

UDC
备案号

中华人民共和国国家标准



GB 50XXX—201X

替代SL 227—98

橡胶坝技术规范

Technical Code for Rubber Dam

(征求意见稿)

201X-XX-XX 发布

201X-XX-XX 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

橡胶坝技术规范

Technical Code for Rubber Dam

GB 50XXX—201X

主编部门：中华人民共和国水利部

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：201X年X月X日

中国计划出版社

201X 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告
第 XXX 号

关于发布国家标准《橡胶坝技术规范》的公告

前 言

本规范是根据原建设部《关于印发〈2007年工程建设标准规范制订、修订计划（第一批）〉的通知》（建标[2007]125号）的要求，由中国水利水电科学研究院会同有关单位编制完成的。

本规范共分6章，主要内容有：总则、术语与符号、工程规划、工程设计、施工安装、运行管理等。本规范的附录B、附录C、附录D为规范性附录，附录A、附录E为资料性附录。

本规范由住房和城乡建设部负责管理，由水利部负责日常管理，由中国水利水电科学研究院负责具体技术内容的解释工作。请各单位在执行本标准过程中，注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议寄交：中国水利水电科学研究院（通讯地址：北京市海淀区车公庄西路20号；邮编：100048；联系电话：010-68786522；传真：010-68451169；联系人：高本虎；电子邮箱：gaobenhu@iwhr.com），以供今后修订时参考。

主编单位、参编单位和主要起草人：

主编单位：

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

目 录

1	总则	1
2	术语与符号	2
2.1	术语	2
2.2	主要符号	3
3	工程规划	4
3.1	基本资料	4
3.2	坝址选择	4
3.3	工程规模及枢纽布置	4
3.4	环境及经济评价	5
4	工程设计	6
4.1	坝袋	6
4.2	锚固结构	6
4.3	控制系统	6
4.4	安全与观测设备	7
4.5	土建工程	7
5	施工安装	9
5.1	一般规定	9
5.2	土建工程施工	9
5.3	控制、安全和观测系统施工	9
5.4	坝袋安装	10
5.5	工程检查与验收	10
6	运行管理	12
6.1	一般规定	12
6.2	检查观测	12
6.3	维护修理	13
6.4	运行控制	13
附录 A	橡胶坝泄洪能力计算	15
附录 B	坝袋设计计算	16
附录 C	坝袋胶布制造技术要求	30
附录 D	锚固构件计算	42
附录 E	坝袋修理	45
	规范用词说明	47
	引用标准名录	48
	条文说明	49

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
	2.1 Terms	2
	2.2 Symbols	3
3	Planing	4
	3.1 Basic information	4
	3.2 Select the site	4
	3.3 The scale and layout	4
	3.4 The evaluation of environment and economy	5
4	Design	6
	4.1 Dam bag	6
	4.2 Anchor	6
	4.3 Control system	6
	4.4 Safety and observation device	7
	4.5 Hydraulic structure	7
5	Construction and installation	9
	5.1 General regulation	9
	5.2 Hydraulic structure construction	9
	5.3 Construction for control system, safety device and observation	9
	5.4 Dam bag installation	10
	5.5 inspection and ratification	10
6	Operation and management	12
	6.1 General regulation	12
	6.2 Check and observation	12
	6.3 Maintenance and reparation	13
	6.4 Operation	15
	Appendix A Hydraulic calculation	15
	Appendix B Design of rubber dam bag	16
	Appendix C Technical standard for dam bag	30
	Appendix D The design for anchor	42
	Appendix E Anti-aging and repair of dam bag	45
	Explanation of Wording in this code	47
	Reference standards	48
	Explanation for Technical Code of Rubber Dam	49

1 总则

1.0.1 为使橡胶坝工程建设和管理做到安全可靠、技术先进、经济合理、确保质量、使用方便、美化环境、合理开发利用水资源，特制定本规范。

1.0.2 本规范适用于坝高 5m 及其以下的袋式橡胶坝工程。坝高超过 5m 或特殊用途时应进行专门的技术论证和试验研究。

1.0.3 建于人居和水利风景等区域的橡胶坝，宜按与周围环境相和谐的景观美学原则进行橡胶坝工程的规划布局、结构与运用管理。

1.0.4 橡胶坝工程的建设和管理，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准和规范的规定。

2 术语与符号

2.1 术语

2.1.1 橡胶坝 rubber dam

用胶布按要求的尺寸，锚固于底板或端墙上成封闭袋体，利用充排水（气）控制其升降活动的袋式挡水坝。

2.1.2 坝袋 dam bag

采用专用硫化设备并经过一定的工艺流程，将帆布等骨架材料和各层橡胶一起进行硫化，并拼接成坝袋设计尺寸的胶布制品。

2.1.3 设计坝高 design dam height

指坝上游为设计水位，坝下游水位为零时的坝高。

2.1.4 设计内外压比 design ratio of inner and outer pressure

指坝袋内压水头与设计坝高的比值。

2.1.5 坝袋强度设计安全系数 design safety factor of dam bag strength

指坝袋抗拉强度与坝袋设计计算强度之比。

2.1.6 浸胶 latex impregnation

将帆布浸入并穿过浸胶槽内的胶乳浸渍液，经过一定时间接触后离开液面，并经干燥、热拉伸、热定型处理，使帆布纤维表面形成一层完整胶膜的操作。

2.1.7 搭接 lap joint

帆布两端互相叠合，粘接接头不在同一平面上的接头形式。按接头粘接方式的不同可分为整体搭接和交错搭接，按接头是否外露可分为外搭接（表面有搭接缝）和内搭接（表面无搭接缝）。

2.2 主要符号

Q ——流量

m ——流量系数

H_0 ——坝袋内压水头

H_1 ——设计坝高

H ——坝袋充胀运行时的实际坝高

h_1 ——坝上游水深

h_2 ——坝下游水深

T ——坝袋径向计算强度

γ ——水的容重

α ——坝袋内外压比

L_0 ——坝袋的有效周长(不包括锚固长度)

S_1 ——上游坝面曲线段长度

S ——下游坝面曲线段长度

n ——上游贴地段长度

X_0 ——下游贴地段长度

V ——坝袋单宽容积

d ——螺栓直径

3 工程规划

3.1 基本资料

3.1.1 应搜集、整理、分析研究和掌握建坝地区的地形、气象、水文、工程地质、水文地质、内外交通、流域(或地区)水利综合利用规划、人文景观、社会经济和环境评价等基本资料。

3.1.2 地形资料应包括工程规划区地形图、坝址地形图、回水区域地形图、河道纵横断面图等；测量范围应根据工程任务和规模确定，各种图的比例尺应符合有关规范要求。

3.1.3 水文气象资料应包括流域概况和河道特征、坝址河段的洪(枯)水流量、含沙量、冰情、水质、漂浮物以及气温、降水、蒸发、湿度、风力、风向、日照、冰冻期、冻土深、潮汐等。

3.1.4 工程地质和水文地质资料，按《中小型水利水电工程地质勘察规范》(SL55)要求进行必要的地质勘察工作，应有坝址地质纵横断面图、地基和天然建筑材料的物理力学指标、地下水位、比降、水质等资料。

3.1.5 应搜集有关橡胶坝袋生产厂家产品、规格以及已建橡胶坝工程等资料。

3.2 坝址选择

3.2.1 应根据橡胶坝特点和运用要求，综合考虑地形、地质、水流、泥沙、环境影响等因素，经过技术经济比较后确定坝址。

3.2.2 坝址宜选在河段相对顺直、水流流态平顺及岸坡稳定的河段；不宜选在冲刷和淤积变化大、断面变化频繁或弯道的河段。

3.2.3 坝址选择应考虑施工导流、交通运输、供水供电、运行管理、坝袋检修等条件。

3.2.4 坝址选择应有利于枢纽工程总体布置。重要工程应有水工模型试验论证。

3.3 工程规模及枢纽布置

3.3.1 工程规模应根据水文水利计算后，按《防洪标准》(GB50201)和《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL252)等标准的要求确定。建于城镇河道供游人活动或其他重要区域的橡胶坝，其工程等级可适当提高。

3.3.2 工程布置宜包括土建、坝体、充排和安全观测系统等。应做到布局合理、结构简单、安全可靠、运行方便、造型美观。坝轴线应与坝址处河段水流方向相垂直。

3.3.3 坝长应与河(渠)宽度相适应，坝坝时应能满足河道设计行洪要求，单跨坝长度应满足坝袋制造、运输、安装、检修以及管理要求。

- 3.3.4 为坝袋充水用的取水工程应保证进水口取水和防沙的可靠性。
- 3.3.5 橡胶坝设计高度应根据工程规划,满足综合用水要求确定。坝顶高程宜高于上游正常水位 0.1m~0.2m,坝顶泄洪能力可按附录 A 计算。
- 3.3.6 坝底板尺寸布置应包括坝底板高程、厚度及顺水流方向上宽度等。
- 1 坝底板高程应根据地形、地质、水位、流量、泥沙、施工及检修条件等确定,宜比上游河床地形平均高程适当提高 0.3m~0.6m;
 - 2 坝底板厚度应满足充排水(气)管路及锚固结构布置要求;
 - 3 顺水流方向的坝底板宽度应按照坝袋坍平宽度以及安装和检修的要求确定。
- 3.3.7 防渗排水布置应根据坝地质条件和坝上、下游水位差等因素,结合底板、消能和两岸布置综合考虑,构成完整的防渗排水系统。
- 1 承受双向水头的橡胶坝,其防渗排水布置应以水位差较大的一方为控制条件,合理选择双向布置形式。
 - 2 拟定坝基防渗长度的方法可参照《水闸设计规范》(SL265)的有关要求进行。
- 3.3.8 消能防冲设施的布置,应根据地基情况、运行工况等因素确定。
- 3.3.9 坝袋与两岸连接布置,应使过坝水流平顺。上、下游翼墙与岸墙两端应平顺连接,其顺水流方向的长度应根据水流和地质条件确定。边墙顶高程应根据校核洪水位加安全超高确定。
- 3.3.10 坝袋充排控制设备及安全观测装置均应设在控制室内,控制室布置应考虑运行管理方便,严寒或潮湿地区应有防冻、防潮措施。
- 3.3.11 多跨橡胶坝之间应设隔墩,墩高应不小于坝顶溢流水头,墩长应大于坝袋工作状态时的长度。
- 3.3.12 在枯水期流量较大河流上的橡胶坝工程,应考虑检修时的导流方式。

3.4 环境及经济评价

- 3.4.1 应按《开发建设项目水土保持方案技术规范》(SL204)的要求进行橡胶坝工程建设的水土保持设计。
- 3.4.2 修建橡胶坝工程对生态环境和社会环境的影响应参照《环境影响评价技术导则——水利水电工程》(HJ/T88)的要求进行必要的分析和评价,对不利影响提出防范措施。
- 3.4.3 橡胶坝工程建设应按照《水利建设项目经济评价规范》(SL72)进行经济效益分析,评价项目的经济合理性和财务可行性。

4 工程设计

4.1 坝袋

4.1.1 坝袋按充胀介质可分为充水式、充气式。应按运用要求、工作条件经技术经济比较后确定。

4.1.2 坝体布置可采用单跨式或多跨式。

4.1.3 作用在坝袋上的主要设计荷载为坝袋外的静水压力和坝袋内的充水(气)压力。

4.1.4 设计内外压比 α 值的选用应经技术经济比较后确定。充水橡胶坝的内外压比值宜选用 1.25~1.60；充气橡胶坝的内外压比值宜选用 0.75~1.10。

4.1.5 坝袋强度设计安全系数充水坝应不小于 6.0，充气坝应不小于 8.0。

4.1.6 坝袋袋壁承受的径向拉力应根据薄膜理论按平面问题计算。

坝袋袋壁强度、坝袋横断面形状、尺寸及坝体充胀容积等的计算，可按附录 B 进行。

4.1.7 坝袋胶布除必须满足强度要求外，还应具有耐老化、耐腐蚀、耐磨损、抗冲击、抗屈挠、抗冻、耐水、耐寒等性能。制作坝袋的材料应符合附录 C 的要求。

4.2 锚固结构

4.2.1 锚固结构型式可分为螺栓压板锚固、楔块挤压锚固。应根据工程规模、加工条件、耐久性、施工、维修等条件，经过综合经济比较后选用。锚固结构可按附录 D 计算。

4.2.2 锚固构件必须满足强度与耐久性的要求。

4.2.3 锚固线布置分单锚固线和双锚固线两种。采用岸墙锚固线布置的工程应满足坍塌时坝袋平整不阻水，充坝时坝袋褶皱较少的要求。

4.2.4 对于重要的橡胶坝工程，应做专门的锚固结构试验。

4.3 控制系统

4.4.1 坝袋的充胀与排放所需时间应工程的运用要求相适应。

4.4.2 坝袋的充排有动力式和混合式。应根据工程现场条件和使用要求等确定。重要的工程可采用自动控制运行。

4.4.3 充水坝的充水水源应水质洁净。

4.4.4 充排系统的设计包括动力设备、管路、进出水(气)口装置等。

1 动力设备的设计应根据工程情况、运用管理的可靠性、操作方便等因素，经济合理地选用水泵或空压机的容量及台数。重要的橡胶坝工程应配置备用动力

设备；

2 管路设计应与充、排水(气)时间相适应，做到布置合理、运行可靠及维修方便，具有足够的充排能力；

3 充水坝袋内的充(排)水口宜设置两个水帽，出口位置应放在能排尽水(气)的地方并在坝内设置导水(气)装置；

4 寒冷地区管路埋设应满足防冻要求。

4.4 安全与观测设备

4.4.1 安全设备设置应满足下列要求：

1 充水坝设置安全溢流设备和排气阀，坝袋内压不超过设计值；排气阀装在坝袋两端顶部；

2 充气坝设置安全阀等充气压力监测设备；

3 对建在山区河道、溢流坝上或有突发洪水情况出现的充水式橡胶坝，宜设自动坍塌装置。

4.4.2 观测装置设置宜满足下列要求：

1 橡胶坝上、下游水位观测，设置连通管或水位标尺，必要时亦可采用水位传感器；

2 坝袋内压力观测设置，充水坝采用坝内连通管；充气坝安装压力表，对重要工程应安装自动监测设备；

3 土建工程观测设计可参照《水闸设计规范》(SL265)的规定进行。

4.5 土建工程

4.5.1 橡胶坝土建工程应包括基础底板、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。

4.5.2 土建工程设计，应根据坝的设计条件，使建筑物满足强度、防渗及地基稳定的要求。

4.5.3 作用在橡胶坝上的设计荷载可分为基本荷载和特殊荷载两类。

1 基本荷载：结构自重、水重、正常挡水位或坝顶溢流水位时的静水压力、扬压力(包括浮托力和渗透压力)、土压力、泥沙压力等。

2 特殊荷载：地震荷载及温度荷载等。

4.5.4 坝底板、岸墙(中墩)应根据地基条件、坝高及上、下游水位差等确定其地下轮廓尺寸。其应力分析应根据不同的地基条件，参照有关规范进行计算；稳定计算可只作防渗、抗滑动计算。

4.5.5 橡胶坝应尽量建在天然地基上；对建在较弱地基上的橡胶坝应进行基础处理。

4.5.6 上、下游护坡工程应根据河岸土质及水流流态分别验算边坡稳定及抗冲能力。护坡长度应大于河底防护的范围。

4.5.7 消力池(护坦)、海漫、铺盖除应满足消能防冲外，还应考虑减轻和防止坝袋振动。对经常溢流的橡胶坝工程，宜设陡坡段与下游消力池(护坦)衔接。应根

据运用条件选择最不利的水位和流量组合进行消能防冲计算。

4.5.8 充气橡胶坝的消能防冲计算,应考虑坍塌时坝袋出现凹口引起单宽流量增大的因素。

4.5.9 控制室应满足机电设备布置和操作运行及管理需要,室内地面高程应高于校核洪水位。地下泵房应作防渗、防潮处理。

4.5.10 在已建拦河坝顶或溢洪道上加建橡胶坝时,应对原工程抬高水位后进行稳定及应力校核,并应考虑上游淹没影响和不得降低原有防洪标准。

4.5.11 采用堵头式锚固的橡胶坝应采取有效措施防止端部坍塌。

5 施工安装

5.1 一般规定

5.1.1 橡胶坝工程建设应按有关水利基建规定和程序，作好招标、投标、建设监理等工作。

5.1.2 施工前应根据批准的设计文件(包括施工组织设计和工程概算)和有关规范，编制详细的施工计划，做到技术先进和经济合理，确保施工进度和工程质量。

5.1.3 施工场地布置应做到合理布局，施工方便，确保安全，力求节约。

5.1.4 橡胶坝袋应进行专门的质量检验并附有检验报告。

5.1.5 坝袋安装应保证对充胀介质的密封性。

5.1.6 橡胶坝施工中应加强质量管理，建立质量保证体系和质量检查体系，确保施工质量。

5.2 土建工程施工

5.2.1 土建工程施工可包括下列主要项目：

- 1 基坑开挖，控制及观测系统管道埋设；
- 2 浇筑混凝土底板、锚固槽或预埋锚固螺栓；锚固件制作；
- 3 修筑岸墙和防渗、防冲设施及其它安全保护措施；
- 4 控制室。

以上各项施工应符合有关标准规范的技术要求。

5.2.2 坝袋与基础底板和岸墙(中墩)接触部位的表面应平整光滑。

5.2.3 采用螺栓压板锚固的，其螺栓间距和埋深均应符合设计要求。采用楔块锚固的，其锚固槽的槽口、槽壁和槽底线应顺直平整。

5.3 控制、安全和观测系统施工

5.3.1 控制系统的施工应符合有关机电、土建施工的要求。

5.3.2 安全装置安装前，应进行检查，并按设计要求进行安装，确保质量，运用可靠。

5.3.3 观测系统的安装，应进行调试，使其符合设计精度要求，确保观测方便可靠。

5.4 坝袋安装

5.4.1 坝袋、底垫片、密封材料、垫平片要求：

- 1 坝袋、底垫片应由工厂按设计图纸进行制作，出厂前必须检查其尺寸并画出锚固线和锚固中心线；应在醒目位置标出上下游标记；
- 2 坝袋制作应满足质量要求，出厂时应附有通过国家计量认证的检测机构出具的有关参数的检验报告；
- 3 垫平片宜采用与坝袋相同厚度或稍厚一些的橡胶片；
- 4 坝袋及底垫片在搬运过程中应避免发生变形和损伤。

5.4.2 坝袋安装前的检查：

- 1 楔块、基础底板及岸墙混凝土的强度必须达到设计要求；
- 2 坝袋与底板及岸墙接触部位应平整光滑；
- 3 充排管道应畅通，无渗漏现象；
- 4 预埋螺栓、垫板、压板、螺帽(或锚固槽、楔块、木芯)、进出水(气)口、排气孔、超压溢流孔的位置和尺寸应符合设计要求；
- 5 坝袋和底垫片运到现场后，应结合就位安装首先复查其尺寸和搬运过程中有无损伤，如有损伤应及时修补或更换。

