

中华人民共和国行业标准

# 橡胶坝技术规范

SL227—98

条文说明

1999 北京

# 1 总 则

**1.0.1** 橡胶坝是用胶布按要求的尺寸，锚固于底板上成封闭状，用水（气）充胀形成的袋式挡水坝。它是 20 世纪 50 年代末，随着高分子合成材料工业的发展而出现的一种新型水工建筑物，其运用条件与水闸相似，用于防洪、灌溉、发电、供水、航运、挡潮等工程中。橡胶坝工程建设是指橡胶坝工程的规划、设计和施工等内容。由于橡胶坝结构新颖，使用的材料新，在其建设和管理中又不同于水闸而自成体系。为使橡胶坝工程建设和管理有章可循，根据橡胶坝的特点、使用条件和技术要求，总结 30 年来的实践经验，统编成本规范。

**1.0.2** 我国已建成的橡胶坝工程中坝高最高为 5m，单跨长度一般为 50~100m，使用寿命可达 20 年以上。本规范仅适用于挡水高度 5m 及其以下的橡胶坝工程。随着合成高分子材料的发展和水利事业建设的需要，当橡胶坝高度大于 5m，或坝袋结构型式有改变时，应进行试验研究，专题论证。

**1.0.3** 橡胶坝工程的建设和其它建设项目一样有其特定的工作程序，如先计划后建设，先勘察后设计，先设计后施工，先验收后使用等。必须严格按基本设程序办事。

据统计近 30 年来已建成的 500 多座橡胶坝工程中，主要是为农业灌溉服务。工程等级多属 4 级或 5 级，故橡胶坝工程级别可参照水闸工程级别划分标准进行划分，一般划分为 4 级或 5 级，重要的橡胶坝工程也可划分为 3 级。对于一些投资少规模小的地方性工程，根据实际情况，建成程序可以简化，但不能省略可行性论证和施工图设计。

**1.0.4** 与橡胶坝工程建设和管理有关的标准和规范有《防洪标准》（GB50201—94），《水闸设计规范》（SD133—84），《泵站设计规范》（GB/T 50265—97），《水闸施工规范》（SL27—91），《水闸

技术管理规程》，《中小型水利水电工程地质勘察规范》，《水工混凝土结构设计规范》(SL/T 191—96)，《水利水电工程环境影响评价规范》(SDJ302—88)，《水利水电工程水文计算规范》(SDJ214—83)，《水利建设项目经济评价规范》，《水利水电工程验收规程》，《水利水电基本建设工程单元工程质量等级评定标准》等。

## 2 工 程 规 划

### 2.1 基 本 资 料

2.1.1 搜集社会、经济及环境效益等资料有如下两个作用：①为编制设计、施工概预算提供依据，进行技术经济论证；②结合橡胶坝工程服务特点，对工程建成后为所在地区工农业发展作出评价，如供水、发电、防洪、灌溉、航运、美化环境等。

有目的地收集工程所在地区的社会、经济及环境效益等资料，主要有如下六个方面：

1) 地区经济资料包括：①主要工农业产品的产量和产值、成本、供销和调运费；②工农业产品和建筑材料等的价格；③国家从有关的工农业产品中征收的税利，国家在粮食、农用电以及其它有关方面的政策性补贴；④地区的国民经济现状和发展规划、当地群众的经济收入和增长趋势等。

2) 工程规划设计指标包括：①概算编制的依据和主要定额指标；②可供水量、装机容量和年发电量等；③与水利经济评价有关的防洪、治涝的保护范围、增加和改善的灌溉面积、增加和改善的航运里程、增加的水面面积等。

3) 水利效益资料包括：①防洪、治涝保护区的土地利用情况，交通运输和工业生产情况，国家、集体和个人的资财，不同典型年洪涝灾害的损失指标，历史洪涝灾情的调查资料等；②灌区的作物组成，灌溉的产量、产值、成本和成本的构成以及其它技术经济指标；③有关电网的电力、电量、成本和其它经济、财务指标，有关电站的技术经济指标；④其它为计算城镇供水、航运、水产等效益所需的经济、财务指标资料。

4) 年运行费用资料包括：①有关部门对燃料动力费、维修费、管理费等的规定；②已有工程实际支付的年运行费和盈亏情况；③有关税收、折旧等年费用的规定。

5) 有关部门关于经济分析和财务分析的规定及参考资料。对搜集的资料,应按照经济评价的要求,系统地进行整理和分析。

6) 环境影响评价包括:① 无本工程的自然景观、人文地理、生态环境状况、存在的主要问题和的发展趋势;② 工程兴建后可能引起的环境因素变化等。

## **2.2 坝 址 选 择**

**2.2.2** 坝址宜选在过坝水流流态平顺及河床岸坡稳定的河段,这不仅避免发生波状水跃和折冲水流、防止有害的冲刷和淤积,而且使过坝水流平稳,减轻坝袋振动及磨损,延长坝袋使用寿命。据调查和实际工程观测在河流弯道附近建橡胶坝,过坝水流很不平稳,坝袋易发生振动,加剧坝袋磨损,影响坝袋使用寿命。如果在河床、岸坡不稳定的河段建坝,将增加维护费用。因此,在选择坝址时,必须在坝址上、下游均有一定长度的平直段。同时,要充分考虑到河床或河岸的变化特点,要估计建坝后对于原有河道可能产生的影响。

**2.2.3** 橡胶坝的特点之一是跨度大,一般可不设检修闸门。坝址选择要考虑建坝后检修方便。基础底板不宜低于河床,防止在坝坝泄洪时,坝袋被泥沙覆盖,管理维修困难。因此,在满足泄洪断面的情况下,将基础底板适当抬高是适宜的。坝址宜选择在水流过坝后有一陡坡段,泥沙容易排泄,以减轻坝袋振动和磨损。

## **2.3 工程规模及枢纽布置**

**2.3.2** 橡胶坝整个工程结构是由三部分组成的:① 基础土建部分:包括基础底板、边墩(岸墙)、中墩(多跨式)、上下游翼墙、上下游护坡、上游防渗铺盖或截渗墙、下游消力池、海漫等;② 坝体(即橡胶坝袋);③ 控制和安全观测系统:包括充胀和坍塌坝体的充排设备、安全及检测装置。

在进行橡胶坝总体布置时,除考虑一般水工建筑物的要求外,还必须考虑橡胶坝本身的特点和使用条件,布置型式有如下几种:

1) 建在溢流堰或溢洪道上的橡胶坝, 坝后紧接陡坡段, 无下游回流顶托, 无需布置上游的防渗铺盖和下游的消力设备。如建在奥氏溢流堰顶上的橡胶坝, 基础底板可呈曲面, 不需改变原溢流堰顶的结构, 由于堰顶宽度很窄, 故宜采用充气式橡胶坝。建在溢洪道上的橡胶坝运行情况是最好的。因为在洪水期, 大量推移质已在水库沉积, 即使有漂浮物过坝, 因有过坝水层和堰顶急流, 不容易产生磨损坝袋现象; 枯水期, 上下游均无水, 有利于对坝袋的全面检修。

