (原规范 3.1.1, 修改条文)

此条对防水混凝土抗渗等级选用表做了较大的修改。原《规范》的选用表是参照水工混凝土抗渗等级的有关规定制定的, 通过十余年使用表明, 在地下工程中按最大水头和混凝土壁厚比值来确定设计抗渗等级往往选用的抗渗等级较高, 不太符合工程实际的需要, 如有的工程埋深 10m 左右, 由于结构的壁厚不大, 按原表 3.1.1 的要求, 设计抗渗等级要达到 S12, 这不仅造成工程成本的提高, 而且由于高抗渗等级的防水混凝土水泥用量要相应增加, 从而混凝土硬化时其水化热的产生量也相应增大, 如果施工中不采用相应措施, 则极易使混凝土产生裂缝而使工程渗漏。

现在的防水混凝土抗渗等级选用表是参照近十余年来各地工程实践经验制定的:

1 上海盾构隧道混凝土管片, 其混凝土抗渗等级等于隧道埋深水压力的 3 倍, 且不得低于 0.8MPa。

2 上海宝钢某地下工程, 埋深 35m, 混凝土的抗渗等级为 S12。

3 近年来一些埋深 10m 左右的工程其防水混凝土的抗渗等级多为 S6~S8。

4.1.4 (原规范 3.1.2, 保留条文)

当防水混凝土用于具有一定温度的工作环境时, 其抗渗性随着温度提高而降低, 温度越高则降低得越显著, 当温度超过 250℃时, 混凝土几乎失去抗渗能力, 参见表

1. 因此规定，最高使用温度不得超过 100℃。

表 1 不同加热温度的防水混凝土抗渗性能表

加热温度(℃)	抗渗压力(MPa)
常温	1.8
100	1.1
150	0.8
200	0.7
250	0.6
300	0.4

4.1.5 (原规范 3.1.3, 修改条文)

不少地方反映混凝土的垫层强度和厚度原规定太小，并已在工程中做了相应提高，另外，对于预拌混凝土来说，很难配出低于 C15 的混凝土，根据调研搜集的这种情况，对此条做了相应的修改。

4.1.6 (原规范 3.1.4, 修改条文)

此条做了两点修改：

1 衬砌厚度由“不应小于 200mm”改为“不应小于 250mm”。其理由一是根据十余年工程实践不少地方反映原规定值偏小；二是与其他规范不一致，如《钢筋混凝土高层建筑结构设计与施工规程》规定衬砌厚度不应小于 250mm。

2 原规范中钢筋保护层系指主筋的保护层厚度，由于地下工程中主筋外还有箍筋，因此箍筋的保护层厚度较薄，再加上施工中的误差，则会产生箍筋外露或保护层极薄的情况，从而会使地下水沿钢筋渗入工程内部，实际工程中也常见这种原因引起的渗漏水现象，故这次修改时加大了迎水面钢筋保护层厚度。

III 材 料

4.1.7 (原规范 3.2.1, 修改条文)

原《规范》规定可采用 325 号水泥，这是针对当时 325 号水泥产量较大的实际情况决定的。随着国民经济的发展，我国制定了新的水泥标准，新标准中取消了 325 号水泥，并用水泥强度等级代替原水泥标号，规定最低强度等级值为 32.5MPa，相当于原标准的 425 号水泥，因此地下工程配制防水混凝土选用水泥时应按新标准执行。

4.1.8 (原规范 3.2.2, 修改条文)

泵送防水混凝土的石子最大粒径应根据输送管的管径决定，其石子最大粒径不应大于管径的 1/4，否则将影响泵送。

4.1.10 (原规范 3.2.4, 修改条文)

外加剂对提高防水混凝土的防水质量极有好处,故本条予以保留,但根据目前工程中应用外加剂种类的情况,新增了膨胀剂、防水剂、复合型外加剂等内容。另外根据国产外加剂质量情况,增加了对外加剂质量指标的要求。因目前有的外加剂产品质量仍分为几级,其各级的性能差别较大,考虑地下工程防水的使用要求,故本条增加了对外加剂产品质量要求的内容。

4.1.11 (原规范 3.2.5, 修改条文)

粉煤灰、磨细矿渣粉、硅粉等均属活性掺合料,他们在水泥水化后期均参与水化反应,掺加这些材料既可填充混凝土空隙,提高密实性,又可使混凝土流动性增加,同时由于它们早期不反应,因此可降低水泥早期的水化热,各地现已大量使用这些掺合料。根据上述情况,删掉了原条文中磨细砂、石粉等内容,新增了磨细矿渣粉、硅粉等内容。至于掺加量,既与这些掺合料的磨细程度有关,也与混凝土要求的强度等级有关,使用时应根据其磨细程度和使用要求通过试验确定其用量。

4.1.12 (增加条文)

防水混凝土要起到防水作用,除混凝土本身具有较高的密实性、抗渗性以外,还要求混凝土施工完后不开裂,特别是不能产生贯穿裂缝。为了防止或减少混凝土裂缝的产生,在配制混凝土时加入一定量的钢纤维或合成纤维,可有效提高混凝土的抗裂性,近年来的工程实践已证明了这一点。但由于掺加纤维后混凝土的成本相应提高,故条文中增加了“根据工程抗裂需要”这一使用条件。

4.1.13 (增加条文)

因碱骨料反应引起混凝土破坏已成为一个世界性普遍存在的问题。由于地下工程长期受地下水、地表水的作用,如果混凝土中水泥和外加剂中含碱量高,遇到混凝土中的集料是碱活性,即有引起碱骨料反应的危险,因此在地下工程中应对所用的水泥和外加剂的含碱量有所控制,以避免碱骨料反应的发生。国内外对混凝土中含碱量的规定各不相同,英国规定混凝土每立方米含碱量不超过 3kg,对不重要工程可放宽至 4.5kg;南非一些国家认为混凝土每立方米含碱量小于 1.8kg 时较安全,1.8~3.8kg 时为可疑危害,大于 3.8kg 时为有害;北京市建委于 1995 年 3 月 1 日规定:对于应用于桥梁、地下铁道、人防、自来水厂大型水池、承压输水管、水坝、深基础、桩基等外露或地下结构以及经常处于潮湿环境的建筑结构工程(包括构筑物)必须选用低碱外加剂,每立方米混凝土掺用外加剂加入的碱量不得超过 1kg。根据以上资料,本规范建议每立方米防水混凝土中各类材料的总碱量(Na₂O 当量)不得大于 3kg。

IV 施 工

4.1.14 (原规范 3.3.1, 修改条文)

本条做了以下几点修改:

1 水泥标号取消了 325 号的内容, 理由已在 4.1.7 中述及。

2 增加了泵送防水混凝土对砂率的要求, 因泵送时要求混凝土有较好的流动性, 故应适当提高其砂率。

3 水灰比的大小对防水混凝土的防水性能影响较大, 根据目前外加剂的开发利用的情况, 掺加减水剂后其水灰比可以降低, 因此把原《规范》规定的最大水灰比 0.6 降为 0.55。

4 增加了预拌混凝土的坍落度的规定。目前工程实践中预拌混凝土的坍落度普遍偏高, 有的高达 20cm 左右, 但实际上在地下工程中并没有这种必要。在工程施工中为了达到较高的坍落度有的是采用掺加外加剂的方法, 有的是采用提高水灰比的方法, 前者会增加工程造价, 后者则可能降低混凝土的防水性能。经征求意见, 认为预拌混凝土用于地下工程防水时其入泵坍落度宜控制在 $12 \pm 2\text{cm}$ 的范围内。另外预拌混凝土的搅拌地和浇筑地不在一处, 从搅拌到入泵需经过一段时间, 因此坍落度会有损失, 如损失过大, 则会影响混凝土的施工质量, 所以条文中规定了坍落度的损失值, 以确保混凝土的施工质量。

5 用于防水的预拌混凝土不仅由于从搅拌地到施工处需花一定时间, 特别是在城市内部, 因交通等问题会使这一时间更长, 而且预拌混凝土多用于大型地下工程, 混凝土工程量大。如果混凝土凝固时间过短, 既有可能运到工地时混凝土就不能施工, 更有可能在混凝土浇筑时层与层之间出现冷缝, 造成工程渗漏水的隐患。缓凝时间的长短与诸如城市交通状况、搅拌地到施工地距离、天气状况、工程量的大小等很多因素有关, 施工时应根据上述因素综合考虑, 以确保混凝土浇筑时不会出现冷缝为原则。

4.1.18 (原规范 3.3.5, 修改条文)

根据目前工程施工的经验, 增加二次掺加减水剂的方法来确保混凝土坍落度满足施工要求的内容。针对施工中遇到坍落度不满足施工要求时有随意加水的现象, 本条做了严禁直接加水的规定。因随意加水将改变原有规定的水灰比, 而水灰比的增大将不仅影响混凝土的强度, 而且对混凝土的抗渗性影响极大, 将会造成渗漏水的隐患。

4.1.20 (原规范 3.3.7, 修改条文)

墙体水平施工缝距底板的距离由不小于 200mm 改为 300mm, 这是考虑现在施工

中采用钢模板比较普遍,这一距离的大小应与钢模板的模数相适应。

4.1.21 (原规范 3.3.7, 修改条文)

施工缝的构造形式做了较大的改动。原规范推荐的凹缝、凸缝、阶梯缝,从十年实践来看均有不同的问题,凹缝清理困难,这使施工缝的防水可靠性降低,凸缝和阶梯缝则支模困难,不便施工,但目前这几种形式仍在应用,考虑上述情况,这次修改未予保留,即不再提倡。外贴式止水带虽造价高些,但用于施工缝防水处理效果尚好,故将此种形式列入,同时也在此列入外贴卷材、外涂涂层的方法。施工缝上敷设遇水膨胀止水腻子条或遇水膨胀橡胶条的做法目前较为普遍,且随着缓胀问题的解决,此法的效果会更好,故也列入。中埋止水带用于施工缝的防水效果一直不错,故仍予以保留。中埋式止水带从材质上看,有钢板和橡胶两种,从防水角度上这两种材料均可使用。但在防护工程中,宜采用钢板,以确保工程的防护效果。

4.1.22 (原规范 3.3.8, 修改条文)

施工缝的防水质量除了与选用的构造措施是否合理有关外,还与施工质量有很大的关系,本条根据各地的实践经验,对原条文做了较大地改动。

1 删除了原条文中凿毛的内容,因混凝土硬化后进行凿毛不仅费时费力,而且还会引起混凝土的松动,造成渗漏水隐患。增加了清除缝表面浮浆的内容,做法是在混凝土终凝后(一般来说,夏季在混凝土浇筑后 24h,冬季则在 36~48h,具体视气温、混凝土强度等级而定,气温高、混凝土强度等级高者可短些),立即用钢丝刷将表面浮浆刷除,边刷边用水冲洗干净,并保持湿润,冬季施工时则应在缝表面采取防冻措施。这不仅是因为混凝土刚刚终凝,浮浆的清除较为容易,更主要的是这层浮浆是妨碍新老混凝土结合的障碍,由于新老混凝土不能紧密结合使施工缝容易产生渗漏水。另外把 1:1 水泥砂浆层的厚度由 20~25mm 改为 30~50mm,目的是使新老混凝土结合更好,如不先铺水泥砂浆层或铺的厚度不够,将会出现工程界俗称的“烂根”现象,极易造成施工缝的渗漏水。还应注意铺水泥砂浆层或刷界面处理剂后,应及时浇灌混凝土,若时间间隔过久,水泥砂浆已凝固或界面处理剂固化后,则起不到使新老混凝土密切结合的作用,仍会留下渗漏水的隐患。

2 遇水膨胀橡胶止水腻子条或遇水膨胀橡胶止水条是近年来在施工缝上使用的新材料,有的地方用后效果尚好,有的地方用后效果不佳,其效果不佳的原因:一是由于降雨或施工用水等使止水腻子条或止水条过早膨胀,因此条文规定止水腻子条或止水条应具有缓胀性能;二是固定不牢固,故此条文中也明确对此作了规定。

3 中埋止水带只有位置准确、固定牢固才能起到止水作用,因此做此规定。

4.1.23 (原规范 3.3.9, 修改条文)

大体积混凝土近年来在地下工程中应用越来越多。大体积混凝土与普通混凝土的区别表面上看是厚度不同,但其实质的区别是由于混凝土中水泥水化要产生热量,大体积混凝土内部的热量不如表面的热量散失得快,造成内外温差过大,其所产生的温度应力可能会使混凝土开裂。因此判断是否属于大体积混凝土既要考虑厚度这一因素,又要考虑水泥品种、强度等级、每立方米水泥用量等因素,比较准确的方法是通过计算水泥水化热所引起的混凝土的温升值与环境温度的差值大小来判别,一般来说,当其差值小于 25℃时,其所产生的温度应力将会小于混凝土本身的抗拉强度,不会造成混凝土的开裂,当差值大于 25℃时,其所产生的温度应力有可能大于混凝土本身的抗拉强度,造成混凝土的开裂,此时就可判定该混凝土属大体积混凝土,并按条文中规定的措施进行施工,以确保混凝土不致开裂,造成工程渗漏水的隐患。

