



T/CECS ×××—202×

中国工程建设标准化协会标准

基坑截水帷幕抽水压水试验标准

Technical specification for Pumping and Pressing Water Test of
Cutoff Curtains in Foundation Pit Engineering

（征求意见稿）

XX出版社

中国工程建设标准化协会标准

基坑截水帷幕抽水水压水试验标准

Technical specification for Pumping and Pressing Water Test of Cutoff
Curtains in Foundation Pit Engineering

T/CECS ×××—202X

主编单位： 广州市建筑科学研究院集团有限公司

广州建设工程质量安全检测中心有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202×年××月1日

XX出版社

20×× 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2022年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2022]13号）的要求，标准编制组经过深入调研分析，总结前期科研成果和实践经验，参考有关国内相关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分为6章和2个附录，主要技术内容包括：1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 仪器设备；5 现场试验；6 数据整理与分析等。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会地基基础专业委员会归口管理，由广州市建筑科学研究院集团有限公司和广州建设工程质量安全检测中心有限公司负责具体技术内容的解释。本标准在使用过程中如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送解释单位（地址：广东省广州市白云大道北833号建研大厦901室，邮政编码：510440，以供修订时参考。

主编单位：广州市建筑科学研究院集团有限公司

广州建设工程质量安全检测中心有限公司

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

目 录

1	总则	4
2	术语和符号	5
2.1	术语	5
2.2	符号	6
3	基本规定	8
4	仪器设备	9
4.1	一般规定	9
4.2	过滤器	9
4.3	止水栓塞	10
4.4	抽水设备	11
4.5	供水设备	11
4.6	量测器具	12
5	现场试验	13
5.1	一般规定	13
5.2	钻孔与洗孔	13
5.3	设备安装	14
5.4	抽水试验	15
5.5	压水试验	17
6	数据整理与分析	21
6.1	数据整理	21
6.2	止水效果评价	23
6.3	试验报告	24
附录A	整体抽水试验记录表	25
附录B	局部抽水试验记录表	26
附录C	压水试验记录表	27
	引用标准名录	28
	条文说明	29

Contents

1	General provisions	4
2	Terms and symbols	5
2.1	Terms	5
2.2	Symbols	6
3	Basic requirements	8
4	Test equipment	9
4.1	General requirements	9
4.2	Filter	9
4.3	Packer	10
4.4	Pumping equipment	11
4.5	Water supply equipment	11
4.6	Measuring equipment	12
5	In-situ test	13
5.1	General requirements	13
5.2	Borehole and hole-flushing	13
5.3	Equipment installation	14
5.4	Pumping test	15
5.5	Water pressure test	17
6	Data processing and analysis	21
6.1	Data processing	21
6.2	Evaluation of water-stop effectiveness	23
6.3	Test report	24
Appendix A	Record form of well group pumping test	25
Appendix B	Record form of single well pumping test	26
Appendix C	Record form of water pressure test	27
	List of quoted standards	28
	Addition: Explanation of provisions	29

1 总则

1.0.1 为规范基坑截水帷幕的抽水和压水试验工作，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于基坑截水帷幕的抽水和压水试验。

1.0.3 基坑截水帷幕的抽水、压水试验应综合考虑场地工程地质与水文地质条件、基坑设计与施工工艺、基坑截水帷幕质量检测结果、基坑周边环境等，合理选择试验方法。

1.0.4 基坑工程截水帷幕的抽水和压水试验除应执行本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 截水帷幕 curtain for cutting off drains

用以隔离或减少地下水通过基坑侧壁与坑底流入基坑和防止基坑外地下水位下降的墙状截水体。常见型式主要有水泥土搅拌桩/墙、高压旋喷桩、地下连续墙或咬合式排桩等。

2.1.2 钻孔抽水试验 pumping test in borehole

在基坑内靠近截水帷幕的位置钻孔，从钻孔中抽水并根据其出水量与降深的关系，确定含水层渗透性或评价截水帷幕渗透性的一种原位试验方法。

2.1.3 钻孔压水试验 water pressure test in borehole

在截水帷幕体直接钻孔，用栓塞将钻孔隔离出一定长度的孔段，并向该孔段压水，根据压力与压入流量的关系确定截水帷幕渗透性的一种原位渗透试验。

2.1.4 降深 drawdown

钻孔抽水时地下水位的下降值，为天然静水位与动水位之差。

2.1.5 稳定流抽水试验 steady flow pumping test

钻孔抽水时，要求钻孔出水量和动水位同时达到相对稳定，并有一定延续时间的抽水试验。

2.1.6 抽水孔 pumping well

钻孔抽水时用作抽水的钻孔。

2.1.7 观测孔 observation well

钻孔抽水时用作观测动水位的钻孔。

2.1.8 局部（单孔）抽水试验 single well pumping test

在截水帷幕有渗漏可能的部位布置一个抽水孔抽水，并在抽水影响范围内，在坑内、坑外均布置不少于1个观测孔，测量地下水位变化和抽水孔出水量的抽水试验。

2.1.9 整体（群孔）抽水试验 well group pumping test

在基坑内沿四周布置多个抽水孔同时抽水，并在基坑内外布置多个观测孔，测量地下水位变化和抽水孔出水量的抽水试验。

2.1.10 降落漏斗 depression cone

钻孔抽水时，在抽水孔周围形成的漏斗状地下水位面的下降区域。

2.1.11 动水位 drawdown level

钻孔抽水过程中随时间变化的地下水位为动水位。在出水量相对稳定时，地下水面降到某一深度不再下降时的水位为稳定动水位。

2.1.12 过滤器 filter

设置于抽水孔或观测孔中进水段部位，用于护壁、过滤泥砂的反滤装置。

2.1.13 止水栓塞 packer

钻孔压水时，将钻孔隔离出单独孔段的试验设备。

2.1.14 试验段长度 length of test section

栓塞底部至孔底或两栓塞之间，试验时水可以进入截水帷幕体的孔段长度。

2.1.15 试验段压力 testing pressure

钻孔压水时，作用在试验段内的实际平均压力。

2.1.16 管路压力损失 pressure loss of tube

钻孔压水时，水流经工作管路因水力摩阻而损失的压力值。

2.2 符号

2.2.1 作用和作用效应：

H_L	——	压水试验水头 (m)；
P	——	试验压力 (MPa)；
$P_1、P_2、P_3$	——	压水试验三级压力 (MPa)，其中 $P_1 < P_2 < P_3$ ；
P_p	——	压力表指示压力 (MPa)；
P_s	——	管路压力损失 (MPa)；
P_z	——	压力表中心至压力计算零线的水柱压力 (MPa)；
Q	——	压水试验的压入流量 (m ³ /d)；
Q_Σ	——	整体抽水试验时基坑内全部抽水井的总出水量 (m ³ /d)；
s_1	——	整体抽水试验时基坑外抽水孔水位降深平均值 (m)；
S_2	——	整体抽水试验时基坑内观测孔水位降深平均值 (m)。
v	——	管内流速 (m/s)。

2.2.2 材料性能和抗力：

C_u	——	含水层土体颗粒级配的不均匀系数；
K	——	截水帷幕平均渗透系数 (m/d)；

K_2 —— 相对隔水层渗透系数 (m/d) ;
 λ —— 摩阻系数。

2.2.3 几何参数:

b —— 截水帷幕宽度 (m) ;
 d —— 工作管内径 (m) ;
 D_{10} 、 D_{50} —— 填砾过滤器滤料试样筛分中, 过筛砾料质量百分数分别为10%、50%时的最大颗粒粒径 (m) ;
 d_{20} 、 d_{50} —— 含水层砂土样颗粒分析试验中, 过筛土粒质量百分数分别为20%、50%时的最大颗粒粒径 (m) ;
 L —— 压水试段长度 (m) ;
 L_p —— 工作管长度 (m) ;
 L_C —— 基坑周长 (m) ;
 r_0 —— 截水帷幕的钻孔半径 (m) 。

3 基本规定

3.0.1 在基坑截水帷幕抽水或压水试验前，应开展下列工作：

- 1 收集场地岩土工程勘察资料、基坑工程设计与施工资料。
- 2 收集基坑截水帷幕的检测资料。
- 3 调查邻近建（构）筑、地下工程、周围道路和管线埋深等现状，评价降水对其影响。