2) 建在平原河道的橡胶坝。平原河道水流比较平稳, 河流断面较宽, 充分发挥橡胶坝跨度大、阻力小的优点。

建在平原河道的橡胶坝, 在运用时要注意过坝水流与下游水深关系, 认真布置消能设施, 防止河床和河岸的冲刷, 尽可能避免产生坝袋振动磨损。

北方的一些河床型式, 一般都有深水河槽适宜建橡胶坝, 因为泄洪时, 坝后仍保持原泄洪断面。当河道断面很宽时, 为了运用方便则可布置中墩, 使橡胶坝分成几段。橡胶坝的闸墩长度和外形轮廓应使过坝水流平稳, 减小侧向收缩和避免产生旋涡。如果橡胶坝闸墩设计过短, 使闸墩两侧形成很大旋涡, 闸墩下游水流相互撞击, 回流冲击坝袋, 造成坝袋的振动磨损导致破坏。

3) 建在山区河道橡胶坝。山区河道的特点是坡陡流急, 含大量推移质, 水流过坝容易使坝袋产生振动拍打, 造成磨损破裂。布置时要把基础底板适当抬高, 改善上下游水面的衔接, 使过坝沙卵石不易随水流卷入坝袋下面。一般在底板与下游河床之间常用  $1:2 \sim 1:4$  的陡坡段连接。对建在山区河道上的橡胶坝, 不仅设计要精心, 而且还要加强对橡胶坝袋振动磨损的观测, 及时修补。

**2.3.3 坝长的确定**, 应满足校核流量时上游水位不超过防洪限制水位, 下游单宽泄流量不超过允许单宽泄流量。

如果单宽流量较大时, 必须加强下游消能防冲设施。在工程管理运行中摸索单宽流量与坝袋振动的关系。用调节坝高来控制单宽流量, 以避免坝袋振动和下游河床的冲刷。

考虑坝袋运输安装、检修方便以及运行管理要求,单跨最大长度在 100m 以内为宜。对冰凌等漂浮物较多的河段,单跨在 20~30m 为宜。

多段式橡胶坝,坝长是指所有坝袋长度之和。

**2.3.4** 充坝的水源水量应有保证,且水质好,无污染,少泥沙,必要时可建蓄水池沉淀泥沙。另外,也可考虑在引水口一侧布置冲沙闸或调节闸控制引水量。

**2.3.5** 橡胶坝是薄壁柔性结构,由于坝袋内压力变化及坝上下游水位变化等原因,引起坝体变形,坝高也随着发生变化,在不同条件下,坝高概念是不一样的。根据建坝用途,运行中坝高可以随意调节,以满足需要。

设计坝高,是指上游为设计水位,坝下游水位为零时的坝高。在设计坝高时的坝袋内压为设计内压。确定设计坝高时应考虑坝袋坝肩和褶皱处溢水的影响。

橡胶坝的泄流量,按附录 A 的公式计算。

**2.3.6** 坝底板高程与运用要求及坝袋检修有着密切的关系。坝底板高程定得低一些,可以加大泄流量,但坝袋高度增加,相应坝袋周长加长,坝袋检修条件差。因此,在不影响泄流情况下,特别是在山区推移质较严重的河道上,底板比河床略高较为有利,可防止过坝推移质泥沙随水流卷入坝袋底部从而减轻坝袋的磨损,坝底板高程比上游河床地形平均高程适当抬高 0.2~0.4m。底板厚度常采用 0.5~0.8m。底板宽度应满足坝袋坍落线的宽度要求,并于上下游留足安装检修的交通道。底板顺水流方向设永久缝,缝距根据具体情况确定。沉陷缝应有一定的宽度,以免不均匀沉陷发生互相挤压。在防渗段的沉陷缝内必须设止水,以保证防渗段的连续性。底板前后两端需设齿墙,齿墙深度一般为 0.5~2m。

**2.3.8** 橡胶坝泄流有三种流态:

1) 橡胶坝全部坍落,袋面行洪,水流比较平稳,流速与原河床流速相近。

2) 橡胶坝全部充起,顶部类似实用堰。当坝顶开始溢流时,

下游水深很浅甚至无水，水流连接条件不利，随着溢流量的增加，下游水深逐渐提高，形成水跃。水跃有一定程度的淹没，对消能有利；但当坝下游护坦与底板高程齐平时，下游坝脚处易产生局部负压区，使坝袋振动。

3) 橡胶坝未充到设计高度，或在坍塌过程中，坝型类似于宽顶堰，坝顶溢流时，水流具有两个自由表面的跌差：一个在上游面的顶端，一个在下游面的顶尾。如淹没式宽顶堰，则只有一个自由表面跌差。

坝下游连接及消能方式：建在溢洪道上的橡胶坝，无需另设消能设施。建在河渠上的橡胶坝，基本采用底流式水跃消能。消力池与底板之间采用陡坡段连接，坡度为  $1:3 \sim 1:4$ 。如基坑开挖有困难时，坝下游护坦与底板高程齐平，护坦的设置范围，应根据计算综合分析决定。

**2.3.11 多跨橡胶坝应用中墩分开**，距离由单跨长度定。墩厚不小于  $0.5\text{m}$ ，以便布置超压溢流管；墩高应大于坝顶溢流时的水头；墩长大于坝袋工作状态时的长度，但宜小于底板长度  $0.5 \sim 1.0\text{m}$ 。

橡胶坝与其它水工建筑物结合时，中墩长度应与上游铺盖和下游消力池长度一样。



## 3 工 程 设 计

### 3.1 坝 袋

**3.1.1** 橡胶坝按充胀介质可分为充水式、充气式。充水橡胶坝在坝顶溢流时袋形比较稳定,过水均匀,对下游冲刷较小;由于气体具有较大的压缩性,充气橡胶坝在坝顶溢流时,出现凹口现象,水流集中,对下游河道冲刷较强。在有冰冻的地区,充气橡胶坝内的介质没有冰冻问题;充水橡胶坝不具备这一优点。充气橡胶坝气密性要求高;充水橡胶坝这方面的要求相对低些。充气橡胶坝比充水橡胶坝工程投资低。在选择方案时应根据运用要求和工作条件,考虑上面的优缺点选择适当坝型。

**3.1.2** 橡胶坝经常在宽河道上使用,除经济效益明显,管理方便外,景观优美,壮观雄伟,也是一大优点。但单个坝袋过长会带来一系列的问题,如加工不便,运输困难,安装难度大,充坝时间长,不利检修等。因而在宽河道或溢洪道上修建橡胶坝时,选择过长坝袋要认真论证。

在直立岸墙的情况下,宜优先采用坝袋袋壁几乎不产生纬向应力的堵头式结构。

**3.1.4** 设计内压比  $\alpha = H_0/H_1$ , 其中  $H_0$  为坝袋内压水头,  $H_1$  为设计坝高。

根据调查,设计充水式橡胶坝采用的内压比最低为 1.25, 大多数选取的范围是 1.3~1.6。充气橡胶坝的内压比选取的范围为 0.75~1.10。

从运用角度出发,在没有特别要求时,内压比无须选择太大。从强度角度讲,坝高较小时,强度的选择基本不受材料限制,内压比选择幅度很大,为节省坝袋材料,可选取较大值。而高坝的强度选择受材料限制很大,宜选取较小值。在内压比选择幅度较大时,内压比的选择应经技术经济比较。

**3.1.5 坝袋强度设计安全系数**为坝袋抗拉强度与坝袋设计计算强度之比。

北京右安门橡胶坝强度设计安全系数取 4.0, 而且该坝正常运行 22 年后才拆掉, 说明安全系数的取值对于右安门橡胶坝是可行的。但是, 右安门橡胶坝能够运行 22 年与它的良好工作条件不无关系。如长期低坝过水运行, 很少把坝充至设计坝高, 坝袋的受力条件极好。由于坝上长期过水, 夏季少受热, 对防止热空气老化与防紫外线老化也很有好处。冬季过水防止了冰冻, 冰冻与冰压力对坝袋的影响也不大。总之, 右安门橡胶坝的运用条件对延长坝的使用寿命极为有利。因而, 在研究右安门橡胶坝成功经验的同时, 还应考虑其使用条件与一般橡胶坝使用条件的差别, 以使坝袋强度设计安全系数不致定得太低。

