

上海市工程建设规范

地下结构隔排水主动抗浮技术标准

Technical standard for active anti-floating of underground structure
by seepage prevention and drainage measures

DG/TJ 08—2411—2023

J 16774—2023

主编单位：同济大学

上海勘察设计研究院(集团)有限公司

上海联境工程建设中心

批准部门：上海市住房和城乡建设管理委员会

施行日期：2023年6月1日

同济大学出版社

2023 上海

上海市住房和城乡建设管理委员会文件

沪建标定〔2023〕30号

上海市住房和城乡建设管理委员会 关于批准《地下结构隔排水主动抗浮技术 标准》为上海市工程建设规范的通知

各有关单位：

由同济大学、上海勘察设计研究院(集团)有限公司和上海联境工程建设中心主编的《地下结构隔排水主动抗浮技术标准》，经我委审核，现批准为上海市工程建设规范，统一编号为 DG/TJ 08—2411—2023，自 2023 年 6 月 1 日起实施。

本标准由上海市住房和城乡建设管理委员会负责管理，同济大学负责解释。

上海市住房和城乡建设管理委员会

2023 年 1 月 17 日

前 言

根据上海市住房和城乡建设管理委员会《关于印发〈2020 年上海市工程建设规范、建筑标准设计编制计划〉的通知》(沪建标准〔2019〕752 号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结工程实践经验,参考有关技术标准,并在广泛征求意见的基础上,编制了本标准。

本标准主要内容有:总则;术语和符号;基本规定;材料与设备;设计;施工;监控;检验与验收;运维。

本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别专利的责任。

各单位及相关人员在执行本标准过程中,请注意总结经验,积累资料,并将有关意见和建议反馈至上海市住房和城乡建设管理委员会(地址:上海市大沽路 100 号;邮编:200003;E-mail:shjsbzgl@163.com),上海联境工程建设中心(地址:上海市灵石路 718 号 A6 栋 5 层;邮编:200072;E-mail:bian_haitao@ljjz-arc.com),上海市建筑建材业市场管理总站(地址:上海市小木桥路 683 号;邮编:200032;E-mail:shgcbz@163.com),以供今后修订时参考。

主 编 单 位:同济大学

上海勘察设计院(集团)有限公司

上海联境工程建设中心

参 编 单 位:上海同建强华建筑设计有限公司

上海联境建设集团有限公司

上海市建设工程安全质量监督总站

上海长凯岩土工程有限公司

上海地产(集团)有限公司
华东建筑设计研究院有限公司
上海隧道工程轨道交通设计研究院
上海同禾土木工程科技有限公司
上海欧本钢结构有限公司
上海工程技术大学
同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司
上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司
广西大学

主要起草人:曾朝杰 杜旭 徐超 杨石飞 陈晖
刘陕南 袁芬 张海霞 姚鸿梁 杨志豪
卞海涛 杨砚宗 宋爽 杨晓楠 杜春雪
吴江斌 王美云 金磊铭 陈明 吴宏磊
张正林 蒋应红 梁志荣 梅国雄 包勇
安亚文

主要审查人:朱合华 汪大绥 郑毅敏 瞿革 梁淑萍
陆秀丽 盛棋楸

上海市建筑建材业市场管理总站

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
	2.1 术 语	2
	2.2 符 号	4
3	基本规定	6
4	材料与设备	8
	4.1 一般规定	8
	4.2 材 料	8
	4.3 设 备	11
5	设 计	12
	5.1 一般规定	12
	5.2 勘察要求	12
	5.3 抗浮稳定性计算	16
	5.4 地下水入渗流量计算	18
	5.5 排水系统设计	21
	5.6 隔水系统设计	26
	5.7 结构及构造设计	27
6	施 工	29
	6.1 一般规定	29
	6.2 排水系统施工	30
	6.3 隔水系统施工	32
	6.4 安装与调试	33
7	监 控	35
	7.1 一般规定	35

7.2	监测内容及传感器	36
7.3	布 设	37
7.4	监控与预警	37
8	检验与验收	39
8.1	一般规定	39
8.2	检 验	39
8.3	验 收	41
9	运 维	43
9.1	一般规定	43
9.2	隔排水故障及应急处置	44
附录 A	土工织物表观孔径测试(干筛法)	45
附录 B	土工织物淤堵试验(梯度比试验)	48
附录 C	单井抽水试验技术要点	52
	本标准用词说明	57
	引用标准名录	58
	条文说明	59

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	4
3	Basic requirements	6
4	Materials and facility	8
4.1	General requirements	8
4.2	Material	8
4.3	Facility	11
5	Design	12
5.1	General requirements	12
5.2	Requirements for engineering investigation	12
5.3	Calculation of anti-floating stability	16
5.4	Groundwater seepage calculation	18
5.5	Drainage system design	21
5.6	Seepage prevention system design	26
5.7	Structure design	27
6	Construction	29
6.1	General requirements	29
6.2	Drainage system construction	30
6.3	Seepage prevention system construction	32
6.4	Installation and debugging	33
7	Monitoring and control	35
7.1	General requirements	35

7.2	Monitoring contents and sensors	36
7.3	Installation	37
7.4	Monitoring and warning	37
8	Verification and acceptance	39
8.1	General requirements	39
8.2	Testing and verification	39
8.3	Engineering acceptance	41
9	Operation and maintenance	43
9.1	General requirements	43
9.2	Drainage and seepage prevention failure and emergency handling	44
Appendix A	Test of apparent opening size of geotextiles (dry sieve method)	45
Appendix B	Clogging test of geotextiles (gradient ratio test)	48
Appendix C	Technical requirements of single well pumping test	52
	Explanation of wording in this standard	57
	List of quoted standards	58
	Explanation of provisions	59

1 总 则

1.0.1 为促进地下结构抗浮技术的发展,规范隔排水主动抗浮技术实施过程中的设计、施工和监控,做到安全可靠、技术先进、经济合理,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于本市新建地下工程地下水浮力控制或已建地下结构工程抗浮治理。

1.0.3 地下结构主动抗浮工程应综合考虑地下结构特点与功能要求、场地工程地质、水文地质与环境条件等,因地制宜确定抗浮方案。

1.0.4 地下结构隔排水主动抗浮工程除应符合本标准的规定外,尚应符合国家、行业和本市现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 隔排水主动抗浮技术 active anti-floating technique by seepage prevention and drainage measures

通过采用隔水和排水措施控制地下水位和基底水压力,以满足地下结构抗浮安全要求和减少基础结构受力的技术。

2.1.2 隔水系统 seepage prevention system

由地下结构基坑周边设置的止水帷幕、下部隔水土层或相对隔水土层以及必要时防止地表水入渗而在肥槽设置防渗屏障构成的限制地下水渗透的体系。

2.1.3 排水系统 drainage system

由在地下结构底部和(或)肥槽土体中设置的排水层、排水带、泄压井与集水坑、抽水设备等所构成的导排水体系。

2.1.4 地下水监控系统 monitoring & controlling system of groundwater

为掌握地下结构抗浮状况而布设的水头压力或水位监测元器件、预警平台和主动控制系统。

2.1.5 抗浮设防水位 anti-floating fortification groundwater table

在地下结构施工期和使用期内可能出现的最高水位,或者施工期与使用期内最不利工况组合下地下结构底板上可能承受的最大浮力按静态换算的水头高度。施工期与使用期内可采用不同的抗浮设防水位。

2.1.6 抗浮控制水位 anti-floating control groundwater table

为保证地下结构施工期或使用期的抗浮稳定,通过隔水与排

水措施控制的最高水位。

2.1.7 排水层 drainage layer

在地下结构与下部土体间水平向层状布置的、具有反滤与排水功能的集排水体。

2.1.8 排水带 drainage belt

在地下结构与下部土体间水平向带状布置的、具有反滤与排水功能的集排水体,可沿一个方向平行布置,也可以纵横交织成网状布置。

2.1.9 泄压井 pressure relief well

在地下结构底板之下土体中点状布置的、用于主动抽排水的管井或集水井。

2.1.10 入渗流量 seepage flow

单位时间内地下水透过隔水系统进入地下结构与隔水系统之间的水量。

2.1.11 排水量 discharge capacity

排水系统在抗浮控制水位条件下能够排泄的最大流量。

2.1.12 肥槽 space between basement exterior wall and foundation pit wall

建筑物地下室外墙与基坑边之间的空间。

2.1.13 盲沟 blind drain

设置在地下结构底板之下的土体中、由反滤层包裹碎石构成的带状排水体。

2.1.14 土工织物表观孔径 apparent opening size of geotextiles

反映土工织物孔隙通道大小的指标,以土工织物为筛布对颗粒料进行筛析,当一种颗粒料的过筛率(通过土工织物的颗粒料重量与颗粒料总重量之比)为 5%时,则将该颗粒粒径确定为土工织物的表观孔径 O_{95} ,亦称等效孔径(EOS)。

