

ICS 27.100

P 60

备案号: J521—2019

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL / T 5339 — 2018

代替 DL / T 5339 — 2006

火力发电厂水工设计规范

Code for hydraulic design of fossil fired power plant

2018—12—25 发布

2019—05—01 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国电力行业标准

火力发电厂水工设计规范

Code for hydraulic design of fossil fired power plant

DL/T 5339—2018

代替 DL/T 5339—2006

主编部门：电力规划设计总院

批准部门：国家能源局

施行日期：2019年5月1日

中国计划出版社

2018 北 京

前 言

根据《国家能源局关于下达 2013 年第一批能源领域行业标准制(修)订计划的通知》(国能科技〔2013〕235 号)的要求,标准编制组经广泛的调查研究,认真总结了近年来我国在火力发电厂设计、施工和运行方面的实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,对《火力发电厂水工设计规范》DL/T 5339—2006 进行了修订。

本规范主要内容是:总则,术语,基本规定,水源和水务管理,湿冷系统,空冷系统,补给水系统,取排水建(构)筑物、水泵房工艺设计,取排水建(构)筑物、水泵房结构设计,管、沟、渠和调蓄构筑物,冷却塔,厂区给水,原水处理系统,厂区排水,排水处理及利用,建筑给水排水,防洪(潮)堤及排洪沟,贮灰场及外部水力除灰管等。

本次修订的主要内容是:

1. 对适用范围进行了调整,取消了机组容量的限制;
2. 补充了辅机冷却水湿冷及空冷系统的相关设计要求;
3. 补充完善了补给水系统、海域中取排水明渠等设施的相关设计要求;
4. 修改了管、沟、渠水力计算所采用的计算公式,并修改了埋地钢管的计算方法;
5. 补充了超大型冷却塔、海水冷却塔、排烟冷却塔、间冷却塔的原则性设计规定,取消了冷却塔结构设计相关内容;
6. 取消了各类地下水取水建筑物、水面冷却的具体设计要求;
7. 补充了厂区给水系统、净水站排泥水处理系统、雨水利用的相关设计要求;

- 8. 增加了防洪(潮)堤的设计等方面的技术要求;
- 9. 修改了贮灰场容积要求;
- 10. 取消了 8 个附录,并对部分附录内容进行了补充或修订;
- 11. 根据近年科研和实践成果修改了原条文中的一些数据。

本规范自实施之日起,替代《火力发电厂水工设计规范》DL/T 5339—2006。

本规范由国家能源局负责管理,由电力规划设计总院提出,能源行业发电设计标准化技术委员会负责日常管理,由中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送电力规划设计标准化管理中心(地址:北京市西城区安德路 65 号,邮政编码:100120,邮箱:hz_zhongxin@eppei.com)。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司

参 编 单 位:电力规划总院有限公司

中国电力工程顾问集团东北电力设计院有限公司

中国电力工程顾问集团华东电力设计院有限公司

中国电力工程顾问集团中南电力设计院有限公司

中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司

中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司

主要起草人:李模军 朱 青 吴浪洲 彭德刚 许 敏

任家驰 李武全 陈承宪 陈德智 郑培钢

高 玲 张文君 雷本宏 杨迎哲 姚友成

冯 璟 刘 楠

主要审查人:徐海云 王振宇 陆国栋 柴靖宇 李向东

李敬生 王明韧 陆 灏 李元梅 侯宪安

王宝福 赵晓利 胡华强 刘显群 龙国庆

葛小玲 赵顺安

目 次

1 总 则 (1)

2 术 语 (2)

3 基本规定 (5)

4 水源和水务管理 (11)

 4.1 水源 (11)

 4.2 水量和水质 (13)

 4.3 水务管理 (16)

5 湿冷系统 (18)

 5.1 一般规定 (18)

 5.2 湿冷系统的优化计算 (20)

 5.3 布置 (23)

 5.4 辅机冷却水湿冷系统 (24)

6 空冷系统 (26)

 6.1 一般规定 (26)

 6.2 直接空冷系统 (27)

 6.3 间接空冷系统 (27)

 6.1 辅机冷却水空冷系统 (28)

7 补给水系统 (30)

 7.1 一般规定 (30)

 7.2 补给水泵、补给水管和水池 (31)

8 取排水建(构)筑物、水泵房工艺设计 (33)

 8.1 一般规定 (33)

 8.2 地表水及海水取排水建(构)筑物布置 (41)

 8.3 流速选择 (43)

8.4	循环水泵房、补给水泵房和升压水泵房·····	(44)
8.5	地下水取水建(构)筑物 ·····	(50)
9	取排水建(构)筑物、水泵房结构设计 ·····	(53)
9.1	一般规定 ·····	(53)
9.2	盾构法隧道 ·····	(62)
9.3	钢顶管法管道·····	(69)
9.4	沉管法混凝土管道 ·····	(74)
9.5	水泵房 ·····	(78)
10	管、沟、渠和调蓄构筑物 ·····	(95)
10.1	一般规定 ·····	(95)
10.2	管、沟、渠水力计算 ·····	(100)
10.3	钢筋混凝土管、沟及附属建筑物 ·····	(103)
10.4	钢管·····	(109)
10.5	渠道和渠道建筑物 ·····	(116)
10.6	调蓄构筑物 ·····	(120)
10.7	水锤计算及消除措施·····	(122)
11	冷却塔 ·····	(124)
11.1	一般规定 ·····	(124)
11.2	湿式冷却塔工艺设计·····	(125)
11.3	间接空冷塔工艺设计·····	(126)
12	厂区给水 ·····	(131)
12.1	一般规定 ·····	(131)
12.2	给水泵房 ·····	(133)
12.3	供水管道及贮水池 ·····	(134)
13	原水处理系统 ·····	(137)
13.1	一般规定 ·····	(137)
13.2	原水处理 ·····	(139)
13.3	排泥水处理 ·····	(141)
14	厂区排水 ·····	(142)

14.1	生活污水量、生产废水量和雨水量	(142)
14.2	排水系统	(144)
14.3	排水管渠及附属构筑物	(144)
14.4	排水泵站	(146)
15	排水处理及利用	(148)
15.1	一般规定	(148)
15.2	污废水处理	(148)
15.3	雨水利用	(149)
16	建筑给水排水	(150)
17	防洪(潮)堤及排洪沟	(152)
17.1	一般规定	(152)
17.2	防洪(潮)堤结构设计	(154)
17.3	防洪(潮)堤的防护结构设计	(160)
17.4	防洪(潮)堤的稳定及沉降计算	(162)
17.5	防洪(潮)堤施工控制	(168)
17.6	防洪(潮)堤运行管理要求	(168)
17.7	厂区排洪沟	(168)
18	贮灰场及外部水力除灰管	(170)
18.1	一般规定	(170)
18.2	湿式贮灰场的坝体或围堤	(172)
18.3	湿式贮灰场的排水、泄洪建筑物	(177)
18.4	灰渣管道	(178)
18.5	支墩、支架	(184)
18.6	湿式贮灰场灰水回收系统	(185)
18.7	干贮灰场	(186)
18.8	灰场工程管理	(187)
附录 A	水工建(构)筑物抗震设防类别及抗震措施烈度 调整表	(190)
附录 B	虹吸井几何尺寸的确定与水力计算	(192)

附录 C 局部阻力系数、组合弯管相邻影响系数推荐值
 及其公式 (197)

附录 D 地下钢管(Q235 钢)管壁最小结构厚度 (207)

附录 E 钢管防腐等级选用表 (208)

本规范用词说明 (209)

引用标准名录 (210)

附:条文说明 (215)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Basic requirements	(5)
4	Water source and water management	(11)
4.1	Water source	(11)
4.2	Water demand and water quality	(13)
4.3	Water management	(16)
5	Wet cooling system	(18)
5.1	General requirement	(18)
5.2	Optimum caculation of wet cooling system	(20)
5.3	Layout	(23)
5.4	Cooling system for cooling water of auxiliary equipment	(24)
6	Air cooling system	(26)
6.1	General requirement	(26)
6.2	Air cooling condenser system	(27)
6.3	Indirect air cooling system	(27)
6.4	Air cooling system for cooling water of auxiliary equipment	(28)
7	Make-up water system	(30)
7.1	General requirement	(30)
7.2	Selection of make-up water pump, make-up water pipe and water reservoir	(31)
8	Process design for water intake and drainage structure, pumphouse	(33)

8.1	General requirement	(33)
8.2	Layout of water intake and drainage structure for surface water and seawater	(41)
8.3	Velocity selection	(43)
8.4	Circulating water pumphouse and make-up water pumphouse and booster water pumphouse	(44)
8.5	Intake building (structure) for ground water	(50)
9	Structural design for intake and drainage structure, pumphouse	(53)
9.1	General requirement	(53)
9.2	Shield tunnel	(62)
9.3	Steel jacking pipe	(69)
9.4	Immersed concrete pipe	(74)
9.5	Pumphouse	(78)
10	Pipe culvert channel regulation and storage structure	(95)
10.1	General requirement	(95)
10.2	Hydraulic calculation of pipe,culvert and channel	(100)
10.3	Reinforce concrete pipe,culvert and accessory structure	(103)
10.4	Steel pipe	(109)
10.5	Channel and channel structure	(116)
10.6	Regulation and storage structure	(120)
10.7	Water hammer calculation and protective measures	(122)
11	Cooling tower	(124)
11.1	General requirement	(124)
11.2	Process design for wet cooling tower	(125)
11.3	Process design for indirect air cooling tower	(126)
12	Plant area water supply	(131)
12.1	General requirement	(131)

12.2	Water supply pumphouse	(133)
12.3	Water supply pipe and water tank	(134)
13	Raw water treatment system	(137)
13.1	General requirement	(137)
13.2	Raw water treatment	(139)
13.3	Sludge discharging treatment	(141)
14	Plant area drainage	(142)
14.1	Sanitary wastewater, industrial wastewater quantity and rainwater quantity	(142)
14.2	Drainage system	(144)
14.3	Drain pipe ditch and auxiliary structure	(144)
14.4	Discharge pump station	(146)
15	Drainage treatment and utilization	(148)
15.1	General requirement	(148)
15.2	Wastewater treatment	(148)
15.3	Rainwater utilization	(149)
16	Building water supply and drainage	(150)
17	Floodwall (sea embankment) and flood discharge trench	(152)
17.1	General requirement	(152)
17.2	Structural design	(154)
17.3	Protective structure design	(160)
17.4	Calculatoin of stablity and settlement for floodwall (sea embankment)	(162)
17.5	Construcation control for floodwall (sea embankment)	(168)
17.6	Management requirments for floodwall (sea embankment)	(168)
17.7	Flood discharge trench of the plant	(168)
18	Ash storageyard and exterior hydraulic ash handling pipe	(170)

18.1	General requirement	(170)
18.2	Dam body or border embankment of wet ash storageyard	(172)
18.3	Drainage, flood discharge structure and seepage-proofing of wet ash storageyard	(177)
18.4	Ash and slag transportation pipe	(178)
18.5	Buttress and support	(184)
18.6	Ash water recovery system of wet ash storageyard	(185)
18.7	Dry ash storage yard	(186)
18.8	Engineering management design of ash storage yard	(187)
Appendix A	Hydraulic structure seismic fortification category and intensity adjustment table	(190)
Appendix B	Physical dimension determination and hydraulic calculation for siphon well	(192)
Appendix C	Local resistance coefficient, combined bent pipe adjacent effect coefficient recommended value and the equation	(197)
Appendix D	Minimum structure thickness of underground steel pipe (Q235) wall	(207)
Appendix E	Selection of steel pipe corrosion protection class	(208)
	Explanation of wording in this code	(209)
	List of quoted standards	(210)
	Addition; Explanation of provisions	(215)

1 总 则

1.0.1 为了规范火力发电厂水工设计,满足火力发电厂生产、生活需要,本着安全可靠、节能环保、技术先进、经济适用的原则,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建和改建、扩建的火力发电厂水工设施及系统的设计。

1.0.3 火力发电厂的水工设计应积极应用经实践或工业试验验证的先进技术、先进工艺、先进材料和先进设备。

1.0.4 火力发电厂的水工工艺系统设计寿命应为 30 年,除临时结构外,火力发电厂水工建(构)筑物的结构设计使用年限应为 50 年。

1.0.5 火力发电厂水工设计除应符合本规范的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 湿冷 wet cooling

以水作为冷却介质,通过与热源的热量交换后把热量排入自然水体,或在冷却设施中通过热水与空气直接接触以水蒸发方式为主把热量排入大气中的冷却方式。

2.0.2 空冷 air cooling

以空气作为最终冷却介质,直接或间接地把热源热量通过与空气的对流换热或辐射换热方式传递给大气的冷却方式,热水或蒸汽与空气不直接接触。

2.0.3 主机冷却系统 main cooling system

火力发电厂湿冷机组和空冷机组的汽轮机凝汽冷却系统的统称,由主机凝汽器、冷却设施、水泵、管道等设施组成。主机冷却系统有湿冷系统和空冷系统两大类型,对于湿冷系统,分为直流供水系统、混流供水系统、混合供水系统、循环供水系统;对于空冷系统,分为直接空冷系统和间接空冷系统。

2.0.4 辅机冷却水湿冷系统 wet cooling system for cooling water of auxiliary equipment

采用湿冷方式,用于冷却火力发电厂辅机设备或辅机冷却水的冷却系统,由湿式冷却设施、水泵及管道等组成。

2.0.5 辅机冷却水空冷系统 air cooling system for cooling water of auxiliary equipment

采用空冷方式,用于冷却火力发电厂辅机冷却水的冷却系统,由空冷设施、水泵及管道等组成。

2.0.6 混流供水系统 mixed flow cooling water system

河流在枯水季节来流量较小时,采用冷却水排水顶托或掺混

一部分热水的直流供水系统称为混流供水系统。

2.0.7 混合供水系统 combined cooling water system

一台机组同时存在直流供水和循环供水两种供水系统,可混合运行,称为混合供水系统。丰水季节采用直流供水系统,枯水季节采用湿式循环供水系统;或枯水季节将所取天然水体的冷却水与冷却塔冷却后的冷却水掺混在一起的供水系统。

2.0.8 厂区给水系统 plant area water supply system

火力发电厂厂区内工业给水系统、化学生水系统、循环水补充水系统、生活给水系统、回用水系统的统称。

2.0.9 回用水系统 reclaimed water system

提供未经污染的废水或经处理合格后的污废水用于火力发电厂输煤系统冲洗及除尘、煤场喷洒、干灰调湿、灰场喷洒、场地冲洗及脱硫工艺用水等水质要求不高的用户或场所的给水系统。

2.0.10 排烟空冷塔 flue gas discharged air cooling tower

兼有排放烟气功能的自然通风间接空冷塔。

2.0.11 高位收水冷却塔 natural draft cooling tower with water collecting devices

带高位收水装置并设置中央集水槽的逆流式自然通风冷却塔。高位收水装置由设置在淋水填料下方的收水斜板、防溅器、收水槽等部件组成。

2.0.12 循环水泵房 circulating water pump house

主机冷却系统的供水泵房,包括直流供水系统的取水泵房、循环供水系统的供水泵房。

2.0.13 净水站 raw water treatment plant

以原水处理设施、贮水设施、水泵房等生产及其附属设施、道路、净水站设于厂外时围墙构成的区域。

2.0.14 废水零排放 zero-discharge of wastewater

火力发电厂只能外排循环水系统的排水及雨水,不对外排放

生产废水及生活污水的排放方式。

2.0.15 全厂零排放 plant zero-discharge

除雨水外,火力发电厂不外排其他水的排放方式。

3 基本规定

3.0.1 火力发电厂水工设计应有完整和正确的基础资料,在不同设计阶段应按照现行行业标准《火力发电厂水工设计基础资料及其深度规定》DL/T 5507 的要求,并结合工程具体情况,搜集相应深度的水文、气象、地质、测量、环保等资料,充分掌握并正确使用设计基础资料。

3.0.2 供水水源必须落实可靠。在确定水源的供水能力时,应考虑当地农业、工业和其他用水情况及水利规划对水源变化的影响,在确定水源、取水量和取水地点时,应开展相关的论证工作,取得有关部门的书面同意文件,并应执行水行政主管部门对取水许可的批复意见。

3.0.3 选择燃煤发电厂贮灰场时,应取得当地有关部门的书面同意文件。贮灰场对周围环境的影响应符合现行国家有关环境保护的规定,并应满足当地环保要求。

3.0.4 在水工设计中,必须执行国家环境保护方面的法律、法规,采取切实措施,减轻废水、废渣、温排水、粉尘和噪声对环境的影响。火力发电厂污废水的处置方式、噪声及粉尘浓度的控制必须满足环境保护要求,并应执行建设项目环境影响报告书的批复意见。

3.0.5 在水工设计中,应执行国家节能降耗方面的法律、法规和建设项目的节能评估报告及其审查意见,设计方案应做到安全可靠、节约能源和经济合理。水工节能设计应符合现行国家标准《火力发电厂节能设计规范》GB/T 51106 的有关规定。

3.0.6 在火力发电厂设计中应通过水务管理和工程措施来实现合理用水、节约水资源和防止排水污染环境。火力发电厂节水设

计应符合现行行业标准《发电厂节水设计规程》DL/T 5513 的有关规定。

3.0.7 火力发电厂主机冷却系统的选择应根据火力发电厂的性质、类型与规模,水源情况、气象条件及环保要求等条件,通过技术经济比较确定。在水源条件允许的情况下或水资源丰富地区,宜采用湿冷系统,在内陆干旱指数大于 1.5 的缺水地区,主机和给水泵汽轮机排汽宜采用空冷系统。空冷机组的辅机冷却水宜采用湿冷系统。当主机及辅机冷却水系统采用湿冷系统会对周围环境产生较大影响时,应采用空冷系统或干湿联合冷却系统。

3.0.8 火力发电厂可利用水库、湖泊、河道或海湾等水体的自然水面冷却循环水,也可根据自然条件新建冷却池。当利用水面冷却时,应根据水量、水质和水温的变化对工业、农业、渔业、水利、航运、海洋、海事和环境等的影响进行论证,并应取得主管部门的书面同意文件。水面冷却的设计应符合现行国家标准《工业循环水冷却设计规范》GB/T 50102 的有关规定。

3.0.9 火力发电厂补给水系统的选择应根据水源情况、取水及输水规模、当地地形及地质条件、水域及陆域现状及规划、水利及航道管理部门要求、环保要求等因素,经综合技术经济比较确定。采用多水源供水的补给水系统宜采取在事故时能相互调度的措施。

3.0.10 厂区给水系统的选择应根据电厂规划、供水规模、生产工艺及用户对水量、水质和水压要求等因素确定,应采用分质供水。厂区地形高差大时,根据工艺设施及给水系统设施承压能力要求,可采用分区供水。

3.0.11 厂区污废水排水系统的选择应根据排水水质、回用或排放水质要求等条件确定,应分类收集、处理和回用,不宜回用的废水应处理达标后集中对外排放。

3.0.12 厂区雨水排水系统应根据电厂厂区规划、总平面及竖向布置,以及雨水排水的最终出路等综合因素确定,并应与排洪设施相协调。雨水的综合利用应根据当地水资源情况、经济发展水平

和火力发电厂节水的需求,经技术经济分析后合理确定。

3.0.13 水工的系统设计与布置应按电厂规划容量和本期工程建设规模统筹考虑,并应满足下列要求:

1 水工建(构)筑物应按规划容量统一规划和布置。当条件合适时,水工设施宜分期建设;

2 火力发电厂的取排水设施应根据电厂规划容量和本期工程建设规模、水源、地形与地质条件和环境保护等要求统筹规划和布置;当施工条件困难、占地及布置受到限制、分期建设在经济上不合理时,补给水系统的取水设施及中继升压设施宜按规划容量一次建成;

3 应根据当地自然条件和火力发电厂的总体规划,合理地选择建(构)筑物的型式和位置,缩短给排水管沟的长度,并满足施工、运行及安全、稳定和扩建等要求;

4 厂区外水工设施的规划布置不应占基本农田,并应满足城乡规划的要求;

5 对扩建或改建工程,应从实际出发,充分发挥原有设施的效能。

3.0.14 水工各工艺系统中,水泵的运行可采用就地、集中或自动控制。参与自动控制的阀门应采用电动、气动或液压驱动。直径为 400mm 及以上的水泵出口阀门、直径为 600mm 及以上的其他阀门应装有电力驱动装置。对于长距离输水管道,直径为 800mm 及以下的其他阀门也可采用手动。

3.0.15 水工建(构)筑物的结构设计应根据地形、地质、水文、气象、原材料供应,施工条件以及当地具体情况,通过技术经济比较,选择经济合理的设计方案。

3.0.16 设计冷却池、输水渠道等可能发生渗漏的储水、输水设施时,应分析渗漏引起的地下水水位上升对附近农田和建筑物的影响,并采取相应的防范措施。

3.0.17 水工建(构)筑物的结构设计应符合现行国家标准《混凝

土结构设计规范》GB 50010、现行行业标准《水工混凝土结构设计规范》DL/T 5057 等建筑结构工程规范的有关规定,对与水接触部位应提出建筑材料、混凝土的抗渗、抗冻和构造等专门要求,取排水设施中的取排水枢纽建筑、渠道、输水隧洞、防洪堤、防波堤等还应符合现行行业标准《水电枢纽工程等级划分及设计安全标准》DL 5180、《水工隧洞设计规范》DL/T 5195、《防波堤设计与施工规范》JTS 154—1 和现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286 等的有关规定。

海边水工建(构)筑物的结构设计可按现行行业标准《水运工程混凝土结构设计规范》JTS 151 的规定执行。

3.0.18 水工建(构)筑物的布点、选线应充分利用地形、地质条件,不宜建在滑坡、岩溶强烈发育地带、活动断层的地区,应避免遭受地震时可能产生崩塌、大面积滑坡、泥石流、地裂和错动等危险地区以及洞穴、欠固结填土地区和采矿塌陷区。确实无法避开时,应根据地质灾害危险性评估结论,采取相应的防范措施。

当在软弱地基上修建水工建(构)筑物时,应考虑地基的变形和稳定,在基础四周宜设置沉降观测点。

3.0.19 水工建(构)筑物的建筑设计应与周围的建筑群体及环境相协调。

3.0.20 水工建(构)筑物的结构设计应采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,以可靠指标度量结构构件的可靠度,采用分项系数的设计表达式进行设计。

3.0.21 水工建(构)筑物应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计。进行承载能力极限状态设计时,应根据不同设计状况采用基本组合、偶然组合和地震组合;进行正常使用极限状态进行设计时,应根据不同设计状况采用标准组合、频遇组合和准永久组合,并应满足下列要求:

1 所有结构构件均应进行承载能力计算和整体结构的抗倾、抗滑、抗浮及地基基础承载能力的验算,需要抗震设防的结构尚应

进行结构的抗震承载能力的计算；

2 使用上需控制变形值的结构构件应进行变形验算,变形值不应超过所采用规范规定的允许值或设备允许变形值；

3 使用上要求不出现裂缝的构件应进行混凝土拉应力计算；使用上允许出现裂缝的构件应进行裂缝宽度计算。

3.0.22 除贮灰场和防波堤外,水工建(构)筑物的安全等级应按二级执行。

3.0.23 地震设防烈度为Ⅵ度及以上的水工建(构)筑物应做抗震设防,设计时应分别按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《构筑物抗震设计规范》GB 50191、《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB 50032 及现行行业标准《水工建筑物抗震设计规范》DL 5073、《水运工程水工建筑物抗震设计规范》JTJ 225 等标准的规定执行。

水工建(构)筑物抗震设防类别划分及抗震措施烈度调整应符合本规范附录 A 的规定。

3.0.24 取水建(构)筑物、水泵房、地下水水源地和贮灰场等与厂区应有道路连接,并应充分利用现有道路。新建专用道路标准可按表 3.0.24 的规定选择。

表 3.0.24 专用道路标准

道路名称	道路等级	计算行车速度 (km/h)	路面宽度 (m)	路面结构
厂区至取水建筑物、水泵房及升压泵站	四	20~40	4.0	沥青或混凝土路面
升压站至地下水水源地及井间	四	—	3.5	泥结碎石路面
湿式贮灰场灰渣管检修道路	四	—	3.5	泥结碎石路面
汽车运灰渣道路	三	30~60	6.0~7.0	沥青或混凝土路面

注:采用汽车运灰渣的专用道路,其宽度、标准,还应根据车型、载重量、地质、运距等综合因素考虑。

3.0.25 水工设计方案的技术经济比较应符合下列规定：

1 宜按设计规划容量与分期建设容量分别进行火力发电厂主机冷却系统的优化计算和全面的技术经济比较；

2 应考虑技术先进、运行安全、施工方便、满足工期等因素，并应符合国家技术政策；

3 宜采用动态经济分析方法；当进行局部范围方案的经济比较时，可采用静态经济分析方法，方案比较的回收年限可按 5 年～10 年考虑；

4 应按电力工程概算指标并参照当地价格和工程实际情况综合考虑投资费用；

5 年运行费用应包括水泵与风机实耗电费、水费、水处理费、动态经济分析时的大修理费、静态经济分析时的折旧费、汽轮机微增出力引起的补偿电量的电费等；

6 年运行费用的计算应符合下列规定：

1) 应根据工程具体情况确定汽轮机年利用小时数；

2) 宜按发电成本计算水泵、风机等耗电的电价；汽轮机微增出力引起的补偿电量的电价宜按发电成本乘以 0.8～0.9 的折减系数后计算；

3) 应按制造厂提供的同类型机组的特性资料确定汽轮机微增出力；湿冷机组计算时，宜按多年逐月平均水文、气象参数进行；空冷机组计算时，宜采用典型年小时气温气象条件进行计算，气温间隔宜采用 2℃；其计算时间可根据工程所处地区条件确定；

4) 联合供水的水费宜按各方协商一致的水价进行计算；

5) 火力发电厂大修理费提取率根据工程技经指标选取，可取 2%；当燃机电厂循环供水系统配置的是机械通风冷却塔时，大修费率可取 3.5%。

4 水源和水务管理

4.1 水 源

4.1.1 火力发电厂的水源选择应符合下列规定：

- 1 水量充沛可靠；
- 2 原水水质较好；
- 3 采用直流、混流或混合供水系统的火力发电厂宜靠近水源；
- 4 应考虑水源的综合利用及取排水对水域的影响；
- 5 应考虑其他用户对火力发电厂取水水质、水量和水温的影响；
- 6 取排水设施的设置应能满足保护区及水功能区划的要求；
- 7 滨海发电厂所在地的淡水资源不能满足要求时,可采用海水淡化工工艺制取淡水；
- 8 生活用水水源宜采用城市自来水或地表水；
- 9 扩建工程应充分利用已建机组的排水；
- 10 缺水地区或环保不允许外排水时,淡水循环水系统的排水可作为其补充水及化学补给水处理系统的水源；
- 11 缺水地区建设燃用高水分褐煤的电厂可采用煤中取水技术获得水源。

4.1.2 缺水地区新建、扩建电厂生产用水严禁取用地下水,应严格控制使用地表水,宜利用城市再生水和其他废水,坑口电厂应首先使用矿区排水。

4.1.3 当有不同的水源可供火力发电厂选用时,应根据水量、水质和水价等因素经技术经济比较确定。采用单一水源可靠性不能保证时,应另设备用水源。

4.1.4 当采用地表水作为水源时,在下述情况下,仍应保证其满负荷运行所需的水量:

1 当从天然河道取水时,对于单机容量在 125MW 及以上的火力发电厂,应按保证率为 97% 的最小流量考虑;对于单机容量在 125MW 以下的火力发电厂,应按保证率为 95% 的最小流量考虑;同时均应扣除取水口上游必须保证的工农业规划用水量 and 河道水域生态用水量;

2 当河道受水库、湖泊、闸调节时,对于单机容量在 125MW 及以上的火力发电厂,应按其保证率为 97% 的最小调节流量考虑;对于单机容量在 125MW 以下的火力发电厂,应按保证率为 95% 的最小调节流量考虑;同时均应扣除取水口上游必须保证的工农业规划用水量和生态用水量;

3 当从水库、湖泊、闸坝取水时,对于单机容量在 125MW 及以上的火力发电厂,应按保证率为 97% 的枯水年最小供水量考虑;对于单机容量在 125MW 以下的火力发电厂,应按保证率为 95% 的枯水年最小供水量考虑。

4.1.5 当采用天然河道作为水源时,应对包括地下河段在内的河流的水文特性进行全面分析,并应根据河流的深度、宽度、流速、流向、包括悬移质及推移质的泥沙和河床地形及其稳定等因素,结合取水型式对河道在设计保证率时的可取水量及排水回流进行充分论证,当不能得到可靠的分析论证结论时应进行物理模型试验。

4.1.6 当火力发电厂自建专用水库或拦河闸坝取水时,对于单机容量在 125MW 及以上的火力发电厂,其设计洪水标准不应低于 100 年的重现期,校核洪水标准不应低于 1000 年的重现期;对于单机容量在 125MW 以下的火力发电厂,其设计洪水标准不应低于 50 年的重现期,校核洪水标准不应低于 100 年的重现期。水库及闸坝的洪水设计标准尚应符合现行国家标准《防洪标准》GB 50201、现行行业标准《水利水电工程等级划分及洪水标准》SL 252 的规定。

4.1.7 当采用海水作为水源时,应对滨海水文、当地港航现状与规划、水域功能区划和环境保护要求、海生物资源等进行全面的调查研究,并应结合海岸类型、海床地质、海流流向、泥沙运动等因素对取水水质、取排水对当地海产资源及排水对海水水质与海域生态的影响进行分析论证,根据工程特点和水源条件可分阶段进行数值模拟计算与物理模型试验。

4.1.8 当采用地下水作为水源时,应根据该地区目前及必须保证的各项规划用水量,按枯水年或连续枯水年进行水量平衡计算后确定取水量,取水量不应大于允许开采量。

4.1.9 当采用城市再生水作为水源时,应根据污水处理厂现状和规划来水量及水质情况、处理工艺及运行情况、出水水量及出水水质情况、其他用户情况等分析确定可供电厂使用的水量,并应达到设计保证率的要求。若不能确定再生水源的供水保证率,应设置备用水源。当再生水有多处来源,且水量充足时,可不设备用水源,否则应按本规范第 4.1.3 条取水保证率要求设置备用水源。备用水源的供水量应根据市政污水收集系统及污水处理厂的检修及故障失常情况确定。

4.1.10 当采用矿区排水作为水源时,应根据补给范围、边界条件、水文地质特征及补给水量,并结合矿井开采规划和疏干方式,分析确定可供电厂使用的矿区稳定的最小排水量。

4.2 水量和水质

4.2.1 火力发电厂的用水量应根据下列各项确定:

- 1 凝汽器冷却用水;
- 2 除凝汽器以外的其他附属设备的冷却用水;
- 3 化学水处理系统用水;
- 4 工业用水;
- 5 除灰渣系统用水;
- 6 烟气脱硫系统用水;

7 输煤系统用水；

8 生活用水；

9 消防用水；

10 其他用水。

4.2.2 供热机组的冷却水量应按最小热负荷时的凝汽量计算。

4.2.3 湿式循环水系统的水量损失应根据下列各项确定：

1 冷却塔的蒸发损失；

2 冷却塔的风吹损失；

3 循环水系统的排水损失。

4.2.4 湿式冷却塔的蒸发损失水率宜按下列公式计算：

1 当不进行冷却塔的出口气态计算时，蒸发损失水率可按下列式计算：

$$P_e = K_{ZF} \Delta t \quad (4.2.4-1)$$

式中： P_e ——蒸发损失水率(%)；

K_{ZF} ——系数(1/℃)，可按表 4.2.4 的规定选取；当进塔气温(干球温度)为中间值时可采用内插法计算；

Δt ——进、出冷却塔的水温差(℃)。

表 4.2.4 系数 K_{ZF}

进塔气温(℃)	-10	0	10	20	30	40
K_{ZF} (1/℃)	0.08	0.10	0.12	0.14	0.15	0.16

2 对进入和排出冷却塔的空气状态进行详细的计算时，蒸发损失水率可按下列式计算：

$$P_e = \frac{G_d}{Q} (X_2 - X_1) \times 100 \quad (4.2.4-2)$$

式中： G_d ——进入冷却塔的干空气质量流量(kg/h)；

X_1 ——进塔空气的含湿量(kg/kg)；

X_2 ——出塔空气的含湿量(kg/kg)；

Q ——循环水流量(kg/h)。

4.2.5 装有除水器的湿式冷却塔的风吹损失水率宜采用下列

数值:

- 1 机械通风冷却塔宜取 0.1%;
- 2 自然通风冷却塔宜取 0.05 %。

4.2.6 湿式循环水系统的排水损失水量应根据对循环水水质的要求计算确定,可按下式计算:

$$Q_b = [Q_e - (N - 1)Q_w] / (N - 1) \quad (4.2.6)$$

式中: Q_b ——排水损失水量(m^3/h);

Q_e ——蒸发损失水量(m^3/h);

Q_w ——风吹损失水量(m^3/h);

N ——循环水浓缩倍率。

4.2.7 冷却池的水量损失应根据下列各项确定:

- 1 自然蒸发损失;
- 2 附加蒸发损失;
- 3 渗漏损失;
- 4 排水损失。

4.2.8 冷却池的自然蒸发损失水量及附加蒸发损失水量的计算应符合现行国家标准《工业循环水冷却设计规范》GB/T 50102 的有关规定。冷却池的排水损失水量应根据对循环水水质的要求计算确定。

4.2.9 冷却池的渗漏损失水量可根据池区的水文地质条件和水工构筑物的型式等因素确定。冷却池应采取防渗漏措施。

4.2.10 火力发电厂用水水质应根据生产工艺和生活、消防用水的要求确定,并应符合下列规定:

1 用于凝汽器等表面管式热交换设备的冷却用水应采取去除水中杂物及水草的措施;当水中含砂量较大,且砂粒较粗、较硬时,宜对冷却用水进行沉砂处理;

2 带冷却塔的湿式循环供水系统的补充水中悬浮物含量超过 50mg/L 时宜进行处理,经处理后的悬浮物含量不宜超过 20mg/L,pH 值不应小于 6.5 且不宜大于 9.5;

3 间接空冷系统的补给水宜为除盐水；

4 工业用水中转动机械轴承冷却水的碳酸盐硬度宜小于 250mg/L(以 CaCO_3 计),pH 值不应小于 6.5 且不宜大于 9.5,悬浮物的含量宜小于 50mg/L；

5 生活饮用水的水质应符合现行国家标准《生活饮用水卫生标准》GB 5749 的要求；

6 生活杂用水水质应符合现行国家标准《城市污水再利用城市杂用水水质》GB 18920 的要求；

7 回用水水质应根据回用水用途确定；当回用水系统的供水用于多种用途时,其水质标准应按最高要求确定。

4.3 水务管理

4.3.1 火力发电厂设计中的水务管理除应遵守和执行国家有关的法律法规外,还应符合现行国家标准《地面水环境质量标准》GB 3838、《生活饮用水卫生标准》GB 5749、《污水综合排放标准》GB 8978、《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB 18918 等的规定,并应满足火力发电厂所在地区的有关规定和要求。

4.3.2 火力发电厂设计应对各类供水、用水、排水进行全面规划、综合平衡和优化比较,应严格控制耗水指标,并应符合下列要求：

1 应根据厂址地区的水资源条件,因地制宜,合理选择火力发电厂主机冷却系统和辅机冷却水的冷却方式；

2 除各工艺系统采取合理的节水工艺和用水设备外,应优化用水流程,提高复用水率和废水回收率；各种废水宜按照水质条件优先考虑直接回用,不能直接回用的废水,应根据各工艺系统对水质的要求,选择适宜的废水处理方式经处理后回用；

3 火力发电厂应根据水源条件及环保要求确定废水排放方式；燃煤发电厂在受纳水体没有纳污条件下宜采用废水零排放,在严重缺水地区或环保不允许外排水的情况下,应采用全厂零排放。

4.3.3 火力发电厂节水设计应按照现行行业标准《发电厂节水设

计规程》DL/T 5513 的规定选择采用适宜的节水技术和措施。

4.3.4 火力发电厂的设计耗水指标宜根据当地的水资源条件和采用的相关工艺方案计算确定。对于单机容量为 125MW 及以上的火力发电厂,其设计耗水指标应符合现行行业标准《发电厂节水设计规程》DL/T 5513 的规定。对于单机容量为 125MW 以下的火力发电厂,其设计耗水指标应符合现行国家标准《小型火力发电厂设计规范》GB 50049 的规定。

4.3.5 火力发电厂的设计取水流量及年取水量应按现行行业标准《发电厂节水设计规程》DL/T 5513 的规定经计算确定。

4.3.6 火力发电厂中的供、排水系统应配置必要的计量和监测装置。火力发电厂水量计量装置的设置部位应符合现行行业标准《发电厂节水设计规程》DL/T 5513 的要求。水量计量装置和水质监测装置应根据火力发电厂用水和排水的特点、介质的性质、使用场所和功能要求进行选择。

5 湿冷系统

5.1 一般规定

5.1.1 发电厂湿冷系统的选择应根据水源条件和规划容量,通过技术经济比较确定。

在水源条件和环保允许的情况下,宜采用直流或混流供水系统,否则宜采用循环或混合供水系统。

5.1.2 当采用直流或混流供水系统时,汽轮机的额定背压宜对应冷却水全年平均计算温度。冷却水全年平均计算温度宜根据多年逐月平均水温统计资料,在修正无效低温后采用加权平均法计算确定;冷却水的最高计算温度应按多年水温最高时期频率为 10% 的日平均水温确定,多年水温最高时期可采用夏季 3 个月,并应将温排水对取水水温的影响计算在内;混流供水系统还应按多年最小月平均流量时的运行工况进行校核计算。

5.1.3 当采用循环供水系统时,汽轮机的额定背压宜对应冷却水全年平均计算温度。冷却水全年平均计算温度宜为经修正无效低温后采用加权平均法计算确定的冷却塔年均出塔水温;确定冷却水的最高计算温度应符合下列规定:

1 宜采用按湿球温度频率统计方法计算的频率为 10% 的日平均气象条件;主要用于夏季调峰的电厂宜留有适当的裕度;

2 气象资料应采用最近 5 年炎热时期的逐日平均值,每年最炎热时期可以 3 个月计算。

5.1.4 当采用混合供水系统时,汽轮机的额定背压宜对应冷却水全年平均计算温度。冷却水全年平均计算温度宜按河流丰水时段平均水温和河流枯水时段的冷却塔出塔水温综合确定;冷却水的最高计算温度可按河流多年水温最高时期频率为 10% 的日平均

水温及与河流枯水时段相应的最高月平均气温时的气象条件计算得到的高值确定。

5.1.5 当采用冷却池循环供水系统时,汽轮机的额定背压对应的水温宜按多年平均水温和相应的气象条件计算确定;确定冷却水的最高计算温度宜符合下列规定:

1 深水型冷却池宜采用多年平均的年最热月月平均自然水温和相应的气象条件;

2 浅水型冷却池宜采用多年平均的年最炎热连续 15d 平均自然水温和相应的气象条件。

5.1.6 单机容量为 300MW 及以上的火力发电厂宜采用单元制或扩大单元制供水系统。每台汽轮机可配置 2 台或 3 台循环水泵,其总出力应为机组的最大计算用水量。在设备条件许可,并经技术经济比较合理时,水泵可采用静叶可调或采用变速电动机驱动。采用单元制或扩大单元制供水系统时,每台汽轮机宜采用 1 条进、排水管沟。

5.1.7 采用母管制供水系统时,当达到规划容量时,集中安装在循环水泵房中的循环水泵不应少于 4 台,且可不设备用,可根据工程情况分期安装。水泵的总出力应满足冷却水的最大计算用水量。达到规划容量时的进、排水管、沟不宜少于 2 条,可根据工程情况分期建设。当其中一条停用时,其余母管应能通过 75% 的最大计算用水量。

5.1.8 冷却塔可不设备用。单机容量为 300MW 级及以上的汽轮发电机组,每台机组宜配 1 座自然通风冷却塔。

5.1.9 循环水泵出口可不装止回阀。水泵出口阀门可根据系统布置和水泵性能采用液压缓闭止回蝶阀或电动蝶阀,且水泵和出口阀门的电动机应有联锁装置。

5.1.10 直流供水系统的排水在不影响发电厂经济运行条件下,可供其他用户使用。

5.1.11 水泵切换系统应遵循阀门最少、管路系统最简单、阻力最小的设置原则。当其中任一联络阀门发生故障时,通过阀门的切

换,系统还应保证供水量不小于最大计算用水量的 50%。

5.1.12 直流供水系统经综合技术经济比较合理时,凝汽器宜采用低位布置。

5.1.13 凝汽器或凝汽器出口管的顶部应设有放空气的装置;直流供水系统及冷却池循环供水系统中,凝汽器的顶部宜设有抽真空的管路及装置。

5.1.14 当循环水压力母管及排水沟为分期建设而初期只有 1 条管、沟时,凝汽器进出水管路暂以单母管系统连接,另一条进水管应装上阀门。初期按单管路系统运行引起水泵水量的变化应进行校核,并应满足最大计算用水量的需要。

5.2 湿冷系统的优化计算

5.2.1 湿冷系统的优化计算应符合下列规定:

1 应结合系统布置,采用对各个可变参数的不同组合,通过水力、热力及经济计算,进行多方案的比较;

2 汽轮机背压以及凝汽器和水泵参数的优选应与制造厂密切配合;

3 在冷却水最高计算温度的工况下,应保证汽轮机的背压不超过满负荷运行的最高允许值,计算时,凝汽量宜采用汽轮机在相应背压时的数值;

4 直流、混流供水系统应根据多年月平均的水位、水温和温排水影响,并结合汽轮机特性和系统布置进行优化计算,确定凝汽器面积、冷却水量、循环水泵和进排水管沟的经济配置;

5 循环或混合供水系统应根据多年月平均的气象条件,并结合汽轮机特性和系统布置进行优化计算,确定凝汽器面积、冷却水量、循环水泵、进排水管沟、冷却塔的选型及经济配置。

5.2.2 湿冷系统优化计算前,根据工程具体情况,对下列内容宜事先通过技术经济比较与分析确定最优方案:

1 取水地点及取水方式;

- 2 取水建筑物及水泵房的型式和材料；
- 3 水能回收方式；
- 4 补给水水源的选择；
- 5 冷却塔的塔型和位置等。

5.2.3 湿冷系统的优化计算应根据工程具体条件,对下列主要参数在一定变化幅度内作为变量进行组合计算：

- 1 冷却水量；
- 2 凝汽器的换热面积、流程数、壳体与背压个数,凝汽器内冷却水管的材质、管径、壁厚、根数和长度等；
- 3 循环水泵及所配电动机的规格、台数；
- 4 进排水管、沟的材料、断面尺寸、条数；
- 5 取、排水建筑物的规模；
- 6 自然通风冷却塔的高度、淋水面积、进风口高度等主要几何尺寸,机械通风冷却塔的风机规格、格数和有关几何尺寸,冷却塔塔内供水高度、填料型式、填料高度及布置。

5.2.4 优化过程的水力、热力计算应符合下列规定：

- 1 当采用直流或混流供水系统时的水文条件和当采用循环或混合供水系统时的水文和气象条件应按本规范第 5.2.1 条第 4 款的要求进行计算；
- 2 凝汽器冷却水管内的允许流速可按表 5.2.4-1 的规定选取；

表 5.2.4-1 凝汽器冷却水管内允许流速

管 材	允许流速(m/s)	
	最低	最高
H68A(普通黄铜)	1.0	2.0
HSn70-1、HSn70-1B、HSn70-1AB(锡黄铜)	1.0	2.2
HAL77-2(铝黄铜)	1.0	2.0
BFe30-1、BFe10-1(白铜)	1.1	3.0
06Cr19Ni10、022Cr19Ni10、06Cr17Ni12Mo2、022Cr17Ni12Mo2、06Cr19Ni13Mo3、022Cr19Ni13Mo3、06Cr18Ni11Ti3(不锈钢)	1.0	2.5
TA1、TA2(钛)	1.0	—