据调查近年来已修建的橡胶坝强度设计安全系数的选取多大于 6.0, 只有极个别的工程因材料强度达不到要求, 才不得不把安全系数降到 6.0 以下。因而把强度设计安全系数的下限定为 6.0 是可行的。

充气式橡胶坝国内建的不多, 日本是已建充气橡胶坝最多的国家, 这里考虑采用日本橡胶坝的坝袋强度设计安全系数, 取值应不小于 8.0。

确定坝袋纬向强度设计安全系数的方法是一种经验的和近似的方法。根据试验结果分析, 堵头式坝纬向强度设计安全系数可按径向强度设计安全系数的 0.5 倍选取。橡胶坝坝体纵断面采用梯形或矩形布置, 在边墙、边坡采用压板锚固时, 纬向强度设计安全系数取用径向强度设计安全系数的 0.8~1.0 倍。

在确定坝袋强度安全系数时还应考虑下列因素: 坝袋胶布材料加工制成胶布时强度损失一般达 15%~25% 左右, 并且材料强度存在不均匀性; 坝袋在使用过程中因老化所造成的强度损失, 以及工程规模和重要性等。

**3.1.6** 由于本条篇幅较长, 列入附录 B。坝袋实际运行状况有多种, 但对设计结果起控制作用的是坝上游水深等于坝高, 坝下游

无水的状况。此时，坝袋径向所受拉力最大，故此种状况作为设计状况。附录 B 只就设计状况列出数解法的计算公式及计算表。

与“橡胶坝技术指南”相比，修正了充气式坝袋设计参数表中部分计算结果。为精确地描述坝袋外形，准确地给出坝袋堵头的轮廓尺寸，附录 B 给出充水式橡胶坝与充气式橡胶坝坝面曲线部分的坐标表，设计时可直接使用坐标绘制坝袋外形。使用坐标绘制的坝袋外形可达到准确的效果，而且便于制做放线。

### 3.1.7 橡胶坝袋应满足下列构造要求：

1) 在胶布加工条件许可的情况下，应尽量选用布幅较大的帆布。

2) 坝袋胶布的帆布层数不宜超过三层。

3) 坝袋胶布各层胶的厚度宜参照表 C.0.2 选取。

4) 在有推移质的河道上，坝袋宜考虑缓冲垫层设计。

5) 坝袋胶布布幅间的搭接强度应大于坝袋纬向设计强度。搭接方法应与胶布制做厂家商定，搭接强度须经试验验证，并应保证坝袋锚固安装有良好的止水效果。在坝体纵断面为矩形布置，且选用堵头结构时，可选用平搭接或无搭接坝袋。

6) 充水橡胶坝坝顶须设排气阀。

7) 充水橡胶坝应设安全溢流装置。充气橡胶坝应设压力监测设备监测充气压力。

8) 坝袋与底板的连接可采用双锚线锚固或单锚线锚固，充水坝宜优先采用双锚线锚固，充气坝宜优先采用单锚线锚固。

9) 采用双线锚固的橡胶坝应设底垫片，底垫片应不漏水并具有一定的抗拉强度。

10) 坝体纵断面为矩形布置时，宜优先采用坝袋与岸墙无锚固的堵头式结构。

11) 坝体纵断面为梯形布置时，两端坝顶以略高于设计坝高为宜，两端坝高可取设计坝高的 1.1-1.2 倍。

## 3.2 锚 固 结 构

3.2.1 橡胶坝锚固的作用，是用锚固构件将坝袋胶布固定在承载底板和端墙（或边坡）上，形成一个封闭袋囊。因此，锚固是橡胶坝能否稳定起到挡水作用的关键部位，其构件必须满足设计的强度和耐久性，达到牢固可靠和严密不透水（气）的要求。

锚固结构型式有以下三类：

1) 螺栓压板式锚固的锚固构件由螺栓和压板组成。①按锚紧坝袋的方式可分为穿孔锚固和不穿孔锚固。穿孔锚固是在锚固部位将坝袋穿孔套进预埋的地脚螺栓，用压板锚紧。穿孔锚固的优点是胶布和锚件所需长度较短，约为不穿孔锚固长度的一半。施工安装和拆卸检修方便。缺点是锚固部位要穿孔，在孔的周边要补强，以防应力集中将坝袋撕裂。另外，穿孔锚固是靠螺栓和钢压板锚紧，其构件在污水河道中使用，容易锈蚀而失效。不穿孔锚固是将锚固部位的胶布用一根压轴卷起或塞入锚固槽内，用压板压紧。锚固部位的压轴材料可用圆木或钢管。优点是不需在坝袋上打孔和补强，锚固长度相对较长，施工安装费工。②按使用的压板材料分为不锈钢、普通钢、铸铁和钢筋混凝土压板等。③为防止锈蚀，螺栓应用不锈钢材料，若用普通钢应经过防锈蚀处理，如镀锌等。因细纹螺栓在运用中易于滑扣，应采用粗纹较好。

2) 楔块挤压式锚固。楔块挤压式锚固系由前楔块、后楔块和压轴组成。锚固槽有靴形和梯形两种，施工时用压轴将坝袋胶布卷塞入槽中，用楔块挤紧。由于锚固槽内受力比较复杂，坝袋安装时，锚固槽受楔块挤压，这个挤压力很难估算。坝袋充胀后，锚固槽受到坝袋拉力作用带动前楔块上升，槽前壁受到摩擦力，同时带动压轴挤压前楔块，其作用结果是挤压后楔块向上位移。总之，楔块挤压式锚固计算比较复杂，重要工程应由锚固结构试验确定。

3) 胶囊充水锚固。胶囊充水锚固是用胶布做成胶囊，胶囊内充水或充气将坝袋挤紧，制造全部工厂化，拆装方便，止水性好。

**3.2.3 锚固线布置**分为单线锚固和双线锚固。单线锚固只有上游一条锚固线，锚线短，锚固件少，但多费坝袋胶布，低坝和充气坝多采用单线锚固。由于单线锚固仅在上游侧锚固，坝袋可动范围大，对坝袋防振防磨不利，尤其在坝顶溢流时，有可能在下游坝脚处产生负压，将泥沙吸进坝袋底部，造成坝袋磨损。双线锚固是将胶布分别锚固于四周，锚线长，锚固件多，安装工作量大，相应地处理密封的工作量也大，但由于其四周锚固，坝袋可动范围小，于坝袋防振防磨有利。另外在上下游锚固线间可用纯胶片代替坝袋胶布防渗，从而节省胶布约三分之一。

在沿海潮区，由于河水位和海水位经常变动，可采用对称双线布置。对有双向挡水任务的橡胶坝，也宜双线锚固布置。

双线布置时，两条锚固线在底板上的距离为设计条件下计算的上下游坝袋贴地长度，最好锚固在底板的同一高程上。

若岸墙为直墙，则采用堵头式坝袋，两端锚固线仍布置在底板两端。若为斜坡，为改善底板与岸墙转角处坝袋的折皱及应力状态，根据堤防或岸墙断面，多设渐变爬坡段，使成斜坡连接。