通过水泥水化热来计算温升值比较麻烦,《工程结构裂缝控制》(王铁梦著)中根据最近几年来的现场实测降温曲线及实测数据,经统计整理水化热温升值,可直接应用于相类似的工程,见表 2。

当使用其他品种水泥,强度等级、模板、水泥用量有变化时,应将上表中的数值乘以修正系数: $T_{\max}=T' \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4$,各修正系数的值见表 3。

表 2 混凝土结构物水化热温升值 (T')

壁厚(m)	温升 T' (°C)	夏季(气温 32~38℃)		壁厚(m)	温升 T' (°C)	冬季(气温 +3~-5℃)	
		入模温度 (°C)	最高温度 (°C)			入模温度(°C)	最高温度 (°C)
0.5	6	30~35	36~41	0.5	5	10~15	15~20
1.0	10	30~35	40~45	1.0	9	10~15	19~24
2.0	20	30~35	50~55	2.0	18	10~15	28~33
3.0	30	30~35	60~65	3.0	27	10~15	37~42
4.0	40	30~35	70~75	4.0	36	10~15	46~51

注:表中数据是在以下条件下获得的:①水泥品种:矿渣水泥;②水泥强度等级:32.5MPa;③水泥用量:275kg / m³;④模板:钢模板;⑤养护条件:两层草包保温养护。

表 3 修正系数表

水泥强度等级修正系数 k ₁	水泥品种修正系数 k ₂	水泥用量修正系数 k ₃	模板修正系数 k ₄
32.5MPa 1.00 42.5MPa 1.13	矿渣水泥 1.00 普通硅酸盐水泥 1.20	$k_3 = \omega / 275$ ω 为实际水泥用量(kg / m ³) 1.4	钢模板 1.0 木模板其他保温模板 1.4

注:如遇有中间状态可用插入法确定。

现举例说明以上二表的用法。某工程混凝土厚度 2m，采用普通硅酸盐水泥强度等级为 42.5MPa，水泥用量 360kg/m³，木模板，夏季施工，试计算最高温升。

$$\begin{aligned} T_{\max} &= T' \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \\ &= 20 \times 1.13 \times 1.2 \times 360 / 275 \times 1.4 \\ &= 49.7^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

夏季入模温度为 32.5℃，则混凝土的最高温度可达 49.7+32.5=82.2℃。而有一类似工程的实测温度记录为 80℃，故上二表直接用于相似的工程中，是比较切合实际的。

根据各地大体积混凝土施工的经验，增补了大体积混凝土施工时防止裂缝产生的有关技术措施。大体积混凝土施工时，一是要尽量减少水泥水化热，推迟放热高峰出现的时间，如采用 60d 龄期的混凝土强度作为设计强度(此点必须征得设计单位的同意)，以降低水泥用量；掺粉煤灰可替代部分水泥，既可降低水泥用量，且由于粉煤灰的水化反应较慢，可推迟放热高峰的出现时间；掺外加剂也可达到减少水泥、水的用量，推迟放热高峰出现的时间；夏季施工时采用冰水拌和、砂石料场遮阳等措施可降低混凝土的出机和入模温度。以上这些措施可减少混凝土硬化过程中的温度应力值。二是进行保温保湿养护，使混凝土硬化过程中产生的温差应力小于混凝土本身的抗拉强度，从而可避免混凝土产生贯穿性的有害裂缝。

4.1.24 (原规范 3.3.10，修改条文)

根据近十年来的工程实践，只保留了螺栓加堵头这种防水效果较好的做法。在采用螺栓加堵头的方法时，人们创造出一种工具式螺栓，可简化施工操作并可反复使用，因此重点介绍了这种做法。

4.1.25 (原规范 3.3.11，保留条文)

防水混凝土的养护是至关重要的。在浇灌后，如混凝土养护不及时，混凝土内水分将迅速蒸发，使水泥水化不完全。而水分蒸发造成毛细管网彼此连通，形成渗水通道；同时混凝土收缩增大，出现龟裂，使混凝土抗渗性急剧下降，甚至完全丧失抗渗能力。若养护及时，防水混凝土在潮湿的环境中或水中硬化，能使混凝土内的游离水分蒸发缓慢，水泥水化充分，水泥水化生成物堵塞毛细孔隙，因而形成不连通的毛细孔，提高了混凝土的抗渗性(见表 4)。

表 4 不同养护龄期的混凝土抗渗性能表

养护方式	雾 室 养 护			备注
龄期(d)	7	14	23	水灰比为 0.5，砂率为 35%
坍落度(cm)	7.1	7.1	7.1	
抗渗压力(MPa)	1.1	>3.5	>3.5	

4.1.26 (原规范 3.3.12，保留条文)

地下工程进行冬季施工时，必须采取一定的技术措施。因为混凝土温度在+4℃时，强度增长速度仅为+15℃时的一半。当混凝土温度降到 4℃时，水泥水化作用停止，混凝土强度也停止增长。水冻结后，体积膨胀 8%~9%，使混凝土内部产生很大的冻胀应力。如果此时混凝土的强度较低，就会被冻裂，使混凝土内部结构破坏，造成强度、抗渗性显著下降。

冬季施工措施，既要便于施工、成本低，又要保证混凝土质量，具体应根据施工现场条件而选择。

化学外加剂主要是指防冻剂和防冻复合剂。在混凝土拌合物拌合用水中加入防冻剂或防冻复合剂能降低水溶液的冰点，以保证混凝土在低温或负温下硬化。如掺亚硝酸钠-三乙醇胺等防冻复合剂的防水混凝土，可在外界温度不低于-10℃的条件下硬化。但由于防冻剂或防冻复合剂的掺入会使溶液的导电能力倍增，故此不得在高压电源和大型直流电源的工程中应用，在施工时，还要适当延长混凝土搅拌时间，混凝土入模温度应为正温，振捣要密实。并要注意早期养护。

暖棚法是采取暖棚加温，使混凝土在正温下硬化，当建筑物体积不大或混凝土工程量集中的工程，宜采用此法。暖棚法施工时，暖棚内可以采用蒸汽管片或低压电阻片加热，使暖棚保持在 5℃以上，混凝土入模温度也应为正温。在室外平均气温为 15℃以下，或者表面系数在 6~8 以下的结构，应优先采用蓄热法，如经热工计算，采用加厚保温材料或使用早强剂配合时，此法能用于表面系数大于 8 的结构和温度低于-15℃的情况。采用蓄热法需经热工计算，根据每立方米混凝土从浇筑完毕的温度降到 0℃的过程中，透过模板及覆盖的保温材料所放出的热量与混凝土所含的热量及水泥在此期间所放出的水化热之和相平衡，与此同时混凝土的强度也正好达到临界强度。当利用水泥水化热不能满足热量平衡时，可采用原材料加热法(即分别加热水、砂、石)或增加保温材料的热阻。

蒸汽加热法和电加热法，由于易使混凝土局部热量集中，故不宜在防水混凝土冬季施工中使用。

4.2 水泥砂浆防水层

I 一般规定

4.2.1 (增加条文)

水泥砂浆防水层原规范只提到普通水泥砂浆防水层,掺外加剂(掺合料)水泥砂浆防水层这两类,根据目前国内外刚性防水材料发展趋向及近十年来国内防水工程实践的情况,增加了聚合物水泥砂浆防水层这一类材料。

II 设计

4.2.5 (原规范 4.2.4, 修改条文)

根据新品种防水材料的特性及目前应用的实际情况,将防水层的厚度分二种情况重新规定,对普通水泥砂浆防水层和掺外加剂(掺合料)的水泥砂浆防水层,其厚度定为 18~20mm,对聚合物水泥砂浆防水层根据施工层数的不同分别进行了规定。

III 材料

4.2.7 (原规范 4.2.1, 修改条文)

本条做了以下几点修改:

1 水泥强度等级改为 32.5MPa,去掉原选用 325 号水泥的内容。原条文中“膨胀水泥”用“特种水泥”代替,以适应目前的实际情况;

2 因现在外加剂、掺合料的品种越来越多,在砂浆中掺用聚合物进行改性的做法也越来越普遍,所以有必要列出对聚合物乳液和外加剂的主要技术要求。目前使用的聚合物种类较多,在地下工程中常用的聚合物有:乙烯-醋酸乙烯共聚物、聚丙烯酸酯、有机硅、丁苯胶乳、氯丁胶乳等。

4.2.8 (增加条文)

目前掺各种外加剂、掺合料、聚合物的防水砂浆品种繁多,给设计、施工单位选用这些材料带来一定的困难,但《规范》中又不可能将他们一一列出。为便于设计、施工单位选用,现根据地下工程防水的要求,列出选用这些材料所配制的防水砂浆应满足的主要技术性能指标要求。凡符合这些指标要求的材料,设计和施工单位方可使用。

IV 施工

4.2.17 (原规范 4.2.7, 修改条文)

本条增加了关于聚合物水泥砂浆防水层应采用干湿交替养护方法的规定。聚合物水泥砂浆防水层早期(硬化后 7d 内)采用潮湿养护的目的是为了使水泥充分水化而

获得一定的强度，后期采用自然养护的目的是使胶乳在干燥状态下使水分尽快挥发而固化形成连续的防水膜，赋予聚合物水泥砂浆良好的防水性能。

4.3 卷材防水层

I 一般规定

4.3.1 (增加条文)

此条明确提出卷材防水层的适用范围，这是根据卷材的性能提出的。因为高聚物改性沥青卷材和合成高分子卷材耐腐蚀性能较好，这两类卷材中有些品种卷材延伸率较高，因此可根据工程的实际需要选用适合要求的卷材品种。

4.3.2 (增加条文)

本条提出卷材防水层应铺设在结构主体迎水面的基面上，是为保护结构主体不受侵蚀性介质作用，并为达到防御外部压力水渗入结构主体内部的目的。同时由于卷材与混凝土基面粘结力不大，卷材铺贴在迎水面则可避免卷材这一短处。

4.3.3 (增加条文)

1 近几年在渗漏治理工程中遇到有些工程地下室的卷材防水层只做在结构主体的侧墙上而底板部位不做，致使结构主体卷材防水层不交圈、不封闭，产生渗漏水。这是因为有些设计人员认为，建筑物(尤其是高层建筑)地下室的防水混凝土底板很厚，足以发挥防水作用而可不设卷材防水层造成的。

2 墙体顶端是指卷材防水层的设防高度应符合本规范 3.1.3 条规定，即高出室外地坪高程 500mm 以上。

II 设计

4.3.4 (增加条文)

卷材防水层必须具有足够的厚度，才能保证防水的可靠性和耐久性。按照两层做法防水质量较优的经验，建议卷材尽可能不单层使用。高聚物改性沥青卷材双层使用时，宜采用两层 3mm 厚或一层 4mm 与一层 3mm 厚或两层 4mm 厚的方案，不宜采用较薄的 2mm 厚卷材与 4mm 厚卷材复合，因 2mm 厚卷材在热熔法施工时卷材易被烧穿，影响防水层质量。

III 材料

4.3.6 (原规范 4.3.1 修改条文)

1 删掉原条文中过时的笼统提法“采用橡胶、塑料、沥青类”等卷材。明确提出应选用现时国家要求推广的新型防水卷材，即高聚物改性沥青类和合成高分子类

防水卷材。过去常用的传统防水卷材“石油沥青纸胎油毡”，由于其物理性能指标差以及在现场熬制热沥青玛★脂存在环境污染等原因，已在各地陆续被淘汰或限制使用，故本规范不再列入。

2 目前适用于地下工程的高聚物改性沥青类防水卷材的主要品种有:(1)弹性体改性沥青防水卷材，是用苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物(简称 SBS)改性沥青和聚酯毡或玻纤毡胎体制成；(2)塑性体改性沥青防水卷材是用无规则聚丙烯(APP)等改性沥青和聚酯毡或玻纤毡胎体制成；(3)改性沥青聚乙烯胎防水卷材(JC/T63396)是以改性沥青为基料、高密度聚乙烯膜为胎体制成的卷材。

3 目前适用于地下工程的合成高分子卷材的类型有:(1)硫化橡胶类卷材，主要有 JL₁ 三元乙丙橡胶(EPPM)和 JL₂ 氯化聚乙烯-橡胶共混等产品；(2)非硫化橡胶类卷材，主要有 JF₃ 氯化聚乙烯(CPE)等产品；(3)合成树脂类卷材，主要有 JS₁ 聚氯乙烯(PVC)等产品；(4)纤维胎增强类卷材，主要有丁基、氯丁橡胶、聚氯乙烯、聚乙烯等产品。

