

泵站设计规范

关于发布国家标准《泵站设计规范》的通知

建标〔1997〕134号

根据国家计委计综〔1986〕2630号文和建设部建标〔1991〕727号文的要求，由水利部会同有关部门共同制订的《泵站设计规范》，已经有关部门会审。现批准《泵站设计规范》GB/T 50265-97为推荐性国家标准，自1997年9月1日起施行。

本规范由水利部负责管理，具体解释等工作由北京水利水电管理干部学院负责，出版发行由建设部标准定额研究所负责组织。

中华人民共和国建设部
一九九七年六月二日

中华人民共和国国家标准

泵 站 设 计 规 范

Design code for pumping station

GB/T 50265-97

主编部门：中华人民共和国水利部

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：1997年9月1日 1997年9月1日

1 总 则

1.0.1 为统一泵站设计标准，保证泵站设计质量，使泵站工程技术先进、安全可靠、经济合理、运行管理方便，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建、扩建或改建的大、中型灌溉、排水及工业、城镇供水泵站的设计。

1.0.3 泵站设计应广泛搜集和整理基本资料。基本资料应经过分析鉴事实上，准确可靠，满足设计要求。

1.0.4 泵站设计应吸取实践经验，进行必要的科学实验，节省能源，积极采用新技术、新材料、新设备和新工艺。

1.0.5 泵站设计除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准、规范的规定。

2 泵站等级划分

2.0.1 泵站的规模，应根据流域或地区规划所规定的任务，以近期目标为主，并考虑远景发展要求，综合分析确定。

2.0.2 灌溉、排水泵站应根据装机流量与装机功率分等，其等别应按表 2.0.2 确定。

表 2.0.2 灌溉、排水泵站分等指标

泵站等别	泵站规模	分等指标	
		装机流量 (m^3/s)	装机功率 (10^4kW 中)
I	大(1)型	≥ 200	≥ 3
II	小(2)型	$200 \sim 50$	$3 \sim 1$
III	中型	$50 \sim 10$	$1 \sim 0.1$
IV	小(1)型	$10 \sim 2$	$0.1 \sim 0.01$
V	小(2)型	< 2	< 0.01

注：(1)装机流量、装机功率系指单站指标，且包括备用机组在内；
 (2)由多级或多座泵站联合组成的泵站工程的等别，可按其整个系统的分等指标确定；
 (3)当泵站按分等指标分离两个不同等别时，应以其中的高等别为准。

2.0.3 对工业、城镇供水泵站等别的划分，应根据供水对象、供水规模和重量性确定。

2.0.4 直接挡洪的堤身式泵站，其等别应不低于防洪堤的工程等别。

2.0.5 泵站建筑物应根据泵站所属等别及其在泵站中的作用和重要性分级，其级别应按表 2.0.5 确定。

表 2.0.5 泵站建筑物级别划分

泵站等别	永久性建筑物级别		临时性建筑物级别
	主要建筑物	次要建筑物	
I	1	3	4
II	2	3	4
III	3	4	5
IV	4	5	5
V	5	5	-

注：(1)永久性建筑物系指泵站运行期间使用的建筑物，根据其重要性分为主要建筑物和次

要建筑物。主要建筑物系指失事后造成灾害或严重影响泵站使用的建筑物，如泵房，进水闸，引渠，进、出水池，出水管道和变电设施等；次要建筑物系指失事后不致造成灾害或对泵站使用影响不大并易于修复的建筑物，如挡土墙、导水墙和护岸等。

(2)临时性建筑物系指泵站施工期间使用的建筑物，如导流建筑物、施工围堰等。

2.0.6 对位置特别重要的泵站，其主要建筑物失事后将造成重大损失，或站址地质条件特别复杂，或采用实践经验较少的新型结构者，经过论证后可提高其级别

3 泵站主要设计参数

3.1 防洪标准

3.1.1 泵站建筑物防洪标准应按表 3.1.1 确定。

表 3.1.1 泵站建筑物防洪标准

泵站建筑物 级别	洪水重现期(年)	
	设计	校核
1	100	300
2	50	200
3	30	100
4	20	50
5	10	20

注：修建在河流、湖泊或平原水库边的堤身式泵站，其建筑物防洪标准不应低于堤坝现有防洪标准。

3.1.2 对于受潮汐影响的泵站，其挡潮水位的重现期应根据工程等级，结合历史最高潮水位，按表 3.1.1 规定的设计标准确定。

3.2 设计流量

3.2.1 灌溉泵站设计流量应根据设计灌水率、灌溉面积、渠系水利用系数及灌区内调蓄容积等综合分析计算确定。

3.2.2 排水泵站排涝设计流量及其过程线，可根据排涝标准、排涝方式、排涝面积及调蓄容积等综合分析计算确定。

排水泵站排渍设计流量可根据地下水排水模数与排水面积计算确定。

3.2.3 供水泵站设计流量应根据供水对象的用水量标准确定。

3.3 特征水位

3.3.1 灌溉泵站进水池水位应按下列规定采用：

3.3.1.1 防洪水位：按本规范 3.1.1 的规定确定。

3.3.1.2 设计水位：从河流、湖泊或水库取水时，取历年灌溉期水源保证率为 85%~95% 的日平均或旬平均水位；从渠道取水时，取渠道通过设计流量时的水位。

3.3.1.3 最高运行水位：从河流、湖泊取水时，取重现期 5~10 年一遇洪水的日平均水位；从库取水时，根据水库调蓄性能论证确定；从渠道取水时，取渠道通过加大流量时的水位。

3.3.1.4 最低运行水位：从河流、湖泊或水库取水时，取历年灌溉期水源保证率 95%~97% 的最低日平均水位；从渠道取水时，取渠道通过单泵流量时的水位。

受潮汐影响的泵站，其最低运行水位取历年灌溉期水源保证率为 95%~97% 的日最低潮水位。

3.3.1.5 平均水位：从河流、湖泊或水库取水时，取灌溉期多年日平均水位；从渠道取水时，取渠道通过平均流量时的水位。

3.3.1.6 上述水位均应扣除从取水口至进水池的水力损失。从河床不稳定的河道取水时，尚应考虑河床变化的影响，方可作为进水池相应特征水位。

3.3.2 灌溉泵站出水池水位应按下列规定采用：

3.3.2.1 最高水位：当出水池接输水河道时，取输水河道的校核洪水位；当出水池接输水渠道时，取与泵站最大流量相应的水位。

3.3.2.2 设计水位：取按灌溉设计流量和灌区控制高程的要求推算到出水池的水位。

3.3.2.3 最高运行水位：取与泵站加大流量相应的水位。

3.3.2.4 最低运行水位：取与泵站单泵流量相应的水位；有通航要求的输水河道，取最低通航水位。

3.3.2.5 平均水位：取灌溉期多年日平均水位。

3.3.3 排水泵站进水池水位应按下列规定采用：

3.3.3.1 最高水位：取排水区建站后重现期 10~20 年一遇的内涝水位。

3.3.3.2 设计水位：取由排水区设计排涝水位推算到站前的水位；对有集中调蓄区或与内排站联合运行的泵站，取由调蓄区设计水位或内排出站出水池设计水位推算到站前的水位。

3.3.3.3 最高运行水位：取按排水区允许最高涝水位的要求推算到站前的水位；对有集中调蓄区或与内排站联合运行的泵站，取由调蓄区最高调蓄水位或内排站出水池最高运行水位推算到站前的水位。

3.3.3.4 最低运行水位：取按降低地下水埋深或调蓄区允许最低水位的要求推算到站前的水位。

3.3.3.5 平均水位：取与设计水位相同的水位。

3.3.4 排水泵站出水池水位应按下列规定采用：

3.3.4.1 防洪水位：按本规范表 3.1.1 的规定确定。

3.3.4.2 设计水痊：取承泄区重现期 5~10 年一遇洪水的 3~5 日平均水位。

当承泄区为感潮河段时，取重现期 5~10 年一遇的 3~5 日平均潮水位。

对特别重要的排水泵站，可适当提高排涝标准。

3.3.4.3 最高运行水位：当承泄区水位变化幅度较小，水泵在设计洪水位能正常运

行时，取设计洪水位。当承泄区水位变化幅度较大时，取重现期 10~20 年一遇洪水的 3~5 日平均水位。

当承泄区为感潮河段时，取重现期 10~20 年一遇的 3~5 日平均潮水位。

对特别重要的排水泵站，可适当提高排涝标准。

3.3.4.4 最低运行水位：取承泄区历年排水期最低水位或最低潮水位的平均值。

3.3.4.5 平均水位：取承泄区排水期多年日平均水位或多年日平均潮水位。

3.3.5 供水泵站进水池水位应按下列规定采用：

3.3.5.1 防洪水位：按本规范表 3.1.1 的规定确定。

3.3.5.2 设计水位：从河流、湖泊或水库取水时，取水源保证率为 95%~97% 的日平均或旬平均水位；从渠道取水时，取渠道通过设计流量时的水位。

3.3.5.3 最高运行水位：从河流、湖泊取水时，取重现期 10~20 年一遇洪水的日平均水位；从水库取水时，根据水库调蓄性能论证确定；从渠道取水时，取渠道通过加大流量时的水位。

3.3.5.4 最低运行水位：从河流、湖泊或水库取水时，取水源保证率为 97%~99% 的最低日平均水位；从渠道取水时，取渠道通过单泵流量时的水位。

3.3.5.5 平均水位：从河流、湖泊或水库取水时，取多年日平均水位；从渠道取水时，取渠道通过平均流量时的水位。

3.3.5.6 上述水位均应扣除从取水口至进水池的水力损失。从河床不稳定的河道取水时，尚应考虑河床变化的影响，方可作为进水池相应特征水位。

3.3.6 供水泵站出水池水位应按下列规定采用：

3.3.6.1 最高水位：取输水渠道的校核水位。

3.3.6.2 设计水位：取与泵站设计流量相应的水位。

3.3.6.3 最高运行水位：取与泵站加大流量相应的水位。

3.3.6.4 最低运行水位：取与泵站单泵流量相应的水位。

3.3.6.5 平均水位：取输水渠道通过平均流量时的水位。

3.3.7 灌排结合泵站的特征水位，可根据本规范 3.3.1~3.3.4 的规定进行综合分析确定。

3.4 特征扬程

3.4.1 设计扬程：应按泵站进、出水池设计水位差，并计入水力损失确定。

在设计扬程下，应满足泵站设计流量要求。

3.4.2 平均扬程：可按(3.4.2)式计算加权平均净扬程，并计入水力损失确定；或按泵站进、出水池平均水位差，并计入水力损失确定。

$$H = \sum H_i Q_{i1} / \sum Q_{i1} \quad (3.4.2)$$

式中：H——加权平均净扬程(m)；

H_i ——第 i 时段泵站进、出水池运行水位差(m)；

Q_i ——第 i 时段泵站提水流量(m³/s)；

t_i ——第 i 时段历时(d)。

在平均扬程下，水泵应在高效区工作。

3.4.3 最高扬程：应按泵站出水池最高运行水位与进水池最低运行水位之差，并计入水力损失确定。

3.4.4 最低扬程：应按泵站进水池最高运行水位与出水池最低运行水位之差，并计入水力损失确定。

4 站址选择

4.1 一般规定

4.1.1 泵站站址应根据流域（地区）治理或城镇建设的总体规划、泵站规模、运行特点和综合利用要求，考虑地形、地质、水源或承泄区、电源、枢纽布置、对外交通、占地、拆迁、施工、管理等因素以及扩建的可能性，经技术经济比较选定。

4.1.2 山丘区泵站站址宜选择在地形开阔、岸坡适宜、有利于工程布置的地点。

4.1.3 泵站站址宜选择在岩土坚实、抗渗性能良好的天然地基上，不应设在大的和活动性的断裂构造带以及其它不良地质地段。

选择站址时，如遇淤泥、流沙、湿陷性黄土、膨胀土等地基，应慎重研究确定基础类型和地基处理措施。

4.2 不同类型泵站站址选择

4.2.1 由河流、湖泊、渠道取水的灌溉泵站，其站址应选择在有利于控制提水灌溉范围，使输水系统布置比较经济的地点。

灌溉泵站取水口应选择在主流稳定靠岸，能保证引水，有利于防洪、防沙、防冰及防污的河段；否则，应采取相应的措施。由潮汐河道取水的灌溉泵站取水口，还应符合淡水水源充沛、水质适宜灌溉的要求。

4.2.2 直接从水库取水的灌溉泵站，其站址应根据灌区与水库的相对位置和水库水位变化情况，研究论证库区或坝后取水的技术可靠性和经济合理性，选择在岸坡稳定、靠近灌区、取水方便、少受泥沙淤积影响的地点。

4.2.3 排水泵站站址应选择在排水区地势低洼、能汇集排水区涝水，且靠近承泄区的地点。

排水泵站出水口不宜设在迎溜、岸崩或淤积严重的河段。

4.2.4 灌排结合泵站站址，应根据有利于外水内引和内水外排，灌溉水源水质不被污染和不致引起或加重土壤盐渍化，并兼顾灌排渠系的合理布置等要求，经济合比较选定。

4.2.5 供水泵站站址应选择在城镇、工矿区上游，河床稳定、水源可靠、水质良好、取水方便的河段。

4.2.6 梯级泵站站址应根据总功率最小的原则，结合各站站址地形、地质条件，经济比较选定。

5 总体布置

5.1 一般规定

5.1.1 泵站的总体布置应根据站址的地形、地质、水流、泥沙、供电、环境等条件，结合整个水利枢纽或供水系统布局，综合利用要求，机组型式等，做到布置合理，有利施工，运行安全，管理方便，少占耕地，美观协调。

5.1.2 泵站的总体布置应包括泵房，进、出水建筑物，专用变电站，其它枢纽建筑物和工程管理用房、职工住房，内外交通、通信、以及其它维护管理设施的布置。

5.1.3 站区布置应满足防火安全、卫生防护和环境绿化等要求，泵房附近和职工生活区宜列为绿化重点地段。

5.1.4 泵站室外专用变电站应靠近辅机房布置，宜与安装检修间同一高程，并应满足变电设备的安装检修、运输通道、进线出线、防火防爆等要求。

5.1.5 站区内交通布置应满足机电设备运输、运行人员上下班方便的要求，并应延伸至辅机房和安装检修间门前。道路的最大纵坡应符合国家现行标准《公路工程技术标准》的规定。

5.1.6 具有泄洪任务的水利枢纽，泵房与泄洪建筑物之间应有分隔设施；具有通航任务的水利枢纽，泵房与通航建筑物之间应有足够的安全距离及安全设施。

5.1.7 对于建造在污物、杂草较多的河流上的泵站，应设置专用的拦污、清污设施，其位置宜设在引渠末端或前池入口处。站内交通桥宜结合拦污栅设置。

5.1.8 当泵站进水引渠或出水干渠与铁路、公路干道交叉时，泵站进、出水池与铁路桥、公路桥之间的距离不宜小于 100m。

5.1.9 对于水流条件复杂的大型泵站枢纽布置，应通过水工整体模型试验论证。

5.2 泵站布置型式

5.2.1 由河流取水的灌溉泵站，当河道岸边坡度较缓时，宜采用引水式布置，并应在引渠渠首设进水闸；当河道岸边坡度较陡时，宜采用岸边式布置，其进水建筑前缘宜与岸边

齐平或稍向水源凸出。

由渠道取水的灌溉泵站，宜在渠道取水口下游侧设节制闸。

由湖泊取水的灌溉泵站，可根据湖泊岸边地形、水位变化幅度等，采用引水式或岸边式布置。

由水库取水的灌溉泵站，可根据水库岸边地形、水位变化幅度及农作物对水温要求等，采用竖井式（干室型）、缆车式、浮船式或潜没式泵房布置。

5.2.2 在具有部分自排条件的地点建排水泵站，泵站宜与排水闸合建；当建站地点已建有排水闸时，排水泵站宜与排水闸分建。排水泵站宜采用正向进水和正向出水的方式。

5.2.3 灌排结合泵站，当水位变化幅度不大或扬程较低时，可采用双向流道的泵房布置型式；当水位变化幅度较大或扬程较高时，可采用单向流道的泵房布置型式，另建配套涵闸，但配套涵闸与泵站之间应有适当的距离，其过流能力应与泵站机组抽水能力相适应。

5.2.4 供水泵站的布置型式，应符合现行国家标准《室外给水设计规范》的规定。

5.2.5 建于堤防处且地基条件较好的低扬程、大流量泵站，宜采用堤身式布置；而扬程较高或地基条件稍差或建于重要堤防处的泵站，宜采用堤后式布置。

5.2.6 从多泥沙河流上取水的泵站，当具备自流引水沉沙、冲沙条件时，应在引渠上布置沉沙、冲沙或清淤设施；当不具备自流引水沉沙、冲沙条件时，可在岸边设低扬程泵站，布置沉沙、冲沙及其它排沙设施。

5.2.7 对于运行时水源有冰凌的泵站，应有防冰、导冰设施。

5.2.8 在深挖方地带修建泵站，应合理确定泵房的开挖深度，减少地下水对泵站运行的不利影响，并应采取必要的通风、采暖和采光等措施。

5.2.9 紧靠山坡、溪沟修建泵站，应设置排泄山洪和防止局部滑坡、滚石等的工程措施。

6 泵房设计

6.1 泵房布置

6.1.1 泵房布置应根据泵站的总体布置要求和站址地质条件，机电设备型号和参数，进、出水流道（或管道），电源进线方向，对外交通以及有利于泵房施工、机组安装与检修和工程管理等，经技术经济比较确定。

6.1.2 泵房布置应符合下列规定：

6.1.2.1 满足机电设备布置、安装、运行和检修的要求。

6.1.2.2 满足泵房结构布置的要求。

6.1.2.3 满足泵房内通风、采暖和采光要求，并符合防潮、防火、防噪声等技术规定。

6.1.2.4 满足内外交通运输的要求。

6.1.2.5 注意建筑造型，做到布置合理，适用美观。

6.1.3 泵房挡水部位顶部安全超高不应小于表 6.1.3 的规定。

表 6.1.3 泵房挡水部位顶部安全超高下限值

泵级建筑物级别				
安全超高(m)	1	2	3	4.5
运用情况				
设计	0.7	0.5	0.4	0.3
校核	0.5	0.4	0.3	0.2

注：(1)安全超高系指波浪、壅浪计算高程以上距离泵房挡水部位顶部的高度；

(2)设计运用情况系指泵站在设计水位时运用的情况，校核运用情况系指泵站在最高运行水位或洪（涝）水位时运用的情况。

6.1.4 主机组间距应根据机电设备和建筑结构布置的要求确定，并应符合本规范 9.11.2～9.11.5 的规定。

6.1.5 主泵房长度应根据主机组台数、布置形式、机组间距，边机组段长度和安装检修间的布置等因素确定，并应满足机组吊运和泵房内部交通的要求。

6.1.6 主泵房宽度应根据主机组及辅助设备、电气设备布置要求，进、出水流道（或管道）的尺寸，工作通道宽度，进、出水侧必需的设备吊运要求等因素，结合起吊设备的标准跨度确定，并应符合本规范 9.11.7 的规定。

立式机组主泵房水泵层宽度的确定，还应考虑集水、排水廊道的布置要求等因素。

6.1.7 主泵房各层高度应根据主机组及辅助设备、电气设备的布置，机组的安装、运行、检修，设备吊运以及泵房内通风、采暖和采光要求等因素确定，并应符合本规范 9.11.8～9.11.10 的规定。

6.1.8 主泵房水泵层底板高程应根据水泵安装高程和进水流道（含吸水室）布置或管道安装要求等因素确定。水泵安装高程应根据本规范 9.1.10 规定的要求，结合泵房处的地形、地质条件综合确定。

主泵房电动机层楼板高程应根据水泵安装高程和泵轴、电动机轴的长度等因素确定。

6.1.9 安装在主泵房机组周围的辅助设备、电气设备及管道、电缆道，其布置应避免交叉干扰。

6.1.10 辅机房宜设置在紧靠主泵房的一端或出水侧，其尺寸应根据辅助设备布置、安装、运行和检修等要求确定，且应与泵房总体布置相协调。

6.1.11 安装检修间宜设置在主泵房内对外交通运输方便的一端或进水侧，其尺寸应根

据主机组安装、检修要求确定，并应符合本规范 9.11.6 的规定。

6.1.12 当主泵房分为多层时，各层楼板均应设置吊物孔，其位置应在同一垂线上，并在起吊设备的工作范围之内。

吊物孔的尺寸应按吊运的最大部件或设备外形尺寸各边加 0.2m 的安全距离确定。

6.1.13 主泵房对外至少应有两个出口，其中一个应能满足运输最大部件或设备的要求。

6.1.14 立式机组主泵房电动机层的进水侧或出水侧应设主通道，其它各层应设置不少于一条的主通道。主通道宽度不宜小于 1.5m，一般通道宽度不宜小于 1.0m。吊运设备时，被吊设备与固定物的距离不宜小于 0.3m。

卧式机组主泵房内宜在管道顶部设工作通道。

6.1.15 当主泵房分为多层时，各层应设 1~2 道楼梯。主楼梯宽度不宜小于 1.0m，坡度不宜大于 40°，楼梯的垂直净空不宜小于 2.0m。

6.1.16 立式机组主泵房内的水下各层或卧式机组主泵房内，四周均应设将渗水汇入集水廊道或集水井的排水沟。

6.1.17 主泵房顺水流向的永久变形缝（包括沉降缝、伸缩缝）的设置，应根据泵房结构型式、地基条件等因素确定。土基上的缝距不宜大于 30m，岩基上的缝距不宜大于 20m。缝的宽度不宜小于 2.0cm。