2.2 符 号

- A ——基础底面积,或计算静水压力的区域面积;
- d_{85} ——被保护土层的特征粒径,即小于此粒径的土粒质量占全部土粒质量的85%;
- G ——地下结构及附加物(上部结构及覆盖填土等)的重力标准值,即总抗浮力标准值;
- K ——安全系数;
- K_d ——排水体导排水安全系数;
- K_w ——地下结构或计算区域的抗浮稳定安全系数;
- k ——渗透系数;
- k_g ——土工织物垂直渗透系数;
- k_s ——被保护土层的渗透系数;
- h_c ——地下结构底板底面至承压含水层顶板之间的土层厚度;
- i ——水力梯度;
- L ——渗流路径长度;
- m_i ——抗浮力组合系数;
- N_w ——地下水总浮力标准值;
- O_{95} ——土工织物的表观孔径;
- p_w ——静水压力或者承压水头产生的压力;
- R ——水力影响半径;
- Q ——入渗流量;
- q_d ——排水带(盲沟)通水量;
- q_n ——排水层(复合排水网)单宽通水量;
- q_w ——泄压井的排水量;
- α ——盲沟排水效率系数;
- γ ——重度;

γ_w ——地下水的重度；
 γ_{sat} ——土的饱和重度；
 ΔH ——水位(水头)差；
 Δh_c ——使用期设定的水位变动区间或静水压力差换算的水头差。

3 基本规定

3.0.1 采用隔排水主动抗浮工程的设计工作年限不应低于主体结构的设计工作年限。

3.0.2 隔排水主动抗浮工程应包括排水系统、隔水系统和地下水监控系统。根据地层条件,隔水系统可考虑设置或利用止水帷幕。

3.0.3 隔排水主动抗浮技术应满足单位入渗流量不大于 $0.05 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 的使用条件,当长期排水可能影响周边环境正常使用时,应进行专项论证。

3.0.4 隔排水主动抗浮工程除进行常规岩土工程勘察外,尚应提供相关地层的水文地质参数,进行地下水水质化验分析。

3.0.5 采用隔排水主动抗浮的工程,可将基坑围护止水帷幕与主动抗浮措施相结合,进行基坑围护和地下结构抗浮一体化设计和施工。

3.0.6 隔排水主动抗浮稳定性验算的荷载取值应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和现行行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476 的相关规定。

3.0.7 隔排水主动抗浮设计必须满足抗浮稳定性要求,结构和构件的承载力、变形及抗浮设施的有效性应符合抗浮性能及结构设计要求。

3.0.8 隔排水主动抗浮工程应考虑施工引起的地基土回弹再压缩及土体自重应力的变化,对主动抗浮工况下地基承载力和变形进行验算。

3.0.9 隔排水主动抗浮工程构件和材料的耐久性应满足地下结构的工作年限,可更换构件或设备应明确更换标准,按期更换维

护;在地下结构工作年限内,排水体长期透水与排水性能应满足排水要求。

3.0.10 隔排水主动抗浮工程施工应编制专项施工方案。

3.0.11 隔排水主动抗浮工程质量验收应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 及相关验收规范要求。

3.0.12 隔排水主动抗浮工程应在建筑工作年限内对地下水进行实时监测,监控隔排水系统的运行情况。

4 材料与设备

4.1 一般规定

4.1.1 隔排水主动抗浮工程所用的隔排水材料和反滤材料应满足耐久性和环保要求。

4.1.2 用于抽排水的水泵应具有自动触发启动装置,其排水能力应不小于主动抗浮工程使用期内预计的最大入渗流量的2倍。

4.1.3 监控系统应包括监测元件、预警系统和控制平台,并符合下列要求:

- 1 监测元件应满足精度要求并可更换。
- 2 控制系统应具备按照预设条件自动启动水泵排水的功能。
- 3 当监控系统出现异常时,预警系统应具备自动判断和报警功能。

4.1.4 抽排水及监控系统应有备用设备和电源。

4.2 材料

4.2.1 肥槽封堵隔水材料可选用土工膜、复合土工膜、土工防水毯(GCL)、混凝土、三合土、流态固化土或压实黏土层等。隔水材料的性能应满足下列要求:

- 1 聚乙烯土工膜应符合现行国家标准《土工合成材料 聚乙烯土工膜》GB/T 17643的规定,特性指标应符合表4.2.1的规定。使用土工膜作为封堵材料时,应在其上、下设置无纺土工织物或黏性土保护层。

2 复合土工膜应符合现行国家标准《土工合成材料 非制造布复合土工膜》GB/T 17642 的规定,其中土工膜厚度和力学性能应符合表 4.2.1 的规定。

3 土工防水毯(GCL)应符合现行行业标准《钠基膨润土防水毯》JG/T 193 的规定,且单位面积质量不应小于 4 800 g/m²,水化后的渗透系数不应大于 5×10⁻⁹ cm/s。

4 压实黏土层应由黏土在最优含水率 (w_{opt}) ± 2% 下碾压或夯实而成,厚度不应小于 2.0 m,渗透系数不应大于 1×10⁻⁷ cm/s。

5 采用三合土或流态固化土封堵肥槽时,厚度不应小于 2.0 m,渗透系数不应大于 1×10⁻⁷ cm/s。

表 4.2.1 土工膜的特性指标

项目	性能指标	单位	测试方法
厚度	≥0.5	mm	《土工合成材料测试规程》SL 235
抗拉强度	≥10	MPa	
刺破强力	≥300	N	
极限延伸率	≥40	%	

4.2.2 止水帷幕材料除应满足基坑围护使用要求外,尚应符合作为隔水系统的止水要求。

4.2.3 排水系统排水体应根据工程特点和入渗流量大小选择排水层、排水带或泄压井,按照排水量的大小可在排水层或排水带内布置导水管,并采用集水管将排水体、导水管汇集的入渗水流导入集水坑。排水体材料应满足下列要求:

1 土工复合排水网作为排水层时,其导水率和排水网芯材的抗压强度应符合表 4.2.3 的规定,土工织物应满足第 4.2.4 条的规定。

2 碎石盲沟中碎石最大粒径不宜超过 50 mm,细颗粒(粒径小于 0.075 mm)的含量应小于 5%,不应含有有害成分或易降解成分。盲沟外应设置无纺土工织物滤层,无纺土工织物应满足

第 4.2.4 条的规定。

3 泄压井应采用过滤装置,材质宜为钢材,滤料粒径宜为 0.25 mm~2 mm,不均匀系数 C_u 不宜大于 3。

4 导水管壁上的排水孔最大孔径不宜大于碎石的限制粒径 (d_{30}),预计最大竖向压力下导水管的直径变化率不宜大于 5%。

5 集水管可采用不锈钢管、PE 管或 PVC 管等制成。导水管可采用无砂管;当采用不锈钢管、PE 管和 PVC 管时,均应在管壁上打孔,并采用无纺土工织物包裹。

表 4.2.3 复合排水网性能指标

项目	性能指标	单位	测试方法	
单宽通水量	$\geq 3 \times 10^{-3}$	$\text{m}^3 / (\text{m} \cdot \text{s})$	《土工合成材料测试规程》SL 235	
芯材	压屈强度	≥ 300		kPa
	压屈应变	≤ 20		%
	纵向抗拉强度	≥ 8		kN/m

4.2.4 无纺土工织物作为层状排水体和带状排水体的反滤材料时,宜采用短纤针刺或长丝纺黏土工织物,其特性指标应满足表 4.2.4 的规定。土工织物的反滤性能应满足下列要求:

1 土工织物的保土性应满足式(4.2.4-1)要求:

$$O_{95} \leq 2d_{85} \quad (4.2.4-1)$$

式中: O_{95} ——土工织物的表观孔径,按本标准附录 A 的测试方法试验确定;

d_{85} ——被保护土质量累计百分数等于 85%对应的粒径。

2 土工织物的透水性应满足式(4.2.4-2)要求:

$$k_g \geq 100k_s \quad (4.2.4-2)$$

式中: k_g ——土工织物的垂直渗透系数(m/s);

k_s ——被保护土层的渗透系数(m/s)。

3 土工织物防淤堵试验中梯度比(GR)应不大于 3.0,试验

应采用拟选择的土工织物和被保护土按本标准附录 B 进行。当单独采用土工织物不能满足防淤堵要求时,可选择土工织物与砂石透水材料组成的复合滤层。

表 4.2.4 无纺土工织物反滤层性能指标

项目	性能指标	单位	测试方法
经纬向断裂强度	≥ 25	kN/m	《土工合成材料测试规程》SL 235
经纬向断裂伸长率	≥ 40	%	
CBR 顶破强度	≥ 4.0	kN	
经纬向梯形撕破强力	≥ 0.7	kN	
单位面积质量	150~300	g/m ²	

4.3 设 备

4.3.1 用于抽排集水坑内地下水的水泵,应结合建筑给排水专业的要求进行水泵选型,根据排水量来确定其功率和扬程。应配备双水位自动控制装置,根据集水坑的水位变化自动排水和关闭。

4.3.2 用于泄压的水泵,应根据排水量、地下结构埋深和抗浮控制水位等条件确定其功率和扬程。应配备双水压自动控制装置,根据监测的水压变化自动排水和关闭。

4.3.3 监控设备应实时采集水位、水头压力与排水量等信息,根据水位与水头压力自动控制排水泵的开闭与电机的转速。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 设计前应掌握场地的工程地质与水文地质条件、地下结构的特点和要求,应对周边环境进行调查。

5.1.2 抗浮控制水位应根据地下结构埋深、上覆荷载情况和抗浮设防水位等综合确定,地下结构应满足抗浮稳定性要求。

5.1.3 排水体类型应根据抗浮控制水位和计算排水量选择,并与地下结构设计相适应。

5.1.4 地下结构隔排水主动抗浮设计时,应考虑隔排水措施对基础变形的影响,分析评价地下水水位变化对场地稳定性和地基承载力的影响,并评估对周边环境可能产生的工程危害,提出防治措施。

5.2 勘察要求

5.2.1 地下结构隔排水主动抗浮工程勘察应与工程项目岩土工程勘察相结合,勘察成果资料应满足地下结构隔排水主动抗浮工程设计和施工要求。

5.2.2 勘察前应对场地气象、水文条件进行调查,并应包括下列内容:

1 本地区历史气象资料。

2 区域水文条件,地下水补给、径流、排泄条件。

3 地表水积聚情况、与地下水的水力联系以及对地下水位的影响资料。

4 历史最高水位。

5.2.3 当遇有承压水且对地下结构抗浮有影响时,应进行专项水文地质勘察。

5.2.4 专项水文地质勘察宜通过原位测试确定抗浮设计所需的含水层水文地质参数。

5.2.5 专项水文地质勘察宜在水文地质调查与测绘、物探和已有资料的基础上进行,并应符合下列规定:

1 当基底为不透水层或相对隔水层时,勘探孔应穿透不透水层或相对隔水层,对厚层不透水层或相对隔水层,孔深不应小于基底以下 10 m。

2 当勘探孔仅用于量测地下水水位时,单一含水层应进入基底以下不小于 2 m,多层含水层相连时,应进入基底下首个含水层顶面以下不小于 3 m。

3 当需进行抽水试验时,孔深应进入含水层下部不小于 3 m,并应符合现行上海市工程建设规范《建设工程水文地质勘察标准》DG/TJ 08—2308 的规定。

4 承压含水层应进行地下水水位动态监测,监测时间不宜少于 7 d。

5 水位观测结束后应对钻孔进行封孔。

5.2.6 水文地质勘察测试项目应根据主动抗浮工程建设需要和场地水文地质条件、试验目的等因素综合确定,并应符合下列规定:

1 测试内容宜包括地下水位、地下水出水量、孔隙水压力、水质、含水层水文地质参数等。

2 水文勘察测试参数及测定方法应按表 5.2.6 执行,抽水试验要点可按本标准附录 C 执行。

表 5.2.6 地下水测试方法及适用范围

测试项目		测试方法		适用范围	
地下水位			水尺法	人工测读	
			电测水位计法	人工测读	
			电测孔压计法	人工及自动化测读	
水量			量筒法(容积法)	水量很小,小于或等于 1 000 cm ³ /s	
	流量计法	电磁流量计、水表、超声流量、孔板流量计		水量大于或等于 2 000 cm ³ /s	
	堰测法	三角形		水量 1 000 cm ³ /s~70 000 cm ³ /s	
		梯形		水量大于 50 000 cm ³ /s	
		矩形		水量大于 10 000 cm ³ /s	
孔隙水压力	封闭式	电测式孔压计、光纤光栅式孔压计		各种渗透性质的土层	
	开口式	测压管		适用于渗透系数大于 1×10 ⁻⁵ cm/s 的土层	
水质常规指标			原位电测法	用于测试地下水溶解氧、pH、浊度、水温、电导率和氧化还原电位	
			室内试验法	根据测试项选用	
含水层水文地质参数	渗透系数	静力触探	孔压静探试验	黏性土、粉性土、砂性土	
		注水试验	试坑单环法		地下水位埋深大于 5 m 的黏性土和粉性土层
			试坑双环法		地下水位埋深大于 5 m 的砂土层、砂卵砾石层
			钻孔常水头法		渗透性较强的砂土层
			钻孔变水头法		渗透性较弱的粉性土、黏性土层
	室内试验	常水头渗透试验		渗透性较强的砂土层	
		变水头渗透试验		渗透性较弱的粉性土、黏性土层	
		渗压试验		需考虑压力变化对渗透系数影响时	
	影响半径、贮水系数	抽水试验		各种类型含水层	
		回灌试验			

续表5.2.6

测试项目		测试方法	适用范围
含水层水文地质参数	越流系数、越流因数	群井抽水试验	各种类型含水层
	毛细水上升高度	试坑观测	地下水位埋深大于5 m的黏性土和粉性土层
		室内试验	各种类型含水层

5.2.7 地下水抗浮评价应包括下列内容：

1 地下水类型、埋藏条件、水位及其动态变化规律，不同含水层的水力联系。

2 根据地下水类型、变化规律和补给与排泄等条件，提出总体或分区抗浮设防水位的建议。

3 对可能的抗浮设计方案和措施进行分析评价，对抗浮方案提出建议。

4 当基础下存在承压含水层时，评价基底隆起或产生突涌的可能性。

5 采用隔排水主动抗浮技术时，评价地下水对隔排水设施的腐蚀性和减少淤堵措施建议，评价排水对周围环境可能产生的影响。

5.2.8 既有地下结构抗浮治理前，应对既有结构及存在的问题进行调查，并应包括下列内容：

- 1 结构竖向位移量及变化速率。
- 2 结构裂缝分布范围、张开量及变化速率。
- 3 结构受损程度及位置。
- 4 地下水位及变化量。
- 5 覆土、压重等抗浮荷载与设计条件一致性。
- 6 既有抗浮构件有效性及需要治理的范围。
- 7 治理范围内工程地质、水文地质条件变化情况。

5.3 抗浮稳定性计算

5.3.1 抗浮设防水位可分为施工期抗浮设防水位和使用期抗浮设防水位,应通过勘察确定。

5.3.2 抗浮控制水位宜基于按需降水的原则,设定为地下结构底板底面或高出底板底面一定高度。

5.3.3 地下结构隔排水主动抗浮稳定性应满足式(5.3.3)的规定:

$$G/N_w \geq K_w \quad (5.3.3)$$

式中: G ——作用在地下结构上的总抗浮力标准值(kN);

N_w ——作用在地下结构上的地下水总浮力标准值(kN);

K_w ——地下结构抗浮稳定安全系数,取 1.10。

5.3.4 地下结构承受的浮力应按照基底所在含水层中的静水压力差进行计算;若在基底以下存在承压含水层,应验算地下结构抗承压水突涌的稳定性。

1 潜水含水层中抗浮控制水位与地下结构底板底面之间的水位差产生的浮力标准值按式(5.3.4-1)计算:

$$p_w = \gamma_w \Delta H \quad (5.3.4-1)$$

式中: p_w ——单位基底面积上由水位差产生的浮力标准值(kPa);