4 根据地下工程防水的特殊性，增加了对卷材及其胶粘剂应具有良好的耐水性、耐久性、耐穿刺性、耐腐蚀性、耐菌性的要求。

5 除对卷材性能提出以上原则要求外，增加了对卷材内在质量要求的主要物理性能指标，并列于表 4.3.6-1 和表 4.3.6-2 中。两表列出的指标数据是为保证产品质量满足地下工程防水需要，分别从卷材标准中经过比较选其一等品或偏优等级产品技术指标编制的。

制订以上两表数据的原因在于:目前国产卷材的国家标准或行业标准的产品等级大都分为优等品、一等品、合格品三级，也有分为一等品、合格品二级的，在合成高分子防水卷材标准中，按不同制造方法把卷材分为硫化橡胶类、非硫化橡胶类、树脂类和纤维增强类，并再分品种，致使各类各级产品性能指标差异较大，质量不在同一档次上，考虑到地下工程使用年限长，耐久质量要求高，且在工程渗漏水治理时卷材无法更换等特点，因此对两类卷材产品的质量分别提出统一、较高的要求是完全必要的。

4.3.7 (原规范 4.3.2 条，修改条文)

卷材胶粘剂的粘结质量是保证卷材防水层不产生渗漏的关键之一。采用热熔法铺贴高聚物改性沥青卷材和采用热风焊接法粘结合成树脂类热塑性卷材的接缝，卷材接缝粘结质量较易保证。本条增加的内容，主要是为保证两类卷材当采用冷胶粘剂时，冷粘法或自粘法铺贴大面积卷材时的粘结质量而提出这一要求的。

IV 施 工

4.3.10 (原规范 4.3.2 条、4.3.4 条, 修改条文)

本条是为提高卷材与基面的粘结力而提出的统一要求。目前大部分合成高分子卷材只能采用冷粘法铺贴, 为保证其在较潮湿基面上的粘结质量, 故提出施工时应选用湿固化型胶粘剂或潮湿界面隔离剂。

4.3.11 (增加条文)

本条提倡高聚物改性沥青卷材采用热熔法施工, 因其对基面的干燥程度要求较低, 比较适合地下工程基面较潮湿、工期较紧的情况, 且热熔的粘结材料系改性沥青, 耐久性较好, 符合防水要求。

4.3.12 (原规范 4.3.5 条, 修改条文)

1 考虑地下工程的工期一般较紧, 要求基面干燥到符合卷材铺设要求需时较长, 且防水层上压有较厚的底板防水混凝土等因素, 因此修改为卷材可空铺或用胶粘剂点粘在底板垫层上的内容。

2 为保证卷材施工时的粘结质量, 增加了热熔法和冷粘法铺贴卷材的具体要求。为保证合成高分子卷材冷粘法施工的防水层具有良好的密闭性, 故提出了热塑性卷材宜采用焊接法施工接缝的做法, 并规定了焊缝的有效焊接宽度值。

4.3.13 (原规范 4.3.6 条, 修改条文)

原规范采用外防外贴法铺设卷材防水层的规定未作大的变动, 主要变动处一是增加了永久性保护墙部位采用空铺, 这是为了适应工程主体有较大变形时避免拉坏该部位的卷材。二是增加了第四款采用不设临时性和永久性保护墙的施工方法。

4.3.14 (原规范 4.3.7 条, 修改条文)

1 在原规范采用外防内贴法铺贴卷材防水层的规定中, 删去了“应将永久性保护墙砌筑在与围护结构同一垫层上”的内容, 因为永久性保护墙必须先砌筑在垫层上, 不可能与后浇筑的混凝土主体结构分设两个垫层。

2 增加了铺贴卷材后应根据卷材特性选用保护层的内容, 主要是为防止主体结构施工绑扎钢筋和浇筑混凝土时损伤卷材防水层。

4.3.15 (原规范 4.3.9 条, 修改条文)

本条主要增加了底板垫层、立墙和顶板部位卷材防水层铺贴完成后应做保护层的各项规定。顶板保护层细石混凝土规定较厚, 主要考虑顶板上部使用机械碾压回填土, 如采用人工回填土, 则厚度可适当减小, 但不宜小于 50mm。条文中建议保护层和防水层间设隔离层, 如采用干铺油毡, 主要是防止保护层伸缩破坏防水层。软

保护层目前多采用聚乙烯泡沫塑料片材。

4.4 涂料防水层

I 一般规定

4.4.1 (增加条文)

地下工程应用的涂料既有有机类涂料，也有无机类涂料。

有机类涂料主要为高性能合成橡胶及合成树脂乳液类涂料。无机类涂料主要是水泥类无机活性涂料，条文中除列出过去已有的水泥基防水涂料外，还列入现已开始应用的水泥基渗透结晶型防水涂料，这是一种以水泥、石英砂等为基材，掺入各种活性化学物质配制的一种新型刚性防水材料。它既可作为防水剂直接加入混凝土中，也可作为防水涂层涂刷在混凝土基面上。该材料借助其中的载体不断向混凝土内部渗透，并与混凝土中某种组分形成不溶于水的结晶体充填毛细孔道，大大提高混凝土的密实性和防水性。当前国内采用聚合物水泥防水材料发展很快，用量日益增多(日本称此类材料为水凝固型涂料)，在地下工程防水中应用日益广泛。聚合物水泥防水涂料，是以有机高分子聚合物为主要基料，加入少量无机活性粉料(如水泥及石英粉等)。该涂料具有比一般有机涂料干燥快、弹性模量低、体积收缩小、抗渗性好等优点，国外称之为弹性水泥防水涂料。

4.4.2 (增加条文)

有机防水涂料常用于工程的迎水面，这是充分发挥有机防水涂料在一定厚度时有较好的抗渗性，在基面上(特别是在各种复杂表面上)能形成无缝的完整的防水膜的长处，又能避免涂料与基面粘结力较小的弱点。目前有些有机涂料的粘结性、抗渗性均较高，已用在埋深 10~20m 地下工程的背水面。

无机防水涂料由于凝固快，与基面有较强的粘结力，与水泥砂浆防水层、涂料防水层粘结性好，最宜用于背水面混凝土基层上做防水过渡层。

II 设计

4.4.3 (增加条文)

地下工程由于受施工工期的限制，要想使基面达到比较干燥的程度较难，因此在潮湿基面上施作涂料防水层是目前地下工程常遇到的问题之一。目前一些有机或无机涂料在潮湿基面上均有一定的粘结力，可从中选用粘结力较大的涂料。在过于潮湿基面上还可采用两种涂料复合使用的方法，即先涂水泥基防水涂料，利用其凝固快和与其他涂层防水层粘结好的特点，做成防水过渡层，而后再涂反应型、水乳

型、聚合物水泥涂料。

冬季施工时，由于气温低，用水乳型涂料已不适宜，此时宜选用反应型涂料。溶剂型涂料也适于在冬季施工使用，但由于涂料中溶剂挥发会给环境造成污染，故不宜在封闭的地下工程中使用。

4.4.4 (原规范 4.4.5，修改条文)

阴阳角处因不好涂刷，故要在这些部位设置增强材料，并增加涂刷遍数，以确保这些部位的施工质量。底板相对工程的其他部位来说承受水压力较大，且后续工序有可能损坏涂层防水层，故也应予以加强。

4.4.5 (增加条文)

根据近年来的工程实践，本条列举了防水涂料在地下工程中的两种做法。

4.4.6 (增加条文)

防水涂料必须具有一定厚度才能保证防水功能，所以本条对各类涂料的厚度作了相应规定。

III 材 料

4.4.7 (原规范 4.4.1，修改条文)、4.4.8(增加条文)

以上两条是对材料的要求，这是根据地下工程对材料的基本要求和目前材料性能的现状提出来的。

防水涂料目前品种极多，这既使设计和施工单位在材料选择上有较大余地，又给如何选择适合于地下工程防水要求的材料造成一定难度。根据地下工程防水对涂料的要求及现有涂料的性能，在表 4.4.8-1、4.4.8-2 中分无机涂料和有机涂料两大类分别规定了其性能指标要求。要想在地下工程中充分发挥防水涂料的防水作用，一是要有可操作时间，可操作时间过短的涂料将不利于大面积防水涂料施工；二是要有一定的粘结强度，特别是在潮湿基面(即基面饱和但无渗漏水)上有一定的粘结强度，因地下工程施工工期较紧，不允许基面干燥后再进行防水涂料施工；抗渗性是防水涂料最重要的性能，对有机涂料表中分别规定涂膜、涂膜在砂浆迎水面、背水面所应达到的值；有机防水涂料的特点是有较好的延伸率，根据目前在地下工程中应用较广的几种防水涂料提出了这一指标值，考虑地下工程的使用要求，此处提出的是浸水后的延伸率值；耐水性也是用于地下工程中的涂料需要强调的一个指标，因地下工程处于地下水的包围之中，如涂料通水产生溶胀现象，性能降低，就会失去其应有的防水功能。目前国内尚无适用于地下工程防水涂料耐水性试验的方法和标准，表中的方法和标准是根据地下工程使用要求制定的；实干时间也是实际施工

中应予以注意的指标，它也是根据目前材料的实际情况提出的。

IV 施 工

4.4.9 (原规范 4.4.2, 修改条文)

涂料施工前必须对基层表面的缺陷和渗水处进行认真处理，因为涂料尚未凝固时，如受到外水压力的作用会使涂料无法凝固或形成空洞，形成渗漏水的隐患。基面干净、无浮浆，有利于涂料均匀涂敷，使与基面有一定的粘结力。基面干燥在地下工程中很难做到，所以此条只提出无水珠、不渗水的要求。

4.4.10 (增加条文)

基层阴阳角涂布较难，根据工程实践，规定阴阳角做成圆弧形，以确保这些部位的涂布质量。

4.4.11 (增加条文)

本条提到的部位均是防水薄弱环节，在精心施工的同时，还应有密封或加强措施，以确保这些部位的防水质量。

4.4.13 (原规范 4.4.4, 修改条文)

涂料防水性能除与涂料本身的性能有关外，一定的厚度是保证涂层良好防水性能的关键之一，因此本条规定了涂料厚度必须达到设计要求值。

由于在地下工程施工会出现施工面积较大的情况，施工搭接缝有可能出现，为确保搭接缝处的防水质量，故本条新增了搭接缝宽度的规定。

4.4.15 (增加条文)

涂料防水层的施工只是地下工程施工过程中的一道工序，其后续工序，如回填、底板侧墙绑扎钢筋、浇筑混凝土等均有可能损伤已做好的涂料防水层，特别是采用有机涂料所做的防水层，所以本条对保护层的做法做了明确的规定。

4.5 塑料防水板防水层

4.5.1 (增加条文)

塑料防水板防水层是用于初期支护与二次衬砌间的一种防水层，原《规范》称为“夹层防水层”，并在防水卷材中列为一条。这种防水做法已在地铁、隧道中广泛使用，较之以前的做法无论在材料的选用、施工的方法上都趋于成熟，有鉴于此，这次修编时单列一节予以叙述。本条列举了目前在工程中常用的一些塑料防水板材料。

4.5.2 (增加条文)

本条对塑料防水板物理力学性能作了一些规定，便于在设计施工中选用。

防水板的幅宽应尽量宽些，这样防水板的搭接缝数量就会少些，如 1m 宽的防水板的搭接缝数量是 4m 宽板的 4 倍，而搭接缝又是防水板防水的薄弱环节。但防水板的幅宽又不能过宽，否则防水板的重量变大，会造成铺设困难。根据近年来工程实践来看，防水板的幅宽以 2~4m 为宜。

防水板的厚度与板的重量、造价、防水性能有关，板过厚则较重，于铺设不利，且造价较高，但过薄又不易保证防水施工质量，根据我国目前的使用情况以 1.0~2.0mm 较为合适。

防水板系置于初期支护与二次衬砌之间，在二次衬砌浇筑时会受到一定的拉力，故应有足够的抗拉强度。

初期支护为锚喷支护时，支护后围岩仍在变形，即使整个工程建成后，由于使用或地质等方面的原因工程结构也存在着变形问题，故防水板应有较高的延伸率值。

耐穿刺性是施工中对材料提出的要求，因二次衬砌时有的地段需要采用钢筋混凝土结构，在绑扎钢筋时会对防水板造成损伤，故要求防水板有一定的耐穿刺性，以免板被刺破使其完整的防水性遭到破坏。当二次衬砌用素混凝土浇筑时，可不考虑这一指标要求。