斜坡部分的锚固，其锚线最好按坝袋设计充涨断面在斜坡上的空间投影形成的空间曲线形状布置，但这样坝袋须加工成曲线形，锚固件也应做成曲线形，加工安装困难，故上游侧多采用相切于坝袋设计外形的折线布置，下游侧成直线布置。上游锚线在边坡上要延长一段，以便在坝袋充涨时减少纬向应力，经过试验并根据工程实践经验，坝端坝高一般可取 1.1 ~ 1.2 倍设计坝高。

**3.2.4 橡胶坝的锚固**是保证坝袋安全的重要环节，对于重要的橡胶坝工程，应做锚固结构试验。通过试验对坝袋材料强度、锚固槽及锚固构件的设计、加工以及安装工艺等进行现场原体试验。试验方法和要求应遵循有关模型试验规程规范的规定。

### 3.3 控制系统

**3.3.1 橡胶坝充、坝坝时间的选用**应根据工程的具体运用条件确

定。根据国内已建橡胶坝工程的统计，其充坝时间为 2~3 小时，坍塌时间为 1~2 小时。另外，对建在行洪河道或溢洪道上的橡胶坝，由于有突发洪水的情况出现，如因排水时间过长，不能及时坍塌，可能造成洪水漫滩或漫坝，由此带来严重后果，其充、坍塌时间或运用方式应作专门研究。

双锚固坝的坝内亦可设置导水（气）管，用以排除坝内水（气）。

**3.3.2 坝袋的充排方式**有两种，即动力式、混合式。所谓动力式，即坝袋的充、坍完全利用水泵或空压机进行；混合式即坝袋的充、坍部分利用水泵或空压机来完成，部分利用现有工程条件自充或自排。

充排方式的选择应根据工程的现场条件和使用要求等经技术经济比较后选定，一般采用动力式。有条件的地方，当充水量不大时也可以利用自来水充坝；对建于水库溢洪道上或下游水位不影响自流坍塌的橡胶坝工程，亦可采用自流坍塌。

**3.3.4 充排系统的设计**主要包括动力设备的选型、管道计算。

#### 1) 水泵选型

水泵的选型应根据坝的规模、充（坍）坝时间及拟定的系统计算水泵的流量及扬程。

水泵的流量按下式计算：

$$Q = \frac{V}{nt} \quad (3.3.4-1)$$

式中  $Q$ ——计算的水泵所需最小流量， $\text{m}^3/\text{h}$ ；

$V$ ——坝袋充水容积， $\text{m}^3$ ；

$n$ ——水泵台数；

$t$ ——充坝或坍塌所要求的最短时间， $\text{h}$ 。

水泵的扬程应根据管道的布置分别计算充坝或坍塌时所需的水压力：

$$H_B = (\nabla_1 - \nabla_2) + \Delta H \quad (3.3.4-2)$$

式中  $H_B$ ——水泵所需的扬程， $\text{m}$ ；

$\nabla_1$ ——水泵出水管管口高程, m;

$\nabla_2$ ——水泵吸水管最低水位, m;

$\Delta H$ ——水泵吸水管和压力管水头损失总和, m。

当出水管直接向坝袋充水时, 则

$$\nabla_1 = \alpha H_1 + \nabla_3 \quad (3.3.4-3)$$

式中  $\alpha$ ——坝袋内压比;

$H_1$ ——坝高, m;

$\nabla_3$ ——坝底板高程, m。

根据计算的出口流量和扬程, 参照水泵的样本选用合适的水泵。

## 2) 空压机选型

应根据坝袋的容积、设计内压比及充坝时间计算确定空压机的额定生产率。空压机的工作压力根据橡胶坝的额定充气压力确定, 工作压力应大于额定充气压力。

根据空压机的额定生产率、额定充气压力参照空压机的样本选用合适的空压机。

## 3) 管道选择

管道的直径按下式计算:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} \quad (3.3.4-4)$$

式中  $Q$ ——管段内最大计算流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$v$ ——管道采用的计算流速,  $\text{m/s}$ 。

管道中的流速按下述原则选取: 水泵吸水管中的流速在  $1.2 \sim 2\text{m/s}$  中选取; 压水管中的流速在  $2 \sim 5\text{m/s}$  中选取; 气体流速在  $10 \sim 20\text{m/s}$  中选取。

# 3.4 安全与观测设备

## 3.4.1 安全设备设置

1) 为防止坝袋超压, 充水橡胶坝应在一岸或两岸边墙或中墩上设置安全溢流管(孔), 其管出口位置须与坝袋设计内压水头齐

平，管径不得小于坝袋充水管管径。溢流管的出口形式有直筒式和弯曲式，为防止洪水倒灌，可设阀门控制。对堵头式充水橡胶坝，在坝袋的两端顶部装设排气帽。

2) 对建在山区河道或水库溢洪道上有突发洪水出现的充水橡胶坝以及重要的橡胶坝，若不能及时坍塌，将可能出现坝袋超压破裂或库区淹没的问题，故提出采用自动坍塌装置如虹吸管。该装置国外使用较多，我国的广东也使用过，效果较好。

3) 充气橡胶坝必须设置安全排气阀，以防坝袋超压破坏，有条件时还可以设置水封管或 U 型管。

### 3.4.2 观测装置设置

1) 为准确掌握橡胶坝上、下游水位及坝袋内压情况，以便为控制运用及管理提供准确的依据，有条件时，宜设置上、下游水位及坝袋内压观测装置。

2) 上、下游水位观测简单的方法是采用水位标尺，也可采用连通管接至控制室从玻璃管或塑料管读取，随着我国水利事业管理水平的提高，我国的一些橡胶坝工程已开始采用计算机自控系统，此时水位监测应采用自动水位传感器。

3) 坝袋内压观测，充水橡胶坝一般采用连接管接至控制室从玻璃管或塑料管读取，充气橡胶坝可直接利用压力表读取，当采用计算机自控系统时，应采用压力传感器。

## 3.5 土 建 工 程

3.5.2 橡胶坝的土建工程设计与水闸基本相同，应根据坝的设计条件、水工布置分别验算建筑物的强度及防渗、抗滑稳定。

3.5.3 作用在橡胶坝上的各种荷载可参照《水闸设计规范》进行计算。

3.5.4 橡胶坝底板（包括边坡底板）是橡胶坝工程的关键部位，设计中可按如下步骤进行。

1) 底板顺水流方向长度的确定

底板顺水流方向的长度按下式计算：



当单向坍落时

$$L_d = L + l_1 + l_2 + l_3 \quad (3.5.4-1)$$

当双向坍落时（此时对称布置）

$$L_d = L + l_1 + l_2 + 2l_3 \quad (3.5.4-2)$$

$$l_3 = L_0/2 - L \quad (3.5.4-3)$$

式中  $L_d$ ——底板顺水流方向长度，m；

$L$ ——坝袋底垫片有效长度，m；

$l_1, l_2$ ——上、下游安装、检修通道，一般取 0.5~1.0 m；

$l_3$ ——坝袋坍落贴地长度，m；

$L_0$ ——为坝袋的有效周长。

2) 坝袋底板（包括边坡底板）的应力分析可按弹性地基梁进行计算。计算时应根据不同的地质条件及结构分缝情况，分别计算底板及边坡底板的纵向及横向强度。

3) 坝袋底板的防渗长度、沿基础底面的抗滑稳定、坝底板的平均基底压力、最大压力和最小压力可分别参照《水闸设计规范》进行计算。

4) 岸墙（中墩）是橡胶坝在左、右岸进行锚固和充胀坝袋成密封状的重要部分。岸墙（中墩）的设计高度应首先满足坝袋锚固布置的要求，同时高于坝顶溢流时最大溢流水位。岸墙（中墩）有斜坡式和直墙式，在天然河渠中建橡胶坝，为保持原有过水断面，通常用斜坡式，边坡一般在 1:2 以上，以减小坡脚处坝袋的折皱；在已建水库溢洪道上或无行洪要求的河、渠上建橡胶坝可采用直墙式。岸墙（中墩）的计算与底板基本相同，各种情况下的平均基底压力应不大于地基容许承载力；基底压力的最大值与最小值之比以及抗滑安全系数都不小于规定的容许值。