6.1.18 主泵房排架的布置，应根据机组设备安装、检修的要求，结合泵房结构布置确定。排架宜等跨布置，立柱宜布置在隔墙或墩墙上。当泵房设置顺水流向的永久变形缝时，缝的左右侧应设置排架柱。

6.1.19 主泵房电动机层地面宜铺设水磨石。采用酸性蓄电池的蓄电池室和贮酸室应采用耐酸地面，其内墙面应涂耐酸漆或铺设耐酸材料。中控室、微机室和通信室宜采用防尘地面，其内墙应刷涂料或贴墙面布。

6.1.20 主泵房门窗应根据泵房内通风、采暖和采光的需要合理布置。严寒地区应采用双层玻璃窗。向阳面窗户宜有遮阳设施。有防酸要求的蓄电池室和贮酸室不应采用空腹门窗，受阳光直射的窗户宜采用磨砂玻璃。

6.1.21 主泵房屋面可根据当地气候条件和泵房内通风、采暖要求设置隔热层。

6.1.22 主泵房的耐火等级不应低于二级。泵房内应设消防设施，并应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》和国家现行标准《水利水电工程设计防火规范》的规定。

6.1.23 主泵房电动机层值班地点允许噪声标准不得大于 85dB(A)，中控室、微机室和通信室允许噪声标准不得大于 65dB(A)。

若超过上述允许噪声标准时，应采取必要的噪声、消声或隔声措施，并应符合现行国家标准《工业企业噪声控制设计规范》的规定。

6.1.24 装置斜轴式、贯流式机组的主泵房，可按卧式机组泵房进行布置。

6.2 防渗排水布置

6.2.1 防渗排水布置应根据站址地质条件和泵站扬程等因素，结合泵房、两岸联接结构和进、出水建筑物的布置，设置完整的防渗排水系统。

6.2.2 土基上泵房基底防渗长度不足时，可结合出水池底板设置钢筋混凝土铺盖。铺盖应设永久变形缝，缝距不宜大于 20m，且应与泵房底板永久变形缝错开布置。

松砂或砂壤土地基上的防渗设施宜采用铺盖和齿墙、板桩（或截水墙）相结合的布置形式。板桩（或截水墙）宜布置在泵房底板上游端（出水侧）的齿墙下。在地震区的粉砂地基上，泵房底板下的板桩（或截水墙）布置宜构成四周封闭的形式。

前池、进水池底板上可根据排水需要设置适量的排水孔。在渗流出口处必须设置级配良好的排水反滤层。

6.2.3 当地基持力层为较薄的砂性土层或砂砾石层，其下有相对不透水层时，可在泵房底板的上游端（出水侧）设置截水槽或短板桩。截水槽或短板桩嵌入不透水层的深度不宜小于 1.0m。在渗流出口处应设置排水反滤层。

6.2.4 当下卧层为相对透水层时，应验算覆盖层抗渗、抗浮稳定性。必要时，前池、进水池可设置深入相对透水层的排水减压井。

6.2.5 岩基上泵房可根据防渗需要在底板上游端（出水侧）的齿墙下设置灌浆帷幕，其后应设置排水设施。

6.2.6 高扬程泵站的泵房可根据需要在其上游侧（出水侧）岸坡上设置通畅的自流排水沟和可靠的护坡措施。

6.2.7 所有顺水流向永久变形缝（包括沉降缝、伸缩缝）的水下缝段，应埋设不少于一道材质耐久、性能可靠的止水片（带）。

6.2.8 侧向防渗排水布置应根据泵站扬程，岸、翼墙后土质及地下水位变化等情况综合分析确定，并应与泵站正向防渗排水布置相适应。

6.2.9 具有双向扬程的灌排结合泵站，其防渗排水布置应以扬程较高的一向为主，合理选择双向布置形式。

6.3 稳定分析

6.3.1 泵房稳定分析可采取一个典型机组段或一个联段作为计算单元。

6.3.2 用于泵房稳定分析的荷载应包括：自重、静水压力、扬压力、土压力、泥沙压力、波浪压力、地震作用及其它荷载等。其计算应遵守下列规定：

6.3.2.1 自重包括泵房结构自重、填料重量和永久设备重量。

6.3.2.2 静水压力应根据各种运行水位计算。对于多泥沙河流，应考虑含沙量对水容重的影响。

6.3.2.3 扬压力应包括浮托力和渗透压力。渗透压力应根据地基类别，各种运行情况下的水位组合条件，泵房基础底部防渗、排水设施的布置情况等因素计算确定。对于土基，宜采用改进阻力系数法计算；对岩基，宜采用直线分布法计算。

6.3.2.4 土压力应根据地基条件、回填土性质、泵房结构可能产生的变形情况等因素，按主动土压力或静止土压力计算。计算时应计及填土面上的超载作用。

6.3.2.5 泥沙压力应根据泵房位置、泥沙可能淤积的情况计算确定。

6.3.2.6 波浪压力可采用官厅一鹤地水库公式或莆田试验站公式计算确定。

在设计水位时，风速宜采用相应时期多年平均最大风速的 1.5~2.0 倍；在最高运行水位或洪（涝）水位时，风速宜采用相应埋藏多年平均最大风速。

6.3.2.7 地震作用可按国家现行标准《水工建筑物抗震设计规范》的规定计算确定。

6.3.2.8 其它荷载可根据工程实际情况确定。

6.3.3 设计泵房时应将可能同时作用的各种荷载进行组合。地震作用不应与校核运用水位组合。

用于泵房稳定分析的荷载组合应按表 6.3.3 的规定彩。必要时还应考虑其它可能的不利组合。

表 6.3.3 荷载组合表

荷载组合	计算情况	荷载							
		自重	静水压力	扬压力	土压力	泥沙压力	波浪压力	地震作用	其它荷载
基本组合	完建情况	√	-	-	√	-	-	-	√
	设计运用情况	√	√	√	√	√	√	-	√
特殊组合	施工情况	√	-	-	√	-	-	-	√
	检修情况	√	√	√	√	√	√	-	√
	核算运用情况	√	√	√	√	√	√	-	-
	地震情况	√	√	√	√	√	√	√	-

6.3.4 泵房沿基础底面的抗滑稳定安全系数应按(6.3.4-1)式或(6.3.4-2)式计算：

$$K_c = f \Sigma G / \Sigma H \quad (6.3.4-1)$$

$$K_c = f \Sigma G + C_0 A / \Sigma H \quad (6.3.4-2)$$

式中：K_c——抗滑稳定安全系数；

ΣG——作用于泵房基础底面以上的全部竖向荷载（包括泵房基础底面上的扬压力在内，kN）；

ΣH——作用于泵房基础底面以上的全部水平向荷载(kN)；

A——泵房基础底面积(m²)；

f——泵房基础底面与地基之间的摩擦系数，可按试验资料确定；当无试验资料时，可按本规范附录 A 表 A.0.1 规定值采用；

f——泵房基础底面与地基之间摩擦角 Φ₀ 的正切值，即 f=tg Φ₀；

C₀——泵房基础底面与地基之间的粘结为(kPa)。

对于土基， Φ_0 、 C_0 值可根据室内抗剪试验资料，按本规范附录 A 表 A.0.2 的规定采用；对于岩基， Φ_0 、 C_0 值可根据野外和室内抗剪试验资料，采用野外试验峰值的小值平均值或野外和室内试验峰值的小值平均值。

当泵房受双向水平力作用时，应核算其沿合力方向的抗滑稳定性。

当泵房地基特力层为较深厚的软弱土层，且其上竖向作用荷载较大时，尚应核算泵房连同地基的部分土体沿深层滑动面滑动的抗滑稳定性。

对于岩基，若有不利于泵房抗滑稳定的缓倾角软弱夹层或断裂面存在时，尚应核算泵房可能组合滑裂面滑动的抗滑稳定性。

6.3.5 泵房沿基础底面抗滑稳定安全系数的允许值应按表 6.3.5 采用。

表 6.3.5 抗滑稳定安全系数允许值

地基类别	荷载组合		泵站建筑物级别				适用公式
			1	2	3	4、5	
土基	基本组合		1.35	1.30	1.25	1.20	适用于 (6.3.4-1)式或 (6.3.4-2)式
	特殊组合	I	1.20	1.15	1.10	1.05	
		II	1.10	1.05	1.05	1.00	
	基本组合		1.10				适用于 (6.3.4-1)式
	特殊组合	I	1.05				
		II	1.00				
	基本组合		3.00				适用于 (6.3.4-2)式
	特殊组合	I	2.50				
		II	2.30				

注：(1)特殊组合 I 适用于施工情况、检修情况和非常运用情况，特殊组合 II 适用于地震情况；

(2)在特殊荷载组合条件下，土基上泵房沿深层滑动面滑动的抗滑稳定安全系数允许值，可根据软弱土层的分布情况等，较表列值适当增加。

(3)岩基上泵房沿可能组合滑裂面滑动的抗滑稳定安全系数允许值，可根据缓倾角软弱夹层或断裂面的充填料性质等情况，较表列值适当增加。

6.3.6 泵房抗浮稳定安全系数应按(6.3.6)式计算：

$$K_f = \Sigma v / \Sigma u \quad (6.3.6)$$

式中： K_f ——抗浮稳定安全系数；

Σv ——作用于泵房基础底面以上的全部重力(kN)；

Σu ——作用于泵房基础底面上的扬压力(kN)。

6.3.7 泵房抗浮稳定安全系数的允许值，不分泵站级别和地基类别，基本荷载组合下为 1.10，特殊荷载组合下为 1.05。

6.3.8 泵房基础底面应力应根据泵房结构布置和受力情况等因素计算确定。

6.3.8.1 对于矩形或圆形基础，当单向受力时，应按(6.3.8-1)式计算：

$$P_{\max\min} = \Sigma G/A \pm \Sigma M/W \quad (6.3.8-1)$$

式中： $P_{\max\min}$ ——泵房基础底面应力的最大值或最小值(kPa)；

ΣM ——作用于泵房基础底面以上的全部竖向和水平向荷载对于基础底面垂直水流向的形心轴的力矩(kN·m)；

W ——泵房基础底面对于该底面垂直水流向的形心轴的截面矩(m³)。

6.3.8.2 对于矩形或圆形基础，当双向受力时，应按(6.3.8-2)式计算：

$$P_{\max\min} = \Sigma G/A \pm \Sigma M_x/W_x \pm \Sigma M_y/W_y \quad (6.3.8-2)$$

式中： ΣM_x 、 ΣM_y ——作用于泵房基础底面以上的全部水平向和竖向荷载对于基础底面形心轴 x 、 y 的力矩(kN·m)；

W_x 、 W_y ——泵房基础底面对于该底面形心轴 x 、 y 的截面矩(m³)。

6.3.9 各种荷载组合情况下的泵房基础底面应力应不大于泵房地基允许承载力(见本规范 6.4.5~6.4.7)。

土基上泵房基础底面应力不均匀系数的计算值不应大于本规范附录 A 表 A.0.3 规定的允许值。

岩基上泵房基础底面应力不均匀系数可不控制，但在非地震情况下基础底面边缘的最小应力应不小于零，在地震情况下基础底面边缘的最小应力应不小于-100kPa。

6.4 地基计算及处理

6.4.1 泵房选用的地基应满足承载能力、稳定和变形的要求。

6.4.2 泵房地基应优先选用天然地基。标准贯入击数小于 4 击的粘性土地基和标准贯入击数小于或等于 8 击的砂性土地基，不得作为天然地基。

当泵房地基岩土的各项物理力学性能指标较差，且工程结构又难以协调适应时，可采用人工地基。

6.4.3 土基上泵房和取水建筑物的基础埋置深度，应在最大冲刷线以下。

6.4.4 位于季节性冻土地区土基上的泵房和取水建筑物，其基础埋置深度应大于该地区最大冻土深度。

6.4.5 只有竖向对称荷载作用时，泵房基础底面平均应力不应大于泵房地基持力层允许承载力；在竖向偏心荷载作用下，除应满足基础底面平均应力不大于地基持力层允许承载力外，还应满足基础底面边缘最大应力不大于 1.2 倍地基持力层允许承载力的要求；在地震情况下，泵房地基持力层允许承载力可适当提高。

6.4.6 泵房地基允许承载力应根据站址处地基原位试验数据，按照本规范附录 B.1 所列公式计算确定。

6.4.7 当泵房地基持力层内存在软弱夹层时,除应满足持力层的允许承载力外,还应应对软弱夹层的允许承载力进行核算,并应满足(6.4.7)式要求:

$$P_c + P_z = [R_z] \quad (6.4.7)$$

式中: P_c ——软弱夹层顶面处的自重应力(kPa);

P_z ——软弱夹层顶面处的附加应力(kPa),可将泵房基础底面应力简化为竖向均布、竖向三角形和水平向均布等情况,按条形或矩形基础计算确定;

$[R_z]$ ——软弱夹层的允许承载力(kPa)。

复杂地基上大型泵房地基允许承载力计算,应作专门论证确定。

6.4.8 当泵房基础受振动荷载影响时,其地基允许承载力可降低,并可按(6.4.8)式计算:

$$[R'] \leq \psi [R] \quad (6.4.8)$$

式中: $[R']$ ——在振动荷载作用下的地基允许承载力(kPa);

$[R]$ ——在静荷载作用下的地基允许承载力(kPa);

ψ ——振动折减系数,可按 0.8~1.0 选用。高扬程机组的基础可采用小值,低扬程机组的块基型整体式基础可采用大值。

6.4.9 泵房地基最终沉降量可按(6.4.9)式计算:

$$S_{\infty} = \sum (e_{1i} - e_{2i}) / (1 + e_{1i}) \cdot h_i \quad (i=1, n) \quad (6.4.9)$$

式中: S_{∞} ——地基最终沉降量(cm);

i ——土层号;

n ——地基压缩层范围内的土层数;

e_{1i} 、 e_{2i} ——泵房基础底面以下第 i 层土在平均自重应力作用下的孔隙比和在平均自重应力、平均附加应力共同作用下的孔隙比;

h_i ——第 i 层土的厚度(cm)。

地基压缩层的计算深度应按计算层面处附加应力与自重应力之比等于 0.2 的条件确定。

6.4.10 泵房地基允许沉降量和沉降差,应根据工程具体情况分析确定,满足泵房结构安全和不影响泵房内机组的正常运行。

6.4.11 泵房的地基处理方案应综合考虑地基土质、泵房结构特点、施工条件和运行要求等因素,宜按本规范附录 B 表 B.2,经技术经济比较确定。

换土垫层、桩基础、沉井基础、振冲砂(碎石)桩和强夯等常用地基处理设计应符合国家现行标准《水闸设计规范》及其它有关专业规范的规定。

6.4.12 泵房地基中有可能发生“液化”的土层应挖除。当该土层难以挖除时,宜采用桩基础、振冲砂(碎石)桩或强夯等处理措施,也可结合地基防渗要求,采用板桩或截水墙围封。

6.4.13 泵房地基为湿陷性黄土地基，可采用重锤表层夯实、换土垫层、灰土桩挤密、桩基础或预浸水等方法处理，并应符合现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》的规定。泵房基础底面下应有必要的防渗设施。

6.4.14 泵房地基为膨胀土地基，在满足泵房布置和稳定安全要求的前提下，应减小泵房基础底面积，增大基础埋置深度，也可将膨胀土挖除，换填无膨胀性土料垫层，或采用桩基础。

6.4.15 泵房地基为岩石地基，应清除表层松动、破碎的岩块，并对夹泥裂隙和断层破碎带进行处理。对岩溶地基，应进行专门处理。

6.5 主要结构计算

6.5.1 泵房底板，进、出水流动，机墩，排架，吊车梁等主要结构，可根据工程实际情况，简化为平面问题进行计算。必要时，可按空间结构进行计算。

6.5.2 用于泵房主要结构计算的荷载及荷载组合除应按本规范 6.3.2 和 6.3.3 的规定采用外，还应根据结构的实际受力条件，分别计入风荷载、雪荷载、楼面活荷载、吊车荷载、屋面活荷载等。风荷载、雪荷载、楼面和屋面活荷载可按现行国家标准《建筑结构荷载规范》的规定采用。吊车和其它设备活荷载可根据工程实际情况确定。

6.5.3 泵房底板应力可根据受力条件和结构支承形式等情况，按弹性地基上的板、梁或框架结构进行计算。

对于土基上的泵房底板，当采用弹性地基梁法计算时，应根据可压缩土层厚度与弹性地基梁长度之半的比值，选用相应的计算方法。当比值小于 0.25 时，可按基床系数法（文克尔假定）计算；当比值大于 2.0 时，可按半无限深的弹性地基梁法计算；当比值为 0.25~2.0 时，可按有限深的弹性地基梁法计算。当底板的长度和宽度均较大，且两者较接近时，可按交叉梁系的弹性地基梁法计算。

对于岩基上的泵房底板，可按基床系数法计算。

6.5.4 当土基上泵房底板采用有限深或半无限深的弹性地基梁法计算时，可按下列情况考虑边荷载的作用：当边荷载使泵房底板弯矩增加时，宜计及边荷载的全部作用；当边荷载使泵房底板弯矩减少时，在粘性土地基上可不计边荷载的作用，在砂性土地基上可只计边荷载的 50%。

6.5.5 肘型、钟型进水流道和直管式、屈膝式、猫背式、虹吸式出水流道的应力，可根据各自的结构布置、断面形状和作用荷载等情况，按单孔或多孔框架结构进行计算。若流道壁与泵房墩墙联为一体化结构，且截面尺寸又较大时，计算中应考虑其厚度的影响。

当肘型进水流道和直管式出水流道由导流隔水墙分割成双孔矩形断面时，亦可按对称框架结构进行应力计算。

当虹吸式出水流道的上升段承受较大的纵向力时，除应计算横向应力外，还应计算纵向应力。

6.5.6 双向进、出水流动道应力，可分别按肘型进水流道和直管式出水流道进行计算。

6.5.7 混凝土蜗壳式出水流道应力，可简化为平面“Γ”型钢架、环形板或双向板结构进行计算。

6.5.8 机墩结构型式可根据机组特性和泵房结构布置等因素选用。机墩强度可按正常运行和短路两荷载组合分别进行计算。计算时，应计入动荷载的影响。对于高扬程泵站，计算机墩稳定时，应计入出水管道水柱的推力，并应设置必要的抗推移设施。

6.5.9 立式机组机墩可接单自由度体系的悬臂梁结构进行共振、振幅和动力系数的验算。对共振的验算，要求机墩强迫振动频率与自振频率之差和自振频率的比值不小于 20%；对振幅的验算，应分析阻尼的影响，要求最大振幅不超过下列允许值：垂直振幅 0.15mm，水平振幅 0.20mm；对动力系数的验算，可忽略阻尼的影响，要求动力系数的验算结果为 1.3~1.5。

卧式机组机墩可只进行垂直振幅的验算。

单机功率在 160kW 以下的立式轴流泵机组和单机功率在 500kW 以下的卧式离心泵机组，其机墩可不进行动力计算。

6.5.10 泵房排架应力可根据受力条件和结构支承形式等情况进行计算。对于干室型泵房，当水下侧墙刚度与排架柱刚度的比值小于或等于 5.0 时，墙与柱可联合计算；当水下侧墙刚度与排架柱刚度的比值大于 5.0 时，墙与柱可分开计算。泵房排架应具有足够的刚度。在各种情况下，排架顶部侧向位移应不超过 1.0cm。

6.5.11 吊车梁结构型式可根据泵房结构布置、机组安装和设备吊运要求等因素选用。负荷重量大的吊车梁，宜采用预应力钢筋混凝土结构或钢结构。

吊车梁设计中，应考虑吊车起动、运行和制动时产生的影响，并应控制吊车梁的最大计算挠度不超过计算跨度的 1/600（钢筋混凝土结构）或 1/700（钢结构）。对于钢筋混凝土吊车梁，还应验算裂缝开展宽度，要求最大裂缝宽度不超过 0.30mm。

负荷重量不大的吊车梁，可套用标准设计图集。

6.5.12 在地震基本烈度 7 度及 7 度以上地区，泵房应进行抗震计算，并应加设抗震措施。在地震基本烈度为 6 度的地区，对重要建筑物应采取适当的抗震措施。

7 进、出水建筑物设计

7.1 引渠

7.1.1 泵站引渠的线路应根据选定的取水口及泵房位置，结合地形地质条件，经技术经济比较选定，并应符合下列要求：

7.1.1.1 渠线宜避开地质构造复杂、渗透性强和有崩塌可能的地段。渠身宜座落在挖方地基上，少占耕地。

7.1.1.2 渠线宜顺直。如需设弯道时，土渠弯道半径不宜小于渠道水面宽的 5 倍，石渠及衬砌渠道弯道半径不宜小于渠道水面宽的 3 倍，弯道终点与前池进口之间宜有直线