3 凝汽器端差不应小于 2.8°C ；

4 季节循环水量可通过循环水泵的最佳运行台数进行选择，运行循环水量占总循环水量的百分数可按表 5.2.4-2 的规定选用；

表 5.2.4-2 运行循环水量百分数

水泵装置台数	水量百分数(%)			
	运行 1 台	运行 2 台	运行 3 台	运行 4 台
2	60	100	—	—
3	40	75	100	—
4	30	60	85	100

5 宜采用汽轮机在额定进汽量下的排汽参数；计算背压对微增功率的影响时，汽轮机出力宜采用铭牌功率作为基准；

6 进排水管、沟的流速范围可按本规范第 10.1.6 条的规定选取。

5.2.5 优化过程的经济计算应符合下列规定：

1 宜采用年费用最小法，年费用计算方法应符合下列规定：

1) 年费用宜按下式计算：

$$NF = P(AFCR) + \mu_a \quad (5.2.5-1)$$

式中： NF ——年费用值(万元)；

P ——总投资现值(万元)；

$AFCR$ ——年固定分摊率(Annual Fixed Charge Rate)；

μ_a ——年运行费(万元)，包括水泵、风机的电耗及微增功率收益。

2) 年固定分摊率宜按下式计算：

$$AFCR = CR + MR \quad (5.2.5-2)$$

式中： CR ——资金回收系数，可按式(5.2.5-3)计算；

MR ——大修费率，可取 2.0% ；当燃机电厂循环水系统配置的是机械通风冷却塔时，可取 3.5% 。

3) 资金回收系数宜按下式计算：

$$CR = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (5.2.5-3)$$

式中： i ——投资回收率，可取电力工业投资回收率，8%~10%；

n ——工程的经济使用年限(a)， n 可取 20。

4) 当工程在经济使用年限完了后尚有残值时，可以增加运行年限。

2 对工程投资、投资回收率、发电成本等可能影响方案经济性较大的因素，宜进行敏感性分析；

3 经济比较可按现价考虑；

4 汽轮机微增出力引起的补偿功率，在未经充分论证时不宜考虑；

5 有条件时宜结合发电厂经济评价结果进行对比分析。

5.3 布置

5.3.1 冷却塔在厂区总平面规划中的位置应符合现行国家标准《工业循环水冷却设计规范》GB/T 50102 的规定，并应符合下列规定：

1 冷却塔宜靠近汽机房前布置，但与主厂房之间的净距不宜小于 50m；

2 具备扩建条件的工程，冷却塔不宜布置在主厂房扩建端；

3 冷却塔的布置位置应考虑冷却塔的飘滴和雾对周围环境的影响；

4 冷却塔宜远离液氨区，并宜布置在液氨区全年主导风向的上风侧。

5.3.2 冷却塔与其周围设施的最小间距不应小于下列规定：

1 自然通风冷却塔零米标高处塔体支柱中心与其他建(构)筑物的净距不应小于 2 倍冷却塔进风口高度；机械通风冷却塔进风口侧与其他建(构)筑物的净距不应小于 2 倍塔的进风口高度。当冷却塔与其周围设施的最小间距不满足冷却塔通风要求时，可

通过模型试验确定其间距；

2 冷却塔与建(构)筑物的最小间距尚应符合现行行业标准《火力发电厂总图运输设计技术规程》DL/T 5032 的规定,其最小间距应按与塔相邻建(构)筑物外墙距冷却塔零米标高斜支柱中心的最近距离计算。

5.3.3 相邻的冷却塔或塔排的净距应符合现行国家标准《工业循环水冷却设计规范》GB/T 50102 的规定。

5.3.4 汽机房前的进、排水管沟走廊的布置应按规划容量管、沟的数目和断面确定,且应考虑与其他管、沟和基础之间的相互影响。

5.3.5 当采用循环供水系统且条件许可时,单机容量为 300MW 及以下机组的循环水泵可设在汽机房内或汽机房披屋内。

5.4 辅机冷却水湿冷系统

5.4.1 主机采用湿冷系统时,辅机冷却水的冷却设施应与主机冷却设施合并设置;主机采用空冷系统时,辅机冷却水的冷却设施宜独立设置。当电厂同时有空冷机组和多台湿冷机组时,空冷机组的辅机冷却用水也可取自湿冷机组。

5.4.2 单独设置的辅机冷却水湿冷系统应符合下列规定:

1 辅机冷却水湿冷系统的平均水温 and 最高冷却水温对应的气象参数应按本规范第 5.1.3 条的规定计算确定;

2 单机容量 300MW 以下机组,辅机冷却水湿冷系统可采用母管制;采暖供热机组、单机容量 300MW 及以上机组,辅机冷却水湿冷系统宜采用扩大单元制;

3 每台机组宜设置 1 台 100% 容量的运行辅机冷却水泵,辅机冷却水泵应设备用泵,多台机组集中布置时可共用 1 台 100% 容量的备用泵;

4 辅机冷却水湿冷系统宜采用机械通风冷却方式;当环境气温季节性波动较大时,机械通风冷却塔风机可选配变频电机或双

速电机；

5 机械通风冷却塔不宜少于 2 格,可不设设备用格,但总冷却能力应有不少于 20%的余量,且当 1 格检修时,其余冷却塔的冷却水量不应小于总冷却能力的 75%；

6 在汽机房外设置辅机冷却水泵房时,辅机冷却水泵房、冷却塔等建(构)筑物的布置应满足本规范第 5.3.1 条、第 5.3.2 条、第 5.3.3 条和厂区总体布置的要求,且寒冷地区辅机湿式冷却塔宜布置在主机直接空冷平台及间接空冷塔的冬季下风侧。

6 空冷系统

6.1 一般规定

6.1.1 空冷系统型式的选择应根据当地气象条件、总平面布置、环境保护要求、防冻度夏、机组运行要求等因素,经技术经济比较论证确定。

6.1.2 满足下列条件中之一时,可采用脱硫装置、排烟口与间接空冷塔合并设置的排烟空冷塔:

1 经论证采用排烟空冷塔技术经济更优;

2 厂址所在地对烟囱有限高要求;

3 经论证采用排烟空冷塔对烟气污染物扩散更有利。且在机组的各种运行工况下都能满足环保要求。

6.1.3 空冷系统的设计气温宜根据典型年干球温度统计,宜按 5°C 以上年加权平均法计算设计气温并向上取整, 5°C 以下按 5°C 计算。主机空冷系统夏季计算气温可根据典型年干球温度统计表,在不超过200h的气温范围内取值确定。

6.1.4 直接空冷平台和间接空冷塔应远离电厂内露天热源,并避开露天热源热季下风侧。

6.1.5 直接空冷平台和间接空冷塔宜布置在粉尘源的全年主导风向上风侧或侧风向。

6.1.6 能够适应间接空冷塔内环境的低矮设施或地下构筑物,可结合相关工艺系统布置及总平面布置的要求设置于间接空冷塔内。

6.1.7 间接空冷塔水箱设置应符合下列规定:

1 寒冷地区间接空冷塔膨胀水箱底部标高高于空冷塔散热器最顶部标高不宜小于5m,容积应满足冷却单元一次最大充水用

水量,寒冷地区充水时间不宜超过 3min;

2 地下贮水箱有效容积应能够容纳间接空冷塔冰冻线以上管道和设备内水量的要求。

6.1.8 间接空冷塔冷却三角顶部应设置排气补气装置,寒冷地区排气补气装置应有可靠的防冻保护措施。

6.1.9 间接空冷塔内冷却扇段的进、出水管道阀门宜地上布置。

6.2 直接空冷系统

6.2.1 直接空冷系统优化计算方法宜采用年费用最小法,优化范围宜包括下列内容:

- 1 空冷凝汽器面积;
- 2 空冷凝汽器迎面风速;
- 3 空冷系统冷却单元数、风机及所配电机的规格。

6.2.2 直接空冷系统的噪声控制应符合现行国家标准《声环境质量标准》GB 3096 和《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB 12348 的相关规定,且应满足当地环保要求,不能满足时,应采取防治措施。

6.3 间接空冷系统

6.3.1 单机容量 300MW 级及以上机组的间接空冷系统宜选择自然通风间接空冷塔。

6.3.2 间接空冷系统优化计算方法宜采用年费用最小法,优化范围宜包括下列内容:

- 1 冷却水量;
- 2 凝汽器的换热面积、流程数、壳体与背压个数,凝汽器内冷却水管的材质、管径、壁厚、根数和长度等;
- 3 循环水泵及所配电动机的规格、台数;
- 4 主要循环水管管径、数量;
- 5 空冷散热器型式、冷却三角顶角、高度和数量,空冷散热器

面积;

6 自然通风间接空冷塔塔型参数,机械通风冷却塔的风机规格、格数、有关几何尺寸及布置。

6.3.3 间接空冷系统循环水泵配置数量应根据系统所需的流量和扬程,结合可选择的泵型经技术经济比较综合确定。

6.3.4 间接空冷系统循环水泵所配电机应满足系统变工况运行时扬程和功率变幅的要求。

6.3.5 电厂负荷波动较大的间接空冷机组,当调节循环水泵运行台数难以适应机组负荷的变化时,宜配置调速电机。

6.3.6 采用混合式凝汽器间接空冷系统时,应符合下列规定:

- 1 散热器材质应与汽轮机汽水品质要求相适应;
- 2 循环水进入凝汽器前调压设施宜采用水轮机;
- 3 循环水泵宜靠近凝汽器低位布置。

6.3.7 采用钢质空冷散热器的间接空冷系统宜设置充氮保护系统。

6.3.8 表面式凝汽器间接空冷系统循环水补水宜采用除盐水。混合式凝汽器间接空冷系统循环水补水水质应兼顾汽水系统的水质要求。

6.3.9 空冷散热器冲洗水质宜采用软化水或除盐水。

6.4 辅机冷却水空冷系统

6.4.1 单机容量 300MW 级及以上机组的辅机冷却水空冷系统宜采用单元制或扩大单元制。

6.4.2 空冷散热器的布置型式应根据辅机冷却水量、运行方式、气象条件、场地布置和施工等条件确定。

6.4.3 设计气象参数宜根据典型年干球温度统计表,温度从高到低取累计约 100h 对应的干球温度作为辅机冷却水空冷系统设计气温,大气压力和相对湿度宜与该气温对应,在上述气象条件下,空冷塔出水温度不宜高于 38℃;当辅机设备允许时,空冷塔的设

计出水温度可相应提高。

6.4.4 在环境温度超过设计气温时,可采用喷雾降温系统进行冷却。

6.4.5 辅机冷却水各子系统进出水温度和温升差别较大时,宜采用独立的冷却系统。

6.4.6 多台机组采用一组机械通风空冷塔,机组辅机冷却水系统采用单元制或扩大单元制时,根据夏季主导风向,各机组迎风侧冷却单元数量宜均匀分配。

6.4.7 空冷塔冷却单元数量较多时,宜分成多排布置,每排的长度与宽度之比不宜大于 5 : 1。

6.4.8 空冷散热器采用垂直布置的冷却单元,相邻两个冷却单元之间宜设挡风隔板,并留有巡视门。

6.4.9 辅机冷却水泵宜布置在主厂房内,每台机组宜设置 $2 \times 100\%$ 容量辅机冷却水泵。

7 补给水系统

7.1 一般规定

7.1.1 火力发电厂应按规划容量确定补给水系统的建设规模,统筹规划、合理布局,并根据工程具体情况合理分期实施。

7.1.2 火力发电厂应根据水源类型、设计流量、地形地质条件、输水距离及高差等因素综合确定补给水系统的型式及配置。应根据选定的水源,确定取水方式、取水设施的位置、净水站位置及补给水管线的路径,并应留出适当的扩建条件。

7.1.3 当地表水和海水水源的原水泥沙含量大,且取水点与厂区距离远或高差大时,宜将净水站设置在取水点附近或与取水点结合,采用清水输送方式。

7.1.4 当以城市再生水为水源时,其补给水系统的贮水池、升压水泵及补给水管的配置应根据城市污水处理厂的工艺流程、水量调节方式、运行及检修条件、备用水源情况等因素综合确定。

7.1.5 当以矿区排水为水源时,其补给水系统的集水池、升压水泵和补给水管的配置应根据矿区取水点分布、来水的不均匀性、补充水源等因素综合确定。采用煤中取水技术的电厂应通过产水与耗水的调节计算确定补给水系统配置规模。

7.1.6 当采用地下水水源时,地下水取水建筑物的位置应根据水文地质条件选择,地下水取水建筑物的型式应根据水文地质条件及邻近水源地运行经验确定。

7.1.7 采用多水源供水的补给水系统应根据各水源之间的相互关系、调度方式、供水量等因素统筹考虑确定各系统的配置,根据输水管路系统的布置情况可共用贮水池及补给水管等设施。

7.1.8 当水源地与厂区之间有地形高差可以利用时,应对重力输

水与加压输水系统进行技术经济比较,择优选用。

7.1.9 当水源水质有季节性恶化时,经技术经济比较,可另设备用水源或修建蓄水池。蓄水池有效容积应根据运行、检修、需水量和当地具体条件等因素综合考虑确定。

7.1.10 当补给水需中继升压时,应设置贮水池和升压水泵房。

7.1.11 有可能产生水锤危害的补给水系统应进行水锤分析计算,并进行水锤综合防护设计。

7.2 补给水泵、补给水管和水池

7.2.1 集中取水的补给水泵台数不宜少于 3 台,其中 1 台为备用。

7.2.2 补给水泵的型号及台数应根据水量变化、扬程要求、水质情况、泵组的效率、电源条件等综合考虑确定。当提取含沙量较高的原水时,宜选用耐磨水泵或低转速水泵。

7.2.3 水泵的选择应符合节能要求。当流量或扬程变幅较大时,经技术经济比较,可采用大、小泵搭配或变速调节等方式满足要求。

7.2.4 水泵之间宜设联锁装置,可分组联锁。高扬程、长距离压力输水的水泵,其出水管上宜选用两阶段关闭的液压操作阀。

7.2.5 补给水泵房总出水管上应设置计量装置,泵进出口应设置压力监测装置。

7.2.6 当采用管井取地下水作为补给水源时,应设置备用井。备用井数量的确定不宜小于井群设计水量的 15%,且不得少于 1 口。

7.2.7 补给水管的条数应根据火力发电厂的规划容量和水源情况设置,不宜少于 2 条,可根据工程具体情况分期建设。当有备用水源或适当容量的蓄水池,并有可靠性的论证时,也可设置 1 条补给水管。蓄水池的容积应根据检修条件及检修时长等因素确定。

当每条补给水管能保证供给补给水量的 60%时,补给水管之

间可不设联络管。

7.2.8 长距离补给水管宜设置事故检修隔断阀门,在管道起伏高点应设置排气阀门,在管道低点宜设置放空阀门,并应依据水锤分析计算结果设置必要的水锤防护设施。

7.2.9 中继升压泵站及地下水升压泵站贮水池的有效容积应根据电厂特点、设计流量、水泵的容量和台数、控制方式、贮水池与取水设施间的距离等因素综合考虑确定,但不宜小于最大1台水泵在0.5h的输水量。

7.2.10 再生水贮水池的有效容积应根据污水处理厂来水量的稳定性、设计流量、水泵的容量和台数、补给水系统的运行及控制方式、输水距离等因素综合考虑确定。对于矿区排水水源的集水池,其设置数量及有效容积应根据矿区排水点分布情况、可收集水量及其稳定性、设计流量、水泵的容量和台数、补给水系统的运行及控制方式、输水距离等因素综合考虑确定。当不需要调节水量时,水池有效容积不宜小于最大1台水泵在0.5h的输水量。

7.2.11 当高位水池起调压作用时,其调节容积应能满足水锤防护措施的需要。

7.2.12 用于贮存泥沙含量较大的原水池不宜少于2格,并应设排泥设施或有清淤条件。

7.2.13 水池应有水位显示和溢流设施。贮存再生水的水池,应根据再生水水质及其腐蚀性采取防腐措施。严寒地区贮水池应考虑保温防冻措施。

8 取排水建(构)筑物、水泵房工艺设计

8.1 一般规定

8.1.1 在河道上选择取水建(构)筑物的位置和型式时,应符合下列规定:

- 1 直流供水系统循环水泵房宜靠近汽机房;
- 2 宜靠近主流,应有足够的水深、较好的水质、稳定的河床及河岸,并不宜改变河流流态;在弯曲河段,宜设于凹岸弯顶稍下游处;
- 3 应具有良好的地形及地质条件,且应便于施工和维护;
- 4 应结合当地经验,减少泥沙、漂浮物、冰凌壅塞、支流汇入及排水回流等影响;
- 5 不应妨碍航运及河道排洪,并应与河流综合利用规划相适应;
- 6 应避开水生物保护区,并应减少对水产资源的影响;
- 7 应考虑对原有水工建(构)筑物间的影响;
- 8 应采取措施解决取水建(构)筑物的防冰、防沙、防漂浮物和防水生物等问题,减少温排水对取水的影响,并应考虑供水设备事故检修以及扩建时,便于施工与生产协调过渡。

8.1.2 当取水区段河床变化较大、流态复杂,或泥沙、漂浮物含量大,或河道整治措施复杂时,取水建(构)筑物的位置和型式应通过物理模型试验确定。

8.1.3 在海湾选择取水建(构)筑物的位置和型式时,应符合下列规定:

- 1 直流供水系统循环水泵房宜靠近汽机房;
- 2 应避开波浪破碎带,特别是砂质海岸,应防止底砂掀起进

入取水口；

3 应避免泥沙沿岸流强烈的区段；

4 不应妨碍航运，并与海港规划相适应；

5 取水口应朝向波浪较小的一侧；根据工程具体情况可设置防浪及防底砂进入取水口的必要措施；在 100 年一遇高潮位，50 年一遇的波浪 $H_{13\%}$ 作用下，泵房吸水池的有效波高 $H_{13\%}$ 不宜超过 0.3m；

6 宜避开有浮冰撞击的区段；

7 有条件时宜与港池、码头联合修建；

8 应靠近海床稳定的深水区，取水应有足够的水深，有条件时宜采用深层取水；

9 应有便于施工及运行维护的陆域和水域地形条件；

10 应减少对海产资源的影响；

11 应考虑温排水对取水水温 and 海域环境的影响。

8.1.4 在河道、湖泊、水库、海湾中取水时，应符合下列规定：

1 在含沙量较多的河道、海湾中取水时，取水口应避免回流区，并根据取水口处含沙量垂线分布的情况，采取减少悬移质及防止推移质进入的措施；

2 当利用管道取底层低温水和防止淤积时，可采用淹没式自流引水管或虹吸引水管；当采用明渠引水时，应防止泥沙进入渠内，并应采取清淤措施；

3 当漂浮物较多时，取水口门平均水位（潮位）进口流速宜小于该区域的天然流速，但不宜小于 0.2m/s，并应设置格栅型清污机、旋转滤网或网箅式清污机；

4 当有结冰及流冰情况时，宜在取水口前设立导冰、拦冰设施及采取热水回流的方式提高取水口处水温；

5 当水生物较多时，宜采用定期加氯处理等措施；

6 当水深较浅且泥沙、漂浮物、冰凌多时，不宜采用淹没式取水口；

7 在海湾取水时应采取防止海洋动物冲击、保护浮游海生物、防止海生物附着及便于清理的措施；

8 在通航河、海中，取水口进口流速应满足航运的要求，且最低通航水位下的流速不应大于 0.3m/s 。

8.1.5 火力发电厂取水经充分论证需要设置壅水建筑物时，应符合下列规定：

- 1 应利用原河道的水流特性和河床、河岸的地形特点；
- 2 宜采取使主流导向取水建筑物的措施；
- 3 宜利用水力条件减少泥沙进入取水建筑物，并应采取排沙、泄冰措施；
- 4 应考虑对防洪、淹没、航运的影响；
- 5 当情况复杂时，宜进行包括冲砂闸位置及型式的物理模型试验。

8.1.6 纵向底流槽的采用应根据河道的水深、主流、河床的地形、地质、施工条件及航运等因素确定。当采用纵向底流槽引水时，应符合下列规定：

- 1 应布置在稳定的凹岸侧，顺河道主流并因势利导开挖纵向底流槽；
- 2 应有足够的水深，且槽底应高于河底，防止河床的推移质进入槽内；
- 3 槽内流速应具有挟带进入槽内泥沙的能力；
- 4 纵向底流槽进出口水流流态应与河道的水流良好衔接；
- 5 当情况复杂时，宜进行物理模型试验。

8.1.7 当波浪较大对水泵安全运行有影响时，必须采取有效的消浪措施。如果设置防浪堤，可通过试验确定。

8.1.8 在河道或海湾上的取水建（构）筑物应考虑建成后减少水流对河岸、河床或海岸、海床产生局部冲刷或淤积，并应根据工程情况进行冲淤计算。当工程情况复杂，冲淤计算不能满足需求时，可通过物理模型试验确定冲淤程度及相应措施。

8.1.9 当取水建(构)筑物紧靠河道、湖泊或海湾的航道时,其进口流速不应妨碍航运,并根据需要设置标志。设置取水建(构)筑物时,应有当地航道、航运管理机构的书面同意文件。

8.1.10 当海岸较陡,深水近岸,潮差、波浪较小,海岸稳定时宜采用海岸式取水;当海岸坡度较为平坦,深水区较远,海生物生长较少时宜用海床式取水。

8.1.11 当深水区离岸有一定距离,海水中泥沙含量低时,可采用引水明渠式取水。

8.1.12 当厂址附近有港池时,宜与港池结合设置引水明渠或敞开式取水口,条件合适时宜与港池、码头联合修建,并应符合下列规定:

1 取水建(构)筑物与各泊位应统筹考虑,宜避开船舶作业区和强风浪区;

2 建有单独取水口或取水设施时,其口门流速应低于船舶航运侧向流速要求,其口门处应设置拦船网,口门流速可取较小的海流流速;

3 取水建(构)筑物与泊位结合时,进水口流速应满足船舶靠泊作业和系泊码头作业要求,必要时应进行物模试验或船舶仿真实验;

4 对于有危险品作业的港池,取水设施尚应满足危险品作业要求,同时应评估发生事故时对电厂安全取水是否构成影响以及因电厂取水加重事故的危害程度。

8.1.13 当取水海域岸滩平缓但潮差较大,低潮位距岸边较远,海水中泥沙含量低,岸边具有建海水调节水库的地形条件时,可采用潮汐式取水型式,并同时设计清淤措施。

8.1.14 直流供水系统的取排水口布置应符合下列规定:

1 当取排水口之间可利用防波堤、栈桥实体分隔堤等水工建筑物相隔,或者利用天然岬角相隔,取水口和排水口宜采用分列式布置;当在单向河道布置取排水口时,宜采用在上游河岸布置取水

口,下游河岸布置排水口的分列式布置;

2 当在往复流的感潮河段或海域,取排水水域离岸方向宽度较大,取水口和排水口宜采用差位式布置,可采用深取浅排的方式,如果环境要求深水排放时,也可采用浅取深排的方式;

3 当取水水域水深较大,深水近岸,取水口和排水口可采用重叠式布置;

4 当取水水域条件复杂,布置条件受限时,取水口和排水口可采用混合式布置。

8.1.15 当取水水域水位变幅较大、建造固定式取水建(构)筑物投资很高时,可采用浮船(趸船)式取水泵站。

8.1.16 浮船(趸船)式泵站的设置位置应符合下列规定:

1 水流应平稳,水面宽阔,在最不利情况下最小水深不应小于 2.0m;

2 应避开顶冲、急流、大回流和大浪区以及与支流交汇处,且与主航道保持一定距离;

3 岸边地质条件应稳定,岸坡坡度宜在 1:0.5~1:1.2,也可设在岸坡坡度不小于 1:4 的缓坡地带;

4 漂浮物应少,且不易受漂木、浮筏或船只的撞击;

5 对需现场制造的浮船,取水点附近应有可利用作制造场地的平坦岸边。

8.1.17 取排水明渠的采用应符合下列规定:

1 渠道宜按规划容量一次建成;

2 直接从河道或海湾自流引入的明渠,对于单机容量为 125MW 及以上的火力发电厂,其输水能力应按水源保证率为 97%的低水位或低潮位设计,并以保证率 99%的低水位或低潮位校核;对于单机容量为 125MW 以下的火力发电厂,其输水能力应按水源保证率为 95%的低水位或低潮位设计,并以保证率 97%的低水位或低潮位校核;

3 设计引水明渠时应考虑原有地面排水系统的改变对附近

农田和建筑物的影响；

4 引水明渠应避免水生物的生长和太阳辐射的影响,平均低水位或低潮位下的运行水深不宜小于 1.5m；

5 引水明渠宜避开地质构造复杂、渗透性强和有崩塌可能的地段,并宜避开冻胀性、湿陷性、膨胀性、分散性以及可溶盐土壤区域；引水段不宜布置在回填区域,若无法避免时,则应采取相应的工程措施；

6 在海域采用取水明渠时,可采用双堤式明渠或沿岸单堤式明渠,双堤式取水明渠宜布置在离深水区较近的地段；沿岸单堤式取水明渠应防止沿岸泥沙流的不利影响；

7 海域取水明渠口门位置应选在避开波浪破碎带的位置,口门朝向宜避开强浪向和常浪向；

8 海域取排水明渠的平面布置应防止对工程区岸滩冲淤的不利影响,并避免波能的集中；

9 当取水明渠与排水明渠之间采用分隔堤相隔时,分隔堤应采取有效的防渗措施；

10 在通航河渠上,渠道进排水口的流速应满足航运要求。

8.1.18 引水管的采用应符合下列规定：

1 引水管宜采用自流管；根据地形地质条件及埋深,引水管可采用顶管、盾构、隧洞、沉管法施工的自流管或采用虹吸管；

2 引水管材料应根据水质及施工条件确定,可采用钢管或钢筋混凝土管；

3 采用虹吸管时应保证管道的严密性；虹吸利用高度应通过计算确定,不宜大于 7.0m。虹吸管宜采用钢管；

4 达到规划容量时引水管不应少于 2 条；采用直流供水系统且单机容量 600MW 及以上机组,每台机组宜配置 1 条引水管。

8.1.19 水泵房的平面形状应根据取水方式、设备条件、施工方法、地形地质、水文条件和检修要求,通过技术经济比较确定。

8.1.20 当排水能量有回收价值且条件合适时,可采用水泵-水轮机-电动机的联合机组布置的水泵房,根据工程具体条件也可单独建水能回收水电站。

8.1.21 当取水建筑物深度较大,或滤网不能满足取水建筑物的深度要求,且地形条件合适时,通过论证可采用后置滤网。

直流供水系统后置滤网的标高应根据主厂房±0.00m 层标高、管路系统阻力及有关运行工况等因素确定。后置滤网间的水位应有一定的调节高度,并应有溢流措施。

8.1.22 直流及循环供水系统宜采用转速低、抗汽蚀性能好的循环水泵。当采用海水作冷却水时,循环水泵主要部件应根据具体情况采用不同的耐海水腐蚀的材料、涂料,并可采用阴极保护防腐措施。

旋转滤网、清污机、冲洗水泵、排污水泵、阀门、闸门门槽等与海水直接接触的部件宜采用耐海水腐蚀的材料、涂料,并可采用阴极保护防腐措施。

8.1.23 水泵房与厂区之间道路路面高程的衔接可根据具体情况确定,但洪水时应有保证人行交通的措施。非淹没式取水建筑物应设置路堤或栈桥与岸边连接。

8.1.24 当取水设施距厂区较远需要专人管理时,应设置必要的运行管理、通信和围护设施,以及必要的生活设施。

8.1.25 水泵房宜采用集中监控,并应安装必要的就地操作按钮及就地仪表和远传信号检测仪表。

8.1.26 水泵房内应有通信设备,且应设有直通集控室或主控制室的电话。

8.1.27 循环水泵之间应设联锁装置,也可分组联锁。当水泵出口无止回阀时,水泵的电动机与水泵出口电动阀门应采用联锁装置。

8.1.28 取水建筑物的进水间及滤网间应分隔成若干单间,并应有冲洗、清淤、排污等措施。格栅、滤网、闸门等应设置电动或手动

的起吊装置。

8.1.29 进水间及滤网间在严寒地区应有采暖和防冻措施。

8.1.30 切换间或阀门间与水泵房分建或合建方案的选择应根据地质条件、施工方法及工艺布置等要求进行比较后确定。切换间内的阀门应有操作平台、起吊设施、检修场地或检修设施。切换间还应有排水措施及照明设施。

切换间的型式应根据气象条件、设备大小、维护管理等情况确定,可采用屋内式、封闭式、敞开式或敞开式加顶盖。在寒冷地区,切换间应有防冻措施。

8.1.31 水泵房内应有隔音、通风、照明设施及电焊插座。水泵房控制室应有满足运行人员工作的条件,寒冷地区应设置采暖设施,炎热地区应设置空调设施。

8.1.32 根据工程所在地的环境及气候条件可选择循环水泵露天布置,水泵应能在集控室远程监控。

8.1.33 取水建筑物和水泵房应有备用滤网和闸板等的存放场地。

8.1.34 地下水取水建(构)筑物应根据主管部门审查批准的供水水文地质勘察报告书进行设计。水文地质勘察工作的成果应满足各个设计阶段的要求。

8.1.35 地下水取水建(构)筑物的位置应根据水文地质条件选择,并应符合下列规定:

- 1 宜选在满足发电厂用水水质要求的富水地段;
- 2 宜靠近电厂;
- 3 地下水由河道补给时宜靠近河道;
- 4 应便于施工、运行管理和维护;
- 5 与其他水源地相互干扰应较小。

8.1.36 当地下水水源地距厂区较远需要专人管理时,在水源地应设值班室和其他生产、生活及通信等辅助设施。

8.1.37 地下水取水井及水泵房设在厂外时,宜设围护设施。

8.2 地表水及海水取排水建(构)筑物布置

8.2.1 对于单机容量为 125MW 及以上的火力发电厂,岸边水泵房±0.00m 层入口地面的设计标高应为频率 1%洪水位或潮位+频率 2%浪高+超高 0.5m;对于单机容量为 125MW 以下的火力发电厂,岸边水泵房±0.00m 层入口地面的设计标高应为频率 2%洪水位或潮位+频率 2%浪高+超高 0.5m。

对风浪较大的海域岸边水泵房,在采取防浪措施后,可降低泵房的±0.00m 层标高,当难以判断标高合理降低值时,可通过物理模型试验确定。

对于单机容量为 125MW 及以上的火力发电厂,其±0.00m 层标高不应低于频率 0.1%洪水位;对于单机容量为 125MW 以下的火力发电厂,其±0.00m 层标高不应低于频率 1%洪水位,否则水泵房应有防洪措施。

当设计洪水位与校核洪水位相差很大时,水泵房±0.00m 层标高可经分析论证后合理确定。

频率 2%浪高应为重现期 50 年波列累积频率 1%的波浪作用在泵房前墙的波峰面高度。波峰面高度可按现行行业标准《港口与航道水文规范》JT5145 的有关规定计算确定。

8.2.2 取水建筑物±0.00m 层标高应根据水位历时过程、取水建筑物型式、设备布置和运行操作条件等因素确定。非淹没式取水建筑物±0.00m 层标高,对于单机容量为 125MW 及以上的火力发电厂宜按频率 1%洪水位或高潮位设计;对于单机容量为 125MW 以下的火力发电厂宜按频率 2%洪水位或高潮位设计。

8.2.3 对于单机容量为 125MW 及以上的火力发电厂,取水建筑物和水泵房应按保证率为 97%的低水位设计,并以保证率 99%的低水位校核;对于单机容量为 125MW 以下的火力发电厂,取水建筑物和水泵房应按保证率为 95%的低水位设计,并以保证率 97%

的低水位校核。直流供水系统的取水建筑物和水泵房在设计低水位条件下的取水量及对应的水温条件下,应能保证汽轮机在设计功率工况下安全连续运行,且运行背压不超过汽轮机的允许最高背压。

8.2.4 取水建(构)筑物最低层进水孔底槛高于河床的高度应根据河流水文和泥沙特性及河床稳定等因素确定;侧面进水孔底槛高于设计河床不应小于 0.5m,当水深较浅、河床稳定、取水量不大且水质较清时,可采用 0.3m。顶部进水的淹没式取水(构)建筑物的进水孔宜高于河床 1.0m~1.5m。

在海湾或水库、湖泊中取水时,进水孔底槛标高应根据泥沙淤积及运动情况确定。

8.2.5 虹吸式取水建(构)筑物的进水孔在设计最低水位下的淹没深度不应小于 1.0m。顶面进水的淹没式取水建(构)筑物的进水孔在设计最低水位下的最小淹没深度应保证 0.5m~1.0m,取水量较小的取水口可采用下限值;侧面进水时不得小于 0.3m。

确定取水建(构)筑物的进水孔淹没深度时还应考虑航运、结冰、风浪及热水回流等因素对设计最低水位或最低潮位的影响。

8.2.6 取水建(构)筑物的进水口应设格栅。非淹没式栅条间隙可采用 50mm~100mm,并应设有起吊设施和清除格栅上漂浮物及防止冰碴和冰絮阻塞取水口的措施。当水流中漂浮物过多时,可设置格栅式清污机,也可在格栅前设置浮排或采取其他措施。

淹没式取水头部格栅间距应根据具体工程条件确定,可采用 200mm。

8.2.7 浮船(趸船)式泵站的布置应符合下列规定:

1 浮船的型线和吃水深度、型宽、船长、型深等主要尺寸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;

2 浮船宜采用钢船,浮船使用寿命宜按不小于 30 年设计;

3 浮船艏艉和外舷应设置防撞护舷或其他防撞措施,船上及

船外应设置警示装置;船体内应设置足够数量的水密隔舱,并应保证在一舱破裂进水情况下浮船仍能正常工作;对下承式机组取水浮船的水密隔舱应按泵组设备间进水后浮船不沉没设计;取水浮船船体用料应在普通趸船的基础上适当提高;

4 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、气象条件及渣草缠绕等因素经计算确定;锚固计算的水流流速应采用浮船停泊水域遭遇最大洪水时的水面流速并不宜小于 6.5m/s ,风速和风压应按频率 1% 考虑;浮船上游方向固定索不宜少于 3 根;

5 浮船的输水联络管宜采用桁架加固,联络管最大挠度不应超过管长的 $1/400$;

6 联络管两端接头形式宜采用可在水平、垂直两个方向转动的带旋转滚轮装置的摇臂活络接头;对水位变幅较小、不做水平位置调整的浮船,经技术论证后也可采用铠装法兰橡胶接头;

7 浮船在低水位时若摇臂联络管与水平面夹角超过 45° ,宜在浮船附近的岸边设简易码头;

8 浮船宜配置 1 个用于大型设备检修运输的浮箱,浮箱平时可与船尾连接。

8.2.8 排水口的位置和形式应根据排水对受纳水体的环境影响、对取水温升的影响、对水生物的影响等因素综合确定。

8.2.9 排水口的出口流速和水流方向应考虑不冲刷河岸和不影响航行安全,排水口应采取防冲刷、消能、加固措施。当排水建(构)筑物紧靠河道、湖泊或海湾的航道时,出口流速不宜大于 0.5m/s ,并根据需要设置标志。在航运水域设置的排水口应有当地航运管理部门的书面同意文件。

8.3 流速选择

8.3.1 自流管和虹吸管管内流速宜采用 $1.0\text{m/s} \sim 2.0\text{m/s}$,不应小于 0.7m/s 。当流速超过 2.0m/s 时,应根据具体情况经比较确

定。当自流管和虹吸管有淤积可能时,应有清淤措施。当以海水为水源时,管内流速可适当提高。

8.3.2 过格栅、滤网的流速应根据下列条件确定:

1 过格栅的流速应根据水中漂浮物的数量、有无冰絮、取水地点水流的流态与流速、取水量的大小等条件确定;岸边式取水建(构)筑物中宜采用 $0.4\text{m/s} \sim 1.0\text{m/s}$,河(海)床式取水建(构)筑物中宜采用 $0.2\text{m/s} \sim 0.6\text{m/s}$;

2 过滤网的流速应根据水的脏污程度和滤网型式等条件确定。

1)过平板滤网的流速宜采用 $0.3\text{m/s} \sim 0.5\text{m/s}$,当为湿式冷却塔循环供水系统时可采用 $0.5\text{m/s} \sim 0.6\text{m/s}$;

2)过旋转滤网的流速宜采用 $0.6\text{m/s} \sim 1.0\text{m/s}$ 。

8.3.3 格栅和滤网的计算应计及面积系数及脏污系数。脏污系数应根据水质脏污程度确定,可选用下列数值:

1 格栅可取 $0.60 \sim 0.75$;

2 平板滤网可取 $0.50 \sim 0.70$;

3 旋转滤网可取 $0.75 \sim 0.80$ 。

8.3.4 水泵进水管的流速宜采用下列数值:

1 直径小于 250mm 时,宜为 $1.0\text{m/s} \sim 1.2\text{m/s}$;

2 直径在 $250\text{mm} \sim 1000\text{mm}$ 时,宜为 $1.2\text{m/s} \sim 1.6\text{m/s}$;

3 直径大于 1000mm 时,宜为 $1.5\text{m/s} \sim 2.0\text{m/s}$ 。

8.4 循环水泵房、补给水泵房和升压水泵房

8.4.1 水泵进水流道的形状、几何尺寸应避免产生进气漩涡和水下漩涡,防止对泵房的安全运行造成影响。

8.4.2 水泵吸水池必须保证水泵吸入喇叭口具有足够的淹没深度,避免出现漩涡而进入空气,引起水泵性能不稳定、振动和汽蚀。

8.4.3 轴流式、混流式及大型立式离心式水泵的进水流道应根据制造厂提供的流道特性资料进行设计,当缺乏进水流道特性资料

时应通过物理模型试验确定。进水流道应有检修和清理泥沙的措施。

8.4.4 卧式离心水泵进水间的进水室深度及沿水流方向的长度应满足水流平稳条件和检修的要求,且其长度不应小于 2.0m。有特殊要求时,大型水泵的进水间尺寸可通过物理模型试验确定。

8.4.5 卧式离心水泵进水间的吸水室尺寸应根据吸水管的大小与型式确定,并应采用下列数据:

- 1 吸水管喇叭口直径 D 不宜小于 1.25 倍吸水管直径;
- 2 吸水管喇叭口距井壁的净距宜采用 $(0.75 \sim 1.0)D$,靠泵房侧的井壁净距可采用 $0.5D$;
- 3 安装 2 条以上的吸水管且排列方向与水流方向垂直时管间净距不宜小于 $(1.5 \sim 2.0)D$;
- 4 吸水管进口上缘在水室最低水位以下的深度应根据吸水管进口直径和进口流速确定,不应小于 0.5m;
- 5 吸水管喇叭口与底板的净距可采用 $(0.6 \sim 0.8)D$,不应小于 0.5m。

8.4.6 循环水泵房的流道设计应符合现行行业标准《火力发电厂循环水泵房进水流道设计规范》DL/T 5489 的有关规定。

8.4.7 水泵房的平面尺寸应符合下列各项规定:

- 1 高压电动机基础间的净距宜采用 1.2m~1.5m;低压电动机基础间的净距宜采用 0.8m~1.0m;当设备外形突出基础时,应以设备外形为准;
- 2 设备突出部分与墙壁的净距不宜小于 1.0m,对大型电动机应满足抽转子的要求;
- 3 主要通道和平台净宽宜采用 1.2m;
- 4 楼梯宽宜采用 1.0m,倾斜角不宜大于 45° ;当泵房长度超过 30m 且未设电梯时,可设置 2 个楼梯;
- 5 当管径大于或等于 800mm 时,法兰盘与墙壁间的净距不

宜小于 0.5m;当管径小于 800mm 时,法兰盘与墙壁间的净距不应小于 0.3m;

6 水泵房应有检修场地;检修场可布置在 $\pm 0.00\text{m}$ 层或水泵房附近的专用检修间;较浅的水泵房检修场可布置在水泵层。装有立式水泵的圆形水泵房的检修场地宜结合各层特点进行布置;检修场的尺寸应满足检修一套最大设备时周围有不小于 0.8m 通道的要求;

7 应满足布置控制盘、电话间、通风采暖或空调设施等的要求;

8 装有大型水泵的水泵房应设有通到大型水泵轴封的爬梯和平台;装有立式水泵的水泵房应设有通到立式水泵与电动机各中间轴承、导向轴承、联轴节的爬梯和平台;

9 排水泵及冲洗泵等辅助水泵布置尺寸净距应满足安装维修的要求;

10 水泵房地下部分深度大于 25m 时,应设置人货两用电梯。

8.4.8 水泵房和切换间大门的最小宽度和高度应比最大设备或部件的宽度和高度大 0.3m~0.5m。当有汽车进入泵房内时,应满足汽车进出宽度和高度的要求。进水间的门应满足闸板和滤网的搬运要求。

8.4.9 水泵房起重机吊钩的位置应符合下列规定:

1 吊钩平面起吊范围的富裕度可为 0.3m~0.5m,并不应影响安全运行;

2 在安装好的机组上空或侧面运送设备时,最小净空应保证 0.3m~0.5m,并不应影响安全运行;

3 应保证在进入泵房 $\pm 0.00\text{m}$ 层的运输工具上可以起卸设备。

8.4.10 采用立式水泵组时,可降低水泵房电动机层的标高,水泵层净高应满足水泵安装检修要求。

8.4.11 大型水泵出水管上应有方便拆装水泵和阀门的措施。

8.4.12 海水泵进出口采用闸阀时,宜选用明杆楔式闸阀。离心泵出口不宜安装普通逆止阀,其出口工作阀门和检修阀门的设置应根据所在系统的重要性、运行及检修方式等因素综合考虑确定。

8.4.13 水泵房内进出水管道的敷设应符合下列规定:

1 管道和阀门应设置必要的支座或支架,防止水管和阀门的重量以及推力或拉力传至水泵;

2 管道伸缩节的设置及种类应根据水泵和阀门等设备性能、安装维修条件、管道伸缩长短及密封要求等确定。

8.4.14 大型卧式水泵房内进出口管道宜敷设在管沟内。沟底至管道和管道至沟壁的净距可根据管径确定,不应小于 0.3m,有法兰的部位可局部加大。

8.4.15 当循环水含悬浮物和泥沙较多时,应用澄清水作为水泵轴封和电动机冷却水的水源。

8.4.16 水泵房中的离心式循环水泵宜采用正压进水,并应在吸水管上装设阀门。当采用负压进水时,吸水头应留有 0.5m~1.0m 的裕度。

8.4.17 水泵负压进水时,除本身轴封水源外,为保证水泵迅速启动,宜设置启动轴封水源。

8.4.18 循环水泵房内的循环水泵及排水泵供电电源应为 I 类负荷,排水泵应根据集水坑内的水位高低设置自动启停装置。

8.4.19 水泵负压进水时,水泵房内宜装设 2 台真空泵或射水抽气器,每台容量可按水泵在 5min 内启动计算,虹吸管可按在 20min~30min 内启动计算。水泵应处于随时可启动状态,淡水时可用运行泵带抽备用泵。

8.4.20 水泵房内冲洗水泵和排水泵的设置应符合下列规定:

1 当岸边水泵房内循环水泵的出水压力不能满足滤网冲洗的要求时,应设置冲洗水泵;宜设置 2 台,其中 1 台备用;如采用旋转滤网,也可每台旋转滤网设置 1 台;冲洗水的水质、水压、水量应

满足冲洗喷嘴及滤网的设计要求;

2 当需要抽排泵房内的积水时,应设置 2 台排水泵,其中 1 台备用;集水坑布置应考虑检修和清淤的方便;

3 当条件合适时,冲洗水泵和排水泵可各设 1 台;在系统布置上,冲洗水泵应作为排水泵的备用。

8.4.21 水泵房及屋内式切换间起重设备的选择应符合下列规定:

1 水泵、电机、阀门、闸门等最大设备重量不超过 10t 时,起重设备宜按最大设备的重量确定;

2 最大设备重量超过 10t 时,起重设备应按最大部件的重量确定,不应小于 10t;当最大设备的部件组装工作量较大时,起重设备可按最大设备的重量确定;

3 水泵房起重量为 5t 及以上或起吊高度超过 10m 时,宜采用电动起重设备;

4 水泵房起重重量小于 5t 时,可根据工程条件选用电动或手动起重设备。

8.4.22 平板滤网、旋转滤网或网箅型清污机的选用应符合下列规定:

1 水泵房每台泵出水量小于 $1.5\text{m}^3/\text{s}$,且水中漂浮物较少时,宜采用平板滤网,并宜采用电动起吊设施;

2 水泵房每台泵出水量大于或等于 $1.5\text{m}^3/\text{s}$ 时,宜采用旋转滤网或网箅型清污机;当水源中的漂浮物较多且难以冲洗干净时,旋转滤网宜采用侧面进水形式;

3 湿式循环供水系统的循环水泵房宜采用平板滤网或网箅型清污机,并宜采用电动起吊设施。

8.4.23 滤网前后宜设置水位指示装置,其最大允许水位差为 0.3m,并宜设有警报信号装置。滤网的冲洗方式应根据设备性能及运行要求确定。

8.4.24 滤网网孔的净空尺寸宜采用 $5\text{mm}\times 5\text{mm}\sim 10\text{mm}\times 10\text{mm}$ 。

8.4.25 滤网应设有便于冲洗及排出污水的设施。冲洗系统应将网板冲洗干净,防止污物带入净水侧。清除下来的污物不应再回流至取水口。冲洗水水质不满足要求时,压力冲洗管上应设置滤水器。

8.4.26 升压水泵应采用正压进水。

8.4.27 升压水泵出口管上应根据具体情况采取消除水锤的措施。

8.4.28 升压水泵宜采用集中控制,每台升压泵还应设就地操作按钮。升压水泵电动机之间应有联锁装置。当水泵出口无止回阀时,水泵电动机与水泵出口电动阀门之间应有联锁装置。

8.4.29 浮船(趸船)式泵站机组布置应符合下列规定:

1 浮船布置应包括机组设备间、船首和船尾等部分;当水泵机组容量较大、台数较多时,宜采用下承式机组设备间;当水泵供水扬程较高或输水管线较长,水锤破坏效应较大时,宜采用上承式机组设备间;

2 浮船水泵间高度应满足单台设备在不拆卸其他设备情况下能直接吊出泵舱,在浮船泵舱出口主甲板上应设置将设备移至检修浮台的起吊设施;

3 采用负压取水的取水泵宜选用必须汽蚀余量(NPSH_r)较小的泵型,水泵最大安装高度不应超过修正后的水泵允许吸上真空高度,并留有0.3m~0.5m的裕量;同时水泵吸水喇叭口应保证有一定淹没深度;抽真空管道系统宜在起点处设置Y形过滤器;

4 浮船外侧宜设置吸水间,吸水间底标高不宜低于船底标高,吸水间侧面和底部进水面宜设置粗拦污格栅和粗拦污滤网;泵吸水喇叭口外宜设有细滤网罩;

5 浮船的水泵间、电气设备间应设置起吊、通风、照明设施及检修电源和消防设施,低于甲板的工作车间均应设排水设施;值班控制室、电气设备间宜设空调。

8.5 地下水取水建(构)筑物

8.5.1 井群用虹吸管集水时,虹吸管的吸入口在枯水期井内最低动水位以下不应小于 1.0m。每条虹吸管的长度不宜超过 500m,管内流速可采用 0.5m/s~0.7m/s。水平管段沿水流方向的向上坡度不宜小于 0.001。虹吸利用高度应通过计算确定,不宜大于 7.0m。虹吸管宜采用钢管。管道法兰应有良好的密封。

8.5.2 在河滩地修建地下水取水建筑物时,应根据水文和地质条件分析河床的稳定性,并应有防止冲刷的措施。基础在最大冲刷线以下的埋置深度不应小于 1.5m。

8.5.3 大量开采地下水时,应防止由于长期运行可能引起的地面变形,井位与高大建筑物或重要构筑物之间应满足安全距离的要求,并应根据水文地质资料中的水位降深值确定合理的运行方式。

8.5.4 井群设计时,应设置长期观测孔。观测孔的设计应符合现行国家标准《供水水文地质勘察规范》GB 50027 的有关规定。

8.5.5 位于江、河边的地下水取水泵房的入口地面设计标高可按本规范第 8.2.1 条的规定执行。内涝地区的地下水取水泵房的入口地面设计标高应按最高内涝水位加 0.5m 的安全超高确定。

8.5.6 对于自含有粉砂、细砂的含水层中取水的管井,当直接向管网送水时,在水泵的出口管路上应设除砂和排砂装置。

8.5.7 深井水泵房的尺寸和布置应根据电动机、电气设备、控制测量仪表、井深和检修等条件确定。

深井水泵房的屋顶应有起吊孔或预埋起吊钩,当装有 2 台以上水泵时,泵房内应有起吊设施。

8.5.8 设计管井时,应有管井井位的地质柱状图和含水层土样的颗粒分析等资料。柱状图的位置距井孔不宜超过 5m。

8.5.9 大口井应采取下列防止水质污染的措施:

1 人孔应采用密封的盖板,高出地面不得小于 0.5m;

2 井口周围应设不透水的散水坡,其宽度宜为 1.5m;在透水土壤中,散水坡下面应填筑厚度不小于 1.5m 的黏土层;

3 应装设高出地面或最高水位不小于 2.0m 的通气管,管顶应安装带网的防雨罩。

8.5.10 当大口井较深、且动水位下降较大时,可选用深井水泵。泵座基础及扬水管应满足深井水泵的技术要求。

8.5.11 设计集取河道表流渗透水的渗渠时,应根据进水水质并结合使用年限等因素选用适当的阻塞系数。当渗渠成交角布置时,应考虑其间的相互干扰。

8.5.12 集水井的顶盖应设置通气孔。集水井应便于清淤。渗渠与集水井连接处应设置闸门,并应便于闸门的操作和维护。

8.5.13 渗渠的布置宜垂直于地下水流动方向。

8.5.14 铺设渗渠时,应考虑施工排水对附近水源的影响。

8.5.15 取(引)泉水的方式应根据泉水出露的条件、覆盖层的厚度、泉水流量的变动幅度、各泉之间的水力连系情况和地质地貌上的特点确定,可采用围池、泉室、引水廊道、管井或虹吸集水等类设施。取(引)泉水的设施宜采用集中配置。

8.5.16 取(引)泉水的设计应以长期的泉水动态观测资料为主要依据。

8.5.17 在较薄覆盖层的泉区设计取(引)泉水设施应将覆盖层剥离。

8.5.18 取(引)泉水的设施应使泉水不与地表水掺混。封闭泉室应设通气孔和检查人孔。

8.5.19 取(引)泉水设施应有溢流、检修措施,并应设置进行长期动态观测的测流装置。

8.5.20 当地下水水源需中继升压时,应设置贮水池和升压水泵房。

8.5.21 井群的运行应采用集中控制。当井群距厂区较远时,可

在井群中设集中控制室;当有中继升压泵房时,集中控制室可与泵房合建;当距厂区较近时,集中控制室可设在厂内。

8.5.22 地下水取水建(构)筑物的设计应符合现行国家标准《室外给水设计规范》GB 50013 的有关规定。

9 取排水建(构)筑物、水泵房结构设计

9.1 一般规定

9.1.1 取排水建(构)筑物采用管道结构时可采用盾构法隧道、钢顶管法及沉管法管道。

9.1.2 盾构法隧道应符合下列规定：

- 1 宜用于对地面沉降有严格控制要求的地段；
- 2 宜用于直径不小于 3m 的地下管道；
- 3 管线长度宜大于 500m。

9.1.3 盾构法隧道的管线布置应避开含有害气体的土层,并应符合下列规定：

1 平面布置应按隧道的使用目的和使用条件进行规划,宜采用直线布置或缓曲线布置；

2 盾构隧道平行或立体交叉隧道的净距应根据地层特性、盾构类型、施工方法等确定,不宜小于隧道外径 D ,当技术上有保证时,可适当减少；

3 盾构隧道的顶部覆土厚度不宜小于 $1.0D \sim 1.5D$,小直径隧道取大值,大直径隧道取小值；位于江河湖海底部的隧道,当覆土厚度小于 $1.5D$ 时,应验算施工期隧道抗浮稳定性；

4 最小曲率半径应结合盾构机、地质、隧道断面尺寸及施工要求等因素综合确定；

5 隧道的纵向坡度不宜大于 3%；

6 对于欠固结地层及液化土层等应进行专题研究论证。

9.1.4 盾构法隧道的工程勘察除符合有关规定外,尚应符合以下规定：

- 1 钻孔位置应离隧道外侧 3m~5m,并在隧道两侧交错布

置,隧道使用气压盾构机或泥水平衡盾构机时,距离宜适当放大,终孔时应立即用黏土封填;

2 钻孔深度及控制孔根据下卧层地质条件确定,孔深宜钻穿隧道所在持力层,且不应小于隧道底部下 2 倍隧道外径 D ,钻孔间距不宜大于 50m,在地层变化较大或环境安全要求高的地段尚应适当加密;

3 根据土层性质进行静力触探试验及标准贯入度试验;在钻孔范围内应加密取土样或进行原位测试;

4 应提供地下水位变化、各层土的渗透系数,查明承压含水层、天然气分布,并测定相应的压力值;

5 穿越卵石层或碎石层时应查明卵石或碎石层粒径大小及含量;

6 穿越岩石时应查明岩石的风化程度以及相应的强度。

9.1.5 应根据盾构隧道沿线不同的地质情况,分别按满足盾构开挖面稳定要求及控制地面沉降要求选择合适的半机械盾构机或机械盾构机。

9.1.6 钢顶管法管道宜符合下列规定:

1 钢顶管可用于淤泥质黏土、黏土、粉土及砂性土;

2 钢顶管宜选在基本均匀土层中顶进,不宜选在较长距离的土层软硬明显的界面上顶进;

3 下列情况不宜采用钢顶管法施工:

1) 土体承载力特征值小于 40kPa;

2) 含有建筑垃圾等的人工填土;

3) 土层中砾石含量大于 30% 或粒径大于 200mm 的砾石含量大于 5%,且具有强透水性;

4) 曲线顶管。

4 直径小于 1.0m 或大于 3.6m 的钢顶管,应经充分论证后方可采用。

9.1.7 钢顶管法管道的管线布置应符合下列规定:

- 1 管线应布置在岸滩相对稳定的区域；
- 2 应根据电厂取、排水管道的设计流量、流速、设计内水压力等，确定管道的标高、直径、坡度，并应根据地层确定取、排水管道的布置；
- 3 钢顶管穿越防汛大堤应遵守大堤管理部门的相关规定，并提出相应的控制大堤沉降及防止渗流等保护措施；在大堤基面以下的钢顶管埋深宜大于管道外径的 1.5 倍；
- 4 应避开管道、电缆、桩、沉船、钢渣等地下障碍物及邻近地段地下埋设物；
- 5 管道的水平净距应根据土层性质、管道直径、管道埋置深度和施工条件等因素确定，不宜小于管道直径的 2 倍，并不宜小于 3m；
- 6 空间交叉管道的净距不宜小于管道直径的 1 倍，且不应小于 2m；
- 7 管底与建筑物基础底面相平时，直径小于 1.5m 的管道宜保持 2 倍管道直径的净距；直径大于 1.5m 的管道宜保持 3m 净距；管底低于建筑基础底标高时，尚应考虑基底土体平衡；
- 8 管顶覆盖层厚度宜大于管道直径的 2 倍。在无特殊要求时，覆盖层可适当减少，但不宜小于管道直径的 1.25 倍，且不应小于 3m；
- 9 穿越江河水底时，覆盖层最小厚度不宜小于外径的 1.5 倍，且不宜小于 2.5m；
- 10 在有地下水地区及穿越江河时，管顶覆盖层的厚度应满足管道抗浮要求；
- 11 管线布置纵向坡度宜小于 4%。

9.1.8 钢顶管法管道工程勘察除应符合有关规定外，尚应符合以下规定：

- 1 应查明沿线地层的地质、地貌、地层结构特征、各类土层的性质、空间分布；
- 2 应查明钢顶管地段暗埋的河、湖、沟、坑的分布范围和埋置深度，提供覆盖层的工程地质特性；

3 应查明沿线地层中的松软土层,可能产生潜蚀、流沙、管涌、沼气和地震液化地层的分布范围、埋深、厚度及其工程地质特性;

4 应查明地下障碍物及邻近地段管道、电缆、桩、沉船、钢渣等地下埋设物;

5 应查清对人有害气体和其他有害物质的分布;

6 应测定地下水的 pH 值,氯离子、钙离子和硫酸根离子等的含量,检验地下水对混凝土、钢、铸铁及橡胶的腐蚀性;

7 当地下有承压水分布时,应根据工程需要,量测承压水水头高度,评价钢顶管施工安全性;

8 钢顶管勘探孔应布置在管道设计轴线的两侧,陆上各 10m、水上各 20m 范围内,不宜布置在钢顶管管体范围;沿轴线方向的钻孔间距宜为 30m~50m;管道长度小于 100m 时,钻孔数量不得少于 2 个;对于地层复杂的地段,应适当加密勘探孔;

9 工作井和接收井勘探孔的间距不宜超过 30m;孔的数量不宜少于 2 个;

10 钢顶管的勘探孔深度应达到管底设计标高以下 5m~10m;当土层变化比较大或下卧层不均匀或有不良地质存在时,应适当增加勘探孔数量和钻孔深度。

9.1.9 钢顶管管道的管壁厚度应采用计算厚度加腐蚀量厚度,并结合环境要求设置内、外防腐构造。

9.1.10 钢顶管结构及构造应符合下列规定:

1 卷制钢管的长度宜为钢板宽度,同一横断面内宜采用 1 条焊缝;若采用 2 条焊缝则大直径管焊缝间距应大于 300mm,小直径管焊缝间距应大于 100mm;

2 卷制钢管接长时,管口对接应平整,采用 300mm 的直尺在接口外纵向贴靠检查时,相邻管壁的错位允许偏差为 0.2 倍壁厚,且不大于 2mm;相邻管段对接时,纵向焊缝位置错开的距离应大于 300mm;

3 下井管段的长度应为卷制管段的倍数;管段长度不宜小于6m,长距离钢顶管管段长度可适当增长;

4 下井管件几何尺寸的制作允许偏差应符合表 9.1.10 的规定,其他有关要求,可按本规范第 10.4 节的规定执行;

表 9.1.10 钢管管件几何尺寸允许偏差(mm)

项目	允许偏差	
周长	$D_1 \leq 600$	± 2.0
	$D_1 > 600$	$\pm 0.0033D_1$
椭圆度	管端部位 $0.005D_1$;其他部位 $0.01D_1$	
端面垂直度	$0.001D_1$,且不应大于 1.5	
弧度	用弧长 $\pi D_1/6$ 的弧形板量测于管内壁或外壁纵缝处形成的间隙,其间隙不大于 $0.1t + 2$,且不大于 4;距管端 200mm 纵缝处的间隙不应大于 2	

注:1 D_1 为管道外径(mm), t 为壁厚(mm)。

2 椭圆度为同一横剖面上互相垂直的最大直径与最小直径之差。

5 小直径管道焊缝宜采用 V 形坡口,大直径管道宜采用 K 形坡口;同顶铁的接触面应为坡口的平端;

6 设有中继环的钢顶管最小管径不宜小于 1.4m;

7 若钢管与两井墙均采用刚性联结时,应验算温差作用下的井墙受力和管道的联结强度。

9.1.11 沉管法管道应符合下列规定:

- 1 管线宜选择在河(海)床平坦、稳定,水流不急的水域;
- 2 航道水深和宽度应满足实施管段浮运条件;
- 3 管线附近宜有合适的干坞修建、管段储放等施工条件。

9.1.12 沉管法管道布置应符合下列规定:

- 1 平、纵断面设计线位宜避开水域中深槽以及河势变化较大的河段;必须穿越时应有针对性的、切实可行的工程技术措施;
- 2 管线位置的选择应充分考虑水文条件和航运条件,有利于隧道施工和环境保护,避免对驳岸、码头等既有构筑物的不良影响;
- 3 平面线形宜采用直线,管道中心线与堤岸治导线法线的斜

角度不宜过大；

4 管道应埋设在水域预测最深冲刷线下,管段顶局部高出河(海)床时,应征得航道、水利、航运等相关部门同意,并采取相应的技术措施。

9.1.13 沉管法管道的工程勘察应符合有关规定外,尚应符合以下规定:

1 可行性研究阶段勘察应搜集、分析既有资料和现场踏勘,勘探点平面布置孔距宜为 400m~500m,且对沿线每一个地貌单元及工法分段不应少于 1 孔,孔深不宜小于 50m;

2 初步勘察勘探孔间距宜为 100m~200m,勘探孔深不宜小于管道底板以下 1 倍管道宽度,且不宜小于河床下 40m;

3 详细勘察勘探孔可沿管道轴线和边线在成槽浚挖范围内呈梅花状排列布设,孔距宜为 35m~50m,一般性勘探孔深度不宜小于管道底以下 0.6 倍管道宽度,且不小于河床下 30m;控制性孔不宜小于管道底以下 1 倍管道宽度,且不小于河床下 40m;当采用桩基础时,勘探孔平面间距及深度应按桩基勘察要求进行;

4 当河底存在淤泥时应实测淤泥深度及浮泥重度。

9.1.14 水泵房的结构形式可采用圆形和矩形结构,水泵房施工方案可采用大开挖、沉井及地下连续墙等,结构形式和施工方案的确定应综合考虑水文气象、地质条件、周围环境、泵房的平面布置、埋置深度以及取水方式等因素。

9.1.15 工程材料应符合下列规定:

1 钢顶管钢材宜选用 Q235B,钢材的规格和性能应符合现行国家标准《碳素钢结构》GB/T 700 的规定;

2 盾构法隧道主要受力结构应采用钢筋混凝土材料,混凝土的强度等级不宜低于 C50,抗渗等级不应低于 W8,有特殊需要时可采用金属材料;

3 沉管法管道主要受力结构宜采用钢筋混凝土材料,混凝土的强度等级不应低于 C35,压舱混凝土强度等级不宜低于 C20;

4 水泵房±0.00m 层以下部位的混凝土应采用水工混凝土,并应符合以下规定:

- 1)混凝土应满足强度要求,并应根据水泵房的工作条件、地区气候等具体情况,分别满足抗渗、抗冻、抗侵蚀、抗冲刷等耐久性的要求;
- 2)混凝土强度等级应按立方体抗压强度标准值确定。混凝土强度等级不宜低于表 9.1.15-1 规定的数值;

表 9.1.15-1 混凝土最低强度等级

环境条件类别	素混凝土	钢筋混凝土
一	C15	C20
二 a	C20	C25
二 b	C25	C30(C25)
三 a	C25	C35(C30)
三 b	C25	C40
四	C25	C40
五	—	—

- 注:1 一类:室内正常环境;无侵蚀性静水浸没环境;
二类 a:室内潮湿环境;非严寒和非寒冷地区的露天环境、与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境;
二类 b:干湿交替环境;水位频繁变动环境;严寒和寒冷地区的露天环境、与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境;
三类 a:受除冰盐影响环境;严寒和寒冷地区冬季水位变动区环境;海风环境;
三类 b:盐渍土环境;受除冰盐作用环境;海岸环境;
四类:海水环境;
五类:受人为或自然的侵蚀性物质影响的环境。
- 2 处于严寒和寒冷地区二类 b、三类 a 环境中的混凝土应使用引气剂,并可采用括号中的有关参数。
- 3)混凝土的抗渗等级应根据建筑物所承受的水头、水力梯度以及水质条件、渗透水的危害程度等因素确定,混凝土抗渗等级应按表 9.1.15-2 的规定执行;

表 9.1.15-2 混凝土抗渗等级

I	淡水环境	海水环境
<5	W4	W4
5~10	W6	W6
10~15	W6	W8
15~20	W6	W10
>20	W8	W12

注:1 I 为水力梯度。水力梯度为最大作用水头与结构厚度之比。

- 2 当结构表层设有专门可靠的防渗层时,表中规定的混凝土抗渗等级可适当降低。
- 3 受侵蚀水作用的结构,混凝土抗渗等级应进行专门的试验研究,但不得低于 W4。
- 4 对严寒、寒冷地区且水力梯度较大的结构,其抗渗等级应按表中的规定提高一个等级。

4) 混凝土抗冻等级应根据气候分区、冻融循环次数、表面局部小气候条件、水分饱和程度、构件重要性和检修条件按表 9.1.15-3 的规定选定。在不利因素较多时,可选用提高一级的抗冻等级;混凝土抗冻等级按 28d 龄期的试件用快冻试验方法测定,分为 F400、F300、F250、F200、F150、F100、F50 七级。经论证,也可用 60d 或 90d 龄期的试件测定。

表 9.1.15-3 混凝土抗冻等级

建筑物所在地区	海水环境		淡水环境	
	钢筋混凝土 预应力混凝土	素混 凝土	钢筋混凝土 预应力混凝土	素混 凝土
严寒地区(最冷月月平均气温 低于 -8°C)	F100	F300	F250	F200
寒冷地区(最冷月月平均气温 $-1^{\circ}\text{C}\sim-8^{\circ}\text{C}$)	F300	F250	F200	F150
微冻地区(最冷月月平均气温 $0\sim-4^{\circ}\text{C}$)	F250	F200	F150	F100

5 水泵房混凝土的水泥品种应按下列原则选用:

- 1) 混凝土用水泥宜采用普通硅酸盐水泥;对抗冻混凝土不应采用火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥及矿渣硅酸盐水泥;对有抗渗要求的混凝土不应采用矿渣硅酸盐水泥;受侵蚀介质影响的混凝土应根据侵蚀性质选用。熟料中铝酸三钙含量不应超过 8%。
- 2) 严寒地区或处于水位变动范围内的混凝土宜采用高标号普通硅酸盐水泥,不应采用火山灰质硅酸盐水泥及矿渣硅酸盐水泥。
- 3) 对防止温度裂缝有较高要求的大体积混凝土结构,宜选用低热水泥或掺加合适的掺合料与外加剂。
- 4) 当一般品种水泥均不能满足抗侵蚀性要求时,应进行专门的试验研究,提出特殊的水泥品种或采取特殊的防护措施。

6 混凝土中根据需要可采用外加剂,不得采用氯盐作防冻、早强掺合料;采用外加剂时,应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的规定,并应根据试验鉴定,确定其适用性及相应的掺含量。有抗冻要求的混凝土宜掺加引气剂;

7 配制抗渗、抗冻混凝土时水胶比不应大于 0.5,海水环境时水胶比不应大于 0.45;骨料应选择良好的级配,粗骨料粒径不应大于 40mm,且不超过最小断面厚度的 1/4,含泥量按重量计不应超过 1%;砂子的含泥量及云母含量按重量计不应超过 3%;

8 地下水和泵房内水对混凝土和钢筋具有腐蚀性时,应采取防腐蚀措施;

9 混凝土的碱含量最大值应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

9.1.16 取排水建(构)筑物和水泵房施工时必须采取环境保护措施和有效的监控量测措施,对重要建(构)筑物应进行施工阶段的监测,控制地表变形,保证地下管网和邻近建(构)筑物的安全。

9.2 盾构法隧道

9.2.1 盾构法隧道的结构设计应根据结构形式、受力条件、使用要求和地处环境等因素,按施工、使用阶段分别进行计算。

9.2.2 隧道衬砌结构可按自由变形的均质圆环法、惯用法、弹性铰圆环法或梁-弹簧模型法计算。

9.2.3 隧道衬砌结构的作用值应按下列公式计算确定:

1 衬砌环结构自重 G 可按下列公式计算:

$$G = B \times \gamma_c \times \delta \quad (9.2.3-1)$$

式中: B ——环宽(m),在整体式结构中 B 取 1m;

δ ——衬砌环厚度(m);

γ_c ——衬砌结构的重度标准值(kN/m^3)。

2 垂直地层土压力应按下列公式计算:

$$P_v = P_{v1} + P_{v2} \quad (9.2.3-2)$$

$$P_{v1} = q_0 + \sum_i \gamma_i h_i \quad (9.2.3-3)$$

1) 当采用惯用法时, P_{v2} 应按下列公式计算:

$$P_{v2} = 0.215 \times R_c \times \gamma_1 \quad (9.2.3-4)$$

2) 当采用自由变形均质圆环法时, P_{v2} 应按下列公式计算:

$$P_{v2} = R_c \times \gamma_1 \times (1 - \cos \alpha) \quad (9.2.3-5)$$

式中: P_v ——垂直地层土压力(kPa);

P_{v1} ——拱顶上的土压力(kPa);

P_{v2} ——拱背上的土压力(kPa);

q_0 ——地面超载(kPa);

γ_i ——隧道顶各层土的重度标准值(kN/m^3);水土合算时采用湿重度,水土分算时采用浮重度;

h_i ——隧道顶各层土厚度(m);

γ_1 ——隧道穿越土层内水平轴线以上各层土的加权平均重度标准值(kN/m^3);水土合算时采用湿重度,水土分

算时采用浮重度；

R_c ——隧道计算半径(m)；

α ——计算截面与竖轴线的夹角($^\circ$),以逆时针为正。

3 水平地层压力包含水土及地面超载引起的侧向压力,分为隧道拱顶以上土层及隧道拱腰范围内土层引起的水平地层压力,可按下列规定计算:

1)施工阶段采用水土合算时,可采用经验系数法按下列公式计算:

$$P_{h1} = \lambda \times P_{v1} \quad (9.2.3-6)$$

$$P_{h2} = \lambda \times 2R_c \times \gamma_s \quad (9.2.3-7)$$

式中: P_{h1} ——隧道拱顶以上土层引起的水平地层压力标准值(kPa),矩形分布;

λ ——隧道所穿越土层综合侧压力系数,无测试资料的情况下,可根据类似工程经验选用;

P_{h2} ——隧道拱腰范围内土层引起的水平地层压力标准值(kPa),三角形分布;

R_c ——衬砌环计算半径(m);

γ_s ——隧道所穿越土层的加权平均湿重度标准值(kN/m³)。

2)施工阶段采用水土分算时,可采用朗肯主动土压力按下列公式计算:

$$P_{h1} = P_{v1} \times \tan^2(45^\circ - \phi/2) - 2C' \times \tan(45^\circ - \phi/2) \quad (9.2.3-8)$$

$$P_{h2} = 2\gamma'_{v1} \times R_c \times \tan^2(45^\circ - \phi/2) \quad (9.2.3-9)$$

式中: γ'_{v1} ——隧道所穿越土层的加权平均浮重度标准值(kN/m³);

C' ——隧道所穿越土层的加权平均黏聚力标准值(kPa);

ϕ ——隧道所穿越土层的加权平均内摩擦角标准值($^\circ$)。

3)使用阶段宜采用水土分算,土侧压力系数取静止土压力系数,可按下列公式计算:

$$P_{h1} = K_0 \times P_{v1} \quad (9.2.3-10)$$

$$P_{h2} = K_0 \times 2R_c \times \gamma'_{11} \quad (9.2.3-11)$$

$$K_0 = \alpha - \sin\phi' \quad (9.2.3-12)$$

式中： K_0 ——隧道穿越土层的静止土压力系数； K_0 可由试验测定，或由公式(9.2.3-12)计算；

α ——土层系数，当隧道穿越砂土、粉土时可取 1.0，当隧道穿越黏性土时可取 0.95；

ϕ' ——隧道所穿越土层的加权平均有效内摩擦角标准值(°)。

4 当土压力采用水土分算时，隧道外侧作用荷载尚应加上外侧水压力，外侧水压力应根据设计地下水位或地表水位按静水压力计算，静水压力沿隧道四周布置，方向指向隧道圆心；采用惯用法时，水压力可按竖向和水平向分开计算。计算时应采用采用的地下水位或地表水位进行充分论证，兼顾高水位和低水位的情况。外侧静水压力标准值可按下式计算：

$$q_{w1} = \gamma_w [H_1 + R_c (1 - \cos\alpha)] \quad (9.2.3-13)$$

式中： q_{w1} ——外侧静水压力标准值(kN/m)；

γ_w ——地下水的重度标准值(kN/m³)；

H_1 ——隧道顶部的静水头高度(m)。

5 在使用阶段，隧道内侧的水压力应根据地表水的设计水位计算隧道内侧静水压力，内侧静水压力与外侧静水压力分布相似，但方向相反。采用惯用法时，水压力可按竖向和水平向分开计算。计算时应采用地表水位进行充分论证，兼顾高水位和低水位的情况确定最不利组合。

6 侧向地层抗力分布可假设为呈等腰三角形，其作用范围为隧道水平直径上下 45°之内，可按弹性地基基床系数法采用下列公式计算：

$$P_k = k \times y \times (1 - \sqrt{2} |\cos\alpha|) \quad (9.2.3-14)$$

$$y = \frac{[2P_v + \pi G - P_{hl} - (P_{hl} + P_{h2})] R_c^4}{24(\eta \cdot EI + 0.0454 \cdot k \cdot R_c^4)} \quad (9.2.3-15)$$

式中： P_k ——侧向地层抗力标准值(kN/m)；
 k ——隧道所穿越土层的地层抗力系数(kN/m³)。无测试资料时可按表 9.2.3 的规定选用；
 y ——衬砌环在水平直径处的变形量(m)；
 E ——隧道衬砌材料的弹性模量(kPa)；
 I ——管片断面的惯性矩(m⁴)；
 η ——隧道衬砌抗弯刚度折减系数，可取 0.5~0.8。

表 9.2.3 地层抗力系数 k 参考值

地基土分类		$I_L、e、N$ 范围	地层抗力系数 k (kN/m ³)
黏性土	软塑	$0.75 < I_L \leq 1$	3000~9000
	可塑	$0.25 < I_L \leq 0.75$	9000~15000
	硬塑	$0 < I_L \leq 0.25$	15000~30000
	坚硬	$I_L \leq 0$	30000~45000
黏质粉土	稍密	$e > 0.9$	3000~12000
	中密	$0.75 \leq e \leq 0.9$	12000~22000
	密实	$e < 0.75$	22000~35000
砂质粉土 砂土	松散	$N \leq 7$	3000~10000
	稍密	$7 < N \leq 15$	10000~20000
	中密	$15 < N \leq 30$	20000~40000
	密实	$N > 30$	40000~55000

注： I_L ——土的液性指数； e ——土的天然孔隙比； N ——标准贯入试验锤击数实测值。

7 在陆域的地面超载应根据地面使用情况、地面建(构)筑物、地面道路车辆通行情况按实际情况计算，计算的地面超载在施工期不宜小于 20kPa，在使用期不宜小于 10kPa；在水域，应根据滩面可能的淤积情况以及潮差引起的外侧压力变化，分析论证滩面超载，不宜小于 20kPa；

8 应根据隧道与上部承受的垂直荷载相平衡的原则计算底部竖向反力。在均质圆环模型中底部竖向反力可按下式计算：

$$K_v = P_v + \pi G \quad (9.2.3-16)$$

式中： K_v ——底部竖向反力标准值(kN/m)。

9 应根据工程施工情况考虑施工荷载对盾构隧道的影响；

10 地震作用应根据现行抗震规范的规定计算确定。

9.2.4 盾构隧道上的地层压力和反力应根据工程地质和水文地质情况、结构型式、埋深、荷载作用下的变形、结构与地层刚度、施工方法、相邻隧道影响、回填压浆情况等因素研究确定。

9.2.5 隧道衬砌结构承载能力极限状态计算及正常使用极限状态验算的作用组合应根据盾构法隧道实际条件按表 9.2.5 的规定采用。

表 9.2.5 承载能力极限状态计算及
正常使用极限状态验算的作用组合表

设计 状况	永久作用					可变作用					地震 作用
	衬砌环 结构 自重	地层 压力 (垂直、 水平)	地层 抗力	地面 以上 设施 压力	预加 应力	外侧水 压力	内侧水 压力	潮差 作用	地面 超载	施工 荷载	
持久	√	√	▽	▽	▽	√	√	▽	√	—	—
短暂	√	√	▽	▽	▽	√	—	—	√	√	—
地震	√	√	▽	—	—	√	√	—		—	√

注：1 表中“√”标记的荷载为相应工况应予计算的项目，“▽”标记的荷载应按具体设计条件确定采用；

2 当地层压力采用水土合算时，外侧水压力合并计入地层压力；

3 设计中要求考虑的其他荷载，可根据其性质分别列入上述三类荷载中。

9.2.6 隧道衬砌结构应按持久设计状况和短暂设计状况，分别进行结构的承载能力极限状态计算和正常使用极限状态验算，地震设计状况时，可不验算结构的裂缝宽度。

9.2.7 隧道衬砌结构横向计算模式应根据地层情况、衬砌构造特点、结构的实际工作条件等确定，宜考虑衬砌与地层共同作用及装

配式衬砌接头的影响,同时应考虑下列因素:

1 使用阶段可采用自由变形的匀质圆环、施工阶段宜按接头实际刚度按弹性铰圆环进行分析;

2 隧道结构应根据隧道埋设深度、地质条件、内外部水压等条件,选取多个有代表性的不利位置的断面进行内力计算;

3 在进行结构横向内力、变形计算时,应计及由可能产生的纵向差异沉降所引起的内力变化和由此而引发的横向内力及变形值;

4 装配式衬砌宜采用接头具有一定刚度的柔性结构,应限制荷载作用下变形和接头张开量,满足其受力和防水要求;

5 隧道结构的计算简图应根据地层情况、衬砌构造特点及施工工艺等确定,宜考虑衬砌与地层共同作用及装配式衬砌接头的影响;

6 采用通缝拼装的衬砌结构可取单环按自由变形的弹性均质圆环、弹性铰圆环进行计算;采用错缝拼装的衬砌结构宜按考虑环间弯矩纵向传递模型或梁—弹簧模型进行计算。

9.2.8 隧道因上部荷载沿隧道纵向有较大变化、地基有显著差异或其他情况出现较大不均匀沉降时,应对隧道进行纵向结构分析。

9.2.9 盾构隧道衬砌厚度应根据隧道外径 D 的大小、埋置深度、承受荷载情况以及衬砌所承受的盾构千斤顶顶力等施工荷载确定,宜采用 $(0.05 \sim 0.06)D$ 。

9.2.10 隧道衬砌环环宽应与衬砌拼装方式、盾构千斤顶冲程、管片运输条件相适应,可采用 $750\text{mm} \sim 1500\text{mm}$ 。曲线段应设不等宽的楔形环,其环面锥度可按隧道曲率半径计算,但不宜太大。衬砌环直径 6m 以下时楔形量为 20mm 左右。

9.2.11 隧道衬砌环分块数量可根据隧道直径确定,对于小直径隧道宜采用 4 块~6 块,对于大直径隧道宜采用 8 块~10 块。其中封顶块的拼装方式可选用纵向插入、径向楔入以及纵向插入和径向楔入相结合的方法。

9.2.12 顶部有开孔要求的进水段等特殊部位的盾构隧道,其衬砌环可采用钢管片、钢壳与钢筋混凝土复合管片等形式。

9.2.13 取水竖管顶部应设置取水头部。取水头宜采用侧面进水方式,进水仓可采用方形或圆形,进水仓的高度、面积、安装标高由设计水位、进水流量和流速等工艺要求确定,进水仓必须设置粗格栅。取水头底座应设置法兰板,以便能够与垂直顶升竖管顶头管节的上法兰对接。

9.2.14 排水竖管顶部宜设置排水头,排水头宜采用顶面出水方式,排水头底座应设置法兰板,以便能够与垂直顶升竖管顶头管节的上法兰对接。

9.2.15 取排水头宜采用钢结构或铸铁结构,在使用过程中可更换。

9.2.16 取排水头防护设计应满足下列要求:

1 多点式垂直顶升取、排水头部应有滩面防护措施;

2 滩面防护的范围、厚度及防护结构等设计要求,应根据滩面的冲淤稳定条件、可能的冲刷深度、河流(潮流)的自然流速、排水口出口流速、扩散要求以及垂直顶升竖管的稳定要求等条件综合确定;

3 滩面防护措施宜采用抛石保护。

9.2.17 当地层土质不均匀或顶部外荷载变化较大时,沿轴线方向可增设现浇钢筋混凝土内衬,内衬可采用全断面衬砌或沿底部按 60° 、 90° 、 120° 局部衬砌。内衬厚度不宜小于150mm,混凝土级别不应低于C30。

9.2.18 盾构隧道在荷载、结构、地质条件发生变化的部位或因抗震要求需设置变形缝时,应采取可靠的工程技术措施,确保变形缝两侧的结构不产生影响使用的差异沉降。变形缝的形式、宽度和间距应根据允许纵向沉降曲率、沉降差、防水和抗震要求等确定。

9.2.19 盾构隧道应设有防水措施,并应符合下列规定:

1 衬砌管片间的纵缝、环缝内应设置密封条,螺栓孔应设密

封垫圈,内弧侧宜设置嵌缝槽;

2 应提高管片制作精度及拼装质量,减少接缝初始缝隙宽度;

3 衬砌管片外侧与土体的空隙内应及时以适当的压力进行充填注浆;

4 衬砌纵缝内应设橡胶传力衬垫,减少应力集中,避免局部压损和渗漏。

9.3 钢顶管法管道

9.3.1 钢管应按柔性管设计计算,应验算管道的稳定、刚度、强度。

9.3.2 管道结构的内力分析应按弹性体系计算,不计及由非弹性变形所引起的塑性内力重分布。

9.3.3 管道结构计算应计及下列作用:

1 管道结构自重标准值可按下式计算:

$$G_{0k} = \gamma \cdot D_0 \cdot \pi \cdot t \quad (9.3.3-1)$$

式中: G_{0k} ——单位长度管道结构自重标准值(kN/m);

t ——管壁设计厚度(m);

D_0 ——管道中面直径(m);

γ ——管材重度(kN/m³),钢管可取 78.5。

2 竖向土压力标准值应符合下列规定:

1)当管顶覆盖层厚度小于或等于 1 倍管外径或覆盖层均为淤泥土时,管顶上部竖向土压力标准值应按下式计算:

$$F_{sv,k1} = \sum_{i=1}^n \gamma_{si} h_i \quad (9.3.3-2)$$

管拱背部的竖向土压力可近似化成均布压力,其标准值可按下式计算:

$$F_{sv,k2} = 0.215 \gamma_{s1} R_1 \quad (9.3.3-3)$$

式中: $F_{sv,k1}$ ——管顶上部竖向土压力标准值(kN/m²);

$F_{sv,k2}$ ——管拱背部竖向土压力标准值(kN/m^2);

γ_{si} ——管道上部各土层重度(kN/m^3),地下水位以下取浮重度;

h_i ——管道上部 i 层土层厚度(m);

R_1 ——管道外壁半径(m)。

2)管顶覆土层不属上述情况时,顶管上竖向土压力标准值应按下列公式计算:

$$F_{sv,k1} = C_j (\gamma_{si} B_1 - 2C) \quad (9.3.3-4)$$

$$B_1 = D_1 \left[1 + \tan \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right] \quad (9.3.3-5)$$

$$C_j = \frac{1 - \exp \left(-2K_a \mu \frac{H_s}{B_1} \right)}{2K_a \mu} \quad (9.3.3-6)$$

式中: C_j ——顶管竖向土压力系数;

B_1 ——管顶上部土层压力传递至管顶处的影响宽度(m);

D_1 ——管道外壁直径(m);

φ ——管侧土的内摩擦角($^\circ$);

C ——土的黏聚力(kN/m^2), C 值宜采用地质报告中的最小值,无法确定时建议取 0° ;

H_s ——管顶至原状地面埋置深度(m);

$K_a \mu$ ——原状土的主动土压力系数和内摩擦系数的乘积,黏土可取 0.13,饱和黏土可取 0.11,砂和砾石可取 0.165;

3)当管道位于地下水位以下时,尚应计入地下水作用管道上的压力。

3 管道内水重的标准值可按不同水质的重度计算;

4 顶管轴线偏差引起的纵向应力应按本规范式(9.3.7-1)计算;

5 管道设计水压力的标准值;

6 管道真空压力标准值应根据工程具体情况确定,其准永久值系数 φ_q 可取 0;

- 7 地面堆积荷载标准值 q_{mk} ,可按 10kN/m^2 计算,其准永久值系数 φ_q 可取 0.5;
- 8 对于地面车辆荷载,当埋深大于 2m 时可不计冲击系数,准永久值系数 φ_q 可取 0.5;车辆荷载与地面堆积荷载不同时作用;
- 9 地下水作用;
- 10 温度作用标准值可按温差 $\pm 20^\circ\text{C}$ 计算,准永久值系数 φ_q 可取 1.0;
- 11 顶力作用。

9.3.4 管道承载能力极限状态计算的作用组合应根据其实际条件按表 9.3.4 的规定采用。

表 9.3.4 承载能力极限状态计算及正常使用极限状态验算的作用组合表

设计状况	运用情况	管自重 G_0	竖向土压力 F_{st}	管内水重 G_w	管内水压 F_{wd}	顶推力 F_{ds}	地面车辆荷载或堆积载 q_v, q_m	温度作用 F_t	地震作用
持久	使用期间	√	√	√	√	—	√	√	—
短暂	顶管期间	√	√	—	—	√	√	—	—
	空管期间	√	√	—	—	—	√	√	—
地震	使用期间	√	√	√	√	—	√	√	√

9.3.5 钢管管壁截面进行稳定验算时,各项作用应取标准值,并应满足稳定系数不低于 2.0,作用组合应按表 9.3.5 的规定采用。

表 9.3.5 管壁稳定验算作用组合表

永久作用	可变作用		
竖向上压力	地面车辆或堆积荷载	真空压力	地下水
√	√	√	√

9.3.6 管道进行正常使用极限状态验算时,应采用准永久组合,作用组合按本规范表 9.3.4 的规定采用,管道在准永久组合作用下长期竖向变形允许值,应符合下列规定:

- 1 内防腐为水泥砂浆的钢管,先抹水泥砂浆后顶管时,最大

竖向变形不应超过 0.02 管中心直径 D_0 ；顶管后再抹水泥砂浆最大竖向变形不应超过 $0.03D_0$ ；

2 内防腐为延性良好的涂料的钢管，其最大竖向变形不应超过 $0.03D_0$ 。

9.3.7 管道强度、稳定性及竖向变形应按照本规范第 10.4.8 条至第 10.4.10 条的规定进行计算，并应符合下列规定：

- 1 管道重要性系数宜取 1.0；
- 2 土弧基础中心角 2α 宜取 120° ；
- 3 弯矩折减系数宜取 1.0；
- 4 变形滞后效应系数宜取 1.0；
- 5 纵向应力应考虑顶管轴线偏差的影响，可按下列公式计算：

$$\sigma_x = \nu_p \sigma_0 \pm \varphi_c \gamma_Q \alpha E_p \Delta T \pm \frac{0.5 E_p D_0}{R_f} \quad (9.3.7-1)$$

$$R_f = \frac{f_1^2 + (L_1/2)^2}{2f_1} \quad (9.3.7-2)$$

式中： ν_p ——钢管管材泊松比，可取 0.3；

α ——钢管管材线膨胀系数；

ΔT ——钢管的计算温差($^\circ\text{C}$)；

f_1 ——管道顶进允许偏差(m)，可按表 9.3.7 的规定选取；

L_1 ——出现偏差的最小间距(m)，根据管道直径和土质决定，可取 50m；

R_f ——钢管施工变形形成的曲率半径(m)。

表 9.3.7 管道轴线允许偏差

顶进长度 L (m)	管径(mm)	偏差(mm)	
		柔性钢管	
		上、下	左、右
<400	<1500	± 60	100
	≥ 1500	± 80	130
400~1000		± 100	200
>1000		± 150	$100 + L/10$

9.3.8 顶管期间应对钢顶管的允许顶力进行验算,钢顶管接触面允许承受的最大顶力应按下式计算:

$$F_{ds} = \frac{\varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 f_s A_p}{\gamma_{Qd}} \quad (9.3.8)$$

式中: F_{ds} ——钢管管材设计允许顶力(N);

φ_1 ——钢材受压强度折减系数,可取 1.00;

φ_2 ——钢材脆性系数,可取 1.00;

φ_3 ——钢顶管稳定系数,可取 0.36;当顶进长度小于 300m 时,穿越土层又不均匀时,可取 0.45;

f_s ——钢材受压强度设计值(N/mm²);

A_p ——管道的最小有效传力面积(mm²);

γ_{Qd} ——顶力分项系数,可取 1.3。

9.3.9 当计算的钢顶管顶推力 F 超过管材强度、钢顶管接触面容许顶力或达到工作井后座容许顶力时,应采用中继接力顶进技术。

9.3.10 工作井的设置应符合下列规定:

1 工作井的设置宜结合泵房取水前池或排水连接井设置;

2 工作井的内部净尺寸应满足工艺、结构布置要求和钢顶管施工要求;工作井沿管轴方向的净尺寸不宜小于 8m;

3 钢顶管出洞时,应预留穿墙套管;根据具体情况,可设置可靠的止水措施;根据地质情况,在钢顶管出洞时还应对出口处的土体进行加固;

4 钢顶管的穿墙套管底面距离工作井的底板顶面不宜小于 0.8m。

9.3.11 中继环的数量和位置应根据管道的长度、所处的地层及估算推进阻力大小在施工方案中确定。

9.3.12 钢顶管顶进过程中应进行监测,管轴线偏差应得到有效控制,并应保证按设计轴线顶进。

9.4 沉管法混凝土管道

9.4.1 沉管法混凝土管道应根据施工阶段和运行阶段分别进行结构计算,各阶段设计应包括下列内容:

1 施工阶段应进行管段浮力、管段浮运及系泊稳定性、管段沉放纵向内力及横向稳定性、舾装构件内力等计算分析;

2 运行阶段应进行隧道整体抗浮、纵向内力、整体及接头不均匀沉降、接头张开量、接头剪力等计算分析,必要时还应进行抗震计算分析。

9.4.2 沉管法混凝土管道结构应计及下列作用:

1 管道结构自重可按结构设计断面尺寸及材料重度标准值计算;

2 管道竖向地层压力应按管段顶以上全部覆土压力考虑;

3 水平地层压力应符合下列规定:

1)施工阶段黏性土水平地层压力按水土合算,可采用经验系数计算;砂性土按水土分算;

2)使用阶段水平地层压力应按静止土压力计算,采用水土分算。

4 地面超载可取 20kPa,对于岸边段大型施工机械作业区域,施工堆场等情况,地面超载应根据实际情况分析后取用;

5 静水压力;

6 水压力变化应分别对应设计常水位与设计最高水位差、设计常水位与设计最低水位差;

7 温度应力可按常年气象统计资料确定的气温变化数据计算;

8 管段水流力可根据管段迎水面面积及水流速按下式估算:

$$F_k = \frac{1}{2} C_w \rho v^2 A \quad (9.4.2)$$

式中: F_k — 水流力标准值(kPa);

C_w ——水阻力系数,对于矩形管段可取 2.32;
 ρ ——水密度(t/m^3);
 v ——水流流速(m/s);
 A ——计算构件在与水流流向垂直平面上的投影面积(m^2)。

9 施工荷载应包括设备运输及吊装荷载、施工机具及施工堆载、管段拖运、沉放和水力压接等荷载;

10 沉船、锚击等灾害性荷载应根据工程建设条件分析后确定。

9.4.3 沉管法混凝土管道承载能力极限状态计算及正常使用极限状态验算的作用组合,应根据其实际条件按表 9.4.3 的规定采用。

表 9.4.3 承载能力极限状态计算及
正常使用极限状态验算的作用组合表

设计 状况	永久作用				可变作用					偶然 作用	地震 作用
	结构 自重	竖向地 层压力	水平地 层压力	静水 压力	水压力 变化	水流力	温度 作用	风荷载	施工 荷载	沉船 锚击	
持久	√	√	▽	▽	√	√	√	—			—
短暂	√	√	▽	▽	▽	▽	—	▽	√		—
偶然	√	√	√	√	√	√	—	—	—	√	—
地震	√	√	▽	▽	√	√	√	—	—	—	√

注:1 表中“√”标记的荷载为相应工况应予计算的项目,“▽”标记的荷载应按具体设计条件确定采用;
2 当地层压力采用水土合算时,外侧水压力合并计入地层压力;
3 设计中要求考虑的其他荷载,可根据其性质分别列入上述三类荷载中。

9.4.4 沉管法混凝土管道进行正常使用极限状态验算时,应采用准永久组合,作用组合按本规范表 9.4.3 的规定采用,最大裂缝宽度不应大于 0.2mm。

9.4.5 管段横向计算应符合下列规定:

1 管段结构横向内力宜按平面应变模型进行计算,地基反力可采用支撑弹簧模拟;

2 管段浮运、系泊阶段在漂浮状态的定倾高度不宜小于30cm。当管段在施工过程中出现牵引、锚拉、横向水流、风压或其他原因而产生不小于 10° 倾角时,应按船舶工程的计算方法进行稳定性验算;

3 管段沉放阶段应验算管段沉放对接完成后锁定回填前在横向水流力作用下的抗滑移和抗倾覆稳定性。

9.4.6 管段纵向计算应符合下列规定:

1 浮运、系泊阶段管段纵向结构内力应根据管段重量分布、结构形式、施工工艺、波浪力、水流力等因素进行计算;

2 沉放阶段管段纵向结构内力应根据管段重量分布、断面形式、施工工艺、沉放时水流作用等因素进行计算;

3 运行阶段管段纵向结构内力可采用考虑接头刚度的弹性地基梁计算,管段接头内的水平垂直剪切键与预应力钢索等构件宜采用三维有限元分析。

9.4.7 浮力计算应符合下列规定:

1 管段干舷计算应考虑管段外形尺寸、混凝土重度、结构含钢量、水重度、施工荷载、管段制作误差等因素。舾装及防锚层施工完成后的浮运干舷高度宜控制在10cm~20cm,标准矩形管段干舷高度可按下式估算:

$$h = H + H_1 - \frac{G_k + G_a}{\gamma_w BL} \quad (9.4.7-1)$$

式中: h ——干舷高度(m);

H ——管段结构高度(m);

H_1 ——防锚层厚度(m);

G_k ——管段自重标准值(kN);

G_a ——管段舾装及临时构件重量标准值(kN);

B ——管段结构宽度(m);

L ——端封墙之间外包长度(m);

γ_w ——水重度(kN/m^3)。

2 管段在施工与运行阶段可采用下列公式进行抗浮验算:

$$F_f \leq \frac{G_k + G_b}{\gamma_s} \quad (9.4.7-2)$$

$$F_f = \gamma_b \gamma_w V \quad (9.4.7-3)$$

式中: G_b ——舾装、压舱及上覆土等有效压重标准值(kN);

F_f ——管段浮力设计值(kN);

V ——管段排开水的体积(m^3);

γ_b ——浮力作用分项系数,取 1.0;

γ_s ——自重与有效压重抗浮分项系数,各阶段取值为:沉放、对接阶段为 1.01~1.02;基础垫层处理阶段为 1.04~1.05;压舱混凝土施工完成后不小于 1.10,特殊情况下可专项论证。

9.4.8 管段的端封墙、系缆柱、测量塔、拉合座、吊点、鼻托及底部支承系统等临时构件应进行局部内力分析及稳定性计算。局部内力分析可采用有限元法。

9.4.9 沉降计算应包括基础垫层沉降量及地基沉降量,计算时应计及基槽开挖施工误差及地基刚度变异的影响,同时应重点计算管段接头处的差异沉降。

9.4.10 沉管法混凝土管道的结构形式应符合下列规定:

1 管段的横断面宜采用左右对称的矩形断面;

2 管段长度和分段数应综合考虑制作、浮运、沉放及隧道纵坡等要求,并结合航道规划、地质条件、河床形态等因素确定;

3 管段宜分段浇筑,分段长度宜取 15m~20m,根据施工工艺与方法,可采用跳段或依次浇筑;

4 管段接头宜采用柔性接头,并设置限制接头变位的构造措施;

5 最终接头的位置及构造形式可根据建设条件和施工条件

合理选择。

9.4.11 管段基础垫层处理方法应根据管段结构型式、地质、水文、通航、施工工艺等条件综合确定。可采用先铺法(刮铺法)和后铺法(砂流法、喷砂法、注浆法等);对于后铺法,宜通过专项试验研究,以确定不同工法所采用的配合比、注浆(喷砂、压砂)压力、扩散半径、施工工艺和参数。

9.4.12 最小基础垫层厚度宜满足表 9.4.12 的规定。

表 9.4.12 最小基础垫层厚度

基础垫层类型	最小基础厚度(m)
灌砂基础垫层	0.6
注浆基础垫层	碎石垫层+砂浆混合垫层 1.0
碎石基础垫层	0.5

9.4.13 采用后铺法的管段基础垫层在地震情况下不应发生液化。

9.4.14 当基础处于淤泥质或液化地层、基槽回淤速率大于 1.0cm/d、覆盖层厚度大于 5m 时,可考虑采用基础换填或桩基础。

9.4.15 管段沉放对接完成后,应根据基础形式及时进行锁定回填覆盖,回填应分层分段对称进行,回填应选用级配良好、透水性强、不液化、对隧道耐久性无危害的材料。

9.4.16 管段顶保护层应满足抗冲刷要求。

9.4.17 管段沉放过程中,相邻管段端面横向相对偏差不应大于 20mm、相邻管段端面竖向相对偏差不应大于 25mm;管段沉放完成后,轴线安装误差应小于 50mm、高程安装误差应小于 25mm。

9.4.18 沉管法混凝土管道施工阶段应实施水下检测,运行阶段宜定期实施水下监测。

9.5 水泵房

9.5.1 水泵房的稳定安全系数应采用基本组合和地震组合分别计算,分项系数、组合值系数均取 1.0,稳定安全系数应按表 9.5.1 的规定选取。

表 9.5.1 稳定安全系数

稳定验算种类	基本组合		地震组合
	持久设计状况	短暂设计状况	
浮动	1.10	1.05	1.05
滑动	1.30	1.15	1.05
倾覆	1.60	1.45	1.35
瑞典圆弧法验算圆弧滑动	1.25	1.15	1.05

注:1 在施工及安装阶段可能出现的不利情况下,如不能满足表 9.5.1 的规定时,宜在不增加建筑物造价的条件下,采取其他措施。

2 验算浮动、滑动及倾覆稳定时,计算荷载为不包括设备、使用荷载及安装荷载的有利作用的结构自重。验算圆弧滑动时,计算荷载为结构自重、动水压力及设备的使用荷载和安装荷载,按其最不利的组合求得最危险的滑裂面。

3 验算稳定时,不考虑土体与墙壁间的侧面摩擦力。

4 岩石地基的抗滑稳定安全系数,持久设计状况采用 1.10,短暂设计状况及地震组合采用 1.05。

5 作用组合按本规范第 9.5.3 条的规定选择。

9.5.2 非岩石地基的水泵房基底埋置深度应根据水文、地质资料计算河床可能产生的最大冲刷深度,并宜根据邻近已建工程的实际资料或模型试验资料,经分析研究后确定。基底的埋置深度应在最大冲刷深度线以下 2.50m。

9.5.3 水泵房的作用及组合应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定计算;水工结构部分可按现行行业标准《水工建筑物荷载设计规范》DL 5077 的规定计算。进行承载能力极限状态设计时,应根据不同的设计状况采用不同的作用组合,作用组合可采用下列组合:

1 基本组合用于持久设计状况及短暂设计状况,持久设计状况为频率 1%的设计高水位及 99%的设计低水位条件下,出现的最不利工况;短暂设计状况为频率 0.1%的校核高水位条件下或施工、安装及检修阶段可能出现的最不利工况;

2 地震组合为频率 1%的高水位及 99%的低水位条件下,进水间全部充水,遭受地震时工况。

9.5.4 水泵房应按持久设计状况进行正常使用极限状态设计,使

用上要求不允许出现裂缝的构件应按标准组合进行混凝土拉应力验算,使用上允许出现裂缝的构件应按准永久组合进行裂缝宽度验算,使用上需要控制变形的构件应按准永久组合进行变形验算。

9.5.5 水泵房可变作用标准值、组合值系数及准永久值系数可按表 9.5.5 的规定采用。

表 9.5.5 水泵房可变作用标准值、组合值系数及准永久值系数

名 称	荷载标准值 (kN/m ²)	组合值系数 φ_c	准永久值系数 φ_q	备 注
不上人屋面	0.70	0.70	0.00	—
上人屋面	2.00	0.70	0.40	—
各层运行平台及检修场地: 使用荷载	3.50	1.00	0.85	或按设备实际 重量决定
安装荷载	5.00~30.00	1.00	0.85	
人行平台及通道	3.50	0.7	0.60	—
电器设备平台	3.50	1.0	0.85	—
楼梯及楼梯间	3.50	0.7	0.60	—
建筑四周地面: 使用荷载	10.00	1.00	0.85	或按实际堆积 荷载决定
安装荷载	10.00~20.00	1.00	0.85	
主要沟道盖板: 使用荷载	3.50	1.00	0.85	或按实际 荷载决定
安装荷载	5.00~10.00	1.00	0.85	
引桥: 使用荷载	3.50	1.00	0.85	或按搬运设 备时的最大 重量决定
安装荷载	5.00~30.00	1.00	0.85	

- 注:1 栏杆水平荷载为 1.0kN·m。
- 2 一般搬运、装卸重物的动力系数采用 1.1~1.3,其动力作用只考虑传至楼板和梁。
- 3 设计屋面板、檩条、钢筋混凝土挑檐、雨篷和预制小梁时,施工或检修的人和小工具的自重集中荷载应取 1.0kN,并应在最不利位置处进行验算。对于轻型构件或较宽构件,当施工荷载超过上述荷载时,应按实际情况验算,或采用加垫板、支撑等临时设施承受。当计算挑檐、雨篷承载力时,应沿板宽每隔 1.0m 取一个集中荷载;在验算挑檐、雨篷倾覆时,应沿板宽每隔 2.5m~3.0m 取一个集中荷载。

9.5.6 电动机层应作振动计算。可将设备转动部分的重量或荷载标准值乘以动力系数后,进行静力计算,电动机层的钢筋混凝土支承梁的挠度不应大于 $L/750$, L 为梁的计算长度。

立式水泵电动机支承构件的计算荷载应包括下列内容:

- 1 电动机静止部分的重量;
- 2 电动机转动部分的重量 $\times 2$ (动力系数);
- 3 水泵的轴向拉力 $\times 2$ (动力系数);
- 4 悬挂式水泵传递到电动机层的重量。

9.5.7 立式水泵出水管至切换井之间设有伸缩节时,应将水泵出水管弯头处的推力作为荷载作用在相应的支承构件上。

9.5.8 上部结构可采用混凝土结构或钢结构,结构设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 或《钢结构设计规范》GB 50017 的相关规定。

9.5.9 矩形水泵房下部结构计算应符合下列规定:

1 取水建筑物和水泵房 $\pm 0.00\text{m}$ 层以下的整体结构可根据其几何尺寸及荷载情况,选用合理的计算简图进行内力计算;当整体分析困难时,可将整个结构分为若干单元,按其边界条件分别进行计算,并考虑连接处的不平衡内力的调整和传递;当条件合适时,也可按空间整体结构计算;

2 矩形水泵房的侧墙可根据其边界支承情况和高度 H 与宽度 B 之比,分别按下列规定计算:

- 1) 当 H/B 大于 0.7 且小于 1.5 时,按双向板计算;
- 2) 当 H/B 大于 1.5 时,则板底端 H 小于或等于 $1.5B$ 部分按双向板计算, H 大于 $1.5B$ 部分按水平单向板计算;
- 3) 当 H/B 小于 0.7 时,按竖向单向板计算。水平角隅处应计算角隅弯矩;
- 4) 相邻侧墙板的不平衡弯矩应采用弯矩分配法进行计算。

3 矩形水泵房设置竖向框架支撑的下部结构,其框架可按平面框架分析,与侧墙连接处按固结考虑;有条件时水泵房结构可采

用有限元进行整体结构分析；

4 矩形水泵房的内隔墙应考虑检修工况时一侧放空、一侧充满水的工况；

5 矩形水泵房底板的地基反力应分别考虑施工阶段、正常运行阶段和检修阶段的工况；底板和地梁的地基反力分布应根据底板的刚度及地基条件可按下列规定确定：

- 1)当底板或地梁的计算跨度不大时,可按直线分布假定计算；
- 2)当底板或地梁的计算跨度较大时,可按弹性地基梁计算内力；
- 3)当地梁和底板的情况较为复杂时,可采用通用有限元模拟弹性地基上的梁、板进行计算。

6 底板的地梁可按连续梁进行结构分析,也可用有限元方法与侧壁、隔墙及顶板等形成空间结构进行整体计算；

7 底板结构计算可根据长度 L 与宽度 B 之比,按单向板或双向板计算：

- 1)当 L/B 大于 2.0 时,可按短跨方向的单跨或多跨连续板计算；
- 2)当 L/B 小于或等于 2.0 时,可按双向板计算。

8 顶板结构计算可根据长度 L 与宽度 B 之比,按单向板或双向板计算：

- 1)当 L/B 大于 2.0 时,可按短跨方向的单跨或多跨连续板计算；
- 2)当 L/B 小于或等于 2.0 时,可按双向板计算；
- 3)梁结构计算可按连续梁进行结构计算。

9.5.10 圆形水泵房可按旋转对称的薄壳和薄板组合结构的弹性理论计算。简化计算分析时,可做如下基本假定：

1 柱壳、底板与环梁为刚性连接,不计地基对环梁的约束作用和弹性抗力；

2 结构及荷载均沿旋转轴对称；

3 柱壳、球壳及底板均近似视为薄壳、薄板，不考虑厚壳、厚板及扁壳等影响；环梁属刚性环，承受轴对称荷载作用；

4 地基反力为净的均匀反力，近似按水平投影面积分布计算；

5 当水泵房内设有进水间等非旋转轴对称构件时，除上述整体计算外，尚可按平面框架计算水平向内力。

9.5.11 对于整体式钢筋混凝土框架结构，在支座配筋时，支座边缘处的设计弯矩可按下列公式计算：

$$M_{\text{支}} = M_1 - \Delta M \quad (9.5.11-1)$$

$$\Delta M = Qb/3 \quad \text{但 } \Delta M \leq 0.3M_1 \quad (9.5.11-2)$$

式中： $M_{\text{支}}$ ——支座边缘处的弯矩(kN·m)，当净跨度和中心跨度差距很大时，计算跨度可按净跨度的 1.05 倍近似计算；

M_1 ——计算弯矩，即支座中心处的计算弯矩(kN·m)；

ΔM ——弯矩折减值(kN·m)；

Q ——支座边缘处的剪力(kN)；

b ——支座宽度(m)。

9.5.12 当水泵房埋深较大、土壤易产生涌流或塌陷、场地狭窄及排水困难时，可采用沉井施工方案，沉井的设计应符合下列规定：

1 沉井侧墙厚度应按下列基本要求确定：

- 1) 下沉重量；
- 2) 沉井结构在各个阶段的强度和刚度；
- 3) 沉井结构在使用阶段的抗渗和抗裂等要求；
- 4) 其他如作为顶管法施工后座等特殊要求。

2 沉井侧墙与土的摩擦阻力应根据工程地质、水文地质、施工方法和侧墙外形等情况，并参考相似条件的沉井施工经验确定。当无试验条件或无可靠资料时，侧墙单位面积的摩擦阻力可按照表 9.5.12-1 的规定确定：

表 9.5.12-1 土壤与侧墙的单位面积摩擦阻力

土 层 类 别	f_k (kPa)
流塑状态黏性土	10~15
可塑、软塑状态黏性土	10~25
硬塑状态黏性土	25~50
泥浆套	3~5
砂性土	12~25
砂砾石	15~20
卵石	18~30

注：1 当侧墙外侧为阶梯形并采用灌砂助沉时，灌砂段的单位摩阻力标准值可取 7kPa~10kPa。

2 在砂砾石或砂卵石层中不宜用泥浆润滑套。

3 当沿沉井深度土层为多种类别时，单位摩阻力可取各层土单位摩阻力标准值的加权平均值，并按下式计算：

$$f_{ka} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{ki} h_{si}}{\sum_{i=1}^n h_{si}} \tag{9.5.12-1}$$

式中： f_{ka} ——多土层单位摩阻力标准值的加权平均值(kPa)；
 f_{ki} ——第*i*层土的单位摩阻力标准值(kPa)，可按表 9.5.12-1 选用；
 h_{si} ——第*i*层土的厚度(m)；
 n ——沿沉井下沉深度不同类别土层的层数。

4 沉井井壁上总的竖向摩阻力宜按如下假定计算：

- 1) 在深度 0~5m 范围内，单位面积摩阻力宜按直线规律自零值起逐渐增加；
- 2) 在深度 5m 以下，单位面积摩阻力为一常数。

5 沉井施工下沉系数宜根据土壤性质、施工方法和沉井下沉深度等因素选取。下沉系数可按式(9.5.12-2)计算；当下沉系数较大，或在下沉过程中遇有软弱土层时，应根据实际情况按式

(9.5.12-3)进行沉井的下沉稳定验算：

$$K_{st} = \frac{G_{1k} - F_{fw,k}}{F_{fk}} \tag{9.5.12-2}$$

$$K_{st,s} = \frac{G_{1k} - F'_{fw,k}}{F'_{fk} + R_b} \tag{9.5.12-3}$$

式中： K_{st} ——下沉系数，宜根据具体情况在 1.05～1.25 范围内选用，对位于淤泥质土层中的沉井宜取小值；位于其他土层中的沉井宜取大值；

$K_{st,s}$ ——下沉稳定系数，宜取 0.8～0.9；

G_{1k} ——井体自重标准值，包括外加助沉重量的标准值（kN）；

$F_{fw,k}$ ——下沉过程中水的浮力标准值（kN）；

F_{fk} ——井壁总摩阻力标准值（kN）；

$F'_{fw,k}$ ——验算状态下水的浮托力标准值（kN）；

F'_{fk} ——验算状态下井壁总摩阻力标准值（kN）；

R_b ——沉井刃脚、隔墙和底梁下地基土的极限承载力之和（kN），极限承载力可按照表 9.5.12-2 的规定选用。

表 9.5.12-2 地基土的极限承载力

上层类别	极限承载力 f_k (kPa)
淤泥	100～200
淤泥质黏土	200～300
细砂	200～400
中砂	300～500
粗砂	400～600
软塑、可塑状态粉质黏土	200～300
坚硬、硬塑状态粉质黏土	300～400
软塑、可塑状态黏性土	200～400
坚硬、硬塑状态黏性土	300～500

6 为利于沉井下沉，宜采取下列措施：

1) 井外壁平整光滑、阶梯形沉井、井外壁设触变泥浆等助沉

材料及射水下沉等;

2)宜降低始沉地面标高;

3)采用加载强迫下沉;

4)隔墙和侧墙宜同时浇筑。

7 当沉井在软土地基施工过程中,有突然下沉可能时,可采取下列措施:

1)合理布置框架底梁;

2)均匀挖土,且侧墙四周近刃脚处挖土不宜过深;

3)如下沉中可能遇到流砂时,可采用井点降水或水下挖土、水下封底等措施。

8 沉井结构计算可按下列规定进行:

1)当进行沉井结构平面计算时,可截取单位高度的井壁按水平框架进行计算;当进行沉井结构竖向计算时,可按梯形荷载进行计算;

2)沉井可简化为平面体系进行结构分析;

3)在沉井下沉阶段,当进行不带内框架的井壁结构内力计算时,可在垂直方向截取单位高度的井段,按水平闭合结构进行计算;对带内框架的井壁结构,则可根据框架的布置情况,按连续的平板或拱板计算;计算时,在同一深度处的侧压力可按均匀分布考虑;井壁上设置竖向框架或水平框架时,当框架梁与板的刚度比不小于 4 时,框架梁可视为井壁的不动铰支承;刃脚根部以上高度等于该处井壁厚度 1.5 倍的一段井壁,施工阶段计算时除考虑作用在该段上的水、土压力外,尚应考虑刃脚传来的水、土压力作用;

4)在沉井运行阶段,沉井结构可根据底板及后浇隔墙浇筑完成后的结构体系和实际作用进行计算,计算跨度可取支承中心线距离;井壁转角处可视为刚性节点;井壁与同时浇筑的隔墙的连接节点可视为刚性节点;若隔墙与相

交的井壁刚度之比小于等于 $1/8$ 时,内隔墙可视为侧墙的不动铰支座,侧墙可视为内隔墙的固定支座;侧墙支承于框架壁柱或水平框架时,框架壁柱或水平框架可视为侧墙的不动铰支座。

9 沉井刃脚应按下列两种情况进行计算:

- 1) 沉井将沉至设计标高,刃脚下的土已被全部挖去时,应按承受井外侧土压力的悬臂梁计算;
- 2) 当沉井侧墙已浇筑完毕并沉至全深的一半时,或当采用分节浇筑一次下沉的起始下沉时,应按承受作用于刃脚斜面的水平推力的悬臂梁计算;对于圆形沉井尚应计算水平推力作用产生的环向拉力;对于矩形沉井,当设有内隔墙或垂直框架,且与刃脚形成水平框架时,可考虑水平框架与垂直悬臂梁的共同作用。当没有设置内隔墙或垂直框架,或者虽有内隔墙或垂直框架,但其底面距刃脚底面较大时,刃脚除按垂直悬臂梁计算,尚应计算水平推力作用产生的水平拉应力。

10 沉井底板设计荷载应按泵房全部重量所产生的反力计算,不考虑侧墙与土的摩擦阻力。内力计算可按单跨或多跨板计算。沉井底板的边界支承条件,可根据沉井侧墙及底梁的预留凹槽和是否有水平插筋的具体情况确定,在边界有预留受力钢筋时,可视为固定支承,仅预留凹槽时,应视为简支。

11 沉井侧墙应按下列规定分别计算:

- 1) 对沉井制作阶段,沉井的第一节侧墙应根据实际支承位置验算竖向抗裂强度;
- 2) 对沉井下沉阶段,水平应力应根据实际所承受的水、土压力,按平面结构分段进行计算,对于圆形沉井宜考虑井圈周边土压力不均匀分布;对于刃脚根部以上,高度等于该处侧墙厚度的一段侧墙,其水平力除考虑该段土压力外尚应考虑刃脚传来的水平剪力;竖向应力应校核侧墙可能出

现的最大拉力；等截面侧墙的拉力可按 $1/2 \sim 1/4$ 沉井自重计算，阶梯形侧墙应以最大拉力位置计算；

3) 对使用阶段，沉井侧墙强度应按结构及荷载的实际情况验算；

4) 当沉井作为取水建筑物的施工工作井时，如顶管、盾构等，应验算侧墙或内隔墙承受顶推力的强度。

12 沉井设计宜采用干封底。当条件不允许时也可采用不排水下沉和水下封底。水下封底混凝土根据其受力情况由计算确定，水下封底混凝土的厚度应根据基底的向上净反力按式 (9.5.12-4) 计算确定；封底混凝土板的边缘应进行冲剪验算，冲剪处的封底计算厚度应扣除附加厚度。

$$h_t = \sqrt{\frac{9.09M}{bf_t}} + h_u \quad (9.5.12-4)$$

式中： h_t ——水下封底混凝土厚度 (mm)；

M ——每米宽度最大弯矩的设计值 ($N \cdot mm$)；

b ——计算宽度 (mm)，可取 1000mm；

f_t ——混凝土抗拉强度设计值 (N/mm^2)；

h_u ——附加厚度 (mm)，可取 300mm~500mm。

9.5.13 水泵房采用地下连续墙施工方案时，施工阶段的结构设计应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的相关规定，当地下连续墙作为永久结构的一部分时，应按叠合结构设计。

9.5.14 水泵房地基与基础应符合下列规定：

1 水泵房的地基应根据工程地质和水文地质勘测资料、结构类型、施工和使用条件等要求进行设计；

2 计算作用在水泵房地下部分的土压力时，对黏性土宜同时计及内摩擦角 φ 和内聚力 c 的作用；

3 水泵房应进行以下稳定验算：

1) 抗浮稳定；

- 2) 抗滑稳定;
- 3) 抗倾稳定;
- 4) 必要时应验算地基深层的滑动, 可采用圆弧法;
- 5) 在地基中有软弱夹层可能引起构造滑移时, 还应验算沿软弱层底面的滑移。

4 抗浮稳定验算应分别按施工和使用两个阶段计算, 并按实际可能出现的最高水位进行验算, 抗浮稳定应满足公式(9.5.14-1)的要求; 当采用沉井施工方案时, 当封底混凝土与底板间有拉结钢筋等可靠连接时, 封底混凝土的自重可作为沉井抗浮重量的一部分:

$$G_k / F_{fw,k}^b \geq k_{fw} \quad (9.5.14-1)$$

式中: k_{fw} ——水泵房抗浮稳定安全系数, 可按本规范表 9.5.1 的规定选用;

G_k ——水泵房自重标准值, 不包括设备重、使用及安装荷载(kN);

$F_{fw,k}^b$ ——基底的水浮托力标准值(kN), 对于岩石地基时, $F_{fw,k}^b$ 可按式(9.5.14-2)计算。

$$F_{fw,k}^b = \eta \gamma_w V_0 \quad (9.5.14-2)$$

式中: γ_w ——水的重度(kN/m³);

V_0 ——建筑物淹没在水位以下部分的体积(m³);

η ——浮力作用面积系数, 可根据岩石的构造情况、建筑物底板与基岩接合面的施工条件确定, 亦可参考相似工程的已有经验确定, 可取 0.7~1.0。

5 位于江(河、湖、海、水库)岸的水泵房, 若前后两面水平力作用相差较大, 应按下列要求验算水泵房的滑移和倾覆稳定性:

1) 抗滑稳定应满足下式要求:

$$(\eta E_{pk} + F_{bf,k}) / E_{cp,k} \geq k_s \quad (9.5.14-3)$$

式中: k_s ——水泵房抗滑移系数, 可按本规范表 9.5.1 的规定选用;

η ——被动土压力利用系数；

E_{pk} ——水泵房前侧被动土压力标准值之和(kN)；

$F_{bf,k}$ ——水泵房底面有效摩阻力标准值之和(kN)；

$E_{ep,k}$ ——水泵房后侧主动土压力标准值之和(kN)。

2) 抗倾稳定应满足下式要求：

$$\sum M_{aov,k} / \sum M_{ov,k} \geq k_{ov} \quad (9.5.14-4)$$

式中： k_{ov} ——水泵房抗倾覆稳定系数，可按本规范表 9.5.1 的规定选用；

$\sum M_{aov,k}$ ——水泵房抗倾覆弯矩标准值之和(kN)；

$\sum M_{ov,k}$ ——水泵房倾覆弯矩标准值之和(kN)。

6 建筑物连同土体一起沿圆弧滑动时，应满足下式要求：

$$\frac{M_l}{M} \geq K_{cs} \quad (9.5.14-5)$$

式中： K_{cs} ——圆弧滑动稳定安全系数，可按本规范表 9.5.1 的规定选用；

M_l ——总抗滑力矩标准值；

M ——总滑动力矩标准值。

7 按圆弧滑裂面验算稳定时，应考虑水位降落期和渗流稳定期两种设计状况，并可采用简化法计算。土层的计算指标可按下列要求确定：

1) 浸润线以上用土体采用自然重度；浸润线以下、静水位以上计算滑动力时，采用用土体的饱和重度；计算抗滑力时，采用用土体的浮重度；静水位以下采用土体的浮重度；

2) 计算水位降落期时，土的抗剪强度采用饱和固结不排水的 φ 、 c 试验资料标准值。计算渗流稳定期时，土的抗剪强度采用固结排水的 φ' 、 c' 有效强度试验资料标准值。

8 水泵房应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 进行地基承载力验算和沉降验算；

9 软弱地基上的建筑物地下部分埋置较深时，应计及基坑开

挖时引起地基的回弹及在加荷后产生的地基的附加沉降量,附加沉降量可结合经验估计;

10 水泵房修建在软弱地基上时,应在建筑物四角设置沉降观测点,进行定期观测;

11 水泵房修建在岩石地基上时,可采用锚杆基础,岩石锚杆基础的设计应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 执行;

12 岩石地区的水泵房应按最高设计水位的水压力进行设计。距江河、湖泊或海洋较远,且属非淹没的水泵房,通过论证水压力可考虑 0.7~1.0 的折减系数;

13 岩石侧压力应根据具体情况按下列原则计算:

- 1) 基坑开挖较大时,可按回填土料的抗剪指标计算土压力;
- 2) 基坑较小时,且基本为垂直开挖时,可按计及了岩石构造因素后的岩石相似内摩擦角,用松散体土压力公式计算;
- 3) 基坑开挖后具有稳定岩石边坡时,可按有限范围内填土的土压力理论计算;
- 4) 基坑后坡有岩层构造上的滑裂面时,应验算滑体的压力。

14 岩石地基上的水泵房,底板与垫层间宜设置隔离层;

15 岩石地基上的水泵房宜设置外模。

9.5.15 沉井下的桩基宜采用钻孔灌注柱,桩的最小中心距应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的要求,并满足桩基到沉井井墙的最小距离要求。

9.5.16 建筑和构造应符合下列规定:

1 水泵房电气操作层和立式水泵电机层的地面宜采用水泥基地面或地砖地面;其他可采用水泥地面;

2 水泵房的墙面处理要求应符合下列规定:

- 1) $\pm 0.00\text{m}$ 层以上的内墙可用涂料罩面;
- 2) $\pm 0.00\text{m}$ 层以上的外墙面应根据周围环境条件确定。

3 水泵房宜采用钢塑窗或铝合金窗;根据具体情况,进出设

备的大门可选用彩钢门或电动卷帘门；

4 水泵房±0.00m 层以下部分,当为现浇式钢筋混凝土结构时,岩石地基伸缩缝最大间距不宜超过 25m,非岩石地基不宜超过 40m,有可靠论证和措施时,可不受限制；

5 水泵房±0.00m 层以下的钢筋混凝土墙板的厚度应按计算确定；同时还应根据地基情况,结构物的形式、水力梯度、耐久性、防渗、防冻及施工运行等因素决定,正常情况下可按照表 9.5.16-1 的规定采用；

表 9.5.16-1 外墙厚度

地(水)下部分的深度 $H(m)$	外墙厚度(m)
$H=4\sim6$	0.3~0.5
$H=6\sim10$	0.5~0.8
$H<4;H>10$	根据具体情况确定

注：底板厚度不宜小于外墙的最大厚度。

6 混凝土保护层最小厚度应按表 9.5.16-2 的规定采用；

表 9.5.16-2 混凝土保护层最小厚度

项次	构件类别	环境条件类别					
		一	二 a	二 b	三 a	三 b	四
1	板、壳	15	20	25	30	40	10
2	梁、柱	20	25	35	40	50	50
3	底板、墙板、墩、基础	—	40	50	50	60	60

注：1 直接与地基土接触的结构底层钢筋,保护层厚度应适当增大。

2 有抗冲耐磨要求的结构面层钢筋,保护层厚度应适当增大。

3 混凝土强度等级不低于 C20 且浇筑质量有保证的预制构件或薄板,保护层厚度可按表中数值减小 5mm。

4 钢筋表面涂塑或结构外表面敷设永久性涂料或面层时,保护层厚度可适当减小。

5 钢筋端头保护层不应小于 15mm。

6 严寒和寒冷地区受冰冻的部位,保护层厚度还应符合现行国家标准《水工建筑物抗冰冻设计规范》GB/T 50662 的规定。

7 环境条件类别划分按本规范表 9.1.15-1 注 1 的规定确定。

7 水泵房的地(水)下部分不宜留施工缝。当必须留施工缝时,应符合下列规定:

- 1)施工缝位置应设在应力较小的断面内;
- 2)墙身不得留垂直施工缝,设计预留的临时宽缝除外;
- 3)墙身水平施工缝的位置宜高于底板 500mm;
- 4)墙身留有孔洞时,施工缝应距孔洞边缘 300mm 以外;
- 5)底板不得留施工缝;当必须留施工缝时,应采取有效的处理措施;
- 6)施工缝应按现行的施工验收规范的要求处理。

8 水泵房±0.00m 层以下钢筋混凝土结构,墙板的竖向钢筋直径不宜小于12mm,水平钢筋直径不宜小于 10mm,底板内的钢筋直径不宜小于 10mm;

9 水泵房±0.00m 层以下钢筋混凝土结构,可在施工期间设置临时宽缝(后浇带)。临时宽缝应设置在受力最小处,并应采取处理措施。后浇带应在其两侧混凝土龄期达到 42d 后再施工,后浇带宽度宜为 800mm~1000mm;

10 泵房敞口壁板顶端宜配置水平向加强钢筋。水平向加强钢筋内外两侧各不应少于 3 根,间距不宜大于 100mm,直径不应小于壁板受力钢筋,且不宜小于 16mm;

11 沉井平面宜对称布置,矩形沉井的长宽比不宜大于 2;

12 沉井平面重心位置宜布置在对称轴上,平面重心的竖向连线宜为竖直线;

13 大型沉井分节制作时,对上节沉井井壁应增加水平构造钢筋;

14 沉井平面分格净尺寸不宜小于 3m;沉井作为顶管或盾构工作井时,分格尺寸应满足施工工艺要求;

15 沉井刃脚的踏面底宽宜为 $(1/3 \sim 1/2)$ 刃脚根部厚,刃脚斜面与水平面夹角宜为 $50^\circ \sim 60^\circ$;当遇坚硬土层时,刃脚斜面与水平面夹角应取 60° ,并宜在刃脚的踏面外缘端部设置钢板护角;

16 沉井的封底应符合下列规定：

- 1) 通过降水进行干封底时,应待封底混凝土强度等级达到设计要求后,方可停止降水;
- 2) 对水下封底混凝土,待强度等级达到设计要求后,方可将井内水抽除。

17 分节制作的沉井应符合下列规定：

- 1) 沉井分节浇筑时,每节高度宜采用 5m~6m,底节沉井高度宜采用 4m~6m;
- 2) 沉井井壁上端的环向或水平向钢筋应加强。竖向框架在沉井下沉前应形成封闭体系。

18 当沉井分节施工时,应考虑上节混凝土施工时,下节混凝土凝固后对其约束作用,防止因温度差的非均匀变形所产生的拉应力使上节混凝土结构物出现裂缝。沉井的第一节混凝土应达到设计强度,其他各节达到设计强度的 70% 以上,方可下沉。

10 管、沟、渠和调蓄构筑物

10.1 一般规定

10.1.1 管、沟、渠路线的选择应符合下列规定：

- 1 宜缩短管、沟、渠长度,减少穿越障碍物,避开地形、地质不利地段,并宜沿现有或规划道路敷设;
- 2 应减少拆迁,少占良地,少毁植被,保护环境;
- 3 应便于施工、维护,节省造价,运行安全可靠;
- 4 穿越铁路和公路的管道应按铁路或公路行业技术规定设计。

10.1.2 输水设计应符合下列规定：

- 1 清水输送应选用管道;原水输送宜选用管道或隧洞;当采用明渠输送原水时,应有可靠的防止水质污染和水量流失的安全措施;
- 2 应保证在各种设计工况下,运行中的输水管道系统任何部位不发生弥合水锤。限制负压的排气阀应选用注气微排阀。

10.1.3 渠道的设计应符合下列规定：

- 1 渠道纵坡和断面尺寸应根据地形、地质、水力、输沙能力和工程量等条件通过技术经济比较确定,并应满足输水流量、行水安全、渠床不冲、不淤和工程量小等要求;
- 2 明渠转弯处中心线的弯曲半径不宜小于设计水面宽度的5倍;盖板渠和铺砌明渠可采用不小于设计水面宽度的2.5倍;
- 3 渠线最小转弯半径可按下式计算:

$$R_{\min} = 1.1v^2 \sqrt{\omega} + 12 \quad (10.1.3)$$

式中: R_{\min} ——渠线最小转弯半径(m);

v ——渠道过水断面平均流速(m/s);

ω ——渠道过水断面面积(m^2)。

4 在确定渠道最高水位时,应计及渠道因泥沙淤积和冰凌阻塞等因素所引起的水位壅高;渠道顶部宜高出最高水位 0.5m~0.7m;渠道应设置防止因水位突然升高而引起漫溢渠顶的泄水建筑物;

5 渠道与山洪沟或泄水建筑物交叉时,不得将山洪沟引入渠道;当渠道通过山坡地带时,应设置截洪沟将地面水引走;当渠道通过平地时,应在渠道两边设截流设施;

6 渠道相邻纵坡或边坡变化不宜过大,由此引起相邻渠段的最大正常水深差不宜超过 200mm;流速差不宜超过 1/5;当不能满足要求时,应设置渐变段。

10.1.4 渠道与涵洞、管道连接时,应符合下列规定:

1 渠道接入涵洞时,应考虑断面收缩、流速变化等因素造成明渠水面壅高的影响;

2 涵洞断面应按渠道设计最大水量计算;

3 涵洞两端应设挡土墙,并护坡和护底;

4 涵洞宜为方形,当为圆形时,管底可低于渠底,其降低部分不计入过水断面;

5 与管道连接处应设挡土墙等衔接设施,渠道接入管道处应设置格栅。

10.1.5 输水管、沟材质的选择应按下列规定确定:

1 输水管道材质应根据工艺要求、输送介质、管径、内压、外部荷载和管道敷设区的地形、地质、管材的供应,按照运行安全、耐久、减少漏损、施工和维护方便、经济合理的原则,进行技术、经济、安全等综合分析确定;

2 输送淡水的循环水压力管道宜采用钢管、钢筋混凝土管或预应力钢筒混凝土管;输送海水的循环水压力管道宜采用玻璃钢管、预应力钢筒混凝土管、内外喷塑或涂塑钢管等,也可采用带阴极保护的钢管;

3 输送再生水的补给水管宜采用预应力混凝土管、预应力钢筋混凝土管、钢塑复合管、球墨铸铁管、内外喷塑或涂塑钢管等；输送淡水的补给水管宜采用钢管、钢塑复合管、球墨铸铁管等；输送海水的补给水管宜采用钢塑复合管、内外喷塑或涂塑钢管、带阴极保护的钢管等；

4 工作压力小于 0.6MPa 的管道可采用承插式管道，工作压力大于 0.8MPa 的管道宜选用钢管；

5 自流管、沟宜采用钢筋混凝土结构。

10.1.6 管、沟、渠的经济断面应根据系统优化计算确定。在初步选择断面尺寸时，流速应根据下列条件选择：

1 对于压力管，当管径小于 1000mm 时，宜采用 1.0m/s~1.5m/s；当管径为 1000mm~1600mm 时，宜采用 1.5m/s~2.0m/s；当管径大于 1600mm 时，宜采用 2.0m/s~3.0m/s；

2 钢筋混凝土自流沟道宜采用 1.0m/s~2.5m/s，当地形、地质条件合适时，虹吸井后排水沟流速可酌情提高；钢筋混凝土压力沟道宜采用 2.0m/s~3.0m/s；

3 水源为江河的直流供水系统或补给水系统，其管、沟的流速宜大于泥沙的不淤流速；

4 水源为海水的供水系统应考虑防止海生物对循环水管沟的黏附，循环水管流速不宜小于 3.0m/s，循环水沟流速不宜小于 2.5m/s；

5 渠道不冲流速应根据渠床土壤性质、护面种类及水深确定；渠道不淤流速应根据渠道水流的含砂量及其颗粒组成、渠道过水断面等因素确定，但不宜低于 0.5m/s。

10.1.7 管线宜沿道路布置，地下管线宜敷设在道路行车部分以外。当布置受到限制时，局部地段可敷设在道路的行车部分内，但应具备不开挖路面进行检修的条件。在厂区内管径大于或等于 1600mm 的钢管，且布置受到限制时，允许布置在道路的行车部分内。明敷露天管线宜与厂区综合管架统一布置，在保证管道整体

稳定的同时,应有调节管道伸缩设施及根据需要采取防冻保温措施。管、沟中心线宜低于土壤的最大冰冻深度线。

10.1.8 地下输水管、沟的水平净距应符合下列规定:

1 输水管、沟布置在主厂房附近管沟比较集中的地带时,自流沟间的净距以及压力管、沟与自流沟间的净距可按不小于0.8m确定;当管径小于1000mm时,压力管间的净距不宜小于0.6m;当管径为1000mm~2000mm时,压力管间的净距不宜小于0.7m;当管径大于2000mm时,压力管间的净距不宜小于0.8m;

2 厂外输水管、沟的净距应根据施工、检修和地形地质等条件确定;当管径或沟宽为1400mm及以下时可采用0.8m,当管径或沟宽大于1400mm时可采用1.0m;