**3.5.5** 橡胶坝因对基础承载力的要求不高，一般土基已能满足要求，当出现淤泥质土基时，一般采用换土垫层法进行基础处理较为经济，施工也较方便。换土垫层厚一般采用 1.5~2.0m。

**3.5.6** 为保证上、下游边坡不受水流冲刷，需要进行护坡。当橡胶坝的断面为梯形时，上、下游边坡应与坝身段一致；当橡胶坝

的断面为矩形时,坡比应根据河岸土质情况计算确定。边坡一般采用浆砌或干砌块石护砌,护砌高度应与可能达到的高水位加上风浪爬高,护砌长度一般超过防冲槽 2.0 m 左右。

**3.5.7 橡胶坝的消能防冲设计**应综合考虑消能防冲及坝袋振动、磨损等因素。一般分以下几个步骤进行。

1) 水流衔接状态的判断。坝址时应根据溢流水深、流量、水位差、下游水深、流速等因素,计算收缩断面水深  $h_c$  的共轭水深  $h_c'$ , 将其与下游水深  $h_t$  进行比较。当  $h_t > h_c'$  时,产生淹没水跃,无须设消力池;当  $h_t = h_c'$  时,产生临界水跃;当  $h_t < h_c'$  时,产生远驱式水跃,须设消力池。

根据橡胶坝运行时的外形变化、水流衔接状态,经与同类水闸消能防冲计算比较,在泄量相同的条件下,橡胶坝一般可不设消力池,可在同一高程采用底板和护坦的消能形式。为着检修安装的方便,习惯上将底板抬高 0.3m 左右,在底板与护坦间采用 1:2~1:4 斜坡连接,以使砂石等顺利排到下游,这种布置型式有利于减小坝袋振动及磨损,较多使用。当下游水深  $h_t$  小于共轭水深  $h_c$  时,应设消力池。

2) 消能防冲设施。消能防冲设计包括护坦(消力池)、海漫。护坦、海漫的计算可参照《水闸设计规范》进行。

护坦一般采用混凝土结构,其厚度一般为 0.3~0.5m。海漫一般采用浆砌石、干砌石或铅丝石笼,其厚度一般为 0.3~0.5m。

3) 铺盖。铺盖的作用一方面是增加防渗长度,减小底板扬压力,同时也可以防止上游河底冲刷。铺盖常采用混凝土或粘土结构,铺盖的长度应满足防渗长度要求,铺盖的厚度视不同材料而定,一般混凝土铺盖厚 0.3m,粘土铺盖厚不小于 0.5m。

4) 排水设施。减少底板扬压力的另一种措施是设置排水,由防渗设计综合考虑后确定排水的位置。排水的起始点便是防渗段的终点。

排水设施一般用直径 1~2cm 的卵石、砾石、碎石等做成,平铺在地基上,厚度 0.2~0.6m。排水设施和地基土壤接触处容易

发生破坏，应予以注意。

铺盖下设的反滤层其要求和设计计算应按照《碾压式土石坝设计规范》规定执行。

**3.5.8** 充气橡胶坝在坍塌时，在坝顶局部有凹口现象产生，在此处产生的单宽流量，远大于按充水坝坍塌，坝体均匀下降时计算的单宽流量，且发生凹口现象的位置并不固定，设计时应予以考虑。

对于重要的橡胶坝工程，宜通过模型试验确定凹口发生的条件、位置，据以确定消能防冲措施。

**3.5.11** 采用堵头式锚固的橡胶坝，充坝时在坝袋和边墙（中墩）结合部位出现坍肩现象，引起局部溢流，影响橡胶坝的正常运行。在工程上常采取将边墙（中墩）与坝袋接触部位的混凝土做得尽量光滑、端部底板局部抬高等办法来消除坍肩影响。

## 4 施 工 安 装

### 4.1 一 般 规 定

4.1.2~4.1.3 橡胶坝工程的施工包括：坝袋的制造（在工厂进行）安装和土建两部分。在制定施工计划时，应注重以下几点：

1) 施工围堰及导流措施。坝址上游如有支汊或与之相连接的湖泊、河网可以调节水流，应进行比较，能利用的则加以利用，作为施工导流措施。

上下游横向围堰宜与水流方向垂直，纵向围堰应与水流方向平行布置。围堰及导流渠施工应满足过流、抗滑稳定与防渗要求。迎水坡面还应考虑风浪、冰凌的壅高及设防措施。

施工围堰的内坡脚线与基坑边线应留有适当距离，以便于施工操作、排水、防渗和抢险。

2) 施工道路按临时或永久性考虑，视需要而定。

3) 各种建筑材料、机械设备的安放地点，钢材、木材仓库及预制构件的场地，交通、水、电线路以及开挖基坑土方的堆放位置等，都要统一安排场地，专人负责，做到既能加快施工进度，又能节省劳动量和有利于施工安全。

4.1.6 为确保橡胶坝工程施工质量，施工单位应建立质量保证体系，建设单位应建立质量检查体系。两者各司其职，不能互相代替。

质量控制应根据国家和部颁发的有关标准及工程设计的施工图和技术要求，以及施工规定等进行。

施工过程中的质量问题及其处理经过和遗留问题，施工人员必须如实记录；对重大质量事故的处理，施工单位应会同建设、设计、质检部门查清原因，提出补救措施，及时处理，并应提出专门的书面报告。

建议采用照相进行施工质量管理。自工程开始前至各施工阶

段，对工程施工现场照相留作记录，这可以作为隐蔽工程施工情况确认和检查资料，不在现场时也可通过照片确认施工质量，同时亦可作为其它橡胶坝工程施工的示范。

照片记录宜做到以下几点：①用照相确认每一有关临时工种的施工质量；②如遇事故时应将情况照下来；③把质量管理（地基处理、混凝土强度、锚固结构、坝袋安装、控制与安全系统安装等）的实况照下来；④坝袋制作、尺寸、强度的管理情况；⑤隐蔽工程要注意照相；⑥应能确认照相部位和尺寸；⑦照相部位须注明以下几点：工种及名称、测定点、设计尺寸、实测尺寸；⑧照片应按施工日期、工种、施工顺序进行整理后贴在相册上；⑨中间检查和竣工检查时应将相册作为确认施工质量资料。

## 4.2 土 建 工 程 施 工

### 4.2.1 土建工程施工应注意以下几点：

1) 基坑开挖宜在准备工作就绪后进行，开挖至离设计高程还有 200~300mm 时，应用人工开挖平整至设计高程，然后浇筑混凝土。在开挖过程中，对于降雨积水或地下水渗漏，必须及时抽干，不得长期积水；若地基不满足设计要求，要开挖进行处理，并防止产生局部沉陷，影响工程质量和安全。侧墙开挖要严防塌方，以免影响工期。