γ_w ——地下水的重度(kN/m³);

ΔH ——抗浮控制水位与地下结构底板底面之间的水位差(m)。

2 抗承压含水层突涌的稳定性应满足式(5.3.4-2)要求:

$$\frac{\gamma h_c + p_c}{p_w} \geq 1.10 \quad (5.3.4-2)$$

式中: γ ——地下结构底板底面至承压含水层顶板之间土层的厚度加权平均天然重度(kN/m³);

h_c ——地下结构底板底面至承压含水层顶板之间的土层厚度(m)；

p_c ——地下结构及上部填料自重共同作用下的基底压力(kPa),应根据施工节点和施工工况确定,在排水体施工阶段应取 0 kPa；

p_w ——承压含水层水头产生的压力值(kPa)。

5.3.5 地下结构的抗浮力计算应符合下列规定：

1 施工期抗浮力取不同施工阶段地下结构自重。

2 使用期抗浮力取地下结构自重与地下结构上部填料自重(当地下结构底板外挑时,含外挑结构上的填料自重)的组合值。

3 地下结构自重标准值应按结构设计尺寸及其材料重度计算确定；地下结构顶部和挑出部分上填料自重标准值,抗浮控制水位以上的应按天然重度计算,水位以下的应按饱和重度计算确定。

4 抗浮力的组合系数按表 5.3.5 取值。

表 5.3.5 抗浮力组合系数

抗浮力类型	系数
地下结构自重	1.00
结构上部及外挑结构上填料自重	0.95

5.3.6 地下结构底板刚性时,整个地下结构或某一计算区域的抗浮稳定性应满足式(5.3.6)的要求：

$$\frac{\sum m_i G_i}{\sum A_i p_{wi}} \geq K_w \quad (5.3.6)$$

式中： K_w ——地下结构或计算区域的抗浮稳定安全系数,取 1.10；

G_i ——地下结构或计算区域作用的第 i 项抗浮力标准值(kN)；

m_i ——地下结构或计算区域作用的第 i 项抗浮力的组合系

数,按表 5.3.5 取值;

A_i ——地下结构基底或计算区域的底面积(m^2);

p_{wi} ——由水头差产生的作用于地下结构基底或某计算区域上的静水压力(kPa)。

5.4 地下水入渗流量计算

5.4.1 当采用止水帷幕时,初步抗浮设计阶段可根据最短渗流路径估算使用期的入渗流量(图 5.4.1)。

1 使用期的入渗流量可按照式(5.4.1-1)计算:

$$Q_r = 864k_v i A \quad (5.4.1-1)$$

式中: Q_r ——地下水总入渗流量,亦即需要排水系统排出的流量(m^3/d);

k_v ——地下水渗流路径上各土层渗透系数的当量值(cm/s);

i ——渗流路径上的平均水力梯度;

A ——止水帷幕内侧围成的面积(m^2)。

2 地下水渗流路径上土层渗透系数的当量值,可按式(5.4.1-2)计算:

$$k_v = \frac{\sum_{j=1}^n h_j}{\sum_{j=1}^n \frac{h_j}{k_j}} \quad (5.4.1-2)$$

式中: h_j ——第 j 土层的厚度(m);

k_j ——第 j 土层的垂直渗透系数(cm/s)。

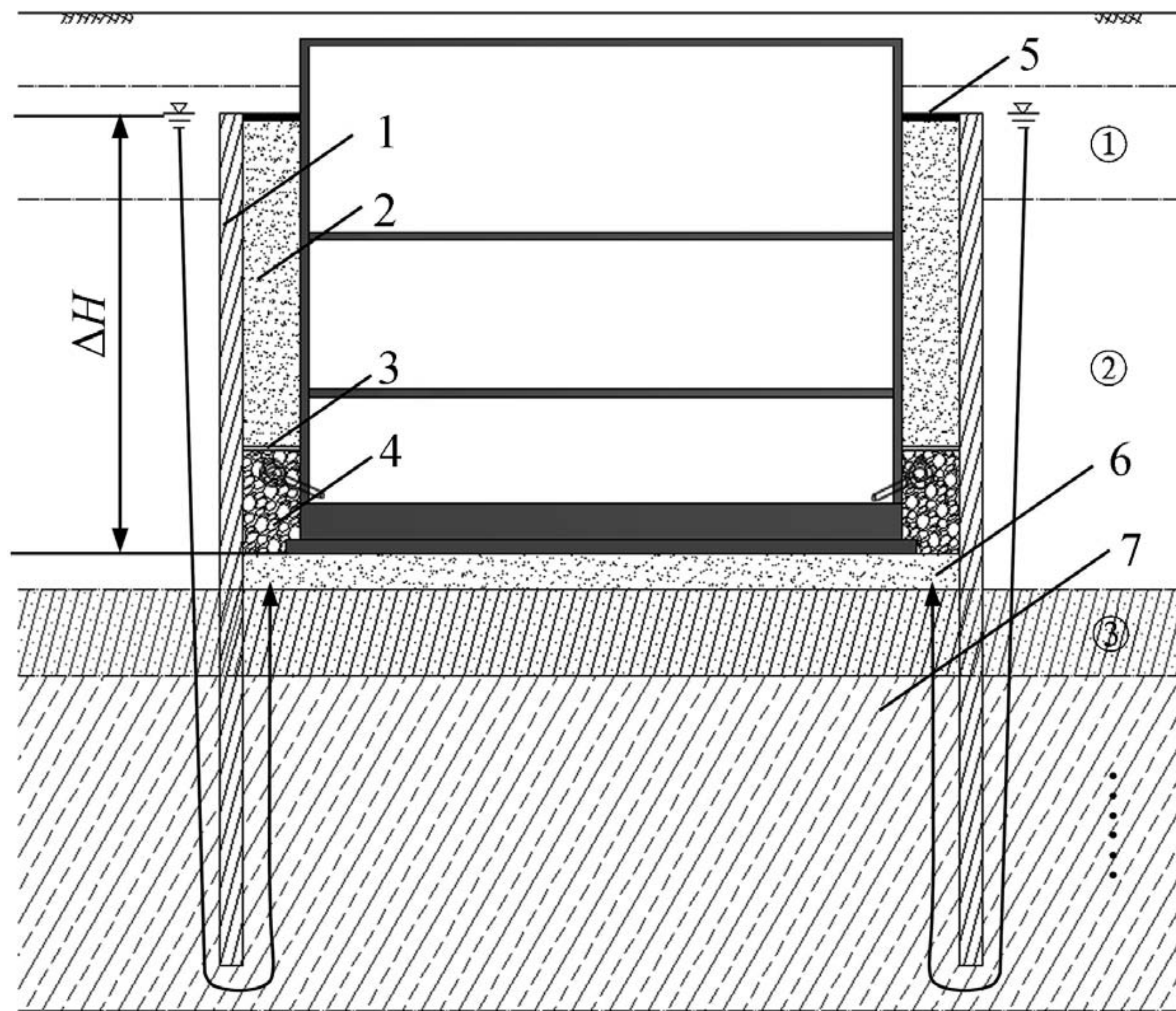
3 渗流路径上的平均水力梯度,可按式(5.4.1-3)计算:

$$i = (\Delta H + \Delta h_c) / L \quad (5.4.1-3)$$

式中: ΔH ——抗浮设防水位与抗浮控制水位之间的水位差(m);

Δh_c ——由使用期设定的水位变动区间或压力差按静水压力换算的水头差(m)；

L ——地下水渗流路径长度,可取抗浮设防水位至止水帷幕底部的垂直距离与止水帷幕底部至地下结构地板的垂直距离之和。



1—止水帷幕；2—隔水回填；3—无纺土工织物；4—砾石；
5—膨润土防水毯隔水；6—滤水层；7—弱透水性土层

图 5.4.1 地下结构入渗流量计算简图

5.4.2 不考虑止水帷幕时,初步设计阶段可按式(5.4.2)计算使用期的入渗流量(图 5.4.2)。

$$Q_r = \frac{\pi k (H_0^2 - H_w^2)}{\ln\left(\frac{R + R_0}{R_0}\right)} \quad (5.4.2)$$