3 输水管、沟与其他地下管、沟之间的最小水平净距宜满足现行国家标准《室外给水设计规范》GB 50013的规定,承插式压力管以承插口外缘计算净距。

10.1.9 地下输水管、沟的垂直净距应符合下列规定:

1 宜满足现行国家标准《室外给水设计规范》GB 50013的规定;

2 管、沟穿越道路时,管、沟顶面与道路面的距离不宜小于1.0m;穿越铁路时,管沟顶面与轨底的距离不应小于1.2m,并宜设有防护措施;管、沟穿越道路和铁路时,应符合其主管部门的规定与要求。

10.1.10 管道穿越河流时应符合下列规定:

1 可采用管桥或穿越河底等型式;有条件时应利用已有桥梁或结合新建桥梁进行架设;

2 当为单水源供水时,穿越河底的管道在过河处应敷设2条;当一条停止运行时,另一条应能通过100%设计流量;

3 穿越河底管道宜避开锚地,其管顶距河底的埋设深度应根据冲刷条件确定,但不应小于0.5m;在航道和可能通航的水域内

布置管道时,其顶部设置深度应按现行国家标准《内河通航标准》GB 50139 的规定确定,并应有防止冲刷的设施;

4 应有当地航道及航运、水利管理部门的书面同意文件,并应在两岸设置标志。

10.1.11 管线综合布置应符合下列规定:

1 敷设和检修时不宜相互影响;

2 管道破坏时水质不宜受影响,并不应影响附近建筑物、构筑物的基础;

3 宜遵循水质从好到坏,在垂向上从上到下布置;

4 厂区内管、沟、渠进行综合布置,碰撞调整避让时应遵循压力管、沟避让重力管、沟,小管径压力管避让大管径压力管等原则。

10.1.12 在洪水期有可能发生倒灌的排水系统,应采取防止洪水倒灌至厂区的措施。

10.1.13 当采用补给水自流入循环水沟的混流式供水系统时,沟井标高应根据最不利运行条件确定。在沟中应设置保证循环水泵吸水头所需水位的监视装置或设施。

10.1.14 采用直流供水系统时,母管制宜采用集中虹吸井,单元制宜采用分建式虹吸井。在初期和远期集中虹吸井堰上水头相差较大时,宜有调整堰顶标高的措施。在虹吸井堰壁下的适当位置宜设置排泥孔或放空孔。

10.1.15 沟道应设立必要的便于检修、清淤和分期施工的检查井与闸门井,并宜采用相同型式与尺寸的闸门。检查井的沿程间距不宜大于 400m。

10.1.16 直径 1400mm 及以上的压力管可设立检查孔。其间距根据管段布置情况、是否输送海水等因素而定,每条管道不宜少于 2 个。

10.1.17 循环水系统宜设置流量测量井,也可根据工程需要设置流量计量装置。

10.1.18 敷设在永冻土、膨胀土、湿陷性黄土、地震区、断层或断

裂带等特殊地区的管、沟、渠应按现行行业标准《冻土地区建筑地基基础设计规范》JGJ 118、现行国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112 及《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025 等的规定设计。

10.1.19 自流沟及其井设施应有在水泵突然停运时防止水体漫溢的措施。

10.1.20 输配水管道的地基、基础、垫层、回填土压实度等的要求应根据管材的性质及其连接方式,结合管道埋设处的具体情况按现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332、《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 和现行行业标准《电力建设施工技术规范 第9部分:水工结构工程》DL 5190.9 的规定确定。

10.1.21 压力管道应进行水压试验,无压管道应进行严密性试验。管道试验压力及试验要求应根据管道材质、工作压力确定,并应符合现行行业标准《电力建设施工技术规范 第5部分:管道及系统》DL 5190.5 和现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的规定。循环水系统地下钢管的试验压力应符合本规范第 10.4.17 条的规定。阀门及附件的选择应与管道的试验压力相适应。

10.1.22 钢管及铸铁管应采取防腐措施。钢管的涂层设计应符合现行行业标准《电力工程地下金属构筑物防腐技术导则》DL/T 5394、《火力发电厂保温油漆设计规程》DL/T 5072 的规定。

10.2 管、沟、渠水力计算

10.2.1 钢筋混凝土压力管、进排水沟道、渠道及采用水泥砂浆内衬的金属管道可按下列公式进行基本水力计算:

$$v = C \sqrt{Ri} \quad (10.2.1-1)$$

$$q = \omega C \sqrt{Ri} \quad (10.2.1-2)$$

$$C = \frac{1}{n}R^y \tag{10.2.1-3}$$

$$R = \frac{\omega}{X} \tag{10.2.1-4}$$

$$y = 2.5\sqrt{n} - 0.75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0.1) - 0.13 \tag{10.2.1-5}$$

式中： v ——平均流速(m/s)；
 q ——设计流量(m³/s)；
 C ——流速系数；
 R ——水力半径；
 i ——水力坡降；
 ω ——过水断面面积(m²)；
 X ——湿周(m)；
 y ——指数，式(10.2.1-5)适用于 R 大于或等于 0.1 且小于或等于 3.0， n 大于或等于 0.011 且小于或等于 0.040；管道计算时， y 可取 1/6，也可近似选用，当 R 小于 1m 时， y 为 $1.5n^{1/2}$ ；当 R 等于 1m 时， y 为 $1.4n^{1/2}$ ；当 R 大于 1m 时， y 为 $1.3n^{1/2}$ ；
 n ——粗糙系数，钢筋混凝土压力管和水泥砂浆抹面的钢筋混凝土沟道可采用 0.013~0.014，不抹面的钢筋混凝土沟道可采用 0.014~0.015；渠道宜按表 10.2.1 的规定取值。

表 10.2.1 渠道粗糙系数 n 值

床面性质	n 值	
	最大	最小
不加衬砌的岩石	0.045	0.025
土渠(按维护条件而定)	0.030	0.020
混凝土及钢筋混凝土护面	0.018	0.013
砌石护面	0.030	0.017
卵石护面	0.030	0.020

10.2.2 当采用虹吸井时，虹吸利用高度应根据当地最低气压、凝

汽器换热后最高水温和凝汽器出口至虹吸井溢流堰之间的水流阻力,通过计算确定。凝汽器出口最高点的绝对压力不宜低于20kPa,可采用20kPa~30kPa。设计时可按照本规范附录B的规定确定虹吸井的几何尺寸并进行水力计算。

10.2.3 玻璃钢管、玻璃钢夹砂管、塑料管、钢塑复合管、内外喷或涂塑钢管及采用涂料内防腐的金属管沿程水头损失可按下列公式计算:

$$h_y = \lambda \cdot \frac{l}{d_i} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (10.2.3-1)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left[\frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{\Delta}{3.72 d_i} \right] \quad (10.2.3-2)$$

$$\lambda = \frac{0.304}{Re^{0.239}} \quad (10.2.3-3)$$

$$Re = \frac{v d_i}{\nu} \quad (10.2.3-4)$$

$$\nu = \frac{1.775}{1 + 0.0337t + 0.00022t^2} \times 10^{-6} \quad (10.2.3-5)$$

式中: h_y —管道沿程水头损失(m);

λ —沿程阻力系数,式(10.2.3-3)适用于管径不大于630mm的塑料管;

l —管道长度(m);

d_i —管道的计算内径(m);

v —管道内流速(m/s);

g —重力加速度(m/s²);

Δ —当量粗糙度(m),可由厂家提供;

Re —雷诺数;

t ——输送介质温度(℃);

ν ——水的运动黏滞系数(m²/s);在10℃时, ν 取 1.31×10^{-6} m²/s;在20℃时, ν 取 1.005×10^{-6} m²/s。

10.2.4 管径小于或等于2.0m的清水输配水管道的水力坡降可

按下式计算：

$$i = \frac{h_y}{l} = \frac{10.67q^{1.852}}{C_h^{1.852}d_j^{4.87}} \tag{10.2.4}$$

式中： C_h ——海澄—威廉系数。

10.2.5 管沟的局部水头损失宜按下式计算：

$$h_j = \sum \xi \frac{v^2}{2g} \tag{10.2.5}$$

式中： h_j ——局部水头损失(m)；

ξ ——局部阻力系数。

10.2.6 压力钢管局部阻力损失计算宜采用本规范附录 C 中所列的阻力系数。

10.3 钢筋混凝土管、沟及附属建筑物

10.3.1 钢筋混凝土管、沟及附属建筑物的结构构件可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 及《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 进行设计。

10.3.2 对于输水管、沟及附属建筑物的地(水)下结构的钢筋混凝土构件,除根据使用条件进行强度计算外,尚应进行抗裂或裂缝宽度的验算。

10.3.3 管、沟及附属建筑物的混凝土强度及抗渗等级宜根据设计使用条件选定,应符合表 10.3.3 的要求。

表 10.3.3 混凝土强度等级

序号	名 称	混凝土强度等级	混凝土抗渗等级
1	预应力钢筋混凝土压力管	不低于 C40	W8
2	预制钢筋混凝土压力管	不低于 C30	W8
3	预制钢筋混凝土无压管	不低于 C30	W1
4	现浇钢筋混凝土压力管	不低于 C30	W8
5	现浇钢筋混凝土无压管、沟及管、沟的附属建筑物	不低于 C25	W1

注：寒冷地区外露构件应符合本规范第 9.1.15 条的抗冻等级规定。

10.3.4 输送海水的钢筋混凝土管、沟及其附属构筑物的水泥品种宜采用普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥,熟料中铝酸三钙(C₃A)含量不宜超过8%,且水泥用量、水胶比应符合港口工程技术规范有关规定要求。

10.3.5 钢筋混凝土压力管、沟及管、沟附属建筑物所用的非预应力钢筋宜用HPB300级和HRB400级热轧钢筋;预应力混凝土压力管的环向预应力钢筋宜采用直径4mm~9mm的碳素(高强)钢丝;纵向预应力钢筋可采用刻痕(高强)钢丝、或直径为8mm~12mm的热处理(高强)钢筋。

10.3.6 现浇钢筋混凝土压力管、沟侧壁环向钢筋的混凝土保护层厚度不应小于30mm,现浇钢筋混凝土无压管、沟及附属构筑物受力钢筋的混凝土保护层厚度不应小于25mm,处于海水中的钢筋混凝土管、沟及其附属构筑物,钢筋的混凝土保护层厚度应按现行行业标准《水运工程混凝土结构设计规范》JTS 151执行。埋设在盐碱地、海水或对管体有侵蚀地段的管、沟,应采取防腐措施。

10.3.7 预制钢筋混凝土压力管柔性接头的圆形止水橡胶圈、现浇地下沟道和管道的伸缩缝橡胶止水带和塑料止水带的物理力学性能应符合表10.3.7-1~表10.3.7-3的要求。

表 10.3.7-1 圆形止水橡胶圈物理力学性能

项 目	指 标
硬度(邵尔 A 度)	45°~55°
伸长率	≥500%
拉断强度	≥16MPa
永久变形	≤20%
老化系数(70℃,144h)	≥0.8

注:大直径预应力压力管的橡胶圈硬度宜为60°左右。

表 10.3.7-2 橡胶止水带物理力学性能

项 目			天然橡胶	合成橡胶
硬度(邵尔 A. 度)			60±5	60±5
拉伸强度(MPa)			≥18	≥16
扯断伸长率(%)			≥450	≥400
定伸永久变形(%)			≤20	≤25
压缩永久变形		70 C×24h(%)	≤35	≤35
		23 C×168h(%)	≤20	≤20
撕裂强度(N mm ²)			≥35	≥35
脆性温度(C)			≤-15	≤-40
热空气老化	70 C×72h	硬度变化(邵尔 A. 度)	≤+8	—
		拉伸强度变化率(降低)(%)	≤10	—
		伸长率变化率(降低)(%)	≤20	
	70 C×96h	硬度变化(邵尔 A. 度)	—	≤+8
		拉伸强度变化率(降低)(%)	—	≤10
		伸长率变化率(降低)(%)	—	≤20
臭氧老化		50pphm 20% 48h	2 级	0 级

注：当有特殊需要时，可由供需双方协商，增加检测项目。

表 10.3.7-3 塑料止水带物理力学性能

项 目		指 标
抗拉强度(MPa)		≥12
定伸强度(MPa)		≥4.5
相对伸长率(%)		≥300
扯断永久变形(%)		≤50
硬度(邵尔 A. 度)		70±5
耐寒(C)		-45
热老化系数 (70 C×360h)	抗拉强度变化系数	0.95
	相对伸长率变化系数	0.95

10.3.8 钢筋混凝土管、沟及附属建筑物的结构构件荷载效应组合及其荷载分项系数、组合系数、准永久值系数等应按现行国家标

准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 的规定执行。结构稳定计算时各荷载分项系数可取 1.0。

10.3.9 地下钢筋混凝土管、沟的垂直土压力计算应分别按下列规定进行：

1 钢筋混凝土管道可根据具体情况按上埋式或沟埋式计算。当管径大于 1000mm 且管顶覆土小于管径时，应计及上部拱顶腔内全部回填土的壓力(图 10.3.9)；当管顶覆土大于管径时，管顶上覆土压力的计算可根据回填材料、压实系数、基槽宽度、施工周期等实际情况确定；

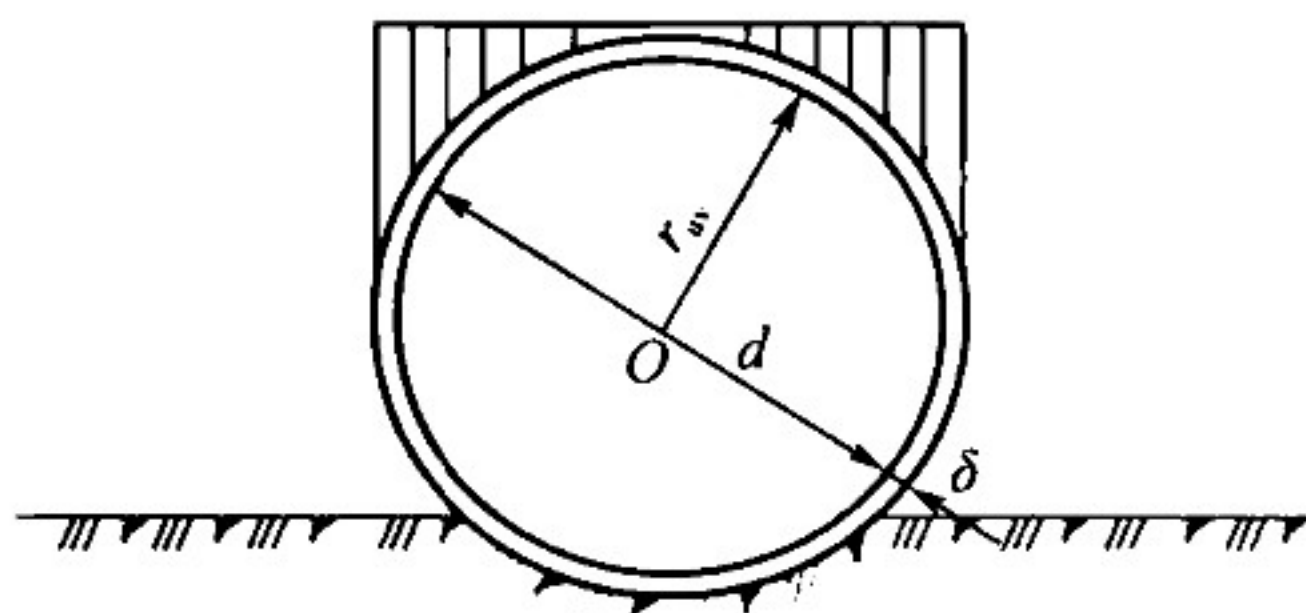


图 10.3.9 管上腔内回填土荷载图

2 钢筋混凝土沟道的沟顶垂直土压力应乘以 1.1~1.2 的垂直土压力集中系数。

10.3.10 地下钢筋混凝土输水管、沟宜按偏心受压和偏心受拉计算结构构件截面。

10.3.11 计算现浇钢筋混凝土压力管的纵向应力时，应考虑纵向拉应力及纵向挠曲应力的总和。各项纵向内力可按下列因素确定：

1 由温度影响产生的纵向拉力标准值可按下列公式计算：

$$F_{1k} = 2\pi\gamma_{av}\delta E_c\alpha_c\Delta t \quad (10.3.11-1)$$

式中： F_{1k} ——由温度影响产生的纵向拉力标准值(kN)；

γ_{av} ——管的平均半径(m)；

δ ——管壁厚度(m);

α_c ——混凝土线胀系数, α_c 可取 $10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$;

E_c ——混凝土弹性模量(kPa);

Δt ——闭合温度与运行期的温差($^\circ\text{C}$)。

2 由内水压力产生的纵向拉力标准值可按下式计算:

$$F_{2k} = \nu_c \frac{\pi d^2}{2} P_0 \quad (10.3.11-2)$$

式中: F_{2k} ——由内水压力产生的纵向拉力标准值(kN);

ν_c ——混凝土的泊松比, ν_c 可取 0.2;

P_0 ——管道内压力标准值(kPa);

d ——管内径(m)。

3 因温度影响管道纵向变形时回填土对管壁的摩擦力标准值可按下式计算:

$$F_k = \frac{1}{8} n_0 \pi \mu L [2(1 + q_1/q_2) G_2 + G] \quad (10.3.11-3)$$

式中: F_k ——因温度影响管道纵向变形时回填土对管壁的摩擦力标准值(kN);

μ ——管壁与土壤的摩擦系数;

L ——柔性接口间距(m);

q_1 ——侧向单位土压力(kPa);

q_2 ——垂直单位土压力(kPa);

G_2 ——管道单位长度上总垂直土压力(kN/m);

G ——管道单位长度的自重及水重之和(kN/m);

n_0 ——因摩擦系数选用不当和其他难于估计到的不利因素而考虑的过载系数, n_0 不小于 1.5。

4 当 F_{1k} 与 F_{2k} 之和大于 F_k 时,可按 F_k 计算纵向拉力;当 F_{1k} 与 F_{2k} 之和小于 F_k 时,可按 F_{1k} 与 F_{2k} 之和计算纵向拉力;

5 由不均布的地面荷载或填土压力所产生的纵向挠曲应力可按弹性地基梁进行计算。

10.3.12 在钢筋混凝土压力管的转弯处,内压使管道产生的纵向拉力标准值 F_{3k} (kN)可按式(10.3.12-1)计算。若管道本身不能承受此内力时则应设置固定支墩,支墩的作用力标准值 F_{1k} (kN)可按式(10.3.12-2)计算。当土质较好且有可靠措施时,支墩的稳定计算可考虑被动土压力。

$$F_{3k} = \frac{\pi d^2}{4} P_0 \quad (10.3.12-1)$$

$$F_{1k} = 2F_{3k} \sin \frac{\alpha}{2} \quad (10.3.12-2)$$

式中: P_0 ——管道内压力标准值(kPa);

α ——管道转弯处的转角($^\circ$);

d ——管内径(m)。

10.3.13 现浇钢筋混凝土沟道伸缩缝的间距应根据当地气温条件,地基特性,沟道材料、断面尺寸、覆土高度,施工方法与施工季节等因素确定,宜采用20m~30m。当采取措施经论证后,伸缩缝间距可以增大。建在岩石地基上的沟道宜用隔离层将沟道与垫层隔开。

10.3.14 现浇钢筋混凝土管柔性接口的间距应按纵向应力计算确定,且不宜大于25m。当有可靠措施减小纵向应力时,其间距可适当加大。现浇钢筋混凝土管与其混凝土垫层之间宜设隔离层。

10.3.15 纵向钢筋的最小配筋率每侧不宜小于0.2%,钢筋直径不宜小于8mm。

10.3.16 现浇钢筋混凝土管、沟在可能产生不均匀沉降的两种地基土壤交界处或通过铁路、公路、堤坝和其他固定建筑物的两端应设置柔性接口或沉降缝。

10.3.17 现浇钢筋混凝土压力管道的管壁厚度不宜小于250mm,现浇钢筋混凝土无压沟道及管、沟附属建筑物的壁厚不宜小于150mm。

10.3.18 预制钢筋混凝土压力管,在转角及分叉处宜采用钢管配件或铸铁管配件,并设置固定支墩。当水平转角小于管节允许相对转角时可不设支墩,但应将管受力一边的土壤分层夯实,预应力管的允许相对转角可按表 10.3.18 的规定采用。

表 10.3.18 预应力管的允许相对转角

公称直径(mm)	允许相对转角(°)
400~700	1.5
800~1400	1.0
1600~3000	0.5

10.3.19 选择工厂生产的承插式预应力钢筋混凝土管,其承载能力应与实际使用条件相符。当不符时,可采取增加管基包角、采用混凝土管基和提高胸腔回填土质量等措施提高管体的承载能力,并应通过计算论证。

10.3.20 预应力钢筋混凝土压力管的基础应根据地质条件,可敷设在粗砂、砂砾石垫层上或其他型式的刚性基础上。

10.3.21 钢筋混凝土管、沟试验压力应符合下列规定:

1 钢筋混凝土压力管工作压力小于或等于 600kPa 时,应为工作压力的 1.5 倍;工作压力大于 600kPa 时,应为工作压力加 300kPa;

2 钢筋混凝土无压管、沟应作灌水试验,试验水头宜灌至井顶为止。如有可能承受一定水压时,应根据实际压力值选择灌水高度。

10.3.22 大直径预制管应先对接头逐个试压。预制管线应覆土至管中心标高分段试压,待试压合格后,再全部回填土,进行全线试压。现浇地下管道和地下沟道试压前,不宜回填土。

10.3.23 管、沟施工完毕应及时试压回填,防止浮管。

10.4 钢 管

10.4.1 钢管可按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 及

《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 的规定进行设计。

10.4.2 钢管的敷设宜避开崩坍、滑坡地区等不稳定土层、可能产生流砂现象的地段、淤泥、人工填土、湿陷性黄土、永冻土、膨胀土等不良的地基地段,当必须敷设在这些地段时,应采取保证管道施工及运行安全的工程措施。

10.4.3 压力钢管的钢材宜采用 Q235 钢,经综合技术经济比较合理时,也可采用 Q345 钢。其质量应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB 700 和《低合金高强度结构钢》GB 1591 的要求。手工焊接 Q235 钢宜采用 E43 系列焊条,焊接 Q345 钢宜采用 E50 系列焊条。自动焊接或半自动焊接采用的焊丝或焊剂应与主体金属强度相适应。管道的切割、焊接应符合现行行业标准《火力发电厂焊接技术规程》DL/T 869 中的规定。需现场制作的管道、管件及管道附件加工配置要求应按照现行行业标准《电力建设施工技术规范 第 8 部分:加工配制》DL 5190.8 中的规定执行。

10.4.4 架空钢管支座间的距离应根据管材的强度和允许挠度经计算确定,允许挠度可采用支座间距的 $1/250$,强度和挠度计算可按现行行业标准《自承式给水钢管跨越结构设计规程》CECS 214 的规定进行。

10.4.5 地下钢管的荷载、荷载效应组合及其荷载分项系数、组合系数、准永久值系数等应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 执行。

10.4.6 计算地下钢管的上压力时,设有刚性环的管道垂直土压集中系数 K_c 宜取 1.2,不设刚性环的管道 K_c 宜取 1.0。

10.4.7 对于湿冷机组,计算地下钢管应力时的闭合温差 Δt 可取 $\pm 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

10.4.8 地下钢管应进行稳定计算,计算时各荷载分项系数取 1.0,并按下列公式计算:

$$\frac{P_{cr}}{P_k} \geq K_s \quad (10.4.8-1)$$

$$P_k = P_{vk} + P_{rk} + P_{zk} \quad (10.4.8-2)$$

式中: K_s ——环向稳定性抗力系数,当不考虑水平主动土压力作用时可取 2.0;

P_{cr} ——管壁或刚性环的临界压力(kPa);

P_k ——管道总的外压力标准值(kPa);

P_{vk} ——垂直土压力标准值(kPa);

P_{rk} ——车辆移动荷载或地面活荷载标准值(kPa);

P_{zk} ——管内真空压力标准值(kPa)。

10.4.9 地下钢管应进行强度计算,并应符合下列规定:

1 钢管管壁截面的最大组合折算应力应满足下列公式要求:

$$\eta\sigma_0 \leq f \quad (10.4.9-1)$$

$$\eta\sigma_x \leq f \quad (10.4.9-2)$$

$$\gamma_0\sigma \leq f \quad (10.4.9-3)$$

$$\sigma = \eta \sqrt{\sigma_0^2 + \sigma_x^2 - \sigma_0\sigma_x} \quad (10.4.9-4)$$

式中: σ_0 ——钢管管壁横截面最大环向应力(N/mm²);

σ_x ——钢管管壁的纵向应力(N/mm²);

η ——组合应力折减系数,可取 0.9;

γ_0 ——管道的重要性系数,宜取 1.0;

f ——钢材强度设计值(N/mm²)。

2 钢管管壁横截面的最大环向应力 σ_0 可按下列公式计算:

$$\sigma_0 = \frac{N}{b_0 t_0} + \frac{6M}{b_0 t_0^2} \quad (10.4.9-5)$$

$$N = \varphi_c \gamma_Q F_{wd,k} r_0 b_0 \quad (10.4.9-6)$$

$$M = \varphi \frac{(\gamma_{G1} k_{gm} G_{1k} + \gamma_{G,sv} k_{vm} F_{sv,k} D_1 + \gamma_{Gw} k_{wm} G_{wk} + \gamma_Q \varphi_c k_{vm} q_{1k} D_1) r_0 b_0}{1 + 0.732 \frac{E_d}{E_p} \left(\frac{r_0}{t_0} \right)^3} \quad (10.4.9-7)$$

式中： N ——在荷载组合作用下钢管管壁截面上的最大环向轴力设计值(N)；

M ——在荷载组合作用下钢管管壁截面上的最大环向弯矩设计值(N·mm)；

b_0 ——管壁计算宽度(mm)；

t_0 ——管壁计算厚度(mm)，使用期间 t_0 取管壁厚减 2mm，施工及试验期间 t_0 取管壁厚；

r_0 ——管的计算半径(mm)；

φ ——弯矩折减系数，有内水压时取 0.7，无内水压时取 1.0；

φ_c ——可变作用组合系数，可取 0.9；

E_d ——钢管管侧原状土的变形模量(N/mm²)；

E_p ——钢管管材弹性模量(N/mm²)；

k_{gm} ——钢管管道结构自重作用下管壁截面的最大弯矩系数，可按表 10.4.9 的规定确定；

k_{vm} ——钢管竖向土压力作用下管壁截面的最大弯矩系数，可按表 10.4.9 的规定确定；

k_{wm} ——钢管管内水重作用下管壁截面的最大弯矩系数，可按表 10.4.9 的规定确定；

γ_Q ——可变作用的分项系数，可取 1.4；

γ_{G1} ——管道结构自重作用分项系数，可取 1.2；

$\gamma_{G,sv}$ ——竖向水土压力作用分项系数，可取 1.27；

γ_{Gw} ——管内水重作用分项系数，可取 1.2；

D_1 ——管外壁直径(mm)；

$F_{wd,k}$ ——管内水压力标准值(MPa)；

$F_{sv,k}$ ——竖向水土压力标准值(kN/m)；

G_{1k} ——管道结构自重标准值(kN/m)；

G_{wk} ——管内水重标准值(kN/m)；

q_{ik} ——地面堆载和车载的较大标准值(kN/m²)。

表 10.4.9 弯矩系数和竖向变形系数

荷载类别		系数	土弧基础计算中心角 2α				
			20°	60°	90°	120°	150°
弯矩系数	管道自重	k_{gm}	0.202	0.134	0.102	0.083	0.077
	管内水重	k_{wm}	0.202	0.134	0.102	0.083	0.077
	竖向土压力	k_{vm}	0.255	0.189	0.157	0.138	0.128
变形系数	竖向土压力	k_b	0.109	0.103	0.096	0.089	0.085

10.4.10 地下钢管应按准永久组合进行刚度计算,钢管的竖向允许变形值可按下列公式计算:

$$\epsilon = D_1 \frac{K_b r_0^3 (F_{vk} + 2\psi_q P_{rk} r_0)}{E_p I_p + 0.061 E_d r_0^3} \leqslant 0.03D \sim 0.035D$$

(10.4.10-1)

$$I_p = b\delta^3/12$$

(10.4.10-2)

式中:ε——管道竖向允许变形值(m);
 D₁— 变形滞后效应系数,可取 1.00~1.50;
 K_b— 管道变形系数,应根据管的敷设基础中心角按表 10.4.9 的规定确定;
 r₀— 圆管结构的计算半径,即管中心至管壁中线的距离(m);
 F_{vk}— 单位长度的垂直土压力标准值(kN/m);
 ψ_q— 准永久值系数;
 E_p — 钢材的弹性模量(kPa);
 E_d — 管侧土的综合变形模量(kPa);
 D — 管道的计算直径,可取管壁中线直径(m);
 I_p — 管壁的惯性矩(m⁴);
 b——管壁计算宽度(m);
 δ——管壁的厚度(m)。

10.4.11 钢管的构造和施工应符合下列规定:

1 应考虑钢管长期运行的锈蚀和制造上的允许误差,采用的管壁结构厚度应比计算厚度大,Q235 钢应比计算厚度大 2mm,

Q345 钢应比计算厚度大 1mm;用 Q235 钢制作的钢管管壁最小结构厚度 δ 应满足本规范附录 D 的要求;

2 管段纵向焊缝不得设在管道垂直直径和水平直径的四个端点处;各管段的纵向焊缝应错开布置,错开距离沿管壁弧长不应小于 500mm;

3 管壁所有焊缝应采用对口焊;手工焊接时应作成 V 形切口;当管径大于或等于 1200mm 时,应进行封底焊。在所有焊缝处不宜焊接短管或开孔;

4 刚性环的接口位置应位于与管道垂直直径或水平直径成 45°中心角处,刚性环与管壁连接的两侧应满焊;

5 管壁上不得开矩形孔洞;

6 管道椭圆度不应超过 $0.01DN$,在管节的安装端部不得超过 $0.005DN$;对接管管壁切口的不吻合值,不应超过管壁厚度的 $1/4$;

7 严格控制沟槽内管节间底部现场焊缝质量,其探伤检测数量应按 100%提出要求。

10.4.12 钢管内外表面应作防腐涂层。防腐涂层的设计应符合下列要求:

1 埋地钢管应按防腐等级进行防腐涂层设计。涂层防腐等级应根据土壤环境和输送介质条件、钢管管径、管材及管道的重要性等因素确定,可按本规范附录 E 的规定选用;

2 钢管内表面防腐等级不宜超过加强防腐;

3 明敷钢管应根据大气对钢管表面的腐蚀程度进行涂层设计。涂料、干膜厚度、涂覆道数及干膜总厚度应根据其所处的环境、涂料性能以及要求的防腐蚀年限选用,并应考虑日照、低温条件下的老化等问题;

4 钢管面漆颜色应按照现行行业标准《火力发电厂保温油漆设计规程》DL/T 5072 的规定确定。

10.4.13 钢管表面除锈应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表

面处理表面清洁度的目视评定》GB/T 8923 的相关要求。对于大口径循环水钢管宜采用喷射或酸洗除锈,最低除锈等级应达到 $Sa 2\frac{1}{2}$ 。

10.4.14 与海水接触的钢管应采取防腐涂层和阴极保护措施。新建管道区域内的土壤电阻率小于 $20\Omega \cdot m$ 时,埋地钢管应采取防腐涂层和阴极保护联合防腐。

10.4.15 阴极保护应遵循现行国家标准《滨海电厂海水冷却水系统牺牲阳极阴极保护》GB/T 16166、《滨海设施外加电流阴极保护系统》GB/T 17005、《铝-锌-铟系合金牺牲阳极》GB 4948、《铝-锌-铟系合金牺牲阳极化学分析方法》GB 4949、《锌-铝-镉合金牺牲阳极》GB 4950 的规定。

10.4.16 钢管采用牺牲阳极的阴极保护方式时,牺牲阳极块的设计保护年限应根据工程条件确定,对于循环水钢管内表面设计保护年限不宜少于 10 年,钢管外表面设计保护年限宜为 30 年。循环水钢管内表面不易检修时,牺牲阳极块设计保护年限可与钢管外表面一致。

10.4.17 钢管应进行水压试验。循环水系统地下钢管试验压力应为工作压力的 1.25 倍,且不应小于 $0.4MPa$ 。

10.4.18 明敷钢管的镇墩和支墩宜采用混凝土结构,混凝土强度等级不宜低于 C20。在寒冷地区,墩底应深埋在冻土线以下。

10.4.19 寒冷地区的明敷钢管应有防止钢管、通气管和伸缩节等设备结冰的可靠措施。运行时管内流速不得小于结冰流速。停机时管道应放空。

10.4.20 明敷钢管的镇墩和支墩应进行抗倾覆稳定验算和抗滑移稳定验算。抗倾覆稳定安全系数应大于 1.10,抗滑移稳定安全系数应大于 1.05。镇、支墩地基应坚实、稳定。地基应力最大值不应超过地基承载力,墩体尺寸应有利于使基础应力趋于均匀分布。镇、支墩若置于土基、半岩基上,除应满足承载力及稳定等要

求外,应分析基础不均匀沉陷对钢管内力的影响。

10.5 渠道和渠道建筑物

10.5.1 渠床为渗透性土壤时,应根据渠道的运行条件,选用适当的护面和采取相应的防渗措施。

渠道的渗漏损失应根据相似地区的实测资料进行计算,当缺乏实测资料时,可根据下列条件计算确定:

1 渠床位于地下水埋藏很深的均质土壤时,可按下式计算:

$$q_v = 0.0116(B + 2hK_i)K_f \quad (10.5.1-1)$$

式中: q_v ——渠道上的渗漏损失量 $[\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{km})]$;

B ——渠道水面宽(m);

h ——渠道水深(m);

K_i ——第一类全椭圆积分比值,可按表 10.5.1-1 的规定采用;

K_f ——渗透系数(m/d),缺乏资料时可按表 10.5.1-2 的规定采用。

表 10.5.1-1 K_i 值

B/h	$2K_i$			B/h	$2K_i$		
	$m=1$	$m=1.5$	$m=2$		$m=1$	$m=1.5$	$m=2$
2	2.0		—	8	3.4	3.0	2.7
3	2.4	1.9		10	3.7	3.2	2.9
4	2.7	2.2	1.8	15	4.0	3.6	3.3
5	3.0	2.5	2.1	20	4.2	3.9	3.6
6	3.2	2.7	2.3	30	4.8	4.4	3.9

注: m 为渠道水下边坡系数。

表 10.5.1-2 渗透系数 K_f

渠道性质	$K_f(\text{m/d})$
透水性小的渠道(黏土,粉质黏土)	0.01~0.05
中等透水的渠道(粉土,黄土)	0.05~0.40
透水性大的渠道(粉土,黄土)	0.40~1.00

2 对于各类土壤的渠床,每公里长渠段上的渗漏损失百分率也可按下式估算:

$$\sigma = \frac{K_A}{q_v^k} \tag{10.5.1-2}$$

式中: σ ——每公里渠道上的渗漏损失率(%);
 q_v ——渠道上的过水流量(m^3/s);
 K_A 、 k ——系数和指数,根据土壤透水情况可按表 10.5.1-3 的规定采用。

表 10.5.1-3 土壤透水性的系数和指数

土壤透水性	强	中上	中	中下	弱
K_A	3.40	2.65	1.90	1.30	0.70
k	0.50	0.54	0.40	0.35	0.30

3 有防渗措施的渠道渗漏损失可按下式计算:

$$q'_v = a' q_v \tag{10.5.1-3}$$

式中: q'_v ——有防渗措施时每公里渠道上的渗漏损失[$\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{km})$];
 a' ——减少系数;渠槽翻松夯实厚度大于 0.5m 时,可取 0.3~0.2;渠槽原土夯实影响深度 0.4m 时,取 0.7~0.5;灰土夯实时,可取 0.15~0.10;混凝土护面时,可取 0.15~0.05;黏土护面时,可取 0.40~0.20。

10.5.2 渠道横断面宜采用梯形或多级梯形,当地形条件限制时,也可以采用矩形。当梯形渠道挖方较深时,应设马道,马道宽可采用 1.0m~1.5m。

10.5.3 马道应有坡向渠岸的横向坡度。沿马道与边坡交界处应设排水边沟,每隔 100m~150m 宜设横向排水槽,并应采取将水引入渠中的措施。

10.5.4 渠道边坡应根据工程地质与水文地质条件、运行水位变化等因素,通过计算并结合当地已有的渠道边坡研究确定。

当渠道挖方深度小于 5m 且地质构造简单、无显著引起渠坡破坏的因素存在时,渠道水下边坡系数可按表 10.5.4 的规定选取。

表 10.5.4 渠道水下边坡系数

土 壤 种 类	边 坡 系 数
良好的岩石	0~0.25
风化的及软弱的岩石	0.25~1.00
密实的黏土、粉质黏土、密实的非湿陷性黄土	1.00~1.50
砾石碎石土类	1.00~1.50
砂类土	2.00~2.50
松软的黏土、粉土	2.00~3.00
细砂	3.00~4.00 或更大

10.5.5 核算边坡稳定时,土壤的容重 γ 、内摩擦角 φ 及内聚力 c 应按本规范第 9.5.14 条第 7 款的规定采用。

10.5.6 进、排水渠道的边坡稳定安全系数 K 可取不小于 1.15。

10.5.7 渠堤的设计应符合下列规定:

- 1 宜采用黏性土料填筑;
- 2 在严寒或黏性土壤缺乏的地区,应采用混合式渠堤断面,纯黏土、淤泥、冻土、粉砂以及含有机质及可溶性盐类总量超过 8% 的土壤不得用作筑堤材料;
- 3 填方渠堤顶应设向外坡度,防止冲淋渠内坡;
- 4 堤顶宽度不应小于 1.5m,严寒地区不应小于 2.0m。

10.5.8 渠首段、渠道建筑物连接处、厂区或其他重要地段的土质渠道可采用混凝土护面。其他渠段视渠床地质、渗漏和水文气象等因素确定是否铺砌护面和护面材料。

10.5.9 砌石护面应采用强度等级不低于 MU30 的块石。浆砌块石护面所用水泥砂浆强度等级不应低于 M5。在边坡底部及转折处应设置大块石支撑。

10.5.10 现浇混凝土护面的厚度不宜小于 100mm,钢筋混凝土护面厚度不宜小于 80mm,预制混凝土或钢筋混凝土块护面的厚度可根据施工运行条件确定,混凝土等级不应低于 C20。渠道护面混凝土抗渗等级可采用 W4,严寒及寒冷地区护面混凝土的抗

冻等级宜按本规范第 9.1.15 条的规定采用。

10.5.11 混凝土护面变形缝的间距不宜大于 5m,边坡与渠底连接处应设置变形缝。变形缝应根据渠床地质情况确定止水设施型式。

10.5.12 当渠床由中等透水或微透水的黏土类土壤组成时,应注意防止土壤的冻胀、管涌、崩塌以及消除地下水和渗漏水的破坏作用,护面以下应设置砾石、砂砾或碎石垫层。垫层厚度可按下列条件选用:

- 1 地下水位较深地段宜采用 0.1m~0.2m;
- 2 地下水位较高,且可能在垫层区段内逸出渠坡的地段宜采用 0.2m~0.3m;
- 3 渠床内土层中有承压地下含水层的地段宜采用 0.3m~0.4m;
- 4 在可能发生管涌现象或有土壤颗粒从渠床内渗出的渠段,应按反滤层的原则设置垫层。

10.5.13 渠道的材料应符合下列规定:

- 1 砖石结构应采用标号不低于 MU10 号的烧结砖;石料及砂浆应符合本规范第 10.5.9 条的规定;
- 2 混凝土或钢筋混凝土结构应符合本规范第 10.5.10 条的规定;
- 3 对高流速的渠段护面和消能建筑物受水流冲刷部分的混凝土,尚应考虑抗磨要求。

10.5.14 排水明渠与河床连接处应设排水口。排水口型式可根据地形地质条件、消能及抗冲刷和散热要求等因素确定。必要时可通过物理模型试验论证。当采用陡坡或跌水消能时,上下游应有一定的直线段。

10.5.15 渠道上的进水闸与节制闸闸墩长度除应满足整体稳定外,尚应有能布置运行及检修闸槽和工作桥的位置。工作桥面宽度应满足启闭机摇杆范围以外有不少于 0.8m 宽度的通道。其他

各部分最小厚度可按下列数值采用：

1 对于边墩顶部，采用钢筋混凝土结构时可取 0.3m，采用混凝土结构时可取 0.4m，采用圬工砌体时可取 0.6m；

2 闸墩可采用 0.6m~0.8m；

3 整体式结构底板可采用 0.6m~0.8m，分离式结构底板可采用 0.4m。

10.5.16 渡槽的变形缝应设有良好的止水。在渡槽与渠道衔接处，应将渡槽槽身伸入挖方渠道一定长度，并设置专门的防渗措施。

10.5.17 渡槽支墩不宜设在河沟的主流处，并宜避免缩窄原河沟的过水断面。渡槽支墩基础的埋置深度及相应的防护措施，应结合水流对附近类似建筑物冲刷的调查情况研究确定。

10.5.18 倒虹吸管的进口处应设格栅，当倒虹吸管无检修条件时，其进出口应设闸门。倒虹吸管的进出口连接井顶部应用盖板封闭。

10.5.19 当渠道通过山坡或高地，采用深挖方法在经济上不合理且地质条件合适时，可采用隧洞作为该渠段上的输水建筑物。输水隧洞可按现行行业标准《水工隧洞设计规范》DL/T 5195 进行设计。

10.6 调蓄构筑物

10.6.1 火力发电厂的调蓄构筑物宜采用钢筋混凝土结构，可按现行国家标准《给水排水工程构筑物结构设计规范》GB 50069 或《混凝土结构设计规范》GB 50010 进行设计。

10.6.2 对于调蓄构筑物的钢筋混凝土构件，除根据使用条件进行强度计算外，尚应进行抗裂或裂缝宽度的验算。

10.6.3 调蓄构筑物混凝土强度等级应根据设计使用条件选定，钢筋混凝土强度等级不应低于 C25，预应力混凝土强度等级不应低于 C30。垫层混凝土不应低于 C15。混凝土的抗渗要求应根据

最大作用水头确定,不宜低于 W_4 。严寒地区的地面式构筑物宜设置保温设施。

10.6.4 贮存海水钢筋混凝土构筑物的水泥品种宜采用普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥,熟料中铝酸三钙(C_3A)含量不宜超过 8%,且水泥用量、水胶比应符合港口工程技术规范有关规定要求。

10.6.5 当构筑物周围土体和地下水对混凝土及钢筋有腐蚀作用时,应采取防腐措施。

10.6.6 当调蓄构筑物底板低于最高地下水位时,应进行抗浮稳定验算。上浮抵抗力包含自重(空池)和构筑物顶部的覆土重量,抗浮稳定系数不应小于 1.05。当抗浮验算不满足要求时,可采取外伸底板、加大壁厚等措施。

10.6.7 钢筋混凝土调蓄构筑物应按偏心受压和偏心受拉构件设计。

10.6.8 调蓄构筑物为清水池及水质净化处理构筑物时,结构构件的最大裂缝宽度不应大于 0.25mm;当水质具有腐蚀性时,结构构件的最大裂缝宽度不应大于 0.20mm。

10.6.9 现浇钢筋混凝土调蓄构筑物伸缩缝的间距应根据工作条件、地基特性、结构类别、断面尺寸、覆土高度、施工方法与施工季节等因素确定,露天结构宜采用 15m~20m,地下式或有保温措施时可采用 20m~30m。当采取措施经论证后,伸缩缝间距可增大。

10.6.10 现浇钢筋混凝土调蓄构筑物的壁板和底板厚度不宜小于 200mm,顶板厚度不宜小于 150mm。钢筋的混凝土保护层厚度不应小于 30mm。处于海水中的钢筋混凝土构筑物,钢筋的混凝土保护层厚度应按现行行业标准《水运工程混凝土结构设计规范》JTS 151 执行。

10.6.11 现浇钢筋混凝土调蓄构筑物池壁转角处的钢筋应有足够长度锚入相邻池壁或顶、底板内,最小锚固长度应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定采用。同时宜在转角处设置抗裂附加钢筋。敞口水池池壁顶端宜配置水平向加强