防水板因长期处于地下并要长期发挥其防水性能，故应具有良好的耐久性、耐腐蚀性、耐菌性。

抗渗性是防水板必备的一种性能。但目前的试验方法不能反映防水板处于地下受水长期作用这一条件，而要制定一套符合地下工程使用环境的试验方法也不是短期能解决的问题，故只好沿用现在工程界公认的试验方法所测得的数据。

防水板的物理力学性能系根据现在使用较多的几种防水板的性能综合考虑提出的，有些防水板的某些指标值可能远远大于表中的规定值，设计选用时可根据工程的要求及投资等情况合理选用。目前常用的几种防水板的性能见表 5。

表 5 几种常用塑料防水板的性能

品 种 项 目	E C B	E V A	L L D P E	L D P E	H D P E	P 型 P V C 优等品 G B 12952—91
	Q / S S J • J 0 2 • 0 1 — 1 9 9 9					
拉伸强度(MPa)	≥15.5	≥20	≥20	≥16	≥20	≥15
断烈延伸率(%)	≥560	≥600	≥600	≥500	≥600	≥250
热处理变化率 (%)	≤2.5	≤2	≤2	≤2	≤2	≤2
低温弯折性	-35℃无裂纹					-20℃无裂纹
抗渗透性	0.2MPa24h 无渗水					不透水

4.5.4 (原规范 4.5.2, 修改条文)

防水板系在初期支护如喷射混凝土、地下连续墙上铺设, 要求初期支护基层表面十分平整则费时费力, 且也达不到这一要求, 故条文中只提宜平整, 并根据工程实践的经验提出平整度的定量指标, 以便于铺设防水板。但基层表面上伸出的钢筋头、铁丝等坚硬物体必须予以清除, 以免损伤防水板。

4.5.5 (增加条文)

设缓冲层的目的一是因基层表面不甚平整, 铺设缓冲层后便于铺设防水板; 二是能避免基层表面的坚硬物体清除不彻底时刺破防水板; 三是有的缓冲层(如土工布)有渗排水性能, 能起到引排水的作用。

4.5.6 (原规范 4.3.8, 修改条文)

原条文中固定防水板的做法使防水板在固定处被穿过, 破坏了防水板的整体性, 易造成固定处渗漏水。采用暗钉圈焊接固定防水板可以消除这一弊端, 确保防水板的整体性。搭接缝的连接删掉粘结法, 因胶粘剂在地下长期使用很难确保其性能不变。采用焊接法时, 应采用双焊缝, 这一方面能确保焊接效果, 另一方面也便于充气检查焊缝质量。下部防水板压住上部防水板这一规定是为了使防水板外侧上部的渗漏水能顺利流下, 不至于积聚在防水板的搭接处而形成渗漏水的隐患。

4.5.7 (增加条文)

防水板的铺设和内衬混凝土的施工系交叉作业, 如两者施工距离过近, 则相互间易受干扰, 但过远, 有时受施工条件限制达不到规定的要求, 且过远铺好的防水板会因自重造成脱落。根据现在施工的经验, 两者施工距离宜为 5~20m。

4.5.8 (增加条文)

防水板虽有一定强度, 但如振捣棒直接接触防水板, 有可能造成防水板的破坏, 从而形成渗漏水的隐患。

浇筑拱顶时，因拱顶防水板易绷紧，从而产生混凝土封顶厚度不够的现象，因此需将绷紧的防水板割开，并将切口封焊严密，再行浇筑混凝土，以确保封顶混凝土的厚度。

4.5.9 (增加条文)

局部设置防水板时，若两侧封闭不好，则地下水会从铺有防水板部位流出这会形成渗漏水隐患。由于防水板与混凝土粘结性不好，工程上一般采用设过渡层的方法。即选用一种既能与防水板焊接，又能与混凝土粘结的材料作为过渡层，以保证防水板两侧封闭严密。

4.6 金属防水层

4.6.1 (原规范 4.5.1，修改条文)

金属板防水层在一般工业与民用建筑工程中很少使用，仅用在抗渗要求高、且面积较小的工程，如冶炼厂的浇铸坑、电炉基坑等。金属板包括钢板、铜板、铝板、合金钢板等。金属板和焊条应由设计部门根据工艺要求及具体情况确定，故对选材问题本规范不作限制。

金属板防水层采用焊接拼接，检验焊缝质量是至关重要的。对外观检查和无损检验不合格的焊缝，应予修整或补焊。

4.6.2 (原规范 4.5.2，修改条文)

为了清楚地表示金属防水层的内防水做法，增加了图 4.6.2。

在内防水做法时，金属防水层是预先设置的，因此金属防水层底板上应预留浇捣孔，以便于底板混凝土的浇捣、排气，确保底板混凝土的浇捣质量。

4.6.3 (原规范 4.5.3，修改条文)

为了更清楚地表示金属防水层外防水的做法，增加了图 4.6.3。

4.6.4 (原规范 4.5.4，保留条文)

有些炉坑金属防水层，系焊接成型后整体吊装，应采取内部加设临时支撑和防止箱体变形措施。

4.6.5 (原规范 4.5.5，保留条文)

金属板防水层应加保护，本规范只提到了防锈，对金属板需用的其他保护材料应按设计规定使用。

5 地下工程混凝土结构细部构造防水

5.1 变形缝

I 一般规定

5.1.1 (原规范 8.1.1, 修改条文)

地下工程设置变形缝的目的是为了在工程伸缩、沉降变形条件下, 结构不致损坏, 因此变形缝防水设计首先要满足密封防水、适应变形的要求, 在这个前提下, 还应考虑施工、检查、维修方便, 材料易得。

5.1.2 (增加条文)

伸缩缝的设置距离一直是防水工程界关心的问题, 就这一问题的探索和实践目前一直十分活跃, 但尚未取得一致的看法。国外对伸缩缝间距的规定有三种情况, 一是前苏联、东欧、法国等国家, 规定室内和土中的伸缩缝间距约为 30~40m, 而英国规定处于露天条件下连续浇筑钢筋混凝土构造物最小伸缩缝间距为 7m; 二是美国, 没有明确规定伸缩缝的间距, 而只要求设计者根据结构温度应力计算和配筋自己确定合理的伸缩缝间距; 三是日本, 虽有要求, 如伸缩缝间距不大于 30m, 施工缝间距为 9m, 但设计人员往往按自己的经验和各公司的内部规定进行设计。国内规定伸缩缝间距为 30m, 但由于地下工程的规模越来越大, 而在城市中建设的地下工程工期往往有一定的要求, 加上多设缝以后缝的防水处理难度较大, 因此工程界采取了不少措施, 如设置后浇带、加强带、诱导缝, 以求取消伸缩缝或延长伸缩缝的间距。后浇带是过去常用的一种措施, 这种措施对减少混凝土干缩和温度变化收缩所产生裂缝起较好地抑制作用, 但由于后浇带需待一定时间后才能浇筑混凝土, 故对工期要求较紧的工程应用时受到一定限制。加强带是近年来工程界尝试使用的一种新的方法, 它是在原规定的伸缩缝间距上, 留出 1m 左右的距离, 浇筑混凝土时缝间和其他地方同时浇筑, 但缝间浇筑掺有膨胀剂的补偿收缩混凝土, 宝鸡、沧州、济南等地采用这种方法后, 伸缩缝间距可延长至 60~80m。诱导缝是上海地铁近年来采用的一种方法, 在原设置伸缩缝的地方作好防水处理, 并在结构受力许可的条件下减少这部分(1m 左右)位置上的结构配筋, 有意削弱这部分结构的强度, 使混凝土伸缩产生应力造成的裂缝在这一位置上产生, 采用这一措施后其他部位混凝土裂缝明显地减少, 这一方法虽有一定效果, 但尚不能完全令人满意。

根据上述情况，条文作了相应规定。

5.1.3 (增加条文)

因变形缝处是防水薄弱环节，特别是采用中埋式止水带时，止水带将此处的混凝土分为二部分，由此会对缝处的混凝土抵抗地下水渗透造成不利影响，因此条文作了变形缝处混凝土局部加厚的规定。

II 设 计

5.1.4 (增加条文)

沉降缝和伸缩缝统称变形缝，由于两者防水做法有很多相同之处，故一般不细加区分。但实际上两者是有一定区别的，沉降缝主要用于在上部建筑变化明显的部位及地基差异较大的部位，而伸缩缝是为了解决因干缩变形和温度变化所引起的变形时避免产生裂缝而设置的，因此修编时针对这点对两种缝作了相应的规定。沉降缝渗漏水目前工程上比较多，除了选材、施工等诸多因素外，沉降量过大也是一个重要原因。因目前所用的最好材料，如带钢边的止水带虽大大增加了与混凝土的粘结力，但如沉降量过大，也会造成钢边止水带与混凝土脱开，使工程渗漏。根据现有材料适应变形能力的情况，本条规定了沉降缝最大允许沉降差值。

5.1.5 (原规范 8.1.2, 修改条文)

对防水要求来说，如果用于沉降的变形缝宽度过大，则会使处理变形缝的材料在同一水头情况下所承受的压力增加，这对防水是不利的，但如变形缝宽度过小，在采取一些防水措施时施工有一定难度，无法按设计要求施工。根据目前工程实践，本条规定了宽度的取值范围，如果工程有特殊要求，可根据实际需要确定宽度。用于伸缩的变形缝在板、墙等处往往留有剪力杆、凹凸榫，接缝宽了不利于结构受力与控制沉降。

5.1.6 (原规范 8.1.3、8.1.4、8.1.5, 修改条文)

随着地下空间的开发利用，地下工程的数量越来越多，埋置深度越来越深，由于变形缝是防水薄弱环节，因此变形缝的渗漏成为地下工程的通病之一。究其原因，除变形缝防水施工难度较大外，原来的防水措施仅考虑一道防线过于单薄也是原因之一。在本规范表 3.3.1-1、3.3.1-2 中根据防水等级和工程开挖方法对变形缝的防水措施作了相应的规定，本条中只列举几种复合形式作为例子。

5.1.7 (原规范 8.1.7, 修改条文)

金属止水带适应变形能力较差，制作较难，故在环境温度较高场合使用较为合适。在具有一定加工能力，变形缝变形量不太大时，也可用在一般的温度环境中。

III 材 料

5.1.8 (增加条文)、5.1.9(增加条文)、5.1.10(增加条文)

上述几条是对变形缝所用材料的性能(卷材、涂料已在 4.3、4.4 中列出)的规定,便于设计、施工人员选用。遇水膨胀橡胶条根据材料现状和地下工程对材料的要求列出一些性能指标。地下工程使用的嵌缝材料根据变形缝的功能和目前材料的性能列出了三项指标,因变形缝应具有一定的变形能力,有时还需具有反复变形的能力,所以提出了拉伸压缩循环性能级别这一指标。8020 中的 80 是指在 80℃的情况,目前材料中对温度的要求有 70℃、80℃、90℃三种温度情况,地下工程温度虽没有那么高,但考虑其他性能指标的要求,故选了 80℃这种;20 是指每次拉伸压缩的变形量,这一变形量值也分为三级,有 5、10、20,由于地下工程中的变形缝对反复变形有较高的要求,故选了 20 这一指标。

IV 施 工

5.1.11 (增加条文)

变形缝的渗漏水除设计不合理的原因之外,施工不合理也是一个重要的原因,针对目前存在的一些问题,本条作了一些规定。

中埋式止水带施工时常存在以下一些问题:一是埋设位置不准,严重时止水带一侧往往折至缝边,根本起不到止水的作用。过去常用铁丝固定止水带,但铁丝在振捣力的作用下会变形甚至振断,故其效果不佳,规范推荐目前使用的专用钢筋套和扁钢两种方法。在采用扁钢固定止水带时,先用扁钢固定止水带,而后将扁钢(扁钢的宽度应小于 40mm,以 20mm 为宜,厚度宜为 2~3mm)焊在结构的主钢筋上,可避免产生这一弊端;二是顶、底板止水带下部的混凝土不易振捣密实,气泡也不易排出,且混凝土凝固时产生的收缩易使止水带与下面的混凝土产生缝隙,从而导致变形缝漏水。根据这种情况,条文中规定顶、底板中的止水带安装成盆形,有助于消除上述弊端;三是中埋式止水带的安装,在先浇一侧混凝土时,此时端模被止水带分为二块,这给支模固定造成困难,故条文中规定端模要支撑牢固,严防漏浆。施工时由于端模支撑不牢,不仅造成漏浆,而且也不敢按规定要求进行振捣,致使变形缝处的混凝土密实性较差,从而导致渗漏水;四是止水带的接缝是止水带本身的防水薄弱处,因此接缝数愈少愈好,考虑到工程规模不同,缝的长度不一,故对接缝数量未做严格的限定;五是转角处止水带不能折成直角,故条文规定转角处应做成圆弧形,以便于止水带的安设。

5.1.12 (增加条文)