段，长度不宜小于渠道水面宽的 8 倍。

7.1.2 引渠纵坡和断面，应根据地形、地质、水力、输沙能力和工程量等条件计算确定，并应满足引水流量，行水安全，渠床不冲、不淤和引渠工程量小的要求。

渠床糙率、渠道的比降和边坡系数等重要设计参数，可按国家现行有关规定采用。

7.1.3 引渠末段的超高应按突然停机，压力管道倒流水量与引渠来水量共同影响下水位壅高的正波计算确定。

7.1.4 季节性冻土地区的土质引渠采用衬砌时，应采取抗冻胀措施。

7.2 前池及进水池

7.2.1 泵站前池布置应满足水流顺畅、流速均匀、池内不得产生涡流的要求，宜采用正向进水方式。正向进水的前池，扩散角不应大于 40° ，底坡不宜陡于 1:4。

7.2.2 侧向进水的前池，宜设分水导流设施，并应通过水工模型试验验证。

7.2.3 多泥沙河流上的泵站前池应设隔墩分为多条进水道，每条进水道通向单独的进水池。在进水道首部应设进水闸及拦污设施，也可设水力排沙设施。

7.2.4 梯级泵站前池顶高可根据上、下级泵站流量匹配的要求，在最高运行水位以上预留调节高度确定。

7.2.5 泵站进池的布置型式应根据地基、流态、含沙量、泵型及机组台数等因素，经技术经济比较确定，可选用开敞式、半隔墩式、全隔墩式矩形池或圆形池。多泥沙河流上宜选用圆形池，每池供一台或两台水泵抽水。

7.2.6 进水池设计应使池内流态良好，满足水泵进水要求，且便于清淤和管理维护。其尺寸的确定应符合本规范 9.2.3 的规定。

7.2.7 进水池的水下容积可按共用该进水池的水泵 30~50 倍设计流量确定。

7.3 进、出水流道

7.3.1 泵站进、出水流道型式应根据泵型、泵房布置、泵站扬程、出水池水位变化幅度和断流方式等因素，经技术经济比较确定。重要的大型泵站应进行装置模型试验验证。

7.3.2 泵站进水流道布置应满足下列要求：

7.3.2.1 流道型线平顺，各断面面积沿程变化应均匀合理。

7.3.2.2 出口断面处的流速和压力分布应比较均匀。

7.3.2.3 进口断面处流速宜取 $0.8 \sim 1.0 \text{ m/s}$ 。

7.3.2.4 在各种工况下，流道内不应产生涡带。

7.3.2.5 进口宜设置检修门槽。

7.3.2.6 应方便施工。

7.3.3 叶轮直径较大的立式机组的进水流道宜采用肘型。当受地基条件限制不宜深挖方时，可采用钟型进水流道。叶轮直径较小的立式机组和卧式机组可采用带有进水喇叭口的进水管。

7.3.4 肘型和钟型进水流道的进口段底面宜做成平底，或向进口方向上翘，上翘角不宜大于 12° ；进口段顶板角不宜大于 30° ，进口上缘应淹没在进水池最低运行水位以下至少 0.5m。当进口段宽度较大时，可在该段设置隔水墩。

肘型和钟型流道的主要尺寸应根据水泵的结构和外形尺寸结合泵房布置确定。

7.3.5 泵站出水流道布置应满足下列要求：

7.3.5.1 与水泵导叶出口相连的出水室型式应根据水泵的结构和泵站的要求确定。

7.3.5.2 流道型线变化应比较均匀，当量扩散角宜取 $8^{\circ} \sim 12^{\circ}$ 。

7.3.5.3 出口流速不宜大于 1.5m/s（出口装有拍门时，不宜大于 2.0m/s）。

7.3.5.4 应有合适的断流方式。

7.3.5.5 平直管出口宜设置检修门槽。

7.3.5.6 应方便方式。

7.3.6 泵站的断流方式应根据出水池水位变化幅度、泵站扬程、机组特性等因素，并结合出水流道型式选择，经技术经济比较确定。断流方式应符合下列要求：

7.3.6.1 运行可靠。

7.3.6.2 设备简单，操作灵活。

7.3.6.3 维护方便。

7.3.6.4 对机组效率影响较小。

7.3.7 对于出水池最低运行水位较高的泵站，可采用直管式出水管，在出口设置拍门或快速闸门，并应在门后设置通气孔。

直管式出水流道的底面可做成平底，顶板宜向出口方向上翘。

7.3.8 对于立式或斜式轴流泵站，当出水池水位变化幅度不大时，宜采用虹吸式出水流道，配以真空破坏阀断流方式。驼峰底部高程应略高于出水池最高水位，驼峰顶部的真空度不应超过 7.5m 水柱高。驼峰处断面宜设计成扁平状。虹吸管管身接缝处应具有良好的密封性能。

7.3.9 对于低扬程卧式轴流泵站，可采用猫背式出水流道。若水泵叶轮中心线高于猫背式出水流道水位时，应采取抽真空充水起动的的方式。

7.3.10 出水流道的出口上缘应淹没在出水池最低运行水位以下 0.3~0.5m。当流道宽度较大时，宜设置隔水墩，其起点与机组中心线间的距离不应小于水泵出口直径的 2 倍。

7.3.11 进、出水流动道均应设置检查孔，其孔径不宜小于 0.7m。

7.3.12 灌排结合泵站的进水流动道内宜设置导流锥、隔板等，必要时应进行装置模型试验。

7.4 出水管道

7.4.1 泵房外出水管道的布置，应根据泵站总体布置要求，结合地形、地质条件确定。管线应短而直，水力损失小，管道施工及运行管理应方便。管型、管材及管道根数等应经技术经济比较确定。

出水管道应避开地质不良地段，不能避开时，应采取安全可靠的工程措施。铺设在填方上的管道，填方应压实处理，做好排水设施。管道跨越山洪沟道时，应设置排洪建筑物。

7.4.2 出水管道的转弯角宜小于 60° ，转弯半径宜大于 2 倍管径。

管道在平面和立面上均需转弯且其位置相近时，宜合并成一个空间转弯角。管顶线宜布置在最低压力坡度线下。

当出水管道线路较长时，应在管线最高处设置排（补）气阀，其数量和直径应经计算确定。

7.4.3 出水管道的出口上缘应淹没在出水池最低运行水位以下 0.1~0.2m。出水管道出口外应设置断流设施。

7.4.4 明管设计应满足下列要求：

7.4.4.1 明管转弯处必须设置镇墩。在明管直线段上设置的镇墩，其间距不宜超过 100m。两镇墩之间的管道应设伸缩节，伸缩节应布置在上端。

7.4.4.2 管道支墩的型式和间距应经技术分析和经济比较确定。除伸缩节附近处，其他各支墩宜采用等间距布置。预应力钢筋混凝土管道应采用连续管座或每节设 2 个支墩。

7.4.4.3 管间净距不应小于 0.8m，钢管底部应高出管道槽地面 0.6m，预应力钢筋混凝土管承插口底部应高出管槽地面 0.3m。

7.4.4.4 管槽应有排水设施。坡面宜护砌。当管槽纵向坡度较陡时，应设人行阶梯便道，其宽度不宜小于 1.0m。

7.4.4.5 当管径大于或等于 1.0m、且管道较长时，应设检查孔。每条管道设置的检查孔不宜少于 2 个。

7.4.4.6 在严寒地区冬季运行时，可根据需要对管道采取防冻保温措施。

7.4.5 埋管设计应满足下列要求：

7.4.5.1 埋管管顶最小埋深应在最大冻土深度以下。

7.4.5.2 埋管宜采用连续垫座。圬工垫座的包角可取 $90^\circ \sim 135^\circ$ 。

7.4.5.3 管间净距不应小于 0.8m。

7.4.5.4 埋入地下的钢管应做防锈处理；当地下水对钢管有侵蚀作用时，应采取防侵蚀措施。

7.4.5.5 埋管上回填土顶面应做横向及纵向排水沟。

7.4.5.6 埋管应设检查孔，每条管道不宜少于 2 个。

7.4.6 钢管管身应采用镇静钢，钢材性能必须符合国家现行有关规定。焊条性能应与母材相适应。焊接成型的钢管应进行焊缝探伤检查和水压试验。

7.4.7 钢筋混凝土管道设计应满足下列要求：

7.4.7.1 混凝土强度等级：预应力钢筋混凝土不得低于 C40；预制钢筋混凝土不得低于 C25，现浇钢筋混凝土不得低于 C20。

7.4.7.2 现浇钢筋混凝土管道伸缩缝的间距应按纵向应力计算确定，且不宜大于 20m。在软硬两种地基交界处应设置伸缩缝或沉降缝。

7.4.7.3 预制钢筋混凝土管道及预应力钢筋混凝土管道在直线段每隔 50~100m 宜设一个安装活接头。管道转弯和分岔处宜采用钢管件连接，并设置镇墩。

7.4.8 管道上作用的荷载应包括：自重、水重、水压力、土压力、地下水压力、地面活荷载、温度作用、镇墩和支墩不均匀沉降引起的力、施工荷载、地震作用等。

管道结构分析的荷载组合可按表 7.4.8 采用。

表 7.4.8 荷载组合表

管道铺设形式	荷载组合	计算情况	荷载											
			管自重	满管水重	正常水压力	最高水压力	最低水压力	试验水压力	土压力	地下水压力	地面活荷载	温度作用	镇墩、支墩不均匀沉降力	施工荷载
明管	基本组合	设计运用情况	√	√	√	-	-	-	-	-	-	√	√	-
	特殊组合	校核运用情况 I	√	√	-	√	-	-	-	-	-	√	√	-
		校核运用情况 II	√	√	-	-	√	-	-	-	-	√	√	-
		水压 试验情况	√	√	-	-	-	√	-	-	-	-	-	-
		施工 情况	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√
		地震 情况	√	√	√	-	-	-	-	-	-	√	√	-
埋管	基本组合	设计运用情况	√	√	√	-	-	-	√	√	√	-	-	-
	特殊组合	管道放空情况	√	-	-	-	-	-	√	√	√	-	-	-
		校核运用情况 I	√	√	-	√	-	-	√	√	√	-	-	-
		校核运用情况 II	√	√	-	-	√	-	√	√	√	-	-	-
		水压 试验情况	√	√	-	-	-	√	-	-	-	-	-	-
		施工 情况	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√
		地震 情况	√	√	√	-	-	-	√	√	√	-	-	√

注：正常水压力系指设计运用情况或地震情况下作用于管道内壁的内水压力；

最高、最低水压力系指因事故停泵等暂态过程中（校核运用情况）出现在管道内壁的最大、最小内水压力。

7.4.9 出水管道应进行水力损失计算及水力暂态分析（水锤计算）。

7.4.10 明设钢管抗外压稳定的最小安全系数：光面管可取 2.0，有加劲环的钢管可取

1.8。

7.4.11 明设光面钢管管壁最小厚度，不宜小于(7.4.11)式计算值：

$$\delta = D/130 \quad (7.4.11)$$

式中：设计采用的管壁厚度应考虑锈蚀、磨损等因素的影响，按其计算值增加1~2mm。

受泥沙磨损较严重的钢管，对其管壁厚度的确定应作专门论证。

7.4.12 钢管管壁、加劲环及支承环的应力分析，可按国家现行标准《水电站压力钢管设计规范》规定的方法执行。

7.4.13 岔管布置宜采用丫型、卜型或三分岔型。对于管径大、水头高的岔管也可采用其它型式。钢岔管的结构设计和计算可按国家现行标准《水电站压力钢管设计规范》的有关规定执行。

7.4.14 镇墩和支墩的地基处理与否应根据地质条件确定。在季节性冻土地区，其埋置深度应大于最大冻土深度，镇墩和支墩四周回填土料宜采用砂砾料。

7.4.15 镇墩应按本规范附录 C 的规定进行抗滑、抗倾稳定及地基强度验算。镇墩抗滑稳定安全系数的允许值：基本荷载组合下为 1.30，特殊荷载组合下为 1.10；抗倾稳定安全系数的允许值：基本荷载组合下为 1.50，特殊荷载组合下为 1.20。

7.5 出水池及压力水箱

7.5.1 出水池的位置应结合站址、管线及输水渠道的位置进行选择。宜选在地形条件好、地基坚实稳定、渗透性小、工程量少的地点。如出水池必须建在填方上时，填土应碾压密实，并应采取防渗措施。

7.5.2 出水池布置应满足下列要求：

7.5.2.1 池内水流顺畅、稳定，水力损失小。

7.5.2.2 出水池若建在湿陷性地基上，应进行地基处理。

7.5.2.3 出水池底宽若大于渠道底宽，应设渐变段连接，渐变段的收缩角不宜大于40°。

7.5.2.4 出水池池中流速不应超过 2.0m/s，且不允许出现水跃。

7.5.3 压力水箱应建在坚实地基上，并应与泵房或出水管道联接牢固。压力水箱的尺寸应满足闸门安装和检修的要求。

8 其它型式泵站设计

8.1 竖井式泵站

8.1.1 当水源水位变化幅度在 10m 以上,且水位涨落速度大于 2m/h,水流流速又大时,宜采用竖井式泵站。

8.1.2 当河岸坡度较陡,地质条件较好,洪、枯水期岸边水深和泵站提水流量均较大时,宜采用岸边取水的集水井与泵房合建的竖井式泵站。在岩基或坚实土基上,集水井与泵房基础可呈阶梯形布置;在中等坚实土基上,集水井与泵房基础宜呈水平布置。

当河岸坡度较缓,地质条件较差,洪、枯水期岸力有足够的水深,泵站提水流量不大,且机组起动要求不高时,可采用岸力取水的集水井与泵房分建的竖井式泵站。

8.1.3 无论集水井与泵房合建或分建,其取水建筑物的布置均应满足下列要求:

8.1.3.1 取水口上部的工作平台设计高程应按校核洪水位加波浪高度和 0.5m 的安全超高确定。

8.1.3.2 最低的取水口下缘距离河底高度应根据河流水文、泥沙特性及河床稳定情况等因素确定,但侧面取水口下缘距离河底高度不得小于 0.5m,正面取水口下缘距离河底高度不得小于 1.0m。

8.1.3.3 集水井应分格,每格应设置不少于两道的拦污、清污设施。

8.1.3.4 集水井进水管数量不宜少于 2 根,其管径应按最低运行水位时的取水要求,经水力计算确定。

8.1.3.5 从多泥沙河流上取水,应设分层取水口,且在集水井内设排沙设施。

8.1.3.6 当水源有冰凌时,应设防冰、导冰设施。

8.1.4 当取水河段主流不靠岸,且河岸坡度平缓,枯水期岸力水深不足时,可采用河心取水的竖井式泵站。除取水建筑物的布置应符合本规范 8.1.3 的规定外,还应设置与河岸相通的工作桥。

8.1.5 竖井式泵房宜采用圆形。泵房内机组台数不宜多于 4 台。井壁顶部应设起吊运输设备。泵房内可不另设检修间。

8.1.6 竖井式泵房内应设安全方便的楼梯。对于总高度大于 20m 的竖井式泵房,宜增设电梯。泵房窗户应根据泵房内通风、采暖和采光的需要合理布置。当自然通风量不足时,可采用机械通风。

8.1.7 竖井式泵房内应有与机组隔开的操作室。操作室内应设置噪声消除措施。

8.1.8 竖井式泵房底板、井壁等结构应满足抗渗要求,联接部位止水措施应可靠耐久。

8.1.9 竖井式泵房、集水井、栈桥桥墩等基础埋置深度,均应在最大冲刷线以下。

8.1.10 竖井式泵房应建在坚实的地基上,否则应进行地基处理。

建于岸边的竖井式泵房,其抗滑稳定安全系数和基础底面应力不均匀系数的计算及允许

值应符合本规范 6.3.4, 6.3.5, 6.3.8 和 6.3.9 的规定;建于河心的竖井式泵房,其抗浮稳定安全系数的计算及允许值应符合本规范 6.3.6 和 6.3.7 的规定。

8.2 缆车式泵站

8.2.1 当水源水位变化幅度在 10m 以上,水位涨落速度小于或等于 2m/h,每台泵车日最大取水量为 40000~60000m³ 时,可采用缆车式泵站。其位置选择应符合下列要求:

- 8.2.1.1 河流顺直,主流靠岸,岸边水深不小于 1.2m。
- 8.2.1.2 避开回水区或岩坡凸出地段。
- 8.2.1.3 河岸稳定,地质条件较好,岸坡在 1:2.5~1:5 之间。
- 8.2.1.4 漂浮物少,且不易受漂木、浮筏或船只的撞击。

8.2.2 缆车式泵站设计应满足下列要求:

- 8.2.2.1 泵车数不应少于 2 台,每台泵车宜布置一条输水管。
- 8.2.2.2 泵车的供电电缆(或架空线)和输水管不得布置在同一侧面。
- 8.2.2.3 变配电设施、对外交通道路应布置在校核洪水位以上,绞车房的位置应能将泵车上移到校核洪水位以上。
- 8.2.2.4 坡道坡度应与岸坡坡度接近,对坡道附近的上、下游天然岸坡亦应按所选坡道坡度进行整理,坡道应高出上、下游岸坡 0.3~0.4m,坡道应有防冲设施。
- 8.2.2.5 在坡道两侧应设置人行阶梯便道,在岔管处应设工作平台。
- 8.2.2.6 泵车上应有拦污、清污设施。从多泥沙河流上取水,应另设供应清水的技术供水系统。

8.2.3 每台泵车上宜装置水泵 2 台,机组应交错布置。

8.2.4 泵车车体竖向布置宜成阶梯形。泵车房的净高应满足设备布置和起吊的要求。泵车每排桁架下面的滚轮数宜为 2~6 个(取双数),车轮宜选用双凸缘形。泵车上应设减震器。

8.2.5 泵车的结构设计除应进行静力计算外,还应进行动力计算,验算共振和振幅。结构的强迫振动频率与自振频率之差和自振频率的比值不应小于 30%;振幅应符合国家现行标准《动荷载机器作用下的建筑物承重结构设计规范》的规定。

8.2.6 泵车应设保险装置。对于大、中型泵车,可采用挂钩式保险装置;对于小型泵车,可采用螺栓夹板式保险装置。

8.2.7 水泵吸水管可根据坡道形式和坡度进行布置。采用桥式坡道时,吸水管可布置在车体的两侧;采用岸坡式坡道时,吸水管应布置在车体迎水的正面。

8.2.8 水泵出水管应沿坡道布置。对于岸坡式坡道,可采用埋设;对于桥式坡道,可采用架设。

水泵出水管均应装设闸阀。出水管并联后应与联络管相接。联络管宜采用曲臂式,管径小于 400mm 时,可采用橡胶管。出水管上还应设置若干个接头岔管。接头岔管间的高差:当采用曲臂联络管时,可取 2.0~3.0m;当采用其它联络管时,可取 1.0~2.0m。

8.3 浮船式泵站

8.3.1 当水源水位变化幅度在 10m 以上，水位涨落速度小于或等于 2m/h，水流流速又较小时，可采用浮船式泵站。其位置选择应符合下列要求：

8.3.1.1 水位平稳，河面宽阔，且枯水期水深不小于 1.0m。

8.3.1.2 避开顶冲、急流、大回流和大风浪区以及与支流交汇处，且与主航道保持一定距离。

8.3.1.3 河岸稳定，岸坡坡度在 1:1.5~1:4 之间。

8.3.1.4 漂浮物少，且不易受漂木、浮筏或船只的撞击。

8.3.1.5 附近有可利用作检修场地的平坦河岸。

8.3.2 浮船的型式应根据泵站的重要性、运行要求、材料供应及施工条件等因素，经技术经济比较选定。

8.3.3 浮船布置应包括机组设备间、船首和船尾等部分。当机组容量较大、台数较多时，宜采用下承式机组设备间。浮船首尾甲板长度应根据安全操作管理的需要确定，且不应小于 2.0m。首尾舱应封闭，封闭容积应根据船体安全要求确定。

8.3.4 浮船的设备布置应紧凑合理，在不增加外荷载的情况下，应满足船体平衡与稳定的要求。不能满足要求时，应采取平衡措施。

8.3.5 浮船的型线和主尺度（吃水深、型宽、船长、型深）应按最大排水量及设备布置的要求选定，其设计应符合内河航运船舶设计规定。在任何情况下，浮船的稳性衡准系数不应小于 1.0。

8.3.6 浮船的锚固方式及锚固设备应根据停泊处的地形、水流状况、航运要求及气象条件等因素确定。当流速较大时，浮船上游方向固定索不应少于 3 根。

8.3.7 联络管及其两端接头形式应根据河流水位变化幅度、流速、取水量及河岸坡度等因素，经技术经济比较选定。

8.3.8 输水管的坡度应与岸坡坡度一致。当地质条件能满足管道基础要求时，输水管可沿岸坡敷设；不能满足要求时，应进行地基处理，并设置支墩固定。

当输水管设置接头岔管时，其位置应按水位变化幅度及河岸坡度确定。接头岔管间的高差可取 0.6~2.0m。

8.4 潜没式泵站

8.4.1 当水源水位变化幅度在 15m 以上，洪水期较短，含沙量不大时，可采用潜没式泵站。泵房内宜安装卧式机组，机组台数不宜多于 4 台。

8.4.2 潜没式泵站泵房内机电设备可采用单列式或双列式布置。筒壁顶部应设环形起重设备，泵房内可不另设检修间。房顶宜设天窗。廊道除设置缆车用作交通运输外，可兼作进

风道和排风道。运行操作屏柜可布置在廊道入口处绞车房内。机电设备应有较高的自动化程度，可在岸上进行控制。

8.4.3 潜没式泵站泵房底板、墙壁、屋顶等结构应满足抗渗要求，联接部位止水措施应可靠耐久。

8.4.4 潜没式泵站泵房基础应锚固在完整的基岩上。泵房抗浮稳定安全系数的计算及其允许值，应符合本规范 6.3.6 和 6.3.7 的规定。

9 水力机械及辅助设备

9.1 主泵

9.1.1 主泵选型应符合下列要求：

9.1.1.1 应满足泵站设计流量、设计扬程及不同时期供排水的要求。

9.1.1.2 在平均扬程时，水泵应在高效区运行；在最高与最低扬程时，水泵应能安全、稳定运行。排水泵站的主泵，在确保安全运行的前提下，其设计流量宜按最大单位流量计算。