钢筋。

10.6.12 现浇钢筋混凝土调蓄构筑物池壁的拐角及与顶、底板的交接处宜设置腋角。腋角内应配置斜筋及纵向构造钢筋,斜筋直径应与池壁受力筋相同,间距可为受力筋的两倍。

10.6.13 埋地的调蓄构筑物施工时应保证施工期的抗浮稳定,施工完毕应及时试压回填。

10.7 水锤计算及消除措施

10.7.1 火力发电厂所属输水管道系统应根据管道布置、地形条件及泵站的重要性程度等情况,有选择性地进行水锤计算。

10.7.2 输水管道水锤计算应符合下列规定:

1 水锤计算应包括水泵启动、正常停泵、事故停泵及正常运行等工况条件;

2 水锤计算边界条件应根据输水系统进出口位置、构筑物型式、尺寸、高程、管路附件及其设备性能、防护设施等确定;

3 应评价原设计选择的水泵、管径、管材等有关设备及参数的合理性;

4 应给出管线沿程最高压力及最低压力包络线;

5 应给出具有代表性的管段或控制点以及特殊元件的压力、流量、水位等水力参数的变化过程线;

6 应在兼顾水泵倒转与水锤压力的前提下给出水泵出口阀门的关闭程序;

7 当水锤压力太大超过限定值或负压太严重可能引起汽化因而需要设置调压设施时,应提出合适的调压形式和设置位置,并进行修正方案计算,最终确定各种参数和运行方式。

10.7.3 正常或事故停泵瞬态特性参数不能满足下列规定时,应采取防护措施:

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;

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;

3 系统最高水锤压力不应超过水泵出口额定压力的 1.3 倍~1.5 倍;

4 输水系统任何部位不应出现水柱断裂。

10.7.4 输水管道系统可采用下列水锤防护措施:

1 注水或注空气稳压;

2 阀门调节;

3 泄水降压;

4 增大机组转动惯量。

10.7.5 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,其断流时间应满足控制反转转速和水锤防护的要求。

11 冷 却 塔

11.1 一 般 规 定

11.1.1 自然通风逆流湿式冷却塔的规模可按表 11.1.1 的规定划分。

表 11.1.1 自然通风逆流湿式冷却塔规模划分表

淋水面积 $S(\text{m}^2)$	$S < 4000$	$4000 \leq S < 8000$	$8000 \leq S < 10000$	$S \geq 10000$
塔米直径 $D(\text{m})$	< 80	$80 \sim 110$	$110 \sim 120$	≥ 120
塔高 $H(\text{m})$	< 100	$100 \sim 145$	$145 \sim 160$	≥ 160
塔体规模	小型	中型	大型	超大型

11.1.2 湿式冷却塔的塔型选择应根据循环水的水量、水温、水质和循环水系统的运行方式等使用要求,并结合当地的气象、地形和地质等自然条件、材料和设备的供应情况、场地布置和施工条件、塔与周围环境的相互影响以及建(构)筑物的安全可靠性等因素通过技术经济比较确定。

11.1.3 逆流式湿式冷却塔的进风口高度应结合进风口空气动力阻力、塔内空气流场分布、冷却塔塔体的各部分尺寸及布置、淋水填料的型式和空气动力阻力等因素,通过技术经济比较确定。高位收水冷却塔进风口面积与淋水面积比值宜为 0.35~0.50。

11.1.4 机械通风冷却塔应设有固定起吊风机设备的设施,或在周围留有可供移动起吊设施进行临时检修作业的足够空间。

11.1.5 根据不同塔的类型和具体条件,冷却塔应有通行设施、避雷保护装置、用于运行监测的仪表;自然通风冷却塔应设航空警示设施;海水冷却塔内宜设置填料淡水冲洗装置。

11.1.6 当环境对冷却塔的噪声有限制时,根据工程具体条件可采取下列降低噪声措施:

- 1 在冷却塔外设隔声屏障;
- 2 在进风口处设降噪装置;
- 3 改善配水和集水系统,降低淋水噪声;
- 4 在集水池水面处设降噪装置;
- 5 机械通风冷却塔可选用低噪声型的电机、风机设备;在塔顶设降噪装置;
- 6 采用高位收水冷却塔。

11.1.7 冷却塔周围地面应整平及铺盖。塔区周围宜设防护栏杆、围栅或围墙。

11.1.8 间接空冷塔内部地面应进行平整,并铺设不小于 100mm 碎石层。

11.1.9 间接空冷塔内或外地面宜设置排出雨水、冲洗水的排水沟。

11.1.10 湿式冷却塔参数选择、工艺及结构设计应符合现行国家标准《工业循环水冷却设计规范》GB/T 50102 的相关规定。

11.2 湿式冷却塔工艺设计

11.2.1 淋水填料的型式和材料的选择应根据冷却塔的类型、循环水的水温和水质、填料的热力特性和阻力性能、填料的物理力学性能、化学性能和稳定性等因素综合确定。用于海水的填料宜采用海生物不易附着和积聚的填料。

11.2.2 自然通风冷却塔和机械通风冷却塔均应装设除水器。除水器应选用除水效率高、风阻力小、经济、耐用的型式,材质宜采用塑料。

11.2.3 配水竖井或竖管应符合下列规定:

- 1 竖井或竖管内的水位标高应保证压力配水槽、管内的水流运行稳定;
- 2 配水竖井内应保持水流平稳,不产生旋流;
- 3 竖井或竖管应有放空措施;

4 同一单元循环水系统中各个冷却塔的竖井水位或竖管水头高程应一致;

5 冷却塔竖井高度应由配水计算确定,并在竖井最高水位上预留 1.0m~1.5m 超高。

11.2.4 湿式冷却塔配水系统设计应满足通风阻力小、能量消耗低和便于维修等要求,并应根据塔型、循环水量、水质等条件按下列要求选择:

1 逆流式冷却塔宜采用管式或管、槽结合的型式;

2 横流式冷却塔宜采用池式或管式,采用池式时,配水池顶宜设盖板或采取防止光照下滋生菌藻的措施;

3 当逆流式冷却塔采用内外围分区配水系统时,宜在配水竖井内设置闸门或虹吸装置向上层水槽引水,也可采用套筒式竖井向内区供水。

11.2.5 喷溅装置应选用结构合理、流量系数适宜、喷溅均匀和不易堵塞的型式。喷溅装置宜采用等间距 0.80m~1.50m 布置。

11.2.6 在大风地区建造的逆流式自然通风冷却塔,其填料底部至集水池水面间宜在两相互垂直的直径方向设挡风隔板,也可在进风口外设置导风装置。双侧进风的逆流式机械通风冷却塔填料底部至集水池水面之间宜在塔中心平行于进风口的轴线上设挡风隔板。

11.3 间接空冷塔工艺设计

11.3.1 间接空冷散热器可采用铝管铝翅片、钢管钢翅片、钢管铝翅片等类型,根据设计需要可采用垂直布置或水平布置,散热器位于寒冷地区时应采用塔周直立的布置方式。管束材质、长度及布置方式应根据工程具体条件,结合当地气象条件、防冻要求、散热能力和综合造价等因素,经技术经济比较后确定。

11.3.2 间接空冷塔工艺布置应符合下列规定:

1 设有地下贮水箱的间接空冷塔宜避开循环水系统中地势

较低的区域；

- 2 紧急泄水阀门前后管道的最高点应低于冷却三角最低点；
- 3 间接空冷塔扇段循环水进出支管阀门与冷却三角之间的管段应坡向放空点,放空点应靠近支管阀门；
- 4 冷却三角在塔周垂直布置时,冷却三角与空冷塔斜支柱之间距离在满足工艺要求的前提下,宜靠近布置；
- 5 空冷塔进风口高度应根据冷却三角高度和冷却三角环管、排气管布置的要求确定；
- 6 在满足热力性能和总平面布置要求的前提下,空冷塔的塔形宜满足表 11.3.2 的要求；

表 11.3.2 双曲线型间接空冷塔塔筒壳体几何尺寸推荐表

塔高与塔底 (±0.0m) 直径的比	喉部面积与 壳底面积的比	喉部高度与 塔高的比	塔顶扩散角 α_1	壳底子午线 倾角 α_D
1.0~1.5	0.40~0.60	0.75~0.85	3°~6°	14°~17°

- 7 排烟空冷塔烟道宜设在相邻两个冷却三角扇段之间,宜与冷却塔进口大门结合设置；
- 8 地下贮水箱最高水位宜在最大冻土深度以下,宜高于地下循环水环管顶标高；
- 9 扇段排气立管出口宜高于膨胀水箱底部,并不宜小于 10m。

11.3.3 间接空冷塔的工艺设计应符合下列规定：

- 1 空冷散热器水侧流速宜控制在 0.5m/s~2.0m/s；
- 2 间接空冷塔冷却三角扇段分组数量宜根据每组扇区水侧总容积、充排水时间、运行监控灵活性和安全性等方面要求综合确定；
- 3 间接空冷塔扇段循环水进出支管阀门与冷却三角之间的管段应设置检查孔；
- 4 间接空冷塔地下循环水管应设置检查孔,局部隆起段两侧

应分别设置检查孔；

5 塔内循环水管局部弯出地面的高点、冷却三角扇段进出水管阀门前后、冷却三角扇段顶部、水箱顶部应设置排气补气装置；

6 全铝散热器进出水接口应采取绝缘保护措施；

7 间接空冷循环水管充水前内壁宜采用水溶性钝化保护措施；

8 间接空冷循环水系统宜进行水力瞬变流分析，系统各部位承压应满足系统启停及故障条件下的各种工况压力波动要求；

9 间接空冷塔扇段进出水阀门、扇段排气立管、冷却三角顶部排气软管应有保温及伴热措施。

11.3.4 空冷散热器清洗系统应在机组运行或停运时对空冷散热器进行自动或手动清洗，根据不同的气候条件、环境条件等选择半自动或全自动清洗方式。

11.3.5 通过散热器的空气温升宜按下式计算：

$$\Delta\theta = \frac{Q}{m_a S_n C_{pa}} \quad (11.3.5)$$

式中： $\Delta\theta$ —空气温升(℃)；

Q —散热器热负荷(W)；

m_a —通过散热器的迎风面质量风速[kg/(m²·s)]；

S_n —散热器的迎风面面积(m²)；

C_{pa} —空气定压比热容[J/(kg·℃)]。

11.3.6 散热器的传热宜按下列公式计算：

$$Q = K \cdot S \cdot Ft \cdot \Delta t_m = Q_w \cdot c_w \cdot (t_{wi} - t_{wo}) \quad (11.3.6-1)$$

$$K = f\left(\frac{m_a}{\mu}, v\right) \quad (11.3.6-2)$$

$$\Delta t_m = \frac{|(t_{wi} - \theta_2) - (t_{wo} - \theta_1)|}{\ln \frac{\max[(t_{wi} - \theta_2), (t_{wo} - \theta_1)]}{\min[(t_{wi} - \theta_2), (t_{wo} - \theta_1)]}} \quad (11.3.6-3)$$

式中： K ——总传热系数，与水侧流速和空气侧风速有关，关系式由制造厂提供或试验给出 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})]$ ；

v ——水侧流速 (m/s) ；

μ ——空气动力黏度 $(\text{Pa} \cdot \text{s})$ ；

S ——散热器总传热面积 (m^2) ；

F_t ——非逆流换热修正系数；

Δt_m ——热水通过散热器向空气传热的对数平均温差 $(^\circ\text{C})$ ；

Q_w ——冷却水流量 (kg/s) ；

c_w ——冷却水比热容 $[\text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})]$ ；

t_{w1} ——冷却水热水温度 $(^\circ\text{C})$ ；

t_{w0} ——冷却水冷水温度 $(^\circ\text{C})$ ；

θ_1 ——散热器入口空气温度 $(^\circ\text{C})$ ；

θ_2 ——散热器出口空气温度 $(^\circ\text{C})$ 。

11.3.7 自然通风间接空冷塔的抽力宜按下式计算：

$$Z = H_c g (\rho_1 - \rho_2) \quad (11.3.7)$$

式中： Z ——空冷塔抽力 (Pa) ；

H_c ——空冷塔的有效抽风高度 (m) ；散热器在塔周垂直布置时可采用散热器中部至塔顶的垂直距离；散热器水平布置时可采用散热器顶部的平均值至塔顶的垂直距离；

g ——重力加速度 (m/s^2) ；

ρ_1 ——空冷塔外空气密度 (kg/m^3) ；

ρ_2 ——空冷塔内空气密度 (kg/m^3) 。

11.3.8 自然通风间接空冷塔的通风阻力宜按下式计算：

$$\Delta P = \sum K_j \frac{v_j^2}{2} \rho_1 \quad (11.3.8)$$

式中： ΔP ——空冷塔通风总阻力 (Pa) ；

K_j ——空冷塔各部位阻力系数；

v_j ——空气通过空冷塔各部位的流速 (m/s) ；

ρ_i ——空气通过空冷塔各部位时的密度(kg/m^3)。

11.3.9 自然通风间接空冷塔各部位的通风阻力系数应符合下列要求：

- 1 宜采用与所设计的空冷塔相同的原型塔的实测数据；
- 2 宜采用与所设计的空冷塔相似的原型塔的实测数据；
- 3 当缺乏上述数据时，可按经验方法计算。

11.3.10 计算自然通风间接空冷塔各部位的通风阻力时，宜根据空冷散热器生产厂家的资料、试验结果以及已有工程经验进行计算。

12 厂 区 给 水

12.1 一 般 规 定

12.1.1 火力发电厂厂区生产给水系统的分类应根据各生产工艺对水质、水压和水量的要求等因素,结合给水处理工艺流程并按照分质供水的原则确定。各生产给水系统的组成应根据厂区规划、净水站分期建设情况等因素综合考虑确定。

12.1.2 火力发电厂厂区应采用独立的生活给水系统。当电厂靠近有自来水供应的城镇时,宜采用城镇自来水作为电厂生活饮用水水源。生活给水系统应充分利用城镇给水管网的水压直接供水。有条件时,可采用叠压供水系统。

12.1.3 工业给水系统的设计流量和供水压力应根据其用户的要求按最大时用水量经计算确定。

12.1.4 化学生水系统的设计流量和供水压力应满足后续处理工艺设施的要求。

12.1.5 循环水补充水系统的设计流量宜按需直接补入循环水系统的最大流量计算确定。宜采用重力方式向循环水系统补水。当需要升压供给时,供水压力应经计算确定。系统应有调节补水量的措施。

12.1.6 回用水系统的设计流量及供水压力应根据可能同时用水的对象按最不利组合经计算确定。

12.1.7 生活给水系统的设计流量应根据选定的供水方式确定。当采用变频调速供水方式时,系统设计流量应采用设计秒流量;当采用高位水箱调节的供水方式时,系统设计流量应采用最大时用水量。

12.1.8 火力发电厂生活给水系统的用户应根据全厂水量平衡、

节约用水、重复使用、满足用户水质要求等原则确定,可包括下列用水项目:

- 1 职工生活用水,包括饮用水、淋浴水、洗涤水、便溺冲洗水等;
- 2 公共建筑物用水;
- 3 当居住区邻近厂区时,居住区的用水;
- 4 部分生产用水,包括各种化验室和实验室零星用水等;
- 5 未预见用水,可按各项用水组合后日用水总量的 15%~

25%计算。

12.1.9 火力发电厂内工作人员的生活用水量可采用 $35\text{L}/(\text{人}\cdot\text{班})$,其小时变化系数采用 2.5,用水使用时间为 8h。

火力发电厂工作人员的淋浴用水量可采用 $40\text{L}/(\text{人}\cdot\text{班})\sim 60\text{L}/(\text{人}\cdot\text{班})$,其延续时间为 1h。

火力发电厂最大班职工人数可按火力发电厂职工人数的 80%计。浴室使用计算人数可按最大班人数的 93%计。

12.1.10 火力发电厂厂内宿舍、食堂等各类公共建筑以及居住区的生活用水量应按现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015 中的有关规定经计算确定。

12.1.11 浇洒道路和绿地用水应根据路面种类、绿化、气候和土壤等条件确定,可采用 $2.0\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

12.1.12 建筑物生活饮用水管网上的最小服务水头应按最不利的配水点所需的水头经计算确定。

12.1.13 工业给水系统、化学生水系统、生活给水系统及回用水系统均应设贮水池、供水泵及供水管。贮水池及供水泵可与化学水处理设施合并布置。

12.1.14 消防给水系统的设计应执行现行国家标准《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229。

12.1.15 厂区各给水系统应设置水量计量装置。水量计量设施的选型和设置位置应执行现行行业标准《发电厂节水设计规程》DL/T 5513。

12.2 给水泵房

12.2.1 厂区各给水系统的供水泵可合并布置,宜设置综合水泵房,并可根据净水站分期建设情况在综合水泵房内预留必要的扩建条件。

12.2.2 选择供水泵的型号及台数时,应根据用水变化情况、水压要求、水质情况、水量调节装置容量、泵组的效率等条件综合确定。供水泵型号不宜过多,电动机电压宜一致。生产给水系统供水泵的配置应符合下列要求:

- 1 工业给水泵台数宜根据机组数量确定;
- 2 化学生水系统的供水泵台数应根据工艺专业的要求确定;
- 3 回用水泵的设置数量应根据用途、用水变化情况、水压要求及水质情况等条件综合确定;
- 4 循环水补充水当需要升压供给时,供水泵的台数宜根据机组数量确定。

12.2.3 各给水系统的供水泵应设置备用泵,备用泵的供水能力不宜小于1台主泵,备用泵宜为1台。

12.2.4 各给水系统的供水泵宜采用自灌充水。

12.2.5 水泵的选择应符合节能要求。生活水泵、回用水泵宜采用变频调速泵组;工业水泵及循环水系统补充水泵可采用变频调速泵组或通过调整开泵台数调节供水量。

12.2.6 水泵吸水管的流速应符合本规范第8.3.4条的规定。水泵出水管的流速应符合现行国家标准《室外给水设计规范》GB 50013的规定。

12.2.7 自灌式引水水泵数量为3台或3台以上时,如采用合并吸水管,其数量不应少于2条,当1条吸水管发生事故时,其余吸水管应能保证通过设计水量。吸水总管内的流速应小于1.2m/s。

12.2.8 给水泵房内的起重设备选择宜符合现行国家标准《室外给水设计规范》GB 50013的规定。

12.2.9 水泵机组的布置应符合下列规定：

1 电动机容量小于或等于 22kW 时，其机组外轮廓面与墙面之间的最小间距应为 0.8m，相邻机组外轮廓面之间的最小间距应为 0.4m；

2 对于电动机容量大于 22kW 的水泵机组，其布置应符合现行国家标准《室外给水设计规范》GB 50013 的规定；

3 水泵基础高出地面不应小于 0.10m。

12.2.10 泵房的主要通道宽度不应小于 1.2m。

12.2.11 泵房内的架空管道不得妨碍通行及跨越电气设备。

12.2.12 泵房地面层的净高应根据现行国家标准《室外给水设计规范》GB 50013 的规定确定。

12.2.13 泵房设置可以运入最大设备或部件的门不应少于 1 个。

12.2.14 水泵出水管上应装设止回阀。止回阀的阀型选择应根据止回阀的安装位置、阀前水压和关闭后的密闭性能要求等因素确定。泵房内其他阀门的设置应符合本规范第 3.0.14 条、第 8.4.12 条的规定。

12.2.15 泵房应根据具体情况设置排水、通风、照明和采暖等设施。

12.2.16 地下或半地下式泵房应设排水设施，并有备用。

12.3 供水管道及贮水池

12.3.1 厂区各生产给水系统供水干管的条数应根据火力发电厂的规划容量、水处理设施、水池及综合水泵房的分期建设情况，以及用水对象情况和厂区规划布置情况等统筹考虑确定。

12.3.2 生活给水系统的供水干管宜采用 1 条，其通流能力宜按电厂达规划容量时的需水量设计。

12.3.3 厂区各给水系统供水管道的管径应采用本规范第 12.1.8 条～第 12.1.12 条的系统设计流量及供水管道条数，根据系统水力计算，结合经济流速确定。系统水力计算方法应符合本规范第

10.2.4 条的规定。

12.3.4 供水管道材质的选择应根据其供水水质要求、管径、工作压力、管道敷设方式、外部荷载和管材供应等情况,按照运行安全、耐久、减少漏损、施工和维护方便、经济合理以及防止二次污染的原则确定。

12.3.5 金属管道应有防腐措施。管道敷设在腐蚀性较强的地质地段时,应选择耐腐蚀管材或进行防腐处理。

当金属管道敷设在有电蚀可能性的地区时,应有保护措施。

12.3.6 生活给水管道的管材及金属管道内防腐材料和承插管接口处填充料应符合现行国家标准《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》GB/T 17219 的规定。

12.3.7 非整体连接管道在垂直或水平方向转弯处、分叉处、管道端部堵头处,以及管径截面变化处,其支墩的设置应根据管径、转弯角度、管道设计内水压力和接口摩擦力,以及管道埋设处的地基和周围土质的物理力学指标等因素经计算确定。

12.3.8 供水管网应根据具体情况设置分段检修的阀门。

12.3.9 生活饮用水管网严禁与非生活饮用水的管网连接。

12.3.10 管道的埋设深度应根据土的冰冻情况、外部荷载、管材性能及与其他管道是否交叉等因素经计算确定。露天敷设管道应设调节管道伸缩设施,并有保证管道整体稳定的措施,根据需要采取防冻保温措施,且应在高处设排气阀,必要时在低处设放水阀。

12.3.11 生活饮用水管道应避免穿过毒物污染及腐蚀性地区,无法避开时,应采取保护措施。

12.3.12 管道试验压力及水压试验要求应符合现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的有关规定。

12.3.13 火力发电厂厂区内应按不同水质设置贮水池。各贮水池的有效容积应根据电厂补给水系统配置、净水站处理设施情况、用水量及消防贮水量等确定。对厂区附近的火力发电厂居住区的生活用水量应统一考虑。

12.3.14 工业水贮量不宜小于 2h~4h 的用水量;化学生水贮量不宜小于 2h 的用水量;生活水贮量不宜小于最高日用水量的 15%~20%;回用水池有效容积宜根据用水项目和用水时段分布情况以及来水情况确定。

12.3.15 生活贮水不宜与消防贮水共用贮水池。存有消防用水的贮水池的设计应按国家现行的有关消防规范执行。

12.3.16 对于要求不间断供水的给水系统,其贮水池的分格数不得少于 2 格,并应单独工作和分别排空。

12.3.17 贮水池应有保证水的流动、避免死角、防止污染、便于清洗和透气等措施。

13 原水处理系统

13.1 一般规定

13.1.1 火力发电厂净水站宜设置在电厂厂区内。当需要在厂区外自建净水站时,其站址的选择应符合下列要求,通过技术经济比较确定:

- 1 补给水系统布局合理;
- 2 不受洪水威胁;
- 3 有较好的排泥水处置条件;
- 4 有良好的工程地质条件;
- 5 有良好的卫生环境,便于设立防护地带;
- 6 少拆迁,不占或少占良田;
- 7 施工、运行和维护方便。

13.1.2 原水处理系统设计应符合下列规定:

1 应取得全部可利用水源的水质全分析资料。当采用地表水、城市再生水时,宜为近年的逐月资料,共 12 份;当采用地下水、矿区排水、海水时,宜为近年的逐季资料,共 4 份;

对于地表水和海水,应了解其水质特点、变化规律以及可能被污染的情况,并应取得多年来的含沙量、悬浮物含量资料,掌握其变化规律;对于地下水,应掌握水质的稳定性;

2 原水处理的设备、材料及滤料,包括包装、运输、价格和货源等应择优选择,药剂的选择宜参照原水水质相近的水厂运行经验,或对原水做凝聚沉淀试验,结合药剂的供应情况等,经综合比较确定;

3 扩建工程应在总结原有系统、设备布置的设计及运行经验的基础上进行设计。

13.1.3 原水处理工艺流程的选择及主要构筑物的组成应根据原水水质、设计处理能力、处理后水质要求、场地条件,并参考相似条件下的城镇水厂或工业企业处理站的运行经验或试验资料,通过技术经济比较综合研究确定。

高浊度水的处理应按现行行业标准《高浊度水给水设计规范》CJJ 40 执行。低温低浊水的处理应按现行行业标准《低温低浊水给水处理设计规程》CECS 110 执行。

13.1.4 净水构筑物的生产能力应按最高日供水量加自用水量确定,当消防补水影响到电厂的正常运行时,还应包括消防补充水量。自用水量可采用供水量的 2%~10%。当沉淀池或澄清池排泥水及滤池反冲洗水采取回用时,自用水率可适当减少。

13.1.5 净水站生产构筑物的布置应符合以下规定:

1 高程布置应充分利用原有地形条件,满足流程通畅、降低能耗、土方平衡的要求;

2 构筑物间距宜紧凑,并应满足构筑物和管线的施工要求;

3 生产构筑物间连接管道的布置应水流顺直、避免迂回。

13.1.6 并联运行的处理构筑物间的配水应均匀。构筑物之间宜根据工艺要求设置连通管或超越管。

13.1.7 主要生产构筑物及构筑物之间应通行方便,并设置栏杆、防滑梯等安全措施。

13.1.8 净水站排水宜采用重力排放。

13.1.9 净水站的排泥水应根据环保要求确定处置方式。排泥水处理后产生的废水宜作为原水回用。若排入河道、沟渠等天然水体,其水质应符合现行国家标准《污水综合排放标准》GB 8978。

过滤反洗水宜回收。

13.1.10 净水站附属建筑物的组成、面积及附属设备的选择应根据净水站的设置位置、规模、工艺流程和管理体制确定。

13.1.11 设计净水站时,应使各个构筑物或设备进行检修、清洗及部分停止工作时仍能满足用水要求。

13.1.12 厂外净水站应设置围墙,其高度可与电厂标准取得一致。

13.1.13 与混凝剂或助凝剂接触的池内壁、设备、管道和地坪应根据混凝剂或助凝剂性质采取相应的防腐措施。

水泵间、加药间、运行值班室、化验室、消毒间等主要处理室的地面宜采用水泥基地面或地砖地面。化验室、消毒间墙裙宜采用瓷砖贴面。

13.1.14 寒冷地区的净水构筑物宜建在室内或采取加盖措施,以保证净水构筑物正常运行。当采暖时,处理构筑物的室内温度可按 5°C 设计。加药间、检验室和值班室等的室内温度可按 $15^{\circ}\text{C} \sim 18^{\circ}\text{C}$ 设计。

13.1.15 药剂仓库及加药间应根据具体情况配备适当的搬运设备。

13.1.16 净水站的设备及建(构)筑物可与其他工艺系统的设施合并布置。

13.1.17 净水站中凡需控制水量和水质的各给水系统应装设必要的水量计量和水质监测设施。

13.1.18 净水站生产操作的机械化和自动化水平应从提高供水水质、经济效益和增强供水可靠性、降低能耗、改善劳动条件出发,根据工程实际条件及设备的供应情况,综合确定。对于繁重的人力操作、影响供水安全和危害人体健康的设备,宜采用机械化或自动化装置。

13.2 原水处理

13.2.1 原水处理工艺流程应根据原水水质和用户对水质的要求确定,并应符合以下要求:

1 地表水、海水的常规处理工艺宜采用混凝、沉淀或澄清,并可根据用户要求进行过滤;

2 当地表水、海水悬浮性固体和泥沙含量超过所选用沉淀或

澄清设施的进水要求时,应设置降低泥沙含量的预沉设施;

3 原水的有机物含量较高、臭味明显时,可在常规处理前增设预处理。

13.2.2 原水预沉方式的选择应根据原水含沙量及其粒径组成、沙峰持续时间、排泥要求、处理水量和水质要求等因素,结合场地条件采用沉沙、自然沉淀或凝聚沉淀。

13.2.3 混合方式的选择应考虑处理水量的变化,宜采用水力混合,也可采用机械混合。

13.2.4 絮凝池宜与沉淀池合建。絮凝池宜采用水力反应絮凝池,也可采用机械絮凝池。

13.2.5 选择沉淀池或澄清池类型时,应根据原水水质、设计规模、处理后水质要求,并考虑原水水温变化、运行方式等因素,结合排泥水处置方式及场地条件综合比较确定。火力发电厂的净水站宜采用絮凝沉淀池、机械搅拌澄清池,当处理水量及原水水质变化较大或场地紧张时,也可采用高密度沉淀池。

13.2.6 滤池型式的选择应根据设计规模、运行管理要求、进出水水质、净水构筑物高程布置及后续处理设施的要求等因素,结合场地条件综合比较确定。滤池冲洗方式的选择应根据滤料层组成、配水配气系统型式确定,可采用单水冲洗或气水冲洗。

13.2.7 沉淀、澄清及过滤设施的设置数量或能够单独排空的分格数不应少于2座(格)。用于短期、季节性处理时,可只设1座,并应设旁路。

13.2.8 原水处理的工艺设计应执行现行国家标准《室外给水设计规范》GB 50013。

13.2.9 生活饮用水必须经消毒处理,消毒设计应执行现行国家标准《室外给水设计规范》GB 50013。

13.2.10 再生水及矿区排水的处理方式应执行现行行业标准《火力发电厂再生水深度处理设计规范》DL/T 5483、《发电厂化学设计规范》DL 5068。

13.2.11 地下水除铁、除锰及除氟设计应执行现行国家标准《室外给水设计规范》GB 50013。

13.3 排泥水处理

13.3.1 净水站排泥水处理系统的规模应按保证率不小于 75%~95% 的完全处理要求确定。

13.3.2 净水站排泥水处理工艺流程应根据环保要求、场地条件及净水工艺确定,由调节、浓缩、脱水及泥饼处置四道工序或其中部分工序组成。各工序的工艺流程选择应根据总体工艺流程及电厂的具体条件确定。

13.3.3 净水站排泥水浓缩可采用重力浓缩或离心浓缩。浓缩后泥水的含固率应满足所选用脱水机械的进机浓度要求,且不宜低于 2%。

13.3.4 泥渣脱水宜采用机械脱水,设备数量不宜少于 2 套,宜按同时工作设计,并可单独运行。脱水机械的选型应根据净水站排泥水处理规模、场地条件、水源水质特征、浓缩后泥水的性质、管理能力、最终处置对脱水泥饼的要求,经综合比较后选用,可采用离心脱水机、带式压滤机、板框压滤机。

13.3.5 脱水后的泥饼宜运送至电厂贮灰场贮存。

13.3.6 排泥水处理的工艺设计应执行现行国家标准《室外给水设计规范》GB 50013。

14 厂 区 排 水

14.1 生活污水量、生产废水量和雨水量

14.1.1 火力发电厂厂内生活污水量的确定应与其用水量相协调,并应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015 的有关规定。

14.1.2 在选择居住区生活排水系统的排水定额时,可按其相应的生活给水系统用水定额的 90% 确定。

14.1.3 生产污(废)水量除应计及经常性排水量外,尚应计及非经常性排水量,水量的大小应根据生产工艺特点确定。

14.1.4 排水干管的设计流量宜按经常性排水流量加非经常性排水项目中最大一项流量计算。当有允许排放的生产废水排入雨水管道时,应将其水量计算在内。

14.1.5 雨水设计流量应按下式计算:

$$Q = q\varphi F \quad (14.1.5)$$

式中: Q ——雨水设计流量(L/s);

q ——设计暴雨强度[L/(s·hm²)];

φ ——径流系数;

F ——汇水面积(hm²)。

径流系数可按表 14.1.5 的规定采用,汇水面积的平均径流系数可按地面种类加权平均计算。

表 14.1.5 径流系数

地 面 种 类	φ
各种屋面、混凝土或沥青地面	0.85~0.95
大块石铺砌地面或沥青表面处理的碎石地面	0.55~0.65
级配碎石地面	0.40~0.50

续表 14.1.5

地面种类	φ
干砌砖石或碎石地面	0.35~0.40
非铺砌土地面	0.25~0.35
绿地	0.10~0.20
贮煤场	0.15~0.30

14.1.6 设计暴雨强度公式可采用火力发电厂所在地或邻近城市的暴雨强度公式或根据水文气象资料建立,设计暴雨强度可按下式计算:

$$q = \frac{167A_1(1 + c\lg P)}{(t + b)^n} \quad (14.1.6)$$

式中: q ——设计暴雨强度[L/(s·hm²)];

t ——降雨历时(min);

P ——设计重现期(a);

A_1 、 c 、 n 、 b ——参数,根据统计方法进行计算确定。

具有 20 年以上自动雨量记录的地区,设计暴雨强度公式应采用年最大值法,并按现行国家标准《室外排水设计规范》GB 50014 的有关规定编制。

14.1.7 火力发电厂的雨水管渠设计重现期 P 值宜选用的范围为 2 年~5 年。在同一排水系统中可采用不同的设计重现期。

14.1.8 雨水管渠的设计降雨历时应按下式计算:

$$t = t_1 + t_2 \quad (14.1.8)$$

式中: t ——降雨历时(min);

t_1 ——地面集水时间(min),应根据汇水距离、地形坡度和地面种类计算确定,可采用 5min~15min;

t_2 ——管渠内雨水流行时间(min)。

14.1.9 合流管道的总设计流量应按下式计算:

$$Q_z = Q_s + Q_g + Q_y \quad (14.1.9)$$

式中: Q_z ——总设计流量(L/s);

Q_s ——设计生活污水量(L/s);

Q_g ——设计工业废水量(L/s);

Q_y ——雨水设计流量(L/s)。

注:合流管道的雨水设计重现期可适当高于同一情况下的雨水管道设计重现期。

14.1.10 当电厂采用水力清扫输煤建筑地面时,其一次冲洗排水量可按与冲洗水量等量计算。

14.2 排水系统

14.2.1 火力发电厂各场所排出的各类污废水应按清、污分流的原则分类收集和输送,并根据其污染的程度、回用和排放的要求进行处理。设计应根据污、废水的水质和水量、处理的难易程度、回用系统对水质的要求以及减少对外排放污染物总量等因素,对污废水的合理回收利用和排放进行综合优化。对外排放水的水质必须符合国家现行相关标准的要求和环保部门的许可。

位于城市或靠近其他工业企业的火力发电厂的生活污水宜排入城市或相邻的工业企业的排水系统,其水质应符合现行行业标准《污水排入城镇下水道水质标准》CJ 343 的规定。

14.2.2 火力发电厂排水系统应根据火力发电厂规划和建设情况统一布置,分期建设。生活污水系统应按远期规划的最高日最高时设计水量设计。生产污废水输送系统应根据相关工艺的要求设计。各类排水可采用重力、压力或二者结合的方式输送到相应的污水处理站或排放,具体方式应经技术经济比较确定。

14.2.3 火力发电厂的生活污水、生产污废水及雨水的排水系统宜采用分流制。

14.3 排水管渠及附属构筑物

14.3.1 管渠的平面位置和高程应根据地形、道路情况、土质、地下水位、施工条件及原有的和规划的地下设施等因素综合确定。

14.3.2 管渠及其附属构筑物、管道接口和基础的材料应根据排

水水质、水温、冰冻情况、断面尺寸、管内外所受压力、土质、地下水位、地下水侵蚀性和施工条件等因素进行选择。

14.3.3 输送腐蚀性污水的管渠必须采用耐腐蚀材料,其接口及附属构筑物必须采取相应的防腐蚀措施。化学中和池排水不宜进入雨水管道,必须排入时,宜对雨水管、井提出防腐蚀要求。

14.3.4 当输送易造成管内沉析的污水时,管渠形式和断面的确定应考虑维护检修的方便。

14.3.5 厂区内的生产废水应根据其不同的回用和处理方法设置专用的废水管道。含有腐蚀性物质、油质或其他有害物质的废水、温度高于 40℃ 的废水应经处理合格后方可排入厂区生产废水管道系统。经常受有害物质污染的场地的雨水应经处理后接入相应的排水管道。

14.3.6 雨水管道、合流管道的设计宜采用自流排出方式。计算水体水位时,应同时考虑现有的和规划的水库等水利设施引起的水位变化情况。当受水体水位顶托时,应根据电厂重要性和积水所造成的后果,设置防潮门、闸门或泵站等设施。

14.3.7 雨水管道系统之间或合流管道系统之间可根据需要设置连通管。必要时可在连通管处设置闸槽或闸门。连通管及附设闸门井应能便于维护管理。

14.3.8 排水管渠系统中,在排水泵站和倒虹管前宜设置事故排出口。

14.3.9 变压器事故油池的容量应按最大一台变压器的油量计及。排油管管径宜按 20min 将变压器油排净选择,当变压器设有水喷雾灭火系统时,尚应计入水喷雾水量。

14.3.10 变压器事故油池的排水管管底出口标高与进水管管底标高之差值应根据计算确定。

14.3.11 油罐区的雨水排水管穿越防火堤处应设置能在堤外操纵的封闭装置。

14.3.12 灰库区的雨水排水管、沟的设计应防止灰在管、沟内的

淤积。

14.3.13 设计排水管渠时,可根据需要在适当地点设置观测和计量构筑物。对每一独立的污、废水系统或设置泵站的污、废水管道,应在总出口处设置计量设施。

14.3.14 火力发电厂全厂对外废水排放口的数量应根据环保要求确定。当火力发电厂废水与循环水排水合并对外排放时,必须在合并前装设水量水质连续监测装置。

14.3.15 排水管渠的水力计算,以及排水管道、检查井、水封井、跌水井、雨水口、出水口、倒虹吸管、渠道的设计应按现行国家标准《室外排水设计规范》GB 50014 有关规定执行。化粪池的设计应按现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015 有关规定执行。

14.4 排水泵站

14.4.1 排水泵站的设计应按现行国家标准《室外排水设计规范》GB 50014 的规定执行。

14.4.2 雨水、生活污水、生产废水的提升泵可采用潜水泵、自吸泵、长轴液下泵等泵型。

14.4.3 潜水泵的布置应符合下列规定:

- 1 集水池应设拦污栅,且宜与泵室合建;
- 2 集水池或合建泵室的布置应满足潜水泵的吸水水力条件,减少滞留或涡流;
- 3 泵室可根据需要分格设置;
- 4 在泵重大于 1 吨时,宜配备耦合装置及相应固定起吊设备;
- 5 宜按液位变化自动控制泵的运行。对于排污泵组,当水泵为自动运行时,每小时水泵的开启次数不宜超过 6 次;
- 6 水泵的动力电缆应从吊装口引入。

14.4.4 集水池的容积应根据设计流量、水泵能力和水泵工作情

况等因素确定,并应符合下列规定:

- 1 污水泵站集水池的容积,不应小于最大一台水泵 5min 的出水量;
- 2 雨水泵站或合流污水泵站集水池的容积,不应小于最大一台水泵 30s 的出水量;
- 3 污泥泵房集水池的容积应按一次排入的污泥量和污泥泵抽送能力计算确定。

15 排水处理及利用

15.1 一般规定

15.1.1 火力发电厂的各种废水和污水应经处理达标后回用或集中排放。排水的水质应符合现行国家标准《污水综合排放标准》GB 8978 的有关规定和地方综合排放标准的要求。

15.1.2 各类工业废水、脱硫废水、含煤废水、生活污水的处理和利用应根据电厂的水务管理规划和采取的节水措施进行水量平衡设计,并应符合现行行业标准《发电厂节水设计规程》DL/T 5513 的有关规定。

15.1.3 对各类非经常性废水应设置一定容积的废水贮存池(箱)收集。

15.1.4 火力发电厂的露天煤场宜设煤场雨水沉淀池,含煤废水应设独立的收集系统并进行处理回用。

15.1.5 雨水利用设施的设计、运行和管理应与电厂排水系统相协调,确保厂区不会发生内涝。

15.2 污废水处理

15.2.1 生活污水、含煤废水及其他生产废水处理应符合现行国家标准《室外排水设计规范》GB 50014 及现行行业标准《发电厂废水治理设计规范》DL/T 5046 的规定。

15.2.2 污废水处理系统的出水水质与工艺流程应根据火力发电厂的容量、重复利用及排放的要求等因素综合确定。

15.2.3 污废水处理系统的出力应根据水质、水量、排放频率、调节能力等因素综合确定。

15.2.4 火力发电厂污水处理设施的个(格)数可根据系统的重要

性、运行的连续性、检修的可能性等因素综合确定,其数量不应少于 2 个(格),应按并联工作设计。各类提升泵、加药泵及鼓风机等经常运行的转动设备应设备用。

15.2.5 设置生活污水处理设施的火力发电厂,其生活污水排水管道上可不设置化粪池。

15.3 雨水利用

15.3.1 雨水量、水质以及雨水的收集、储存、处理、回用应符合现行国家标准《室外排水设计规范》GB 50014 及《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》GB 50400 的有关规定。

15.3.2 电厂的雨水利用系统应设雨水收集、储存、处理、升压和回用水管网等设施,并应有雨水紧急外排的措施。

15.3.3 雨水回用应根据收集量、回用量、随时间的变化规律以及卫生要求等因素综合考虑确定。电厂雨水可用作景观用水、绿化用水、冲洗用水、喷洒用水,也可经过深度处理满足工业循环冷却水水质标准后用于循环水补充水、回用水等电厂工艺系统用水。

16 建筑给水排水

16.0.1 火力发电厂的建筑给水排水设计应按现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015、《民用建筑节水设计标准》GB 50555 的有关规定执行。

16.0.2 建筑给水排水设计应满足生活、生产和消防等要求,同时还应为施工安装、操作管理、维修检测及安全防护等提供便利条件。

16.0.3 必须对水量进行计量的建筑物应在引入管上装设水表。

水表应装设在管理方便、不致冻结、不受污染和不易损坏的地方。水表前后直线管段的长度应符合产品标准规定的要求。

16.0.4 严禁生活饮用水管道与大便器(槽)、小便斗(槽)采用非专用冲洗阀直接连接冲洗。

16.0.5 当生活饮用水不能保证用水需要或技术经济合理时,可采用非饮用水作为大便器(槽)和小便器(槽)的冲洗用水。

16.0.6 火力发电厂热水及饮用水供应设施的设计应根据需要和技术经济比较后确定。

16.0.7 建筑内的给水管材宜选用塑料或塑料与金属复合管、经可靠防腐处理的钢管。建筑内部排水管道应采用建筑排水塑料管及管件或柔性接口机制排水铸铁管及相应管件。当排水温度大于40℃时,应采用金属排水管或耐热塑料排水管。压力排水管道可采用耐压塑料管、金属管或钢塑复合管。

16.0.8 给水管及排水管不得穿越控制室、配电装置室等电子、电气设备间。

16.0.9 当配水点的静水压力超过0.45MPa时,宜采取减压措施。

16.0.10 火力发电厂建筑给水设施所选用的卫生器具和配件应符合现行行业标准《节水型生活用水器具》CJ 164 的有关规定。

16.0.11 火力发电厂建筑物内的集水坑积水宜压力排出。

16.0.12 火力发电厂职工食堂的含油污水应经除油设施后方许排入生活污水管道。

17 防洪(潮)堤及排洪沟

17.1 一般规定

17.1.1 防洪(潮)堤设计标准应按下列规定执行：

- 1 防洪(潮)标准应与发电厂厂区防洪标准一致,应按现行国家标准《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660 或《小型火力发电厂设计规范》GB 50049 的规定确定；
- 2 设计波浪标准应包括设计波浪的重现期和设计波高的波列累积频率,并应符合下列规定：

1)设计波浪的重现期应采用 50 年一遇；

2)设计波高的波列累积频率标准应按表 17.1.1-1 的规定执行；

表 17.1.1-1 设计波高的波列累积频率标准

防洪(潮)堤型式	部 位	计算内容	波列累积频率 $F(\%)$
直立式	防浪胸墙;墙身;闸门;闸墙	强度和稳定性	1
	基础垫层;护底块石	稳定性	5
斜坡式	防浪胸墙;墙身;闸门;闸墙;混凝土板护坡	强度和稳定性	1
	浆砌石、干砌块石、块体护坡	稳定性	13 ^a
	护底块石、块体	稳定性	13
堤前潜堤	护面块石、块体	稳定性	13