可卸式止水带全靠其配件压紧橡胶止水带止水,故配件质量是保证防水的一个重要因素,因此要求其配件一次配齐,特别是在两侧混凝土浇筑时间有一定间隔时,更要确保配件质量。

另外,转角处的可卸式止水带还存在不易贴严的问题,故在转角处除要做成 45°折角外,还应增加紧固件的数量,以确保此处的防水施工质量。

5.1.14 (增加条文)

实心的遇水膨胀止水条遇水后在三个方向上都会发生膨胀,其中,横方向的膨胀有助于挤密缝隙,对防水有利,长度方向上的膨胀不是我们所需要的,因为这一膨胀使止水条变长而胀出缝外,解决的方法,一是采用牢固的固定措施,限制止水条的运动;二是不采用实心的遇水膨胀橡胶条,条文中推荐了几种形式,对抑制遇水膨胀橡胶条在长度方向的膨胀都有明显的作用。

5.1.15 (增加条文)

要使嵌填密封材料具有良好的防水性能,除了嵌填的密封材料要密实外,缝两侧的基面处理也十分重要,否则密封材料与基面粘结不紧密,就起不到防水作用。另外,嵌缝材料下面的背衬材料不可忽视,否则会使密封材料三向受力,对密封材料的耐久性和防水性都有不利影响。

5.1.16 (增加条文)

在缝上材料变形时的应变值大小不仅与材料变形量的绝对值大小成正比,而且与缝的原始宽度成反比,在缝上设置隔离层后,比如在缝上先放置 $\phi 40\sim 60\text{mm}$ 聚乙烯泡沫棒,可起到增加缝的原始宽度的作用,这使得在缝变形大小相同的情况下,材料变形的应变值大小确不相同,加了隔离层后材料变形的应变值可以减小,使材料更能适应缝间的变形。

5.2 后 浇 带

5.2.1 (原规范 8.2.1, 修改条文)

后浇带部位在结构中实际形成了两条施工缝,对结构在该处的受力有些影响,所以应设在受力较小的部位,因后浇带的接缝系刚性接缝,故也应设在变形较小的部位。

后浇带的间距系根据近年来工程实践总结出来的。其宽度为了同国家有关规范一致也作了相应修改。

5.2.2 (原规范 8.2.2, 修改条文)

增加了结构主筋是否断开的规定，以与国家其他规范一致。

5.2.3 (增加条文)

后浇带如在有水情况下施工，很难把缝清理干净，从而无法保证接缝的防水质量，因此在地下水位较高，需要进行超前止水时，可采用本条所推荐的方法。

5.2.4 (原规范 8.2.3，修改条文)

后浇带应在两侧混凝土干缩变形基本稳定后施工，混凝土的收缩变形值在龄期为 6 周后才能基本稳定，因此规定龄期达 6 周后再施工。在条件许可时，间隔时间越长越好。高层建筑后浇带的施工时间是根据国家其他规范的规定确定的。

后浇带的两条接缝实际是两条施工缝，因此缝的处理应符合防水混凝土施工缝的处理规定。

要想保证后浇带部位的防水质量，必须保持带内清洁，同时也应对预设的防水设施进行保护，否则很难保证防水质量。

后浇带采用补偿收缩混凝土，是为了使新旧混凝土粘结牢固，避免出现新的收缩裂缝造成工程渗漏水的隐患。

5.3 穿墙管(盒)

5.3.1 (原规范 8.3.1，保留条文)

预先埋设穿墙管(盒)，主要是为了避免浇筑混凝土完成后，再重新凿洞破坏防水层，以形成工程渗漏水的隐患。

5.3.2 (增加条文)

本条规定的距离要求是为了便于防水施工和管道安装施工操作。

5.3.3 (原规范 8.3.2，修改条文)

穿墙管外壁与混凝土交界处是防水薄弱环节，穿墙管中部加上止水环可改变水的渗透路径，延长水的渗透路线，加遇水膨胀橡胶则可堵塞渗水通道，从而达到防水目的。针对目前穿墙管部位渗漏水较多的情况还增设一道嵌缝防水层，以确保穿墙管部位的防水性能。另外，止水环的形状以方形为宜，以避免管道安装时所加外力引起穿墙管的转动。

5.3.4 (原规范 8.3.4，保留条文)

当穿墙管与混凝土的相对变形较大或有更换要求时，管道外壁交界处会产生间隙而渗漏，此时采用套管式穿墙管，可使穿墙管与套管发生相对位移时不致渗漏。

5.3.5 (增加条文)

止水环的作用是改变地下水的渗透路径，延长渗透路线。如果止水环与管不满焊，或满焊而不密实，则止水环与管接触处仍是防水薄弱环节，形成工程在此处的漏水隐患，故止水环与管一定要满焊密实。套管内因还需采用其他防水措施，故其内壁表面应清理干净，以保证防水施工的质量。

管间距离过小，防水混凝土在此处不易振捣密实，同时采用其他防水措施时，因操作空间太小，易影响其他防水措施的质量，故对管间距作了相应规定。

5.3.7 (增加条文)

对有防护要求的地下工程，穿墙管部位不仅是防水薄弱环节，也是防护薄弱环节，因此此时的措施要兼顾防水和防护两方面的要求。

5.3.8 (增加条文)

伸至迎水面外的穿墙管可能在回填时被损坏，一旦损坏不仅影响使用，而且可能形成渗漏水通道，故应采取可靠措施，如施工时在管的下部加支撑的方法，回填时在管的周围细心操作等，以杜绝此类现象发生。

5.4 埋设件

5.4.1 (原规范 8.4.1，保留条文)

埋设件的预先埋设是为了避免破坏工程的防水层，如采用滑模式钢模施工确无预埋条件时，方可后埋，但必须采用有效的防水措施。

5.5 预留通道接头

5.5.1 (增加条文)

参见本规范 5.1.4 条的条文说明。

5.5.2 (增加条文)

预留通道接头是防水的薄弱环节之一，这不仅由于接头两边的结构重量及荷载可能有较大差异，从而可能产生较大的沉降变形，而且由于接头两边的施工时间先后不一，其间隔可达几年之久。条文中三种防水构造做法，既能适应较大沉降变形，同时由于遇水膨胀止水条、可卸式止水带、嵌缝材料等均是在通道接头完成后才设置的，所以比较适合通道接头防水这种特殊的情况。

5.5.3 (增加条文)

由于预留通道接头两边施工时间先后不一，因此特别要强调中埋式止水带的保护，以免止水带受老化影响降低其性能，同时也要保持先浇部分混凝土端部表面平整、清洁，以使遇水膨胀止水条和可卸式止水带有良好的接触面。而预埋件的锈蚀

将严重影响后续工序的施工，故也应确实保护好。

5.6 桩 头

5.6.1 (增加条文)

近年来因桩头处理不好形成的渗漏水引起工程底板渗漏水的情况时有发生，因此桩头部分应做防水处理，条文的防水构造是近年来应用效果较好的几种做法。

5.7 孔 口

5.7.1 (原规范 8.5.1，修改条文)

10 年来的实践表明，原定的出入口高出地面的高度偏低，时常造成孔口倒灌现象，现予以适当加高。

5.7.2 (原规范 8.5.2，保留条文)

窗井的底部在最高地下水位以上时，为了方便施工，降低造价，利于泄水，窗井的底板和墙宜与主体断开，以免窗井底部积水流入窗内。

6 地下工程排水

6.1 一般规定

6.1.1 (原规范 7.1.1, 修改条文)

地下工程排水是指采用各种排水措施,使地下水能顺着预设的各种管沟排到工程外,以降低地下水位,减轻地下水对衬砌结构的威胁,达到使工程不渗漏的目的。

当排水口高程低于最高洪(潮)水位时,为防止洪(潮)水倒灌,应在排水口处采取自密封措施。

6.1.2 (原规范 7.1.2, 修改条文)

近几年来,地下工程采用复合式衬砌的结构越来越多,防水效果也较好,根据这种情况增加了复合式衬砌的内容。

6.2 渗排水与盲沟排水

6.2.1 (增加条文)

渗排水、盲沟排水适用于无自流排水条件的地下工程,具体采用时应根据地下水文及地质情况分析后确定。

对地下水较丰富、土层属于透水性砂质土的地基,应设置渗排水层;对常年地下水位低于建筑物底板,只有丰水期在短期内水位较高、土层为弱透水性的地基,可考虑盲沟排水。

6.2.2 (增加条文)

本条介绍渗排水层的构造、施工程序及要求。设计渗排水层时,对材料来源还应因地制宜。

渗排水法是将排水层渗出的水,通过集水管流入集水井内,然后采用专用水泵机械排水。集水管可采用无砂混凝土集水管或软塑盲管,可根据工程的排水量大小、造价等因素进行选用。

6.2.3 (增加条文)

盲沟排水,一般设在建筑物周围,使地下水流入盲沟内,根据地形使水自动排走。如受地形限制,没有自流排水条件,则可设集水井,再由水泵抽走。

6.3 贴壁式衬砌

6.3.1 (增加条文)

贴壁式衬砌在隧道、坑道应用较多，由于多数有自流排水条件，因此在做好衬砌本体防水的同时，也要充分利用自流排水条件，形成完整的防排水系统。

6.3.2 (增加条文)

贴壁式衬砌的排水系统可分为两部分，一部分是将围岩的渗漏水从拱顶、侧墙引至基底即本条介绍的盲沟、盲管(导水管)、暗沟等几种方法。一部分是将水引至工程的基底排水系统。盲沟所用的材料来源广泛，造价低，但施工较麻烦；特别是拱顶部分。而拱顶部分采用钻孔引流措施时，由于拱部钻孔较困难，还需先设钻孔室，投资较大，所以只作为一种措施以供选择。盲管(导水管)施工简单，但造价高，因此选用什么方法可根据工程所处的实际情况和造价的高低来进行。

6.3.4 (增加条文)

盲管(导水管)即弹塑软式透水管，是以高强弹簧钢丝为骨架，经特殊防腐处理绕成的弹簧圈，外包无纺布和高强涤纶丝而成。它具有良好的透水性且不易堵塞，能随围岩基面紧贴铺设。导水管铺设的位置和每处铺设的数量应根据现场围岩的渗漏水具体情况确定。

6.3.6 (增加条文)

纵向集水盲管汇集拱顶、侧墙围岩表面下渗的地下水，而后通过排水明沟将水排至工程外。横向排水沟是将衬砌后排水明沟未排走的水及底板下部水引至中心排水盲管排走。

6.4 复台式衬砌

6.4.1 (增加条文)

复合式衬砌近年发展较快，在铁路隧道、地下铁道工程中已大量使用。在使用过程中特别是在长大隧道的使用中，发现初期支护和内衬紧密结合时，内衬混凝土干缩时因受初期支护的约束，易使内衬混凝土产生裂缝，从而形成工程渗漏水的隐患，在两层衬砌中设置一道防水板防水层，不仅增加了一道防水防线，而且也使内衬混凝土干缩时的约束大大减少，使内衬混凝土的裂缝变少，提高了结构主体防水能力，故本节只叙述初期支护与内衬结构中间设有防水板的复合式衬砌。

6.4.2 (增加条文)

参见本规范 4.5.4、4.5.5 的条文说明。

6.4.3 (增加条文)

无纺布起两个作用,一是起保护作用,防止防水板被具有表面凹凸不平基面的喷射混凝土损坏,因大面积施工时极难作到基面平整、无砂浆等坚硬凸起物,而要起到这一作用,无纺布就必须有一定的厚度,故此条中规定了单位面积质量的最小限值;二是起渗排水作用,因此要求其导水性良好;由于渗排水是要长期进行的,故要求具有良好的化学稳定性,应耐地下水(包括有腐蚀性的地下水)、微生物等的腐蚀;初期支护后,围岩仍在继续变形,因此也要求无纺布有适应这种变形的能力。

6.4.4 (增加条文)

防水板由拱顶中心向两侧铺设,施工人员可同时进行施工互不干扰,且防水板的自重可分散到两侧,自重荷载不致集中,有利于施工操作与安装固定,同时也便于相邻板间焊接牢固。

6.5 离壁式衬砌

6.5.1 (原规范 7.3.1, 保留条文)

衬砌与围岩间距离主要是为便于人员检查、维修而定的最小尺寸。

6.5.2 (原规范 7.3.2, 修改条文)

原条文中拱部外表面的防水层称附加防水层,在征求意见时,部分工程界人士对此提法提出异议,为避免混乱起见,取消原规范中的附加防水层提法,凡有附加防水层提法的地方均用防水层的名称替代。

6.6 衬 套

6.6.1 (原规范 7.4.1, 修改条文)

原条文列举了用于衬套的材料,但普通玻璃钢防火性能不能满足地下工程防火对材料的要求,而金属板因其导热系数大,在衬套内外温差较大时容易结露,影响衬套内部的使用功能。故本条修改后对材料性能只作原则规定,以避免产生目前工程中应用的弊端。