9.1.1.3 由多泥沙水源取水时，应计入泥沙含量、粒径对水泵性能的影响；水源介质有腐蚀性时，水泵叶轮及过流部件应有防腐措施。

9.1.1.4 应优先选用国家推荐的系列产品和经过鉴定的产品。当现有产品不能满足泵站设计要求时，可设计新水泵。新设计的水泵必须进行模型试验或装置模型试验，经鉴定合格后方可采用。采用国外先进产品时，应有充分论证。

9.1.1.5 具有多种泵型可供选择时，应综合分析水力性能、机组造价、工程投资和运行检修等因素择优确定。条件相同时宜选用卧式离心泵。

9.1.2 梯级泵站主泵选型除应符合本规范 9.1.1 规定外，尚应满足下列要求：

9.1.2.1 级间流量搭配合理，在正常情况下不应弃水，也不得用阀门调节流量。

9.1.2.2 应按下列因素确定级间调节流量：

- (1)进水侧水位的变化幅度；
- (2)水泵流量的允许偏差宜为 $\pm 5\%$ ；
- (3)汽蚀、磨损对水泵流量的影响；
- (4)水源含沙量对水泵流量的影响；
- (5)级间的调蓄能力；
- (6)级间渠系的输水损失。

9.1.2.3 轴流泵站或混流泵站宜选用变角调节满足流量平衡要求。

9.1.2.4 离心泵站的流量调节水泵宜采用 1~3 台卧式离心泵。

9.1.2.5 采用无级变速调节应经过技术经济论证。

9.1.3 多泥沙水源主泵选型除符合本规范 9.1.1 规定外，还应满足下列要求：

9.1.3.1 应优先选用汽蚀性能好的水泵。

9.1.3.2 机组转速宜较低。

9.1.3.3 过流部件应具有抗磨蚀措施。

9.1.3.4 水泵导轴承宜用清水润滑或油润滑。

9.1.4 主泵台数宜为 3~9 台。流量变化幅度大的泵站，台数宜多；流量比较稳定的泵站，台数宜少。

9.1.5 备用机组数的确定应根据供水的重要性及年利用小时数，并应满足机组正常检修要求。

对于重要的城市供水泵站，工作机组 3 台及 3 台以下时，应增设 1 台备用机组；多于 3 台时，宜增设 2 台备用机组。

对于灌溉泵站，装机 3~9 台时，其中应有 1 台备用机组；多于 9 台时应有 2 台备用机组。

对于年利用小时数很低的泵站，可不设备用机组。

对于处于水源含沙量大或含腐蚀性介质的工作环境的泵站，或有特殊要求的泵站，备用机组经过论证后可增加数量。

9.1.6 对于叶轮名义直径大于或等于 160mm 的轴流泵和混流泵，应有装置模型试验资料；当对过流部件型线作较大更改时，应重新进行装置模型试验。

9.1.7 离心泵和蜗壳式混流泵可采用车削调节方式改变水泵性能参数，对车削后的叶轮必须做静平衡试验。

9.1.8 水泵可降速或增速运行。增速运行的水泵，其转速超过设计转速 5% 时，应对其强度、磨损、汽蚀、水力振动等进行论证。

9.1.9 应按下列因素分析确定水泵最大轴功率：

- (1) 配套电动机与水泵额定转速不同时对轴功率的影响；
- (2) 运行范围内最不利工况对轴功率的影响；
- (3) 含沙量对轴功率的影响。

9.1.10 水泵安装高程必须满足下列要求：

9.1.10.1 在进水池最低运行水位时，必须满足不同工况下水泵的允许吸上真空高度或必需汽蚀余量的要求。当电动机与水泵额定转速不同时，或在含泥沙水源中取水时，应对水泵的允许吸上真空高度或必需汽蚀余量进行修正。

9.1.10.2 轴流泵或混流泵立式安装时，其基准面最小淹没深度应大于 0.5m。

9.1.10.3 进水池内严禁产生有害的漩涡。

9.1.11 并联运行的水泵，其设计扬程应接近，并联运行台数不宜超过 4 台。串联运行的水泵，其设计流量应接近，串联运行台数不宜超过 2 台，并应对第二级泵壳进行强度校核。

9.1.12 采用液压操作的全调节水泵，全站可共用一套油压装置，其有效容积可按一台接力器有效容积的 5 倍确定。

9.1.13 低扬程轴流泵应有防止抬机的措施。用于城镇供水的全调节的水泵，不宜采用油压操作。

9.1.14 轴流泵站与混流泵站的装置效率不宜低于 70%；净扬程低于 3m 的泵站，其装置效率不宜低于 60%。

9.1.15 离心泵站抽取清水时，其装置效率不宜低于 65%；抽取多沙水流时，不宜低于 60%。

9.2 进水管及泵房内出水管

9.2.1 离心泵进水管设计流速宜取 1.5~2.0m/s，出水管设计流速宜取 2.0~3.0m/s。

9.2.2 离心泵进水管件应按下列要求配置：

9.2.2.1 水泵进口最低点位于进水池最高运行水位以下时，应有截流设施。

9.2.2.2 进水管进口应设喇叭管，喇叭口流速宜取 1.0~1.5m/s，喇叭口直径宜等于或大于 1.25 倍进水管直径。

9.2.3 离心泵进水管喇叭口与建筑物距离应符合下列要求：

9.2.3.1 喇叭口的悬空高度：

(1)喇叭管垂直布置时，取(0.6~0.8)D（D 为喇叭管进口直径，下同）；

(2)喇叭管倾斜布置时，取(0.8~1.0)D；

(3)喇叭管水平布置时，取(1.0~1.25)D。

9.2.3.2 喇叭口的淹没深度：

(1)喇叭管垂直布置时，大于(1.0~1.25)D；

(2)喇叭管倾斜布置时，大于(1.5~1.8)D；

(3)喇叭管水平布置时，大于(1.8~2.0)D。

9.2.3.3 喇叭管中心线与后墙距离取(0.8~1.0)D，同时应满足喇叭管安装的要求。

9.2.3.4 喇叭管中心线与侧墙距离取 1.5D。

9.2.3.5 喇叭管中心线至进水室进口距离大于 4D。

9.2.4 离心泵出水管件配置应符合下列要求：

9.2.4.1 水泵出口应设工作阀门，扬程高、管道长的大型泵站，宜选用两阶段关闭的液压操作蝶阀。

9.2.4.2 出水管工作阀门的额定工作压力及操作力矩，应满足水泵关阀起动的要求。

9.2.4.3 出水管不宜安装逆止阀。

9.2.4.4 出水管应安装半固定式伸缩节，其安装位置应便于水泵的安装和拆卸。

9.2.4.5 进水钢管穿墙时，宜采用刚性穿墙管，出水钢管穿墙时，宜采用柔性穿墙管。

9.3 泵站水锤及其防护

9.3.1 有可能产生水锤危害的泵站，在各设计阶段均应进行事故停泵水锤计算。在可行性研究阶段，允许采用简易图解法计算；在初步设计阶段及施工图阶段宜采用特征线法或其

它精度比较高的计算方法进行计算。

9.3.2 当事故停泵瞬态特性参数不能满足下列要求时，应采取防护措施。

9.3.2.1 离心泵最高反转速度不应超过额定转速的 1.2 倍，超过额定转速的持续时间不应超过 2min。

9.3.2.2 立式机组在低于额定转速 40% 的持续运行时间不应超过 2min。

9.3.2.3 最高压力不应超过水泵出口额定压力的 1.3~1.5 倍。

9.3.2.4 管道任何部位不应出现水柱断裂。

9.3.3 真空破坏阀应有足够的过流面积，动作应准确可靠；用拍门或快速闸门作为断流设施时，其断流时间应满足水锤防护的要求。

9.4 真空、充水系统

9.4.1 泵站有下列情况之一者宜设真空、充水系统：

9.4.1.1 具有虹吸式出水流道的轴流泵站和混流泵站。

9.4.1.2 卧式泵叶轮淹没深度低于 3/4 时。

9.4.2 真空泵宜设 2 台，互为备用，其容量确定应符合下列要求：

9.4.2.1 轴流泵和混流泵抽除流道内最大空气容积的时间宜为 10~20min。

9.4.2.2 离心泵单泵抽气充水时间不宜超过 5min。

9.4.3 采用虹吸式出水流道的泵站，可利用已运行机组的驼峰负压，作为待起动机组抽真空之用，但抽气时间不应超过 10~20min。

9.4.4 抽真空系统应密封良好。

9.5 排水系统

9.5.1 泵站应设机组检修及泵房渗漏水的排水系统，泵站有调相要求时，应兼顾调相运行排水。检修排水与其它排水合成一个系统时，应有防止外水倒灌的措施，并宜采用自流排水方式。

9.5.2 排水泵不应少于 2 台，其流量确定应满足下列要求：

9.5.2.1 无调相运行要求的泵站，检修排水泵可按 4~6h 排除单泵流道积水和上、下游闸门漏水量之和确定。

9.5.2.2 采用叶轮脱水方式作调相运行的泵站，按一台机组检修，其余机组按调相的排水要求确定。

9.5.2.3 渗漏排水自成系统时，可按 15~20min 排除集水井积水确定，并设 1 台备用泵。

9.5.3 渗漏排水和调相排水应按水位变化实现自动操作，检修排水可采用手动操作。

9.5.4 叶轮脱水调相运行时，流道内水位应低于叶轮下缘 0.3~0.5m。

9.5.5 排水泵的管道出口上缘应低于进水池最低运行水位，并在管口装设拍门。

9.5.6 采用集水廊道时，其尺寸应满足人工清淤的要求，廊道的出口不应少于 2 个。采用集水井时，井的有效容积按 6~8h 的漏水量确定。

9.5.7 在主泵进、出水管道的最低点或出水室的底部，应设放空管。排水管道应有防止水生生物堵塞的措施。

9.5.8 蓄电池室含酸污水及生活污水的排放，应符合环境保护的有关规定。

9.6 供水系统

9.6.1 泵站应设主泵机组和辅助设备的冷却、润滑、密封、消防等技术用水以及运行管理人员生活用水的供水系统。

9.6.2 供水系统应满足用水对象对水质、水压和流量的要求。水源含沙量较大或水质不满足要求时，应进行净化处理，或采用其它水源。生活饮用水应符合现行国家标准《生活饮用水卫生标准》的规定。

9.6.3 自流供水时，可直接从泵出水管取水；采用水泵供水时，应设能自动投入工作的备用泵。

9.6.4 供水管内流速宜按 2~3m/s 选取，供水泵进水管流速宜按 1.5~2.0m/s 选取。

9.6.5 采用水塔（池）集中供水时，其有效容积应满足下列要求：

9.6.5.1 轴流泵站和混流泵站取全站 15min 的用水量。

9.6.5.2 离心泵站取全站 2~4h 的用水量。

9.6.5.3 满足全站停机期间的生活用水需要。

9.6.6 每台供水泵应有单独的进水管，管口应有拦污设施，并易于清污；水源污物较多时，宜设备用进水管。

9.6.7 沉淀池或水塔应有排沙清污设施，在寒冷地区还有防冻保温措施。

9.6.8 供水系统应装设滤水器，在密封水及润滑水管路上还应加设细网滤水器，滤水器清污时供水不应中断。

9.6.9 泵房消防设施的设置应符合下列规定：

9.6.9.1 油库、油处理室应配备水喷雾灭火设备。

9.6.9.2 主泵房电动机层应设室内消火栓，其间距不宜超过 30m。

9.6.9.3 单台储油量超过 5t 的电力变压器，应设水喷雾灭火设备。

9.6.10 消防水管的布置应满足下列要求:

9.6.10.1 一组消防水泵的进水管不应少于 2 条, 其中 1 条损坏时, 其余的进水管应能通过全部用水量。消防水泵宜用自灌式充水。

9.6.10.2 室内消火栓的布置, 应保证有 2 支水枪的充实水柱同时到达室内任何部位。

9.6.10.3 室内消火栓应设于明显的易于取用的地点, 栓口离地面高度应为 1.1m, 其出水方向与墙面应成 90° 角。

9.6.10.4 室外消防给水管道直径不应小于 100mm。

9.6.10.5 室外消火栓的保护半径不宜超过 150m, 消火栓距离路边不应大于 2.0m, 距离房屋外墙不宜小于 5m。

9.6.11 室内消防用水量宜按 2 支水枪同时使用计算, 每支水枪用水量不应小于 2.5L/s。同一建筑物内应采用同一规格的消火栓、水枪和水带, 每根水带长度不应超过 25m。

9.7 压缩空气系统

9.7.1 泵站应根据机组的结构和要求, 设置机组制动、检修、防冻吹冰、密封围带、油压装置及破坏真空等用气的压缩空气系统。

9.7.2 压缩空气系统应满足各用气设备的用气量、工作压力及相对湿度的要求, 根据需要可分别设置低压和高压系统:

低压系统压力应为 $8 \times 10^5 \sim 10 \times 10^5 \text{Pa}$

高压系统压力应为 $25 \times 10^5 \sim 40 \times 10^5 \text{Pa}$ 。

9.7.3 低压系统应设贮气罐, 其总容积可按全部机组同时制动的总耗气量及最低允许压力确定。

9.7.4 低压空气压缩机的容量可按 15~20min 恢复贮气罐额定压力确定。

低压系统宜设 2 台空气压缩机, 互为备用, 或以高压系统减压作为备用。

9.7.5 高压空气压缩机宜设 2 台, 总容量可按 2h 内将 1 台油压装置的压力油罐充气至额定工作压力值确定。

9.7.6 低压空气压缩机宜按自动操作设计, 贮气罐应设安全阀、排污阀及压力信号装置。

9.7.7 空气压缩机和贮气罐宜设于单独的房间内。主供气管道应有坡度, 并在最低处装设集水器和放水阀。空气压缩机出口管道上应设油水分离器。自动操作时, 应装卸荷阀和温度继电器以及监视冷却水中断的示流信号器。

9.7.8 供气管直径应按空气压缩机、贮气罐、用气设备的接口要求, 并结合经验选取。低压系统供气管道可选用水煤气管, 高压系统应选用无缝钢管。

9.8 供油系统

9.8.1 泵站应根据需要设置机组润滑、叶片调节、油压启闭等用油的透平油供油系统和

变压器、油断路器用油的绝缘油供油系统。两系统均应满足贮油、输油和油净化的要求。

9.8.2 透平油和绝缘油供油系统均宜设置不少于 2 只容积相等、分别用于贮存净油和污油的油桶。

每只透平油桶的容积，可按最大一台机组、油压装置或油压启闭设备中最大用油量的 1.1 倍确定。

每只绝缘油桶的容积，可按最大一台变压器用油量的 1.1 倍确定。

9.8.3 油处理设备的种类容量及台数应根据用油量选择。泵站不宜设油再生设备和油化验设备。

9.8.4 梯级泵站或泵站群宜设中心油系统，配置油分析与油化验设备，加大贮油及油净化设备的容量和台数，并根据情况设置油再生设备。每个泵站宜设能贮存最大一台机组所需油量的净油容器一个。

9.8.5 机组台数在 4 台及 4 台以上时，宜设供、排油总管。机组充油时间不宜大于 2h。机组少于 4 台时，可通过临时管道直接向用油设备充油。

9.8.6 装有液压操作阀门的泵站，在低于用油设备的地方设漏油箱，其数量可根据液压阀的数量决定。

9.8.7 油桶及变压器事故排油不应污染水源或污染环境。

9.8 供油系统

9.8.1 泵站应根据需要设置机组润滑、叶片调节、油压启闭等用油的透平油供油系统和变压器、油断路器用油的绝缘油供油系统。两系统均应满足贮油、输油和油净化的要求。

9.8.2 透平油和绝缘油供油系统均宜设置不少于 2 只容积相等、分别用于贮存净油和污油的油桶。

每只透平油桶的容积，可按最大一台机组、油压装置或油压启闭设备中最大用油量的 1.1 倍确定。

每只绝缘油桶的容积，可按最大一台变压器用油量的 1.1 倍确定。

9.8.3 油处理设备的种类容量及台数应根据用油量选择。泵站不宜设油再生设备和油化验设备。

9.8.4 梯级泵站或泵站群宜设中心油系统，配置油分析与油化验设备，加大贮油及油净化设备的容量和台数，并根据情况设置油再生设备。每个泵站宜设能贮存最大一台机组所需油量的净油容器一个。

9.8.5 机组台数在 4 台及 4 台以上时，宜设供、排油总管。机组充油时间不宜大于 2h。机组少于 4 台时，可通过临时管道直接向用油设备充油。

9.8.6 装有液压操作阀门的泵站，在低于用油设备的地方设漏油箱，其数量可根据液压阀的数量决定。

9.8.7 油桶及变压器事故排油不应污染水源或污染环境。

9.10 通风与采暖

9.10.1 泵房通风与采暖方式应根据当地气候条件、泵房型式及对空气参数的要求确定。

9.10.2 主泵房和辅机房宜采用自然通风。当自然通风不能满足要求时，可采用自然进风，机械排风。中控室和微机室宜设空调装置。

9.10.3 主电动机宜采用管道通风、半管道通风或空气密闭循环通风。风沙较大的地区，进风口宜设防尘滤网。

9.10.4 蓄电池室、贮酸室和套间应设独立的通风系统。室内换气次数应符合下列规定：

(1)开敞式酸性蓄电池室，不应少于 15 次 / h；

(2)防酸隔爆蓄电池室，不应少于 6 次 / h；

(3)贮酸室，不应少于 6 次 / h；

(4)套间，不应少于 3 次 / h。

(5)蓄电池室及贮酸室应采用机械排风，室内应保持负压。严禁室内空气循环使用。排风口至少应高出泵房顶 1.5m。

9.10.5 蓄电池室、贮酸室和套间的通风设备应有防腐措施。配套电动机应选用防爆型。通风机与充电装置之间可设电气连锁装置。

当采用防酸隔爆蓄电池时，通风机与充电装置之间可不设电气连锁装置。

9.10.6 蓄电池室温度宜保持在 10~35℃。室温低于 10℃时，可在旁室的进风管上装设密闭式电热器。电热器与通风机之间应设电气连锁装置。不设采暖设备时，室内最低温度不得低于 0℃。

9.10.7 中控室、微机室和载波室的温度不宜低于 15℃，当不能满足时应有采暖设施，且不得采用火炉。

电动机层宜优先利用电动机热风采暖，其室温在 5℃及其以下时，应有其它采暖设施。严寒地区的泵站在非运行期间，可根据当地情况设置采暖设备。

9.10.8 主泵房和辅机房夏季室内空气参数应符合表 9.10.8-1 及表 9.10.8-2 的规定。

表 9.10.8-1 主泵房夏季室内空气参数表

部位	室外计算温度(℃)	地面式泵房			地下式或半地下式泵房		
		温度(℃)	相对湿度(%)	平均风速(m/s)	温度(℃)	相对湿度(%)	平均风速(m/s)
电动机层工作地带	<29	<32	<75	不规定	<32	<75	0.2~0.5
	29~32	比室外高3	<75	0.2~0.5	比室外高2	<75	0.5
	>32	比室外高3	<75	0.5	比室外高2	<75	0.5
水泵层		<33	<80	不规定	<33	<80	不规定

表 9.10.8-2 辅机房夏季室内空气参数表

部位	室外计算温度(℃)	地面式泵房			地下式或半地下式泵房		
		温度(℃)	相对湿度(%)	平均风速(m/s)	温度(℃)	相对湿度(%)	平均风速(m/s)
中控室载波室	<29	<32	<70	0.2	<32	≤70	不规定
	29~32	<32	<70	0.2~0.5	比室外高2	≤70	0.2
	>32	<32	<70	0.5	<33	≤70	0.2~0.5
微机室		29~25	≤60	0.2~0.5	20~25	≤60	0.2~0.5
开关室站用变压器室		≤40	不规定	不规定	≤40	不规定	不规定
蓄电池室		≤35	≤75	不规定	≤35	不规定	不规定

9.11 水力机械设备布置

9.11.1 泵房水力机械设备布置应满足设备的运行、维护、安装和检修的要求，达到紧凑、整齐、美观的要求。

9.11.2 立式泵机组的间距应取下列的大值：

9.11.2.1 电动机风道盖板外径与不小于 1.5m 宽的运行通道的尺寸总和。

9.11.2.2 进水流道最大宽度与相邻流道之间的闸墩厚度的尺寸总和。

9.11.3 机组段长度应按本规范 9.11.2 的规定确定。当泵房分缝或需放置辅助设备时，可适当加大。

9.11.4 卧式泵进水管中心线的距离应符合上列要求：

9.11.4.1 单列布置时，相邻机组之间的净距不应小于 1.8~2.0m。

9.11.4.2 双列布置时，管道与相邻机组之间的净距不应小于 1.2~1.5m。

9.11.4.3 就地检修的电动机应满足转子抽芯的要求。

9.11.4.4 应满足进水喇叭管布置及水工布置的要求。

9.11.5 边机组段长度应满足设备吊装以及楼梯、通道布置的要求。

9.11.6 安装检修间长度可按下列原则确定：

9.11.6.1 立式机组应满足一台机组安装或扩大性大修的要求。机组检修应充分利用机组间的空地。在安装间，除了放置电动机转子外，尚应留有运输最重件的汽车进入泵房的场地，其长度可取 1.0~1.5 倍机组段长度。

9.11.6.2 卧式机组应满足设备进入泵房的要求，但不宜小于 5.0m。

9.11.7 主泵房宽度应按下列原则确定：

9.11.7.1 立式机组：泵房宽度应由电动机或风道最大尺寸及上、下游侧运行维护通道所要求的尺寸确定。电动机层和水泵层的上、下游侧均应有运行维护通道，其净宽不宜小于 1.2~1.5m；当一侧布置有操作盘柜时，其净宽不宜小于 2.0m。水泵层的运行通道还应满足设备搬运的要求。