3.0.2 抽水试验可采用整体抽水试验或局部抽水试验，在基坑内抽水的同时，在坑内、坑外布置水位观测孔。

3.0.3 压水试验应在截水帷幕上实施，开孔位置宜布置在桩/墙接缝处或其它方法探测存在异常的部位。

3.0.4 基坑截水帷幕的抽水、压水试验应综合考虑场地工程地质与水文地质条件、基坑设计方案与施工工艺、基坑周边环境、基坑截水帷幕质量检测结果、物探法渗漏探测结果等，合理选择试验方法，试验方案应满足表3.0.4的要求。

表3.0.4 试验方法适用情形

试验方法	适用情形	测点布置要求
整体抽水试验	1.基坑安全等级为一级的基坑 2.基坑支护深度范围内广泛分布有中等及以上透水等级的土层，以及场地位于岩溶或裂隙发育区的安全等级为二级的基坑	基坑外水位观测孔间距宜取15m~30m，基坑内抽水孔布设的数量应使坑内水位沿基坑四周的高差起伏在1.0m以内
局部抽水试验	1.基坑安全等级为二级的基坑 2.基坑安全等级虽然为一级，但前期已采用物探法进行渗漏探测的基坑	检测部位间距宜为 $L_c/100$ ，且不少于3处。已采用物探法进行渗漏探测的，检测部位应首先考虑物探发现有渗漏可能的部位
压水试验	1.临近燃气管道、建筑物等，不宜采用抽水试验的基坑 2.查明或验证截水帷幕特定部位的渗漏情况	/

注： L_c 为基坑周长（m）。

3.0.5 同一基坑截水帷幕的抽水、压水试验方法和测量手段宜一致。

4 仪器设备

4.1 一般规定

- 4.1.1** 抽水试验仪器设备宜包括过滤器、抽水设备和量测器具。
- 4.1.2** 压水试验仪器设备宜包括止水栓塞、供水设备、吸水笼头和量测器具。
- 4.1.3** 试验用的计量类仪器设备应经检定或校准满足使用要求，并在有效期内。
- 4.1.4** 压水试验用水应采用清水。

4.2 过滤器

- 4.2.1** 过滤器类型的选择宜符合表4.2.1的规定。

表4.2.1 过滤器类型选择

含水层	抽水孔过滤器类型	观测孔过滤器类型
断层破碎带、裂隙密集带 以及含砂卵砾石层	骨架过滤器	骨架过滤器
砂砾石层或中粗砂层	包网或缠丝过滤器	包网过滤器
细砂层或粉细砂层	填砾过滤器	包网过滤器

- 4.2.2** 抽水孔骨架过滤器的孔隙率不宜小于30%；观测孔骨架过滤器的孔隙率不宜小于15%。

- 4.2.3** 包网过滤器、缠丝过滤器的网眼和缝隙尺寸宜按表4.2.3确定。

表4.2.3 包网、缠丝过滤器网眼和缝隙尺寸

过滤器类型	网眼、缝隙尺寸（mm）	
	颗粒均匀的含水层	颗粒不均匀的含水层
包网过滤器	$(1.5 \sim 2.0) d_{50}$	$(2.0 \sim 2.5) d_{50}$
缠丝过滤器	$(1.25 \sim 1.5) d_{50}$	$(1.5 \sim 2.0) d_{50}$
注：细砂取小值，粗砂取大值。		

- 4.2.4** 填砾过滤器骨架管包网、缠丝的网眼、缝隙尺寸可采用 D_{10} 。

4.2.5 填砾过滤器的滤料规格应符合下列规定：

1 砂土类含水层的 $C_u < 10$ 时，滤料规格：

$$D_{50} = (6 \sim 8) d_{50}$$

2 碎石类土含水层的 $d_{20} < 2\text{mm}$ 时，滤料规格：

$$D_{50} = (6 \sim 8) d_{20}$$

3 碎石土类含水层的 $d_{20} \geq 2\text{mm}$ 时，滤料粒径宜为 $10\text{mm} \sim 20\text{mm}$ 。

4 填砾过滤器滤料的 C_u 不宜大于5。

4.2.6 填砾过滤器的滤料厚度不应小于 50mm 。

4.2.7 过滤器骨架管的外径应符合下列规定：

1 填砾过滤器骨架管外径宜为 $73\text{mm} \sim 89\text{mm}$ 。

2 包网过滤器或缠丝过滤器骨架管外径宜为 $108\text{mm} \sim 127\text{mm}$ 。

3 从基岩抽水时，过滤器骨架管外径宜为 $108\text{mm} \sim 127\text{mm}$ 。

4 观测孔过滤器骨架管外径宜为 73mm 。

4.2.8 过滤器下端应设置管底封闭的沉淀管，其长度宜为 $2\text{m} \sim 3\text{m}$ 。

4.2.9 从松散含水层中抽水时，抽水孔过滤器上端的工作管可不接出地面，但工作管与上部套管间的间隙必须采取止水措施。

4.3 止水栓塞

4.3.1 止水栓塞应符合下列要求：

1 栓塞长度不应小于8倍钻孔直径。

2 栓塞材质应能与孔壁紧密粘结。

3 止水应可靠、操作方便。

4.3.2 抗压强度不低于 10MPa 的截水帷幕，可采用栓塞封堵止水。

4.3.3 抗压强度低于 10MPa 的截水帷幕，宜采用水泥砂浆栓塞（图4.3.4）。水泥砂浆栓塞应符合下列要求：

1 水泥砂浆栓塞的高度不宜小于 300mm 。

2 水泥砂浆强度应根据压水试验压力和水泥砂浆与钻孔壁粘结强度确定，且不得小于截水帷幕的强度。

3 水泥砂浆止水端下部应有与钻孔直径相当的托盘临时承担和封堵现浇水泥砂

浆渗漏。

4 托盘下端应露出不少于250mm长的进水管。

5 试验段数量可按本标准5.5.4条第2款规定确定。根据试验段数量，可预埋与试验段相对应的顶部连通进水管。进水管可承受的注水压力应高于压水试验压力。

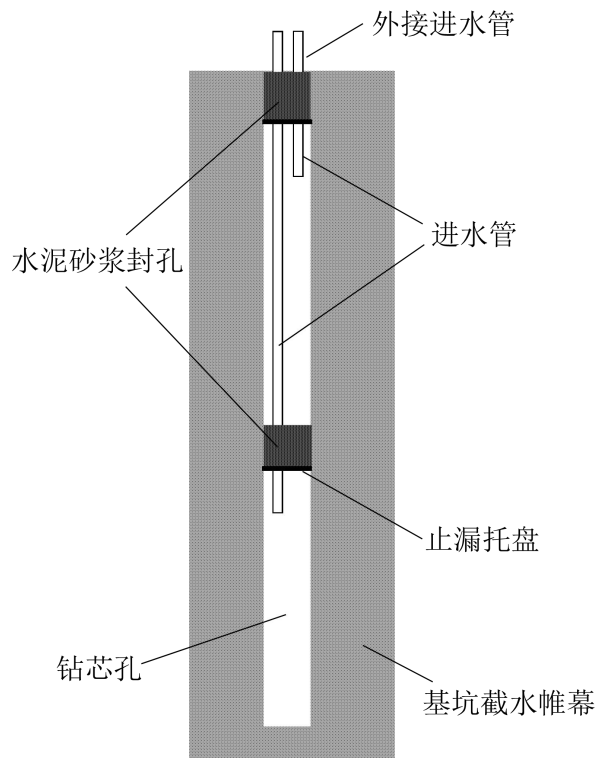


图4.3.4 水泥砂浆栓塞示意图

4.4 抽水设备

4.4.1 抽水设备应根据地下水位埋深和孔内可能的最大抽水量来选择，并符合下列规定：

- 1 地下水位埋深距离地表小于8m时，宜选用地面离心式水泵。
- 2 地下水位埋深距离地表不小于8m时，宜选用潜水电泵或空气压缩机。

4.4.2 当钻孔出水量较大，选择地面离心式水泵受到过滤器直径限制时，可选用大于进水管公称口径的水泵，但不应超过二级。

4.5 供水设备

4.5.1 压水试验用的水泵性能应符合下列要求：

- 1 工作可靠，压力稳定，出水均匀。

2 在1MPa压力下，流量能保持100 L/min。水泵出口应安装容积大于5L的稳压空气室。

4.5.2 吸水笼头外应有1层~2层孔径小于2mm的过滤网。吸水笼头至水池底部的距离不小于0.3m。供水调节阀门应灵活可靠，不漏水，且不宜与钻进供水阀门共用。

4.5.3 压力试验管路不应漏水，过流应畅通。

4.6 量测器具

4.6.1 抽水试验的量测器具应符合下列规定：

1 观测地下水位宜使用电测水位计或自动测试水位计，观测读数应精确到10mm。

2 出水量观测可采用流量计或容积法，精度应与出水量相匹配。采用流量计时，观测读数应精确至0.1L；采用容积法时，量桶或提筒充满水所需的时间不宜少于15s，观测读数应精确到1s。