注:当平均波高 \overline{H} 与水深的比值 $d_{前}<0.3$ 时, F 宜采用 5%。

- 3 设计风速的重现期应采用 50 年一遇；
- 4 防洪(潮)堤工程的级别应根据其防洪(潮)标准按表 17.1.1-2 的规定确定。

表 17.1.1-2 防洪(潮)堤工程的级别

防洪(潮)标准[重现期(年)]	≥100	100~50	50~30
防洪(潮)堤工程的级别	1	2	3

17.1.2 防洪(潮)堤设计应符合下列规定：

1 防洪(潮)堤设计应满足稳定、渗流、变形、挡潮、防浪和抗冲刷等方面的要求，还应考虑电厂周边生态、环境以及总体景观要求；

2 应根据地形、地质、潮汐、波浪、筑堤材料和运行管理要求，分段进行堤断面设计；堤各部位的结构与尺寸应经计算和技术经济比较后确定；

3 堤结构应安全、经济、耐久，就地取材，并有利于防浪消能；断面轮廓应简单、美观、实用，便于施工和维修；

4 堤断面设计应符合下列要求：

- 1)斜坡式断面的防洪(潮)堤背水侧堤身高度大于 6m 时，背水侧坡面宜设置马道；对波浪作用强烈的堤段宜在临水侧设置消浪平台；
- 2)直立式的防洪(潮)堤断面临水侧挡墙可采用重力式、板式或空箱式挡墙支挡，背水侧回填土石料；挡墙底部基础宜采用抛石基床；挡墙材料可采用混凝土、浆砌块石等；空箱式挡墙内宜采用砂或块石充填；
- 3)混合式断面的防洪(潮)堤可用于临水侧滩面标高低、波浪大，堤身高度大于 5m 的堤段；
- 4)土石混合堤临水侧宜设置堆石棱体或袋装砂土棱体，棱体的顶高程和宽度应根据施工要求并结合消浪平台确定；
- 5)堤断面设计应满足景观、生态方面的要求。

5 堤身不同填料与土体之间应满足反滤过渡要求，反滤料可采用砂砾料和石渣或土工织物等材料；

6 应采取措施减小波浪爬高和越浪量；

7 位于地震烈度 7 度及其以上地区的电厂 1 级防洪(潮)堤工程应进行抗震设计,防洪(潮)堤的抗震设计应符合现行行业标准《水工建筑物抗震设计规范》DL 5073 的有关规定,并按本地区抗震设防烈度确定其地震作用。

17.1.3 防洪(潮)堤轴线布置应符合下列要求:

1 堤线布置应与火电厂总体规划相适应,满足火电厂总平面布置对陆域、岸线、港池的使用要求,结合地形地质、厂区外部条件综合选线,尚应满足滩涂贮灰场、出线走廊等厂外设施的布置要求;

2 防洪(潮)堤与电厂工艺设施和建(构)筑物的距离应符合有关堤安全保护距离的规定;

3 对地形、地质和潮流条件复杂的堤段,堤线布置应对防洪(潮)堤形成后因地形地貌的改变而造成滩涂、河口的冲、淤变迁进行预测,必要时进行专题研究;

4 堤线走向宜选取对防浪有利的方向,宜避开强风和波浪的正面袭击;

5 堤线布置宜利用已有旧堤线和有利地形,选择工程地质条件较好、滩面冲淤稳定的地基,宜利用岛屿、突入水中的礁石,堤前宜留有适当宽度的滩地;堤线布置宜避开古河道、古冲沟和尚未稳定的潮流沟、陡坡、深潭等水下地形和地层复杂的地段;

6 堤线布置应与入海河道的摆动范围及备用流路统一规划布局,避免影响入海河道、入海流路的管理使用;

7 堤线宜平滑顺直,避免曲折转折点过多,转折段连接应采用圆滑平顺过渡。迎浪向不宜布置成凹角,无法避免时,凹角应大于 150° 。不同断面型式衔接部位,应有相应的过渡段或过渡部位的处理措施。

17.2 防洪(潮)堤结构设计

17.2.1 堤断面型式可根据地基条件及地基处理方式选择带反压

平台的复式斜坡堤或带反压平台的均质复式斜坡堤、带反压平台或无反压平台的混合式堤、带棱体的斜坡堤或均质斜坡堤、重力式挡墙直立堤或板式或箱式挡墙直立堤。

17.2.2 堤断面基本尺度应符合下列规定：

1 堤顶设计高程应按下列规定确定：

- 1) 堤顶设计高程应根据设计高潮(水)位、波浪爬高及安全加高值按下式计算：

$$Z_p = h_p + R_F + A \quad (17.2.2)$$

式中： Z_p ——设计频率的堤顶高程(m)；

h_p ——设计频率的高潮(水)位，应按本规范第 17.1.1 条的规定确定，含风壅水面高度(m)；

R_F ——按设计波浪计算的累积频率为 F 的波浪爬高值，防洪(潮)堤按不允许越浪设计时 F 取 1%，按允许部分越浪设计时 F 取 13%，可按现行行业标准《海堤工程设计规范》SL 435 的方法计算确定(m)；

A ——安全加高值，可取 0.5m。

- 2) 堤顶设计高程宜根据断面波浪模型试验结合越浪量和波浪爬高确定；

- 3) 堤按允许部分越浪设计时，堤顶高程除按式(17.2.2)计算外，还应按现行行业标准《海堤工程设计规范》SL 435 的方法计算越浪量，越浪量不应大于允许越浪量；

- 4) 当堤顶临水侧设有稳定坚固的防浪墙时，堤顶高程可算至防浪墙顶面；不计防浪墙的堤顶高程仍应高出设计高潮(水)位 0.5 倍的 $H_{1\%}$ ，且不宜小于 0.5m；

- 5) 防洪(潮)堤设计高程应预留工后沉降量。

2 堤顶宽度应符合下列规定：

- 1) 不包括防浪墙的堤顶宽度应根据堤身整体稳定、防汛、管理、施工需要确定，不应小于表 17.2.2-1 的规定；当有车辆通行要求时，应满足道路相关规定；

表 17.2.2-1 堤顶宽度

堤工程的级别	1	2	3
堤顶宽度(m)	5	4	3

2)错车道应根据防汛和管理需要设置。堤顶宽度不大于 4.5m 时,宜在堤背水侧选择有利位置设置错车道;错车道处的路基宽度不应小于 6.5m,有效长度不应小于 20m。

3 堤两侧边坡坡比应符合下列规定:

1)边坡坡比应按整体稳定计算确定,初步拟定时可按表 17.2.2-2 的规定选取;

表 17.2.2-2 堤两侧边坡坡比表

堤 型	临水侧坡比	背水侧坡比
斜坡式	1 : 1.5~1 : 3.5	1 : 1.5~1 : 3.0
直立式	1 : 0.1~1 : 0.5	
混合式	按斜坡式和直立式	

- 2)背水侧坡面马道宽度宜为 1.5m~2m。下级坡的坡比与上级坡的坡比宜相等或略大;
- 3)临水侧消浪平台的高程宜为设计高潮位或略低于设计高潮位,平台宽度可为设计波高的 0.5 倍~2.0 倍,且不宜小于 3m;对重要的防洪(潮)堤,其消浪平台的高程和尺寸应经试验确定;
- 4)当堆石棱体后方的闭气土采用滩涂淤泥填筑时,坡比根据当地经验确定,可取 1 : 6.0~1 : 15.0;
- 5)管袋水力冲填棱体坡比可取 1 : 2.0~1 : 2.5,水力冲填土填筑坡比可取 1 : 2.5~1 : 3.0;
- 6)反压平台高度和宽度应由稳定计算确定;初步拟定时,反压平台的宽度宜为 2 倍~3 倍堤身高度,反压平台的厚度宜为堤身高度的 1/3~1/4;初级加载的厚度宜根据软土的不排水抗剪强度确定。

4 堤的防护要求应按本规范第 17.3 节的规定执行；

5 堤身防渗可采用心墙、斜墙或主堤均质黏性土等型式。防渗材料可采用黏性土、水泥土、混凝土、沥青混凝土、塑性混凝土、土工膜等材料；防渗体应满足下列构造要求：

- 1) 堤身防渗体顶高程应高于设计高潮(水)位 0.5m；
- 2) 堤身的防渗体的布设应与堤基防渗设施统筹布置,并应使两者紧密结合；
- 3) 土质防渗体的断面应自上而下逐渐加厚。其顶部最小水平宽度不宜小于 1m；
- 4) 砂、土质防渗体的顶部和斜墙的临水侧应设置保护层。保护层的厚度不应小于当地冻结深度。

6 堤身及坡面应设置排水设施,并应符合下列规定：

- 1) 堤高高于 6m 且无抗冲刷护面的土质坡面宜在堤顶、背水侧堤坡、堤脚以及堤坡与山坡或者其他建筑物结合部设置排水沟；
- 2) 非土质边坡可根据防护及排水要求设置排水沟；
- 3) 平行堤轴线的排水沟可设在马道内侧及近背水侧坡脚处；坡面竖向排水沟可每隔 50m~100m 设置一条,并应与平行堤轴向的排水沟连通；平行堤轴线的排水沟纵向坡降不宜小于 0.12%；
- 4) 按允许部分越浪设计的堤宜设置坡面纵横向排水系统,汇水的排水沟断面尺寸根据越浪量大小及边坡坡度计算确定；平行堤轴线的排水沟可设在背水侧马道或坡脚处；
- 5) 排水沟可采用砌石或混凝土结构,断面型式可采用梯形、矩形；排水沟泄水能力可按现行行业标准《海堤工程设计规范》SL 435 的规定计算确定；
- 6) 排水沟应预留 0.1m~0.2m 超高值,在转弯半径较小的堤段,凹向侧超高宜适当增加。

17.2.3 筑堤材料应符合下列规定:

1 堤工程的主要材料宜就地取材,质量要求应符合国家标准和有关规定;

2 采用淤泥质土及粉细砂作为筑堤材料时,可采取加大堤身断面、放缓边坡或堤身分层水平排水固结等措施保证堤身稳定;

3 堤身土料选用黏性土时,填筑土料含水量与最优含水量的偏差宜为 $\pm 3\%$,且不得含植物根茎等杂质,均质堤身土料和防渗土料的水溶盐含量不应大于 3% ,有机质含量不应大于 5% ;

4 用于护面、垫层、基床和挡墙结构的石料应选用强度高、质地新鲜坚硬、耐风化、具有良好抗水性的块石,页岩、泥灰岩、黏土岩以及已经风化的块石均不得使用,并应满足下列要求:

1) 石料不应成片状,无严重风化和裂纹;

2) 护面块石和需要进行夯实的基床块石单轴饱和极限抗压强度不应低于 40MPa ,垫层块石和不进行夯实的基床块石单轴饱和极限抗压强度不应低于 30MPa ;

3) 石料天然密度不宜小于 24kN/m^3 ,最大吸水率不宜大于 10% ,软化系数不宜小于 0.8 ;

4) 对于浆砌块石结构,其石料在水中浸透后的强度不应低于 40MPa ;水泥砂浆的强度等级不应低于 M15 ,当有抗冻要求时不应低于 M20 ;勾缝水泥砂浆强度等级不应低于 M20 。

5 海砂不宜作为钢筋混凝土骨料;用于素混凝土时,应进行专题论证;

6 素混凝土强度等级不宜小于 C25 ;钢筋混凝土强度等级不宜小于 C30 ;用于1级、2级防洪(潮)堤的混凝土应按照现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476或现行行业标准《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》JGJ 275进行耐久性设计;

7 反滤料、过渡层料应质地坚硬、耐风化、具有良好抗水性,

并具有要求的级配和透水性,反滤料中粒径小于 0.075mm 的颗粒含量不应超过 5%;

8 堤身或护岸结构采用充砂管袋、砂肋软体排分层吹填时,冲填土料的含泥量不宜大于 10%;

9 用于反滤、防渗、加筋的土工织物、土工膜、编织布、土工格栅等土工合成材料,应满足现行国家标准《土工合成材料应用技术规范》GB 50290 的要求;

10 对于可能发生地震液化的堤工程,堤身主要填筑材料不宜采用无黏结的粉砂、中细砂等,若采用粉砂、中细砂作为填筑材料,应进行抗震分析及采取抗震措施和防止流失的措施。

17.2.4 堤填筑标准应符合下列规定:

1 土堤的填筑密度应根据堤工程的级别、堤身结构型式、土料特性、自然条件、施工机具及施工方法等因素综合分析确定。对于港汊堵口、水中筑堤、软弱地基上的土堤,其设计填筑密度应根据采用的施工方法、土料性质及击实试验等条件,结合已建成的类似堤工程的填筑标准分析确定;

2 除淤泥及淤泥质土外的黏性土及石渣料的填筑标准应按压实度确定,压实度值应符合表 17.2.4-1 的规定;

表 17.2.4-1 黏性土压实度

堤工程的级别及高度	压 实 度
1 级堤	≥ 0.95
2 级堤和高度不低于 6m 的 3 级堤	≥ 0.93
3 级以下堤及高度低于 6m 的 3 级堤	≥ 0.91

3 当堆石棱体后方的闭气土采用滩涂淤泥填筑时,可采用薄层轮加法施工,由最低部开始水平分层填筑,均衡上升,分层厚度不宜超过 0.3m,培土间歇时间应足够。闭气土体自然密实,无特殊干密度要求;

4 砂性土的填筑标准应按相对密实度确定,相对密实度值应符合表 17.2.4-2 的规定。有抗震要求的堤应按现行行业标准《水

工建筑物抗震设计规范》DL 5073 的有关规定执行；

表 17.2.4-2 砂性土相对密实度

堤工程的级别及高度	相对密实度
1 级、2 级堤和高度不低于 6m 的 3 级堤	≥ 0.65
3 级以下堤及高度低于 6m 的 3 级堤	≥ 0.60

5 抛填块石的孔隙率应小于 30%；

6 水力充填土的设计干密度宜根据现场充填试验确定,无试验资料时可按充填土料原状土的干密度确定。

17.3 防洪(潮)堤的防护结构设计

17.3.1 防护结构设计应符合下列规定：

1 应根据堤工程的级别和型式、堤前地形、堤前水深、堤前设计波浪、越浪水量、消减波浪爬高要求、堤身填筑材料等条件确定护面型式；临水侧坡面应采用工程措施保护；对允许越浪的堤，堤顶面应采用工程措施保护，背水侧坡面可采用工程措施或生物措施保护；

2 堤的护面应满足坚固耐久、就地取材、方便施工及维护管理以及经济美观的要求；对堤线较长的堤工程，宜根据保护地段的水深、波浪和地质条件，分段设计防护结构型式；

3 对于受水流、波浪影响较大的凸、凹堤段，应加强护面结构强度；

4 浆砌块石、灌砌块石、混凝土护面和防浪墙应设置沉降缝、伸缩缝，临水侧护面以及防浪墙的沉降缝和伸缩缝可合并设置，间距宜为 8m~12m；钢筋混凝土结构分缝间距宜为 20m；

5 堤工程护坡为浆砌石、灌砌块石、现浇混凝土板等不透水面层时，应设置排水孔。排水孔孔径可采用 50mm~100mm，孔距可采用 2.0m~3.0m，宜按梅花形布置。

17.3.2 堤顶防护应符合下列规定：

1 堤顶应根据堤工程的级别、越浪标准、防汛及管理要求确

定具体的护面型式；

2 新建堤顶护面应在堤身沉降基本稳定后方可进行，期间采用过渡性工程措施保护；

3 按不允许越浪设计的堤，堤顶可采用混凝土、沥青混凝土、干砌块石、碎石、泥结石作为护面材料；

4 允许部分越浪设计的堤，堤顶应采用抗冲护面结构，不应采用碎石、泥结石作为护面材料，不宜采用沥青混凝土作为护面材料；

5 按允许部分越浪设计的堤顶部护面分缝宜适当加密，缝距宜为 5m；

6 堤顶结构应符合下列规定：

1) 防浪墙宜设置在临水侧，堤顶以上净高不宜超过 1.2m，埋置深度应满足稳定和抗冻要求，并应大于 0.5m；防浪墙应进行强度和稳定性核算；风浪大的防浪墙临水侧，宜做成反弧曲面；

2) 堤顶护面结构应根据用途和管理的要求，结合堤身土质条件进行选择；堤顶与交通或厂区道路相结合时，其路面结构应符合交通部门的有关规定，并满足厂区道路要求；

3) 在保证堤工程安全的前提下，可在堤顶防浪墙上开口，并应采取相应的防浪措施。

17.3.3 迎水面防护应符合下列规定：

1 斜坡式堤临水侧护面应采用整体性好、抗冲刷能力强、消浪效果好的护面型式，并应符合下列规定：

1) 波浪小的堤段可采用干砌块石或条石护面，其最小厚度不应小于 300mm；可采用混凝土、浆砌石框格固定干砌石来加强干砌石护坡的整体性，并应设置沉降缝。护面砌石的始末处及建筑物的交接处应采取封边措施；

- 2) 浆砌块石或灌砌块石护坡厚度不应小于 300mm;
- 3) 对不直接临水堤段, 护坡设计宜沿堤线采取生态恢复措施;
- 4) 反滤层可采用自然级配石渣铺垫, 其厚度宜为 200mm~400mm, 底部可铺土工织物;
- 5) 当设计波高大于 4m 时, 不宜选用四脚空心方块护面型式。

2 直立式堤临水侧挡墙应符合下列规定:

- 1) 挡墙基底宜设置垫层;
- 2) 挡墙应设置沉降缝、伸缩缝, 并根据需要设置排水孔;
- 3) 对原有干砌块石、浆砌块石直立式挡墙采用混凝土加固护面时, 护面厚度应根据作用的波浪大小分析确定, 且不宜小于 200mm;
- 4) 挡墙应按本规范第 17.4.2 条的规定进行稳定计算。

3 对于混合式堤临水侧护面, 斜坡面应符合斜坡式堤护面设计的有关规定, 直立墙应符合直立式堤设计的有关规定。坡面转折处宜采取加强保护措施。

17.3.4 背水面防护应符合下列规定:

1 背水侧坡面应根据是否越浪及越浪水量, 采用工程措施和生物措施相结合的方法, 对其进行保护;

2 对于按不允许越浪设计的堤, 背水侧坡可采用生物措施保护, 可选择适合本地区环境的草本植物;

3 对于按允许部分越浪设计的堤, 背水侧坡面防护应符合本规范第 17.2.2 条的有关规定。

17.4 防洪(潮)堤的稳定及沉降计算

17.4.1 防洪(潮)堤渗流及渗透稳定计算应符合下列要求:

1 防洪(潮)堤应根据实际情况进行渗流及渗透稳定计算分析, 选择经济合理的防渗、排渗设计方案;

2 应以地形地质条件、断面型式、堤高以及波浪条件基本相同为原则,将全线护岸划分为若干段,每个区段选择 1 个~2 个有代表性的断面进行渗流计算;

3 受洪水影响较大的堤渗流计算应计算下列水位的组合:

- 1) 临水侧应采用设计洪水位,背水侧应采用相应水位、低水位或无水;
- 2) 应考虑洪水降落时对临水侧堤坡稳定最不利的情况。

4 海堤或感潮河流河口段的堤渗流计算应计算下列水位的组合:

- 1) 临水侧应采用设计潮位或台风期大潮平均高潮位,背水侧应采用相应水位、低水位或无水;
- 2) 应以大潮平均高潮位计算渗流浸润线;
- 3) 应以平均潮位计算渗流量。

5 进行渗流计算时,对比较复杂的地基情况可作适当简化,并符合下列规定:

- 1) 对于渗透系数相差 5 倍以内的相邻薄土层可视为一层,采用加权平均的渗透系数作为计算依据;
- 2) 对于双层结构地基,当下卧土层的渗透系数比上层土层的渗透系数小 100 倍及以上时,可将下卧土层视为不透水层;表层为弱透水层时,可按双层地基计算;
- 3) 当直接与堤底连接的地基土层的渗透系数比堤身的渗透系数大 100 倍及以上时,可认为堤身不透水,仅对堤基按有压流进行渗透计算,堤身浸润线的位置可根据地基中的压力水头确定。

6 渗透稳定应进行以下判断和计算:

- 1) 土的渗透变形类型;
- 2) 堤身和堤基土体的渗透稳定;
- 3) 堤背水侧渗流出逸段的渗透稳定。

7 土的渗透变形类型的判定应按现行国家标准《水利水电工

程地质勘察规范》GB 50287 的有关规定执行；

8 背水侧堤坡及地基表面逸出段的渗流坡降应小于允许坡降；当出逸坡降大于允许坡降，应设置反滤层、压重等保护措施；

9 无黏性土防止渗透变形的允许坡降应以土的临界坡降除以安全系数确定，安全系数宜取 1.5～2.0。无试验资料时，无黏性土允许坡降可按表 17.4.1 的规定选用，有滤层时可适当提高。对于特别重要的堤段，其允许坡降应根据试验的临界坡降确定；

表 17.4.1 无黏性土允许坡降

渗透变形 型式	流 土 型			过渡型	管 涌 型	
	$C_u < 3$	$3 \leq C_u \leq 5$	$C_u > 5$		级配连续	级配不连续
允许坡降	0.25～0.35	0.35～0.50	0.50～0.80	0.25～0.40	0.15～0.25	0.10～0.15

注：1 C_u 为土的不均匀系数。

2 表中的数值适用于渗流出口无反滤层的情况。

10 黏性土流土型临界水力坡降接近破坏水力坡降宜按公式 (17.4.1) 计算。其允许坡降应以土的临界坡降除以安全系数确定，安全系数不宜小于 2.0。

$$J_{cr} = (G_s - 1)(1 - n) \tag{17.4.1}$$

式中： J_{cr} ——土的临界水力坡降；

G_s ——土的颗粒密度与水的密度之比；

n ——土的孔隙率(%)。

17.4.2 防洪(潮)堤的稳定计算分析应符合下列规定：

1 防洪(潮)堤应进行整体抗滑稳定分析，防浪墙的抗滑、抗倾覆稳定分析、直立式堤的挡墙抗滑、抗倾覆稳定分析和地基承载力验算；

2 堤整体抗滑稳定计算应考虑持久、短暂及地震设计状况。各种设计状况下的计算工况及其临水侧、背水侧水位组合可按表 17.4.2-1 的规定采用；

表 17.4.2-1 整体抗滑稳定计算工况
及其临水侧、背水侧水位组合

设计状况	运用情况	计算边坡	临水侧潮(水)位	背水侧水位
持久设计状况	运行期高潮位	背水坡	设计高潮(水)位	常水位
		临水坡	设计低潮(水)位或滩涂面高程	最高水位
		临水坡	设计高潮(水)位降落至压载平台顶或滩涂面高程	最高水位
短暂设计状况	施工期	背水坡	施工期高潮(水)位或设计高潮(水)位	最低水位或无水
		临水坡	施工期低潮(水)位或设计低潮(水)位或滩涂面高程	施工期最高水位
地震设计状况	地震	背水坡	平均潮(水)位	平均水位
		临水坡	平均潮(水)位	平均水位

注:1 设计低潮(水)位可采用 100 年一遇低潮(水)位。
2 施工期高潮(水)位可采用 10 年~20 年一遇高潮(水)位。

3 整体抗滑稳定计算可采用瑞典圆弧法,当地基存在软弱夹层时,应采用改良圆弧滑动法予以计算;

4 采用瑞典圆弧滑动法时,整体抗滑稳定安全系数不应小于表 17.4.2-2 规定的数值;

表 17.4.2-2 堤整体抗滑稳定安全系数

堤工程的级别		1	2	3
安全系数	持久设计状况	1.30	1.25	1.20
	短暂设计状况	1.20	1.15	1.10
	地震设计状况	1.10	1.05	1.05

注:地震计算可按现行行业标准《水工建筑物抗震设计规范》DL 5073 的有关规定执行。

5 堤抗滑稳定计算代表性断面的选取原则应将全线护岸划分为若干段,每个区段选择一个至二个有代表性的断面进行稳定

分析；

6 堤顶若有堆载、交通荷载时，应将这两种荷载按有关规范换算成堤身荷载；

7 防浪墙及直立式堤上的作用包括自重、设计潮(水)位时的静水压力、风(波)浪压力、扬压力、冰压力、土压力及地震作用等；

8 作用于防浪墙及直立式堤上的波浪作用力可按现行行业标准《海堤工程设计规范》SL 435 规定的方法计算；

9 直立式堤、防浪墙应按持久、短暂及地震设计状况设计，各种情况下的计算工况及其临水侧、背水侧水位组合可按表 17.4.2-3、表 17.4.2-4 的规定确定。计算时应根据实际情况确定计算工况和相应的水位组合；

表 17.4.2-3 直立式堤稳定计算工况
及其临水侧、背水侧水位组合

设计状况	运用情况	滑动、倾覆方向	临水侧潮(水)位	背水侧水位
持久设计状况	运行期	向临水侧	设计低潮(水)位或滩涂面高程	最高水位
短暂设计状况	施工期	向背水侧	施工期高潮(水)位或设计高潮(水)位	最低水位或无水
		向临水侧	施工期低潮(水)位或设计低潮(水)位或滩涂面高程	最高水位
地震设计状况	地震	向临水侧	平均潮(水)位	平均水位

表 17.4.2-4 防浪墙稳定计算工况及其临水侧水位

设计状况	运用情况	倾覆方向	临水侧潮(水)位
持久设计状况	运行期	向背水侧	设计高潮(水)位
地震设计状况	地震	向背水侧	平均潮(水)位
		向临水侧	平均潮(水)位

10 直立式堤及防浪墙抗滑稳定安全系数不应小于表 17.4.2-5 的规定；

表 17.4.2-5 直立式堤及防浪墙抗滑稳定安全系数

地基性质		岩 基			土 基		
堤工程的级别		1	2	3	1	2	3
安全系数	持久设计状况	1.15	1.10	1.05	1.35	1.30	1.25
	短暂设计状况	1.05	1.05	1.00	1.20	1.15	1.10
	地震设计状况	1.03	1.03	1.00	1.10	1.05	1.05

11 直立式堤的挡墙、防浪墙抗倾稳定安全系数不应小于表 17.4.2-6 的规定。

表 17.4.2-6 直立式堤的挡墙、防浪墙抗倾稳定安全系数

堤工程的级别		1	2	3
安全系数	持久设计状况	1.60	1.50	1.50
	短暂设计状况	1.50	1.40	1.40
	地震设计状况	1.40	1.30	1.30

17.4.3 沉降计算应符合下列要求：

- 1 对新建堤应计算整个堤身荷载引起的沉降,对老堤加固的沉降计算宜仅考虑新增荷载引起的沉降；
- 2 沉降计算应包括堤顶中心线处堤身和堤基的最终沉降量,并对计算结果按地区经验加以修正;对地质、荷载变化较大或不同地基处理形式的交界面等沉降敏感区尚应计算断面的沉降及沉降差；
- 3 根据堤基的地质条件、堤身的断面尺寸、地基处理方法及荷载情况等,可将堤分为若干段,每段可选取代表性断面进行沉降计算；
- 4 可取用平均低潮(水)位时的工况作为荷载计算条件进行简化计算；
- 5 堤身和堤基的最终沉降量计算应按现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286 或现行行业标准《海堤工程设计规范》SL 435 的有关规定执行；
- 6 软土地基工后沉降量应结合固结计算和类似工程经验等

综合分析确定;在堤施工过程中,当有实测沉降量~时间曲线时,可采用双曲线法通过反演计算后期沉降量。

17.5 防洪(潮)堤施工控制

17.5.1 堤防工程施工质量控制应符合现行行业标准《堤防工程施工规范》SL 260 的要求。

17.5.2 堤防工程施工期应设置必要的监测项目及监测设施,临时监测设施应与永久监测设施相结合。

17.5.3 在软土地基上筑堤时,应根据地基和堤身的沉降、水平位移及孔隙水压力等参数来控制施工加荷速率,控制标准可按表 17.5.3 的有关规定选取,或根据现场实测资料经论证后确定。

表 17.5.3 施工加荷控制标准

项 目	地基有排水通道	地基无排水通道
孔隙水压力系数	<0.6	<0.6
地表垂直沉降(mm/d)	<30	<10
地表水平位移(mm/d)	<10	<5

17.6 防洪(潮)堤运行管理要求

17.6.1 堤防工程应根据工程级别、地形地质、水文气象条件、堤型、穿堤建筑物特点按现行行业标准《堤防工程施工规范》SL 260 的要求设置安全监测项目及监测设施,进行工程安全监测,并对监测点进行维护管理。

17.6.2 堤防工程应定期进行日常检查,对检查出来的结果和问题应及时研究分析,并采取妥善的处理措施。

17.7 厂区排洪沟

17.7.1 厂区排洪沟设计标准应按现行国家标准《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660 或《小型火力发电厂设计规范》GB 50049 的规定确定。

17.7.2 排洪沟设计应符合下列规定：

- 1** 排洪沟在设计流量时,超高不应小于 0.3m;
- 2** 排洪沟的转弯半径不宜小于设计水面宽度的 5 倍;
- 3** 排水口应设消能防冲措施;
- 4** 排洪沟的纵坡及横断面设计应根据沿线的地形、地质条件,以及环境、施工等要求,通过水力计算和技术经济比较确定;
- 5** 计算方法应按本规范第 10 章的有关规定执行。

18 贮灰场及外部水力除灰管

18.1 一般规定

18.1.1 贮灰场的选址应遵循下列原则：

1 本着节约耕地和保护自然生态环境的原则，应不占、少占或缓占耕地、果园和树林，避免迁移居民；贮灰场征地应按国家有关规定和当地的具体情况办理；

2 宜选用山谷、洼地、荒地、塌陷区和废矿井等；

3 宜设在大型工矿企业和城镇的下游，并宜设在工业区和居民集中区常年主导风向的下方；

4 宜选择容积大、滞洪量少、坝体工程量小、便于布置排水建（构）筑物的地形；

5 贮灰场内或附近应贮有足够的筑坝材料，并宜有提供贮满后覆盖灰面的土源；

6 贮灰场的主要建（构）筑物地段宜具有良好的地质条件，库区宜具有良好的水文地质条件；

7 贮灰场对周围环境影响应符合现行国家环境保护法规的有关规定，并应满足当地环保要求；

8 宜具备分期分块贮灰及灰渣筑坝的条件。

18.1.2 贮灰场的容积应符合下列规定：

1 贮灰场的总容积不宜超过按贮存电厂本期设计容量、设计煤种计算的3年灰渣和脱硫副产品量；

2 当灰渣和脱硫副产品确能全部综合利用时，可按贮存本期机组容量1年灰渣量和脱硫副产品量建设事故备用贮灰场；

3 当只建设应急粉煤灰库时，灰库的容积可按贮存本期电厂容量3个月灰渣量考虑；

4 贮灰场的容积应按下列式计算：

$$V = V_{yx} + u = \frac{G \cdot t}{k \cdot \rho} + u \quad (18.1.2)$$

式中： V_{yx} ——贮灰场有效容积(m^3)；

u ——当有洪水汇入贮灰场时为洪水调洪容积(m^3)；

G ——年设计煤种的灰渣量(kg)；

t ——使用年限(a)；

k ——容积系数，其值应根据灰场运行方式选取，无资料时可选用 0.9；

ρ ——沉积灰或压实灰的干密度(kg/m^3)，其值应根据灰场运行方式选取，无资料时可选用 $1000kg/m^3$ 。

18.1.3 灰渣管管线的选择应符合下列规定：

1 应不占或少占耕地，避免通过居民区。宜沿道路、铁路、堤坝敷设；

2 灰渣管敷设应充分利用现有道路，设置便于施工和运行维护的检修道路，并不得影响农田耕作，新建检修道路宜按简易道路修筑，道路标准可按照本规范表 3.0.24 的规定采用；

3 不宜跨越河渠、道路、铁路或其他建筑物，当必须跨越时宜成直角相交。当需要修建管桥时，宜利用已有或结合新建桥梁进行架设；

4 应缩短管线长度、减少管线转角数目及纵向起伏，管线转角角度不宜大于 60° 。

18.1.4 灰场内有高压线路穿过时，最终贮灰面与架空线路间的最小净空应按本规范表 18.4.7-3 的规定执行。

18.1.5 贮灰场库区应根据环境影响评价报告书审查意见的要求设置防渗层，防渗层的防渗性能应按现行国家标准《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599 的有关规定执行，防渗膜的渗透系数不应大于 $1.0 \times 10^{-11} cm/s$ ，其厚度不应小于 0.5mm。

18.1.6 贮灰场仅供贮存火力发电厂排出的灰渣、石子煤及脱硫石膏固体废弃物,不得贮存灰渣、石子煤及脱硫石膏之外的其他废弃物。

18.2 湿式贮灰场的坝体或围堤

18.2.1 湿式贮灰场的设计标准应符合下列规定:

- 1 湿式贮灰场的设计标准应根据灰场类型、库容大小、灰坝高度和灰坝失事后对附近和下游的危害程度综合考虑确定;
- 2 山谷灰场灰坝的设计标准应按表 18.2.1-1 的规定执行;

表 18.2.1-1 山谷灰场灰坝设计标准

灰场 级别	分 级 指 标		洪水重 现期(a)		坝顶安全 加高(m)		抗滑稳定安全系数		
							外坡		内坡
	总容积 V (×10 ⁸ m ³)	最终坝高 H (m)	设计	校核	设计	校核	正常 运行 条件	非常 运行 条件	正常 运行 条件
一	V>1	H>70	100	500	1.0	0.7	1.25	1.05	1.15
二	0.1<V≤1	50<H≤70	50	200	0.7	0.5	1.20	1.05	1.15
三	0.01<V≤0.1	30<H≤50	30	100	0.5	0.3	1.15	1.00	1.15

- 注:1 用灰渣筑坝时,灰场的坝顶安全加高和抗滑稳定安全系数应按现行行业标准《火力发电厂灰渣筑坝设计规范》DL/T 5045 的规定执行;
- 2 当灰场下游有重要工矿企业和居民集中区时,通过论证可提高一级设计标准;
- 3 当坝高与总库容不相应时,宜以高者为准,当级差大于一个级别时,可按高者降低一个级别确定;
- 4 坝顶应高于堆灰标高 1.0m~1.5m。

3 滩涂灰场围堤建设标准应与当地堤防工程一致。围堤设计应按现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286 执行,其级别与当地堤防工程的级别相同。此外尚应符合表 18.2.1-2 的规定;

表 18.2.1-2 滩涂灰场围堤设计标准

灰场 级别	总容积 V (×10 ⁸ m ³)	堤内汇水 堤外潮位 重现期(a)		堤外风 浪重 现期(a)	堤顶(防浪墙顶)安全 加高(m)				抗滑稳定安全系数		
					堤外侧		堤内侧		外坡		内坡
		设计	校核	设计 校核	设计	校核	设计	校核	正常 运行 条件	非正 常运 行条 件	正常 运行 条件
一	V>0.1	50	200	50	0.4	0.0	0.7	0.5	1.20	1.05	1.15
二	V≤0.1	30	100	50	0.4	0.0	0.5	0.3	1.15	1.00	1.15

4 平原灰场围堤的设计标准应按照表 18.2.1-2 的规定执行。

18.2.2 湿式贮灰场坝体或围堤边坡抗滑稳定计算工况应符合表 18.2.2 的规定。

表 18.2.2 边坡抗滑稳定计算组合工况表

设计 状况	运用 情况	计算 边坡	山谷灰场	滩涂灰场	平原灰场
持久	正常 运行 条件	内坡	灰坝建成+尚 未贮灰	围堤建成+尚未贮灰+ 堤外设计洪水(潮)位	围堤建成+ 尚未贮灰
		外坡	灰场贮满灰+设 计洪水	围堤建成+尚未贮灰+ 堤外设计洪水(潮)位骤降	灰场贮满 灰+堤内设 计水位
				灰场贮满灰+堤内设计 水位+堤外多年平均低水 (潮)位	
短暂	非常 运行 条件	外坡	灰场贮满灰+ 校核洪水	灰场贮满灰+堤内校核 水位+堤外多年平均低水 (潮)位	灰场贮满 灰+堤内校 核水位
地震	非常 运行 条件	外坡	灰场贮满灰+ 地震	灰场贮满灰+地震+堤 外多年平均水(潮)位	灰场贮满 灰+地震

18.2.3 灰场坝体抗震计算和抗震措施应按照现行行业标准《水工建筑物抗震设计规范》DL 5073 的规定执行。

18.2.4 山谷贮灰场可考虑调洪作用。各运行阶段的调洪水深应按洪水过程线经调洪演算确定,并应保证各阶段的坝顶安全超高和坝体稳定。

18.2.5 坝轴线的布置应符合下列规定:

1 山谷贮灰场坝轴线应根据场区地形、设计容积、地质条件,并考虑后期子坝加高、排水系统、施工条件和环境影响等因素确定;

2 滩涂及平原灰场围堤轴线应考虑地形、设计容积、地质、潮(洪水)位及风浪、占地范围、施工条件和环境影响等因素。滩涂灰场围堤轴线在转折处应以曲线连接,圆曲线半径不宜小于 30m。平原灰场围堤轴线在转折处的圆曲线半径不宜小于 15m。

18.2.6 灰坝坝型应根据筑坝材料、地基条件、环保要求、施工方法、工期、造价等因素综合比较确定。山谷湿式灰场宜选择初期为透水坝分期加高的坝型。当灰坝一次建成不考虑后期加高时,可选择不透水坝。平原灰场和滩涂灰场宜选择不透水围堤。

18.2.7 坝基处理应符合下列规定:

1 坝基处理应满足渗透稳定、控制渗流量、静力和动力稳定、不均匀沉降等方面的要求,保证坝体安全运行,保护下游环境;

2 当坝基遇到下列地质现象时宜进行处理:

- 1)淤泥层或其他强度低、高压缩性的软弱土层;
- 2)地震时可能液化的土层;
- 3)湿陷性黄土;
- 4)深厚强透水土层;
- 5)岩溶;
- 6)断裂破碎、透水性强或有不稳定泥化夹层的岩石;
- 7)当灰渣滩面上不能满足加高子坝要求时。

3 地基处理措施应根据坝基地质条件,结合施工方案,经技术经济比较确定;必要时应进行试验选取经济合理的处理方法。

18.2.8 坝体与坝基、岸坡的连接应符合下列规定：

1 坝体与坝基、岸坡的连接应采取防止产生集中渗透水流和不均匀沉降的措施；

2 坝体与土质地基及岸坡连接时，应彻底清除草皮、树根及含有机质的表土；岸坡在施工期应保持自身稳定；土质岸坡清除后不应小于自然稳定边坡；坝体与岩石地基及岸坡连接时，应清除表面松动石块、积土；清理后的岸坡不宜陡于 $1:0.5$ ；

3 后期有子坝加高时，子坝坝体及其基础与岸坡的衔接处如不满足设计要求或有浮石、裂隙等不良地质现象应进行处理；凡在灰场贮灰后不便处理的地质问题应在施工初期坝时一并处理。

18.2.9 坝体应进行渗流及渗流稳定计算、沉降计算和抗滑稳定计算。坝体抗滑稳定计算应符合下列要求：

1 坝基深度不大的范围内无软弱夹层的土坝，可采用瑞典圆弧法；

2 坝基深度不大的范围内有软弱夹层的土坝，可采用改良圆弧法；

3 堆石坝坝坡的滑动稳定，可按平面或折线面计算；

4 对于有渗流的堆石坝，渗流区坝坡的滑动稳定可采用瑞典圆弧法计算；

5 当分期筑坝时，应分别对各期和最终坝体进行包含灰渣坝基在内的总体稳定计算；

6 在 7 度及以上地震区采用灰渣基础上分期筑坝时应采用有限元法对坝体和坝基进行动力分析；

7 高度在 5m 以下的土坝边坡按经验数值采用，可不作稳定计算。

18.2.10 坝体结构应符合下列规定：

1 灰坝坝顶宽度应按敷设灰管、交通道路及施工条件等要求确定，其最小宽度可按表 18.2.10 的规定采用；坝顶面可向上、下游侧或上游侧放坡，坡度宜根据降雨强度在 $1\% \sim 3\%$ 之间选择；

表 18.2.10 坝顶最小宽度

坝高(m)	<10	10~20	20~30	>30
坝顶最小宽度(m)	2.0	2.5	3.0	3.5

2 滩涂灰场的围堤应在临水面的外坡坡脚处设置防冲刷和消浪设施,并在坡脚以上部分设置护面。平原及滩涂灰场围堤的内坡可根据排水口位置、主导风向等情况设置护面;山谷灰场灰坝的坡面应有防止雨水冲刷措施。当分期筑坝时,外坡表面宜设置护面并设排水沟排除表面水,内坡表面宜设置护面;

3 灰坝高度超过 10m 时坝坡宜设置马道。第一条马道距坝底基准面不宜超过 10m,以上每隔 15m~20m 高度增设一条马道。马道的宽度不宜小于 1.5m;马道的内侧宜设置具有纵向底坡的排水沟;

4 山谷灰场灰坝下游坡面应设置上坝人行步道,上游坡面可根据需要设置;

5 坝体与岸坡连接处应设排水沟并与马道排水沟相连,排水沟宜采用浆砌石砌筑或用混凝土浇筑;

6 坝体反滤材料宜采用土工合成材料。

18.2.11 当在灰渣地基上分期用当地材料或灰渣加筑子坝时,应符合下列规定:

1 初期宜修建透水坝;当为非透水坝时宜设置排水能力较强且长期排水可靠的棱体、褥垫和盲沟等排水设施;

2 采用坝前均匀放灰并宜保持不小于 150m 干滩长度;

3 作为子坝坝基的坝前沉积区的灰渣宜采取加速排水固结的措施;

4 子坝宜设置排渗设施,并宜与初期坝排渗设施连成网络;

5 子坝的坝基和坝体应碾压密实,注意新老接合面的处理,防止出现薄弱环节;

6 地震区应充分论证,采取有效措施防止灰坝和地基液化。

18.2.12 塌陷区贮灰场的设计应根据煤矿短期和长期开采计划,

做好分期分块使用的规划设计;应合理选定坝轴线和管线走廊,并宜布置在稳定地带。

18.3 湿式贮灰场的排水、泄洪建筑物

18.3.1 贮灰场的排水和泄洪建筑物可采用分开或合并设置的方案。

18.3.2 贮灰场宜设置两个及两个以上排水溢流竖井或斜槽,其位置可根据地形、地质、运行方式、澄清效果以及灰坝加高等条件确定。排水溢流竖井或斜槽距初期坝轴线不宜小于 250m。

18.3.3 调洪灰场的泄洪量应根据调洪演算确定,可采用经溢流竖井或斜槽由一条隧洞或管道排出,也可经溢洪道排出。

18.3.4 贮灰场内澄清水排水溢流竖井或斜槽溢流堰的顶部应随堆灰高度逐渐加高,周围宜形成足够的澄清水域。

18.3.5 自岸边或坝顶至排水和泄洪建筑物宜设置简易的交通设施。

18.3.6 排水管道宜采用预制或现浇钢筋混凝土圆管,并宜敷设在良好地基上。当在软土上敷设管道时,宜进行减少管道差异沉降的地基处理。穿越坝体的排水管宜设置截水环等防止渗流破坏坝体的措施。现浇钢筋混凝土排水管宜间隔 15m~20m 设一道变形缝。预制钢筋混凝土管宜采用柔性接口。

18.3.7 排水泄洪管或排水隧洞的断面应按计算确定,现浇钢筋混凝土排水管的内径不宜小于 1.6m。排水隧洞的净高不宜小于 1.8m,净宽不宜小于 1.5m。平原灰场排水管宜采用预制钢筋混凝土管,内径不宜小于 800mm。排水泄洪管或排水隧洞的最小敷设坡度不宜小于 0.3%。

18.3.8 排水溢流竖井、斜槽和排水管道的的设计可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定执行。排洪隧洞的设计可按现行行业标准《水工隧洞设计规范》DL/T 5195 的规定执行,其等级可采用 2 级。

18.3.9 对于排洪流量特别大的山谷灰场,排洪设施可根据模型

试验确定。

18.4 灰渣管道

18.4.1 灰渣管道应根据灰水性质选用耐磨、防结垢的管材。对于灰水结垢、磨损不严重的灰渣管宜采用钢管或防结垢复合管,对于磨损严重的灰渣管宜采用钢管内衬铸石管或其他耐磨复合管。灰水回收管道宜采用钢管、复合管或预应力钢筋混凝土管。当采用钢管时,管壁厚度应经计算确定,渣管壁厚不应小于 10mm,灰管壁厚不应小于 7mm,并应采取相应的防腐蚀措施。