9.11.7.2 卧式机组：泵房宽度应根据水泵、阀门和所配置的其它管件尺寸，并满足设备安装、检修以及运行维护通道或交通道布置的要求确定。

9.11.8 主泵房电动机层以上净高应满足以下要求：

9.11.8.1 立式机组：应满足水泵轴或电动机转子连轴的吊运要求。如果叶轮调节机构为机械操作，还应满足调节杆吊装的要求。

9.11.8.2 卧式机组：应满足水泵或电动机整体吊运或从运输设备上整体装卸的要求。

9.11.8.3 起重机最高点与屋面大梁底部距离不应小于 0.3m。

9.11.9 吊运设备与固定物的距离应符合下列要求：

9.11.9.1 采用刚性吊具时，垂直方向不应小于 0.3m；采用柔性吊具时，垂直方向不应小于 0.5m。

9.11.9.2 水平方向不应小于 0.4m。

9.11.9.3 主变压器检修时，其抽芯所需的高度不得作为确定主泵房高度的依据。起吊高度不足时，应设变压器检修坑。

9.11.10 水泵层净高不宜小于 4.0m，排水泵室净高不宜小于 2.4m，排水廊道净高不宜小于 2.2m。空气压缩机室净高应大于贮气罐总高度，且不应低于 3.5m，并有足够的泄压面积。

9.11.11 在大型卧式机组的四周，宜设工作平台。平台通道宽度不宜小于 1.2m。

9.11.12 装有立式机组的泵房，应有直通水泵层的吊物孔，其尺寸应能满足导叶体吊运的要求。

9.11.13 在泵房的适当位置应预埋便于设备搬运或检修的挂环以及架设检修平台所需要的构件。

10 电气设计

10.1 供电系统

10.1.1 泵站的供电系统设计应以泵站所在地区电力系统现状及发展规划为依据，经技术经济论证，合理确定供电点、供电系统接线方案、供电容量、供电电压、供电回路数及无功补偿方式等。

10.1.2 泵站宜采用专用直配输电线路供电。根据泵站工程的规模和重要性，合理确定负荷等级。

10.1.3 对泵站的专用变电站，宜采用站、变合一的供电管理方式。

10.1.4 泵站供电系统应考虑生活用电，并与站用电分开设置。

10.2 电气主接线

10.2.1 电气主接线设计应根据供电系统设计要求以及泵站规模、运行方式、重要性等因素全理确定。应接线简单可靠、操作检修方便、节约投资。当泵站分期建设时，应便于过渡。

10.2.2 电气主接线的电源侧宜采用单母线不分段。对于双回路供电的泵站，也可采用单母线分段或其它接线方式。

10.2.3 电动机电压母线宜采用单母线接线，对于多机组、大容量和重要泵站也可采用单母线分段接线。

10.2.4 6~10kV 电动机电压母线进线回路宜设置断路器。采用双回路供电时，应按每一回路承担泵站全部容量设计。

10.2.5 站用变压器宜接在供电线路进线断器的线路一侧，也可接在主电动机电压母线上。

当设置 2 台站用变压器，且附近有可靠外来电源时，宜将其中 1 台与外电源连接。

10.3 主电动机及主要电气设备选择

10.3.1 泵站电气设备选择应符合下列规定：

10.3.1.1 性能良好、可靠性高、寿命长。

10.3.1.2 功能合理，经济适用。

10.3.1.3 小型、轻型化，占地少。

10.3.1.4 维护检修方便，不易发生误操作。

10.3.1.5 确保运行维护人员的人身安全。

- 10.3.1.6 便于运输和安装。
- 10.3.1.7 设备噪声应符合国家有关环境保护的规定。
- 10.3.1.8 对风沙、冰雪、地震等自然灾害，应有防护措施。

10.3.2 泵站主电动机的选择应符合下列要求：

- 10.3.2.1 主电动机的容量应按水泵运行可能出现的最大轴功率选配，并留有一定的储备，储备系数宜为 1.10~1.05。
- 10.3.2.2 主电动机的型号、规格和电气性能等应经过技术经济比较选定。
- 10.3.2.3 当技术经济条件相近时，电动机额定电压宜优先选用 10kV。

10.3.3 主变压器的容量应根据泵站的总计算负荷以及机组起动、运行方式进行确定。当选用 2 台及 2 台以上变压器时，宜选用相同型号和容量的变压器。当选用不同容量和型号的变压器时，必须符合变压器并列运行条件。主变压器容量计算与校验应符合本规范附录 D 的规定。

10.3.4 泵站在系统中有调相任务，或供电网络的电压偏移不能满足供电电压要求时，宜选用有载调压变压器。

10.3.5 选择 6~10kV 断路器时，应按电动机起动频繁度和短路电流，选用新型电气设备。

10.3.6 导体和电器的选择及校验，除应符合本规范的规定外，尚应符合国家现行标准《导体和电器设备选择设计技术规定》及《高压配电装置设计技术规程》的有关规定。

10.4 无功功率补偿

10.4.1 无功功率补偿应按现行的《全国供用电规则》及《功率因数调整电费办法》的要求进行设计，做到全面规划，合理布局，就地平衡。

10.4.2 泵站在计费计量点的功率因数不应低于 0.85。当主变压器采用有载调压装置或容量在 3150kVA 及 3150kVA 以上时，功率因数不应低于 0.9。达不到上述要求时，应进行无功功率补偿。

10.4.3 主电动机的单机额定容量在 630kW 及 630kW 以上时，宜用同步电动机进行补偿。

10.4.4 主电动机的单机额定容量在 630kW 以下的泵站，宜采用静电电容器进行无功功率补偿。无功补偿电容器应分组，并能根据需及时投入或退出运行。电容补偿装置宜选用成套电容器柜，并应装设专用的控制、保护和放电设备。设备载流部分长期允许电流不应小于电容器组额定电流值的 1.3 倍。

10.5 机组起动

10.5.1 机组应优先采用全电压直接起动方式，并应符合下列规定：

10.5.1.1 母线电压降不宜超过额定电压的 15%。

10.5.1.2 当电动机起动引起的电压波动不致破坏其它用电设备正常运行，且起动电磁力矩大于静阻力矩时，电压降可不受 15% 额定电压的限制。

10.5.1.3 当对系统电压波动有特殊要求时，也可采用降压起动。

10.5.1.4 必要时应进行起动分析，计算起动时间和校验主电动机的热稳定。

10.5.2 电动机起动应按供电系统最小运行方式和机组最不利的运行组合形式进行计算：

10.5.2.1 当同一母线上全部装置同步电动机时，必须首先按最大一台机组的起动进行起动计算。

10.5.2.2 当同一母线上全部装置异步电动机时，必须按最后一台最大机组的起动进行起动计算。

10.5.2.3 当同一母线上装置有同步电动机和异步电动机时，必须按全部异步电动机投入运行，再起最大一台同步电动机的条件进行起动计算。

10.6 站用电

10.6.1 泵站站用电设计应根据电气主接线及运行方式、枢纽布置条件和泵站特性进行技术经济比较确定。

10.6.2 站用变压器台数应根据站用电的负荷性质、接线形式和检修方式等综合确定，数量不宜超过 2 台。

10.6.3 站用变压器容量应满足可能出现的最大站用负荷。采用 2 台站用变压器时，其中 1 台退出运行，另 1 台应能承担重要站用负荷或短时最大负荷，其容量应按本规范附录 E 的要求选择。

10.6.4 站用电的电压应采用 380/220V 中性点接线的三相四线制系统。当设置 2 台站用变压器时，站用电母线宜采用单母线分段接线，并装设备用电源自动投入装置。由不同电压等级供电的 2 台站用变压器低压侧不得并列运行。接有同步电动机励磁电源的站用变压器，应将其高压侧与该电动机接在同一母线段。

10.6.5 集中布置的站用电低压配电装置，应采用成套低压配电屏。对距离低压配电装置较远的站用电负荷，宜在负荷中心设置动力配电箱供电。

10.7 屋内外主要电气设备布置及电缆敷设

10.7.1 泵站电气设备布置应符合下列要求：

10.7.1.1 布置应紧凑，并有利于主要电气设备之间的电气联接和安全运行，且检修维护方便。降压变电站应尽量靠近主泵房、辅机房。

10.7.1.2 必须结合泵站枢纽总体规划，交通道路、地形、地质条件，自然环境和

水工建筑物等特点进行布置，应减少占地面积和土建工程量，降低工程造价。

10.7.1.3 泵站分期建设时，应按分期实施方案确定。

10.7.2 6~10kV 高压配电装置应优先采用成套高压开关柜，并设置单独的高压配电室。高、低压配电室，中控室，电缆沟进、出口洞，通气孔应有防止鸟、雀、鼠等小动物钻入和雨雪飘入屋内的设施。

10.7.3 电动机单机容量在 630kW 及 630kW 以上，且机组在 2 台及 2 台以上时或单机容量在 630kW 以下、且机组台数在 3 台以上时，应设中控室，采用集中控制。室净高不应低于 4m。

10.7.4 中控室的设计应符合下列要求：

10.7.4.1 便于运行和维护。

10.7.4.2 条件允许时，宜设置能从中控室瞭望机组的窗户或平台。

10.7.4.3 中控室面积应根据泵站规模、自动化水平等因素确定。

10.7.4.4 中控室噪声、温度和湿度应满足工作和设备环境要求。

10.7.5 站用变压器如布置在主泵房内，其油量为 100kg 以上时，应安装在单独的防爆专用变压器小间内，站用电低压配电装置应靠近站用变压器布置。

专供同步电动机励磁用的油浸变压器亦应安装在单独小间内。

10.7.6 站用变压器室内最高温度不应超过设备最高允许使用温度，干式变压器场地的相对湿度不宜大于 85%。

10.7.7 干式变压器可不设单独的变压器小间，高、低压引线裸露部分对地距离应符合国家现行标准《高压配电装置设计技术规程》的规定。对无外罩的干式变压器应设置安全防护设施。

10.7.8 油浸变压器上部空间不得作为与其无关的电缆通道。干式变压器上部可通过电缆，但电缆与变压器顶部距离不得小于 2m。

10.7.9 6~10kV 高压配电装置和 380/220V 低压配电装置宜布置在单独的高低压配电室内。

10.7.10 同步电动机励磁屏宜布置在机旁。当机组保护、自动屏等布置在机旁时，可选用同一类型屏，采用一列式布置。

10.7.11 布置在室内的配电装置和站用变压器应设火警信号装置。

10.7.12 当采用酸性蓄电池时，必须设单独的蓄电池室，并应布置在地面层，不得布置在中控室和高、低压配电室，电子计算机房和通信室上层。蓄电池室应有套间和通风设施，其设计应符合国家现行标准《蓄电池运行规程》的有关规定。

10.7.13 高压油浸式电容器室的设计应符合下列要求：

- 10.7.13.1 耐火等级不应低于二级。
- 10.7.13.2 环境温度不应低于-5℃，且不得超过 40℃。
- 10.7.13.3 电容器组应设置贮油坑。

10.7.14 中控室，主泵房和高、低压配电室内的电缆，应敷设在电缆支（吊）架上或电缆沟内托架上。电缆沟应设强度高、质量轻、便于移动的防火盖板。

10.7.15 电缆沟内应设置防火、排水设施，排水坡度不宜小于 2%。电缆管进、出口应采取防止水进入管内的措施。

10.7.16 屋外直埋敷设的电缆，其埋设深度不宜小于 0.7m。当冻土层厚度超过 0.7m 时，应采取防止电缆损坏的措施。

10.7.17 电缆敷设应符合下列要求：

10.7.17.1 普通支（吊）架的跨距、桥架组成中的梯形托架横撑间距，不宜大于表 10.7.17-1 所列数值。

表 10.7.17-1 普通支（吊）架跨距、桥架组成中的梯形托架横撑间距(mm)

类型	明敷电缆特征	敷设方式	
		水平	垂直
普通支（吊）架跨距	全塑性 除全塑型外的中、低压 电缆35kV以上高压电缆	400①	1000
		800	1500
		1500	2000
桥架组成中的梯形托架、横撑间距	中低压电缆 35kV以上高压电缆	300	400
		400	600

注：①沿支架能把电缆固定时，允许跨距增大一倍。

10.7.17.2 电缆垂直敷设时，应在每一个支架上用夹头固定；水平敷设时，应在电缆首末两端、转弯处两侧及接头处用夹头固定。钢丝铠装电缆水平敷设时，支持点间距可取 3~5m；垂直敷设时，可取 6~10m。

10.7.17.3 垂直敷设或沿陡坡敷设的电缆，最高点与最低点之间的允许最大高差不应超过表 10.7.17-2 的规定。

表 10.7.17-2 电缆允许最大高差

电缆种类	额定电压 (kv)	结构型式	允许敷设高差 (m)	
			铅包铝包	塑料
粘性油浸纸绝缘电缆	3及3以下	无铠装	20	20
		有铠装	25	25
	6~10	有（无）铠装	15	15
	20~35	有（无）铠装	5	5
油浸纸滴干绝缘电缆	1~10	铅（铝）包型	100	100
		分相包型	300	

10.7.17.4 电缆允许弯曲半径不得小于表 10.7.17-3 的规定。

表 10.7.17-3 国产常用电缆允许弯曲半径（电缆外径倍数）

电缆种类			多芯	单芯
聚乙烯绝缘电缆			10	10
橡皮绝缘	非裸铅包或钢铠套		10	
			15	
			20	
交联聚乙烯绝缘电缆 (35kV及35kV以下)			15	20
油浸绝 绝缘	铅包	铠装	15	
		无铠装	20	10
	铝包	外径在40mm以下时	25	25
		外径在40mm以上时	30	30

10.7.17.5 电缆从地下（或电缆沟、廊道、井）引出在地坪上 2m 高的一段应采用金属管或罩加以保护并可靠接地。

10.7.17.6 动力电缆与控制电缆分层敷设在同一电缆支架上时，动力电缆应在控制电缆的上面，格层之间应用耐火板隔开。动力电缆格层间应按电压高的在最上层，依电压高低顺序向下排列，并在层间加装石棉水泥板。

10.7.17.7 电缆穿管敷设时，每管宜只穿一根电缆，管内径与电缆外径之比不得小于 1.5。每管最多不应超过 3 个弯头，直角弯头不应多于 2 个。

10.8 电气设备的防火

10.8.1 泵站电气设备的防火，应贯彻“预防为主，防消结合”的消防工作方针，预防火灾，减少火灾危害。应积极采用先进的防火技术，做到保障安全，使用方便，经济合理。

10.8.2 泵站建筑物、构筑物生产的火灾危险性类别和耐火等级不应低于表 10.8.2 的规定。

表 10.8.2 建筑物、构筑物生产的火灾危险性类别和耐火等级表

类 别	建筑物、构筑物名称	火灾危险性类别	耐火等级
一、	主要建筑物、构筑物	丁 丙 丁 丙 丁 丙 丁	二
	主泵房、辅机房及安装间		二
	油浸式变压器室		二
	干式变压器室		二
	配电装置室		二
	单台设备充油量>100kg		二
	单台设备充油量<100kg		二
1.	母线室、母线廊道和竖井	丁	二
2.	中控室（含照明夹层）、继电保护屏室、自动和远动装置	丙	二
3.	室、电子计算机房、通信室	丙	二
4.		丁	二

8.	屋外变压器场	丁	二
9.	屋外开关站、配电装置构架	丁	二
10.	组合电气开关站	丙	二
11.	高压充油电缆隧道和竖井	丁	二
12.	高压干式电力电缆道和竖井	丁	二
13.	电力电缆室、控制电缆室、电缆隧道和竖井	丙	二
14.	蓄电池室	丁	二
15.	防酸防爆型铅酸蓄电池室	丙	二
16.	碱性蓄电池室 贮酸室、套间及通风机室	丁	二
17.	充放电盘室	戊	三
18.	通风机室、空气调节设备室	戊	二
	供排水泵室		
	消防水泵室		
二、	辅助生产建筑物		
1.	油处理室	丙	二
2.	继电保护和自动装置试验室	丙	二
3.	高压试验室、仪表试验室	丁	二
4.	机械试验室	丁	三
5.	电工试验室	丁	三
6.	机械修配厂	丁	三
7.	水工观测仪表室	丁	二
三、	附属建筑物、构筑物		
1.	一般器材仓库		三
2.	警卫室		三
3.	汽车库（含消防仓库）		三

10.8.3 站、区地面建筑物、屋外电气设备周围及主泵房、辅机房均应设置消火栓。

10.8.4 油量为 2500kg 以上的油浸式变压器之间防火间距：电压为 35kV 及 35kV 以下时，不应小于 5m；电压为 110kV 时，不应小于 8m；电压为 220kV 时，不应小于 10m。

10.8.5 当相邻 2 台油浸式变压器之间防火间距不能满足要求时，应设置防火隔墙。隔墙顶高不应低于变压器油枕顶端高程，隔墙长度不应短于变压器贮油坑两端各加 0.5m 之和。

10.8.6 油浸式变压器及其它充油电气设备，其单台油量在 100kg 以上时，应设置贮油坑及公共集油池。

10.8.7 贮油坑容积应按贮存单台设备 100%的油量确定。当贮油坑底设有排油管，能将油安全排到公共集油池时，其容积可按 20%油量确定。

排油管内径不应小于 150mm。管口应加装金属滤网。

10.8.8 贮油坑内应铺设粒径为 50~80mm 卵石层，其厚度不宜小于 0.25m。

贮存 100%设备油量的贮油坑上部宜装设栅格，栅条净距不应大于 40mm。应在栅格上铺放卵石层。

10.8.9 油浸式站用变压器布置在屋内时，房门应为向外开启的乙级防火门，并直通屋外或走廊，不得开向其它房间。

10.8.10 变电站、配电装置室、蓄电池室、中控室、计算机房和通信室等均应配置手提式卤代烷灭火器及其它灭火器材。

10.8.11 配电装置室的长度大于 7m 时, 应设 2 个出口; 大于 60m 时, 宜再增设 1 个出口。

10.8.12 配电装置室的门应为向疏散方向开启的丙级防火门。相邻配电装置室之间有门时, 门应能向两个方向开启。

10.8.13 防酸隔爆型铅酸蓄电池室应有泄压设施。其泄压面设置不应影响疏散通道及设备安全。泄压面积与该室体积的比值不应小于 0.03(m²/m³)。

10.8.14 电缆室、电缆隧道和穿越各机组段之间架空敷设的动力电缆、控制电缆等均应分层排列敷设。动力电缆上下层之间, 应装设耐火隔板, 其耐火极限不应低于 0.5h。

10.8.15 电缆隧道和电缆沟道在穿越中控室、配电装置室处; 穿越泵房外墙边以及电缆分支引接处, 应设防火分隔设施。

10.8.16 动力电缆和控制电缆隧道每 150m、充油电力电缆隧道每 120m、电缆沟道每 20m、电缆室每 300m 宜设一个防火分隔物。

防火分隔物应采用非燃烧材料, 其耐火极限不应低于 0.7h。

设在防火分隔物上的门应为丙级防火门。当不设防火门时, 在防火分隔物两侧各 1m 的电缆区段上, 应有防止串火的措施。

10.9 过电压保护及接地装置

10.9.1 砖木结构(无钢筋)主泵房和辅机房、屋内外配电装置、母线桥与架空进线、油处理室等重要设施均应装设防直击雷保护装置。

10.9.2 电压在 110kV 及 110kV 以上的屋外配电装置防直击雷保护, 可将避雷针装设在配电装置构架上, 构架应可靠接地。

对于 35~60kV 配电装置的防直击雷保护, 宜采用独立避雷针, 附近应设避雷针辅助接地装置, 其接地电阻不应大于 10Ω。

独立避雷针离被保护的建筑物及与其有联系的金属物的距离应符合下列要求:

$$S1 \geq 0.3R + 0.1h_x \quad (10.9.2-1)$$

$$S2 \geq 0.3R \quad (10.9.2-2)$$

式中: S1——地上部分距离(m), 当 S1<5m 时, 取 S1=5m;

S2——地下部分距离(m), 当 S2<3m 时, 取 S2=3m;

R——避雷针接地装置的冲击接地电阻(Ω);

h_x——被保护物或计算点的高度(m)。

10.9.3 采用避雷线作为防直击雷保护时, 避雷线与屋面和各种突出体的距离应符合下列规定:

$$S3 \geq 0.1R + 0.05L \quad (10.9.3)$$

式中： S_3 ——避雷线与屋面和各种突出物体的距离(m)，当 $S_3 < 3\text{m}$ 时，取 $S_3 = 3\text{m}$ 并应计及避雷线的弧度；

R ——避雷线每端接地装置的冲击电阻(Ω)；

L ——避雷线的水平长度(m)。

避雷线接地装置的冲击电阻值不应大于 10。在土壤电阻率高的地区，允许提高电阻值，且必须符合本条和本规范 10.9.2 规定的距离要求。

10.9.4 当本规范 10.9.1 所列的建筑物设立独立避雷针有困难时，可采用避雷针作为防直击雷保护。其网格宜为 8~10m。接地引线应远离电气设备，其数量不应少于 2 处，每隔 10~20m 引一根，可与总接地网连接，并在连接处加设集中接地装置，其接地电阻不应大于 10Ω 。