5.4.3 坝袋安装可按下列程序进行：

- 1 在底板上分别标出锚固中心线、塌落线；
- 2 底垫片就位(指双锚固坝袋)；在底垫片上分别标出中心线和锚固线；
- 3 在伸入坝袋内的充排水(气)管、测压管和超压溢流管等管口四周的底垫片上，宜粘上一层橡胶片作补强处理；
- 4 在底垫片上画出水帽、测压管和超压溢流管位置，复测无误后在各管口处挖孔、补强并固定。
- 5 止水海绵(止气布)可粘在底垫片相应位置上；
- 6 使坝袋中心线和锚固线与基础底板及底垫片上的对应线重合；
- 7 坝袋锚固顺序，端部为固定式的，按先下游，后上游，最后岸墙的顺序进行。从坝袋底板中心线开始，向两侧同时进行安装。锚固岸墙(坡)时，先将胶布挂起，撑平，再从下部往上部锚固。采用堵头式锚固的，宜先安装两侧堵头裙脚，后锚固下游和上游。但无论采用何种锚固型式，两侧岸墙拐角处，袋布要折叠、理顺、垫平，不得用剪口补强处理。

5.5 工程检查与验收

5.5.1 施工期间应检查下列内容：

- 1 检查范围：坝袋、锚固螺栓或楔块标号及外形尺寸、安装构件、管道、操作设备的性能；
- 2 检查要求：检查施工单位提供的质量检验记录和分部分项工程质量评定记录，同时需进行抽样检查。

5.5.2 坝袋安装后，必须进行全面的检查。在无挡水的条件下，应做坝袋充坝试验；若条件许可，还应进行挡水试验。整个过程应进行下列项目的检查：

- 1 坝袋及安装处的密封性；

- 2 锚固构件的状况；
 - 3 坝袋外观观察及变形观测；
 - 4 充排、观测系统情况；
 - 5 充气坝袋内的压力下降情况。
- 5.5.3 充坝检查后，应排除坝袋内水（气）体，重新紧固锚固件。
- 5.5.4 验收前的管理维护：
- 1 工程验收前，应由施工单位负责管理维护；
 - 2 对工程施工遗留问题，施工单位必须认真加以处理，并在验收前完成；
 - 3 工程竣工后，建设单位应及时组织验收。
- 5.5.5 橡胶坝工程的质量检验和评定应按《水利水电工程施工质量检验与评定规程》(SL176)执行。
- 5.5.6 坝袋应以设计坝高为验收标准。
- 5.5.7 竣工验收应按《水利水电建设工程验收规程》(SL223)、《水利水电基本建设工程单元工程质量等级评定标准》(SDJ249, SL38)和本规范的规定办理。

6 运行管理

6.1 一般规定

6.1.1 橡胶坝工程应设有专门管理机构。在工程筹建、施工、验收、试运行等环节，应由管理（筹备）机构派人参与。

6.1.2 工程运行前应由管理（筹备）机构会同有关部门遵照本规范要求，结合工程特点，培训相关人员，制定管理办法和规章制度报上级主管部门批准并严格执行。

6.1.3 工程运行前应由管理（筹备）机构会同有关部门确定工程管理范围和安全区域。在管理范围内严禁爆破、采砂、游泳、捕鱼、排污、非计划建筑施工及其它一切不利于橡胶坝安全的活动。

6.1.4 管理机构应进行科学管理，并对工程进行经常检查、观测、养护、维修和控制运用等。各项记录应及时整理归档，建立完整的技术档案。

6.2 检查观测

6.2.1 管理机构应监视水情和水流形态、工程状态变化和坝袋运用情况，及时发现异常现象，分析原因，采取措施，防止事故发生。

6.2.2 橡胶坝工程检查工作应包括经常检查、定期检查和特别检查。

1 经常检查：管理单位应经常对橡胶坝工程各部位、坝袋、锚固件、充排设备、安全观测设备、机电设备、通讯设施、河床冲淤、管理范围内的河道堤防和水流情况等进行检查。检查周期，每月应不少于一次。当橡胶坝遭受到不利因素影响时，对容易发生问题的部位应及时加强检查观察；

2 定期检查：每年汛前、汛后、冬季封冻时或在橡胶坝运用前后，应对橡胶坝工程各部位及各项设施进行全面检查。每年初次运用前，应着重检查岁修工程完成情况；汛后应着重检查工程变化和损坏情况；寒冷地区冬季运用的橡胶坝工程，应着重检查防冻、防冰凌措施情况；

3 特别检查：当发生特大洪水、暴雨、暴风、强烈地震和重大工程事故时，应及时对橡胶坝工程进行特别检查，着重检查主体工程有无损坏等；

4 定期检查、特别检查结束后，应及时向上级主管部门提交检查报告。检查人员应相对稳定，检查报告应长期保存。

6.2.3 观测工作至少应包括下列项目：坝袋内压力、坝袋变形、老化、河流上下游水位、河床变形、水流形态、水位、流量、卵石、漂浮物、冰凌等。

6.2.4 资料整理与整编：观测结束后，应及时对资料进行整理计算和校核。资料整编应按要求每年进行一次，其整编成果应提交上级主管部门审查。橡胶坝工程管理机构必须对发现的异常现象作专项分析，必要时可会同科研、设计、施工人员作专题研究。

6.3 维护修理

6.3.1 橡胶坝工程维护修理工作可分为养护、岁修、抢修和大修，宜按下列原则进行划分：

1 维护：对经常检查发现的缺陷和问题，应及时进行保养和局部修补，保持工程和设备完整清洁，操作灵活；

2 岁修：根据汛后全面检查发现的缺陷和问题，应对工程设施进行必要的整修和局部改善；

3 抢修：当橡胶坝工程及设备遭受损坏，如坝袋破损、刺洞而漏水(气)时，应立即采取抢修措施；

4 大修：当工程发生较大损坏或设备老化，修复工程量大，技术较复杂时，应有计划进行工程整修或设备更新。

6.3.2 坝袋维护修理：

1 坝袋表面可涂刷防老化涂层，防老化涂层的施工工艺和方法见附录 E；

2 必须及时清除袋体和坝袋坍塌区底板上的砂石等杂物，排除河中危及坝袋安全的漂浮物；

3 当坝袋破损时，应根据损伤程度采用不同的修补方法，详见附录 E。

6.3.3 锚固件维护修理：

1 锚固件(含钢、铁、木及混凝土)如有松动等，应按安装要求旋紧、压牢、补齐，腐蚀严重或劈裂的予以更换；

2 金属锚固件应定期除锈和涂刷防锈剂；

3 木质锚固件应防止生物蛀蚀和腐烂；

4 应及时清除坝袋附近的淤积物。

6.3.4 充排和安全观测设备维护修理：

1 充排设备中的管道、闸阀等易锈蚀构件，应定期除锈和涂刷防锈剂；

2 充排设备（如电动机、水泵、空压机(风机)、法兰、闸阀等）出现故障或损坏，应及时排除故障，进行修复或更换；

3 应随时清除滞留在充排水口和安全溢流孔内的淤积物及其它杂物；

4 应保持安全溢流孔和排气孔的畅通。

6.3.5 土工建筑物、石工建筑物、混凝土建筑物的养护修理可参照《水闸技术管理规程》(SL75)中的有关规定执行。

6.3.6 坝袋达到使用寿命或因其它原因致使坝袋不能正常使用时，应在现场检测、论证评价后按原设计尺寸予以更换。若需调整坝高或锚固线等而不能按原状更换的，应按非标准设计工况进行设计。

6.4 运行控制

6.4.1 管理单位应根据建坝用途和工程特点，制定运行方案和操作规程，经上级主管部门批准后严格执行。

6.4.2 严禁坝袋超高超压运用，即充水(或气)不得超过设计内压力。单向挡水的橡胶坝，严禁双向运用。

- 6.4.3 汛期应与上游水利等管理部门联系，根据气象和水文预报及时掌握水情，提前采取安全保护措施。
- 6.4.4 修建在多泥沙河流上的橡胶坝工程，应采取泄洪防淤措施。
- 6.4.5 坝顶溢流时，可改变坝高来调节溢流水深从而避免坝袋发生振动。
- 6.4.6 寒冷地区的充水式橡胶坝冬季宜坍塌越冬；若不能坍塌越冬，应在临水面侧采取防冻破冰措施；冰凌过坝时，对坝袋应采取保护措施。
- 6.4.7 橡胶坝挡水期间，在高温季节为降低坝袋表面温度，可将坝高适当地降低，在坝顶上面短时间保持一定的溢流水深。
- 6.4.8 对于多跨橡胶坝，坍塌时应均匀对称、缓慢坍塌，避免下游有害冲刷。
- 6.4.9 坍塌泄流前应事先通知下游有关单位和部门，并以各种有效信号对危险区域发出警告。

附录 A 橡胶坝泄洪能力计算

A.0.1 橡胶坝泄洪能力，可按堰流基本公式计算：

$$Q = \varepsilon \sigma m B \sqrt{2g} h_0^{3/2} \quad (\text{A.0.1})$$

式中 Q ——过坝流量， m^3/s ；
 B ——溢流断面的平均宽度， m ；
 h_0 ——计入行近流速水头的堰顶水头， m ；
 m ——流量系数；
 σ ——淹没系数，可取宽顶堰的试验数据；
 ε ——堰流侧收缩系数，与边界条件有关。

A.0.2 橡胶坝的流量系数介于宽顶堰与曲线型实用堰之间，坝袋完全坍平时，可视作宽顶堰，流量系数 $m=0.33\sim 0.36$ ；坝袋充胀时，可视为曲线型实用堰，流量系数 $m=0.36\sim 0.45$ 。

A.0.3 橡胶坝在运用中，流量系数可按如下公式计算：

1)单锚固充水橡胶坝流量系数：

$$m = 0.138 + 0.018 \frac{h_1}{H} + 0.152 \frac{H_0}{H} + 0.032 \frac{h_2}{H} \quad (\text{A.0.3-1})$$

式中 H_0 ——坝袋内压水头， m ；
 H ——运行时坝袋充胀的实际坝高， m ；
 h_1 ——坝上游水深， m ；
 h_2 ——坝下游水深， m 。

以上各值均以坝底为基准面。溢流时的坝高可量测或用下式计算：

$$\frac{H}{H_1} = 0.5138 - 0.7673 \frac{h_1}{H_1} + 0.8742 \frac{H_0}{H_1} + 0.1452 \frac{h_2}{H_1} \quad (\text{A.0.3-2})$$

式中 H_1 ——设计坝高， m 。

2)双锚固充水橡胶坝流量系数：

$$m = 0.1630 + 0.0913 \frac{h_1}{H} + 0.0951 \frac{H_0}{H} + 0.0037 \frac{h_2}{H} \quad (\text{A.0.3-3})$$

$$\frac{H}{H_1} = 0.2127 - 0.2533 \frac{h_1}{H_1} + 0.7053 \frac{H_0}{H_1} + 0.1088 \frac{h_2}{H_1} \quad (\text{A.0.3-4})$$

3)双锚固充气橡胶坝流量系数：

$$m = 0.0930 + 0.2720 \frac{h_1}{H} - 0.0200 \frac{H_0}{H} + 0.0270 \frac{h_2}{H} \quad (\text{A.0.3-5})$$

$$\frac{H}{H_1} = 0.6275 + 0.0802 \frac{h_1}{H_1} + 0.0976 \frac{H_0}{H_1} + 0.2372 \frac{h_2}{H_1} \quad (\text{A.0.3-6})$$

公式适用范围是： $\frac{H - h_2}{h_0} \leq 0.45$

附录 B 坝袋设计计算

B.1 一般规定

B.1.1 坝袋设计计算应分为充水式与充气式橡胶坝两部分。计算内容宜包括：坝袋径向拉力，坝袋环向各部尺寸，坝袋单宽容积，坝袋堵头轮廓坐标等。

B.1.2 橡胶坝袋设计计算工况应为上游水深等于坝高，下游无水的情况。

B.2 充水式橡胶坝设计计算

B.2.1 坝袋各项设计参数可通过数解法按下列公式计算

1 坝袋径向计算强度

$$T = \frac{1}{2} \gamma \left(\alpha - \frac{1}{2} \right) H_1^2 \quad (\text{B.2.1-1})$$

式中 T ——坝袋径向计算强度，kN/m；

γ ——水的容重， 10kN/m^3 ；

α ——内外压比， H_0/H_1 ；

H_0 ——内压水头，m；

H_1 ——设计坝高，m。

2 可将充胀后的坝袋轮廓分成四个部分：上游坝面曲线段长度 S_1 ，下游坝面曲线段长度 S ，上游贴地段长度 n ，下游贴地长度 X_0 (参见图 B.2.1)。

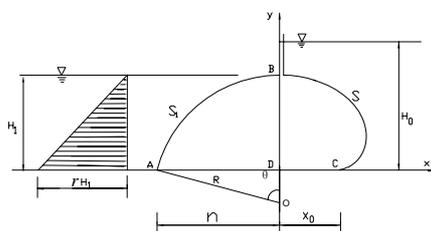


图 B.2.1 充水式橡胶坝示意图

1) 采用单锚线锚固坝袋的有效周长(不包括锚固长度)为

$$L_0 = S_1 + S + n + X_0 \quad (\text{B.2.1-2})$$

2) 采用双锚线锚固坝袋的有效周长(不包括锚固长度)为

$$L_0 = S_1 + S \quad (\text{B.2.1-3})$$

3) 采用双锚线锚固的底垫片有效长度(不包括锚固长度)为

$$l_0 = n + X_0 \quad (\text{B.2.1-4})$$

坝袋各部分 n ， S_1 ， S 与 X_0 的计算公式如下：

$$n = \frac{1}{\sqrt{2(\alpha - 1)}} H_1 \quad (\text{B.2.1-5})$$

$$S_1 = R \theta \quad (\text{B.2.1-6})$$

$$\text{当 } \alpha \leq 1.5 \text{ 时, } \theta = \sin^{-1} \frac{n}{R} \quad (\text{B.2.1-7})$$

$$\text{当 } \alpha > 1.5 \text{ 时, } \theta = \pi - \sin^{-1} \frac{n}{R} \quad (\text{B.2.1-8})$$

$$S = \left(1 - \frac{1}{2\alpha}\right) H_1 \bullet F(k, \pi/2) \quad (\text{B.2.1-9})$$

$$X_0 = \left(\alpha - 1 + \frac{1}{2\alpha}\right) H_1 \bullet F(k, \pi/2) - \alpha H_1 \bullet E(k, \pi/2) \quad (\text{B.2.1-10})$$

上游坝面曲线段半径 R 的计算式为

$$R = \frac{2\alpha - 1}{4(\alpha - 1)} H_1 \quad (\text{B.2.1-11})$$

其中 $F(k, \pi/2)$ 、 $E(k, \pi/2)$ 分别为第一、第二类完全椭圆积分。

$$F(k, \pi/2) = \int_0^{\pi/2} \frac{1}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi}} d\varphi \quad (\text{B.2.1-12})$$

$$E(k, \pi/2) = \int_0^{\pi/2} \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi} d\varphi \quad (\text{B.2.1-13})$$

$$k^2 = \frac{2\alpha - 1}{\alpha^2} \quad (\text{B.2.1-14})$$

3 坝袋单宽容积 $V(\text{m}^3)$

$$V = \frac{1}{2} R^2 \theta - \frac{1}{2} n(R - H_1) + \alpha H_1 X_0 \quad (\text{B.2.1-15})$$

4 坝袋横断面曲线坐标。坐标选取见图 B.2.1。

上游坝面曲线段坐标

$$X = -\sqrt{Y^2 + 2R(R - H_1) - 2RH_1 + H_1^2} \quad (\text{B.2.1-16})$$

下游坝面曲线段坐标

$$X = X_0 - \left(\alpha - 1 + \frac{1}{2\alpha}\right) H_1 \bullet F(k, \varphi_1) + \alpha H_1 \bullet E(k, \varphi_1) \quad (\text{B.2.1-17})$$

其中 $F(k, \varphi_1)$ 、 $E(k, \varphi_1)$ 分别为第一、第二类不完全椭圆积分

$$F(k, \varphi_1) = \int_0^{\varphi_1} \frac{1}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi}} d\varphi \quad (\text{B.2.1-18})$$

$$E(k, \varphi_1) = \int_0^{\varphi_1} \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi} d\varphi \quad (\text{B.2.1-19})$$

$$\varphi_1 = \sin^{-1} \sqrt{\frac{2\alpha \frac{Y}{H_+} - \frac{Y^2}{H_+}}{2\alpha - 1}} \quad (\text{B.2.1-20})$$

B.2.2 坝袋各项设计参数也可通过下列查表格法进行计算：

1 表 B.2.2-1 是根据数解法的公式计算所得的充水式橡胶坝坝袋设计参数表，可供设计时直接查用。计算 T 与 V 时，只需把表中数字乘以设计坝高的平方；其它各项把表中数字乘以设计坝高即为设计时的使用值；

2 表 B.2.2-2 为充水式橡胶坝在设计条件下的下游坝面曲线坐标表,用于绘制下游坝面曲线。将坝高分成 20 等分,求出坝袋下游相应点的水平坐标值,列入表中。使用时只须把表中数字乘以设计坝高即为实用值。上游坝面曲线坐标,可直接由式 B.2.1-16 求出。