6.6.2 (原规范 7.4.2, 保留条文)

衬套外形要有利于排水,一般可用人字形坡或拱形,底板架空则有利于防潮。

6.6.3 (原规范 7.4.3, 保留条文)

为便于设置排水沟,保证一定的空气隔离层厚度,以提高防潮效果,因此规定离壁衬套与衬砌或围岩的间距。

7 注浆防水

7.1 一般规定

7.1.1 (原规范 5.1.1, 修改条文)

注浆分类方法很多,按地下工程施工顺序可为预注浆和后注浆;按注浆目的可分为加固注浆和堵水注浆;按浆液扩散形态可分为渗透注浆和劈裂注浆等等。本条是按地下工程施工顺序划分的。

高压喷射注浆原规范在“特殊施工法的结构防水”一章中单列一节,修订时考虑它仅是一种特殊的注浆方法,且不是用作结构,故把它移入此章,因它多在工程开挖前使用,故把它列在预注浆范畴。

本条所列条款可单独进行,也可按工程情况采用几种注浆,确保工程达到要求的防水等级。

7.1.2 (原规范 5.1.2, 修改条文)

此条仅增加了应搜集工程防水等级的内容,因工程的防水等级与注浆所采用的方法、材料及注浆的造价密切相关。

7.1.3 (原规范 5.1.3, 修改条文)

预注浆(特别是工作面预注浆)时为防止浆液从工作面漏出,必须做止浆墙。止浆墙有平底式或单级球面式,其厚度按以下经验公式求得:

(1)单级球面形止浆墙:

$$B = \frac{P_0(r^2 + h^2)^2}{4r^2 h^2 [\sigma]} \approx \frac{P_0 r}{[\sigma]} \quad (1)$$

式中 B—单面球形止浆墙厚(m);

P_0 —注浆终压(MPa);

r—开挖半径(m);

h—球面矢高(m);

$[\sigma]$ —混凝土允许抗压强度(MPa),即止浆墙设计强度。

(2)平底式止浆墙:

$$B_n = \frac{P_0 r}{[\sigma]} + 0.3r \quad (2)$$

式中 B_n —平底式止浆墙厚度(m)。

由于止浆墙厚度是按止浆墙混凝土设计强度计算的，预注浆时混凝土止浆墙必须达到设计强度才可进行。

为保证注浆安全 and 质量，一般止浆墙的安全系数取 2~3。

7.2 设 计

7.2.2 (原规范 5.3.2, 修改条文)

预注浆的段长，不仅要考虑工程地质和水文地质条件，主要是把相同孔隙率或裂隙宽度的地层放在同一注浆段内，以便浆液均匀扩散，而且要考虑工作实际，不使成本增大过多，还需要考虑钻孔时间，充分发挥钻机效率，缩短工程建设工期。

注浆段长的选用，原规范条文说明中建议为 20~50m，但随着液压凿岩台车的引进，其最大凿岩能力($\phi 108$ 孔)为 15m，孔深 10m 内效率发挥最好，因此，此次修改为 10~50m。由于开挖后要留 2~3m 止浆岩墙，注浆段越长，开挖也越长，工期越短；但钻孔越深，钻孔速度越低，进度越慢。因此，合理选择段长是加快注浆工期的关键。

7.2.8 (原规范 5.4.5, 修改条文)

注浆压力是浆液在裂隙中扩散、充填、压实、脱水的动力。注浆压力太低，浆液就不能充填裂隙，扩散范围也有限，注浆质量也差。注浆压力太高，会引起裂隙扩大，岩层移动和抬升，浆液易扩散到预定注浆范围之外，造成浪费。特别在浅埋隧道，会引起地表隆起，破坏地面设施，造成事故，因此，合理选择注浆压力，是注浆成败的关键。

原条文规定，预注浆压力应比静水压力大 2~4MPa，回填注浆压力应比静水压力大 0.1~1.0MPa。实践证明，该压力显得太高，特别是回填注浆，结构强度往往承受不了。因此修改为预注浆比静水压力大 0.5~1.5MPa，回填注浆及衬砌内注浆压力应小于 0.5MPa。

7.2.9 (原规范 5.3.6, 修改条文)

衬砌内注浆通常用于处理结构渗漏水，为防止壁后泥砂涌入影响注浆效果或浆液流失，因此规定孔深宜为壁厚的 1/3~2/3。

7.3 材 料

7.3.2 (原规范 5.2.2, 修改条文)

注浆材料的品种很多，且某种材料不能完全符合所有条件，因此必须根据工程

水文地质条件、注浆目的、注浆工艺及设备、成本等因素综合考虑，合理选择注浆材料。

1 预注浆、衬砌前堵水注浆，注浆情况比较复杂，裂隙孔隙有大有小，裂隙宽度大于 0.2mm 的岩层或砂子平均粒径大于 1.0mm 的粗砂地层可采用水泥浆、水泥-水玻璃浆；裂隙宽度小于 0.2mm 的岩层或平均粒径小于 1.0mm 的中细砂层，且堵水要求较高，可采用超细水泥浆，超细水泥-水玻璃浆，特殊情况下可采用化学浆液。也可将水泥浆和化学浆配合使用。

2 防水混凝土衬砌一般孔隙小、裂缝细微，普通水泥浆颗粒大，难以注入，必须选用特种水泥浆或化学浆。

特种水泥浆是除普通水泥浆之外的其他水泥浆，如超细水泥浆，自流平水泥浆、硫铝酸盐水泥浆等等。

7.3.3 (原规范 5.2.3, 修改条文)

本条将 325 号水泥删掉，改为强度等级不低于 32.5MPa 的普通硅酸盐水泥，其改动理由见 4.1.7 的修订说明。

7.4 施 工

7.4.1 (增加条文)

钻孔精确度是注浆效果好坏的关键，因此，要尽量保证开孔误差和钻孔偏斜率。

一般孔按规范条文控制，但对堵水要求较高的孔或单排注浆帷幕孔，可按设计要求，不受此限。

7.4.4 (原规范 5.4.2, 修改条文)

根据近年来的实践，条文中增加了设置止水墙的做法。

7.4.7 (原规范 6.6.5, 修改条文)

高压喷射注浆工艺参数，和工程地质条件关系相当密切，因此，注浆前应在相似(或相同)地层进行试验。当无条件试验时，可采用工程类比法按表 7.4.7 选用，在施工过程中修改完善。

7.4.8 (原规范 5.4.6, 修改条文)

本次修改中预注浆增加了注浆量的控制，主要为了防止因其他原因造成压力升高或进浆量减少。修改了进浆速度，原规范规定适合于岩石大、中裂隙的单液水泥注浆，对细小裂隙或空隙较小的地层，进浆速度很慢，大部分开始就达到 50L/min 以下，因此改为原速度的 1/4，较适合于“充填—堵塞—再充填—饱满”的注浆规律。

7.4.9 (增加条文)

注浆结束前，为了检验注浆效果，防止开挖时发生坍塌涌水事故，必须进行效果检查。通常是在分析资料的基础上采取钻孔取芯法进行检查。有条件时，还可采用物探等方法进行检查。

分析资料时要结合注浆设计、注浆记录、注浆结束标准，分析各注浆孔的注浆效果，看哪些达到了，哪些是薄弱环节，有无漏注或未达结束标准的孔，原因何在，如何补救等等。

钻孔取芯法是按设计要求在注浆薄弱地方，钻检查孔，检查浆液扩散、固结情况，取芯率，并进行压力(抽水)试验，检查地层的吸水率(透水率)，计算渗透系数及开挖时的出水量。

8 特殊施工法的结构防水

8.1 盾构法隧道

8.1.1 (原规范 6.1.1, 修改条文)

原条文对盾构法隧道防水作了总体规定, 故予以保留。其中“工程处于侵蚀性介质时, 应采用……耐侵蚀性附加防水层”一句, 因这种防水层为涂于管片外背面的防水涂料而非防水卷材、防水砂浆类材料, 故明确地改写为“外防水涂料”。

8.1.2 (增加条文)

针对不同防水等级的盾构隧道确定相应的防水措施。表 8.1.2 主要依据国内多年盾构隧道防水的实践总结, 同时参照了盾构隧道建设实践较多的上海市的市标“盾构法隧道防水技术规程”而制定; 考虑到“阴极保护与金属埋露件防腐”等主要是关于防腐蚀措施, “回填注浆”措施主要是控制盾构推进, 防止地面沉降, 它们虽与防水也有关系, 但不直接影响防水等级, 故不予列入。

对嵌缝密封的意义与功效国内外评价不尽相同, 因此即使防水等级为一级的工程也不要求“必选”, 而用“应选”。混凝土内衬往往也是加强初次衬砌的防水措施, 它可以按要求全断面或局部(如底部)采用, 但考虑到造价、工期等因素, 对防水等级为一级的工程用“宜选”, 二级的工程为“局部宜选”。应该指出的是, 随着盾构法施工技术的发展, 除了二次衬砌(内衬)在减少, 嵌缝作业也有减少的趋势。

外防水涂料采用与否, 虽然由地层中是否有侵蚀性介质为主要确定因素, 隧道防水等级为次要因素。但外防水涂料不仅有防腐蚀作用, 也能起到防渗作用, 故仍列入。在一级防水等级中用“宜选”, 在二、三级防水等级中, 因并非隧道经过的全部地段都有侵蚀性介质, 并且各地段埋深差异也可能很大, 因而要求也不尽相同, 故规定“部分区段宜选”。

8.1.3 (原规范 6.1.2, 修改条文)

管片的精度直接影响拼装后隧道衬砌接缝缝隙的防水, 应予列入。考虑到精度不高的砌块可用于防水等级 4 级的隧道工程, 因此, 原 6.1.2 条对管片尺寸精度规定为“不应大于 1.5mm”, 就欠妥当了。本条对钢筋混凝土管片的制作钢模及管片本身的尺寸误差作了相应规定, 以保证管片拼装后隧道衬砌接缝缝隙的防水性能。

8.1.4 (增加条文)

管片抗渗等级应等于埋深的 3 倍, 且不得小于 0.8MPa 的理由是:

1 目前盾构法隧道管片防水混凝土 \geq C30 时, 混凝土试块的抗渗等级都大于 S8, 通常达 S10。

2 国内施工的盾构隧道管片混凝土试块抗渗等级均大于 S8。

3 根据国内外地下工程对密封材料的抗水压要求, 有不少是按抗实际水压力的 3 倍进行设计, 显然管片抗渗等级至少应与接缝抗水压能力相当。

为此, 条文中规定混凝土管片设计的抗渗等级应等于埋深水压力的 3 倍, 且不得小于 0.8MPa, 而管片混凝土试块的抗渗应大于主体抗渗压力 0.2MPa。

8.1.5 (原规范 6.1.3, 修改条文)

原 6.1.3 条除个别字有差错作调整外, 仍予保留, 但改为 8.1.5。

密封垫是衬砌防水的首要防线。因此, 应对其技术性能指标作出规定。由于目前密封垫的材质以氯丁橡胶、三元乙丙橡胶为主, 这里将弹性密封垫分列为氯丁橡胶与三元乙丙橡胶。遇水膨胀橡胶(但 PZ—600 型应慎用)应用得也多, 技术也较成熟, 所以通过表 8.1.5-1、8.1.5-2 将这三种(包括以它们为主、适量加入其他橡胶为辅的混合胶)材料的部分性能作为检验项目。所列性能指标中的防霉、热老化等性能检测较繁杂, 可列入形式检验项目。遇水膨胀橡胶的技术性能指标及测试方法, 作为国家标准已作出规定, 这里按国家规定列出。溶出物量是一项反映耐久性的重要指标, 它受试件断面、浸泡时间、浸泡量, 试件是否受约束等影响, 故此指标可作试验时比较, 未作正式指标列入。按规定, 密封垫应直接从成品切片制成试样测试, 由于遇水膨胀橡胶密封垫的断面尺寸一般较小, 难以由成品切片检测, 故宜从胶料制成试样。

8.1.6 (增加条文)

本条文规定“密封垫沟槽截面积”应大于、等于“密封垫的截面积”, 这样才能使密封垫在完全压缩, 即接缝张开 0mm 状态下可藏于密封沟槽。但是若接缝初始已设置一定厚度的传力衬垫, 形成初始缝隙时则“沟槽截面积”应等于、大于密封垫与传力衬垫形成缝隙面积的差值。

8.1.7 (原规范 6.1.4, 修改条文)

早期螺孔密封圈直接设在环纵面螺孔口来防水防腐蚀的, 由于固定困难等问题, 现几乎不再使用。在管片肋腔螺孔口加工成锥形的沟槽较方便, 也利于螺孔密封圈的固定与压密, 因而成为普遍的做法。