10.9.5 钢筋混凝土结构主泵房、中控制室、屋内配电装置室、油处理室、大型电气设备检修间等，可不设专用的防直击雷保护装置，但应将建筑物顶上的钢筋焊接成网。所有金属构抢占、金属保护网、设备金属外壳及电缆的金属外皮等均应可靠接地，并与总接地网连接。

10.9.6 屋外配电装置应采用阀型避雷器以及与避雷器相配合的进线保护段，作为防侵入雷电池的保护。

10.9.7 直接与架空线路连接的电动机应在母线上设置阀型避雷器与电容器组。对中性点有引出线的电动机，还应在中性点设置一只阀型避雷器，该避雷器应符合下列要求：

10.9.7.1 灭弧电压（最大允许电压）不应低于 1.2 倍相电压。

10.9.7.2 工频放电电压不应低于 2.2 倍相电压。

10.9.7.3 冲击放电电压和残压不应高于电动机耐压试验电压。

10.9.8 保护电动机的避雷器应采用保护旋转电机的专用避雷器，并应靠近电动机装设。当避雷器和电容器组与电动机之间的电气距离不超过 50m 时，应在每组母线上装设一套避雷器和电容器组。

10.9.9 泵站应装设保护人身和设备安全的接地装置。接地装置应充分利用直接埋入地中或水中的钢筋、压力钢管、闸门、拦污栅等金属件，以及其它各种金属结构等自然接地体。

当自然接地体的接地电阻常年都能符合要求时，不宜设单独的人工接地体，但自然接地体之间必须可靠连接，钢筋之间连接必须电焊。不能符合要求时，应装设人工接地装置。

10.9.10 对小电流接地系统，其接地装置的接地电阻值不宜超过 4Ω 。对大电流接地系统，其接地装置的接地电阻值不宜超过 0.5Ω 。

10.9.11 泵站接地网宜采用棒型和带型接地体联合组成的环形接地装置，环形接地装置应埋于冻土层以下，接地体埋设深度不宜小于 0.7m。接地装置应在不同地点引出，与屋内接地干线可靠连接。引出线不得少于 2 根，并应设置自然接地体与人工接地体分开的测量井。垂直打入地下的接地钢管，其直径宜为 50~60mm，长度宜为 2.5m，接地极间距不应小于 4m。接地扁铁截面积不应小于 48mm^2 ，厚度不应小于 4mm。埋于有强烈腐蚀性土壤中的接地扁铁，其截面积不得小于 160mm^2 ，厚度不应小于 4mm。

10.9.12 1kV 以下中性点直接接地的电网中,电力设备的金属外壳宜与变压器接地中性线(零线)连接。

10.9.13 泵站的过电压保护和接地装置除应符合本节规定外,并应符合现行国家标准《工业与民用电力装置的过电压保护设计规范》及《工业与民用电力装置的接地设计规范》的有关规定。

10.10 照明

10.10.1 泵站应设置正常工作照明、事故照明以及必要的安全照明装置。

10.10.2 工作照明电源应由厂用电系统的 380/220V 中性点直接接地的三相四线制系统供电,照明装置电压宜采用交流 220V; 事厂照明电源应由蓄电池或其它固定可靠电源供电; 安装高度低于 2.5m 时, 应采用防止触电措施或采用 12~36V 安全照明。

10.10.3 站内照明导线应按导线允许载流量选择, 且用允许电压损失进行校验。

10.10.4 泵站各种场种的最低照度标准值, 应按表 10.10.4 规定执行。

表 10.10.4 泵站最低照度标准值

工作场所地点	工作面名称	规定照度被照面	工作照明 (lx)		事故照明 (lx)
			混合	一般	
一、主泵房和辅机房:					
1. 主机室 (无天然采光)	设备布置和维护地区	离地0.8m水平面	500	150	10
2. 主机室 (有天然采光)	设备布置和维护地区	离地0.8m水平面	300	100	10
3. 中控室 (主环范围内)	控制盘上表针, 操作屏台, 值班台	控制盘上表针垂直面 控制台水平面		200 500	30
4. 继电保护盘室、控制屏	屏前屏后	离地0.8m水平面		100	5
5. 计算机房、通信室	设备上	离地0.8m水平面		200	10
6. 高低压配电装置、母线室, 变压器室	设备布置和维护地区	离地0.8m水平面		75	3
7. 蓄电池室	设备布置和维护地区			30	3
8. 电气试验室		离地0.8m水平面	300	100	
9. 机修间	设备布置和维护地区	离地0.8m水平面	200	60	
10. 主要楼梯和通道		地面		10	0.5
二、室外:					
1. 35kV及35kV以上配电装置		垂直面		1	
2. 主要通道和车道		地面		1	
3. 水工建筑物		地面		5	

10.10.5 泵站内外照明应采用光学性能和节能特性好的新型灯具，安装的灯具应便于检修和更新。

10.10.6 在正常工作照明消失仍需工作的场所和运行人员来往的主要通道均应装设事故照明。

10.10.7 照明线的零线不得装设开关和熔断器。

10.11 继电保护及安全自动装置

10.11.1 泵站的电力设备和馈电线路均应装设主保护和后备保护。主保护应能准确、快速、可靠地切除被保护区域内的故障；在主保护或断路器拒绝动作时，应分别由元件本身的后备保护或相邻元件的保护装置将故障切除。

10.11.2 动作于跳闸的继电保护应有选择性。前后两级之间的动作时限应相互配合。

10.11.3 保护装置的灵敏系数应根据最不利的运行方式和故障类型进行计算确定。保护装置的灵敏系数 K_m 不应低于表 10.11.3 规定值。

表 10.11.3 保护装置的灵敏系数 K_m

保护类型	组成元件	灵敏系数	备注
变压器、电动机纵联差动保护	差电流元件	2	
变压器、电动机线路电流速断保护	电流元件	2	
电流保护或电压保护	电流元件和电压元件	1.3~1.5	当为后备保护时可为1.2
后备保护	电流电压元件	1.5	按相邻保护区末端短路计算
零序电流保护	电流元件	1.5	

10.11.4 泵站主电动机电压母线应装设下列保护：

10.11.4.1 带时限电流速断保护整定值应大于 1 台机组启动、其余机组正常运行和站用电满负荷时的电流值，动作于断开进线断路器。当主电动机母线设有分段断路器时，可设带时限电流速断。

10.11.4.2 低电压保护电压整定值为 40%~50%额定电压，时限宜为 I_s ，动作于进线断路器。

10.11.4.3 单相接地故障监视，动作于信号。

10.11.5 对电动机相间短路，应采用下列保护方式：

10.11.5.1 对于额定容量为 2000kW 以下的电动机，应采用两相式电流速断保护装置。

10.11.5.2 对于额定容量为 2000kW 及 2000kW 以上的电动机，应采用纵联差动保护装置。

额定容量为 2000kW 以下的电动机，当采用两相式电流速断保护装置不能满足灵敏系数要求时，应采用纵联差动保护装置。

上述保护装置均应动作于断开电动机断路器。

10.11.6 电动机应装设低电压保护。电压整定值为 40%~50%额定电压,时限宜为 0.5s,动作于断开电动机断路器。

10.11.7 当单相接地电流大于 5A 时,应设单相接地保护。单相接地电流为 5~10A 时,可动作于断开电动机断路器,也可动作于信号;单相接地电流为 10A 以上时,动作于断开电动机断路器。

10.11.8 电动机应装设过负荷保护,同步电动机应带两阶时限:第一阶时限动作于信号;第二阶时限动作于断开断路器。异步电动机宜动作于信号,也可断开电动机断路器。动作时限均应大于机组起动时间。

10.11.9 同步电动机应装设失步与失磁保护。失步保护可采用下列方式之一:

10.11.9.1 反应转子回路出现的交流分量。

10.11.9.2 反应定电压与电流间相角的变化。

10.11.9.3 短路比为 0.8 及 0.8 以上的电动机采用反应定子过负荷。

失步保护应带时限断开电动机断路器。失磁保护应瞬时断开电动机断路器。

10.11.10 机组应设轴承温度升高和过高保护。温度升高动作于信号,温度过高动作于断开电动机断路器。

10.11.11 对中性点直接接地的站用变压器,应在低压侧面中性线上装设零序电流保护,且高压侧的过流保护宜采用三相式。当利用高压侧过电流保护来切除低压侧单相接地短路能满足灵敏系数要求时,可不装设零序电流保护。

10.11.12 泵站专用供电线路不应设自动重合闸装置。

10.11.13 站用电备用电源自动投入装置应符合下列要求:

10.11.13.1 当任一段低压母线失去电压时,应能动作。

10.11.13.2 必须在失去电压的母线电源断开后,备用电源才允许投入。

10.11.13.3 备用电源自动投入装置只允许投入一次。

10.11.14 泵站可逆式电机,站、变合一的降压变电站所及静电电容器的保护装置,应符合现行国家标准《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》的有关规定。

10.12 自动控制和信号系统

10.12.1 泵站的自动化程度及远动化范围应根据该地区区域规划和供电系统的要求,以及泵站运行管理具体情况确定。对今后可能采用的新技术宜留有适当的发展余地。

10.12.2 对于大型泵站,在实现自动化的基础上可采用微机监控。

10.12.3 泵站主机组及辅助设备按自动控制设计时，应符合下列要求：

10.12.3.1 以一个命令脉冲使机组按规定的顺序开机或停机，同时发出信号指示。

10.12.3.2 机组辅助设备，包括技术供水、真空充水、排水系统及压缩空气系统均能实现自动和手动操作。

10.12.4 泵站应设中央复归和重复动作的信号装置，并能发出区别故障和事故的音响和光字牌信号。

10.13 测量表计装置

10.13.1 泵站高压异步电动机应装设有功功率表及电流表。高压同步电动机定子回路应装设电流表、有功功率表、无功功率表、有功电度表及无功电度表；转子回路应装设电流表及电压表，也可在中控室装设功率因数表。

10.13.2 根据泵站检测与控制的要求，可装设自动巡回检测装置和遥测系统。

10.13.3 主变压器或进线应装设电流表、电压表、有功功率表、无功功率表、频率表、功率因数表、有功电度表及无功电度表。有调相任务的机组还应装双向有功无功电度表和带有逆止器的双向有功无功电度表。

10.13.4 6~10kV 电动机电压母线上应装设带切换开关测量相和相间电压的电压表。

10.13.5 静电电容器装置的总回路应分相设置电流表，在分组回路中可只设置一只电流表。总回路应设置无功功率表和无功电度表。

10.13.6 站用变压器低压侧应装设有功电度表、电流表及带切换开关的电压表。

10.13.7 直流系统应装设直流电流表、电压表及绝缘监视仪表。

10.13.8 泵站测量仪器仪表装置设计，除应符合上述规定外，尚应符合现行国家标准《电力装置的电气测量仪表装置设计规范》的有关规定。

电能计量仪表装置的配置应符合《全国供用电规则》的有关规定。

10.14 操作电源

10.14.1 操作电源应保证对继电保护、自动控制、信号回路等负荷的连续可靠供电。

10.14.2 泵站操作电源宜采用独立的硅整流蓄电池直流系统，宜只装置一组蓄电池，并按浮充电方式运行。直流操作电压可采用 110V 或 220V。

10.14.3 蓄电池组的容量应满足下列要求：

10.14.3.1 全站事故停电时的用电容量，停电时间可按 0.5h 计算。

10.14.3.2 全站最大冲击负荷容量。

10.15 通信

10.15.1 应设置包括水、电的生产高度通信和行政通信的泵站专用通信设施。泵站的通信方式应根据泵站规模、地方供电系统要求、生产管理体制生活区位置等因素规划设计、统一安排。宜采用电力载波、有线通信或专业网微波通信系统。对于担负防汛任务的泵站，还应设置专门的防汛通信。

10.15.2 泵站生产调度通信和行政通信可根据具体情况合并或分开设置。梯级泵站宜有单独的调度通信设施，其总机、中继站及分机的设置应和调度运行方式相适应。

10.15.3 通信设备的容量应根据泵站规模、枢纽布置及自动化和远动化的程度等因素确定。

10.15.4 通信总机应设有与当地电信局联系的中继线。泵站与电力系统间的联系宜采用电力载波通信。

10.15.5 通信装置必须有可靠的供电电源。直流电源应采用蓄电池组浮充电供电方式，也可采用交流电源经整流后直接供电的方式以及经逆变器由蓄电池组供电的方式。

10.16 电气试验设备

10.16.1 梯级泵站、集中管理的泵站群以及大型泵站应设置中心电气试验室，并应符合下列要求：

10.16.1.1 应能进行本站及其管辖范围内各泵站电气设备的检修、调试与校验。

10.16.1.2 应能对 35kV 及 35kV 以下的电气设备进行预防性试验。

10.16.2 对距电气试验中心较远或交通不便的泵站，应设置必要的电气试验设备。

10.16.3 电气试验室仪器、仪表的配置，宜按本规范附录 F 的要求选用。

11 闸门、拦污栅及启闭设备

11.1 一般规定

11.1.1 泵站进水侧应设拦污栅和检修闸门。当引水建筑物有防淤或控制水位要求时，应设工作闸门。

11.1.2 拦污栅布置应根据来污量和污物性质确定。来污量较多时，除泵站进口应设拦污栅外，还可在引渠或前池加设站前拦污栅。

拦污栅应配备起吊设备；来污量较多时应有清污设施。清污平台宜结合交通桥布置，并应满足装运污物的要求。污物应有集散场地。

站前拦污栅宜与流向斜交，或采用人字形布置。

11.1.3 采用拍门或快速闸门断流的泵站，其出水侧应设事故闸门或经论证设检修闸门；采用真空破坏阀断流的泵站，可根据水位情况决定设防洪闸门或检修闸门，不设闸门必须有充分论证。

11.1.4 拍门、快速闸门及事故闸门门后应设通气孔，通气孔应有防护设施。通气孔的面积可按下式计算确定：

$$S \geq 0.01Q \quad (11.1.4)$$

式中：S——通气孔面积(m²)；

Q——设计流量(m³/s)。

11.1.5 事故闸门停泵闭门宜与拍门或快速闸门联动。快速卷扬启闭机、液压启闭机应能就地操作和远动控制，并应有可靠的操作电源。

11.1.6 检修闸门的数量应根据机组台数、工程重要性及检修条件等因素确定。每3台机线宜设一套；10台机组以上每增加4台可增设一套。

11.1.7 后止水检修闸门应采用反向预压装置。

11.1.8 检修闸站和事故闸门宜设平压装置。

11.1.9 在严寒地区闸门和拦污栅应有防冰冻措施。

11.1.10 两道闸门之间及闸门与拦污栅之间的距离应满足闸门安装、维修、启闭机布置要求，最小净距宜大于1.5m；拍门外缘至闸墩或底槛的最小净距宜大于0.20m。

11.1.11 拍门、闸门、拦污栅及其启闭设备的埋件，其安装应采用后浇混凝土方式，并应预留后浇混凝土尺寸。

多孔共用的检修闸门，其埋件的安装精度应满足一门多槽使用要求。

11.1.12 拍门、闸门和拦污栅应根据水质情况和运用条件，采取有效的防腐措施。自多泥沙水源取水的泵站，应有防淤措施。

11.1.13 闸门的孔口尺寸，可按国家现行标准《水利水电工程钢闸门设计规范》规定的系列标准选定。

11.1.14 闸门、拦污栅设计及启闭力计算可按国家现行标准《水利水电工程钢闸门设计规范》有关规定执行。

11.1.15 启闭机宜设启闭机房。启闭机房和检修平台的高程及工作空间，应满足闸门和拦污栅及启闭机安装、运行与检修要求。

11.2 拦污栅及清污机

11.2.1 拦污栅孔口尺寸的确定应计入污物堵塞使进水流道过水面积减小的因素。过栅流速：采用人工清污时，宜取 $0.6\sim 0.8\text{m/s}$ ；采用机械清污或提栅清污时，可取 $0.6\sim 1.0\text{m/s}$ 。

11.2.2 拦污栅应采用活动式。栅体可直立布置，也可以倾斜布置。倾斜布置时，栅体与水平面的倾角，宜取 $70^\circ\sim 80^\circ$ 。

11.2.3 拦污栅的设计荷载，应根据来污量、污物性质及清污措施确定。拦污栅设计水位差可按 $1.0\sim 2.0\text{m}$ 选用，特殊情况酌情增减。有流冰并于流冰期运用时应计入壅冰影响。

11.2.4 拦污栅栅条净距：对于轴流泵，可取 $D_0/20$ ；对于混流泵和离心泵，可取 $D_0/30$ 。 D_0 为水泵叶轮直径。最小净距不得小于 5cm 。

11.2.5 拦污栅栅条宜采用扁钢制作。栅体构造应满足清污要求。

11.2.6 机械清污的泵站，根据来污量、污物性质及泵站水工布置等因素可选用耙斗（齿）式、抓斗式或迴转式清污机；对环境保护有充分论证时，也可以选用粉碎式清污机。清污机应运行可靠、操作方便、结构简单。

11.2.7 耙斗（齿）式清污机的起升速度可取 $15\sim 18\text{m/min}$ ；行走速度可取 $18\sim 25\text{m/min}$ 。迴转式清污机的迴转线速度可取 $3\sim 5\text{m/min}$ 。

11.2.8 清污机应设过载保护装置；宜设压差报警设施和自动运行装置。

11.2.9 自多泥沙水源取水的泵站，其清污机水下部件应有抗磨损和防淤措施。

11.3 拍门及快速闸门

11.3.1 拍门和快速闸门选型应根据机组类型、水泵扬程与口径、流道型式和尺寸等因素决定。

单泵流量在 $8\text{m}^3/\text{s}$ 以下时，可选用整体自由式拍门；单泵流量较大时，可选用快速闸门或双节自由式、液压控制式及机械控制式拍门。

11.3.2 拍门、快速闸门事故停泵闭门时间应满足机组保护要求。

11.3.3 设计工况下整体自由式拍门开启角应大于 60° ；双节自由式拍门上节门开启角宜大于 50° ，下节门开启角宜大于 65° ，上下门开启角差不宜大于 20° 。

增大拍门开度可采用减小或调整门重和空箱结构等措施。当采用加平衡重措施时，应有

充分论证。

11.3.4 双节式拍门的下节门宜作成部分或全部空箱结构。上下门高度比可取 1.5~2.0。

11.3.5 轴流泵机组用快速闸门或有控制的拍门作为断流装置时，应有安全泄流设施。泄流设施可布置在门体或胸墙上。泄流孔的面积可根据机组安全起动要求，按水力学孔口出流公式试算确定。

11.3.6 拍门、快速闸门的结构应保证足够的强度、刚度和稳定性；荷载计算应考虑停泵撞击力。

11.3.7 拍门、快速闸门应采用钢材制作；经计算论证，平面尺寸小于 1.2m 的拍门可采用铸铁制作。

11.3.8 拍门铰座应采用铸钢制作。吊耳孔宜加设耐磨衬套并宜做成长圆形。

11.3.9 拍门、快速闸门应设缓冲装置。

11.3.10 拍门的止水橡皮和缓冲橡皮宜设在门框埋体上，并便于安装、更换。

11.3.11 拍门宜倾斜布置，其倾角可取 10° 左右。拍门止水工作面宜进行机械加工。

11.3.12 拍门铰座与门框埋体应采用预埋螺栓锚固在钢筋混凝土结构中，预埋螺栓应有足够的强度和预埋深度。成套供货的拍门，其铰座与管道可采用法兰联接或焊接。

11.3.13 自由式拍门开启角和闭门撞击力可按本规范附录 G 和附录 H 计算。

11.3.14 快速闸门闭门撞击力可按本规范附录 J 计算。

11.4 启闭机

11.4.1 启闭机的型式应根据泵站水工布置、闸站（拦污栅）型式、孔口尺寸与数量及运行条件等因素确定。

工作闸门和事故闸门宜选用固定式启闭机；有控制的拍门和快速闸门应选用快速卷扬启闭机或液压启闭机；检修闸门和拦污栅宜选用固定式卷扬启闭机、螺杆启闭机或电动葫芦。孔口数量较多时，宜选用移动式启闭机或小车式葫芦。

11.4.2 启闭机的计算容量，应满足启闭闸门的要求。其选用容量应大于计算容量。

11.4.3 固定式或移动式卷扬启闭机和液压启闭机应设高度指示装置；容量较大的启闭机应设过载保护装置。

11.4.4 快速卷扬启闭机和液压启闭机应设紧急手动释放装置。

11.4.5 卷扬启闭机的钢丝绳宜采用镀锌或其它防腐蚀措施。

11.4.6 启闭机宜配置适当的检修起吊设施或设备。启闭机与机房墙面及两台启闭机间净距均不应小于 0.8m。

12 工程观测及水力监测系统设计

12.1 工程观测

12.1.1 泵站根据工程等级、地基条件、工程运用及设计要求应设置沉降、位移、扬压力、泥沙等观测设备，并宜设应力和振动等观测设备。

12.1.2 沉降观测宜埋设沉降标点进行水准测量；沉降观测的起测基点，水平位移观测的工作基点及校核基点，应布置在建筑物两岸、不受沉降和位移影响，且便于观测的岩基或坚实土基上，两端各布置 1 个。

12.1.3 扬压力观测可通过埋设在建筑物下的测压管或渗压计进行。观测点应布设在与主泵心轴线垂直的横向观测断面上。每个横断面上的观测点不宜少于 3 点，并至少应在 3 个横断面布置观测点。

12.1.4 多泥沙水源泵站应对进水池内泥沙淤积部位和高度进行观测，并在出水渠道选择一长度不小于 50m 的平直段设置 3 个观测断面，对水流的含沙量、渠道输沙量和淤积情况进行测量分析。