表 B.2.2-1 充水式橡胶坝坝袋设计参数表

α	T/H_1^2	S_1/H_1	S/H_1	X_0/H_1	n/H_1	R/H_1	L_0/H_1	L_i/H_1	V/H_1^2
1.01	2.5500	7.1650	3.0304	2.0207	7.0711	25.5000	19.2872	10.1954	6.7738
1.05	2.7500	3.3691	2.3219	1.2778	3.1623	5.5000	10.1310	5.6910	3.4914
1.10	3.0000	2.5232	2.0673	0.9867	2.2361	3.0000	7.8133	4.5905	2.6342
1.11	3.0500	2.4321	2.0359	0.9488	2.1320	2.7727	7.5487	4.4680	2.5352
1.12	3.1000	2.3536	2.0081	0.9146	2.0412	2.5833	7.3175	4.3616	2.4484
1.13	3.1500	2.2851	1.9832	0.8835	1.9612	2.4231	7.1131	4.2684	2.3715
1.14	3.2000	2.2249	1.9609	0.8552	1.8898	2.2857	6.9308	4.1858	2.3028
1.15	3.2500	2.1714	1.9407	0.8292	1.8257	2.1667	6.7670	4.1121	2.2409
1.16	3.3000	2.1236	1.9223	0.8051	1.7678	2.0625	6.6188	4.0459	2.1847
1.17	3.3500	2.0805	1.9056	0.7828	1.7150	1.9706	6.4838	3.9861	2.1335
1.18	3.4000	2.0416	1.8901	0.7620	1.6667	1.8889	6.3604	3.9317	2.0865
1.19	3.4500	2.0062	1.8759	0.7425	1.6222	1.8158	6.2468	3.8821	2.0433
1.20	3.5000	1.9738	1.8628	0.7243	1.5811	1.7500	6.1420	3.8366	2.0033
1.21	3.5500	1.9441	1.8506	0.7071	1.5430	1.6905	6.0449	3.7948	1.9661
1.22	3.6000	1.9168	1.8393	0.6909	1.5076	1.6364	5.9546	3.7561	1.9315
1.23	3.6500	1.8915	1.8288	0.6756	1.4744	1.5870	5.8703	3.7203	1.8992
1.24	3.7000	1.8682	1.8189	0.6611	1.4434	1.5417	5.7916	3.6871	1.8689
1.25	3.7500	1.8464	1.8097	0.6473	1.4142	1.5000	5.7177	3.6561	1.8405
1.26	3.8000	1.8262	1.8010	0.6343	1.3868	1.4615	5.6482	3.6272	1.8137
1.27	3.8500	1.8073	1.7928	0.6218	1.3608	1.4259	5.5828	3.6002	1.7884
1.28	3.9000	1.7896	1.7852	0.6099	1.3363	1.3929	5.5210	3.5748	1.7645
1.29	3.9500	1.7731	1.7779	0.5985	1.3131	1.3621	5.4625	3.5510	1.7419
1.30	4.0000	1.7575	1.7711	0.5876	1.2910	1.3333	5.4072	3.5286	1.7204
1.31	4.0500	1.7428	1.7646	0.5772	1.2700	1.3065	5.3546	3.5074	1.7000
1.32	4.1000	1.7290	1.7585	0.5672	1.2500	1.2813	5.3047	3.4875	1.6806
1.33	4.1500	1.7160	1.7526	0.5576	1.2309	1.2576	5.2571	3.4686	1.6620
1.34	4.2000	1.7037	1.7471	0.5483	1.2127	1.2353	5.2118	3.4508	1.6444
1.35	4.2500	1.6920	1.7418	0.5394	1.1952	1.2143	5.1685	3.4338	1.6275
1.36	4.3000	1.6809	1.7368	0.5309	1.1785	1.1944	5.1271	3.4177	1.6113
1.37	4.3500	1.6704	1.7320	0.5226	1.1625	1.1757	5.0875	3.4025	1.5958
1.38	4.4000	1.6604	1.7275	0.5146	1.1471	1.1579	5.0496	3.3879	1.5809
1.39	4.4500	1.6509	1.7231	0.5069	1.1323	1.1410	5.0133	3.3741	1.5667
1.40	4.5000	1.6419	1.7190	0.4995	1.1180	1.1250	4.9784	3.3609	1.5530
1.41	4.5500	1.6333	1.7150	0.4923	1.1043	1.1098	4.9449	3.3483	1.5398
1.42	4.6000	1.6250	1.7112	0.4853	1.0911	1.0952	4.9126	3.3362	1.5271
1.43	4.6500	1.6172	1.7075	0.4786	1.0783	1.0814	4.8816	3.3247	1.5149

1.44	4.7000	1.6097	1.7040	0.4720	1.0660	1.0682	4.8517	3.3137	1.5031
1.45	4.7500	1.6025	1.7007	0.4657	1.0541	1.0556	4.8229	3.3032	1.4917
1.46	4.8000	1.5956	1.6975	0.4595	1.0426	1.0435	4.7951	3.2931	1.4807
1.47	4.8500	1.5890	1.6944	0.4535	1.0314	1.0319	4.7683	3.2834	1.4701
1.48	4.9000	1.5827	1.6914	0.4477	1.0206	1.0208	4.7424	3.2741	1.4598
1.49	4.9500	1.5766	1.6885	0.4421	1.0102	1.0102	4.7174	3.2651	1.4499
1.50	5.0000	1.5708	1.6858	0.4366	1.0000	1.0000	4.6931	3.2565	1.4403
1.51	5.0500	1.5652	1.6831	0.4312	0.9901	0.9902	4.6697	3.2483	1.4309
1.52	5.1000	1.5598	1.6805	0.4260	0.9806	0.9808	4.6470	3.2403	1.4219
1.53	5.1500	1.5546	1.6781	0.4210	0.9713	0.9717	4.6250	3.2327	1.4131
1.54	5.2000	1.5497	1.6757	0.4160	0.9623	0.9630	4.6036	3.2253	1.4046
1.55	5.2500	1.5449	1.6734	0.4112	0.9535	0.9545	4.5829	3.2182	1.3964
1.56	5.3000	1.5402	1.6711	0.4065	0.9449	0.9464	4.5628	3.2114	1.3884
1.57	5.3500	1.5358	1.6690	0.4020	0.9366	0.9386	4.5433	3.2048	1.3806
1.58	5.4000	1.5315	1.6669	0.3975	0.9285	0.9310	4.5244	3.1984	1.3730
1.59	5.4500	1.5273	1.6649	0.3931	0.9206	0.9237	4.5060	3.1923	1.3656
1.60	5.5000	1.5233	1.6630	0.3889	0.9129	0.9167	4.4881	3.1863	1.3584
1.61	5.5500	1.5195	1.6611	0.3847	0.9054	0.9098	4.4706	3.1806	1.3515
1.62	5.6000	1.5157	1.6593	0.3807	0.8980	0.9032	4.4537	3.1750	1.3446
1.63	5.6500	1.5121	1.6575	0.3767	0.8909	0.8968	4.4372	3.1696	1.3380
1.64	5.7000	1.5086	1.6558	0.3728	0.8839	0.8906	4.4211	3.1644	1.3316
1.65	5.7500	1.5053	1.6541	0.3690	0.8771	0.8846	4.4055	3.1594	1.3253
1.66	5.8000	1.5020	1.6525	0.3653	0.8704	0.8788	4.3902	3.1545	1.3191
1.67	5.8500	1.4988	1.6510	0.3617	0.8639	0.8731	4.3753	3.1498	1.3131
1.68	5.9000	1.4958	1.6495	0.3581	0.8575	0.8676	4.3608	3.1452	1.3073
1.69	5.9500	1.4928	1.6480	0.3546	0.8513	0.8623	4.3467	3.1408	1.3015
1.70	6.0000	1.4899	1.6466	0.3512	0.8452	0.8571	4.3328	3.1365	1.2960
1.72	6.1000	1.4844	1.6438	0.3446	0.8333	0.8472	4.3062	3.1283	1.2852
1.74	6.2000	1.4793	1.6412	0.3382	0.8220	0.8378	4.2807	3.1205	1.2749
1.76	6.3000	1.4744	1.6388	0.3321	0.8111	0.8289	4.2564	3.1132	1.2650
1.78	6.4000	1.4698	1.6365	0.3262	0.8006	0.8205	4.2332	3.1063	1.2556
1.80	6.5000	1.4655	1.6343	0.3206	0.7906	0.8125	4.2109	3.0998	1.2465
1.85	6.7500	1.4557	1.6293	0.3073	0.7670	0.7941	4.1592	3.0849	1.2254
1.90	7.0000	1.4471	1.6248	0.2951	0.7454	0.7778	4.1124	3.0719	1.2063
1.95	7.2500	1.4396	1.6209	0.2839	0.7255	0.7632	4.0698	3.0605	1.1888
2.00	7.5000	1.4330	1.6174	0.2735	0.7071	0.7500	4.0310	3.0504	1.1728
2.10	8.0000	1.4220	1.6114	0.2550	0.6742	0.7273	3.9626	3.0334	1.1445
2.20	8.5000	1.4133	1.6065	0.2389	0.6455	0.7083	3.9042	3.0198	1.1203
2.30	9.0000	1.4063	1.6025	0.2248	0.6202	0.6923	3.8538	3.0088	1.0993
2.40	9.5000	1.4008	1.5991	0.2123	0.5976	0.6786	3.8098	2.9999	1.0808
2.50	10.0000	1.3963	1.5962	0.2011	0.5774	0.6667	3.7710	2.9925	1.0645

表 B. 2. 2-2 充水式橡胶坝坝袋椭圆曲线坐标表

	0.000	0.005	0.010	0.015	0.020	0.030	0.040	0.050	0.100	0.150	0.200	0.250	0.300	0.350	0.400	0.450	0.500	0.550	0.600	0.650	0.700	0.750	0.800	0.850	0.900	0.950	1.00
1.01	2.2028	2.0708	2.0912	2.1066	2.1195	2.1405	2.1577	2.1724	2.2243	2.2563	2.2762	2.2868	2.2898	2.2858	2.2751	2.2577	2.2332	2.2012	2.1607	2.1102	2.0477	1.9698	1.8708	1.7402	1.5555	1.2502	0.0000
1.10	0.9867	1.0387	1.0600	1.0760	1.0894	1.1114	1.1294	1.1448	1.2000	1.2347	1.2573	1.2708	1.2767	1.2760	1.2689	1.2555	1.2359	1.2096	1.1760	1.1342	1.0829	1.0200	0.9421	0.8438	0.7139	0.5247	0.0000
1.11	0.9488	1.0010	1.0223	1.0384	1.0518	1.0739	1.0920	1.1075	1.1629	1.1980	1.2208	1.2345	1.2408	1.2403	1.2335	1.2206	1.2014	1.1755	1.1425	1.1014	1.0510	0.9892	0.9128	0.8165	0.6898	0.5059	0.0000
1.12	0.9146	0.9670	0.9883	1.0046	1.0180	1.0402	1.0584	1.0739	1.1297	1.1650	1.1880	1.2020	1.2086	1.2084	1.2019	1.1893	1.1705	1.1451	1.1127	1.0723	1.0226	0.9619	0.8869	0.7925	0.6686	0.4895	0.0000
1.13	0.8835	0.9361	0.9576	0.9739	0.9874	1.0096	1.0279	1.0435	1.0996	1.1351	1.1584	1.1727	1.1795	1.1796	1.1734	1.1612	1.1427	1.1178	1.0859	1.0461	0.9973	0.9375	0.8638	0.7712	0.6498	0.4750	0.0000
1.14	0.8552	0.9080	0.9295	0.9458	0.9594	0.9818	1.0001	1.0158	1.0721	1.1079	1.1315	1.1460	1.1530	1.1534	1.1475	1.1356	1.1175	1.0930	1.0616	1.0224	0.9743	0.9155	0.8430	0.7520	0.6330	0.4622	0.0000
1.15	0.8292	0.8821	0.9037	0.9201	0.9337	0.9562	0.9746	0.9903	1.0469	1.0830	1.1068	1.1215	1.1288	1.1294	1.1239	1.1123	1.0946	1.0705	1.0395	1.0009	0.9535	0.8955	0.8242	0.7347	0.6179	0.4506	0.0000
1.16	0.8051	0.8582	0.8799	0.8963	0.9100	0.9325	0.9510	0.9668	1.0237	1.0600	1.0840	1.0990	1.1065	1.1074	1.1021	1.0908	1.0735	1.0498	1.0193	0.9813	0.9345	0.8773	0.8070	0.7190	0.6043	0.4402	0.0000
1.17	0.7828	0.8361	0.8578	0.8743	0.8881	0.9106	0.9292	0.9451	1.0022	1.0387	1.0630	1.0782	1.0859	1.0871	1.0821	1.0711	1.0540	1.0307	1.0007	0.9632	0.9171	0.8607	0.7914	0.7046	0.5918	0.4308	0.0000
1.18	0.7620	0.8154	0.8373	0.8538	0.8676	0.8903	0.9089	0.9248	0.9822	1.0190	1.0434	1.0589	1.0668	1.0682	1.0635	1.0528	1.0361	1.0131	0.9835	0.9465	0.9010	0.8453	0.7770	0.6915	0.5804	0.4221	0.0000
1.19	0.7425	0.7961	0.8180	0.8347	0.8485	0.8712	0.8899	0.9059	0.9636	1.0006	1.0252	1.0409	1.0491	1.0507	1.0462	1.0358	1.0194	0.9968	0.9676	0.9310	0.8861	0.8311	0.7637	0.6794	0.5699	0.4142	0.0000
1.20	0.7243	0.7781	0.8000	0.8167	0.8306	0.8534	0.8721	0.8882	0.9461	0.9833	1.0082	1.0240	1.0324	1.0343	1.0300	1.0199	1.0038	0.9815	0.9527	0.9166	0.8722	0.8180	0.7513	0.6682	0.5602	0.4070	0.0000
1.21	0.7071	0.7611	0.7831	0.7998	0.8137	0.8366	0.8554	0.8716	0.9297	0.9671	0.9922	1.0083	1.0169	1.0190	1.0149	1.0050	0.9892	0.9673	0.9389	0.9032	0.8594	0.8057	0.7399	0.6578	0.5513	0.4003	0.0000
1.22	0.6909	0.7450	0.7671	0.7839	0.7979	0.8208	0.8397	0.8559	0.9143	0.9519	0.9772	0.9934	1.0023	1.0045	1.0008	0.9911	0.9756	0.9540	0.9259	0.8907	0.8473	0.7943	0.7292	0.6481	0.5430	0.3940	0.0000
1.23	0.6756	0.7299	0.7520	0.7689	0.7829	0.8059	0.8249	0.8411	0.8997	0.9375	0.9630	0.9795	0.9885	0.9910	0.9874	0.9780	0.9628	0.9415	0.9137	0.8789	0.8360	0.7836	0.7193	0.6390	0.5352	0.3882	0.0000
1.24	0.6611	0.7155	0.7378	0.7546	0.7687	0.7918	0.8108	0.8271	0.8860	0.9240	0.9496	0.9663	0.9755	0.9782	0.9748	0.9657	0.9507	0.9297	0.9023	0.8679	0.8254	0.7736	0.7099	0.6306	0.5280	0.3828	0.0000
1.25	0.6473	0.7019	0.7242	0.7411	0.7552	0.7784	0.7975	0.8138	0.8729	0.9111	0.9370	0.9538	0.9632	0.9661	0.9630	0.9540	0.9393	0.9186	0.8915	0.8574	0.8155	0.7641	0.7011	0.6226	0.5212	0.3778	0.0000
1.26	0.6343	0.6890	0.7113	0.7283	0.7424	0.7657	0.7848	0.8012	0.8605	0.8989	0.9249	0.9419	0.9515	0.9546	0.9517	0.9430	0.9285	0.9081	0.8813	0.8476	0.8061	0.7552	0.6929	0.6152	0.5148	0.3731	0.0000
1.27	0.6218	0.6766	0.6991	0.7161	0.7302	0.7535	0.7727	0.7892	0.8487	0.8873	0.9135	0.9307	0.9404	0.9437	0.9410	0.9325	0.9183	0.8981	0.8717	0.8383	0.7972	0.7468	0.6851	0.6082	0.5088	0.3686	0.0000
1.28	0.6099	0.6649	0.6874	0.7044	0.7186	0.7420	0.7612	0.7777	0.8375	0.8763	0.9026	0.9200	0.9299	0.9334	0.9309	0.9226	0.9086	0.8887	0.8625	0.8295	0.7887	0.7389	0.6777	0.6015	0.5032	0.3644	0.0000
1.29	0.5985	0.6536	0.6762	0.6933	0.7075	0.7310	0.7503	0.7668	0.8268	0.8657	0.8923	0.9098	0.9199	0.9235	0.9212	0.9131	0.8994	0.8797	0.8538	0.8211	0.7808	0.7313	0.6707	0.5952	0.4978	0.3605	0.0000
1.30	0.5876	0.6429	0.6655	0.6826	0.6969	0.7204	0.7398	0.7564	0.8165	0.8557	0.8824	0.9000	0.9103	0.9141	0.9120	0.9041	0.8906	0.8712	0.8456	0.8132	0.7732	0.7242	0.6641	0.5893	0.4928	0.3567	0.0000
1.31	0.5772	0.6326	0.6552	0.6724	0.6867	0.7103	0.7297	0.7464	0.8067	0.8460	0.8729	0.8907	0.9012	0.9052	0.9032	0.8955	0.8822	0.8630	0.8377	0.8056	0.7660	0.7174	0.6578	0.5837	0.4880	0.3532	0.0000
1.32	0.5672	0.6227	0.6454	0.6626	0.6770	0.7006	0.7201	0.7368	0.7974	0.8368	0.8639	0.8818	0.8924	0.8966	0.8948	0.8873	0.8742	0.8553	0.8302	0.7984	0.7591	0.7109	0.6518	0.5783	0.4834	0.3499	0.0000
1.33	0.5576	0.6132	0.6360	0.6532	0.6676	0.6913	0.7108	0.7276	0.7884	0.8280	0.8552	0.8733	0.8841	0.8884	0.8868	0.8795	0.8666	0.8478	0.8230	0.7915	0.7525	0.7048	0.6462	0.5732	0.4791	0.3467	0.0000
1.34	0.5483	0.6041	0.6269	0.6442	0.6586	0.6824	0.7020	0.7188	0.7797	0.8195	0.8469	0.8651	0.8761	0.8805	0.8791	0.8720	0.8592	0.8407	0.8162	0.7849	0.7463	0.6989	0.6407	0.5683	0.4750	0.3436	0.0000
1.35	0.5394	0.5953	0.6182	0.6355	0.6500	0.6738	0.6934	0.7103	0.7714	0.8114	0.8389	0.8573	0.8684	0.8730	0.8717	0.8648	0.8522	0.8339	0.8096	0.7787	0.7403	0.6933	0.6355	0.5637	0.4711	0.3408	0.0000
1.36	0.5309	0.5869	0.6098	0.6272	0.6417	0.6656	0.6852	0.7021	0.7634	0.8035	0.8312	0.8498	0.8610	0.8658	0.8646	0.8579	0.8455	0.8274	0.8033	0.7726	0.7346	0.6879	0.6306	0.5593	0.4673	0.3380	0.0000