式中: Q_r ——地下水总入渗流量,亦即需要排水系统排出的流量(m^3/d)；

k ——地下水渗流路径上各含水层渗透系数的当量值

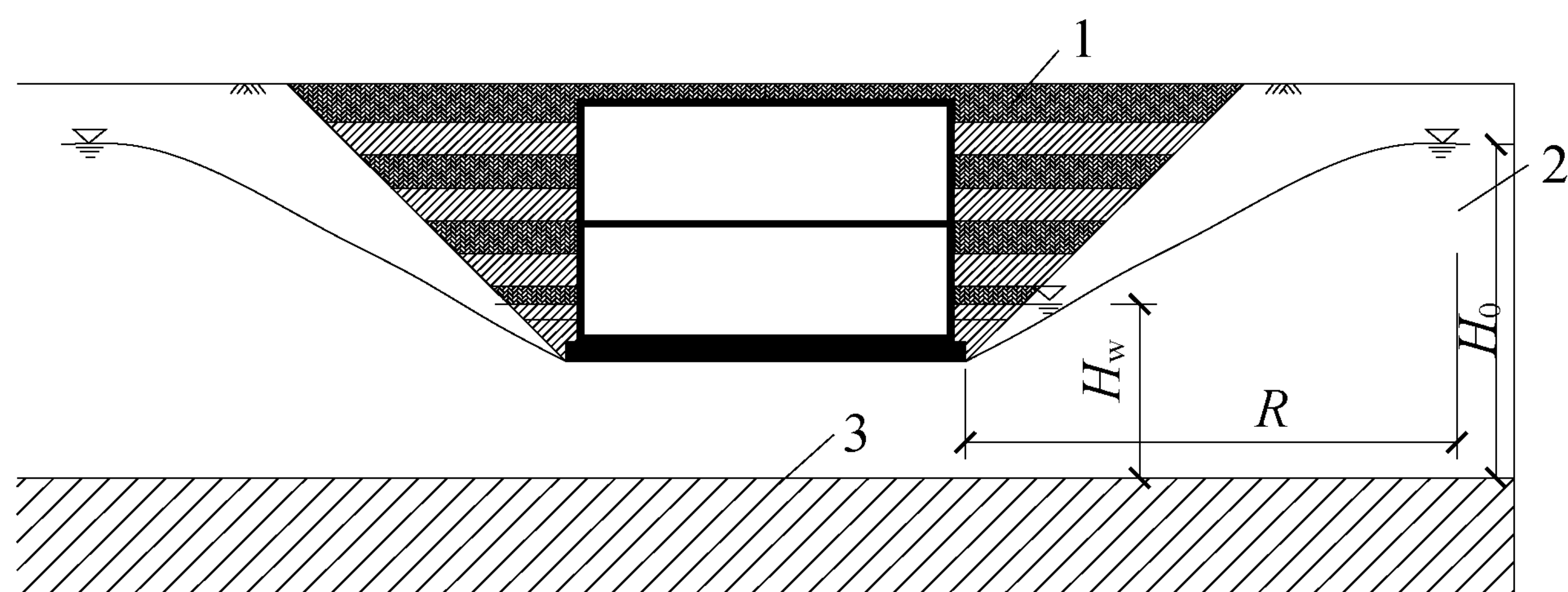
(m/d), 多层含水层时按式(5.4.1-2)计算;

H_0 ——抗浮设防水位至含水层层底高度(m);

H_w ——抗浮控制水位至含水层层底高度(m);

R_0 ——地下室底板等效半径(m), 可按 $R_0 = \sqrt{A/\pi}$ 计算, 其中 A 为地下室面积(m^2);

R ——含水层在($H_0 - H_w$)水头差作用下的影响半径(m), 宜按补给与排水平衡法计算, 计算单位面积降雨补给量时应乘以放大系数 2.0。



1—肥槽; 2—潜水含水层; 3—弱透水性土层

图 5.4.2 不考虑止水帷幕时地下结构入渗流量计算简图

5.4.3 施工图设计阶段, 应采用数值模拟方法计算地下水入渗流量, 并应符合下列规定:

1 根据地下水动力学基本原理, 按稳定流建立地下水渗流基本微分方程。

2 根据地下结构埋深和潜水含水层与承压含水层的水力联系, 确定是否考虑地下水越流补给。

3 建立地下水渗流数值模型时, 可将抗浮设防水位和抗浮控制水位(或泄压井井水位)分别简化为基坑内外的常水头边界; 当需考虑承压含水层越流时, 应另设定承压含水层水头。

4 数值模型的主要水文地质参数应通过现场试验获得, 并通过基坑降水检验地下水渗流数值模型参数的合理性。

5 当采用排水层、排水盲沟作为排水体时, 可将排水体在基

底的分布面积简化为井点截面积,估算入渗流量。

5.5 排水系统设计

5.5.1 排水系统应设置专门的导水管,汇入集水坑。

5.5.2 排水体的结构和布置形式应根据排水体类型进行设计,并符合下列要求:

1 排水层宜选择复合排水网或碎石层(图 5.5.2-1),在地下结构基底下满铺,按一定的间距设置导水管,将地下水导入集水坑;采用复合排水网作排水层时,导水管间距不宜大于 40 m;采用碎石排水层时,排水网应改为碎石层,碎石层下面应设置土工织物滤层。

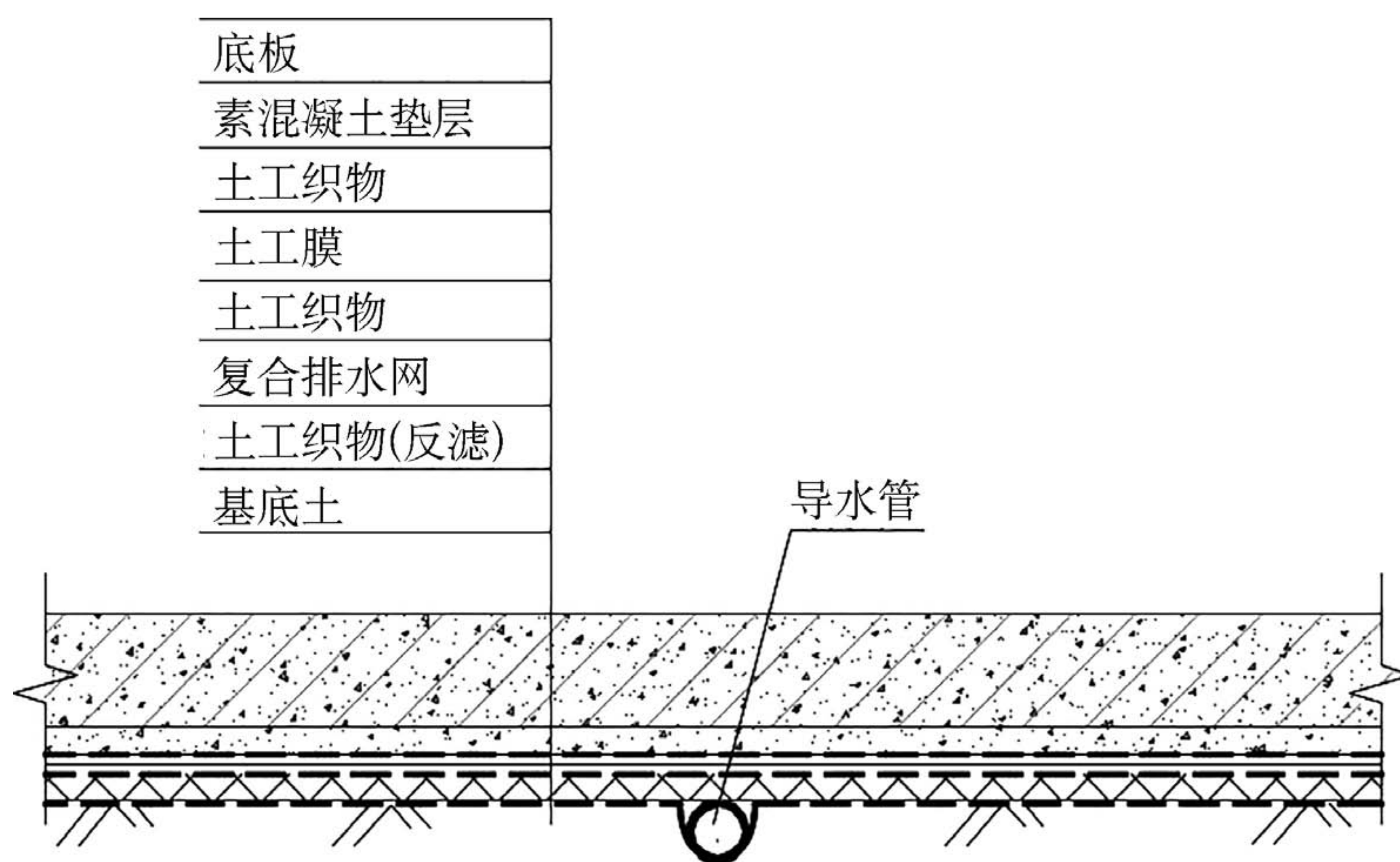


图 5.5.2-1 复合排水网结构与布置形式简图

2 排水盲沟(图 5.5.2-2)可在地下结构基底下沿相互垂直的两个方向均匀布置,在碎石盲沟内埋设导水管或集水管,分别将地下水导入集水管和集水坑中;盲沟的截面尺寸应根据计算确定,导水能力应满足预计最大排水量需求。采用排水盲沟时,导水管间距不宜大于 30 m,集水管间距不宜大于 40 m。