12.1.5 应通过理论计算，分别在泵站结构应力和振动位移最大值的部位埋设或安置相应的观测设备。

12.2 水力监测系统

12.2.1 泵站应设置水力监测系统，并应根据泵站的性质和特点确定水位、压力、流量等监测项目。

12.2.2 泵站进、出水池应设置水位标尺。根据泵站管理的要求可加装水位传感器或水位报警装置。水源污物较多的泵站还应应对拦污栅前后的水位落差进行监测。

12.2.3 水泵进、进口及虹吸式出水流道驼峰顶部，应设真空或压力监测设备，真空表宜选择 1.5 级的。对于真空或压力值不大于 $3 \times 10^4 \text{Pa}$ 的泵站宜采用水柱测压管测量。根据泵站的需要还可同时安装相应的压力传感器。

12.2.4 泵站应装设单泵流量及水量累计的的监测设备，并在合理位置设置对流量监测设备进行标定所必需的设施。

12.2.5 对配有肘型、钟型或渐缩型进水流道的大型泵站，宜采用进水流道差压法并配

合水柱差压计或差压流量变送器进行流量监测。施工时应布置预埋件，埋设取压管并将其引至泵房下层。对于有等断面管道（或流道）的泵站宜采用测量流速的方法对差压流量计进行标定；对于流道断面不规则的泵站宜采用盐水浓度法对差压流量计进行标定测量。设计时应按规定要求设置预埋件。

12.2.6 对于装有进水喇叭管的轴流泵站，宜采用喇叭口差压法，配合水柱差压计或差压流量变送器进行流量监测。测压孔的位置应在叶片进口端与前导锥尖之间选取，宜与来流方向成 45° 对称布置 4 个测压孔，联接成匀压环。差压流量计的标定宜在水泵生产厂或流量标定站进行。当在泵站现场标定时，应根据国家现行标准《泵站现场测试规程》和各站的具体条件选定标定方法，在设计中应根据标定测量的要求设置必要的预埋件。

12.2.7 对于进、出水管道系统没有稳定的差压可供利用的抽水装置，当管道较长时，宜在出水管道上装置钢板焊接的文丘里管，并正确选择流量测量仪表。

12.2.8 对进水管装有 90° 或 45° 弯头或出水管装有 90° 弯头的中型卧式离心泵或混流泵站，宜利用弯头内侧与外侧的水流压力差，配备水柱差压计或差压流量变送器进行流量监测。弯头流量系数宜在实验室或泵站现场进行标定。

附录 A 泵房稳定分析有关数据

A.0.1 泵房基础底面与地基之间的摩擦系数 f 值可按表 A.0.1 采用：

表 A.0.1 摩擦系数 f 值

地基类别		f 值
粘土	软弱	0.20~0.25
	中等坚硬	0.20~0.25
	坚硬	0.35~0.45
壤土、粉质壤土		0.25~0.40
砂壤土、粉砂土		0.35~0.40
细砂、极细砂		0.40~0.45
中砂、粗砂		0.45~0.50
砾石、卵石		0.50~0.55
碎石土		0.40~0.50
软质岩石		0.40~0.60
硬质岩石		0.60~0.70

A.0.2 泵房基础底面与地基之间的摩擦角 Φ_0 值和粘结力 C_0 值可按表 A.0.2 采用：

表 A.0.2 摩擦角 Φ_0 值和粘结力 C_0 值

地基类别	抗剪强度指标	采用值
粘性土	$\Phi_0 (^{\circ})$	0.9Φ
	$C_0 (\text{kPa})$	$0.2C \sim 0.3C$
砂性土	$\Phi_0 (^{\circ})$	$0.85\Phi \sim 0.9\Phi$
	$C_0 (\text{kPa})$	0

注：(1)表中 Φ 为室内饱和固结快剪试验摩擦角值($^{\circ}$)； C 为室内饱和固结快剪试验粘结力值 (kPa)。

(2)按本表采用 Φ_0 值和 C_0 值时，对于粘性土地基，应控制折算的综合摩擦系数 $f_0 = (\tan \Phi_0 \Sigma G + C_0 A) / \Sigma G \leq 0.45$ ；对于砂性土地基，应控制摩擦角的正切值 $\tan \Phi_0 \leq 0.50$ 。

A.0.3 泵房基础底面压应力不均匀系数的允许值可按表 A.0.3 采用：

表 A.0.3 不均匀系数的允许值

地基土质	荷载组合	
	基本组合	特殊组合
松软	1.5	2.0
中等坚实	2.0	2.5
坚实	2.5	3.0

注：(1)以重要的大型泵站，不均匀系数允许值可按表列值适当减小。

(2)对于地基条件较好，泵房结构简单的中型泵站，不均匀系数的允许值可按表列值适当增大，但增大值不应超过 0.5。

(3)对于地震情况，不均匀系数的允许值可按表中特殊组合栏所列值适当增大。

附录 B 泵房地基计算及处理

B.1 泵房地基允许承载力

B.1.1 在只有竖向对称荷载作用下，可按下列限制塑性开展区的公式计算：

$$[R/4] = NBrBB + NDrDD + NcC \quad (\text{B.1.1})$$

式中：[R/4]——限制塑性变形区开展深度为泵房基础底面宽度的 1/4 时的地基允许承载力(kPa)；

B——泵房基础底面宽度(m)；

D——泵房基础埋置深度(m)；

C——地基土的粘结力(kPa)；

r_B ——泵房基础底面以下土的重力密度(kN/m³), 地下水位以下取有效重力密度;

r_D ——泵房基础底面以上土的加权平均重力密度(kN/m³), 地下水位以下取有效重力密度;

NB、ND、Nc——承载力系数, 可查表 B.1.1。

表 B.1.1 承载力系数

$\Phi(^{\circ})$	N_B	N_D	N_c	$\Phi(^{\circ})$	N_B	N_D	N_c	$\Phi(^{\circ})$	N_B	N_D	N_c
0	0.00	1.00	3.14	6	0.10	1.39	3.71	12	0.23	1.94	4.42
1	0.01	1.06	3.23	7	0.12	1.47	3.82	13	0.26	2.05	4.55
2	0.03	1.12	3.32	8	0.14	1.55	3.93	14	0.29	2.17	4.69
3	0.04	1.18	3.41	9	0.16	1.64	4.05	15	0.32	2.30	4.84
4	0.06	1.25	3.51	10	0.18	1.73	4.17	16	0.36	2.43	4.99
5	0.08	1.32	3.61	11	0.21	1.83	4.29	17	0.39	2.57	5.15
18	0.43	2.73	5.31	26	0.84	4.37	6.90	34	1.55	7.22	9.22
19	0.47	2.89	5.48	27	0.91	4.64	7.14	35	1.68	7.71	9.58
20	0.51	3.06	5.66	28	0.98	4.93	7.40	36	1.81	8.24	9.97
21	0.56	3.24	5.84	29	1.06	5.25	7.67	37	1.95	8.81	10.37
22	0.61	3.44	6.04	30	1.15	5.59	7.95	38	2.11	9.44	10.80
23	0.66	3.65	6.24	31	1.24	5.95	8.24	39	2.28	10.11	11.25
24	0.72	3.87	6.45	32	1.34	6.34	8.55	40	2.46	10.85	11.73
25	0.78	4.11	6.67	33	1.44	6.76	8.88				

B.1.2 在既有竖向荷载作用, 且有水平向荷载作用下, 可按下列式计算:

$$[R_h] = 1/K(0.5r_B N_r S_r + q N_q S_q + C N_c S_c) \quad (B.1.2)$$

式中: $[R_h]$ ——地基允许承载力(kPa);

K——安全系数, 对于固结快剪试验的抗剪强度指标时, K 值可取用 2.0~3.0, (对于重要的大型泵站或软土地基上的泵站, K 值可取大值; 对于中型泵站或较 K 值可取大值; 对于中型泵站或较坚硬实地基上的泵站, K 值可取小值);

q——泵房基础底面以上的有效侧向荷载(kPa);

N_r 、 N_q 、 N_c ——承载力系数, 可查表 B.1.2-1。

B.1.2-1 承载力系数表

$\Phi(^{\circ})$	N_r	N_q	N_c	$\Phi(^{\circ})$	N_r	N_q	N_c	$\Phi(^{\circ})$	N_r	N_q	N_c
0	0	1.00	5.14	6	0.14	1.72	6.82	12	0.76	2.97	9.29
2	0.01	1.20	5.69	8	0.27	2.06	7.52	14	1.16	3.58	10.37
4	0.05	1.43	6.17	10	0.47	2.47	8.35	16	1.72	4.33	11.62
18	2.49	5.25	13.09	26	9.53	11.85	22.25	34	34.54	29.45	42.18
20	3.54	6.40	14.83	28	13.13	14.71	25.80	36	48.08	37.77	50.16
22	4.96	7.82	16.89	30	18.09	18.40	30.15	38	67.43	48.92	61.36
24	6.90	9.61	19.33	32	24.95	23.18	35.50	40	95.51	64.23	75.36

S_r 、 S_q 、 S_c ——形状系数，对于矩形基础 $S_r \propto 1-0.4 \cdot B/L$ ， $S_q=S_c \propto 1+0.2 \cdot B/L$ ；

对于条形基础， $S_r=S_q=S_c=1$ ；

L ——泵房基础底面长度(m)；

d_q 、 d_c ——深度系数， $d_q=d_c \propto 1+0.35 \cdot B/L$ ；

i_r 、 i_q 、 i_c ——倾斜系数，可查表 B.1.2-2；当荷载倾斜率 $\tan \delta = 0$ 时， $i_r=i_q=i_c=1$ ；

δ ——荷载倾斜角($^\circ$)。

表 B.1.2-2 倾斜系数

$\tan \delta$	0.1			0.2			0.3			0.4		
i												
$\Phi(^{\circ})$	i_r	i_q	i_c	i_r	i_q	i_c	i_r	i_q	i_c	i_r	i_q	i_c
6	0.64	0.80	0.53									
8	0.71	0.84	0.69									
10	0.72	0.85	0.75									
12	0.73	0.85	0.78	0.40	0.63	0.44						
14	0.73	0.86	0.80	0.44	0.67	0.54						
16	0.73	0.85	0.81	0.46	0.68	0.58						
18	0.73	0.85	0.82	0.47	0.69	0.61	0.23	0.48	0.36			
20	0.72	0.85	0.82	0.47	0.69	0.63	0.26	0.51	0.42			
22	0.72	0.85	0.82	0.47	0.69	0.61	0.27	0.52	0.45	0.10	0.32	0.22
24	0.71	0.84	0.82	0.47	0.68	0.65	0.28	0.53	0.47	0.13	0.37	0.29
26	0.70	0.84	0.82	0.46	0.68	0.65	0.28	0.53	0.48	0.15	0.38	0.32
28	0.69	0.83	0.82	0.45	0.67	0.65	0.27	0.52	0.49	0.15	0.39	0.34
30	0.69	0.83	0.82	0.44	0.67	0.65	0.27	0.52	0.49	0.15	0.39	0.35
32	0.68	0.82	0.81	0.43	0.66	0.64	0.26	0.51	0.49	0.15	0.39	0.36
34	0.67	0.82	0.81	0.42	0.65	0.64	0.25	0.50	0.49	0.14	0.38	0.36
36	0.66	0.81	0.81	0.41	0.64	0.63	0.25	0.50	0.48	0.14	0.37	0.36
38	0.65	0.80	0.80	0.40	0.63	0.62	0.24	0.49	0.47	0.13	0.37	0.35
40	0.64	0.80	0.79	0.39	0.62	0.62	0.23	0.48	0.47	0.13	0.36	0.35

B.1.3 在既有竖向荷载作用，且有水平向荷载作用下，可按下列 Ck 法核算泵房地基整体稳定性：

$$C_k = \{[(\delta_y - \delta_x)/2 + \tau_{xy}^{**2}]^{**0.5} - (\delta_y + \delta_x)/2 \cdot \sin \Phi\} / \cos \Phi \quad (B.1.3)$$

式中： C_k ——满足极限平衡条件时所必需的最小粘结力(kPa)；

Φ ——地基土的摩擦角($^\circ$)；

δ_y 、 δ_x 、 τ_{xy} ——核算点的竖向应力、水平向应力和剪应力(kPa)，可将泵房基础底面以上荷载简化为竖向均布、竖向三角形分布、水平向均布和竖向半无限均布等情况，按核算点坐标与泵房基础底面宽度的比值查出应力系数，分别计算求得。应力系数可按国家现行标准《水闸设计规范》附表查得。

当按公式(B.1.3)计算的最小粘结力值小于核算点的粘结力值时,该点处于稳定状态;当计算的最小粘结力值等于核算点的粘结力值时,该点处于极限平衡状态;当计算的最小粘结力值大于核算点的粘结力值时,该点处于塑性变形状态。经多点核算后,可将处于极限平衡状态的各点连接起来,绘出泵房地基土的塑性开展区范围。

泵房地基允许的塑性开展区最大开展深度可按泵房进水侧基础边缘下垂线上的塑性变形开展深度不超过基础底面宽度 1/4 的条件控制。当不满足上述控制条件时,可减小或调整泵房基础底面以上作用荷载的大小或分布。

B.2 常用地基处理方法

表 B.2 常用地基处理方法

地基处理方法	基本作用	适用条件	说 明
换土垫层	改善地基应力分布,提高地基整体稳定性	①软弱土层厚度不大的地基 ②垫层厚度不宜超过	3.0m 如用于深厚层软土地基,仍有较大的沉降量
桩基础	增大地基承载能力,减少沉降量,提高抗滑稳定性	各种松软地基,特别是上部为松软土层,下部为坚硬土层的地基	①桩尖未嵌入坚硬土层的摩擦桩,仍有一定的沉降量 ②如用于松砂、砂壤土地基,应注意地基渗透变形问题
沉井基础	增大地基承载能力,减少沉降量,提高抗滑稳定性,并对地基防渗有利,亦可减少开挖流沙层的难度	上部为软弱土层或流沙层,下部为坚硬土层或岩层的地基	应下沉到坚硬土层或岩层
振冲砂(碎石)桩	增大地基承载能力,减少沉降量,提高地基整体稳定性	各种松软地基,特别是松砂或软弱的壤土和粘土地基	处理后,地基的均匀性和防渗条件较差
强 夯	增大地基承载能力,减少沉降量,并提高抗振动液化的能力	各种松软地基,特别是松砂、杂填土、非饱和粘性土及湿陷性黄土地基	对饱和软粘土地基进行强夯应持慎重态度

附录 C 镇墩稳定计算

C.0.1 荷载及有关系数可按表 C.0.1-1~表 C.0.1-3 计算选用。

表 C.0.1-1 荷载计算

编 号	作用力与管轴线的关系	作用力名称	计算公式	各力作用在镇墩上方向	
				温升 镇墩轴线 上段 下段	温降 镇墩轴线 上段 下段
1	轴线方向	管道自重的轴向分力	$A_1 = q_c L \sin \phi$	↘ →	↘ →
2		管道转弯处的内水压力	$A_2 = \pi / 4 D_0^2 H_p r$	↘ ←	↘ ←
3		作用在闸阀上的水压力	$A_3 = \pi / 4 D_F^2 H_p r$	→	→
4		管道直径变化段的水压力	$A_4 = \pi / 4 (D_{01}^2 - D_{02}^2) H_p r$		
5		在伸缩接头边缝处的内水压力	$A_5 = \pi / 4 (D_1^2 - D_2^2) H_p r$	↘ ←	↘ ←
6		水流与管壁之间的摩擦力	$A_6 = \pi / 4 D_0^2 f_H r$	↘ →	↘ →
7		温度变化时伸缩接缝填料的摩擦力	$A_7 = \pi D_1 b_k f_k H_p r$	↘ ←	↘ →
8		温度变化时管道沿支墩的摩擦力	$A_8 = f_0 (q_c + q_s) L \cos \phi$	↘ ←	↘ →
9		管道转弯处水流的离心力	$A_9 = \pi / 4 D_0^2 V_2^2 / g \cdot r$	↘ ←	↘ ←
10	法线方向	水管自重的法向分力	$Q_c = q_c L \cos \phi$	↓	↓
11		水管中水重的法向分力	$q_s = q_s L \cos \phi$	↓	↓
12		水平地震惯性力	$P_i = K_H C_{za i} W_i$		

注：表中所列公式中各符号意义如下：

- q_c ——每米管自重(kN/m)；
 L ——计算管长(m)；
 ϕ ——管轴线与水平线的夹角(°)；
 D_0 ——管道内径(m)；
 D_F ——闸阀内径(m)；
 H_p ——管道断面中心之计算水头(m)；
 r ——水的容重(kN/m³)；
 D_{01} ——水管直径变化时的最大内径(m)；
 D_{02} ——水管直径变化时的最小内径(m)；
 D_1 ——伸缩接头外管内径(m)；
 D_2 ——伸缩接头内管内径(m)；
 f_H ——管道和水的摩擦系数；
 b_k ——伸缩节填料宽度(m)；
 f_k ——填料与管壁摩擦系数；
 f_0 ——管壁与支墩接触面的摩擦系数，可按表 C.0.1-2 选用；
 q_s ——每米管内水重(kN/m)；
 V ——管道中水的平均流速(m/s)；
 g ——重力加速度(m/s²)；
 K_H ——水平向地震系数，可按表 C.0.1-3 选用；
 C_z ——综合影响系数，取 1/4；
 a_i ——地震加速度分布系数，取 1.0；
 W_i ——集中在 i 点的重量(kN)。

表 C.0.1-2 管道与支墩接触面的摩擦系数 f_0 值 2

管道与接触面材料	摩擦系数
钢管与混凝土	0.6~0.75
钢管与不涂油的金属板	0.5
钢管与涂油的金属板	0.3
混凝土管与混凝土	0.7

表 C.0.1-3 水平向地震系数 K_H 值

设计烈度	7	8	9
K_H	0.1	0.2	0.3

C.0.2 镇墩稳定分析应符合下列规定：

C.0.2.1 荷载组合

C.0.2.1(1) 基本荷载组合：

正常运行情况： $A_1+A_2+A_4+A_5+A_6+A_7+A_8+A_9+Q_c+Q_s$

正常停机情况（水泵停机，闸阀关闭，管内充满水）：

 $A_1+A_2+A_3+A_4+A_5+A_7+A_8+Q_c+Q_s$

C.0.2.1(2) 特殊荷载组合：

事故停机情况（突然停机，管内发生水锤）；

 $A_1+A_2+A_3+A_4+A_5+A_7+A_8+Q_c+Q_s$ 地震情况： $A_1+A_2+A_4+A_5+A_6+A_7+A_8+A_9+Q_c+Q_s+P_i$

C.0.2.2 镇墩抗滑稳定应按(C.0.2-1)式计算：

$$K_c = f(\sum y + G) / \sum x \geq [K_c] \quad (C.0.2-1)$$

式中： K_c ——抗滑稳定安全系数； $[K_c]$ ——允许的抗滑稳定安全系数； f ——镇墩底面与地基的摩擦系数； G ——镇墩自重(kN)； $\sum x$ 、 $\sum y$ ——荷载在 x 和 y 轴方向的投影之和(kN)。

C.0.2.3 镇墩抗倾覆稳定应按(C.0.2-2)式计算：

$$K_0 = y_0(\sum y + G) / x_0 \sum x \geq [K_0] \quad C.0.2-2$$

式中： K_0 ——抗倾覆稳定安全系数； $[K_0]$ ——允许的抗倾覆稳定安全系数； y_0 ——作用在镇墩上的垂直合力的作用点距倾覆原点的距离(m)； x_0 ——作用在镇墩上的水平合力的作用点距倾覆原点的距离(m)。

C.0.2.4 镇墩基底应力应按(C.0.2-3)式计算：

$$P_{\max\min}=(\sum y+G)/BL(1\pm 6e/B)\leq[R] \quad (C.0.2-3)$$

式中：P_{maxmin}——作用在地基上的最大或最小应力(kPa)；

B——镇墩沿管轴线方向的底面宽度(m)；

L——镇墩垂直管轴线方向的底面长度(m)；

e——合力作用点对镇墩底面形心的偏心距(m)；

[R]——地基的允许承载力(kPa)。

附录 D 主变压器容量计算与校验

D.0.1 主变压器容量应按下列式计算：

$$S=\sum (P_1/n \cdot K_1/\cos \phi)+P_2K_2 \quad (k=1,n) \quad (D.0.1)$$

式中：S——主变压器容量(kVA)；

P₁——电动机额定功率(kW)；

P₂——照明等用电总负荷(kW)；

n——电动机效率；

cos φ——电动机功率因数；

K₂——照明同时系数；

K₁——电动机负荷系数；按(D.0.2)式确定：

$$K_1=P_3/P_1 \cdot K_3 \quad (D.0.2)$$

式中：P₃——水泵轴功率；

K₃——修正系数，按表 D.0.1 确定。

表 D.0.1

P_3/P_1	0.8~1.0	0.7~0.8	0.6~0.7	0.5~0.6
K_3	1	1.05	1.1	1.2

修正系数 K₃

D.0.2 当泵站用双回路双断路器供电，且电动机侧采用单母线断路器分段时，若一台主变压器检修或产生故障，另一台变压器应能担负主要负荷或短时担负 60%最大负荷。

附录 E 站用变压器容量的选择

站用变压器的容量一般按泵站最大运行方式下的站用最大可能运行负荷，计入功率因数、同时系数、负荷系数及网络损失系数确定，并用发生事故时，可能出现的最大站用负荷校验，此时可考虑变压器短时过负荷能力。变压器容量可按下列公式计算：

$$S_b \geq 1.05 \times 0.8 \Sigma p \quad (E.1)$$

$$\Sigma p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots \quad (E.2)$$

$$p_1 = K_1 P_{ed} / n \cos \phi \quad (E.3)$$

$$p_2 = K_2 P_{eg} / n \cos \phi \quad (E.4)$$

式中：S_b——变压器容量(kVA)；

1.05——网络损失系数；

0.8——各种不同用电设备的平均负荷系数，根据统计及运行经验确定；

Σp——计算容量之和(kVA)；

p₁——单项计算容量(kVA)；

K₁——同时系数，根据具体情况而定；

P_{ed}——电动机功率(kW)；

n——电动机效率；

cos φ——电动机功率因数；

P_{eg}——硅整流及其它负荷等。

附录 F 电气试验设备配置

电气试验设备配置表

序号	设备名称	规格型号	单位	数量	备注
1	工频高压试验变压器	0~50kV/0.3kV 5kVA	台	1	
2	工频高压试验变压器	0~150kV/0.38kV 25kVA	台	1	
3	单相自耦调压器	1kVA 0~25V	台	1	
4	单相自耦调压器	3kVA 0~205V	台	1	
5	三相自耦调压器	3~6kVA, 220/0~430V	台	1	
6	行灯变压器	220/12、24、36V 500A	台	2	
7	电压互感器	10kV	台	1	
8	三相移相器	0.5或1kVA移相范围0~360°	台	2	
9	标准电流互感器	15~600/5A 0.1或0.2级	台	1	
10	试油器	输出0~60kV 2kVA	台	1	
11	高压整流管或泄漏试验变压器	TDM-0.0025/60	台	2	
12	阴极示波器		台	适量	同步电动机用
13	滑线式变阻器	容量和电阻值各种规格	台	10	
14	旋转式电阻箱	0~99999.9 0.1或0.25级	台	1	
15	旋转式电阻箱	0~9999 0.1或0.25级	台	1	