1.37	0.5226	0.5787	0.6017	0.6191	0.6337	0.6576	0.6773	0.6942	0.7557	0.7960	0.8238	0.8425	0.8539	0.8588	0.8578	0.8512	0.8391	0.8212	0.7973	0.7668	0.7291	0.6827	0.6258	0.5550	0.4638	0.3354	0.0000
1.38	0.5146	0.5709	0.5939	0.6114	0.6259	0.6499	0.6697	0.6866	0.7483	0.7887	0.8167	0.8355	0.8470	0.8521	0.8513	0.8449	0.8329	0.8152	0.7915	0.7613	0.7238	0.6778	0.6213	0.5510	0.4603	0.3329	0.0000
1.39	0.5069	0.5633	0.5864	0.6039	0.6185	0.6425	0.6623	0.6793	0.7412	0.7817	0.8098	0.8288	0.8404	0.8457	0.8450	0.8387	0.8269	0.8094	0.7859	0.7560	0.7188	0.6731	0.6169	0.5471	0.4571	0.3305	0.0000
1.40	0.4995	0.5560	0.5791	0.5966	0.6112	0.6353	0.6552	0.6722	0.7343	0.7750	0.8032	0.8223	0.8341	0.8394	0.8389	0.8328	0.8211	0.8038	0.7806	0.7509	0.7139	0.6685	0.6128	0.5433	0.4539	0.3282	0.0000
1.41	0.4923	0.5489	0.5720	0.5896	0.6043	0.6284	0.6483	0.6654	0.7276	0.7684	0.7968	0.8160	0.8279	0.8334	0.8331	0.8271	0.8156	0.7985	0.7754	0.7459	0.7092	0.6641	0.6087	0.5398	0.4509	0.3260	0.0000
1.42	0.4853	0.5420	0.5652	0.5828	0.5975	0.6217	0.6417	0.6588	0.7211	0.7621	0.7906	0.8100	0.8220	0.8277	0.8274	0.8216	0.8103	0.7933	0.7704	0.7412	0.7047	0.6599	0.6049	0.5363	0.4480	0.3239	0.0000
1.43	0.4786	0.5354	0.5586	0.5763	0.5910	0.6152	0.6352	0.6524	0.7149	0.7560	0.7846	0.8041	0.8163	0.8221	0.8220	0.8163	0.8051	0.7883	0.7657	0.7366	0.7004	0.6559	0.6012	0.5330	0.4452	0.3219	0.0000
1.44	0.4720	0.5289	0.5522	0.5699	0.5846	0.6090	0.6290	0.6462	0.7089	0.7501	0.7789	0.7985	0.8108	0.8167	0.8167	0.8112	0.8002	0.7835	0.7610	0.7322	0.6962	0.6520	0.5976	0.5298	0.4426	0.3199	0.0000
1.45	0.4657	0.5227	0.5460	0.5637	0.5785	0.6029	0.6229	0.6402	0.7030	0.7444	0.7733	0.7930	0.8054	0.8114	0.8116	0.8062	0.7954	0.7789	0.7566	0.7279	0.6922	0.6482	0.5941	0.5268	0.4400	0.3180	0.0000
1.46	0.4595	0.5166	0.5400	0.5578	0.5726	0.5970	0.6171	0.6344	0.6974	0.7389	0.7678	0.7877	0.8003	0.8064	0.8067	0.8014	0.7907	0.7744	0.7523	0.7238	0.6883	0.6446	0.5908	0.5238	0.4375	0.3162	0.0000
1.47	0.4535	0.5108	0.5342	0.5520	0.5668	0.5912	0.6114	0.6287	0.6919	0.7335	0.7626	0.7826	0.7952	0.8015	0.8019	0.7968	0.7862	0.7701	0.7481	0.7199	0.6846	0.6411	0.5876	0.5210	0.4351	0.3145	0.0000
1.48	0.4477	0.5051	0.5285	0.5463	0.5612	0.5857	0.6059	0.6232	0.6865	0.7283	0.7575	0.7776	0.7904	0.7968	0.7973	0.7923	0.7819	0.7659	0.7441	0.7160	0.6809	0.6377	0.5845	0.5182	0.4328	0.3128	0.0000
1.49	0.4421	0.4995	0.5230	0.5409	0.5557	0.5803	0.6005	0.6179	0.6813	0.7232	0.7526	0.7728	0.7857	0.7922	0.7928	0.7880	0.7777	0.7618	0.7402	0.7123	0.6774	0.6344	0.5815	0.5155	0.4306	0.3112	0.0000
1.50	0.4366	0.4941	0.5177	0.5355	0.5504	0.5750	0.5953	0.6127	0.6763	0.7183	0.7478	0.7681	0.7811	0.7877	0.7885	0.7838	0.7736	0.7579	0.7364	0.7087	0.6740	0.6312	0.5786	0.5130	0.4284	0.3096	0.0000
1.51	0.4312	0.4889	0.5124	0.5304	0.5453	0.5699	0.5902	0.6077	0.6714	0.7136	0.7431	0.7636	0.7766	0.7834	0.7843	0.7797	0.7696	0.7541	0.7327	0.7052	0.6707	0.6282	0.5758	0.5105	0.4263	0.3081	0.0000
1.52	0.4260	0.4838	0.5074	0.5253	0.5403	0.5650	0.5853	0.6028	0.6667	0.7089	0.7386	0.7591	0.7723	0.7792	0.7802	0.7757	0.7658	0.7504	0.7292	0.7018	0.6675	0.6252	0.5731	0.5081	0.4243	0.3066	0.0000
1.53	0.4210	0.4788	0.5024	0.5204	0.5354	0.5601	0.5805	0.5980	0.6620	0.7044	0.7342	0.7548	0.7681	0.7751	0.7762	0.7718	0.7620	0.7468	0.7257	0.6985	0.6644	0.6223	0.5704	0.5057	0.4224	0.3052	0.0000
1.54	0.4160	0.4739	0.4976	0.5156	0.5306	0.5554	0.5758	0.5934	0.6575	0.7000	0.7299	0.7507	0.7641	0.7711	0.7724	0.7681	0.7584	0.7433	0.7224	0.6954	0.6614	0.6195	0.5679	0.5035	0.4205	0.3039	0.0000
1.55	0.4112	0.4692	0.4930	0.5110	0.5260	0.5508	0.5713	0.5889	0.6531	0.6958	0.7257	0.7466	0.7601	0.7673	0.7686	0.7645	0.7549	0.7399	0.7192	0.6923	0.6585	0.6168	0.5654	0.5013	0.4187	0.3025	0.0000
1.56	0.4065	0.4646	0.4884	0.5064	0.5215	0.5464	0.5668	0.5845	0.6489	0.6916	0.7217	0.7426	0.7562	0.7635	0.7650	0.7609	0.7515	0.7366	0.7160	0.6893	0.6557	0.6142	0.5630	0.4992	0.4169	0.3013	0.0000
1.57	0.4020	0.4601	0.4839	0.5020	0.5171	0.5420	0.5625	0.5802	0.6447	0.6875	0.7177	0.7388	0.7525	0.7598	0.7614	0.7575	0.7482	0.7334	0.7129	0.6864	0.6530	0.6116	0.5607	0.4971	0.4152	0.3000	0.0000
1.58	0.3975	0.4558	0.4796	0.4977	0.5128	0.5377	0.5583	0.5760	0.6407	0.6836	0.7139	0.7350	0.7488	0.7563	0.7579	0.7541	0.7449	0.7303	0.7100	0.6835	0.6503	0.6092	0.5584	0.4951	0.4135	0.2988	0.0000
1.59	0.3931	0.4515	0.4754	0.4935	0.5086	0.5336	0.5542	0.5719	0.6367	0.6798	0.7101	0.7314	0.7453	0.7528	0.7546	0.7509	0.7418	0.7273	0.7071	0.6808	0.6477	0.6067	0.5562	0.4932	0.4119	0.2976	0.0000
1.60	0.3889	0.4473	0.4712	0.4894	0.5045	0.5296	0.5502	0.5679	0.6329	0.6760	0.7065	0.7278	0.7418	0.7494	0.7513	0.7477	0.7387	0.7243	0.7042	0.6781	0.6452	0.6044	0.5541	0.4913	0.4103	0.2965	0.0000
1.61	0.3847	0.4432	0.4672	0.4854	0.5006	0.5256	0.5463	0.5640	0.6291	0.6723	0.7029	0.7243	0.7384	0.7462	0.7481	0.7446	0.7357	0.7214	0.7015	0.6755	0.6427	0.6021	0.5520	0.4895	0.4088	0.2954	0.0000
1.62	0.3807	0.4393	0.4632	0.4815	0.4967	0.5217	0.5424	0.5602	0.6254	0.6688	0.6994	0.7209	0.7351	0.7429	0.7450	0.7416	0.7328	0.7186	0.6988	0.6729	0.6403	0.5999	0.5500	0.4877	0.4073	0.2943	0.0000
1.63	0.3767	0.4354	0.4594	0.4776	0.4928	0.5180	0.5387	0.5565	0.6218	0.6653	0.6960	0.7176	0.7319	0.7398	0.7420	0.7386	0.7300	0.7159	0.6962	0.6705	0.6380	0.5977	0.5480	0.4859	0.4058	0.2933	0.0000
1.64	0.3728	0.4316	0.4556	0.4739	0.4891	0.5143	0.5350	0.5529	0.6183	0.6619	0.6927	0.7144	0.7288	0.7368	0.7390	0.7358	0.7272	0.7133	0.6937	0.6681	0.6357	0.5956	0.5461	0.4843	0.4044	0.2923	0.0000
1.65	0.3690	0.4278	0.4519	0.4702	0.4855	0.5107	0.5315	0.5494	0.6149	0.6585	0.6895	0.7113	0.7257	0.7338	0.7361	0.7330	0.7245	0.7107	0.6912	0.6657	0.6335	0.5936	0.5442	0.4826	0.4031	0.2913	0.0000
1.66	0.3653	0.4242	0.4483	0.4666	0.4819	0.5072	0.5280	0.5459	0.6115	0.6553	0.6863	0.7082	0.7227	0.7309	0.7333	0.7302	0.7219	0.7081	0.6888	0.6634	0.6314	0.5916	0.5424	0.4810	0.4017	0.2903	0.0000
1.67	0.3617	0.4206	0.4448	0.4631	0.4785	0.5037	0.5246	0.5425	0.6083	0.6521	0.6832	0.7052	0.7198	0.7280	0.7305	0.7276	0.7193	0.7057	0.6864	0.6612	0.6293	0.5896	0.5407	0.4794	0.4004	0.2894	0.0000

1.68	0.3581	0.4172	0.4414	0.4597	0.4750	0.5004	0.5212	0.5392	0.6051	0.6490	0.6802	0.7022	0.7169	0.7252	0.7278	0.7250	0.7168	0.7033	0.6841	0.6590	0.6272	0.5878	0.5389	0.4779	0.3992	0.2885	0.0000
1.69	0.3546	0.4138	0.4380	0.4564	0.4717	0.4971	0.5180	0.5360	0.6019	0.6460	0.6772	0.6993	0.7141	0.7225	0.7252	0.7224	0.7144	0.7009	0.6819	0.6569	0.6252	0.5859	0.5372	0.4764	0.3979	0.2876	0.0000
1.70	0.3512	0.4104	0.4347	0.4531	0.4684	0.4938	0.5148	0.5328	0.5989	0.6430	0.6743	0.6965	0.7114	0.7199	0.7226	0.7200	0.7120	0.6986	0.6797	0.6548	0.6233	0.5841	0.5356	0.4750	0.3967	0.2867	0.0000
1.72	0.3446	0.4039	0.4283	0.4467	0.4621	0.4876	0.5086	0.5266	0.5929	0.6372	0.6687	0.6911	0.7061	0.7147	0.7177	0.7151	0.7073	0.6942	0.6755	0.6508	0.6195	0.5806	0.5324	0.4722	0.3944	0.2850	0.0000
1.74	0.3382	0.3977	0.4221	0.4406	0.4560	0.4816	0.5026	0.5207	0.5872	0.6317	0.6634	0.6859	0.7010	0.7098	0.7129	0.7106	0.7029	0.6899	0.6714	0.6470	0.6159	0.5773	0.5294	0.4696	0.3922	0.2835	0.0000
1.76	0.3321	0.3918	0.4162	0.4347	0.4502	0.4758	0.4969	0.5151	0.5818	0.6264	0.6582	0.6809	0.6962	0.7051	0.7083	0.7062	0.6987	0.6859	0.6675	0.6433	0.6125	0.5741	0.5265	0.4670	0.3901	0.2819	0.0000
1.78	0.3262	0.3860	0.4105	0.4291	0.4446	0.4702	0.4914	0.5096	0.5765	0.6213	0.6533	0.6761	0.6915	0.7006	0.7040	0.7019	0.6946	0.6820	0.6638	0.6398	0.6092	0.5711	0.5238	0.4646	0.3881	0.2805	0.0000
1.80	0.3206	0.3805	0.4050	0.4236	0.4392	0.4649	0.4861	0.5044	0.5715	0.6164	0.6485	0.6715	0.6870	0.6963	0.6998	0.6979	0.6907	0.6783	0.6603	0.6364	0.6060	0.5682	0.5211	0.4623	0.3862	0.2791	0.0000
1.85	0.3073	0.3675	0.3922	0.4109	0.4265	0.4524	0.4737	0.4921	0.5596	0.6050	0.6374	0.6607	0.6766	0.6862	0.6900	0.6885	0.6817	0.6696	0.6520	0.6286	0.5987	0.5614	0.5150	0.4569	0.3817	0.2759	0.0000
1.90	0.2951	0.3556	0.3804	0.3992	0.4149	0.4409	0.4624	0.4809	0.5488	0.5945	0.6273	0.6509	0.6671	0.6770	0.6811	0.6799	0.6734	0.6617	0.6445	0.6216	0.5921	0.5553	0.5095	0.4521	0.3777	0.2731	0.0000
1.95	0.2839	0.3447	0.3696	0.3885	0.4043	0.4304	0.4520	0.4706	0.5389	0.5849	0.6180	0.6419	0.6584	0.6686	0.6730	0.6721	0.6659	0.6546	0.6377	0.6151	0.5861	0.5498	0.5045	0.4477	0.3741	0.2705	0.0000
2.00	0.2735	0.3346	0.3596	0.3786	0.3945	0.4207	0.4424	0.4610	0.5298	0.5761	0.6095	0.6337	0.6504	0.6609	0.6656	0.6649	0.6591	0.6480	0.6315	0.6093	0.5806	0.5447	0.4999	0.4437	0.3708	0.2681	0.0000
2.10	0.2550	0.3165	0.3418	0.3609	0.3769	0.4034	0.4252	0.4441	0.5135	0.5605	0.5944	0.6190	0.6363	0.6472	0.6524	0.6523	0.6470	0.6364	0.6205	0.5989	0.5710	0.5358	0.4919	0.4367	0.3650	0.2640	0.0000
2.20	0.2389	0.3009	0.3263	0.3456	0.3617	0.3884	0.4104	0.4294	0.4995	0.5469	0.5813	0.6064	0.6241	0.6354	0.6411	0.6414	0.6366	0.6265	0.6111	0.5901	0.5628	0.5283	0.4851	0.4307	0.3601	0.2605	0.0000
2.30	0.2248	0.2872	0.3127	0.3322	0.3484	0.3752	0.3974	0.4166	0.4872	0.5351	0.5699	0.5954	0.6135	0.6252	0.6313	0.6320	0.6276	0.6180	0.6030	0.5825	0.5557	0.5217	0.4792	0.4256	0.3559	0.2575	0.0000
2.40	0.2123	0.2750	0.3007	0.3203	0.3366	0.3636	0.3860	0.4052	0.4764	0.5247	0.5599	0.5858	0.6042	0.6163	0.6227	0.6238	0.6197	0.6105	0.5960	0.5758	0.5495	0.5161	0.4741	0.4212	0.3523	0.2549	0.0000
2.50	0.2011	0.2642	0.2901	0.3097	0.3261	0.3533	0.3757	0.3951	0.4668	0.5155	0.5510	0.5772	0.5960	0.6084	0.6151	0.6165	0.6127	0.6039	0.5897	0.5699	0.5440	0.5111	0.4696	0.4172	0.3490	0.2526	0.0000

B.3 充气橡胶坝设计计算

B.3.1 坝袋各项设计参数可通过数解法按下列公式计算

1 坝袋径向计算强度

$$T = \frac{1}{2} \gamma \alpha H_1^2 \quad (\text{B.3.1-1})$$

式中 α ——袋内充气压力与相当于坝高的水柱压强之比。

2 可将充胀后的坝袋轮廓分成三个部分，上游坝面曲线段长度 S_1 ，下游坝面曲线段长度 S 及坝袋贴地段长度 D (参见图 B.3.1)。

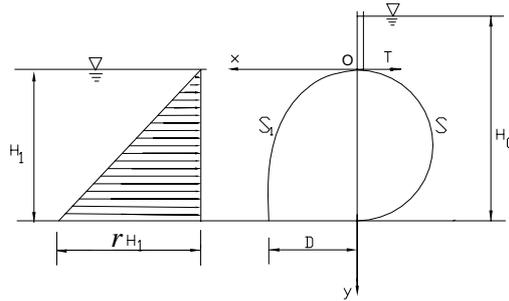


图 B.3.1 充气式橡胶坝示意图

坝袋有效周长(不包括锚固长度)为

$$L_0 = S + S_1 + D \quad (\text{B.3.1-2})$$

式中 L_0 ——坝袋有效周长, m;

S ——下游坝面曲线段长度, m;

S_1 ——上游坝面曲线段长度, m;

D ——坝袋贴地段长度, m。

$$S = \frac{1}{2} \pi H_1 \quad (\text{B.3.1-3})$$

$$S_1 = \sqrt{2\alpha} H_1 \left[F(k, \pi/2) - \frac{1}{2} F(k, \varphi_1) \right] \quad (\text{B.3.1-4})$$

$$D = \sqrt{2\alpha} H_1 \left[2E\left(k, \frac{\pi}{2}\right) - F\left(k, \frac{\pi}{2}\right) - E(k, \varphi_1) + \frac{1}{2} F(k, \varphi_1) \right] \quad (\text{B.3.1-5})$$

$$k = \sqrt{\frac{\alpha}{2}} \quad (\text{B.3.1-6})$$

$$\varphi_1 = \cos^{-1} \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) \quad (\text{B.3.1-7})$$

下游坝面曲线段曲率半径

$$R = \frac{1}{2} H_1 \quad (\text{B.3.1-8})$$

3 坝袋单宽容积

$$V = \frac{1}{8} \pi H_1^2 + (1 - \alpha) H_1 D + \frac{1}{2} \alpha H_1^2 \sin \varphi \quad (\text{B.3.1-9})$$

$$\varphi = \cos^{-1} \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) \quad (\text{B.3.1-10})$$

4 坝袋横断面曲线坐标

坐标原点选在坝顶，水平坐标轴 X 向上游为正，竖直坐标轴 Y 向下为正。

下游坝面曲线段坐标

$$X_i = -\sqrt{Y_i H_1 - Y_i^2} \quad (\text{B.3.1-11})$$

式中 X_i ——所求点的 X 坐标；

Y_i ——所求点的 Y 坐标。

上游坝面曲线段坐标

$$X_i = \sqrt{2\alpha H_1} \left[2E(k, \pi/2) - F(k, \pi/2) - E(k, \varphi_i) + \frac{1}{2} F(k, \varphi_i) \right] \quad (\text{B.3.1-12})$$

$$\varphi_i = \cos^{-1} \left(\frac{Y_i}{\alpha H_1} - 1 \right) \quad (\text{B.3.1-13})$$