4.6.2 压水试验的量测器具宜包括压力传感器或压力表、流量计、水位计和计时器，且应符合下列规定：

1 测量压力的压力表应反应灵敏，卸压后指针回零，工作时的量测范围应控制在量测器具极限压力值的1/3~3/4。

2 压力传感器的压力范围应大于试验压力，误差允许范围为±1%。

3 流量测量宜采用可测0.1L/h~10L/h微小流量的流量测试仪器。

4 计时器的精度为1s。

5 现场试验

5.1 一般规定

5.1.1 当采用稳定流抽水试验时，抽水量和动水位应同时相对稳定，并有一定延续时间，每次降深稳定延续时间不宜少于8h。

5.1.2 试验方案宜包括下列内容：

- 1 试验目的、试验方案及试验地段的选择。
- 2 抽水/压水孔、观测孔的布置。
- 3 抽水/压水孔、观测孔结构，成孔工序，过滤器型号规格以及安装要求。
- 4 抽水/压水设备与试验测试工具的技术要求。
- 5 现场试验技术与试验记录要求。
- 6 渗透系数计算方法与计算公式的选择。
- 7 相关水文地质条件分析的要求。

5.1.3 试验结束后，抽水/压水孔、观测孔应回填封堵。

5.2 钻孔与洗孔

5.2.1 抽水试验的钻孔应符合下列规定：

- 1 钻探成孔完成后应测量孔口高程及孔位坐标。孔内所有测深，均应从同一个固定基点算起。
- 2 钻孔施工宜先钻抽水孔，后钻观测孔。
- 3 松散含水层的抽水孔孔径不宜小于200mm；基岩含水层的抽水孔孔径不宜小于130mm。观测孔孔径不宜小于110mm。
- 4 基岩中的抽水孔钻进应采用清水钻进法；松散层中的抽水孔钻进应采用套管跟进；也可采用能保证抽水孔平直，孔身附近不受扰动，孔壁不被覆盖和堵塞的钻进方法；试验孔段不应使用泥浆和植物胶冲洗液钻进。
- 5 松散含水层每个试验孔段均宜取1~3组试样进行颗粒分析试验。
- 6 抽水孔和观测孔的钻进中应进行地下水简易观测。

5.2.2 抽水试验的洗孔应符合下列规定：

- 1 试验前宜采用清水对抽水孔和观测孔进行清洗，直到水清、砂净、无沉淀时止。

2 对于钻孔过程中产生的泥浆和岩粉,可选用活塞、空气压缩机、液态CO₂或焦磷酸钠等洗孔方法。

3 当采用活塞洗孔时,应先停止清水循环,后用活塞在孔管内连续上下提动,造成压力激动,破坏孔壁泥皮,同时疏通含水层孔隙;活塞洗孔需交替反复进行。

4 当采用空气压缩机洗孔时,应使用离心泵或压缩空气机抽取地下水,达到水清并稳定出水后再进行抽水试验。

5 当采用液态CO₂或焦磷酸钠洗孔时,应使用液态CO₂或焦磷酸钠清除孔壁上的杂质和泥皮。

5.2.3 压水试验的钻孔与洗孔应符合下列规定:

1 钻孔的孔径宜为59mm~150mm。钻取1个试验段时,孔径宜取59mm;钻取2个及以上试验段时,孔径宜随试验段深度适当增大。

2 钻孔宜采用金刚石或合金钻进,不应使用泥浆等护壁材料钻进。

3 洗孔应采用压水法,洗孔时钻具应下到孔底,流量应达到水泵的额定流量。

4 洗孔应至孔口返清水方可结束。当孔口无回水时,洗孔时间不得少于15min。

5.3 设备安装

5.3.1 抽水试验的设备安装应符合下列规定:

1 过滤器安装应按照抽水试验设计要求进行,同时记录过滤器各部分的规格和实际下入深度。

2 抽水孔的测压管应固定在过滤器的外壁上,与过滤器同步下入孔内,并应采取适当措施保证过滤器处于居中位置下到孔内预定深度。

3 非填砾包网过滤器或缠丝过滤器,应由骨架管、垫筋和包网或缠丝组成,安装时应保持其平整和完好。

4 填砾过滤器的砾石应冲洗干净,分批填入,每次填入高度不宜大于0.8m,套管靴内保留高度不宜小于0.2m,填砾的最终高度应高出过滤器工作部分顶端0.5m~1.0m。

5 空气压缩机抽水淹没比不应少于50%,混合器在动水位以下的深度不宜小于10m,并宜使其处于过滤器顶端以上3m~5m。

5.3.2 压水试验的设备安装应符合下列规定:

1 吸水笼头上应设置1层~2层孔径小于2mm的过滤网；吸水笼头至水池底部的距离不应小于0.3m；出水口处应安装可调节的阀门。

2 栓塞定位前应进行加压检查，合格后方可下入孔内，栓塞应与孔壁紧密贴合。

3 使用单管栓塞时，压力表应安装在水表和调节阀的后面；使用双循环式栓塞时，管路充水后，压力表下部的气体应排空。

4 水表安装时，水流方向应与水表箭头所示方向一致，表盘应保持水平，水表内过滤网应保持清洁完好。

5 使用水泥砂浆栓塞时，水泥砂浆应与孔壁紧密粘结。

5.4 抽水试验

5.4.1 抽水试验应符合以下基本要求：

1 观测孔过滤器的长度和深度应与抽水孔过滤器的长度和深度相同。

2 抽水孔和观测孔中的静水位和动水位、动水位和出水量均应同步进行观测。

3 抽水停止后宜恢复水位观测。

4 试验过程应对附近可能受到影响的孔、洞、地表水体等进行水位或流量观测。

5 试验过程应防止抽出的水回渗到抽水影响区，同时应避免抽出的水可能产生的环境问题。

6 在抽水影响区以外，应利用已有的地下水长期观测资料或设置专门的地下水位观测点，定时观测天然水位变化。当天然水位变幅大、抽水降深校正有困难时，可暂停试验。

7 试验结束后应复测各孔口高程和孔深，同时检查孔内沉淀情况。

8 试验过程的每个试验阶段宜连续进行。

5.4.2 整体抽水试验的抽水孔与观测孔应符合下列规定：

1 基坑内抽水孔布设的数量应使坑内水位沿基坑四周的高差起伏在1.0m以内。

2 基坑外水位观测孔间距宜取15m~30m，距离基坑截水帷幕外侧宜为2m。当采用连续墙作为截水帷幕时，观测孔间距宜取大值；当采用单轴搅拌桩或地层复杂的搅拌桩作为截水帷幕时，观测孔间距宜取小值。

5.4.3 局部抽水试验的抽水孔和观测孔应符合下列规定：

1 抽水孔应布设在基坑内靠近截水帷幕的位置，距离宜为2m。

2 基坑内宜布置不少于1个观测孔，用于与基坑外观测孔进行定性对比。基坑内抽水孔与观测孔的距离宜为透水层厚度。

3 基坑外应布置不少于2个观测孔，其位置宜布设在抽水孔附近的截水帷幕外侧，如图5.4.3所示。基坑外第1个观测孔距截水帷幕宜为2m，场地空间受限时不宜小于1m。当发现基坑外观测孔降深较大时，应沿基坑截水帷幕走向方向对称增加观测孔，对比分析多个观测孔的水位下降情况，并初步判断截水帷幕渗透位置。