螺孔密封圈与沟槽相匹配的含义是它的外形与构造最利于在沟槽中压密与固

定,最利于防水。

螺孔密封圈虽也有石棉沥青、塑料等制品,但最多的还是橡胶类制品(包括遇水膨胀橡胶),故条文中加以突出。

8.1.8 (原规范 6.1.3, 修改条文)

鉴于目前嵌缝槽的形式已趋于集中,可以归结成图 8.1.8 所示的几类,并对槽的深、宽尺寸及其关系加以定量的规定。

与地面建筑、道路工程变形缝嵌缝槽不同,因隧道衬砌嵌缝材料在背水面防水,故嵌缝槽槽深应大于槽宽,又由于盾构隧道衬砌承受水压较大,相对变形较小,因而嵌缝材料应是:(1)中、高弹性模量类的防水密封材料,如聚硫、聚氨酯、改性环氧类材料,也可以是有限制膨胀措施下的遇水膨胀类腻子或密封材料等未定形类材料;(2)特殊外形的预制密封件为主,辅以柔性密封材料或扩张型材料构成复合密封件。

根据我国常用的定形与不定形两类材料特性以及施工的要求,参考德国 STUVA、美国盾构隧道接缝密封膏应用指南及日本有关实践,提出的嵌缝槽深宽比为 >2.5 。

“嵌缝作业区的范围和嵌填嵌缝槽的部位应视工程的特点与要求而定”这一规定,是因为底部嵌缝对防止隧道,尤其是铁路隧道沉降是必要的;整环嵌缝对水工隧道减少流动阻力是有利的;顶部嵌缝对防止渗漏影响公路隧道、地铁隧道的运营安全与防腐蚀是需要的。

8.1.9 (原规范 6.1.7, 修改条文)

复合式衬砌在盾构隧道中也有使用,根据实际工程的经验增加了缓冲层、防水板的应用等规定。

8.1.10 (增加条文)

对有侵蚀性介质的地层,或埋深显著增加的地段等需要增强衬砌防腐蚀、防水能力时,需要采用外防水涂料。它既可以是防水涂料涂抹,又可以是水泥基防水粉类在混凝土表面干撒抹平压实。

上海地铁一号线、新加坡地铁线、香港地铁二线采用的分别是环氧-焦油氯磺化聚乙烯、环氧-聚氨酯、环氧-焦油、改性沥青类,在埃及哈迈德·哈姆迪水下公路隧道管片外背面也有类似材料采用,在委内瑞拉加拉加斯地铁以及国内几条地铁新线将部分采用水泥基渗透结晶型防水涂料。

涂刷了外防水涂料后,衬砌的渗透系数有明显下降,通常可达到原有值的 $1/10$,但因工程实例有限,在条文中未作具体规定。

8.1.11 (原规范 6.1.6, 修改条文)

为满足环缝变形要求,变形缝环面上需设置垫片,因而变形缝密封垫的高度加厚。通常是在原密封垫表面用同样材料的橡胶薄片,或遇水膨胀橡胶薄片迭合或复合,作为适应变形量大的密封垫。

8.2 沉 井

8.2.1 (原规范 6.3.1, 修改条文)

各种沉井因用途不同对防水的要求也不同。由于沉井施工的环境与明挖法相近,故不同防水等级的沉井施工缝防水措施可参照明挖法的防水措施。

8.3 地下连续墙

8.3.2 (原规范 6.4.2、6.4.3、6.4.4、6.4.5、6.4.7, 修改条文)

地下连续墙在原《规范》编写时仅仅是作为地下工程周围土体支护的一种措施,而现在这种施工方法在有的地下工程中还作为内衬墙来使用。采用地下连续墙既做工程周围土体的支护,又兼做地下工程的内衬,作为永久性结构的一部分,无疑对降低工程造价、缩短工程周期、充分利用地下空间都极为有利,但由于地下连续墙的钢筋混凝土是在泥浆中浇筑,影响混凝土质量的因素较多,从耐久性考虑较不利,加上连续墙幅间接缝的防水处理难度较大,通常不适合防水等级为一级的地下工程,但也不强制性限制,因为不少地铁车站已采用单层地下墙为主体结构,且防水效果尚好,尤其在强调采用高分子稳定浆液作为护壁泥浆时,混凝土的质量,包括耐久性得到提高,故规定为不宜用作防水等级为一级的地下工程中。根据修改后防水等级适用范围的规定,有的工程各部位防水等级可有差别,故不能说采用地下连续墙直接作主体结构的墙体的整个工程均为防水等级为二级以下的工程,当其工程顶、底板的防水等级要求较高,而墙面防水等级较低或受施工环境限制时,则可使用地下连续墙直接作主体结构的墙体。

地下连续墙直接作主体结构的墙体时,需要有一定的厚度才能保证工程达到所要求的防水等级。根据近年来工程实践经验,其厚度以不小于 0.6m 为宜。

成槽精度越高,对防水越有利,但施工难度加大,根据目前的施工水平提出成槽精度小于 1/250。

幅间接缝是防水的薄弱环节,根据工程实践提出两种较好的形式。锁口管的质量也是影响幅间接缝防水质量的一个因素,所以条文中也对此作了相应要求。

8.3.3 (增加条文)

地下连续墙作为复合衬砌的一部分时,由于还有内衬墙,而内衬墙均用防水混

凝土浇筑，因此可用做防水等级为一、二级工程。但应指出，由于地下连续墙和内衬墙在板的位置上的钢筋连为一体，此处防水如处理不好，极易形成渗漏水通道，而一旦内衬墙渗漏，很难找出渗漏水点，因此内衬墙，特别是这些细部构造的施工更要精心。

为了解决地下连续墙与内衬墙因钢筋相连造成防水难度加大这一问题，有些工程的内衬墙与地下连续墙已不相连，在两者之间的塑料防水板防水层可以连续铺设形成一个完整的防水层，防水效果很好，故本条第三款对此做了相应的规定。

8.4 逆筑结构

8.4.1 (增加条文)

逆筑法是由上而下逐层进行地下工程结构施工的一种方法。近 10 年来采用此种方法施工的工程日渐增多，无论是单建式地下工程还是附建式地下工程均有采用。除地下连续墙不用再加设临时支撑外，其他做法均与 8.3.2 条相同。

8.4.2 (增加条文)

当采用地下连续墙和防水混凝土内衬的复合式衬砌的逆筑法施工时，为确保整个工程的防水等级达到一、二级，必须处理好逆接施工缝的防水。逆接施工缝与顶板、中楼板的距离要较大些，否则不便于逆接施工缝处的混凝土浇筑施工；逆接施工缝采用土胎模，容易作成斜坡形，目前工程中也常用这种形式，故本条予以推荐；在浇筑侧墙混凝土时，一次浇筑至逆接施工缝在施工时要方便快速些，但这样的做法于防水不利，因逆接施工缝本身就是防水薄弱环节，一次浇至逆接施工缝时，由于混凝土沉降收缩、干燥收缩等原因会在逆接施工缝处形成裂缝，造成渗漏水隐患，又因整个侧墙的工程量较大，如全部用补偿收缩混凝土浇筑则会使工程造价增加，故本条中规定逆接施工缝处采用二次浇筑，待先浇混凝土收缩大部分完成后再进行浇筑，以确保逆接施工缝处的防水质量。

8.4.3 (增加条文)

在城市地下工程的建设中，特别是处于闹市区和交通繁忙地带的单建式地下工程建设中，为了尽量减少施工对城市生活的影响，在地下水位较低(低于地下工程底部标高)的区域，也常采用不用地下连续墙的逆筑法施工。这种方法施工时顶板的防水处理较容易，可参照明挖法施工的做法，逆接施工缝的做法可参照 8.4.2 的规定。比较难办的是由于没有地下连续墙这一初期支护，而施工时为了安全不可能把结构内的土体一次挖除，而需边挖边浇筑混凝土侧墙，这就会留下一些垂直施工缝，而

垂直施工缝又与水平施工缝、逆接施工缝相交，给防水处理带来较大难度。故施工时在保证安全的前提下应尽量少留垂直施工缝，需要留设时一方面要作好垂直施工缝本身的防水，同时也要作好垂直施工缝与水平施工缝、逆接施工缝相交处的防水处理，确保工程的防水要求。逆筑法的底板应一次浇筑，同时按防水等级的要求作好底板与侧墙、桩柱相交处的防水处理。

8.5 锚 喷 支 护

8.5.2 (原规范 6.5.2、6.5.3、6.5.4、6.5.5，修改条文)

锚喷支护的混凝土因是喷射施工，影响混凝土的质量因素较多，因此不宜单独用于防水等级高的工程的内衬墙。

因影响喷射混凝土的抗渗性能的因素多，匀质性较差故规定喷射混凝土的抗渗等级不应小于 S6。外掺料对喷射混凝土的抗渗性能影响较大，特别是对收缩开裂及后期强度下降有较大影响，故选用前应通过试验确定。

地下工程变截面及曲线转折点的阳角，即突出部位，喷射混凝土的质量往往不易保证，原规定增加厚度稍小，现根据工程实践经验改为 50mm。

8.5.3 (增加条文)

复合式衬砌既有防水板防水层，又有内衬防水混凝土，故可用于防水等级为一、二级的工程。

9 其 他

9.0.1 (原规范 9.0.1, 修改条文)

城市给排水管道与地下工程的水平距离原来的规定实际很难做到, 故对此作了相应修改。并增加了当达不到这一要求时应采取有效防水措施的内容。

9.0.4 (原规范 9.0.4, 保留条文)

明挖法地下工程在回填前, 由于地下水位上升, 工程浮起破坏事故曾多次发生。例如武汉某工程位于亚粘土地区, 埋深 6.75m, 地下水位 -1.0m, 建筑面积 850.39m², 工程为三跨结构。1980 年工程主体完工后, 尚未回填, 大雨将工程全部淹没, 工程上浮 1.8m, 造成工程底板断裂破坏。因此工程应有抗浮力措施。

9.0.5 (原规范 9.0.5, 修改条文)

根据各地工程实践, 地下水位应降到工程底部最低标高 500mm 以下较为合理。如控制距离较小, 往往会造成基础施工困难, 而影响地下工程防水质量。

由于一般工程的抗浮力均考虑工程上部覆土的重量, 如在防水工程完工而尚未回填时就停止抽水, 则有可能由于水位上升而造成工程上浮, 导致工程防水层破坏, 因此规范规定降水作业直至回填作业完毕为止。

9.0.6 (原规范 9.0.6, 修改条文)

工程实践证明, 密实的回填是工程防水的一道防线, 而疏松的回填不仅起不到防水作用, 还使得回填区成为一个积水区。回填密实与否与土质关系密切, 因此对土质也相应提出了要求。为此, “规范”规定在工程范围 800mm 以内采用灰土、粘土、亚粘土、黄土回填, 考虑到有的地区取土困难, 可采用原土, 但不得夹有石块、碎砖、灰渣及有机物等, 也不得用冻土。

采用机械进行回填碾压时, 土中产生的压应力随着深度增加而逐渐减少, 超过一定深度后, 工程受机械回填碾压影响减小, 其深度与施工机械、土质、土的含水量等因素有关。

1 《铁路工程技术规范》条文说明: “涵顶具有不少于 1m 的填土厚度时, 机械才能越过涵顶。”因为涵顶填土厚度 1m 以上时, 一般说来涵洞可以消除机械冲击影响, 并可将机械压力匀散减小。

2 10t 压路机碾压最佳含水量状态下的轻亚粘土, 其压实影响可达 0.45m, 若为重粘土, 则只能达到 0.3m。

3 北京地铁规定:回填厚度超过 0.6m, 才允许采用机械回填碾压。

综合上述数据, 规范规定允许机械回填碾压时的回填厚度值。

9.0.9 (增加条文)

新建工程破坏已建工程原有防水层这是近年来出现的新情况, 作出此条规定是为了确保地下工程的防水质量不受人为因素的损坏。

10 地下工程渗漏水治理

10.1 一般规定

10.1.1 (增加条文)

地下工程的渗漏水是普遍存在的现象,渗水形式也多种多样。治理原则的提法比较多:如“大漏变小漏,缝漏变点漏,片漏变孔漏,逐渐缩小渗漏水范围,最后堵住漏水”。又如“拱顶以排为主,侧墙以堵为主”或“拱堵侧排”等。这些提法都是从某一工程的堵漏特点出发,具有一定的局限性。渗漏水治理是一个综合过程,由于渗水形式千变万化,因此修编中提出在渗漏水治理时应根据工程的不同渗水情况采用“堵排结合,因地制宜,刚柔相济,综合治理”的原则,供从事这方面工作的人员参考应用,灵活掌握。

10.1.2 (增加条文)