B.3.2 坝袋各项设计参数也可通过下列查表格法进行计算：

1 表 B.3.2-1 为充气式橡胶坝坝袋设计参数表。计算 T 与 V 时，只须把表中数字乘以设计坝高的平方，其它各项把表中数字乘以坝高即为设计时的使用值；

2 表 B.3.2-2 为充气式橡胶坝在设计工况下的上游坝面曲线坐标表，用于绘制上游坝面曲线。把坝高分成 20 等分，计算出坝袋上游相应点的水平坐标值，列入表中。使用时只须把表中数字乘以设计坝高即为实用值。下游坝面曲线坐标可用式(B.3.1-11)求出。

表 B. 3. 2-1 充气式橡胶坝坝袋设计参数表

α	T/H_1^2	S_1/H_1	S/H_1	D/H_1	L_0/H_1	L_d/H_1	V/H_1^2
0.50	2.50	1.6858	1.5708	1.2492	4.5057	3.2565	1.0173
0.55	2.75	1.4559	1.5708	0.9672	3.9939	3.0267	0.9860
0.60	3.00	1.4014	1.5708	0.8729	3.8451	2.9722	0.9655
0.61	3.05	1.3941	1.5708	0.8585	3.8234	2.9649	0.9620
0.62	3.10	1.3875	1.5708	0.8450	3.8033	2.9583	0.9588
0.63	3.15	1.3815	1.5708	0.8324	3.7847	2.9523	0.9557
0.64	3.20	1.3761	1.5708	0.8206	3.7674	2.9469	0.9527
0.65	3.25	1.3711	1.5708	0.8094	3.7513	2.9419	0.9498
0.66	3.30	1.3666	1.5708	0.7988	3.7361	2.9374	0.9471
0.67	3.35	1.3624	1.5708	0.7887	3.7219	2.9332	0.9445
0.68	3.40	1.3585	1.5708	0.7791	3.7084	2.9293	0.9420
0.69	3.45	1.3550	1.5708	0.7699	3.6957	2.9258	0.9396
0.70	3.50	1.3517	1.5708	0.7612	3.6837	2.9225	0.9373
0.71	3.55	1.3487	1.5708	0.7528	3.6723	2.9195	0.9351
0.72	3.60	1.3458	1.5708	0.7448	3.6614	2.9166	0.9329
0.73	3.65	1.3432	1.5708	0.7371	3.6511	2.9140	0.9308
0.74	3.70	1.3408	1.5708	0.7297	3.6412	2.9116	0.9288
0.75	3.75	1.3385	1.5708	0.7225	3.6318	2.9093	0.9269
0.76	3.80	1.3363	1.5708	0.7156	3.6228	2.9071	0.9250
0.77	3.85	1.3343	1.5708	0.7090	3.6141	2.9051	0.9232
0.78	3.90	1.3325	1.5708	0.7025	3.6058	2.9033	0.9214
0.79	3.95	1.3307	1.5708	0.6963	3.5979	2.9015	0.9197
0.80	4.00	1.3291	1.5708	0.6903	3.5902	2.8999	0.9181
0.81	4.05	1.3276	1.5708	0.6845	3.5828	2.8984	0.9165
0.82	4.10	1.3261	1.5708	0.6788	3.5757	2.8969	0.9149
0.83	4.15	1.3248	1.5708	0.6733	3.5689	2.8956	0.9134
0.84	4.20	1.3235	1.5708	0.6680	3.5623	2.8943	0.9119
0.85	4.25	1.3223	1.5708	0.6628	3.5559	2.8931	0.9105
0.86	4.30	1.3212	1.5708	0.6578	3.5498	2.8920	0.9091
0.87	4.35	1.3201	1.5708	0.6529	3.5438	2.8909	0.9077
0.88	4.40	1.3191	1.5708	0.6481	3.5380	2.8899	0.9064
0.89	4.45	1.3182	1.5708	0.6435	3.5325	2.8890	0.9051
0.90	4.50	1.3173	1.5708	0.6389	3.5271	2.8881	0.9038
0.91	4.55	1.3165	1.5708	0.6345	3.5218	2.8873	0.9026
0.92	4.60	1.3157	1.5708	0.6302	3.5167	2.8865	0.9014
0.93	4.65	1.3150	1.5708	0.6260	3.5118	2.8858	0.9002
0.94	4.70	1.3143	1.5708	0.6219	3.5070	2.8851	0.8991
0.95	4.75	1.3137	1.5708	0.6179	3.5023	2.8845	0.8979
0.96	4.80	1.3131	1.5708	0.6139	3.4978	2.8839	0.8968
0.97	4.85	1.3125	1.5708	0.6101	3.4934	2.8833	0.8958
0.98	4.90	1.3120	1.5708	0.6063	3.4891	2.8828	0.8947
0.99	4.95	1.3115	1.5708	0.6027	3.4850	2.8823	0.8937

1.00	5.00	1.3110	1.5708	0.5991	3.4809	2.8818	0.8927
1.01	5.05	1.3106	1.5708	0.5955	3.4769	2.8814	0.8917
1.02	5.10	1.3102	1.5708	0.5921	3.4731	2.8810	0.8908
1.03	5.15	1.3098	1.5708	0.5887	3.4693	2.8806	0.8898
1.04	5.20	1.3095	1.5708	0.5854	3.4657	2.8803	0.8889
1.05	5.25	1.3091	1.5708	0.5821	3.4621	2.8799	0.8880
1.06	5.30	1.3088	1.5708	0.5790	3.4586	2.8796	0.8871
1.07	5.35	1.3085	1.5708	0.5758	3.4552	2.8793	0.8862
1.08	5.40	1.3083	1.5708	0.5728	3.4518	2.8791	0.8854
1.09	5.45	1.3080	1.5708	0.5698	3.4486	2.8788	0.8846
1.10	5.50	1.3078	1.5708	0.5668	3.4454	2.8786	0.8837
1.11	5.55	1.3076	1.5708	0.5639	3.4423	2.8784	0.8829
1.12	5.60	1.3074	1.5708	0.5610	3.4392	2.8782	0.8822
1.13	5.65	1.3072	1.5708	0.5582	3.4363	2.8780	0.8814
1.14	5.70	1.3071	1.5708	0.5555	3.4334	2.8779	0.8806
1.15	5.75	1.3069	1.5708	0.5528	3.4305	2.8777	0.8799
1.20	6.00	1.3065	1.5708	0.5399	3.4171	2.8772	0.8763
1.25	6.25	1.3062	1.5708	0.5280	3.4050	2.8770	0.8731
1.30	6.50	1.3063	1.5708	0.5169	3.3940	2.8771	0.8701
1.35	6.75	1.3065	1.5708	0.5066	3.3839	2.8773	0.8673
1.40	7.00	1.3069	1.5708	0.4970	3.3747	2.8777	0.8647
1.45	7.25	1.3074	1.5708	0.4879	3.3661	2.8782	0.8623
1.50	7.50	1.3080	1.5708	0.4795	3.3582	2.8788	0.8601
1.55	7.75	1.3087	1.5708	0.4714	3.3509	2.8795	0.8580
1.60	8.00	1.3095	1.5708	0.4639	3.3441	2.8803	0.8560
1.65	8.25	1.3103	1.5708	0.4567	3.3378	2.8811	0.8541
1.70	8.50	1.3112	1.5708	0.4499	3.3318	2.8819	0.8524
1.75	8.75	1.3121	1.5708	0.4434	3.3262	2.8829	0.8507
1.80	9.00	1.3130	1.5708	0.4372	3.3210	2.8838	0.8492
1.85	9.25	1.3140	1.5708	0.4313	3.3161	2.8848	0.8477
1.90	9.50	1.3150	1.5708	0.4257	3.3114	2.8857	0.8463
1.95	9.75	1.3160	1.5708	0.4203	3.3070	2.8868	0.8449
1.99	9.95	1.3168	1.5708	0.4161	3.3037	2.8876	0.8439

表 B. 3. 2- 充气式橡胶坝坝袋椭圆曲线坐标表

	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
0.50	0.0000	0.2199	0.3061	0.3690	0.4198	0.4628	0.5005	0.5344	0.5658	0.5956	0.6246	0.6536	0.6834	0.7148	0.7487	0.7864	0.8294	0.8802	0.9431	1.0292	1.2492
0.55	0.0000	0.2198	0.3055	0.3679	0.4178	0.4598	0.4962	0.5285	0.5578	0.5851	0.6110	0.6363	0.6616	0.6876	0.7148	0.7442	0.7765	0.8128	0.8548	0.9048	0.9672
0.60	0.0000	0.2196	0.3050	0.3669	0.4162	0.4574	0.4927	0.5236	0.5513	0.5766	0.6002	0.6227	0.6446	0.6665	0.6890	0.7125	0.7378	0.7655	0.7965	0.8318	0.8729
0.61	0.0000	0.2196	0.3049	0.3667	0.4159	0.4569	0.4920	0.5228	0.5502	0.5751	0.5983	0.6203	0.6416	0.6628	0.6845	0.7071	0.7312	0.7576	0.7869	0.8201	0.8585
0.62	0.0000	0.2195	0.3048	0.3666	0.4157	0.4565	0.4914	0.5219	0.5491	0.5737	0.5965	0.6180	0.6387	0.6593	0.6802	0.7019	0.7250	0.7500	0.7778	0.8091	0.8450
0.63	0.0000	0.2195	0.3048	0.3664	0.4154	0.4561	0.4908	0.5211	0.5480	0.5723	0.5947	0.6157	0.6360	0.6559	0.6761	0.6969	0.7190	0.7428	0.7691	0.7987	0.8324
0.64	0.0000	0.2195	0.3047	0.3663	0.4151	0.4557	0.4903	0.5204	0.5470	0.5710	0.5930	0.6136	0.6333	0.6527	0.6721	0.6921	0.7132	0.7360	0.7609	0.7888	0.8206
0.65	0.0000	0.2195	0.3046	0.3661	0.4149	0.4553	0.4897	0.5196	0.5460	0.5697	0.5914	0.6116	0.6308	0.6496	0.6683	0.6875	0.7077	0.7294	0.7531	0.7795	0.8094
0.66	0.0000	0.2194	0.3045	0.3660	0.4147	0.4550	0.4892	0.5189	0.5451	0.5685	0.5898	0.6096	0.6283	0.6466	0.6647	0.6832	0.7025	0.7231	0.7456	0.7706	0.7988
0.67	0.0000	0.2194	0.3045	0.3658	0.4144	0.4546	0.4887	0.5182	0.5441	0.5673	0.5883	0.6077	0.6260	0.6437	0.6612	0.6789	0.6974	0.7171	0.7385	0.7621	0.7887
0.68	0.0000	0.2194	0.3044	0.3657	0.4142	0.4543	0.4882	0.5175	0.5433	0.5661	0.5868	0.6058	0.6237	0.6409	0.6578	0.6749	0.6926	0.7113	0.7316	0.7540	0.7791
0.69	0.0000	0.2194	0.3043	0.3656	0.4140	0.4539	0.4878	0.5169	0.5424	0.5650	0.5854	0.6041	0.6215	0.6382	0.6545	0.6709	0.6879	0.7058	0.7251	0.7463	0.7699
0.70	0.0000	0.2194	0.3043	0.3654	0.4138	0.4536	0.4873	0.5163	0.5416	0.5639	0.5840	0.6023	0.6194	0.6356	0.6514	0.6672	0.6834	0.7004	0.7187	0.7388	0.7612
0.71	0.0000	0.2193	0.3042	0.3653	0.4136	0.4533	0.4868	0.5157	0.5408	0.5629	0.5827	0.6007	0.6173	0.6331	0.6483	0.6635	0.6790	0.6953	0.7127	0.7317	0.7528
0.72	0.0000	0.2193	0.3041	0.3652	0.4134	0.4530	0.4864	0.5151	0.5400	0.5619	0.5814	0.5991	0.6153	0.6307	0.6454	0.6600	0.6748	0.6903	0.7068	0.7248	0.7448
0.73	0.0000	0.2193	0.3041	0.3651	0.4132	0.4527	0.4860	0.5145	0.5392	0.5609	0.5802	0.5975	0.6134	0.6283	0.6426	0.6566	0.6708	0.6855	0.7012	0.7182	0.7371
0.74	0.0000	0.2193	0.3040	0.3650	0.4130	0.4524	0.4856	0.5139	0.5385	0.5599	0.5789	0.5960	0.6116	0.6260	0.6398	0.6533	0.6669	0.6809	0.6958	0.7119	0.7297
0.75	0.0000	0.2193	0.3040	0.3649	0.4128	0.4521	0.4852	0.5134	0.5378	0.5590	0.5778	0.5945	0.6097	0.6238	0.6372	0.6501	0.6631	0.6765	0.6905	0.7058	0.7225
0.76	0.0000	0.2192	0.3039	0.3647	0.4126	0.4519	0.4848	0.5129	0.5371	0.5581	0.5766	0.5931	0.6080	0.6217	0.6346	0.6471	0.6595	0.6721	0.6855	0.6998	0.7156
0.77	0.0000	0.2192	0.3039	0.3646	0.4124	0.4516	0.4844	0.5124	0.5364	0.5573	0.5755	0.5917	0.6063	0.6196	0.6321	0.6441	0.6559	0.6680	0.6806	0.6941	0.7090
0.78	0.0000	0.2192	0.3038	0.3645	0.4123	0.4514	0.4841	0.5119	0.5357	0.5564	0.5745	0.5904	0.6047	0.6176	0.6297	0.6412	0.6525	0.6639	0.6758	0.6886	0.7025
0.79	0.0000	0.2192	0.3038	0.3644	0.4121	0.4511	0.4837	0.5114	0.5351	0.5556	0.5734	0.5891	0.6031	0.6157	0.6273	0.6384	0.6491	0.6600	0.6712	0.6832	0.6963
0.80	0.0000	0.2192	0.3037	0.3643	0.4120	0.4509	0.4834	0.5109	0.5345	0.5548	0.5724	0.5878	0.6015	0.6138	0.6250	0.6356	0.6459	0.6562	0.6668	0.6780	0.6903
0.81	0.0000	0.2192	0.3037	0.3643	0.4118	0.4506	0.4831	0.5105	0.5339	0.5540	0.5714	0.5866	0.6000	0.6119	0.6228	0.6330	0.6428	0.6525	0.6624	0.6730	0.6845
0.82	0.0000	0.2192	0.3036	0.3642	0.4116	0.4504	0.4827	0.5100	0.5333	0.5533	0.5705	0.5854	0.5985	0.6102	0.6207	0.6304	0.6397	0.6489	0.6582	0.6681	0.6788
0.83	0.0000	0.2191	0.3036	0.3641	0.4115	0.4502	0.4824	0.5096	0.5327	0.5525	0.5695	0.5843	0.5971	0.6084	0.6186	0.6279	0.6367	0.6454	0.6542	0.6634	0.6733
0.84	0.0000	0.2191	0.3035	0.3640	0.4114	0.4500	0.4821	0.5092	0.5322	0.5518	0.5686	0.5831	0.5957	0.6067	0.6165	0.6255	0.6339	0.6420	0.6502	0.6588	0.6680
0.85	0.0000	0.2191	0.3035	0.3639	0.4112	0.4498	0.4818	0.5088	0.5316	0.5511	0.5678	0.5820	0.5943	0.6051	0.6146	0.6231	0.6311	0.6387	0.6463	0.6543	0.6628