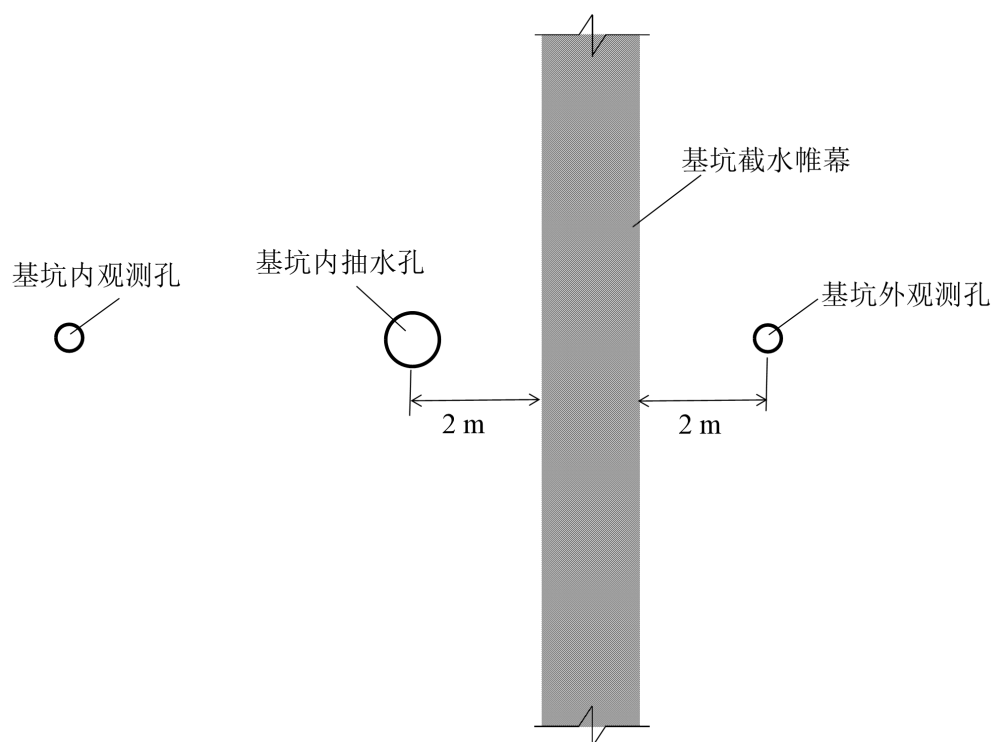


图5.4.3 抽水孔和观测孔的布孔方式示意图

5.4.4 试验性抽水和静水位观测应符合下列规定：

1 洗孔后即可进行试验性抽水，其降深宜逐渐增大，达到最大降深后的持续时间不应少于2h。

2 试验性抽水过程中，宜观测抽水孔出水量及抽水孔和观测孔的水位变化，检查抽水设备运行状况和观测孔水位响应情况；确定稳定流抽水的最大降深等抽水试验参数。

3 试验性抽水后应观测抽水孔孔深，当孔内沉淀较多时，应分析原因并加予以清除。

4 正式抽水前，静水位应每30min观测一次，2h内变幅不大于20mm，且无连续上升或下降趋势时，可确定为稳定水位。

5.4.5 正式抽水试验应符合下列规定：

1 每组抽水试验应进行3次降深，最大降深应降至基坑底以下不少于1.0m，其余两次降深分别为最大降深的1/3和2/3，且每次降深连续抽水时间不宜少于8h。

2 每组抽水试验连续抽水时间不宜少于24h。抽水量和动水位宜每隔30 min观测一次，直到试验结束。

3 恢复水位观察：抽水结束后每隔30 min观测一次水位。若连续3个小时水位不变，或者连续4小时内每小时水位变化幅度不超过20mm，且无连续下降趋势，或能判断水位与自然水位变化一致时，即可停止观测。

5.4.6 抽水试验的动水位稳定标准应符合下列规定：

1 采用地面离心泵和潜水电泵抽水时，抽水孔的水位波动值不应大于30mm；观测孔的水位波动值不应大于10mm。

2 采用空气压缩机抽水时，抽水孔的水位波动值不应大于100mm；观测孔的水位波动值不应大于10mm。

5.4.7 在抽水稳定延续时间内，出水量稳定标准应符合下列规定：

1 实测出水量最大值与最小值之差小于平均出水量的5%。

2 出水量无持续增大或变小的趋势。

5.5 压水试验

5.5.1 压水试验工作包括洗孔、下置栓塞隔离试段、仪表安装、水位观测、压力和流量观测等步骤。

5.5.2 试验开始时，应对各种设备、仪表的性能和工作状态进行检查，发现问题立即处理。

5.5.3 试验用水应保持清洁，当水源的泥沙含量较多时，应采取沉淀措施。

5.5.4 试验段隔离应符合下列规定：

1 钻孔压水试验应随钻孔的加深自上而下分段隔离进行。

2 根据具体情况确定试验段长度，试段长度宜为5m。相邻试验段应互相衔接，可少量重叠，但不能漏段。

5.5.5 试验压力与压力阶段设置应符合下列规定：

1 压水试验应按三级压力（ P_1 、 P_2 、 P_3 ，其中 $P_1 < P_2 < P_3$ ）、五个阶段进行，五

个阶段对应的试验压力分别为 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_2 、 P_1 。对于混凝土截水帷幕，三级压力 P_1 、 P_2 和 P_3 宜分别取0.3MPa、0.6MPa和1MPa；对于水泥土搅拌桩截水帷幕或旋喷桩截水帷幕，三级压力 P_1 、 P_2 和 P_3 宜分别取0.1MPa、0.2MPa和0.3MPa。