2) 泵房施工及设备安装宜参照《泵站施工规范》要求进行，并注意防渗要求，使橡胶坝能正常运行操作。

3) 土建项目的施工技术要求，可参照《水利水电基本建设工程单元工程质量等级评定标准》（一）、（七）中有关规定执行，施工方法可参照《水闸施工规范》中有关要求执行。

4.2.2 橡胶坝基础底板的施工要求与水闸相同，但对特殊部位有其独特的要求。坝袋起落时与混凝土表面接触处要求光滑，以减少由于水流脉动、波浪冲击的影响而使坝袋产生振动磨损。同时，由于锚固槽处局部有凹凸，与坝袋接触处应认真检查，有棱角的去掉磨滑。

#### 4.2.3 锚固施工中应注意如下两点:

1) 螺栓压板锚固的施工。在预埋螺栓时,可采用活动木夹板固定螺栓位置,用经纬仪测量,螺栓中心线要求成一直线。用水准仪测定螺栓高度,无误差后用木支撑将活动木夹板固定于槽内,再用一根钢筋将所有的钢筋和两侧预埋件焊接在一起,使螺栓首先牢固不动,然后才可向槽内浇筑混凝土。混凝土浇筑一般分为两期,一期混凝土浇筑至距锚固槽底100mm时,应测量螺栓中心位置高程和间距,发现误差及时纠正。二期混凝土浇筑后,在混凝土初凝前再次进行校核工作。压板除按设计尺寸制造外,还要制备少量尺寸不规格的压板,以适用于拐角等特殊部位。

2) 楔块锚固和胶囊充水锚固。必须在基础底板上设置锚固槽,槽的尺寸允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ ,槽口线和槽底线一定要直,槽壁要求光滑平整无凹凸现象。为了便于掌握上述标准,可采用二期混凝土施工。二期混凝土预留的范围可宽一些。浇筑混凝土楔块,要严格控制尺寸,允许偏差为 $\pm 2\text{mm}$ ;特别应保证所有直立面垂直;前楔块与后楔块的斜面必须吻合,其斜坡角度一般取 $75^\circ$ 左右。

### 4.3 控制、安全和观测系统施工

4.3.1 控制系统由水泵(鼓风机或空压机)、机电设备、传感器、管道和阀门等组成。这个系统的施工安装要求较高,任何部位漏水(气)都会影响坝袋的使用,在安装中应注意下列事项:

1) 所有闸阀在安装前,都要做压力试验,不漏水(气)才能安装使用。所有仪表在安装前应经调校。

2) 充水式橡胶坝的管道大部分用钢管,其弯头、三通和闸阀的连接处均用法兰、橡胶圈止水连接,尽可能用厂家产品。管道在底板分缝处,应加橡胶伸缩节与固定法兰连接。

3) 充气式橡胶坝的管道均采用无缝钢管,为节省管道,进气和排气管路可采用一条主供、排气管。管与管之间尽可能用法兰连接,坝袋内支管与坝袋内总管连接采用三通或弯头。排气管道上设置安全阀,当主供气管内压力超过设计压力时开始动作,以

防坝袋超压破坏。另外要在管道上设置压力表，以监测坝袋内压力，总管与支管均设阀门控制。

**4.3.2 安全装置施工与安装必须符合设计（精度）要求，确保施工安装质量，运用灵活可靠。**

1) 安全系统由超压溢流孔、安全阀、压力表、排气孔等组成，该系统的施工要求严密，不得有漏水（气）现象。

2) 密封性高的设备都要在安装前进行调试，符合设计要求方能安装使用。

3) 安全装置应设置在控制室内或控制室旁，以利随时控制。

4) 超压管的设置，其超压排水（气）能力应大于或等于进坝的供水（气）量。

**4.3.3 观测系统由压力表、内压检测、上下游水位观测装置等组成，其设计和施工应注意以下几点：**

1) 施工安装时一定要掌握仪器精度，要保证其灵活性、可靠性和安全性。

2) 坝袋内压的观测要求独立管理，直接从坝内引管观测，上、下游水位观测要求独立埋管引水，取水点尽量离上下游远点。

3) 坝袋的经纬向拉力观测，要求厂家提供坝袋胶布的伸长率曲线。

## **4.4 坝 袋 安 装**

**4.4.2 橡胶坝工程的损坏大都是由于坝袋质量问题而引起的，坝袋质量已成为橡胶坝工程推广应用的制约因素。现橡胶坝袋尚无国家或行业的产品标准，各坝袋生产厂家根据各自的企业标准生产。为严格保证坝袋制作质量，坝袋出厂时必须附有经过国家计量认证的权威检测机构出具的具有法律效力的坝袋产品检验报告。**

**4.4.3 坝袋安装顺序和锚固施工步骤**

1) 底垫片就位（指双锚线型坝袋）：对准底板上的中心线和锚固线的位置，将底垫片临时固定于底板锚固槽内和岸墙上，按

设计位置开挖进出水口和安装水帽,孔口垫片的四周作补强处理,补强范围为孔径的3倍以上;为避免止水胶片在安装过程中移动,最好将止水胶片粘贴在底垫片上。

2) 坝袋就位:底垫片就位后,将坝袋胶布平铺在底垫片上,先对齐下游端相应的锚固线和中心线,再使其与上游端锚固线和中心线对齐吻合。

3) 双锚线锚固型坝袋安装:按先下游,后上游,最后岸墙的顺序进行。先从下游底板中心线开始,向左右两侧同时安装,下游锚固好后,将坝袋胶布翻向下游,安装导水胶管,然后再将胶布翻向上游,对准上游锚固中心线,从底板中心线开始向左右两侧同时安装。锚固两侧边墙时,须将坝袋布挂起撑平,从下部向上部锚固。

4) 单锚线锚固型坝袋的安装:单线锚固只有上游一条锚固线,锚固时从底板中心线开始,向两侧同时安装。先安装底层,装设水帽及导水胶管,放置止水胶,再安装面层胶布。

5) 堵头式橡胶坝袋的安装:先将两侧堵头裙脚锚固好;从底板中线开始,向两侧连续安装锚固。为了避免误差集中在一个小段上,坝袋产生褶皱,不论采用何种方法锚固,锚固时必须严格控制误差的平均分配。

6) 螺栓压板锚固施工步骤:压板要首尾对齐,不平整时要用橡胶片垫平;上螺帽时,要进行多次拧紧,坝袋充水试验后,再次拧紧螺帽;上螺帽时宜用扭力扳手,按设定的扭力矩逐个螺栓进行拧紧;卷入的压轴(木芯或钢管)的对接缝应与压板接缝处错开,以免出现软缝,造成局部漏水。

7) 混凝土楔块锚固施工步骤:将坝袋胶布与底垫片卷入木芯,推至锚固槽的半圆形小槽内;逐个放入前楔块,一个前楔块在两头处打入木楔块,在前楔块中间放入后楔块,用大铁锤边打木楔块,边打后楔块,反复敲打使后楔块达到设计深度并挤紧时,才将木楔块撬起换上另两块后楔块,如此反复进行;当锚固到岸墙与底板转角处,应以锚固槽底高程为控制点,坝袋胶布可在此处



放宽 300mm 左右，这样坝袋胶布就可以满足槽底最大弧度要求。

8) 胶囊充水锚固：将底垫片、海绵止水胶条和坝袋胶布放入锚固槽后，随之将胶囊置于坝袋胶布之间，整理平顺后即向胶囊内充水，边充水边用钝头棍振捣胶囊，使坝袋胶布与锚固槽壁紧贴密实，待胶囊水压达到设计压力时，即可向坝袋内充水，进行试验。