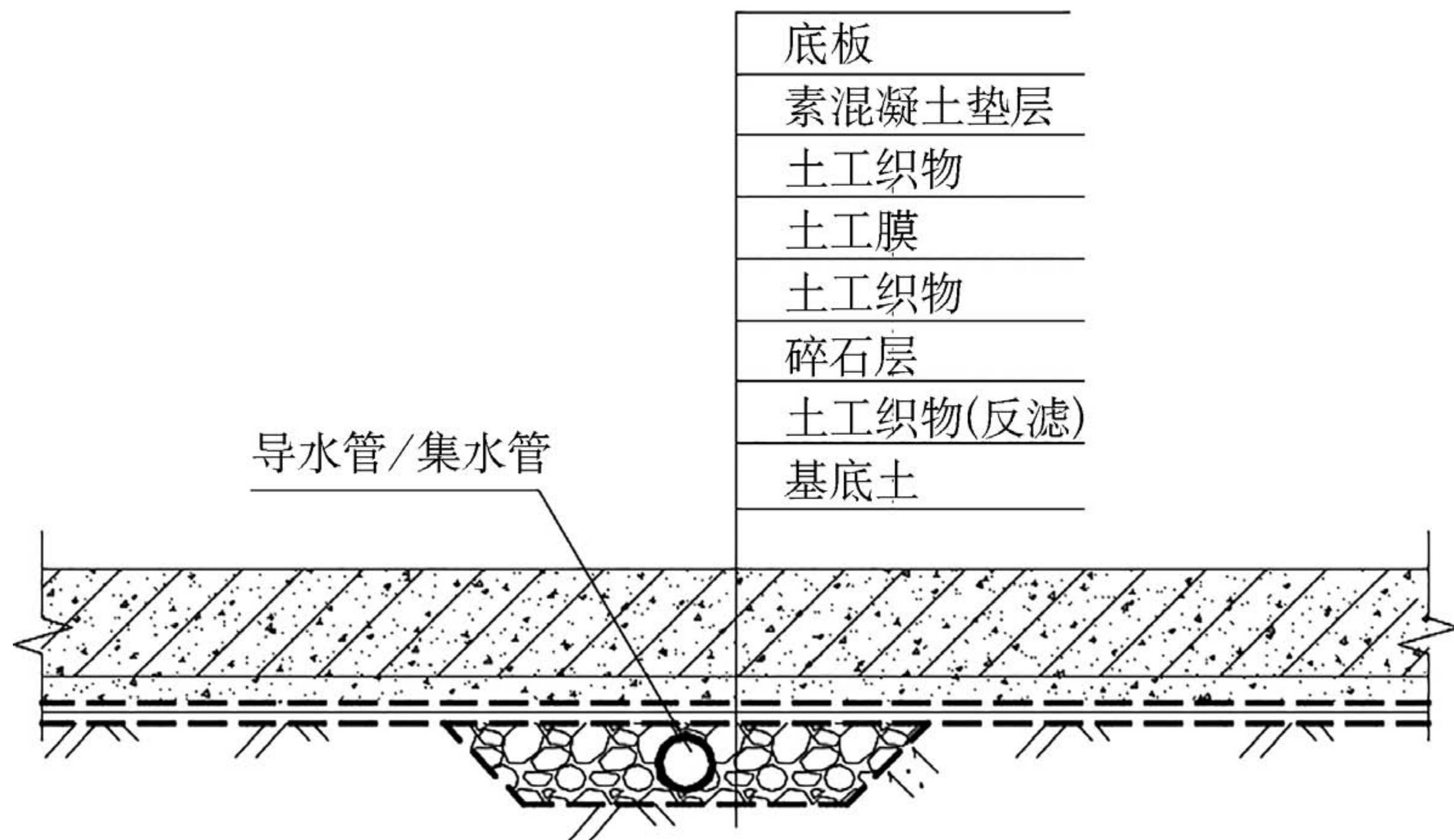
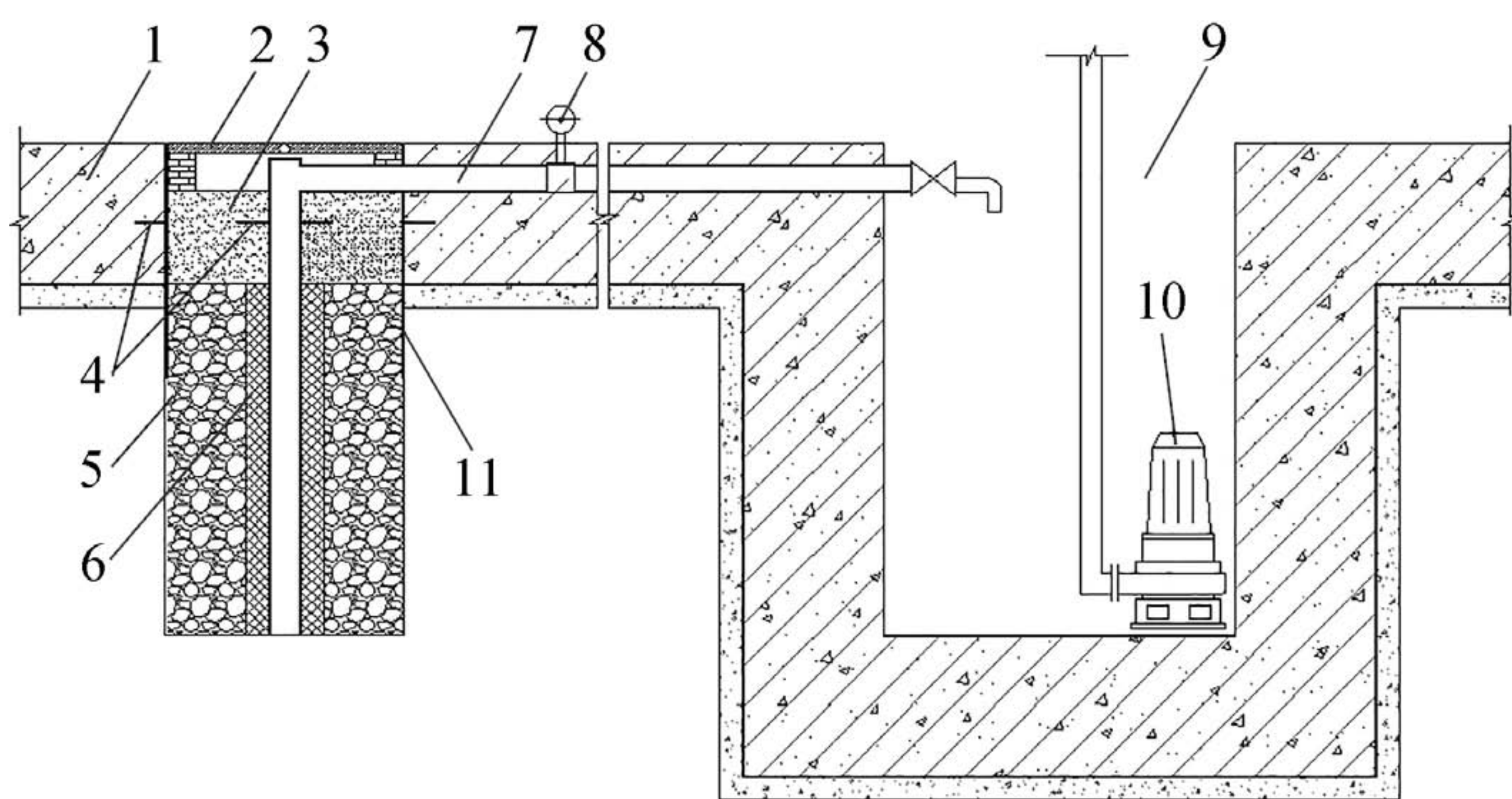