2 当试验段埋深较浅时，宜适当降低试验段压力；当试验段埋深较大时，宜适当提高试验段压力，不应使截水帷幕结构造成破坏。

3 试验压力的确定应遵守下列规定：

采用测压管上的压力表测压时，试验压力应按下式计算：

$$P=P_p+P_z \quad (5.5.5-1)$$

式中： P ——试验压力(MPa)；

P_p ——压力表指示压力(MPa)；

P_z ——压力表中心至压力计算零线的水柱压力（图5.5.6）(MPa)。

采用进水管上的压力计测压时，试验压力按下式计算：

$$P=P_p+P_z-P_s \quad (5.5.5-2)$$

式中： P_s ——管路压力损失(MPa)；

5.5.6 压力计算零线的确定应符合下列规定：

1 当地下水位在试段以下时，压力计算零线为通过试段中点的水平线（图5.5.6(a)）。

2 当地下水位在试段以内时，压力计算零线为通过地下水位以上试段中点的水平线（图5.5.6(b)）。

3 当地下水位在试段以上时，压力计算零线为地下水位线（图5.5.6(c)）。

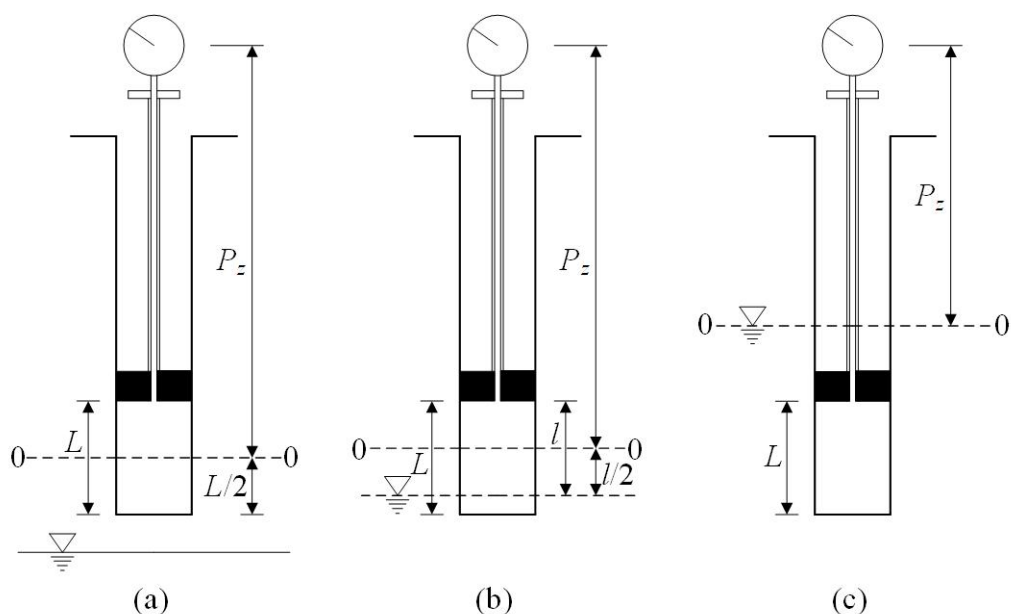


图5.5.6 压力计算零线图

5.5.7 管路压力损失的确定应符合下列规定：

1 当工作管内径一致，且内壁粗糙度变化不大时，管路压力损失可按式(5.5.7)计算：

$$p_s = \lambda \frac{L_p}{d} \frac{v^2}{2g} \quad (5.5.7-1)$$

$$v = \frac{4Q}{\pi d^2} \quad (5.5.7-2)$$

式中： λ ——摩阻系数， $\lambda=2 \times 10^{-4} \text{MPa/m} \sim 4 \times 10^{-4} \text{MPa/m}$ ；

L_p ——工作管长度(m)；

d ——工作管内径(m)；

v ——管内流速(m/s)；

g ——重力加速度， $g=9.8 \text{m/s}^2$ 。

Q ——压入流量(m^3/s)。

2 当工作管内径不一致时，管路压力损失应根据实测资料确定。

5.5.8 水位观测应符合下列规定：

1 设置试验段隔离前应先观测孔内水位，试验段隔离后，再观测工作管内水位。

2 工作管内水位观测应每隔5min进行1次。当水位下降速度连续2次均小于50mm/min时，观测工作即可结束，用最后的水位观测结果确定压力计算零线。

3 在工作管内水位观测过程中如发现承压水时，应观测承压水位。当承压水位高出管口时，应进行压力和涌水量观测。

5.5.9 正式压水试验应符合下列规定：

1 压水试验前，打开排气阀，向试段送水充分排气，排气阀连续出水后关闭。

2 调整压力阀，使试段压力达到预定值并保持稳定，然后进行流量观测。

3 流量每隔1min或2min观测1次。当流量无持续增大趋势，且5次流量读数中最大值与最小值之差小于最终值的10%，或最大值与最小值之差小于1L/min时，本阶段试验即可结束，取最终值作为计算值。

4 将试段压力调整到新的预定值，重复上述试验过程，直到完成该试段的试验。

5 在降压阶段，如出现水由周边向孔内回流现象，应记录回流情况，待回流停止，流量达到本条第3款的规定后方可结束本阶段试验。

6 数据整理与分析

6.1 数据整理

6.1.1 整体和局部抽水试验应记录每个试验点的每次降深对应的抽水孔水位、观测孔水位，以及动水位稳定时的出水量，记录应符合附录A和附录B的有关规定。

6.1.2 当截水帷幕完全嵌入基坑底部相对隔水层（图6.1.3）时，可不考虑截水帷幕底部绕流影响。

6.1.3 整体抽水试验的截水帷幕平均渗透系数可由下式求出：

1 不考虑截水帷幕底部绕流时（图6.1.3(a)），按下式确定：

$$K = \frac{Q_{\Sigma} \cdot 2b}{L_C (H_1 - H_2)(H'_1 + H_2)} \quad (6.1.3-1)$$

$$H'_1 = \min(H_1, M_1)$$

2 需要考虑截水帷幕底部绕流时（图6.1.3(b)），按下式确定：

$$K = \frac{Q_{\Sigma}}{L_C (H_1 - H_2)(H'_1 - H_2)} - K_1 \frac{1}{\xi_1 + \xi_2 + \xi_3} \frac{2b}{H'_1 - H_2} \quad (6.1.3-2)$$

$$\xi_1 = \frac{1}{\pi} \left(\frac{d}{H_2} \ln \frac{H_2 + d}{H_2 - d} - \ln \frac{4d^2}{H_2^2 - d^2} \right)$$

$$\xi_2 = b/d$$

$$\xi_3 = \frac{1}{\pi} \left(\frac{H_2}{d} \ln \frac{H_2 + d}{H_2 - d} + \ln \frac{H_2^2 - d^2}{d^2} \right)$$

式中：K—截水帷幕的平均渗透系数(m/d)；

Q_{Σ} —基坑内全部抽水井的总出水量(m³/d)，由整体抽水试验统计得出；

L_C —基坑周长(m)；

b —截水帷幕宽度(m)；

d —截水帷幕底至含水层底面的距离(m)；

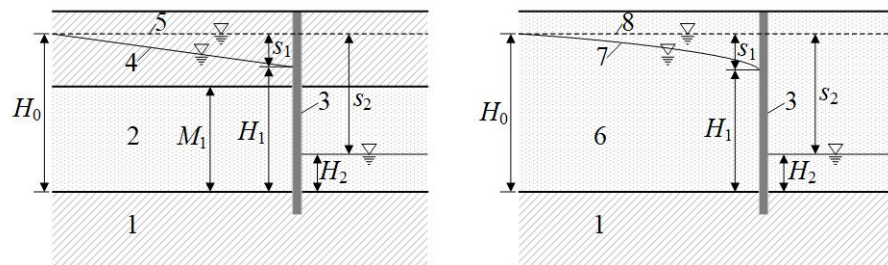
K_1 —含水层渗透系数(m/d)；

M_1 —含水层厚度(m)；

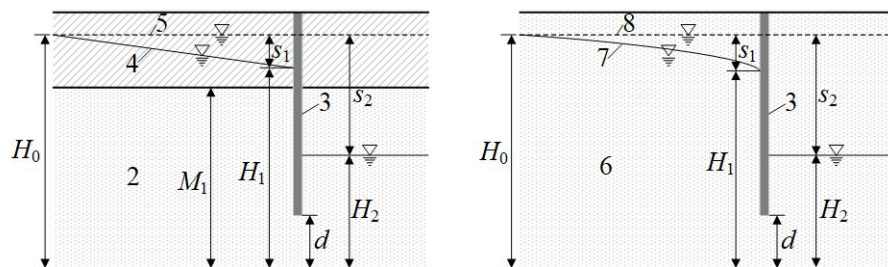
H_1 —抽水试验引起水位下降后截水帷幕外侧平均水位至含水层底面的距离(m)，

取基坑外观测孔水位降深平均值 s_1 与初始承压水位或静止水位之差（图6.1.3），即
 $H_1=H_0-s_1$ ；

H_2 —基坑内侧平均水位至含水层底面的距离(m)，取基坑内观测孔水位降深平均值 s_2 与初始承压水位或静止水位之差（图6.1.3），即 $H_2=H_0-s_2$ 。



(a) 不考虑截水帷幕底部绕流的工况



(a) 考虑截水帷幕底部绕流的工况

1-相对隔水层；2-承压含水层；3-截水帷幕；4-承压水位；

5-初始承压水位；6-潜水含水层；7-潜水位；8-静止水位；

图6.1.3 整体抽水试验计算示意图

6.1.4 压水试验应记录每个试段的长度、压力、流量及其对应试验时间，记录应符合附录C的有关规定。

6.1.5 压水试验各试段的压力-流量（ $P-Q$ ）曲线应采用统一比例尺绘制，数据点可用直线连接，升压阶段可用实线表示，降压阶段可用虚线表示。

6.1.6 压水试验各试段的渗透系数宜按下式计算：

$$K = \frac{Q}{2\pi L H_L} \ln \frac{L}{r_0} \quad (6.1.6)$$

式中： K —压水试段截水帷幕的平均渗透系数（m/d）；

Q —压水试验的压入流量（m³/d）；

H_L —压水试验水头（m）；

L —压水试段长度（m）；

r_0 —截水帷幕的钻孔半径（m）。

6.2 止水效果评价

6.2.1 基坑截水帷幕的止水效果宜分为止水效果好、止水效果一般和止水效果差三个等级。

6.2.2 当基坑进行局部抽水试验时，若检测部位基坑外各观测孔的降深差异明显，可根据降深差异位置评估截水帷幕的局部止水效果。

6.2.3 当基坑进行局部抽水试验时，结合基坑外观测孔水位变化情况，截水帷幕止水效果的评价宜符合下列规定：

- 1 根据基坑外观测孔水位变化情况，可定性判断截水帷幕的止水效果。
- 2 当基坑外观测孔最大降深小于0.10m，判定止水效果好。
- 3 当基坑外观测孔最大降深在0.10m~0.50m范围，判定止水效果一般。
- 4 当基坑外观测孔最大降深大于0.50m，判定止水效果差。