在渗漏水治理前,能熟悉掌握工程的原防排水设计,施工记录和验收资料,对原防排水的位置,施工中的防水设计变更,材料选择做到心中有数,可为治理时的方案制定带来帮助。

10.1.5 (增加条文)

防水堵漏时,应尽量选用无毒或低毒的防水材料,以保护施工人员身体和周围环境。为防止污染环境,除了对现场废水,废液妥善处理外,施工时还应对周围饮用水源加强监测。

10.1.7 (增加条文)

防水施工是技术性强、标准要求较高的防水材料再加工过程,应由有资质等级证书的防水专业施工队伍来承担,操作人员必需经过专业培训,考核合格,并取得建设行政管理部门所发的上岗证方可进行施工。虽然我国的建筑防水从业人员迅猛发展,各类防水专业施工队伍形成了一定规模,但在市场经济发展过程中存在着施工队伍良莠不齐,素质较差等问题,不少从业人员中,真正了解建筑防水工程的构造、材料特点、使用方法以及具备施工操作技能的人员很少,并且民工队伍较多,很难确保堵漏工程的质量,有的工程经过几个施工队伍处理后还存在渗水的现象时有发生。为保证国家财产不受重大损失和确保堵漏工程的质量,防水工作应由专业设计人员和具有防水资质的专业队伍来完成。

10.2 治 理 顺 序

10.2.1 (增加条文)

地下工程渗漏水治理的关键是查清渗漏原因及渗水对工程的破坏程度,找准渗水的确切位置对症下药。渗漏水查找可采用下面的方法:漏水量较大或比较明显的部位,可直接观察确定。慢渗或不明显的渗漏水,可将潮湿表面擦干,均匀撒一层干水泥粉,出现湿痕处即为渗水孔眼或缝隙。对于大面积慢渗,可用速凝胶浆在漏水处表面均匀涂一薄层,再撒一层干水泥粉,表面出现湿点或湿线处即为渗漏水位置。

10.2.2 (增加条文)

地下工程的渗漏水原因很多,有客观原因也有人为因素,两者往往互相牵连,很难将某一工程的渗漏水原因分析清楚。综合起来分析,主要有设计、施工、材料和使用管理四个方面,有关部门对全国 210 个混凝土衬砌的地下构筑物调查结果统计表明,四个方面造成渗漏水的比例为:施工占 48%,设计占 26%,材料占 20%,管理占 6%。

施工方面,主要是混凝土施工时对灰砂比、水灰比等控制不严,单方水泥用量不准,混凝土施工质量欠佳,少振、漏振、欠振,蜂窝、孔洞麻面等缺陷较多,以及特殊部位的防水处理不当,成品养护不周等。

设计方面主要有以下原因:

1 未考虑生产生活用水的排放对地下水位的影响,在开挖时由于未发现地下水而取消了原设计的防水方案;工程使用过程中由于生活用水等导致地下水位上升引起漏水。

2 对上层滞水和地表水认识不足,没有采用应有防水措施而造成工程渗水。

3 防水方案选择不当导致渗水。

材料方面导致渗水的原因有:

1 防水材料质量低劣或以次充好。

2 特殊部位材料选择不当。

3 配套材料质量不过关等。

10.2.4 (增加条文)

在渗漏水治理的各道工序中,有的属于隐蔽工程,如嵌缝作业的基面处理、注浆工程等,它关系到防水作业的质量好坏,必须做好施工中的记录工作,随时进行检查,发现问题及时处理,确保堵漏工作的质量。

10.3 材料选用

10.3.1 (增加条文)

在地下工程中，围岩与衬砌之间存在有一定的间隙，这种间隙有大有小。为防止围岩漏水危及衬砌结构，往往根据工程的需要进行注浆处理。注浆时为节省材料，一般是先注入水泥浆液，掺有膨润土、粉煤灰等掺合料的水泥浆、水泥砂浆等粗颗粒材料。

10.3.2 (增加条文)

壁内注浆的目的是堵水与加固，封堵混凝土衬砌由于施工缺陷所造成的渗漏水。混凝土毕竟是密实性的材料，壁内缺陷很小，粗颗粒的材料如水泥浆液很难达到预期的堵水目的。因此必须选择渗透性能好的灌浆材料，使其在一定压力下渗入衬砌结构内起到堵水加固的作用。超细水泥由于不存在环境污染，且可以灌入细度模数 $M_k=0.86$ 的特细和粉细砂层以及宽度小于 $30\mu m$ 的裂隙中，并在一些地下工程渗漏水治理中应用，取得了较好的防水效果。所以本条推荐超细水泥和目前常用的环氧树脂、聚氨酯等浆液。

10.3.3 (增加条文)

在地下工程结构的内表面和外表面做防水砂浆抹面防水，是我国传统的简便有效的防水方法，特别是在结构自防水或外贴卷材防水失败后，往往用这种方法补救。防水砂浆做法很多，五层抹面是最普通的方法，它不使用任何防水外加剂，仅利用不同配比的素浆和砂浆分层次交错抹压而成连续封闭的整体防水层，这种方法 40 年代就已应用，具有几十年的历史。随着防水技术的发展，普通防水抹面已被掺有各种外加剂，防水剂和聚合物乳液的砂浆所代替，且技术性能有很大进步，施工程序也有所简化。

在国外，防水砂浆的使用也很普遍，下表列举日本防水砂浆在各种工程上的应用情况，从表 6 可以看到，砂浆防水在日本地下防水中无论新建工程还是旧有工程渗漏水补修中的使用比例都很大，且有逐年上升的趋势。

表 6 日本防水砂浆使用情况表

年度	地下防水		屋面防水		外墙防水		室内防水	
	新工程	旧工程	新工程	旧工程	新工程	旧工程	新工程	旧工程
1981	17.5%		1%		19.5%			
1983	19.6%	9.2%	0	0	9.5%	3.6%	25.2%	24.4%
1984	23%	16.1%	0.6%	—	7.8%	5.1%	30.4%	20.3%

用于防水砂浆的外加剂品种主要有萘磺酸盐、三聚氰胺磺酸盐、松香皂、氯化物金属盐、无机铝盐、有机硅等。

聚合物乳液的种类有很多种，但国内常用的主要是聚醋酸乙烯乳液、苯丙乳液、丙烯酸酯共聚乳液、环氧树脂及氯丁胶乳等。

10.3.4 (增加条文)

涂料由于可在各种形状的部位进行涂刷施工，因此在地下工程渗漏水治理中也常用到。根据地下工程防水特点，材料性能和近年来的施工实践，本条列举了在地下工程常用的涂料种类。

10.3.6 (增加条文)

嵌缝材料按材性可分为合成高分子密封材料、高聚物改性沥青密封材料及定型密封材料，地下工程中使用的嵌缝材料为合成高分子密封材料和定型密封材料。

合成高分子密封材料多采用聚硫橡胶类、聚氨酯类等材料，它们的性能应符合 5.1.10 的规定。

定型密封材料的主要品种有遇水膨胀橡胶条，自粘性橡胶止水条等。遇水膨胀橡胶条是以改性橡胶为基料而制成的一种新型防水材料，它一方面具有橡胶制品的优良弹性和延展性，起到弹性密封作用；另一方面当结构变形量超过材料的弹性复原率时，在膨胀倍率范围内具有遇水膨胀的特性，起到以水止水的功能，这种双重止水机理提高了防水效果，目前这种防水材料有各种定型产品。自粘性橡胶是由特种合成橡胶掺入各种助剂加工而成的弹塑性腻子状聚合物，它具有橡胶腻子充填空隙的性能，同时在一定压力下又具有与混凝土良好的粘着性能。它们主要用于地下工程的变形缝、施工缝、穿墙管等接缝的防水。

在地下工程中由于经常受水侵蚀，使用密封防水材料时要注意以下问题：

- 1 密封材料经常承受水压作用易产生较大拉伸变形，不宜使用圆形或方形背衬材料，应用薄片背衬材料，并防止三面粘结。
- 2 材料不能因长期受水浸泡而产生溶胀，污染水质。
- 3 受震动、温差、结构变形等影响接缝并产生活动时，要选用弹性或弹塑性好的密封材料。
- 4 密封材料与基层的粘结，不能因为长期浸水而造成粘结老化，发生粘结剥离破坏，因此应选择适当的耐水基层处理剂。

10.4 治 理 措 施

10.4.1 (增加条文)

大面积的渗漏水是地下工程渗漏水的主要表现形式之一,它在渗水工程中所占比例高达 95%以上,几乎所有的渗水工程都存在这类问题。造成这类渗水的原因来自设计与施工两方面。表现特征为:(1)渗水基面多为麻面;(2)渗水点有大有小,且分布密集;(3)渗水面积大。

大面积严重渗漏水一般采用综合治理的方法,即刚柔结合多道防线。首先疏通漏水孔洞,引水泄压,在分散低压力渗水基面上涂抹速凝防水材料,然后涂抹刚柔性防水材料,最后封堵引水孔洞。并根据工程结构破坏程度和需要采用贴壁混凝土衬砌加强处理。其处理顺序是:大漏引水→小漏止水→涂抹快凝止水材料→柔性防水→刚性防水→注浆堵水→必要时贴壁混凝土衬砌加强。

10.4.2 (增加条文)

大面积的一般渗漏水和漏水点是指漏水不十分明显,只有湿迹和少量滴水的点。这种形式的渗水处理一般采用速凝材料直接封堵,也可对漏水点注浆堵漏,然后做防水砂浆抹面或涂抹柔性防水材料、水泥基渗透结晶型防水涂料等。当采用涂料防水时防水层表面要采取保护措施。

10.4.3 (增加条文)

裂缝渗漏水一般根据漏水量和水压力来采取堵漏措施。对于水压较小和渗水量不大的裂缝,可将裂缝按设计要求剔成一定深度和宽度的“V”槽,槽内用速凝材料填压密实即可。对于水压和渗水量都较大的裂缝常采用注浆方法处理。注浆材料有环氧树脂、聚氨酯等,也可采用超细水泥浆液。裂缝渗漏水处理完毕后,表面用掺外加剂防水砂浆、聚合物防水砂浆或涂料等防水材料加强防水。

10.4.5 (增加条文)

地下工程渗漏水治理中要重视排水工作,主要是将大的渗漏水排走,目的是减小渗漏水压,给防水创造条件。排水的方法通常有两种,一是自流排水,一种是机械排水,当地形条件允许时尽可能采取自流排水,只有受到地形条件限制的时候,才将渗漏水通过排水沟引至集水井内,用水泵定期将水排出。

10.4.7 (增加条文)

喷射混凝土和锚杆联合支护,不仅是安全可靠的支护形式,而且是在岩层中构筑地下工程最为优越的衬砌形式,这种方法在铁路隧道,冶金矿山工程等地下工程中都已大量采用。喷锚支护一般作为临时支护来考虑,要想作为永久衬砌必须解决防水问题。

喷射混凝土施工前，要对围岩渗水情况进行调查，对不同的渗水形式采用不同的防水方法。明显的裂隙渗漏水 and 点漏水，可采用下弹簧管、半圆铁皮、钻孔引流等方法将渗漏水排走。大面积的片状渗漏水，可用玻璃棉等做引水带，紧贴岩壁渗水处，将水引到排水沟内。无明显渗漏水或间歇性渗水地段，可在两层喷射混凝土层间用快凝材料做防水层。当喷射混凝土层有明显的渗漏水时，可采用注浆的方法堵水，注浆孔深度根据裂隙情况而定，一般为 1.8~2.0m，常用的注浆材料有水泥水玻璃、聚氨酯等，注浆压力 0.3~0.5MPa。

10.4.8 (增加条文)

在地下工程渗漏水中细部构造部位占主要部分，尤其是变形缝几乎是十缝九漏。由于该部位的防水操作困难，质量难以保证，经常出现止水带固定不牢，位置不准确，石子过分集中于止水带附近或止水带两侧混凝土振捣不密实等现象，致使防水失败。施工缝和穿墙管的渗漏水在地下工程中也比较常见。对于这些部位的渗漏水处理可采用以下方法：施工缝、变形缝一般是采用综合治理的措施即注浆防水与嵌缝和抹面保护相结合，具体做法是将变形缝内的原嵌填材料清除，深度约 100mm，施工缝沿缝凿槽，清洗干净，漏水较大部位埋设引水管，把缝内主要漏水引出缝外，对其余较小的渗漏水用快凝材料封堵。然后嵌填密封防水材料，并抹水泥砂浆保护层或压上保护钢板，待这些工序做完后，注浆堵水。

穿墙管与预埋件的渗水处理步骤是：将穿墙管或预埋件四周的混凝土凿开，找出最大漏水点后，用快凝胶浆或注浆的方法堵水，然后涂刷防水涂料或嵌填密封防水材料，最后用掺外加剂水泥砂浆或聚合物水泥砂浆进行表面保护。