## 5 运 行 管 理

### 5.1 一 般 规 定

**5.1.1** 橡胶坝在运行过程中, 由于在日晒、水浸的环境中使用, 受到复杂的自然条件影响, 在各种外力作用和人为因素的影响下, 其状态随时都在变化, 如机械磨损、老化变质等。在管理运行中如不及时养护修理, 则缺陷必将逐步发展, 影响橡胶坝的安全, 严重的甚至会导致工程失事。实践证明, 有的橡胶坝工程, 虽然原来有些缺陷, 但由于认真管理, 采取了积极的养护修理措施, 而保证了工程的正常运用。相反, 一个较好的橡胶坝工程, 由于管理不善或无人管理, 工程出现了缺陷, 没有及时地发现或者没有采取必要的修补措施, 造成坝袋撕裂, 失去了橡胶坝的挡水作用。可见橡胶坝能否充分发挥效益, 除了有合理地规划、设计、施工以及高质量的坝袋外, 加强对工程的管理和维护是十分重要的, 而建立管理机构又是搞好运管理的基础和保证。又由于橡胶坝本身的特点是需要经常养护维修, 为确保工程的正常运行, 要求工程竣工后, 必须建立管理机构。

**5.1.2** 橡胶坝工程管理部门应结合工程具体情况, 制定或修订切实可行的管理办法和相应的制度, 报上级主管部门批准后执行。以后还应根据工程运用情况, 适时进行修订, 审批程序同上。

管理制度一般包括: 计划、技术、经营管理制度; 水质、水情监测制度; 汛期水情联系和预报制度; 坝袋检查和各项观测制度; 安全生产和安全保卫制度; 请示报告和工作总结制度; 财务、器材管理制度; 事故处理报告制度; 考核和奖惩制度等。

**5.1.3** 为对橡胶坝工程进行科学管理, 正确运用, 充分发挥工程效益, 必须做到责、权、利相结合, 调动管理人员的积极性和建立岗位责任制。在管好用好工程的前提下, 开展综合经营, 积累资料, 总结经验, 不断提高管理工作水平。

橡胶坝管理工作主要内容：

1) 橡胶坝管理人员要从技术上保障工程安全，应该熟悉本工程各部结构、设计意图、施工情况及工程中存在问题，并掌握控制运用、检查观测和养护修理等各项业务。

2) 贯彻执行上级主管部门的指示，做好工程控制运用。

3) 对工程进行检查观测，做好详细记录，经常进行养护修理，消除工程缺陷，维护工程完整，确保工程安全。

4) 掌握气象、水情，做好防洪、防凌工作。

5) 掌握坝袋修理技术，备有一般的修补材料及修补工具，进行日常的局部修补。

6) 做好安全保卫工作，并向群众做好保护橡胶坝的宣传工作。

7) 利用水土资源，开展综合经营。

8) 建立日常的管理登记制度和技术档案。

**5.1.4** 根据《中华人民共和国河道管理条例》，橡胶坝工程具体管理范围和安全区域由县级以上人民政府划定。应在橡胶坝工程周围划定必要的工程管理范围和安全区域，树立标志，其所有权归管理单位。建议管理区最小范围一般为：上游距坝轴线不得小于100m，下游不得小于50m，坝的两端岸上范围应根据工程具体情况确定。严禁在距坝址500m范围内爆破采石。

## 5.2 检 查 观 测

**5.2.2** 橡胶坝的经常检查是用眼看、耳听、手摸等方法对工程及设备分部位地进行巡查和巡视。由于简单易行，既全面又及时，一些事故苗头或工程隐患常常通过经常性检查被发现，得到及时处理，故必须引起足够重视，经常认真地进行检查。

当橡胶坝遭遇到特大洪水、暴雨、暴风、强烈地震和重大工程事故等特殊情况时，很容易使工程受损甚至破坏，严重影响工程安全运行，故必须进行特别检查。

经常检查和定期检查应包括以下内容：

1) 管理范围内有无违章建筑和危害工程安全的活动，环境应

保持整洁美观。

2) 坝袋: 应检查坝袋袋壁有无被漂浮物或人为的刺伤刮破, 坝袋袋壁的磨损情况, 有无机械损伤, 坝袋下游表面有无磨损, 橡胶袋布有无起泡、膨胀、脱层、龟裂、粉化和生物蛀蚀等现象, 帆布层是否发生永久变形、脆化、霉烂等现象, 坝袋里面胶层有无磨损、脱层等现象。

3) 锚固件: 应检查锚固件有无松动, 金属件有无变形锈蚀, 混凝土楔块或木楔块有无翘曲、劈裂以及生物化学侵蚀等。

4) 充排设备: 应检查动力设备运转是否正常, 管路有无堵塞和漏水(气)现象, 各阀门是否灵活, 电气设备是否安全可靠, 充排设备线路是否正常, 接头是否牢固, 安全保护装置是否动作准确可靠, 指示仪表是否指示正确、接地可靠, 管道、闸阀等易锈蚀件是否锈蚀。

5) 安全装置: 侧墙上的排气孔或坝袋上的排气阀是否完好畅通, 安全溢流孔有无损坏。

6) 充排水口和安全溢流孔是否淤积堵塞。

7) 充坝前和坝袋挡水运用时, 坝袋前面有无漂浮物。

8) 坝袋运行中, 若坝顶溢流时, 要随时观察坝袋是否出现振动或拍打现象。

9) 每年冬季橡胶坝停运期间, 要注意蓄水池和排水管出口淤积情况, 并采取防冻措施。

10) 堵头式坝袋的两端岸墙与坝袋堵头接触区的墙面以及坝落区底板是否光滑, 锚固槽有无破损。

11) 土工建筑物有无雨淋沟、塌陷、裂缝、渗漏、滑坡和白蚁兽害等; 排水系统、导渗设施有无损坏、堵塞、失效, 堤坝连接段有无渗漏等迹象。

12) 石工建筑物块石护坡有无塌陷、松动、隆起、底部掏空、垫层散失, 墩墙有无倾斜、滑动、勾缝脱落, 排水设施有无堵塞、损坏等现象。

13) 混凝土建筑物有无裂缝、腐蚀、磨损、剥蚀、露筋及钢筋

锈蚀等情况，伸缩缝止水有无损坏、漏水及填充物流失等情况。

14) 水下工程有无冲刷破坏，消力池内有无砂石堆积，伸缩缝止水有无损坏，上下游引河有无淤积、冲刷等情况。

15) 水流形态：应注意观察水流是否平顺，水跃是否发生在消力池内，有无折冲水流、回流、旋涡等不良流态，引河水质有无污染。

16) 照明、通讯、安全防护设施及信号标志是否完好。

**5.2.3** 各橡胶坝管理单位可根据工程具体情况拟定其观测项目、观测方法和观测时间。观测工作应保持其系统性和连续性，对观测资料进行整理分析，提出成果报告，对橡胶坝设计原理、计算方法和施工方法进行验证。

1) 坝袋内压测压管水位经常变动，应根据上、下游河流水位，掌握测压管水位变化规律。测压管堵塞会影响观测工作正常进行，应进行测压管灵敏度检查，如测压管失效，应重新埋设测压管，以便继续监测坝袋内压力情况。