6.2.4 当基坑进行整体抽水试验时，截水帷幕的平均渗透系数可按公式（6.1.2）计算，并按表6.2.6判定渗透性等级。截水帷幕止水效果的评价宜符合下列规定：

- 1 当基坑外观测孔累计降深小于1m或日变化速率小于0.5m/d，且截水帷幕的平均渗透系数属于微透水或极微透水等级时，判定止水效果好。
- 2 当基坑外观测孔累计降深小于1m或日变化速率小于0.5m/d，截水帷幕的平均渗透系数属于弱透水或中等透水等级时，判定止水效果一般。
- 3 当基坑外观测孔累计降深不小于1m或日变化速率不小于0.5m/d时，判定止水效果差。
- 4 截水帷幕的平均渗透系数属于强透水与极强透水等级时，判定止水效果差。

6.2.5 当基坑截水帷幕进行压水试验时，截水帷幕各试验段的渗透系数可按公式（6.1.5）计算，并按表6.2.6判定透水性等级。截水帷幕的止水效果评价宜符合下列规定：

- 1 当试验段的透水性属于微透水或极微透水等级，判定该处截水帷幕的止水效果好。
- 2 当试验段的透水性属于弱透水等级，判定该处截水帷幕的止水效果一般。
- 3 当试验段的透水性属于中等透水、强透水与极强透水等级，判定该处截水帷幕

的止水效果差。

6.2.6 截水帷幕试验段的透水性分级可按表6.2.6确定。

表6.2.6 截水帷幕试验段的透水性分级

渗透性等级	渗透系数 K (cm/s)	渗透系数 K (m/d)
极微透水	$K < 10^{-6}$	$K < 0.00086$
微透水	$10^{-6} \leq K < 10^{-5}$	$0.00086 \leq K < 0.0086$
弱透水	$10^{-5} \leq K < 10^{-4}$	$0.0086 \leq K < 0.086$
中等透水	$10^{-4} \leq K < 10^{-2}$	$0.086 \leq K < 8.6$
强透水	$10^{-2} \leq K < 1$	$8.6 \leq K < 864$
极强透水	$K \geq 1$	$K \geq 864$

6.3 试验报告

6.3.1 抽水试验报告应包括下列内容：

- 1 工程概况说明；
- 2 施工记录及设计要求；
- 3 场地工程地质及水文地质概况；
- 4 试验设备、试验原理以及试验依据的技术标准；
- 5 试验结果及异常现象说明；
- 6 试验结论；
- 7 抽水试验抽水孔钻芯孔芯样综合柱状图，抽水孔及观测孔布置图。

6.3.2 压水试验报告应包括下列内容：

- 1 工程概况说明；
- 2 施工记录及设计要求；
- 3 场地工程地质及水文地质概况；
- 4 试验设备、试验原理以及试验依据的技术标准；
- 5 试验结果及异常现象说明；
- 6 试验结论；
- 7 钻孔压水试验段P~Q关系曲线，试验点平面位置示意图。

附录A 整体抽水试验记录表

工程名称:

仪器设备:

试验日期:

初始水位 (m) _____

[illegible]

记录:

校核：

附录B 局部抽水试验记录表

工程名称:

仪器设备:

试验日期:

_____ 孔

初始水位 (m)_____

时间	抽水孔		观测孔					
	出水量 (m³/d)	水位降深 (m)	基坑内 水位降深 (m)			基坑外 水位降深 (m)		
			1#	2#	...	1#	2#	...

记录:

校核:

附录C 压水试验记录表

工程名称:

仪器设备:

试验日期:

试段编号:

试段长度:

压力 阶段	时间			压力	流量	备注
	时	分	间隔(min)	(N/cm ²)	(L/min)	
起始						

记录:

校核:

引用标准名录

《岩土工程勘察规范》GB50021（2009年版）

《水电水利工程钻孔抽水试验规程》DL/T 5213-2005

《水利水电工程钻孔压水试验规程》SL 31-2003

《水利水电工程钻孔抽水试验规程》SL 320-2005

《抽水试验规程》YS/T 5215-2021

《压水试验规程》YS/T 5216-2020

中国工程建设标准化协会标准

基坑截水帷幕抽水压水试验标准

T/CECS ×××—202×

条文说明

制定说明

在标准编制过程中，编制组开展了基坑截水帷幕止水效果的理论分析与试验研究，系统总结了参编单位在基坑截水帷幕抽水压水试验方面的实践经验，参考国内相关标准规范，结合岩土工程设计、施工、检测等领域专家研讨意见制定本标准。

本标准主要包含基坑截水帷幕抽水试验和压水试验两部分，其中抽水试验分为整体抽水试验和局部抽水试验。抽水试验需在基坑内实施抽水作业，并在基坑内外布置水位观测孔；压水试验仅在截水帷幕上开展。基坑截水帷幕的抽水、压水试验综合考虑场地工程地质与水文地质条件、基坑设计等级、施工工艺、周边环境条件要求等因素，明确了试验方法和试验方案的选择原则。

为了便于设计、施工、检测等单位正确理解和实施标准条文，本标准条文说明对截水帷幕试验的仪器设备选型、现场试验方法、数据整理与分析等内容进行了详细阐释，明确了各阶段试验的技术要求，并按章、节、条的顺序进行条文说明。需要说明的是，条文说明不具备与标准正文及附录等同的法律效力，仅供使用者理解和把握标准规定。

目 录

1	总 则	32
3	基本规定	33
4	仪器设备	34
4.1	一般规定	34
4.3	止水栓塞	34
4.6	量测器具	35
5	现场试验	36
5.1	一般规定	36
5.2	钻孔与洗孔	36
5.4	抽水试验	36
5.5	压水试验	38
6	数据整理与分析	39
6.1	数据整理	39
6.2	止水效果分析	39

1 总 则

1.0.1 基坑截水帷幕的抽水和压水试验是检测截水帷幕止水效果最直观的方法。抽水试验是在截水帷幕施工完成后而基坑开挖前，在基坑内布置抽水孔，在基坑内外布置观测孔，通过分析观测孔在抽水过程中的水位变化情况判断截水帷幕局部或整体止水效果的方法。压水试验是在截水帷幕结构上直接钻孔并向孔内送水，测定截水帷幕结构在径向水压力下的透水性的方法。目前有关抽水或压水试验的规范和标准多用于工程勘察中，未有适用于截水帷幕止水效果检测的抽水和压水试验标准。编制本标准可填补此方面的空白，使采用抽水、压水试验进行基坑截水帷幕止水效果检测的技术要求和 workflows 标准化，并形成明确的评判标准。

1.0.2 本标准是一个工作方法的标准，对一般地质条件下基坑工程中以检测截水帷幕止水效果为目的抽水和压水试验都适用；但在冻土或岩溶地区，由于水的流动性容易地质条件干扰，本标准的抽水试验会影响截水帷幕止水效果评价的准确性。

3 基本规定

3.0.1 在基坑截水帷幕抽水或压水试验前，宜先收集场地岩土工程勘察资料、基坑工程设计与施工资料，以合理确定抽水或压水试验的试验方案和试验地段，抽水试验时还需要根据实际情况对抽水孔和观测孔的位置及结构、过滤器型号规格及安装要求等进行合理选择，压水试验也需要根据截水帷幕结构形式选取合适的止水措施。此外，在基坑截水帷幕抽水或压水试验前，应先调查邻近建（构）筑、地下工程、周围道路和管线埋深等现状，以避免抽水或压水试验可能产生的环境问题。