0.86	0.0000	0.2191	0.3035	0.3638	0.4111	0.4495	0.4815	0.5084	0.5311	0.5504	0.5669	0.5810	0.5930	0.6035	0.6126	0.6208	0.6283	0.6355	0.6426	0.6499	0.6578
0.87	0.0000	0.2191	0.3034	0.3637	0.4109	0.4493	0.4812	0.5080	0.5306	0.5498	0.5661	0.5799	0.5917	0.6019	0.6107	0.6186	0.6257	0.6323	0.6389	0.6457	0.6529
0.88	0.0000	0.2191	0.3034	0.3637	0.4108	0.4491	0.4809	0.5076	0.5301	0.5491	0.5652	0.5789	0.5905	0.6004	0.6089	0.6164	0.6231	0.6293	0.6354	0.6415	0.6481
0.89	0.0000	0.2191	0.3033	0.3636	0.4107	0.4490	0.4807	0.5072	0.5296	0.5485	0.5644	0.5779	0.5893	0.5989	0.6071	0.6142	0.6205	0.6263	0.6319	0.6375	0.6435
0.90	0.0000	0.2190	0.3033	0.3635	0.4106	0.4488	0.4804	0.5069	0.5291	0.5479	0.5637	0.5769	0.5881	0.5975	0.6054	0.6122	0.6181	0.6234	0.6285	0.6336	0.6389
0.91	0.0000	0.2190	0.3033	0.3634	0.4104	0.4486	0.4801	0.5065	0.5287	0.5473	0.5629	0.5760	0.5869	0.5960	0.6037	0.6101	0.6157	0.6206	0.6252	0.6297	0.6345
0.92	0.0000	0.2190	0.3032	0.3634	0.4103	0.4484	0.4799	0.5062	0.5282	0.5467	0.5622	0.5751	0.5858	0.5947	0.6020	0.6081	0.6133	0.6178	0.6220	0.6260	0.6302
0.93	0.0000	0.2190	0.3032	0.3633	0.4102	0.4482	0.4796	0.5058	0.5278	0.5461	0.5614	0.5742	0.5847	0.5933	0.6004	0.6062	0.6110	0.6152	0.6188	0.6224	0.6260
0.94	0.0000	0.2190	0.3032	0.3632	0.4101	0.4481	0.4794	0.5055	0.5273	0.5456	0.5607	0.5733	0.5836	0.5920	0.5988	0.6043	0.6088	0.6125	0.6158	0.6188	0.6219
0.95	0.0000	0.2190	0.3031	0.3632	0.4100	0.4479	0.4792	0.5052	0.5269	0.5450	0.5601	0.5724	0.5825	0.5907	0.5973	0.6025	0.6066	0.6100	0.6128	0.6153	0.6179
0.96	0.0000	0.2190	0.3031	0.3631	0.4099	0.4477	0.4789	0.5049	0.5265	0.5445	0.5594	0.5716	0.5815	0.5895	0.5958	0.6007	0.6045	0.6074	0.6098	0.6119	0.6139
0.97	0.0000	0.2190	0.3031	0.3630	0.4098	0.4476	0.4787	0.5046	0.5261	0.5440	0.5587	0.5708	0.5805	0.5882	0.5943	0.5989	0.6024	0.6050	0.6070	0.6086	0.6101
0.98	0.0000	0.2190	0.3030	0.3630	0.4097	0.4474	0.4785	0.5043	0.5257	0.5435	0.5581	0.5700	0.5795	0.5870	0.5928	0.5972	0.6004	0.6026	0.6042	0.6053	0.6063
0.99	0.0000	0.2189	0.3030	0.3629	0.4096	0.4473	0.4783	0.5040	0.5253	0.5430	0.5574	0.5692	0.5786	0.5859	0.5914	0.5955	0.5984	0.6002	0.6014	0.6021	0.6027
1.00	0.0000	0.2189	0.3030	0.3628	0.4095	0.4471	0.4781	0.5037	0.5249	0.5425	0.5568	0.5684	0.5776	0.5847	0.5901	0.5939	0.5964	0.5979	0.5987	0.5990	0.5991
1.01	0.0000	0.2189	0.3029	0.3628	0.4094	0.4470	0.4779	0.5034	0.5246	0.5420	0.5562	0.5677	0.5767	0.5836	0.5887	0.5922	0.5945	0.5957	0.5961	0.5960	0.5955
1.02	0.0000	0.2189	0.3029	0.3627	0.4093	0.4468	0.4777	0.5031	0.5242	0.5415	0.5556	0.5669	0.5758	0.5825	0.5874	0.5907	0.5926	0.5935	0.5935	0.5930	0.5921
1.03	0.0000	0.2189	0.3029	0.3627	0.4092	0.4467	0.4775	0.5029	0.5238	0.5411	0.5551	0.5662	0.5749	0.5814	0.5861	0.5891	0.5908	0.5913	0.5910	0.5901	0.5887
1.04	0.0000	0.2189	0.3028	0.3626	0.4091	0.4465	0.4773	0.5026	0.5235	0.5406	0.5545	0.5655	0.5740	0.5804	0.5848	0.5876	0.5890	0.5892	0.5885	0.5872	0.5854
1.05	0.0000	0.2189	0.3028	0.3626	0.4090	0.4464	0.4771	0.5023	0.5232	0.5402	0.5539	0.5648	0.5732	0.5794	0.5836	0.5861	0.5872	0.5872	0.5861	0.5844	0.5821
1.06	0.0000	0.2189	0.3028	0.3625	0.4089	0.4463	0.4769	0.5021	0.5228	0.5398	0.5534	0.5641	0.5724	0.5783	0.5824	0.5847	0.5855	0.5851	0.5837	0.5816	0.5790
1.07	0.0000	0.2189	0.3028	0.3625	0.4088	0.4461	0.4767	0.5018	0.5225	0.5393	0.5529	0.5635	0.5716	0.5774	0.5812	0.5832	0.5838	0.5831	0.5814	0.5789	0.5758
1.08	0.0000	0.2189	0.3027	0.3624	0.4087	0.4460	0.4765	0.5016	0.5222	0.5389	0.5523	0.5628	0.5708	0.5764	0.5800	0.5818	0.5822	0.5812	0.5791	0.5763	0.5728
1.09	0.0000	0.2188	0.3027	0.3624	0.4086	0.4459	0.4763	0.5014	0.5219	0.5385	0.5518	0.5622	0.5700	0.5754	0.5789	0.5805	0.5805	0.5793	0.5769	0.5736	0.5697
1.10	0.0000	0.2188	0.3027	0.3623	0.4086	0.4458	0.4762	0.5011	0.5216	0.5381	0.5513	0.5616	0.5692	0.5745	0.5777	0.5791	0.5789	0.5774	0.5747	0.5711	0.5668
1.11	0.0000	0.2188	0.3027	0.3623	0.4085	0.4457	0.4760	0.5009	0.5212	0.5377	0.5508	0.5610	0.5685	0.5736	0.5766	0.5778	0.5774	0.5755	0.5725	0.5686	0.5639
1.12	0.0000	0.2188	0.3026	0.3622	0.4084	0.4455	0.4758	0.5007	0.5210	0.5373	0.5504	0.5604	0.5677	0.5727	0.5755	0.5765	0.5758	0.5737	0.5704	0.5661	0.5610
1.13	0.0000	0.2188	0.3026	0.3622	0.4083	0.4454	0.4757	0.5004	0.5207	0.5370	0.5499	0.5598	0.5670	0.5718	0.5745	0.5753	0.5743	0.5720	0.5683	0.5637	0.5582
1.14	0.0000	0.2188	0.3026	0.3621	0.4083	0.4453	0.4755	0.5002	0.5204	0.5366	0.5494	0.5592	0.5663	0.5709	0.5734	0.5740	0.5729	0.5702	0.5663	0.5613	0.5555
1.15	0.0000	0.2188	0.3026	0.3621	0.4082	0.4452	0.4753	0.5000	0.5201	0.5362	0.5490	0.5586	0.5656	0.5701	0.5724	0.5728	0.5714	0.5685	0.5643	0.5590	0.5528
1.20	0.0000	0.2188	0.3025	0.3619	0.4078	0.4447	0.4746	0.4990	0.5188	0.5345	0.5468	0.5560	0.5623	0.5661	0.5676	0.5670	0.5645	0.5604	0.5547	0.5478	0.5399

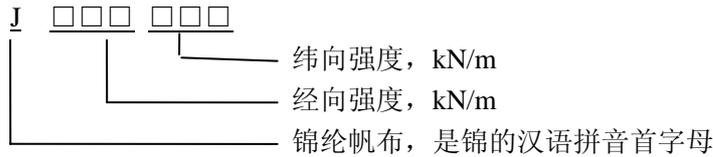
1.25	0.0000	0.2187	0.3024	0.3617	0.4075	0.4442	0.4739	0.4981	0.5175	0.5330	0.5448	0.5535	0.5593	0.5624	0.5631	0.5617	0.5582	0.5529	0.5460	0.5376	0.5280
1.30	0.0000	0.2187	0.3023	0.3615	0.4072	0.4437	0.4733	0.4972	0.5164	0.5315	0.5430	0.5512	0.5565	0.5590	0.5591	0.5568	0.5524	0.5460	0.5379	0.5281	0.5169
1.35	0.0000	0.2187	0.3022	0.3613	0.4069	0.4433	0.4727	0.4964	0.5154	0.5302	0.5414	0.5492	0.5539	0.5559	0.5553	0.5523	0.5470	0.5396	0.5303	0.5193	0.5066
1.40	0.0000	0.2186	0.3021	0.3612	0.4067	0.4429	0.4722	0.4957	0.5144	0.5290	0.5398	0.5472	0.5516	0.5530	0.5518	0.5481	0.5420	0.5337	0.5233	0.5110	0.4970
1.45	0.0000	0.2186	0.3020	0.3610	0.4064	0.4426	0.4717	0.4950	0.5136	0.5279	0.5384	0.5455	0.5494	0.5504	0.5486	0.5442	0.5373	0.5282	0.5168	0.5033	0.4879
1.50	0.0000	0.2186	0.3020	0.3609	0.4062	0.4423	0.4712	0.4944	0.5127	0.5268	0.5370	0.5438	0.5473	0.5479	0.5456	0.5406	0.5330	0.5230	0.5107	0.4961	0.4794
1.55	0.0000	0.2186	0.3019	0.3608	0.4060	0.4419	0.4708	0.4938	0.5120	0.5258	0.5358	0.5423	0.5454	0.5455	0.5427	0.5372	0.5289	0.5182	0.5049	0.4893	0.4714
1.60	0.0000	0.2186	0.3018	0.3606	0.4058	0.4417	0.4704	0.4933	0.5113	0.5249	0.5346	0.5408	0.5437	0.5434	0.5401	0.5340	0.5251	0.5136	0.4995	0.4829	0.4639
1.65	0.0000	0.2185	0.3018	0.3605	0.4056	0.4414	0.4700	0.4928	0.5106	0.5240	0.5335	0.5395	0.5420	0.5413	0.5376	0.5310	0.5215	0.5093	0.4944	0.4768	0.4567
1.70	0.0000	0.2185	0.3017	0.3604	0.4055	0.4411	0.4696	0.4923	0.5099	0.5232	0.5325	0.5382	0.5404	0.5394	0.5353	0.5282	0.5182	0.5053	0.4896	0.4711	0.4499
1.75	0.0000	0.2185	0.3017	0.3603	0.4053	0.4409	0.4693	0.4918	0.5094	0.5225	0.5316	0.5370	0.5389	0.5376	0.5331	0.5255	0.5150	0.5015	0.4850	0.4656	0.4434
1.80	0.0000	0.2185	0.3016	0.3602	0.4052	0.4407	0.4690	0.4914	0.5088	0.5217	0.5307	0.5359	0.5375	0.5359	0.5310	0.5230	0.5120	0.4978	0.4807	0.4605	0.4372
1.85	0.0000	0.2185	0.3016	0.3601	0.4050	0.4404	0.4687	0.4910	0.5083	0.5211	0.5298	0.5348	0.5362	0.5343	0.5291	0.5207	0.5091	0.4944	0.4766	0.4555	0.4313
1.90	0.0000	0.2184	0.3015	0.3600	0.4049	0.4402	0.4684	0.4906	0.5078	0.5204	0.5290	0.5338	0.5350	0.5328	0.5272	0.5184	0.5064	0.4911	0.4726	0.4508	0.4256
1.95	0.0000	0.2184	0.3015	0.3599	0.4047	0.4400	0.4681	0.4902	0.5073	0.5198	0.5282	0.5328	0.5338	0.5313	0.5254	0.5163	0.5038	0.4880	0.4689	0.4463	0.4202
1.99	0.0000	0.2182	0.3012	0.3597	0.4044	0.4397	0.4677	0.4898	0.5067	0.5191	0.5274	0.5319	0.5327	0.5300	0.5239	0.5144	0.5016	0.4854	0.4658	0.4427	0.4159

附录 C 坝袋胶布制造技术要求

C.1 锦纶浸胶帆布

C.1.1 锦纶浸胶帆布型号表示方法

锦纶浸胶帆布的型号由三部分组成，其表示方法如下：



标记示例:

经向强度为 100kN/m, 纬向强度为 50kN/m 的锦纶浸胶帆布, 其标记为: J100050。

C.1.2 锦纶浸胶帆布规格

锦纶浸胶帆布规格见表 C.1.2。

表C. 1. 2 锦纶浸胶帆布规格

序号	项目	标准	允许偏差
1	幅宽 (mm)	不小于公称值	±2%
2	厚度 (mm)	见表2	见表2
3	卷装长度 (m)	200	±2%

注: 非标准卷的卷装长度由供需双方协商解决

C.1.3 锦纶浸胶帆布基本参数

橡胶坝坝袋骨架材料采用锦纶6和锦纶66浸胶帆布, 其基本参数见表C. 1. 3。

表 C. 1. 3 锦纶浸胶帆布基本参数

帆布 型号	锦纶 6		锦纶 66		织物 组织	厚度 公差 (mm)
	织物规格(分特 /股数)	厚度 (mm)	织物规格(分特 /股数)	厚度 (mm)		
J080080	1400/1×1870/1	0.77	1400/1×1	0.70	经重平	±0.10
	1400/1×1	0.90			方平	
J100050	1400/1×1	0.75	1400/1×1	0.67	经重平	
	1870/1×1400/1		1870/1×1400/1			
J100100	1400/1×1	0.95	1400/1×1	0.70	方平	
	1870/1×1	0.85	1400/1×1870/1	0.77	经重平	
J120060	1400/2×1	0.88	1400/2×1870/1	0.78	经重平	
	1870/1×1					
J120100	1400/2×1870/1	0.90	1870/1×1	0.80	经重平	
	1870/1×1400/2	1.02			方平	
J120120	1400/2×2	0.96	1400/2×1870/1	0.85	经重平	
	1870/2×1		1870/1×1400/2			

帆布 型号	锦纶 6		锦纶 66		织物 组织	厚度 公差 (mm)
	织物规格(分特 /股数)	厚度 (mm)	织物规格(分特 /股数)	厚度 (mm)		
J140070	1400/2×1	0.90	1400/2×1870/1	0.80	经重平	±0.10
	1870/2×1					
J140100	1400/2×1870/1	0.96	1400/2×1870/1	0.86	经重平	
	1870/1×1400/2	1.06			方平	
J140140	1400/2×1870/2	1.02	1400/2×2	0.95	经重平	
	1870/1×2	1.12	1870/1×2	1.05	方平	
J160080	1870/2×1	0.97	1870/2×1	0.90	经重平	
J160120	1400/2×2	1.05	1400/2×2	0.95	经重平	
	1400/2×1870/2		1400/2×1870/1			
J160140	1400/2×2	1.12	1400/2×2	0.98	方平	
	1400/2×1870/2		1400/2×1870/2		经重平	
J160160	1400/2×2	1.18	1400/2×2	1.03	方平	
	1870/2×2		1400/2×1870/2		经重平	
J180090	1400/2×2	1.10	1400/2×2	1.00	方平	
	1870/2×1400/2		1870/2×1400/2		经重平	
J180140	1400/2×2	1.18	1400/2×2	1.05	方平	
	1870/2×2		1870/2×2		经重平	
J180160	1400/2×1870/2	1.20	1400/2×2	1.07	经重平	
	1870/2×2		1400/2×1870/2			
J180180	1400/2×1870/2	1.32	1400/2×1870/2	1.22	方平	
	1870/2×2	1.45				
J200100	1870/2×1400/2	1.20	1870/2×1400/2	1.10	经重平	
	1400/2×2		1400/2×2		方平	
J200140	1870/2×2	1.32	1870/2×2	1.22	经重平	
	1400/2×1870/2		1400/2×1870/2		方平	
J200160	1870/2×2	1.42	1870/2×2	1.30	方平	
J200180	1870/2×2	1.50	1870/2×2	1.39	方平	
J200200	1870/2×2	1.56	1870/2×2	1.48	方平	
	1870/2×3		1870/2×1400/3			
J220110	1870/2×1400/2	1.28	1870/2×1400/2	1.20	方平	
	1870/2×2		1870/2×2		经重平	
J220180	1870/2×1400/3	1.56	1870/2×2	1.45	方平	
	1870/2×2					
J220200	1870/2×1400/3	1.58	1870/2×2	1.48	方平	
	1870/2×3		1870/2×1400/3			
J220220	1870/2×3	1.63	1870/2×3	1.55	方平	
	1400/3×3		1400/3×3			
J240120	1870/2×2	1.40	1870/2×2	1.30	方平	
	1400/3×3		1400/3×3			
J220180	1870/2×1400/3	1.56	1870/2×2	1.45	方平	
	1870/2×2					
J220200	1870/2×1400/3	1.58	1870/2×2	1.48	方平	
	1870/2×3		1870/2×1400/3			
J220220	1870/2×3	1.63	1870/2×3	1.55	方平	
	1400/3×3		1400/3×3			
J240120	1870/2×2	1.40	1870/2×2	1.30	方平	
	1400/3×3		1400/3×3			

帆布 型号	锦纶 6		锦纶 66		织物 组织	厚度 公差 (mm)
	织物规格(分特 /股数)	厚度 (mm)	织物规格(分特 /股数)	厚度 (mm)		
J240200	1870/3×3	1.67	1870/3×3	1.58	方平	±0.15
J240240	1870/3×4	1.75	1870/3×3	1.65	方平	
J260130	1870/3×3	1.50	1870/2×2	1.37	方平	
J260200	1870/3×3	1.70	1870/3×3	1.60	方平	
	1870/3×1400/4					
J260220	1870/3×1400/4	1.75	1870/3×3	1.65	方平	
	1870/3×3					
J260240	1870/3×4	1.80	1870/3×4	1.68	方平	
J260260	1870/3×4	1.85	1870/3×4	1.70	方平	
J280140	1870/3×3	1.63	1400/3×3	1.45	方平	
J280220	1870/3×4	1.78	1870/3×3	1.58	方平	
	1870/3×3					
J280240	1870/3×4	1.80	1870/3×3	1.60	方平	
J280260	1870/3×4	1.88	1870/3×4	1.75	方平	
J280280	1870/4×4	1.95	1870/3×4	1.85	方平	
	1870/3×4					
J300150	1870/3×3	1.65	1870/3×3	1.55	方平	±0.18
J300240	1870/4×4	1.88	1870/3×4	1.76	方平	
J300260	1870/3×4	1.95	1870/3×4	1.80	方平	
	1870/4×4					
J300300	1870/4×5	2.15	1870/3×4	1.95	方平	
	1870/5×5		1870/4×4			
J320300	1870/4×5	2.28	1870/3×4	2.00	方平	
	1870/5×5		1870/4×4			
J320320	1870/4×6	2.35	1870/4×4	2.05	加强方平	
	1870/5×5				方平	
J340300	1870/4×6	2.45	1870/3×4	2.00	加强方平	
	1870/5×5		1870/4×4		方平	
J340340	1870/4×6	2.55	1870/4×5	2.26	加强方平	
	1870/5×6		1870/5×5			
J360320	1870/4×6	2.55	1870/4×5	2.26	加强方平	
	1870/5×6		1870/5×5			
J360360	1870/4×6	2.65	1870/4×5	2.35	加强方平	
	1870/5×6		1870/5×5		方平	
J400360	1870/4×6	3.05	1870/4×6	2.90	加强方平	±0.20
	1870/5×6		1870/5×6			
J460400	1870/4×7	3.30	1870/4×6	3.10	加强方平	
	1870/5×7		1870/5×6			

帆布 型号	锦纶 6		锦纶 66		织物 组织	厚度 公差 (mm)
	织物规格(分特 /股数)	厚度 (mm)	织物规格(分特 /股数)	厚度 (mm)		
J500460	1870/5×7	3.70	1870/5×7	3.40	加强方平	
	1870/6×7		1870/6×7			

C.1.4 锦纶浸胶帆布外观质量

锦纶浸胶帆布应表面平整，宽度均一，无波浪、打折、松紧不一现象，其外观质量评定要求见表C.1.4。

表C.1.4 锦纶浸胶帆布外观质量评定要求

序号	项目	单位	指标
1	磨损	只(处)/卷	不允许
2	撕裂	处/卷	不允许
3	浆斑	(1 cm ² ~4 cm ²) 只(处)/卷	≤5
		(4 cm ² 以上) 只(处)/卷	不允许
4	油污	(1cm ² 以下) 只(处)/卷	≤5

C.1.5 锦纶浸胶帆布物理机械性能

锦纶浸胶帆布的主要物理性能指标见表C.1.5。

表C.1.5 锦纶浸胶帆布主要物理性能指标

序号	项目		指标
1	断裂强度 (kN/m)	经向	不小于表2中的帆布型号示值
		纬向	
2	断裂伸长率 (%)	经向	22 ⁺⁵ ₋₅
		纬向	60 ⁺⁸ ₋₈
3	浸胶帆布和橡胶的粘合强度		不小于 7.8 kN/m
4	厚度		不小于表2中的帆布型号示值

C.1.6 锦纶浸胶帆布试验方法

1 试样

方平组织(双经双纬)的锦纶浸胶帆布试验时,样条试验宽度应以偶数根数线距为测量宽度,在测量宽度两侧各保留6~8根保护线,用刀片在样条中间将保护线切断,不得破坏被测试样的纤维。