16	高压电桥	QS ₁ 携带式	台	1	附标准电容器
17	直流单臂电桥	1-9999×103 0.2%~1%	台	1	
18	直流双臂电桥	10-2~11.05 0.5%~1%	台	1	
19	万能电桥	0.5~1100PF, 0.2PF~110H, 0.01~11Ω 1.0级	台	1	
20	介质损耗测量仪		台	1	
21	接地电阻测量仪	0~1~10~100Ω	台	1	
22	蓄电池测试仪	±3V 2.5级	台	1	
23	兆欧表	500V 1~500MΩ	台	1	
24	兆欧表	1100V 0~5000MΩ	台	1	
25	兆欧表	2500V 0~10000MΩ	台	1	
26	交直流电流表	0.5~1A 0.5级	块	1	
27	交直流电流表	2.5~5A 0.5级	块	1	
28	交直流电流表	10~20~50~10A 0.5级	块	1	
29	交直流电流表	5~10~20mA	块	1	
30	交直流电流表	25~50~100mA	块	1	
31	交直流电流表	75~150~300mA	块	1	
32	交直流毫安表	250~500mA	块	1	
33	交直流电压表	0~150~300V 0.5级	块	2	
34	交直流电压表	0~300~600V 0.5级	块	2	
35	直流电流表	0.015~0.03~0.075~30A 0.5级	块	2	
36	直流微安表 0~2000μA	直流微安表 0~2000μA	块	2	
37	直流电压表	0.045~0.075~300~600V 0.5级	块	1	
38	直流电流电压表	1.5~3~30A, 3~15~600A 0.5级	块	1	
39	真空管电压表	0~10~30~100~300mV 0~1~3~10 ~30~100~300V	块	1	
40	单相功率表	2.5~5A 75~150~300V 0.5级	块	3	
41	钳形交流电压电流表	0~10~30~100~300~1000A 0~300~ 600V 50Hz 2.5级	块	1	
42	万用表		块	适量	
43	相序表	0~75~500V 40~60Hz	块	1	
44	电秒表	0.01~60s 50Hz	块	1	
45	电秒表	0~10s 50Hz	块	1	
46	电子毫秒表	0~1000ms 0.2级 50Hz	块	2	
47	转速表	0~3000r/min	块	1	
48	钳形电流电压相序表		块	1	
49	半导体点温计	0~100℃	支	1	
50	光线示波器		台	1	
51	流稳压电源	1A, 220/0~30V 0.5级稳定度 直流± 0.01%	台	1	晶体管保护用
52	晶体管参数测试仪	携带式, 交直流两用	台	1	晶体管保护用
53	高频信号发生器	30kHz以上, 电源: 110/200V输出电压0 ~1V	台	1	载波高频通信 用
54	音频信号发生器	20~200kHz 电源: 110/200V输出电压0 ~1V	台	1	载波高频通信 用

55	高频毫伏表	DP-6	块	1	载波高频通信用
56	电缆探伤仪	0~10kV 0~10PF	台	1	
57	数字频率表	1Hz~200kHz	块	1	载波高频通信用
58	Z频振荡器	40~60Hz 60~220V	台	1	
59	可控硅元件参数测试仪		台	1	
60	定值分流器	75mV 0.2级各种电流规格	台	适量	
61	标准电阻	各种型号	台	适量	
62	静电电压表		台	1	

附录 G 自由式拍门开启角近似计算

G0.1 整体自由式拍门开启角可按下列公式之一计算（图 G0.1）；

拍门前管（流）道任意布置，门外两边无侧墙时，

$$\sin a = \frac{m}{2} \cos^2 (a - a_B) \quad (\text{G.0.1-1})$$

拍门前管（流）道水平布置，门外两边有侧墙时，

$$\sin a = \frac{m}{4} \frac{\cos^2 a}{(1 - \cos a)^2} \quad (\text{G.0.1-2})$$

式中：a——拍开门启角(°)；

a_B——管（流）道中心线与水平面夹角(°)；

m——与水泵运行工况、管（流）道尺寸、拍门设计参数有关的参数，

其值按下式计算：

$$m = \frac{2pQVL_c}{GL_g - WL_w}$$

式中：p——水体密度(kg/m³)；

Q——水泵流量(m³/s)；

V——管（流）道出口流速(m/s)；

G——拍门自重力(N)；

W——拍门浮力(N)；

L_c——拍门水流冲力作用平面形心至门铰轴线的距离(m)；

L_g——拍门重心至门铰轴线的距离(m)；

L_w——拍门浮心至门铰轴线的距离(m)。

G0.2 双节自由式拍门开启角按下列联立方程试算或电算（图 G0.2）；

$$\sin a_1 = m_1 \cos(a_1 - a_B) + m_2 \times \frac{\cos(a_1 + \frac{90^\circ - a_2 - a_B}{2}) \cdot \cos \frac{90^\circ - a_2 + a_B}{2} \cdot \cos^2 \frac{90^\circ - a_2 - a_B}{2}}{\left[1 - \frac{h_1}{h_1 + h_2} \cos^2(a_1 - a_B)\right]^2} \quad (G.0.2-1)$$

$$\sin a_2 = m_2 \frac{\cos^2 \frac{(90^\circ + a_2 - a_B)}{2} \cos^2 \frac{(90^\circ - a_2 + a_B)}{2}}{\left[1 - \frac{h_1}{h_1 + h_2} \cos^2(a_1 - a_B)\right]^2} \quad (G.0.2-2)$$

式中：a₁、a₂——分别为上节拍门和下节拍门开启角(°)；

a_B——管（流）道中心线与水平面夹角(°)；

h₁、h₂——分别为上节拍门和下节拍门的高度(m)；

m₁、m₂、m₃——与水泵运行工况、管（流）道尺寸、拍门设计参数有关的常数，其值按下式计算：

$$m_1 = \frac{pQVLc_1h_1}{(h_1 + h_2)[G_1Lg_1 - W_1Lw_1 + (G_2 - W_2)h_1]}$$

$$m_2 = \frac{pQVLc_2h_2}{(h_1 + h_2)(G_2Lg_2 - W_2Lw_2)}$$

$$m_3 = \frac{pQVh_1h_2}{(h_1 + h_2)[G_1Lg_1 - W_1Lw_1 + (G_2 - W_2)h_1]}$$

式中：p——水体密度(kg/m³)；

Q——水泵流量(m³/s)；

V——管（流）道出口流速(m/s)；

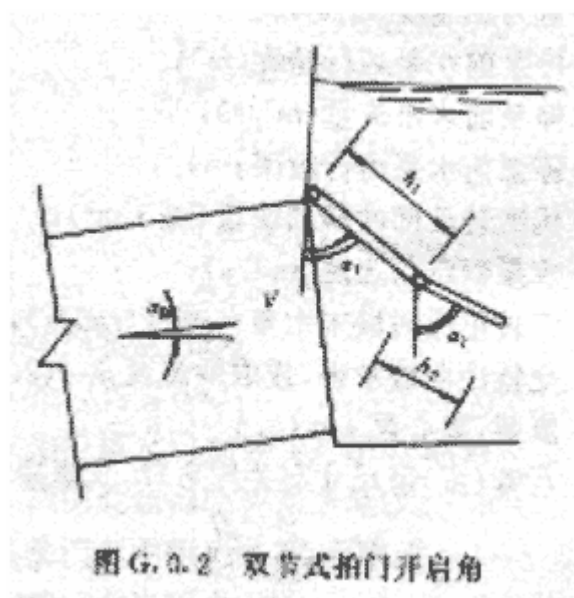
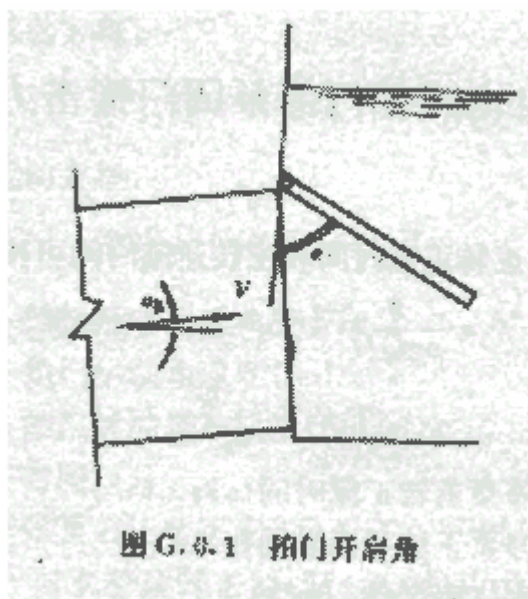
G₁、G₂——分别为上节拍门和下节拍门的自重力(N)；

W₁、W₂——分别为上节拍门和下节拍门的浮力(N)；

Lg₁、Lg₂——分别为上节拍门和下节拍门的重心至相应门铰轴线的距离(m)；

Lw₁、Lw₂——分别为上节拍门和下节拍门的浮心至相应门铰轴线的距离(m)；

Lc₁、Lc₂——分别为上节拍门和下节拍门水流冲力作用平面形心至相应门铰轴线的距离(m)。



附录 H 自由式拍门停泵闭门撞击力近似计算

H.0.1 停泵后正转正流时间和正转逆流时间可按下式计算：

$$T_1 = \frac{n}{pgQH} \cdot [J(\omega_0^2 - \omega^2) + pMQ^2] \quad (\text{H.0.1-1})$$

$$T_2 = T_1 \cdot \frac{\omega}{\omega_0 - \omega} \quad (\text{H.0.1-2})$$

式中：T₁——停泵正转正流时间(s)；

T₂——停泵正转逆流时间(s)；

p ——水体(kg/m^3);

g ——重力速度(m/s^2);

H ——停泵前水泵运行扬程(m);

Q ——停泵前水泵流量(m^3/s);

n ——停泵前水泵运行效率;

J ——机组转动部件转动惯量($\text{kg} \cdot \text{m}^2$);

ω_0 ——水泵额定角速度(rad/s);

ω ——正转正流时段末水泵角速度(rad/s), ω 值可由水泵全特性曲线求得, 或取轴流泵 $\omega = (0.5 \sim 0.7) \omega_0$, 混流泵、离心泵 $\omega = (0.4 \sim 0.5) \omega_0$;

M ——与管(流)道尺寸有关的系数, 其值按下式计算:

$$M = \int_0^L \frac{d^2}{f(\tau)} d\tau$$

当管(流)道断面积为常数时,

$$M = L/A$$

式中: L ——管(流)道进口至出口总长度(m);

$f(\tau)$ ——管(流)道断面积沿长度变化的函数;

A ——管(流)道断面积(m^2).

H.0.2 整体自由式拍门停泵下落运动计算应符合下列规定:

正流阶段运动方程,

$$a'' = aa' - 2bsina + c1(1-t/T1)^2 \cos 2a \quad (\text{H.0.2-1})$$

逆流阶段运动方程,

$$a'' = aa' - 2bsina - c2 \cdot t/T2 \quad (\text{H.0.2-2})$$

式中: a ——拍门瞬时位置角度(rad);

a' ——拍门运动角速度(rad/s);

a'' ——拍门运动角加速度(rad/s^2);

t ——时间(s);

$T1$ 、 $T2$ ——停泵后正转正流和正转逆流历时(s);

a 、 b 、 $c1$ 、 $c2$ ——水泵运行工况、管(流)道尺寸、拍门设计参数有关的常数, 其值按下式计算:

$$a = 1/4 Jp \cdot KpB[(h+e)^4 - e^4]$$

$$b = GLg - WLw/Jp$$

$$c1 = pQVLc/Jp$$

$$c2 = pgHBhLy/Jp$$

式中: B ——拍门宽度(m);

h ——拍门高度(m);

e ——拍门顶至门铰轴线的距离(m);
 J_p ——拍门绕铰轴线转动惯量($\text{kg} \cdot \text{m}^2$);
 K ——拍门运动阻力系数, 可取 $K=1 \sim 1.5$;
 G ——拍门的自重力(N);
 W ——拍门的浮力(N);
 L_g ——拍门重心至门铰轴线的距离(m);
 L_w ——拍门浮心至门铰轴线的距离(m);
 p ——水体密度(kg/m^3);
 g ——重力加速度 (m/s^2);
 Q ——停泵前水泵流量(m^3/s);
 V ——停泵前管(流)道出口流速(m/s);
 L_c ——拍门水流冲力作用平面形心到门铰轴线的距离(m);
 L_y ——拍门反向水压力作用平面形心至门铰轴线的距离(m)。

H.0.3 拍门停泵下落运动方程可按表 H.0.3 的规定确定。

拍门运动布里斯近似积分计算表式

表 H.0.3

t	a	ha'	$h^2/2 \cdot a''$
$t_0=0$	$a_0=a_{\max}$	$ha'_0=0$	$h^2/2 \cdot a''_0$
t_1	$a_1=a_0+ha'_0+h^2/2 \cdot a''_0$	$ha'_1=ha'_0+2h^2/2 \cdot a''_0$	$h^2/2 \cdot a''_1$
t_2	$a_2=a_1+ha'_1+h^2/2 \cdot a''_1$	$ha'_2=ha'_1+2h^2/2 \cdot a''_1$	$h^2/2 \cdot a''_2$
t_3	$a_3=a_2+ha'_2+h^2/2 \cdot a''_2$	$ha'_3=ha'_2+2h^2/2 \cdot a''_2$	$h^2/2 \cdot a''_3$
t_4	$a_4=a_3+ha'_3+h^2/2 \cdot a''_3$	$ha'_4=ha'_3+2h^2/2 \cdot a''_3$	$h^2/2 \cdot a''_4$
t_5	$a_5=a_4+ha'_4+h^2/2 \cdot a''_4$	$ha'_5=ha'_4+2h^2/2 \cdot a''_4$	$h^2/2 \cdot a''_5$
		修正量 $\delta_5=a_5-a_5$	$\varepsilon_5=ha'_5-ha'_5$

表中 h 为计算步长, $t_i=h \cdot i (i=1,2,3,\dots)$; $t_5 \cdot i$ 处修正量:

$$\delta_{5 \cdot i} = \bar{a}_{5 \cdot i} - a_{5 \cdot i} = \frac{5}{24} \frac{h^2}{2} (9a''_{5 \cdot i-1} + 20a''_{5 \cdot i-4} - 29a''_{5 \cdot i-5})$$

$$\varepsilon_{5 \cdot i} = h \bar{a}_{5 \cdot i} - ha'_{5 \cdot i} = \frac{1}{12} \frac{h^2}{2} (11a''_{5 \cdot i-1} + 5a''_{5 \cdot i-4} - 16a''_{5 \cdot i-5})$$

H.0.4 拍门撞击力可按下式计算

$$N = \frac{1}{L_n} \left[(M_y - \frac{1}{2} M_R) + \sqrt{(M_y - \frac{1}{2} M_R)^2 + \frac{SE}{\delta} J_p \omega_m^2 L_n^2} \right] \quad (\text{H.0.4-1})$$

$$M_y = \frac{1}{2} p g H h^2 B \quad (\text{H.0.4-2})$$

$$M_R = \frac{1}{4} K B p h^4 \omega_m^2 \quad (\text{H.0.4-3})$$

式中: N ——拍门撞击力(N);

L_n ——撞击力作用点至门铰轴线的距离(m);

M_y ——拍门水压力绕门铰轴线的力矩($\text{N} \cdot \text{m}$);

MR——拍门运动阻力绕门铰轴线的力矩(N·m);
h——拍门高度(m);
B——拍门宽度(m);
H——拍门下落运动计算所得作用水头(m);
 ω_m ——拍门下落运动计算所得闭门角速度(rad/s);
 ρ ——水体密度(kg/m³);
g——重力加速度(m/s²);
K——拍门运动阻力系数, 可取 K=1~1.5;
S——拍门缓冲块撞击接触面积(m²);
E——缓冲块弹性模量(N/m²);
 δ ——缓冲块厚度(m)。

附录 J 快速闸门停泵闭门撞击力近似计算

J.0.1 快速闸门停泵下落运动速度可按下式计算 (图 J.0.1)

$$V = \sqrt{\frac{2ac + bm}{2a^2} (1 - e^{-2ax/m}) - bx/a} \quad (J.0.1-1)$$

式中: V——闸门下落运动速度(m/s);

x——闸门从初始位置下落高度(m);

m——闸门的质量(kg);

a、b、c——与闸门和启闭机设计参数有关的常数, 其值按下式计算:

卷扬启闭机自由下落闸门, $a = K\rho\delta B$

油压启闭机有阻尼下落闸门,

$$a = K\rho\delta B + \frac{\rho\pi}{8} (D^2 - d^2)^3 \sum_1^n \left(\frac{\lambda_i L_i}{d_i^5} + \frac{\xi_i}{d_i^4} \right)$$

$$(i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

$$b = mg + \rho g B \left[\frac{h - H}{2} \delta - (hH + H^2/2) \cdot f \right]$$

$$c = \rho g B \left(\frac{\delta}{2} - H \cdot f \right);$$

式中: ρ ——水体(kg/m³);

g——重力加速度(m/s²);

K——闸门运动阻力系数, 可取 K=1;

B——闸门宽度(m);

H——闸门高度(m);

δ ——闸门厚度(m);

f——闸门止水橡皮与门槽的摩擦系数;

d_i ——油压启闭机系统供油、回油 i 段管路直径或当量直径(m);

L_i ——i 段管路长度或当量长度(m);

λ_i ——i 段管路摩阻系数;

ξ_i ——i 段管路局部阻力系数;
 d ——油压启闭机活塞杆直径(m);
 D ——油压启闭机油缸内径(m);
 h ——初始位置时门顶淹没水深(m)。

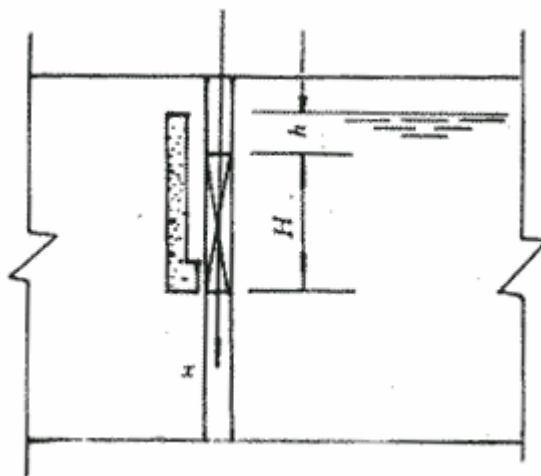


图 J.0.1 快速闸门下落运动

J.0.2 快速闸门对门槽部位底板撞击力可按下式计算

$$N = mg \left[1 + \sqrt{1 + \frac{V_m^2}{g\delta_c}} \right] \quad (\text{J.0.2})$$

式中: N ——闸门撞击力(N);
 m ——闸门质量(kg);
 g ——重力加速度(m/s²);
 V_m ——闸门下落运动计算所得闭门运动速度(m/s);
 δ_c ——闸门自重作用下门底缓冲橡皮最大压缩变形(m)。

附录 K 本规范用词说明

K.0.1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

- (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)表示允许稍有选择,在条件许可时首先这样做的:正面词采用“宜”或“可”,反面词采用“不宜”。

K.0.2 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”。

附加说明

主编单位、参编单位和主要起草人名单

主 编 单 位： 水利部水利水电规划设计总院
北京水利水电管理干部学院（即华北水利水电学院北京研究生部）

参 编 单 位： 江苏省水利勘测设计院
湖北省水利勘测设计院
甘肃省水利水电勘测设计院
山西省水利勘测设计院
广东省东深供水工程管理局
中国水利水电科学研究院
武汉水利电力大学
扬州大学农学院

主要起草人： 窦以松 刘清奎 陈登毅 黄兴南 杨来春 严登丰 张锦文
李继珊 于鲁田 沈潜民 吴道志 董 岩 金 勇