3.0.2 基坑截水帷幕抽水试验可采用整体抽水试验或局部抽水试验。其中整体抽水试验最为直观和全面，但需设置大量的抽水孔和观测孔，抽水量大、试验周期长且试验成本高，不便于普遍性采用，可在一些重大项目或地质环境条件复杂的基坑工程中应用。局部抽水试验可根据实际情况选取局部试验地段，对基坑截水帷幕可能渗漏区域进行重点抽查，该方法试验周期短且试验成本较低，可在一般性基坑项目中推广应用。

3.0.3 压水试验直接在截水帷幕上实施，通过压水试验可更为直接地测定截水帷幕的渗透系数。与局部抽水试验相比，压水试验检测范围更小，可用于对截水帷幕可能渗漏区域的重点抽查。

3.0.4 基坑截水帷幕的抽水试验方法应根据基坑等级、基坑设计方案与施工工艺、基坑周边环境等综合考虑。当基坑等级为一级基坑或场地环境复杂，且难以确定基坑止水效果时，宜采用整体抽水试验进行验证。考虑到整体抽水试验成本较高，且需要观测孔较多，建议基坑外观测孔的布置间距取15m~30m。对于基坑止水效果要求不高的基坑，为降低止水效果的验证成本，可对基坑重点关注渗漏部位进行局部抽水试验。宜将基坑周长划分100个区段，抽检不少于3个区段进行局部抽水试验。

3.0.5 同一工程场地的水文地质条件差异较小，考虑到实际操作便利性和试验成本最低化，宜对同一工程的基坑截水帷幕采用统一的试验方法和测量手段。

4 仪器设备

4.1 一般规定

4.1.1 目前抽水试验是确定含水层水文地质参数的主要方法，已有较成熟的试验方法及技术指标，使用的仪器设备包括过滤器、抽水设备和量测器具等，在基坑截水帷幕抽水试验实际操作中也可适用。本标准参考行业标准《水利水电工程钻孔抽水试验规程》SL 320-2005和《水电水利工程钻孔抽水试验规程》DL/T 5213-2005的相关规定，将抽水试验的过滤器、抽水设备和量测器具的要求分别列入4.2、4.4和4.6节。

4.1.2 目前压水试验主要应用于岩层的透水性测试，已有较成熟的试验方法及技术指标，使用的仪器设备包括栓塞、供水设备、吸水笼头和量测器具等，在基坑截水帷幕压水试验实际操作中也可适用。本标准参考行业标准《水利水电工程钻孔压水试验规程》SL 31-2003和《压水试验规程》YS/T 5216-2020的相关规定，将压水试验的栓塞、供水设备和量测器具的要求分别列入4.3、4.5和4.6节。

需要特别指出，基坑截水帷幕的压水试验具有以下特点：一是对于搅拌桩类截水帷幕，试验水压不宜过大，一般要求在1.0MPa以内，以避免造成截水帷幕破坏；二是搅拌桩类截水帷幕侧壁较软且凹凸不平，不宜采用常规的气囊、橡胶球等气胀或压胀性封堵器，多数情况下这类封堵器无法起到完全密封的作用，现场试验研究证明，可用水泥砂浆封孔止水替代这类封堵器；三是截水帷幕按其止水效果要求，其渗透性必然较小，所需压入流量较小，通常为0.1L/h~10L/h，故需采用微小流量测试装置。

针对上述截水帷幕压水试验的特点，本标准将栓塞止水和水泥砂浆封孔止水的要求分别列入4.3.2和4.3.3条规定，微小流量测试装置的要求列入4.6.2条的第3款规定。

4.3 止水栓塞

4.3.2 抗压强度不低于10MPa的截水帷幕结构，如地下连续墙等，可参考岩层压水试验，采用气囊、橡胶球等常规栓塞封堵止水，但需要保证栓塞材质应能与孔壁紧密粘结。

4.3.3 抗压强度低于10MPa的截水帷幕结构，如水泥土搅拌桩等，宜采用不小于300mm厚度的现浇水泥砂浆封孔止水替代栓塞止水，搅拌桩凹凸不平的侧壁提供了与现浇水泥砂浆紧密粘结的条件，防止压入水体发生渗漏。水泥砂浆强度应根据压水试

验压力和水泥砂浆与钻孔壁粘结强度确定，且不得小于截水帷幕结构的强度。

4.6 量测器具

4.6.2 截水帷幕压水试验所需压入流量较小，通常为0.1L/h~10L/h，一般流量计无法达到此精度，如水表测试范围通常为1m³/h~10m³/h，电磁流量计测试范围为10L/h~1000L/h，故本条第3款规定采用微小流量测试装置。可采用水箱加精密电子称的组合装置，注水时通过测量水箱的重量变化可以测定0.1L/h~10L/h级别的流量。

5 现场试验

5.1 一般规定

5.1.1 稳定流抽水试验的规定不是“必须”的，非稳定流的方法也是可行的。但基坑截水帷幕抽水试验以检测截水帷幕止水效果为主要目的，稳定流方法不仅容易达到该目标，而且试验操作简便，还由于该方法应用广泛，资料丰富，研究人员较多，时间较长，所以成熟度也高。本条作出的有关规定，将有利于保证成果质量。

现场试验表明，一般性抽水试验的常规操作在基坑截水帷幕抽水试验也是可行的，本标准参考行业标准《水利水电工程钻孔抽水试验规程》SL 320-2005的相关规定，将抽水试验的钻孔和洗孔工作、设备安装工作的规定与抽水试验的基本要求分别列入5.2.1~5.2.2条、5.3.1条和5.4.1条。

5.1.2 现场试验表明，岩层压水试验的常规操作在基坑截水帷幕压水试验也是可行的，本标准参考行业标准《水利水电工程钻孔压水试验规程》SL 31-2003和《压水试验规程》YS/T 5216-2020的相关规定，将压水试验的钻孔和洗孔、设备安装、正式压水试验工作的规定分别列入5.2.3条、5.3.2条以及5.5节的所有条款。岩石压水试验很多情况下因裂隙存在，水流量较大，不需测试微小的流量；搅拌桩止水帷幕按其止水功效要求其渗透性必然较小，相应的水流量较小，故需采用测微小流量的测试仪器。

5.2 钻孔与洗孔

5.2.2 实际洗孔操作中，应至孔口回水清洁方可结束洗孔工作；对钻孔过程产生的泥浆和岩粉会附着在钻孔的孔壁上，难以只依靠清水洗孔清理干净，为此需要采用除清水之外的洗孔方法，确保钻孔周围含水层的渗透性能不受影响。在5.3.2条明确规定，压水试验采用栓塞止水或水泥砂浆封孔止水时，止水材料均应与孔壁紧密粘结，以避免压入水体发生渗漏导致试验失败。

5.4 抽水试验

5.4.2 本条对整体抽水试验的抽水孔和观测孔布置工作做了规定。整体降水抽水试验最为直观和全面，但需设置大量的抽水孔和观测孔，抽水量大，试验周期长，试验成本高，不便于普遍性采用，可在一些重大项目或地质环境条件复杂的基坑工程中应用。

若抽水试验对周围环境影响大或存在截水帷幕有明显渗漏风险，则基坑外沿基坑边的观测孔布宜每间隔15~30m设置一个，有需要也可加密观测孔间距；若基坑整体抽水对周围环境影响较小，为降低检测成本，宜增大观测孔间距，但不宜大于30m。

5.4.3 本条对局部抽水试验的抽水孔和观测孔布置工作进行了规定。现场试验研究表明，在基坑内整体水位不明显降低的情况下，对截水帷幕进行检测的最佳布孔方式是使得抽水孔尽可能靠近截水帷幕，本标准规定抽水孔与截水帷幕的距离宜为2m。基坑外观测孔距离截水帷幕宜为2m是为了对比抽水孔和观测孔的降深差异，避开其他因素干扰观测孔的水位变化，初步评估截水帷幕的止水效果。若基坑外因空间受限，也可减少与截水帷幕的距离，但不宜小于1m。