2) 采用压力传感器观测坝袋压力的，应定期对压力传感器进行校核。

3) 河床冲刷一般发生在防冲槽后的河段，而淤积则范围较大，故观测范围取河宽的1~3倍距离。断面间距应根据工程的具体情况确定，在河道易冲刷部位，如防冲槽后、急弯、断面收缩(扩散)或比降有显著变化等河段也应适当加密。

4) 水流观测一般采用目测，主要监测过坝水流对消能设施的影响。当发现旋涡、回流、折冲水流、浪花翻涌等不良水流时，应详细记录，并即采取如调整坝高等措施予以解决。

5) 对于未设水文测站的橡胶坝工程，至少应进行水位、流量观测，作为控制运行的依据。

**5.2.4** 资料整理是经常性的工作，在每次观测结束后应即对资料进行计算、检查和校核。

资料整编时应对观测成果进行审查复核，着重审核考证图表是否正确，观测标点与以往是否一致，整编项目、测次、测点是

否齐全，计算、曲线点绘有无错误、遗漏等，并填制整编图表，对成果进行分析及编写说明。

### 5.3 维 护 修 理

**5.3.1 橡胶坝在运用中，不断地遭受各种内外不良因素的作用，使工程产生不同程度的损坏，使坝袋材质日渐削弱。因此，为了保证工程及设备完整整洁、安全运用、操作自如、延长使用寿命，必须经常做好养护修理工作。进行养护修理时，应着重于日常维护工作，一旦发现工程及设备缺陷和隐患，应及时修复，做到小坏小修，随坏随修，防止缺陷扩大和带病运用。在养护修理工作中，还应不断地学习和吸取国内外的先进经验，因地制宜地采用新技术、新材料、新工艺，务求耐久、经济、有效。**

**5.3.2 橡胶坝袋使用寿命与不同气候、使用条件、受力状况以及坝袋的制造质量、厚度等因素有关。经试验研究和实践总结可得以下结论：**

1) 大气老化：坝袋在不同气候地区使用，老化速度不同，使用寿命也不同。在湿热气候条件下，老化速度较快；寒冷气候条件下，老化速度较慢。

2) 户外曝露和户外浸水的老化：曝露大气部分耐老化性能较好，浸水部分强度下降较快，干湿交替变化部分介于二者之间。

3) 变形状态下的老化：坝袋在使用时充胀变形，拉伸越大，老化越快。

4) 坝袋厚度越小，老化越快。

5) 坝袋老化过程：老化主要表现在坝袋表面橡胶层发生粉化、龟裂、膨胀、起泡、脱层、破裂等现象，其中帆布层发生永久变形、脆化、破烂等现象。

6) 坝袋胶布使用寿命的估算：坝袋在实际使用时，使其老化的因素有光、热、氧、臭氧、水和应力等，但最主要的因素是拉应力下的臭氧作用。采用人工加速臭氧老化方法，推得坝袋胶布的使用寿命约为 13~25 年；统计我国已建橡胶坝工程，坝袋使用

寿命一般为 15~20 年。

7) 在坝袋表面上涂刷耐老化涂料,是减缓坝袋使用寿命的一项防老化措施。

## 5.4 运 行 控 制

5.4.1 根据橡胶坝的特点,在运用中应注意以下事项:

1) 必须按设计和运用要求由专职人员进行操作,严格执行操作规程。

2) 严禁超高超压运行。充坝时,要注意观测,安全装置要可靠。

3) 严禁穿带钉鞋、硬底鞋在坝袋上行走,严禁坝袋处于充胀状态装卸锚固件。

5.4.2 坝袋的一般充胀方法如下:

1) 端部固定式的充水橡胶坝,在坝袋充水时,要把排气孔打开,待坝袋充胀到规定高度时,将排气孔关闭。

2) 袋内充水的堵头式橡胶坝,充水前把排气孔关闭,待坝袋充胀到  $1/2 \sim 2/3$  坝高时,再把排气孔打开排气,待袋内气体排除后关闭排气孔。

3) 袋内充气的橡胶坝,充气前排除空压机内的凝结水和机油,对于我国北方冬季运用的充气坝,还要排除袋内的冷凝水。

4) 对于较高的橡胶坝,在充胀时,不得一次将坝袋充至设计高度,宜分级充胀进行,逐级逐步达到设计坝高,每次停留时间不得少于半小时,要有专人现场观察,以便发现异常现象时采取必要的措施。

5) 对于多跨橡胶坝,充胀或泄空坝袋的顺序,需按工程具体情况,定出可行操作方法。

5.4.4 建在多泥沙河流上的橡胶坝工程,应掌握蓄清排沙的原则,摸清冲淤规律,适时地利用泄洪时机将泥沙冲走。当坝袋塌落被泥沙覆盖再次充坝时,视覆盖的程度可分多次逐渐充至设计高度。如覆盖层过厚则需采用人工处理。

**5.4.5 橡胶坝在坝顶溢流过程中**,受水流脉动压力的影响,坝体易产生振动。振动强度主要与溢流量、下游水深、锚固形式、水工布置、坝体跨度和溢流坝体的充胀高度等因素有关。由于振动引起坝袋的磨损是坝体破坏的主要原因,因此除在水工结构布置设计时考虑过坝水流平顺外,在运用过程中应注意观测,避免出现溢流流量、坝高、下游水深的不良组合。

一般可采取如下的减振措施:

1) 运用中发现坝体振动时,可采取调节坝高,控制坝顶溢流量等办法来减轻或消除坝袋振动。

2) 当坝泄洪时,必须使坝袋坍平。防止坝袋内残留的介质在上游水压力作用下,形成类似“烟斗头”的小坝阻水,使坝袋产生振动。消除“烟斗头”的办法是在坝袋里面的折叠处敷设一条胶管。胶管一端接排水管,另一端通“烟斗头”,将留在袋里的介质导入排水口,使坝袋坍平。

3) 当下游水位增高时,坝袋坍平易发生飘动或蠕动现象。为防止坝袋拍打,向坝内充水,使坝袋成为一个充胀的弹性体,增加稳定性。

4) 坝袋制造时,坝袋的外层胶稍厚为宜,或在坝袋内部设置缓冲垫,以减轻振动,还可在坝袋上设置扰流器或转向器等防振装置。

**5.4.6 在寒冷地区修建橡胶坝**,应注意防冻害问题。在冰冻期,橡胶坝应保持自然坍落状态。入冬前放空坝袋内及管内积水;冬季可利用冻冰层或积雪覆盖层保护坝袋越冬。坝袋冻在冰层下,或覆盖积雪 0.3~0.5m 厚,对保护橡胶坝是有利的,因为橡胶坝的材料可在-38~45℃不脆化。

冬季运用挡水的橡胶坝,冰冻期可采取坝前破冰的办法,在坝袋前开凿一条小槽,防止冰冻压力对坝体的作用。如冻层不深,由于坝体黑色吸热和坝表面光滑呈曲线型,故坝袋前的结冰层不易与坝袋冻结。但在冰冻期不可调节坝高,待坝袋内的冰凌溶解后方可充胀或坍塌。一般情况,坝内的冰凌先融化,坝外的冰层



后解冻，可适当调节坝高泄冰凌。

对于采用楔块锚固的橡胶坝，由于冰冻产生冻胀力而使楔块上拔，楔块松动。因此，每年解冻时，必须对坝袋的锚固设施进行全面检查，重新打实楔块，进行充水试验，确保锚固的安全可靠。

**5.4.8 多跨橡胶坝坍塌时应对称间隔，缓慢坍落，以调整下游河道水流，不发生集中或折冲冲刷。**