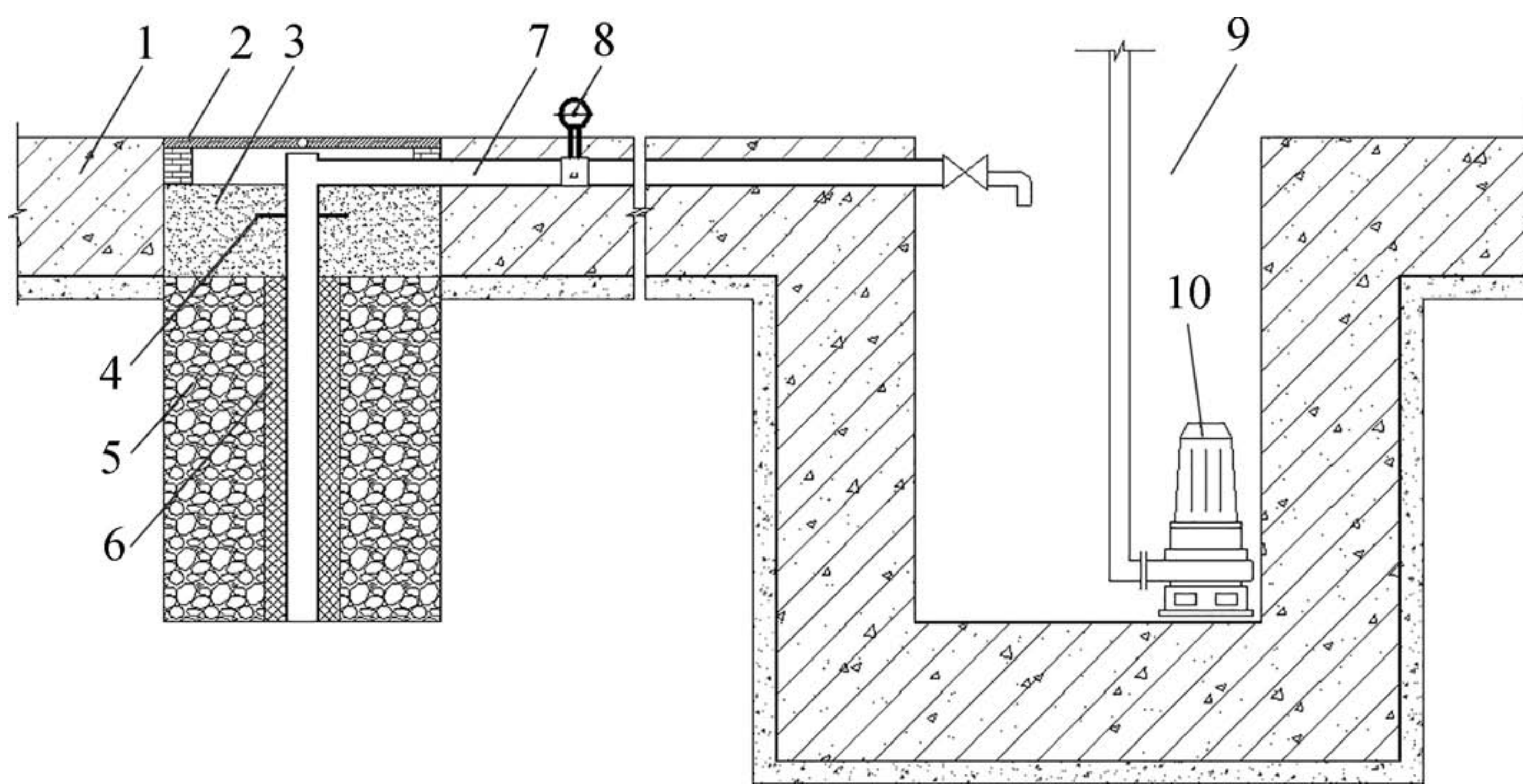
图 5.5.2-2 排水盲沟结构与布置形式简图

3 泄压井(图 5.5.2-3 和图 5.5.2-4)在地下结构基底下宜呈点状均匀布置,通过导水管(沟)与集水坑或出水系统相连通;过滤装置深入基底下不宜小于 1.0 m,应在过滤装置上端安装三通、球阀及排水管,并将排水管接入集水坑;泄压井结构在穿越主体结构底板范围内应设置可靠的止水措施。



1—基础底板;2—井盖;3—封孔灌浆料;4—止水材料;5—反滤层;6—过滤装置;
7—导水管;8—减压球阀;9—集水坑;10—抽水泵;11—钢护筒

图 5.5.2-3 前置式泄压井结构与布置图



1—基础底板;2—井盖;3—封孔灌浆料;4—止水材料;5—反滤层;6—过滤装置;
7—导水管;8—减压球阀;9—集水坑;10—抽水泵

图 5.5.2-4 后置式泄压井结构与布置图

4 前置式泄压井(图 5.5.2-3)应在垫层和底板浇筑前下放钢护筒,直径不宜小于 600 mm,外侧应设环状止水钢板,钢护筒深度应至垫层底部以下不宜小于 300 mm,待底板混凝土浇筑完成且强度达到设计要求后,将过滤装置送入底板以下。

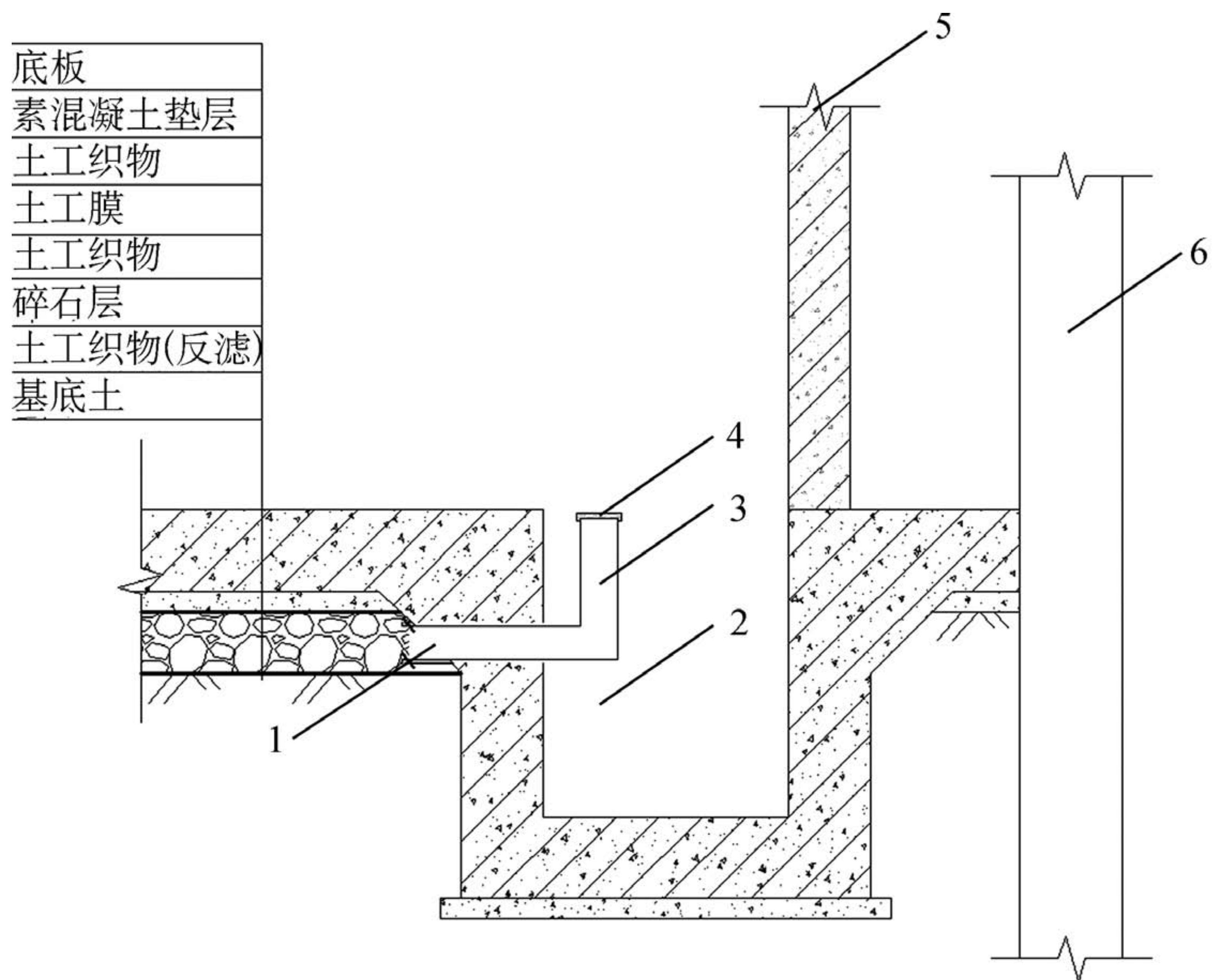
5 后置式泄压井(图 5.5.2-4)底板上开孔孔径不宜小于 850 mm,钢护筒直径不宜小于 800 mm,钢护筒深度应至泄压井井底,钢护筒与孔壁间应用灌浆料封闭。