试样应放置在GB/T7539所规定的标准环境下进行调节。试样从制造到试验的间隔不得少于16h,但不应超过3个月。在其它情况下,应自订购方收货之日起2个月内完成试验。在进行比较鉴定时,试验应在相同的时间间隔进行。

2 厚度测量

在试样上没有接头和杂质的部位任选5点,在其上用厚度计测量帆布厚度。测量过

程中厚度计上压板对试样施加 23.5 kP 的压力,当指针稳定 10s 士 1s 时读数,测量结果以 5 点的算术平均值表示(精确至小数点后 2 位)。

3 密度测定

锦纶浸胶帆布的经、纬线密度用10 cm内纱线的根数表示,按FZ/T10003的规定进行测定。

4 物理机械性能试验

断裂强力试验的试样数量5个。

将试样一端置入试验机上夹钳的中间位置,稍加旋紧,再将试样的另一端置入下夹钳内,按FZ/T10003 的规定悬挂预加涨力重锤,将上夹持器稍微松弛,让试样在重力作用下稍稍下降垂直,再行旋紧上下夹持器。上下夹持器之间距离为200mm (精确至1 mm),并使夹持器相互对齐和平行,确保试样受力后不产生歪斜。

夹紧试样,按100mm/min的速度拉伸试样,直至试样断裂。记录试样的断裂强度和断裂伸长率的数值。试验过程中纱线出现滑移或抽出现象时,此试验数据无效。

5 断裂强度的试验结果计算

根据测得的试样断裂时的拉力 T_1 ,按式(1)计算试样的断裂强度 T :

$$T = \frac{T_1}{N} \times \frac{P}{10} \times 100 \dots\dots\dots (C. 1. 6-1)$$

式中:

T ——计算的断裂强度, kN/m;

T_1 ——试样断裂时的拉力, kN;

N ——实验根数, 根;

P ——实测密度, 根/10cm。

经纬向各取5个试样,计算经纬向的算术平均值,计算精确到1N/m。

6 断裂伸长率的试验结果计算

试样的断裂伸长率按式(2)计算:

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (C. 1. 6-2)$$

式中:

ε ——断裂伸长率, %;

L ——试样断裂时的长度, mm;

L_0 ——试样初始长度, mm。

经纬向各取5个试样,计算经纬向的算术平均值,以%表示。

C.2 胶料

C.2.1 层胶厚度

组成坝袋胶布的层胶厚度见表C.2.1。

表C.2.1 层胶厚度

外层覆盖胶 (mm)	夹层胶 (mm)	内层覆盖胶 (mm)
大于2.5	0.3~0.5	大于2.0

C.2.2 物理机械性能

坝袋胶料的物理机械性能要求见表C.2.2。

表C.2.2 坝袋胶料物理机械性能要求

序号	项目	单位	外层胶	内(夹)层胶	底垫片胶	检验依据v	
1	拉伸强度 \geq	MPa	14	12	6	GB/T 528	
2	扯断伸长率 \geq	%	400	400	250	GB/T 528	
3	扯断永久变形 \leq	%	30	30	35	GB/T 528	
4	硬度(邵尔A)	Shore A	55~65	50~60	55~65	GB/T 531	
5	脆性温度 \leq	$^{\circ}\text{C}$	-30	-30	-30	GB/T 1682	
6	热空气老化 (100 $^{\circ}\text{C}$ ×96h)	拉伸强度 \geq	MPa	12	10	5	GB/T 3512
		扯断伸长率 \geq	%	300	300	200	
7	热淡水老化 (70 $^{\circ}\text{C}$ ×96h)	拉伸强度 \geq	MPa	12	10	5	GB/T 1690
		扯断伸长率 \geq	%	300	300	200	
		体积膨胀率 \leq	%	15	15	15	
8	臭氧老化: 10000×10 ⁻⁸ , 温度40 $^{\circ}\text{C}$, 拉伸20%, 不龟裂	min	120	120	100	GB/T 7762	
9	磨耗量(阿克隆) \leq	cm ³ /1.61km	0.8	1.0	1.2	GB/T 1689	
10	屈挠性、不裂	万次	20	20	10	GB/T13934	

C.3 坝袋

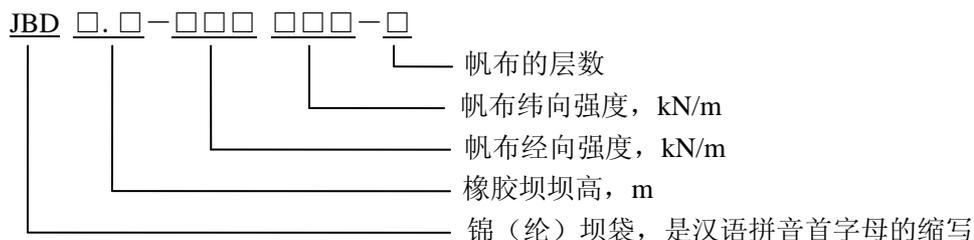
C.3.1 分类

坝袋按胶布的组成结构不同可分为一布两胶、两布三胶、三布四胶等。

坝袋按胶布的拼接方式不同可分为外搭接式坝袋和内搭接式坝袋。

C.3.2 坝袋型号表示方法

坝袋型号由五部分组成, 其表示方法如下:



标记示例:

适用于坝高 2.0m, 每层帆布的经向强度为 100kN/m, 纬向强度为 50kN/m, 采用 2 层帆布制造的锦纶坝袋, 其标记为: JBD2.0-100050-2。

C.3.3 坝袋型号参数

坝袋型号、胶布强度与胶布最小厚度的基本参数见表 C.3.3。

表 C.3.3 坝袋型号参数

坝袋型号	项目	胶布最小厚度 (mm)	
	胶布强度 (kN/m)	锦纶6	锦纶66
JBD1.0-080080-1	68/68	5.2	5.1
JBD1.0-100050-1	85/43	5.2	5.1
JBD1.0-100100-1	85/85	5.2	5.1
JBD1.5-120060-1	102/51	5.3	5.2
JBD1.5-120100-1	102/85	5.3	5.2
JBD1.5-120120-1	102/102	5.3	5.2
JBD1.5-140070-1	119/60	5.3	5.2
JBD1.5-140100-1	119/85	5.4	5.3
JBD1.5-140140-1	119/119	5.4	5.3
JBD1.5-160080-1	136/68	5.4	5.3
JBD1.5-160120-1	136/102	5.4	5.3
JBD1.5-160140-1	136/119	5.5	5.4
JBD1.5-160160-1	136/136	5.5	5.4
JBD2.0-100050-2	160/80	6.3	6.2
JBD2.0-100100-2	160/160	6.5	6.4
JBD2.0-120060-2	192/96	6.6	6.4
JBD2.0-120100-2	192/160	6.6	6.4
JBD2.0-120120-2	192/192	6.7	6.5
JBD2.0-140070-2	224/112	6.6	6.4
JBD2.0-140100-2	224/160	6.7	6.5
JBD2.0-140140-2	224/224	6.8	6.7
JBD2.0-200100-1	170/85	5.6	5.5
JBD2.0-200140-1	170/119	5.7	5.6
JBD2.0-200160-1	170/136	5.8	5.7
JBD2.0-200180-1	170/153	5.8	5.7
JBD2.0-200200-1	170/170	5.9	5.8
JBD2.5-160080-2	256/128	6.7	6.6
JBD2.5-160120-2	256/192	6.9	6.8
JBD2.5-160140-2	256/224	7.0	6.8
JBD2.5-160160-2	256/256	7.1	6.8

项目 坝袋型号	胶布强度(kN/m)	胶布最小厚度 (mm)	
	经/纬 \geq	锦纶6	锦纶66
JBD2.5-180090-2	288/144	7.0	6.8
JBD2.5-180140-2	288/224	7.1	6.9
JBD2.5-180160-2	288/256	7.1	6.7
JBD2.5-180180-2	288/288	7.4	7.2
JBD3.0-200100-2	320/160	7.2	7.0
JBD3.0-200140-2	320/224	7.4	7.2
JBD3.0-200160-2	320/256	7.4	7.2
JBD3.0-200180-2	320/288	7.5	7.3
JBD3.0-200200-2	320/320	7.5	7.3
JBD3.0-220110-2	352/176	7.3	7.1
JBD3.0-220180-2	352/288	7.5	7.3
JBD3.0-220200-2	352/320	7.5	7.3
JBD3.0-220220-2	352/352	7.8	7.7
JBD3.5-260130-2	416/208	7.6	7.3
JBD3.5-260200-2	416/320	7.9	7.7
JBD3.5-260220-2	416/352	8.0	7.8
JBD3.5-260240-2	416/384	8.0	7.8
JBD3.5-260260-2	416/416	8.1	7.9
JBD3.5-280140-2	448/224	7.8	7.6
JBD3.5-280220-2	448/352	8.0	7.8
JBD3.5-280240-2	448/384	8.0	7.8
JBD3.5-280260-2	448/416	8.1	8.0
JBD3.5-280280-2	448/448	8.3	8.2
JBD4.0-240120-3	540/270	9.1	8.8
JBD4.0-240200-3	540/450	9.7	9.5
JBD4.0-240240-3	540/540	10.0	9.7
JBD4.0-260130-3	585/293	9.3	9.0
JBD4.0-260200-3	585/450	9.8	9.6
JBD4.0-260220-3	585/495	9.9	9.7
JBD4.0-260240-3	585/540	10.1	9.8
JBD4.0-260260-3	585/585	10.2	9.8
JBD4.0-300150-2	480/240	8.0	7.8
JBD4.0-300240-2	480/384	8.4	8.2
JBD4.0-300260-2	480/416	8.5	8.3
JBD4.0-300300-2	480/480	8.9	8.5
JBD4.0-320300-2	512/480	9.1	8.6
JBD4.0-320320-2	512/512	9.2	8.7
JBD4.0-340300-2	544/480	9.4	8.8
JBD4.0-340340-2	544/544	9.5	9.0
JBD4.0-360320-2	576/512	9.5	9.0
JBD4.0-360360-2	576/576	9.7	9.2
JBD4.5-280140-3	630/315	9.7	9.2
JBD4.5-280220-3	630/495	10.0	9.5
JBD4.5-280240-3	630/540	10.1	9.6
JBD4.5-280260-3	630/585	10.3	10.0
JBD4.5-280280-3	630/630	10.5	10.2
JBD4.5-300150-3	675/338	9.7	9.5

项目 坝袋型号	胶布强度 (kN/m)	胶布最小厚度 (mm)	
	经/纬 \geq	锦纶6	锦纶66
JBD4.5-300240-3	675/540	10.3	10.0
JBD4.5-300260-3	675/585	10.5	10.1
JBD4.5-300300-3	675/675	11.0	10.5
JBD4.5-400360-2	640/576	10.4	10.1
JBD5.0-340300-3	765/675	11.7	10.9
JBD5.0-340340-3	765/765	12.0	11.3
JBD5.0-360320-3	810/720	12.0	11.3
JBD5.0-360360-3	810/810	12.3	11.5
JBD5.0-400360-3	900/810	13.3	12.9
JBD5.0-460400-2	736/640	10.8	10.5
JBD5.0-500460-2	800/736	11.5	11.0

注：当设计坝高介于两个坝袋型号（坝高）之间时，宜按坝高较高的坝袋型号参数选用

C.3.4 坝袋外观质量

坝袋的外观质量评定要求见表C.3.4。

表C.3.4 坝袋外观质量要求

序号	名称	部位	质量要求
1	凹陷	胶布内外层覆盖胶	凹陷深度每1m ² 范围内允许不超过1/2层胶厚度一处，面积不大于30mm ² 一处；每10m ² 范围内不允许多于三处，超过允许修理
2	缺胶	搭接缝密封胶	不允许，但出现后允许修理
		胶布	缺胶深度每1m ² 范围内允许不超过1/2层胶厚度一处，面积不大于30mm ² 一处；每10m ² 范围内不允许多于三处，超过允许修理
3	帆布断裂	胶布	不允许
4	气泡	胶布内外层覆盖胶	每1m ² 范围内允许有面积不大于100mm ² 一处，但每10m ² 范围内不允许多于三处，超过允许修理
		帆布层间	不允许
		搭接缝密封胶条	每1m范围内允许宽度不大于3mm、长度不大于100mm一处或宽度不大于5mm、长度不大于40mm三处，超过允许修理
5	海绵现象	胶布内外层覆盖胶	不允许
		搭接缝密封胶条	距搭接边缘10mm以外允许有，10mm以内允许修理一次
6	死褶	坝袋及胶布	不允许
		枕式橡胶坝的枕头与坝体连接处	不允许

C.3.5 物理机械性能

坝袋胶布的物理机械性能要求见表C.3.5。

表C.3.5 坝袋胶布物理机械性能要求

序号	项 目	指 标	检 验 依 据
1	胶布厚度(mm)	见表C.3.3	GB/T 7538
2	胶布经向及纬向的拉伸强度 (kN/m)	见表C.3.3	HG/T 2580
3	胶布纬向布幅间的搭接强度 (kN/m)	不小于坝袋纬向设计强度	HG/T 2580
4	胶布经向及纬向拉伸强度的耐热空气老化 (100℃×96h) (kN/m)	为老化前的80%以上	HG/T2580
5	胶布经向及纬向拉伸强度的耐水老化 (70℃×96h) (kN/m)	为老化前的80%以上	GB/T 532, HG/T2580
6	内外层覆盖胶与浸胶帆布层间以及各浸胶帆布层间的粘合强度 (kN/m)	不小于6.0	GB/T 532
7	内外层覆盖胶与浸胶帆布层间以及各浸胶帆布层间的粘合强度耐水老化(70℃×96h) (kN/m)	不小于4.0	

注：1、做热空气老化检验，取硫化好的胶布，按经、纬方向裁 25mm 或 50mm 宽试样，放入 100℃热空气老化箱内，96h 后取出按 HG/T2580 的要求进行试验。

2、做耐水老化检验，取硫化好的胶布按经、纬方向裁 25mm 或 50mm 宽试样，按试验拉伸方向卷曲放入容器内，注满 70℃的热水，密封后放入 70℃热空气老化箱内，96h 后取出按 GB/T532、HG/T2580 进行试验。

3、做橡胶与浸胶胶布粘合强度检验，对单层胶布取未硫化胶布，将外层胶和内层胶与浸胶帆布贴合，采用与坝袋成品胶布相同的硫化条件进行硫化。对双层胶布取硫化胶布。试验按 GB/T 532 的要求进行。

C.4 检验规则

C.4.1 型式检验

1 型式检验每 3 个月进行一次，另外，有下列情况之一时，应进行型式检验：

- 1) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- 2) 结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- 3) 产品长期停产后，恢复生产时；
- 4) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大出入时；
- 5) 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时。

2 试样应由检测部门随机抽出样本，检验项目、样本大小和合格判定数应符合表 C.4.1 的规定。

3 如果样本中的不合格项数小于或等于合格判定数，则判该样本符合本标准的规定，如果样本中的不合格项数大于合格判定数，则判该样本不符合本标准的规定。

表 C.4.1 型式检验项目与合格判定表

序号	检验项目	样本大小	合格判定数
1	锦纶浸胶帆布外观质量 (表 C.1.4 全部项目)	见表 C.1.4	见表 C.1.4
2	锦纶浸胶帆布主要物理性能 (表 C.1.5 中全部项目)	3	0
3	坝袋胶料物理机械性能 (表 C.2.2 中全部项目)	3	0
4	坝袋胶布外观质量 (表 C.3.4 中全部项目)	见表 C.3.4	见表 C.3.4
5	坝袋胶布的物理机械性能 (表 C.3.5 中全部项目)	3	0

C.4.2 出厂检验

- 1 橡胶坝袋须经生产企业质量检验部门检验合格并附有合格证，方可出厂。
- 2 组批
 - 1) 生产工艺和型号相同的浸胶帆布为一批，每批数量不得超过 3000m，批量单位为 m。
 - 2) 胶料每辊为一批，批量单位为 kg。
 - 3) 胶布以每座(跨)坝袋为一批，批量单位为 m²。
- 3 检验项目见表 C.4.2-1。

表 C. 4. 2-1 出厂检验项目与合格判定表

序号	检验项目	样本大小	合格判定数
1	锦纶浸胶帆布外观质量（表 C.1.4 中全部项目）	见表 C.1.4	见表 C.1.4
2	锦纶浸胶帆布主要物理性能（表 C.1.5 中全部项目）	见表 C.4.2-2	见表 C.4.2-2
3	坝袋胶料物理机械性能（表 C.2.2 中的 1~4 项）	见表 C.4.2-2	见表 C.4.2-2
4	坝袋胶布外观质量（表 C.3.4 中全部项目）	见表 C.3.4	见表 C.3.4
5	坝袋胶布的物理机械性能（表 C.3.5 中 1、2 和 5 项）	见表 C.4.2-2	见表 C.4.2-2

4 按 GB/T2828.1 采用一次正常抽样方案，检验取特殊检验水平 S-3，合格质量水平 1.0，抽样方案见表 12，批量单位见 C.4.2-2。

表C. 4. 2-2 抽样方案表

批量范围	样本大小 n	合格判定数 A _c	不合格判定数 R _e
≤25	3	0	1
26~50	3	0	1
51~90	5	0	1
91~150	5	0	1
151~280	8	0	1
281~500	8	0	1
501~1200	13	0	1
1201~3200	13	0	1

5 如果样本中的不合格项数小于或等于合格判定数，则判该样本和交验批符合本标准的规定；如果样本中的不合格项数大于合格判定数，则判该样本和交验批不符合本标准的规定。

C.5 坝袋标志、包装、运输和贮存

C.5.1 标志

每座橡胶坝坝袋要附有坝袋设计加工图纸、合格证、保修单并提供具有法律效力的检验报告或产品认证证书。合格证上应标明产品名称、编号、生产日期、生产单位及标准编号。

C.5.1 运输

橡胶坝袋在运输过程中禁止拖拉，严防机械损伤，避免接触油类酸碱类及有机溶剂等。

C.5.1 贮存

橡胶坝袋长期折叠贮存宜保持在 0℃~35℃之间，并定期展开重叠，在贮存期内不应把坝袋内胶面和底垫片暴露在日光下照晒，距热源不小于两米。

附录 D 锚固构件计算

D.1 螺栓压板式锚固

D.1.1 单位长度螺栓计算荷载应考虑锚固构件的强度、耐久性、锚固力、锈蚀等因素，根据所采用的锚固结构型式计算确定。

D.1.2 螺栓间距应根据采用的压板刚度和螺栓直径进行计算确定。螺栓间距宜取为0.2~0.3m。

D.1.3 每根螺栓承受的荷载可按下式计算

$$Q_0 = \frac{T}{n} k_1 \quad (\text{D.1.3})$$

式中 Q_0 ——每根螺栓承受的荷载；

T ——单位长度螺栓计算荷载，取坝袋径向计算强度值，kN/m；

k_1 ——栓紧力及扭转力的影响系数，取 $k_1=1.75$ ；

n ——单位长度内螺栓根数。

D.1.4 螺栓直径可按下式计算拟定，但不得小于20mm。

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 1.3Q_0}{\pi[\sigma]}} \quad (\text{D.1.4})$$