5.4.4 本条规定的试验性抽水持续时间和静水位观测稳定标准，与《水利水电工程钻孔抽水试验规程》SL 320-2005的相关规定是一致的。

5.4.5

1 基坑截水帷幕抽水试验的最大降深宜与工程实际降深要求相符（基坑降水后坑内水位应低于坑底0.5 m），也要考虑抽水泵放置深度，故本标准规定最大降深应降至坑底以下不少于1m。与工程地质勘察抽水试验的要求一致，基坑截水帷幕抽水试验每组应进行3次降深，其余两次降深分别为最大降深的1/3和2/3。

2 本标准采取稳定流抽水试验，每次降深连续抽水时间不宜少于8h，每组抽水试验连续抽水时间不宜少于24h。若1次降深连续抽水时间已达8h，但动水位或出水量观测值未达到5.4.6和5.4.7条规定的稳定标准，宜适当延长抽水时间，直至达到规定的动水位和出水量稳定标准。因实际工程只需考虑基坑截水帷幕在一段时间内的整体止水效果，简短时间内渗水量影响不大，为简化现场抽水试验流程，故设置抽水量和动水位按每30 min观测一次即可，直到试验结束。

3 每组抽水试验结束后应进行恢复水位观察，宜每隔30min观测一次水位。本标准明确了恢复水位的稳定标准，规定若连续3个小时水位不变，或者连续4小时内每小时水位变化幅度不超过20mm，或能判断水位与自然水位变化一致时，即可停止观测。

5.4.6~5.4.7 稳定流抽水试验中动水位和抽水量是在人为控制的条件下量测的，在抽水稳定延续时间内，动水位和抽水量应同时达到相对稳定的水平。本标准规定的动水位稳定标准与出水量稳定标准，与《水利水电工程钻孔抽水试验规程》SL 320-2005的相关规定是一致的。

5.5 压水试验

5.5.4 试验段隔离应符合下列规定：

1 钻孔压水试验目前多采用自上而下的分段压水方法，即每钻进一段，使用栓塞隔离或者水泥砂浆封孔进行试验。

2 压水试验所求得的水透率是试验段的平均值，试验段过长影响成果精度，试验段过短会增加压水试验次数，试验段长度一般规定为5m~7m，对长度小于5m的试验段，可根据具体情况确定试验段长度。

5.5.5 本标准采用目前常用的三级压力五个阶段的多阶段循环方法。一个压力阶段的压水试验只能获得一个流量随压力变化的关系点，具有局限性，多个压力阶段试验能够获得试段岩体流量随压力的变化关系，还可以提供资料相互校核的机会，提高资料的可靠性。对于强度较高的混凝土类截水帷幕，三级压力一般分别取0.3MPa、0.6MPa和1.0MPa。对于水泥土搅拌桩或旋喷桩，根据现场试验研究结果，由于水泥土搅拌桩或旋喷桩的桩身强度较低，通常在1.0MPa左右，搅拌桩可承受的最大试验水压力通常在0.3MPa~0.5MPa之间，故水泥土搅拌桩截水帷幕的三级压力可分别取为0.1MPa、0.2MPa和0.3MPa。当试验段埋深较浅时，宜适当降低试验段压力。当试验段埋深较大时，考虑管路沿程压力损失，宜适当提高试验段压力。

5.5.7 摩阻系数与管路材料息息相关，通常 $\lambda=2\times 10^{-4}\text{MPa/m} \sim 4\times 10^{-4}\text{MPa/m}$ ；PVC管取 $2.0\times 10^{-4}\text{MPa/m} \sim 2.5\times 10^{-4}\text{MPa/m}$ ，钢管取 $3.0\times 10^{-4}\text{MPa/m} \sim 4.0\times 10^{-4}\text{MPa/m}$ 。当工作管内径不一致时，管路压力损失应根据实测资料确定。测试方法参照《钻孔压水试验规程》SL31 附录A执行。关于管道的摩阻系数，该参数不断与管道材质相关，还与流体温度、流速相关，比较复杂，很难给出一个较准确数。由于管路长度有限，可初步根据不同材料的摩阻系数进行计算，这对管路压力损伤计算影响有限。

6 数据整理与分析

6.1 数据整理

6.1.2 针对基坑截水帷幕整体抽水试验，当截水帷幕完全嵌入基坑底板相对隔水层，通过截水帷幕底部绕流进入基坑内部的水流量可能与穿过截水帷幕体进入基坑内部的流量相当，式(6.1.3)考虑了这两部分流量相当的情况。

6.1.5 公式(6.1.6)是根据《压水试验规程》YS/T 5216-2020第6.2.3条第3款规定编写。截水帷幕的透水性理论上较小，且现场截水帷幕压水试验的压力-流量曲线接近层流型，为简化计算，本标准采用上述文件第3款的规定。

6.2 止水效果分析

6.2.1 本标准仅对截水帷幕止水效果的评价标准作出规定，截水帷幕止水效果对基坑工程的影响程度应结合工程的环境、地质、施工等情况综合判定。

6.2.2 局部抽水试验的基坑外观测孔靠近截水帷幕和抽水孔，根据基坑内外水位差异来判断截水帷幕止水效果更为直观。若基坑外观测孔水位无变化或变化极小，说明截水帷幕结构本身未形成透水通道，且截水帷幕底部不存在绕流通道的，可直接判断止水帷幕止水效果好。

6.2.3 当基坑进行局部抽水试验时，宜根据坑外观测孔水位变化情况，对截水帷幕的局部止水效果进行定性评价。若基坑外观测孔水位存在一定降深时，通过对大量现场试验观测结果的分析 and 经验积累。主编单位长期进行基坑截水帷幕局部抽水试验，基坑观测孔的水位变化通常较小，基本不大于0.06m，且基坑开挖后仍未发现截水帷幕有明显漏水影响后续基坑开挖施工情况。因此，建议按照本标准推荐的判断准则对截水帷幕止水效果进行定性评价。

6.2.4 当基坑进行整体抽水试验时，截水帷幕止水效果的评价宜综合基坑外观测孔累计降深和降深速率来判断。建筑基坑工程监测技术标准（GB 50497-2019）中，关于基坑外观测孔地下水位累计变化值为1m~2m作为预警值，水位变化速率的预警值为0.50m/d，本条以基坑外观测孔累计降深不小于1m或日变化速率不小于0.5m/d，作为截水帷幕止水效果差的判断标准，与基坑监测规范保持一致，并有一定安全储备。在止水效果差的判断之外，其它截水帷幕止水效果可参考截水帷幕平均渗透系数来判断

止水效果好和止水效果一般的两个等级。整体抽水试验的截水帷幕平均渗透系数通过公式（6.1.2）计算，为后续综合评估截水帷幕的止水效果提供界定判断。

6.2.5 国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011规定“采用地下连续墙或隔水帷幕隔离地下水，隔离帷幕渗透系数宜小于 $1.0\times 10^{-4}\text{m/d}$ ”，对照6.2.6条的截水帷幕透水性分级标准，此渗透系数对应于极微透水的透水性等级。对于搅拌桩类截水帷幕，即使桩身的渗透系数小于 $1.0\times 10^{-4}\text{m/d}$ ，也可能存在因搅拌桩搭接不好或局部质量缺陷而渗水的情况，但在基坑做好止水和排水措施的情况下，大多数工程是允许存在少量渗漏的，故不宜直接以 $1.0\times 10^{-4}\text{m/d}$ 为判别标准。本标准结合工程经验明确，根据截水帷幕透水性分级对截水帷幕止水效果进行评价时，宜符合下列规定：

（1）经试验结果推算的止水帷幕透水性等级属于微透水或极微透水的，宜判定其止水效果好，满足设计要求；

（2）属于弱透水的，宜判定其止水效果一般，应根据工程的环境、地质、施工等情况综合分析截水帷幕渗漏可能造成的危害，以决定是否需要加固处理；

（3）属于中等透水、强透水与极强透水的，宜判定其止水效果差，不满足设计要求，需要进行加固处理，还应加倍进行扩大抽检。

6.2.6 本条参考《压水试验规程》YS/T 5216-2020第6.2.4条岩土体透水性分级标准，以截水帷幕抽水和压水试验所得的截水帷幕渗透系数为划分依据，对截水帷幕透水性等级的分级标准进行了规定，如表6.2.6所示。