6 底板面层上开凿导水管沟槽时,沟槽深度不应超过底板上部钢筋表面。

5.5.3 排水体收集的入渗水可通过导水管、集水管以自流方式汇入集水坑(图 5.5.3-1),亦可在排水体内设置水压监测系统,当水压达到设定的阈值时自动抽水泄压(图 5.5.3-2)。

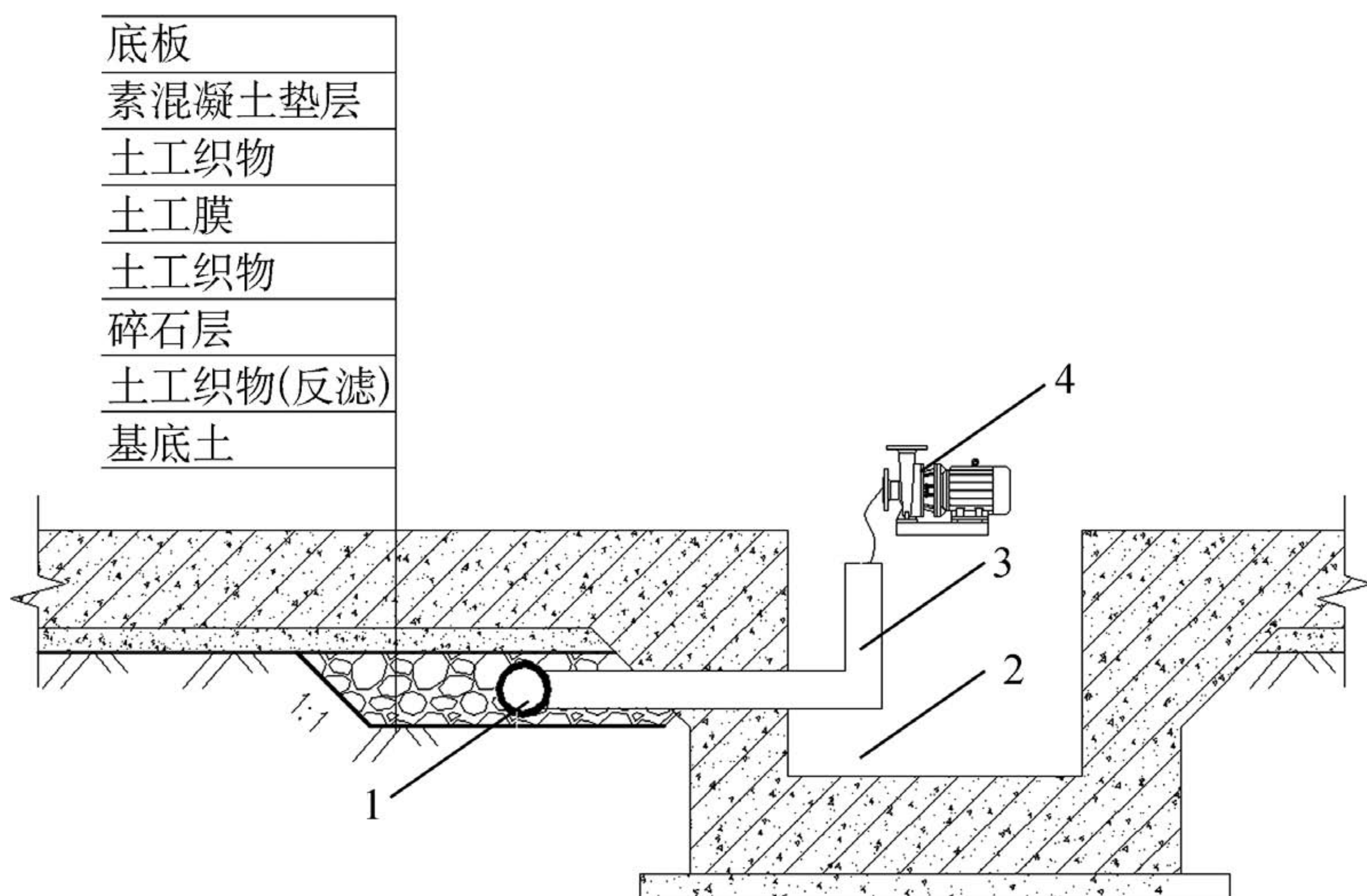
5.5.4 排水层、排水盲沟上应覆盖土工膜,土工膜厚度不应小于 0.3 mm,土工膜上应铺设无纺土工织物保护层。

5.5.5 当采用土工复合排水网时,单宽通水量 q_n 可在预期法向应力和水力梯度下通过室内试验确定。当法向压力和水力梯度尚不明确时,可按法向应力 100 kPa 和水力梯度 0.25 进行试验;当采用碎石排水层时,厚度不宜小于 400 mm。



1—集水管与钢管连接；2—集水坑；3—不锈钢管；
4—不锈钢网格盖板；5—外墙；6—围护结构

图 5.5.3-1 排水自动溢流结构与集水坑简图



1—集水管内嵌 T 形不锈钢管；2—集水坑；3—T 形不锈钢管(内置水压监测)；4—主动抽水泵

图 5.5.3-2 主动抽水泄压结构与集水坑简图

5.5.6 排水盲沟的截面形式宜呈倒梯形,深度以 0.4 m~0.5 m 为宜,边坡坡率宜取 1:0.75~1:1.0;相互平行的排水盲沟间距宜取 20 m~30 m,相互交叉的盲沟应水力联通。盲沟的导水能力可按式(5.5.6)估算:

$$q_d = \alpha k_d i_d A_d \quad (5.5.6)$$

式中: q_d ——碎石盲沟的通水量(m^3/s);

α ——盲沟排水效率系数,不宜超过 0.6;

k_d ——盲沟内碎石填粒压实后的渗透系数(m/s),可根据碎石粒径、碎石土的不均匀系数取 0.01 m/s ~0.1 m/s ;

i_d ——盲沟内渗流的水力梯度,计算 i_d 时,水头差可按 1.0 m 考虑;

A_d ——盲沟的断面面积(m^2)。

5.5.7 泄压井应根据地下结构的构造特点在基底下均匀布置,井管外设置反滤层,井径可取 600 mm~800 mm,井深可取 1.0 m~2.0 m,单井涌水量可按式(5.5.7)估算:

$$q_w = k_s i_w A_w \quad (5.5.7)$$

式中: q_w ——单井涌水量(m^3/s);

k_s ——泄压井所在土层的渗透系数(m/s);

i_w ——由抗浮设防水位与泄压井的抗浮控制水位之间水头差引起的渗流路径上的平均水力梯度,渗流路径长度取井的等效影响半径;

A_w ——泄压井过水断面面积(m^2)。

5.5.8 排水体的导水能力应符合下列规定:

1 采用复合排水网时,应满足式(5.5.8-1)的要求:

$$q_n C / Q_r \geq K_d \quad (5.5.8-1)$$

2 采用排水盲沟时,应满足式(5.5.8-2)的要求:

$$n q_d / Q_r \geq K_d \quad (5.5.8-2)$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/826153012110010243>