式中 d ——螺栓直径，cm；

$[\sigma]$ ——螺栓允许拉应力，N/cm²。

D.1.5 螺栓的埋置深度 L_m 可根据螺栓材料的承载力设计值，由混凝土拔拉锥状破坏计算确定，并应不小于表D.1.5的规定值。

表D.1.5 螺栓锚固长表

分 类	螺 纹 钢 筋	光 面 钢 筋
$d \leq 16\text{mm}$ ，凝土标号 $\geq \text{C}20$	20d	15d加弯钩
$d > 16\text{mm}$ ，凝土标号 $< \text{C}20$	25d	20d加弯钩

注：在任何情况下，锚固长度应不小于250mm。

当螺栓埋置深度受到限制时，应在螺栓底部弯勾或开叉，或与基础底板中的预埋钢筋牢固地焊接在一起。

D.1.6 压板强度宜按下式验算

$$\sigma = \frac{M}{W_x} \leq [\sigma] \quad (\text{D.1.6-1})$$

$$M = k_2 \cdot T \cdot L \quad (\text{D.1.6-2})$$

式中 M ——坝袋拉力作用在压板上产生的弯矩， $N \cdot cm$ ；
 L ——力臂，为螺栓中心至压板边缘的距离， cm ；
 k_2 ——安全系数，取 $k_2 \geq 3.0$ ；
 W_x ——抗弯截面系数， cm^3 。

可采用的压板有铸钢、型钢、铸铁或钢筋混凝土块体等。

D.2 楔块挤压式锚固

D.2.1 锚固槽可参照图D.2.1设计，并按下式核算凹槽弯曲应力及槽内壁挤压强度

$$\sigma = \frac{M}{W} \pi [\sigma] \quad (D.2.1-1)$$

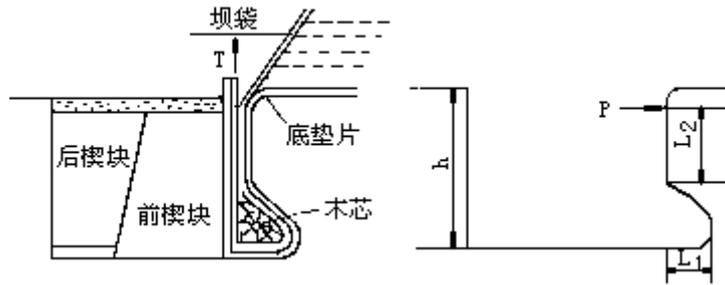
$$M = T \cdot L_1 \quad (D.2.1-2)$$

式中 M ——槽壁弯矩，N·cm；

L_1 ——凹槽深，cm；

$[\sigma]$ ——混凝土允许拉应力，N/cm²。

$[\sigma]$



图D.2.1 楔块锚固计算图

D.2.2 锚固槽挤压强度可按下式验算

$$\sigma = \frac{P}{F} \pi [\sigma] \quad (D.3.2-1)$$

$$P = \frac{k_d \cdot T}{f} \quad (D.3.2-2)$$

$$F = L_2 \cdot l \quad (D.3.2-3)$$

式中 P ——由袋壁径向拉力产生的挤压力，N。

f ——楔块与混凝土槽壁间的摩擦系数，取 $f=0.5$ ；

k_d ——动荷载系数， $k_d=2$ ；

$[\sigma]$ ——混凝土允许压应力，N/cm²；

F ——锚固槽内胶布与槽壁接触的最小面积，cm²。

D.2.3 楔块断面宜设计为梯形，在楔块中应适当配置钢筋。前楔块长度可取为50cm~60cm，后楔块20cm~30cm。楔块混凝土强度应大于C30。

D.2.4 压轴宜采用松木、钢管等。

附录 E 坝袋修理

E.1 防老化涂层

E.1.1 防老化涂层可选用下列 3 种：

1 氯丁橡胶改性涂层。价格较低，附着力强，自硫化快，防老化效果良好。但是难以做成彩色涂料；

2 氯磺化聚乙烯涂层。具有良好的耐阳光，耐臭氧，耐大气老化等性能，并且耐燃烧，耐化学腐蚀，吸水性低，可以制成彩色涂料，防老化性能比氯丁橡胶改性涂层好；

3 聚醚酯聚氨酯涂层。具有强度高，弹性好，耐臭氧及紫外线辐射的作用。可以制成彩色涂料，防老化效果优良。

E.1.2 施工工序可按如下步骤进行：

1 坝袋需涂的表面清洗干净；

2 需涂部位打磨成粗糙面，并用汽油擦洗干净；

3 油漆刷蘸上配制好的涂料涂刷在已打磨干净的坝袋表面上。底层涂 1~2 遍，外层涂 2~3 遍。次序是：先涂内层，按坝袋的水流方向先纵刷一遍，待干后再横刷一遍。后涂面层，亦按水流方向先纵刷一遍，待干后再横刷一遍，最后再纵刷一遍。如此交替进行，每遍间隔时间以溶剂挥发干涂层不沾手为宜，涂完后让其静置 7~10 天才能使用。

E.1.3 涂防老化涂层注意以下事项：

1 施工不宜在阴雨、潮湿或风沙大的天气进行；

2 涂刷时必须上下、左右均匀用力，不偏刷，不流挂，不干拖；

3 被涂表面有刷毛、水滴、污物等应及时清除干净；

4 涂层未干透时，不得随意折叠、碰击或踩踏。

E.2 坝袋修补

E.2.1 坝袋修补方法应视坝袋破损的部位和大小来选用修补方法。在水上的部位，可用冷粘法修补；在水下部位宜采用水下抢修法。

E.2.2 粘接修补可按下列步骤进行：首先，将破坏处用抹布清洗干净，用砂轮或锉把破损处以及被粘胶片（胶布）打磨起毛，胶屑用毛扫和汽油清除干净。然后，在干净的打毛面上涂刷事先制好的胶粘剂 2~3 遍，每遍间隔时间 10min~20min（视当地天气而定，以溶剂挥发干不粘手为准），然后将粘接的两面对正贴合，由中间向四周逐步压实，用手滚（木棍）来回压紧。最后，用夹具（砂袋、重物）平压在被粘物上，停放 8~24 小时后才可使用。

E.2.3 粘接修补注意事项：

1 不宜在低温和潮湿（雨天）时进行修补，最适宜的环境温度为 15℃~25℃，相对湿度为 70% 以下；

2 修补的胶布（胶片）面积必须大于受损面积；

3 粘合胶面应打毛和清洗干净后才能涂上胶粘剂，打毛时应平整、均匀、无亮处，但不得损伤布层；

4 胶粘剂应涂刷均匀，不应过厚或有疙瘩；溶剂未挥发干，不宜过早（过迟）粘合。

E.2.4 水下抢修：坝袋在运行中，当出现小的孔洞漏水时，可用塔式急救塞（橡胶塞）堵孔。如贯穿孔较大或局部撕裂面积较大时，可采用钢板螺栓组合的夹补法抢修。

E.2.5 水下抢修应注意下列事项

- 1 底垫压板与螺栓头先焊牢，以免拧紧螺帽时螺栓转动；
- 2 用手摇钻沿破损面的孔部周边钻孔，用螺栓压板将裂口盖密实夹紧，不漏水。待有条件时，将螺栓压板拆除，在现场干燥条件下进行粘接修补。

规范用词说明

对执行本规范严格程度的用词，采用下列写法：

1 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

2 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

3 表示允许有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”或“可”；反面词采用“不宜”。

4. 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”或“可参照……执行”。

引用标准名录

序号	标准代号	标准名称
1	GB/T 528	硫化橡胶或热塑性橡胶拉伸应力应变性能的测定
2	GB/T 531	橡胶袖珍硬度计压入硬度试验方法
3	GB/T 532	硫化橡胶或热塑性橡胶与织物粘合强度的测定
4	GB/T 1682	硫化橡胶低温脆性的测定 单试样法
5	GB/T 1689	硫化橡胶耐磨性能的测定（用阿克隆磨耗机）
6	GB/T 1690	硫化橡胶耐液体试验方法
7	GB/T 2828.1	计数抽样检验程序 第 1 部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划
8	GB/T 3512	硫化橡胶或热塑性橡胶 热空气加速老化和耐热试验
9	GB/T 7538	橡胶涂覆织物整卷特性的测定
10	GB/T 7762	硫化橡胶耐臭氧老化试验 静态拉伸试验方法
11	GB/T 9881	橡胶与橡胶制品通用术语
12	GB/T 13934	硫化橡胶屈挠龟裂的测定
13	GB50201	防洪标准
14	GB/T50265	泵站设计规范
15	FZ/T 10003	帆布织物试验方法
16	HG/T 2580	橡胶塑料涂覆织物拉伸强度和扯断伸长率的测定
17	SL27	水闸施工规范
18	SL75	水闸技术管理规程
19	SL55	中小型水利水电工程地质勘察规范
20	SL/T191	水工混凝土结构设计规范
21	SL223	水利水电建设工程验收规程
22	SDJ249	水利水电基本建设工程单元工程质量等级评定标准
23	SL252	水利水电工程等级划分及洪水标准
24	SL265	水闸设计规范
25	SL204	开发建设项目水土保持方案技术规范
26	HJ/T88	环境影响评价技术导则——水利水电工程
27	SL72	水利建设项目经济评价规范

中华人民共和国国家标准

橡胶坝技术规范

GB 50XXX—201X

条文说明

(征求意见稿)

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。它是本世纪 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 40 多年来的实践经验，制定本规范。

1.0.2 我国已建成的橡胶坝工程中坝高绝大多数低于 5m，单跨长度一般为 50m~100m，使用寿命可达 20 年以上。近年来，在已建成的为数不多的坝高超过 5 米以上的橡胶坝工程中，在实际工程中应用考核的时间尚短，有的工程存在着一些问题，故规定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 近些年来，橡胶坝工程被大量用于城镇河道蓄水以改善城市生态环境，是谋求当地社会效益、经济效益以及综合开发城市河道及两岸土地资源的主要工程措施之一。故要求建于人居和水利风景等区域的橡胶坝，在满足工程安全可靠的前提下，宜以筑美学的理念，人、水、坝、周围建筑等要素相和谐的原则，进行橡胶坝工程的规划布局、结构与运用管理。

1.0.4 橡胶坝工程建设和管理涉及的有关标准和规范见引用标准名录，这些相互作用和相互依赖的标准规范组合成能完成橡胶坝建设和管理等预定功能的标准体系。所有被引用标准规范中的条款通过本规范的引用而成为本规范的条款。凡是不注日期的引用标准规范，其最新版本适用于本规范。

3 工程规划

3.1 基本资料

3.1.1 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、供销和调运费用；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、存在的主要问题和发展趋势；②工程兴建后可能引起的环境因素变化等。

3.2 坝址选择

3.2.2 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。

3.2.3 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。

3.3 工程规模及枢纽布置

3.3.1 据统计 40 多年来已建成的 3000 多座橡胶坝工程中，早期的主要是为生产服务，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。

随着近些年来在城镇河道上大量兴建橡胶坝工程用以改善城市生态环境，人们在橡胶坝挡水形成的水域内游玩，橡胶坝的安全直接涉及人们的人身安全，故要求适当提高橡胶坝工程等级标准。

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。

3.3.2 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：包括充胀和坍落坝体的充排设备、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的关系，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，坍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1:2~1:4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，而且要加强橡胶坝袋振动磨损的观测，及时修补。

4)建在弯道河段的橡胶坝。本规范不建议在河流弯道附近兴建橡胶坝。若因地形或其它条件所限，需在弯道河段兴建橡胶坝时，应论证弯道水流对橡胶坝坝袋安全运行的影响问题。这主要是因为，在河道弯道下游建坝，由于弯道水流作用，过坝水流不均匀，水流流态不稳，极易引起坝袋的振动，这方面已有工程失败的例子。

3.3.3 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20m~30m为宜。

多段式橡胶坝，坝长是指所有坝袋长度之和。

3.3.4 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。

3.3.5 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，是指坝上游为设计水位，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坍肩和褶皱处溢水的影响。对于在坝底板上设下凹式螺栓压板锚固槽的，在坝袋径向强度计算中应考虑锚固槽深度对设计坝高的影响。

橡胶坝的泄流量，可按附录 A 的公式计算。

3.3.6 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 0.3m~0.6m。底板厚度常采用 0.5m~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 0.5m~2m。

3.3.8 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，或在坍落过程中，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 1:3~1:4。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。

3.3.11 多跨橡胶坝应用中墩分开，距离由单跨长度定。墩厚不小于 0.5m，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 0.5m~1.0m。

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。

4 工程设计

4.1 坝袋

4.1.1 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。

4.1.2 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,单跨长度不宜超过 80m,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。

4.1.4 设计内外压比 $\alpha = H_0/H_1$, 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外压比最低为 1.25,大多数选取的范围是 1.3~1.6。充气橡胶坝的内外压比选取的范围为 0.75~1.10。

采用堵头式锚固的,内外压过大时坝袋坍肩现象严重,不应选择过大的内外压比,一般不超过 1.4。

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

4.1.5 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。

表 C.3.3 给出的坝袋胶布经向和纬向强度值,已经考虑了上述因素,故在计算坝袋

强度安全系数时可直接采用表 C.3.中的胶布强度值

4.1.6 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。

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。

4.1.7 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.2.1 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。

4.2 锚固结构

4.2.1 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二类：

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，当坝高超过3m时就不宜采用楔块挤压式锚固，重要工程应由锚固结构试验确定。

4.2.3 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1/3。

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，也宜采用双线锚固布置。

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，坡端坝高一般可取1.1~1.2倍设计坝高。

4.2.4 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。

4.3 控制系统

4.3.1 橡胶坝充、坍坝时间的选用应根据工程的具体运用条件确定，尤其是坍坝时间必须满足河道防汛对行洪的要求。根据国内已建橡胶坝工程的统计，其充坝时间为2h~3h，坍坝时间为1h~2h。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，不能及时坍坝，可能造成洪水漫滩或漫坝，由此带来严重后果，其充、坍坝时间或运用方式应作专门研究。

双锚固坝的坝袋内亦可设置导水(气)管，用以排除坝内水(气)。

4.3.2 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坝的橡胶坝工程，亦可采用自流坍坝。

4.3.4 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：

$$Q = \frac{V}{nt} \quad (4.3.4-1)$$

式中 Q ——计算的水泵所需最小流量, m^3/h ;
 V ——坝袋充水容积, m^3
 n ——水泵台数;
 t ——充坝或坍塌所要求的最短时间, 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:

$$H_B = (\nabla_1 - \nabla_2) + \Delta H \quad (4.3.4-2)$$

式中 H_B ——水泵所需的扬程, m ;
 ∇_1 ——水泵出水管管口高程, m ;
 ∇_2 ——水泵吸水管最低水位, m ;
 ΔH ——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:

$$\nabla_1 = \alpha H_1 + \nabla_3 \quad (4.3.4-3)$$

式中 α ——坝袋内外压比;

H_1 ——坝高, m ;

∇_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、设计内外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:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} \quad (4.3.4-4)$$

式中 Q ——管段内最大计算流量, m^3/s ;
 v ——管道采用的计算流速, 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 $1.2\text{m}/\text{s} \sim 2\text{m}/\text{s}$ 中选取, 压水管中的流速在 $2\text{m}/\text{s} \sim 5\text{m}/\text{s}$ 中选取, 气体流速在 $10\text{m}/\text{s} \sim 20\text{m}/\text{s}$ 中选取。

4.4 安全与观测设备

4.4.1 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。

4.4.2 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。随着我国水利工程管理水平的逐步提高,我国一些橡胶坝工程已开始采用计算机自控系统,如采用摄像头实时监测坝袋运行状况,采用自动水位传感器监测水位等。

3)坝袋内压观测,充气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,当采用计算机自控系统时,应采用压力传感器。

4.5 土建工程

4.5.2 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。

4.5.3 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。

4.5.4 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

$$L_d=L+l_1+l_2+l_3 \quad (4.5.4-1)$$

当双向坍落时(此时对称布置)

$$L_d=L+l_1+l_2+2l_3 \quad (4.5.4-2)$$

$$l_3=L_0/2-L \quad (4.5.4-3)$$

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 0.5m~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。

4.5.5 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 1.5m~2.0m。

4.5.6 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。

4.5.7 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。坍塌时应根据溢流水深、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。

根据橡胶坝的特点，坍塌泄洪时其上下游水位、过坝流量是变化的，因此在设计消力池时，应对坍塌过程中可能出现的各种水力条件及水位组合情况进行计算，选取最不利组合情况下的计算值，作为选定消力池的深度、长度和底板厚度的依据，使其能满足消散动能与均匀扩散水流的要求，且应与下游河道有良好的衔接。

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 0.3m~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 0.3m~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 1cm~2cm 的卵石、砾石、碎石等做成，平铺在地基上，厚度 0.2cm~0.6m。排水设施和地基土壤接触处容易发生破坏，应予注意。

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。

4.5.8 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，远大于按充气水坝坍塌，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。

4.5.11 采用堵头式锚固的橡胶坝，充坝时在坝袋和边墙(中墩)结合部位出现坍塌现象，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塌影响。

5 施工安装

5.1 一般规定

5.1.2~5.1.3 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。坝址上游如有支叉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。

5.1.6 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。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的资料。

5.2 土建工程施工

5.2.1 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。

5.2.2 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。

5.2.3 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。必须在基础底板上设置锚固槽，槽的尺寸允许偏差为±5mm，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±2mm；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° 左右。

5.3 控制、安全和观测系统施工

5.3.1 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。

5.3.2 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。

5.3.3 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。

5.4 坝袋安装

5.4.2 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。

5.4.3 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。

6 运行管理

6.1 一般规定

6.1.1 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，一个较好地橡胶坝工程，由于管理不善或无人管理，工程出现了缺陷，没有及时的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用管理的基础和保证。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。

6.1.2 橡胶坝工程管理机构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。

6.1.3 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。

6.1.4 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。

6.2 检查观测

6.2.2 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状况时，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、劈裂以及生物化学浸蚀等。

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，安全溢流孔有无堵塞损坏。

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坍落区底板是否光滑，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，河流水质有无污染；

16)照明、通讯、安全防护设施及信号标志是否完好。

6.2.3 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。当发现漩涡、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。

6.2.4 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。

6.3 维护修理

6.3.1 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。

6.3.2 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 13a~25a;统计我国已建橡胶坝工程,坝袋使用寿命一般为 15a~20a。

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。

6.4 运行控制

6.4.1 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。

6.4.2 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 1/2~2/3 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。

6.4.4 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。

6.4.5 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、下游水深的不利组合。

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。

6.4.6 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 0.3m~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坝。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。

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