18.4.2 水灰场澄清水宜进行回收。回收水系统应根据地形、地质、水量、水质和贮灰场排水建筑物等条件确定。

18.4.3 长距离且工作压力较高的灰渣管道宜按分段压力设计。

18.4.4 灰渣管穿越铁路和道路时应敷设在套管中,并应符合其主管部门的规定和要求。套管可采用专用钢筋混凝土管,其内径应符合主管部门的规定,敷设在套管中的灰渣管应采用钢管或钢管内衬铸石管。当穿越几条平行的铁路或道路时,根据检修要求可在中间设置检查井或将灰渣管敷设在通行地沟内。

18.4.5 当灰渣管穿越农村大车道且需要抬高原路面时,道路的纵向坡度不应大于 6%。

18.4.6 对于灰渣管的通行地沟或隧道,其人行通道净宽宜为 0.5m,高度宜为 1.8m,并应有排水设施。

18.4.7 灰渣管架空敷设时,与铁路、公路、河道及高压线交叉的最小净空可按表 18.4.7-1、表 18.4.7-2、表 18.4.7-3 的规定采用。

表 18.4.7-1 与铁路、公路交叉的净空要求

路 别	与路面或轨顶净空(m)
人行道	2.50~3.00
公路	5.00
蒸汽及内燃牵引区段的铁路	6.00
电力牵引区段的铁路	6.55

表 18.4.7-2 与不通航和不流筏河道交叉的净空要求

与最高洪水位的净空(m)			与最高流冰面的净空 (m)
一般情况	有泥石流时	有较大漂浮物时	
0.50	1.00	1.50	0.75

注:1 洪水的设计频率可取 5%~2%,并应满足当地河道防洪需要。
2 对通航的河道应满足通航要求。

表 18.4.7-3 与高压线路交叉的净空要求

线路电压(kV)	35~110	154~220	330	500
最大弧垂时的最小垂直距离(m)	4.50	5.00	6.00	8.00

18.4.8 灰渣管敷设在明槽或不通行地沟内时,其一侧应设排水沟。排水沟的纵向坡度不应小于 0.1%。

18.4.9 灰渣管道之间、管道与沟壁或沟底之间、明敷管道与地面之间的净空均不应小于 300mm。

18.4.10 灰渣管停止运行时,应用清水将管内冲洗干净。管道应根据地形条件敷设成不小于 0.1%的纵向坡度。当管道的纵向坡度有起伏时,应根据具体情况在管道上设置排气装置,在每一最低点应设放水装置。

18.4.11 灰渣管固定支墩、管桥、高支架等可按灰渣管条数一次建成,并应预留管道分期安装的条件。

18.4.12 厂区内的灰渣管宜敷设有活动盖板的不通行地沟内。厂区外的灰渣管宜沿地面敷设;有条件时可直埋敷设,并应设置标志。

18.4.13 非直接埋入土中的钢管及复合管应进行补偿计算,管道的伸缩可采用填函式套筒伸缩节、快速管接头或连续弯头,并应符合下列规定:

1 两伸缩节间的最大距离可按下式计算:

$$L_{\max} = \frac{L_k}{\alpha_l(t_{\max} - t_{\min})}$$

(18.4.13)

式中: L_{\max} ——两伸缩节间的最大距离(m);

L_k ——伸缩节的最大伸缩长度(m),单伸缩节可取 0.2m,

双伸缩节可取 0.4m;

α_l ——管道的线膨胀系数,钢管可取 $1.2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$;

t_{\max} ——管道中灰水混合物的温度($^\circ\text{C}$),可取 60°C ;

t_{\min} ——当地最低气温($^\circ\text{C}$)。

2 快速管道接头的间距可采用 6m~12m 或根据每个快速接头的最大伸缩长度乘以安全系数 0.75 后代入式(18.4.13)中计算确定;

3 当有充分论证时,沿地面敷设的灰渣管可不设伸缩节等设施,应计算管道的温度应力。

18.4.14 伸缩节的安装长度和快速接头的安装间隙应根据管道中灰水混合物的温度或当地最低气温与安装时的气温差计算确定。设计文件中应注明不同气温时的安装长度和间隙。

18.4.15 当钢管需要设置法兰接头时,宜每隔 20m~30m 设一接头。对有严重结垢的灰管,法兰接头的间距应为 10m~15m。

18.4.16 当架空管道上伸缩节处的支座高度超过 3m 时,应在支座上设置检修小平台,并应有栏杆和爬梯。

18.4.17 灰渣管支座型式应按下列规定确定:

1 当灰渣管利用伸缩节补偿时,在两个伸缩节间的管段中点或接近中点和管道转弯处应设置固定支座;伸缩节两侧的第一个支座应为导向支座,其他部位的支座应为滑动支座或滚动支座;

2 当灰渣管利用快速管道接头补偿时,在管道转弯处应设置固定支座;直线段每隔 150m 左右宜设置固定支座,每隔 50m 左右应设置导向支座,其他部位的支座应为滑动支座或滚动支座;

3 当灰渣管利用大于 30° 的弯头自补偿时,弯头附近的支座应考虑管道的侧向位移;弯头两侧的第一个固定支座推力应根据自补偿方法进行计算。

18.4.18 管道支座间的距离应根据管材的强度和允许挠度经计算确定。钢管的支座间距可采用 10m~12m,允许挠度可采用支

座间距的 1/300。在强度和挠度计算中,管壁厚度应采用磨损以后的厚度,并不应小于 4mm。当采用快速管道接头钢管和钢管内衬铸石管时,每节管设置的支座不应少于一个,支座与接头的间距宜采用 0.70m。

18.4.19 刚性滑动、滚动支座的轴向推力可按下式计算:

$$F = \mu Gl \cos \theta \quad (18.4.19)$$

式中: F ——支座的轴向推力(kN);

G ——单位长度灰管自重加管内灰水重(kN);

l ——支座间的距离(m);

θ ——灰管轴线与水平面的夹角(°);

μ ——管壁与支座的摩擦系数,滑动支座时,钢与钢或生铁可取 0.3,钢与混凝土可取 0.6;滚动支座时,钢与钢或生铁可取 0.1。

18.4.20 固定支座上承受的各项轴向推力应按下列规定计算:

1 固定支座两侧伸缩节范围内的中间支座与管道间产生的摩擦阻力应按下列规定计算:

1) 直线段固定支座的摩擦阻力应按下式计算:

$$F_1 = \mu G(l_1 - 0.8l_2) \cos \theta \quad (18.4.20-1)$$

式中: F_1 ——固定支座两侧伸缩节范围内的中间支座与管道间产生的摩擦阻力(kN);

l_1 ——固定支座至伸缩节距离较大的一侧的管道长度(m);

l_2 ——固定支座至伸缩节距离较小的一侧的管道长度(m);

0.8 l_2 是考虑两侧管段上温度及摩擦力的不均匀性的系数。

2) 转角处固定支座的摩擦阻力应按下式计算:

$$F_1 = \mu Gl \cos \theta \quad (18.4.20-2)$$

式中: l ——固定支座至伸缩节间的距离(m)。

2 填函式伸缩节产生的摩擦阻力应按下列规定计算:

1) 转角固定支座或仅一侧装有伸缩节直线段固定支座的摩

擦阻力应按下式计算:

$$F_2 = \pi D b \mu p_0 \quad (18.4.20-3)$$

式中: F_2 ——填函式伸缩节产生的摩擦阻力(kN);

D ——灰管外径(m);

b ——伸缩节填料长度(m);

μ ——填料与管壁的摩擦系数,可取 0.3;

p_0 ——相应管道内的工作压力(kPa)。

2) 两侧装有伸缩节直线段固定支座的摩擦阻力应按下式计算:

$$F_2 = 0.2 \pi D b \mu p_0 \quad (18.4.20-4)$$

3) 在任何情况下,式(18.4.20-3)与式(18.4.20-4)中的 $b \mu p_0$ 不应小于 7.5kN/m。

3 管道内压力产生的轴向推力应按下式计算:

$$F_3 = \frac{1}{4} \pi d^2 p_0 \quad (18.4.20-5)$$

式中: F_3 ——管道内压力产生的轴向推力(kN),仅在转角固定支座或附近有阀门的固定支座上产生;

d ——灰管内径(m);

p_0 ——相应管道内的工作压力或试验压力(kPa)。

4 液体摩擦管壁产生的阻力应按下式计算:

$$F_4 = \frac{1}{4} \pi d^2 i_0 L \gamma \quad (18.4.20-6)$$

式中: F_4 ——液体摩擦管壁产生的阻力(kN);

i_0 ——单位长度的水头损失;

γ ——灰水混合物的容重(kN/m³);

L ——灰管长度,对于直线段的固定支座可取相邻两伸缩节的间距,对于转角处的固定支座可取固定支座至伸缩节的间距(m)。

5 管道敷设坡度超过 5‰时,管道自重加管道灰水重量产生

的轴向推力应按下式计算：

$$F_5 = GL \sin \theta \quad (18.4.20-7)$$

式中： F_5 ——管道自重加管道灰水重量产生的轴向推力(kN)；

6 当采用快速管道接头时， l_1 、 l 可取3节管长， l_2 可取1节管长；式(18.4.20-6)中的 L 值可取固定支座前后各3节管长，实际节数少于3节时，计算中应采用实际值； b 值可取密封胶圈与一端管端节接触承受水压的宽度。密封胶圈与管壁的摩擦系数 μ 可取0.8。

18.4.21 敷设3条及以上管道时，支座上因温度变化引起的轴向推力应乘以牵制系数 K ，3条管道时 K 可取0.67，4条及以上管道 K 可取0.50。

18.4.22 灰渣管应进行水压试验，并应符合下列规定：

- 1 灰渣管道应在外观检查合格后再进行压力试验；
- 2 钢管的试验压力应为工作压力的1.25倍，且不应小于工作压力加500kPa，并不应小于900kPa；
- 3 对于钢筋混凝土管，当工作压力小于或等于600kPa时，其试验压力应为工作压力的1.5倍；当工作压力大于600kPa时，其试验压力应为工作压力加300kPa；
- 4 当灰渣管或灰水回收管管线长、起伏大、压力高时，应根据设计中采用的消除水锤措施等因素，分段确定管道的工作压力和试验压力。

18.4.23 作用在固定支墩(架)上的灰渣管的总推力应根据不同工况经计算确定，并应符合下列规定：

- 1 正常运行时，作用在固定支墩(架)上的灰渣管的总轴向推力应按下式计算：

$$\sum F = n[K(F_1 + F_2) + F_{3G} + F_4 + F_5] + \sum F' \quad (18.4.23-1)$$

- 2 备用管开始投入时，作用在固定支墩(架)上的灰渣管的总轴向推力应按下式计算：

$$\Sigma F = (n+1)[K(F_1 + F_2) + F_{3G} + F_4 + F_5] \quad (18.4.23-2)$$

3 最后安装的管道试压时,作用在固定支墩(架)上的灰渣管的总轴向推力应按下式计算:

$$\Sigma F = n[K(F_1 + F_2) + F_{3G} + F_4 + F_5] + F_{3S} + \Sigma F' \quad (18.4.23-3)$$

4 1 条备用灰渣管在空管时的总轴向推力应按下式计算:

$$\Sigma F' = F_1 + F_2 + F_5 \quad (18.4.23-4)$$

式中: ΣF ——作用在固定支墩(架)上的灰渣管总轴向推力(kN);

n ——支墩(架)上最终正常运行灰渣管总条数;

K ——牵制系数,可按照本规范第 18.4.21 条的规定确定;

F_{3G} ——相应管段的工作压力产生的轴向推力(kN);

F_{3S} ——相应管段的试验压力产生的轴向推力(kN);

$\Sigma F'$ ——1 条备用灰渣管在空管时的总轴向推力(kN)。

5 当备用灰渣管多于 1 条时,式(18.4.23-1)~式(18.4.23-3)应作相应修改;

6 转角处固定支墩(架)的总推力应为不同方向总轴向推力的合成推力。

18.5 支墩、支架

18.5.1 灰渣管的支墩宜采用混凝土结构,支架宜采用钢筋混凝土结构,支墩和支架可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定执行。

18.5.2 作用在支墩上的荷载采用基本荷载组合,其不同设计状况的作用应符合下列规定:

1 持久设计状况作用应包括结构自重、土压力、灰渣管及灰水重、正常运行或备用管开始投入时的管道总推力等;

2 短暂设计状况作用应包括结构自重、土压力、灰渣管及灰

水重、管道试压时的推力等；

3 地震设计状况作用应包括持久设计状况时的荷载及地震作用。

18.5.3 作用在支架上的荷载采用基本荷载组合和地震组合，其不同设计状况应符合下列规定：

1 持久设计状况作用应包括结构自重、灰渣管及灰水重、风荷载、检修荷载、正常运行或备用管开始投入时的管道总推力、水压力、流冰和漂浮物等的冲击力；

2 短暂设计状况作用应包括结构自重、土压力、灰渣管及灰水重及管道试压时的推力等；

3 地震设计状况作用应包括持久设计状况时的荷载及地震作用。

18.5.4 验算支墩和支架基础的稳定时，可考虑原状土的被动土压力。经夯实后的回填土可适当考虑被动土压力。支墩和支架基础的抗滑安全系数可按表 18.5.4 的规定采用。

表 18.5.4 支墩和支架基础的抗滑安全系数

荷载组合	基本组合		地震组合
设计状况 稳定类别	持久设计状况	短暂设计状况	地震设计状况
倾覆	1.10	1.05	1.05
滑动	1.05	1.00	1.00

注：荷载组合时，荷载分项系数与组合值系数均取 1.0。

18.5.5 严寒地区的支架基础应考虑地基冻胀的影响，并应采取防冻胀措施。

18.6 湿式贮灰场灰水回收系统

18.6.1 灰水回收水泵台数不宜少于 3 台，其中 1 台备用；灰水回收管道可敷设 1 条，不设备用。

18.6.2 灰水回收水系统应设置水量计量装置。回收水泵出口管

上应根据工程具体情况采取消除水锤的措施。

18.6.3 灰水回收管道宜直埋敷设并沿灰渣管平行布置。结垢严重时应采取防结垢措施。

18.7 干 贮 灰 场

18.7.1 干贮灰场的设计标准应按现行行业标准《火力发电厂干式贮灰场设计规程》DL/T 5488 的规定执行。

18.7.2 干贮灰场坝体边坡抗滑稳定计算工况应按现行行业标准《火力发电厂干式贮灰场设计规程》DL/T 5488 的规定执行。

18.7.3 干贮灰场设计应符合下列规定：

1 干贮灰场宜以设计煤种的灰渣量为设计依据；

2 整个干贮灰场应进行合理规划分块使用，并以此作为场内运灰道路设计、施工机具选型的依据。当填至设计标高时，应及时覆土或植被绿化；

3 当贮灰场四周有汇水流域时，宜将汇水截流并引至灰场下游；山谷干贮灰场内宜设排水和泄洪设施，防洪设计标准按现行行业标准《火力发电厂干式贮灰场设计规程》DL/T 5488 的规定执行；

4 对地形宽阔、坡缓、最终堆灰标高以上汇水面积较大的山谷干贮灰场宜在周围山坡设截洪沟，截洪沟设计标准可按重现期为十年一遇洪水考虑；

5 山谷干贮灰场上游设有拦洪坝时，拦洪坝的设计标准应按现行行业标准《火力发电厂干式贮灰场设计规程》DL/T 5488 的规定执行；

6 干贮灰场应配备正常运行的施工机具，并可根据情况考虑少量的备用机具。对于摊平、碾压等大型机具的备用量不宜超过1台；

7 干贮灰场宜设喷洒水池，应有完善的供水设施。应配备喷洒机具，其中洒水车不应少于1辆；

8 运灰道路宜配备清扫、喷洒机具；

9 平原干灰场周围应设 10m~20m 宽绿化隔离带。山谷干灰场可利用山体及原有林木作为防风掩体。

18.7.4 贮灰场内的运灰干线可按四级厂外道路设计。

18.7.5 当采用索道、皮带输送机、气力管道输送干灰时，宜沿输送路径设检修道路。检修道路宜利用已有道路。新建时可按四级道路标准设计。

18.7.6 干贮灰场的堆灰应符合下列规定：

1 干贮灰场每一堆灰区宜分条带，按次序铺灰碾压。条带宽度应根据运灰车辆回转半径、铺灰机具施工效率、喷洒机具的喷洒宽度等因素确定；

2 铺灰厚度、碾压遍数、调湿灰的含水量及灰渣物理力学指标应经室内击实试验和现场碾压试验验证；

3 堆灰表面应根据施工和不同季节的气温、湿度、雨、雪、风等情况进行喷洒；每次喷洒水量和相隔时间应根据现场试验确定。无试验资料时，可按灰面每 3 天~4 天喷洒一次，每次喷洒水量 7mm~8mm 估算；

4 压实或喷洒后的灰面应避免人为扰动；进入堆灰区的运灰车辆应按指定的路线行驶，转弯、调头时应低速行驶；

5 堆灰区边坡应满足稳定要求；为保证边坡灰体密实减少飞灰污染，对临时边坡可采用斜坡振动碾碾压和简单的护坡措施；对永久性坡面，应随坡面的增高及时进行护坡，护坡型式可根据当地自然条件，通过经济比较确定；

6 暴露的堆灰面应采用临时抑尘措施。

18.8 灰场工程管理

18.8.1 灰场工程管理应符合下列要求：

1 灰场工程管理应根据工程规模和贮灰方式，设置满足工程运行要求与现代化管理需要的管理设施；灰场工程管理设施应包

括观测设施、交通和通信设施、生产管理和生活设施;管理设施的建设应与主体工程的建设同步进行并同期投入运行;

2 灰场内灰渣再利用时,应进行挖灰专项设计;

3 对停用的贮灰场应进行封场专项设计。

18.8.2 灰场管理范围包括贮灰场大坝、排水系统、溢洪道、观测设施等各类建筑物周围和灰场土地征用线以内的库区,管理范围应符合下列规定:

1 山谷灰场应符合下列规定:

1)一、二级灰场上游从征地线向外不应少于 150m;下游从征地线向外不应少于 200m;

2)三级灰场上游从征地线向外不应少于 100m;下游从征地线向外不应少于 150m;

3)大坝两端以第一道分水岭为界或距坝端不应少于100m;

4)一、二、三级灰场上、下游均与坝头管理范围端线相衔接。

2 对平原灰场及滩涂灰场,由灰场外排水沟外沿向外不应少于 50m。

18.8.3 严禁在大坝管理范围内进行爆破、打井、采石、采矿、取土等危害大坝安全的活动。严禁在灰场范围内乱伐树木、陡坡开荒等导致灰场淤积的活动。

18.8.4 观测设施应符合以下要求:

1 灰场运行前宜进行灰场环境的本底观测,内容宜包括大气环境和地下水、地表水的水质分析等;

2 湿式贮灰的山谷灰场坝体应根据坝高、坝型、地形、地质等条件及工程运行要求,设置观测项目与观测设施。观测设施的设置应符合有效、可靠、牢固、方便及经济合理的原则。平原和滩涂灰场围堤可根据具体情况及需要设置观测设施;

3 观测设施的设计应符合下列要求:

1)所选定的观测项目和观测点应能反映坝体(堤身)运行的
工作状况;

- 2)观测的断面和部位应选择具有代表性的坝(堤)段;
- 3)特殊坝(堤)段或地形、地质条件复杂的坝(堤)段可根据需要增加观测项目及观测断面。

4 湿式贮灰场宜设置下列观测项目:

- 1)坝体沉降、水平位移;
- 2)坝体浸润线;
- 3)坝体渗漏及排水管排出的水量、水质;
- 4)表面观测包括坝体的裂缝、滑坡、坍塌及表面侵蚀破坏,坝前灰渣排放情况及干滩长度,排水设施状况。

5 干灰场宜设置下列观测项目:

- 1)堆灰施工中调湿灰含水量及压实灰干密度;
- 2)大气环境的飘尘、降尘、总悬浮颗粒;
- 3)地表及地下水分析;
- 4)坝体变形观测;
- 5)表面观测包括坝体及永久性坡面的裂缝、滑坡、坍塌及表面侵蚀破坏,排水设施状况。

6 贮灰场宜根据其性质、等级制定安全监测工作要求。

18.8.5 封闭后的灰场未经批准和安全论证不得重新启用或改作他用。

附录 A 水工建(构)筑物抗震设防类别
及抗震措施烈度调整表

表 A 水工建(构)筑物抗震设防类别及抗震措施烈度调整表

序号	水工建(构)筑物名称	设防类别	抗震措施调整烈度			
			当基本烈度为			
			6	7	8	9
(一)	供排水建(构)筑物					
1	取、排水枢纽建(构)筑物	标准设防类	6	7	8	9
2	取水建(构)筑物、引水管	标准设防类	6	7	8	9
3	升压水泵房、综合水泵房	重点设防类	7	8	9	9
4	循环水泵房、补给水泵房	重点设防类	7	8	9	9
5	滤网间	标准设防类	6	7	8	9
6	切换间	标准设防类	6	7	8	9
7	沉砂池	标准设防类	6	7	8	9
8	循环水管道、补给水管道	标准设防类	6	7	8	9
9	循环水沟道及附属井	标准设防类	6	7	8	9
10	进、排水渠道及渠道建(构)筑物	标准设防类	6	7	8	9
11	桥、涵洞	标准设防类	6	7	8	9
12	输水隧洞	标准设防类	6	7	8	9
13	机械通风冷却塔	重点设防类	7	8	9	9
14	自然通风冷却塔	重点设防类	6	7	8	9
15	冷却池	标准设防类	6	7	8	9
16	事故油池	标准设防类	6	7	8	9
17	贮水池、沉淀池、滤池和泵房等 净水站建(构)筑物	标准设防类	6	7	8	9
(二)	外部除灰建(构)筑物					
1	贮灰场灰坝(堤)	标准设防类	—	—		—

续表 A

序号	水工建(构)筑物名称	设防类别	抗震措施调整烈度			
			当基本烈度为			
			6	7	8	9
2	贮灰场排水及泄洪建(构)筑物	标准设防类	6	7	8	9
3	除灰管道	标准设防类	6	7	8	9
4	灰管支墩	标准设防类	6	7	8	9
5	灰管高支架和跨越结构	标准设防类	6	7	8	9
6	回水泵房	标准设防类	6	7	8	9
7	灰管沟道	标准设防类	6	7	8	9
(三)	室外上、下水道建(构)筑物					
1	生活水泵房及生活管道	标准设防类	6	7	8	9
2	水池、水塔	标准设防类	6	7	8	9
3	消防泵房及消防管道	重点设防类	7	8	9	9
4	污水处理站建(构)筑物	标准设防类	6	7	8	9
5	雨水泵房、排水泵房、回用水泵房	标准设防类	6	7	8	9
6	雨水、废水排水管沟	标准设防类	6	7	8	9
7	下水道附属井	标准设防类	6	7	8	9
(四)	附属建筑物					
1	推土机库	标准设防类	6	7	8	9
2	工具、材料库	标准设防类	6	7	8	9
3	值班室	标准设防类	6	7	8	9

注:1 Ⅰ类场地时水工建(构)筑物抗震措施烈度不提高;
2 贮灰场灰坝(堤)的抗震措施应按照现行行业标准《水工建筑物抗震设计规范》DL 5073 的规定执行。

附录 B 虹吸井几何尺寸的确定与水力计算

B.1 虹吸井几何尺寸的确定

B.1.1 直流供水系统宜采用虹吸系统(图 B.1.1-1)。虹吸井溢流堰(图 B.1.1-2~图 B.1.1-4)的形式可根据工程具体情况选择。

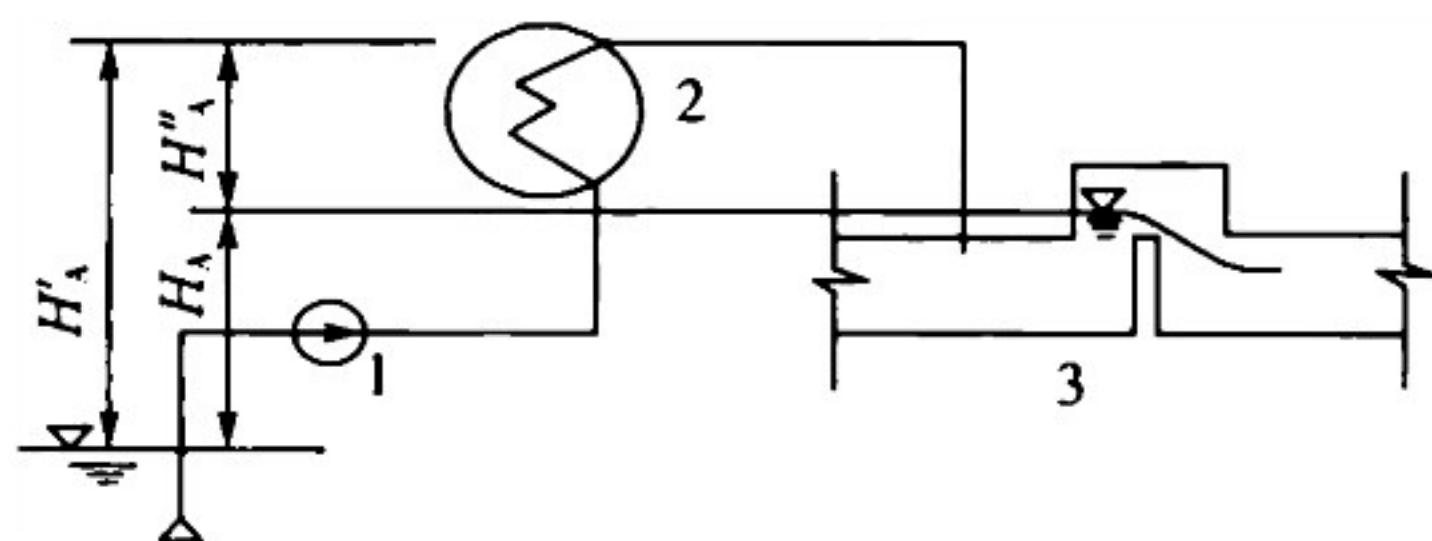


图 B.1.1-1 虹吸系统示意图

1—循环水泵；2—凝汽器；3—虹吸井

H'_A —虹吸作用未形成前水泵供水的几何高度；

H_A —水泵供水的几何扬程；

H''_A —虹吸作用的利用高度

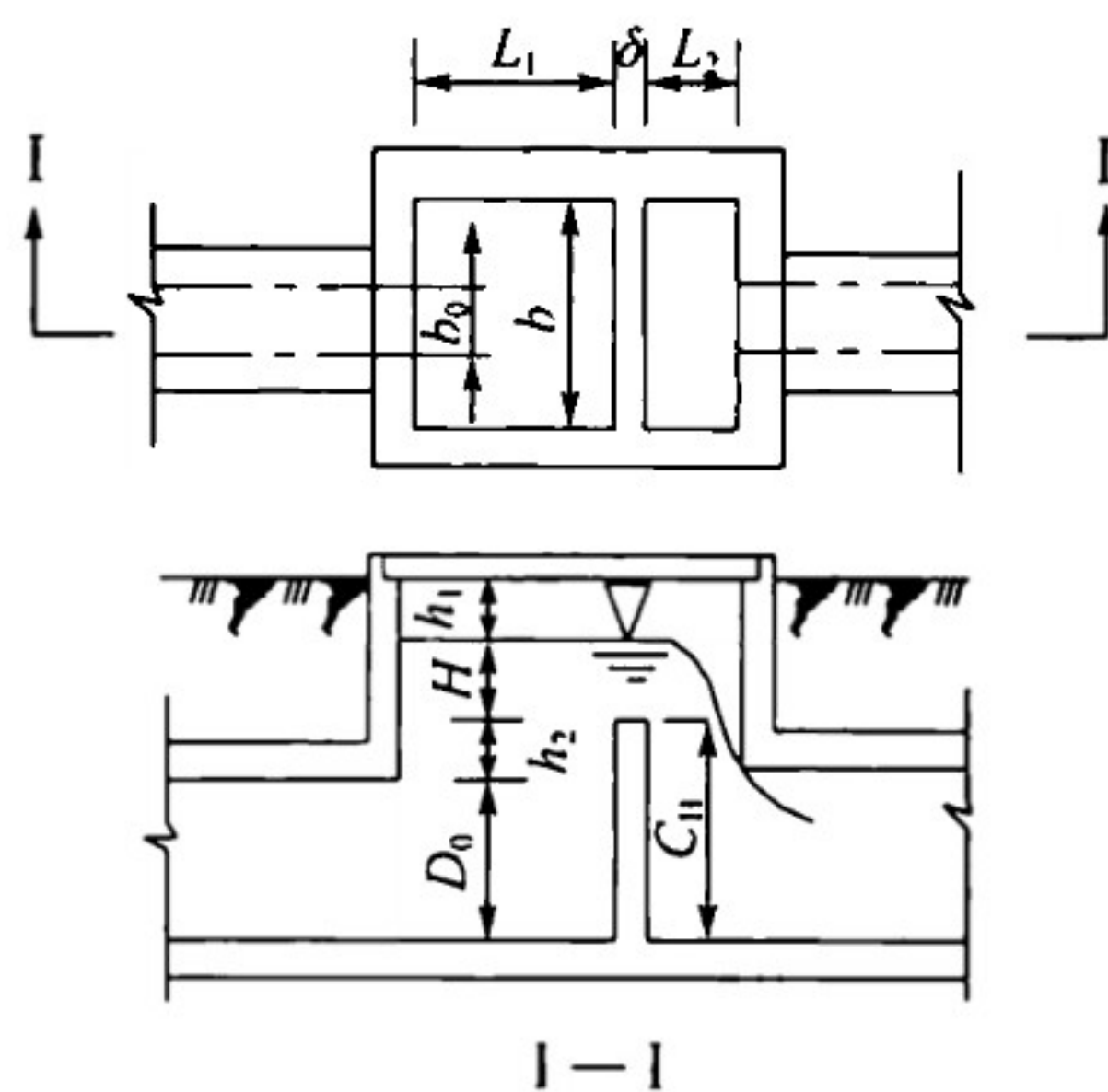
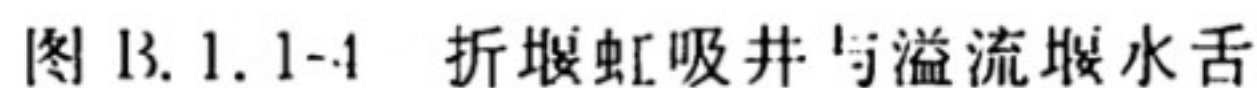


图 B.1.1-2 正交溢流堰的虹吸井



图 B. 1. 1-3 斜交溢流堰的虹吸井



(h_H) 、 (Z) 非潜没式溢流堰尺寸; h_H 、 Z 潜没式溢流堰尺寸

B.1.2 溢流堰上游水池长度可按下式计算:

$$L_1 \geq (1.5 \sim 2.0) D_0 \quad (\text{B. 1. 2})$$

式中: L_1 — 溢流堰上游水池长度(m);

D_0 ——排水沟断面高度或排水管直径(m)。

计算中 D_0 较大时系数宜采用大值, D_0 较小时系数宜采用小值。

B.1.3 溢流堰后跌水池的长度可按下列公式计算：

$$L_2 \geq L_n$$

$$L_n = 0.3H + 1.65 \sqrt{H(C_H + 0.32H)} \quad (\text{B.1.3})$$

式中： L_2 ——溢流堰后跌水池的长度(m)；

L_n ——跌落水舌中心离溢流堰墙的距离(m)；

H ——溢流堰的作用水头(m)；

C_H ——溢流堰下游的高度(m)。

B.1.4 虹吸井其他尺寸的确定应符合下列规定：

- 1 堰墙高出进水沟壁上缘的距离 h_2 不宜小于 0.2m；
- 2 堰上最高水位离井口的距离 h_1 不宜小于 0.5m；
- 3 斜堰与井壁间的距离 L_3 、 L_4 不宜小于 0.7m。

B.2 虹吸井溢流堰的水力计算

B.2.1 虹吸井溢流堰的水力计算应根据所选择的溢流堰形式按相应公式进行。

B.2.2 非潜没式堰与潜没式堰应按下列规定判别：

- 1 下游水位应高于堰顶；
- 2 紧靠溢流堰的下游水流处于缓流状态时， Z/C_H 应小于 $(Z/C_H)_{cr}$ ， $(Z/C_H)_{cr}$ 可按表 B.2.2 的规定选取；

表 B.2.2 (H/C_H) 与 $(Z/C_H)_{cr}$

H/C_H	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0
$(Z/C_H)_{cr}$	0.85	0.75	0.70	0.67	0.66	0.72	1.00

3 当同时满足本规范 B.2.2 条第 1 款和第 2 款规定时则可判定为潜没式堰，否则应判定为非潜没式堰。

B.2.3 直立薄壁式正交溢流堰宜为无侧面收缩的自由溢流的完全矩形断面堰，其堰壁厚度不应大于 0.5 倍堰上作用水头。直立薄壁正交非潜没式堰的流量可按下列公式计算：

$$q_v = m'_n b \sqrt{2gH}^{1.5} \quad (\text{B.2.3-1})$$

$$m'_0 = \left(0.405 + \frac{0.0027}{H}\right) \left[1 + 0.55 \frac{H^2}{(H + C_B)^2}\right] \quad (\text{B. 2. 3-2})$$

当 C_B 大于或等于 $0.5H$ 和 H 大于或等于 0.1m 时, m'_0 可按
下式计算:

$$m'_0 = 0.402 + 0.054 \frac{H}{C_B} \quad (\text{B. 2. 3-3})$$

式中: q_v ——溢流堰的流量(m^3/s);

b ——溢流堰宽度(m);

m'_0 ——标准堰的溢流系数;

C_B ——溢流堰上游的高度(m)。

B. 2. 4 直立薄壁正交潜没式堰的流量可按下式计算:

$$q_v = \sigma m'_0 b \sqrt{2g} H^{1.5} \quad (\text{B. 2. 4})$$

式中: σ ——潜没系数,可按表 B. 2. 4 中的公式计算确定。

表 B. 2. 4 潜没系数 σ

条 件	计 算 公 式
$0.15 \leq \frac{H}{C_H} \leq 1.90$ $0 < \frac{h'}{C_H} \leq 1.6$	$\sigma = 1.05 \left(1 + 0.2 \frac{h'}{C_H}\right) \sqrt[3]{\frac{Z}{H}}$
$0.15 \leq \frac{H}{C_H} \leq 0.25$ $0 < \frac{h'}{C_H} \leq 0.03$	σ 按上式计算值乘以 0.96

B. 2. 5 非潜没式斜交堰的流量可按下式计算:

$$q_v = K m'_0 b \sqrt{2g} H^{1.5} \quad (\text{B. 2. 5})$$

式中: K ——修正系数,可按表 B. 2. 5-1 或表 B. 2. 5-2 采用。

表 B. 2. 5-1 系数 K 的近似值

α	30°	45°	60°	90°
K	0.91	0.94	0.96	1.00

表 B. 2. 5-2 系数 K 的实验值

$H/C_H\alpha$	0.4	0.3	0.2	0.1
45°	0.864	0.874	0.912	0.934
60°	0.944	0.956	0.972	0.990
75°	0.988	0.992	0.998	1.000

B. 2. 6 潜没式斜交堰的流量可按式计算：

$$q_v = \sigma K m'_0 b \sqrt{2g} H^{1.5}$$

(B. 2. 6)

附录 C 局部阻力系数、组合弯管 相邻影响系数推荐值及其公式

C.1 符号注释

- ξ ——弯管、渐扩管、三通的局部阻力损失系数；
- R ——弯管中心线转弯半径；
- D ——管内径；
- L_s ——组合弯管的间距；
- C ——组合弯管局部阻力的相邻影响系数， $C = \xi' / (\xi_1 + \xi_2)$ ， ξ' 为组合弯管管段的综合局部阻力系数， ξ_1 、 ξ_2 为单个弯管的局部阻力系数；
- C_{\min} ——组合弯管局部阻力相邻影响系数最小值；
- g ——重力加速度；
- Δh ——水头损失；
- α ——渐扩管扩角；
- a ——渐扩管或异径三通的管断面积比，
对于渐扩管 $a = A_{\text{小}} / A_{\text{大}}$ ($A_{\text{小}}$ ：小管面积， $A_{\text{大}}$ ：大管面积)；
对于异径三通 $a = A_1 / A_3$ (A_1 ：侧管面积， A_3 ：直管面积)；
- Q ——流量；
- q ——三通流量比， $q = Q_1 / Q_3$ (Q_1 ：侧管流量， Q_3 ：直管流量)；
- θ ——三通侧管中轴线与直管中轴线之交角；
- Re ——雷诺数， $Re = v \cdot D / \nu$ ；
- v ——管断面平均流速；
- ν ——运动黏滞系数。

C.2 两个同类弯管组合角度的图释

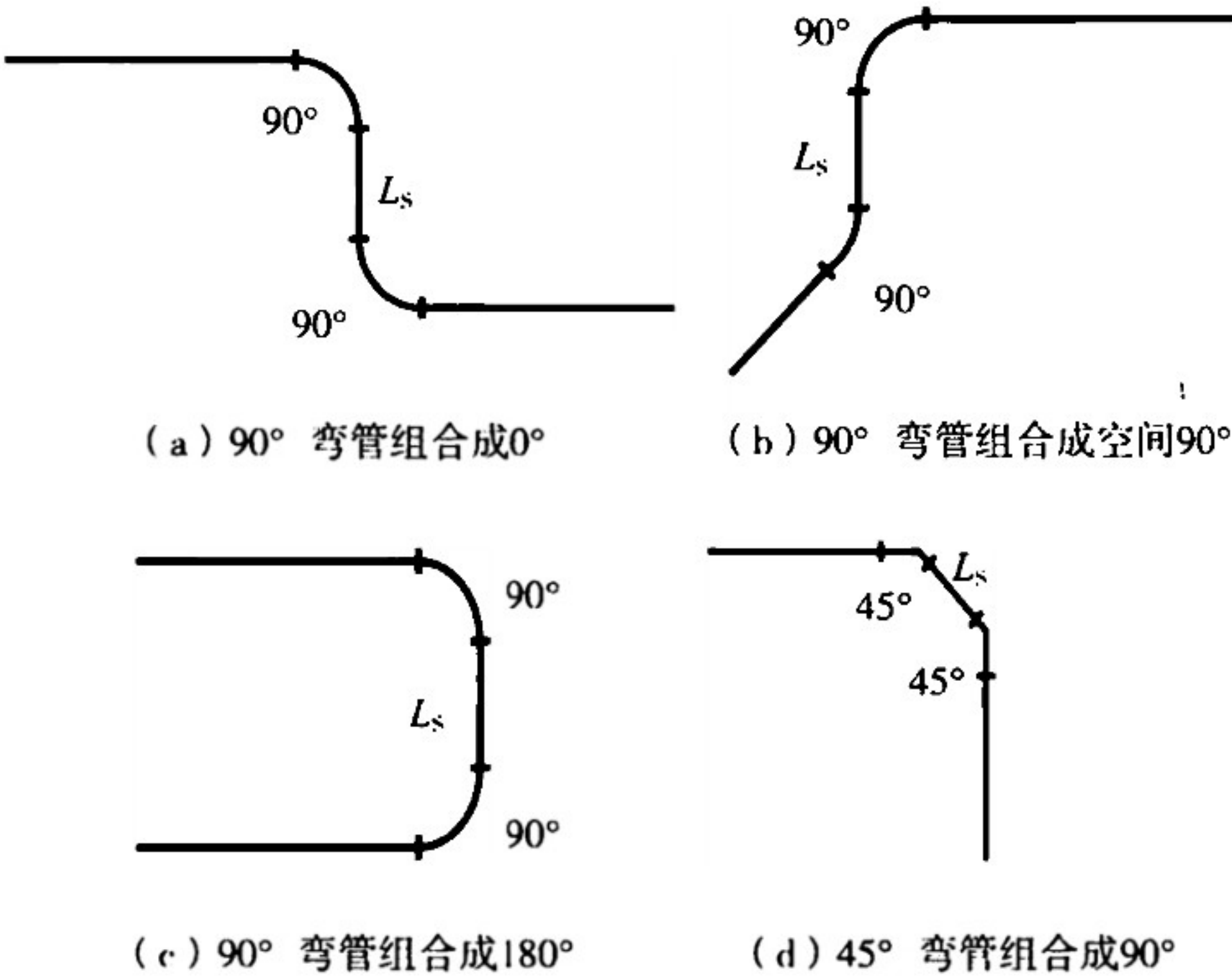


图 C.2 同类弯管组合角度

C.3 局部阻力系数、组合弯管相邻影响系数推荐值及公式

表 C.3.1 90°弯管局部阻力系数 ξ 推荐值表

类 别	R/D				
	0.76	0.84	1.00	1.50	2.00
四片 90°组合弯管	0.36	0.34	0.30	0.21	0.15
五片 90°组合弯管	0.35	0.33	0.29	0.20	0.14
90°圆弧弯管	0.34	0.29	0.24	0.17	0.16

表 C.3.2 90°弯管局部阻力系数 $\xi \sim R/D$ 公式

类 别	公 式
四片 90°组合弯管	$\xi = -0.22 \ln(R/D) + 0.3$
五片 90°组合弯管	$\xi = -0.22 \ln(R/D) + 0.29$
90°圆弧弯管	$\xi = 0.25(R/D)^{-0.89}$

表 C.3.3 60°和 45°弯管局部阻力系数推荐值表

类 别	R/D				
	0.76	0.84	1.00	1.50	2.00
四片 60°组合弯管	0.20	0.19	0.18	0.16	0.14
三片 45°组合弯管	0.15	0.15	0.14	0.12	0.11

表 C.3.4 60°和 45°弯管局部阻力系数 $\xi \sim R/D$ 公式

类 别	公 式
四片 60°组合弯管	$\xi=0.18(R/D)^{-0.36}$
三片 45°组合弯管	$\xi=0.14(R/D)^{-0.35}$

表 C.3.5 肘管局部阻力系数的推荐值表

角度	90°	45°	30°	15°
ξ	1.08	0.32	0.10	0.04

表 C.3.6 两个 90°四片弯管 0°组合的
相邻影响系数 C 推荐值表

R/D	L _s /D							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0.76	1.57	1.18	0.90	0.71	0.67	0.73	0.88	0.95
1.0	1.39	1.07	0.84	0.72	0.74	0.81	0.88	0.92
1.50	0.92	0.85	0.79	0.76	0.77	0.83	0.87	0.91
2.00	0.89	0.89	0.895	0.91	0.89	0.88	0.94	0.97

表 C.3.7 两个 90°四片弯管 0°组合的
相邻影响系数 C $\sim L_s/D$ 公式

R/D	L _s /D	公 式
0.76	$0 \leq L_s/D \leq 3.3$	$C=0.07(L_s/D)^2-0.5(L_s/D)+1.6$
	$3.3 \leq L_s/D \leq 12$	$C=-0.0000783(L_s/D)^5+0.0032(L_s/D)^4-0.05014(L_s/D)^3+0.3674(L_s/D)^2-1.184(L_s/D)+2.05$
	$L_s/D > 12$	$C=1.0$

续表 C.3.7

R/D	L_S/D	公 式
1.0	$0 \leq L_S/D \leq 3$	$C=0.004(L_S/D)^3+0.033(L_S/D)^2-0.36(L_S/D)+1.39$
	$3 < L_S/D \leq 13$	$C=0.0005(L_S/D)^3-0.017(L_S/D)^2+0.2(L_S/D)+0.174$
	$L_S/D > 13$	$C=1.0$
1.5	$0 \leq L_S/D \leq 3.5$	$C=0.005(L_S/D)^3-0.0123(L_S/D)^2-0.063(L_S/D)+0.92$
	$3.5 < L_S/D \leq 13$	$C=0.00013(L_S/D)^3-0.0058(L_S/D)^2+0.093(L_S/D)+0.49$
	$L_S/D > 13$	$C=1.0$
2.0	$0 \leq L_S/D \leq 4.8$	$C=0.000134(L_S/D)^6-0.001934(L_S/D)^5+0.00988(L_S/D)^4-0.0223(L_S/D)^3+0.0221(L_S/D)^2-0.0047(L_S/D)+0.89$
	$4.8 < L_S/D \leq 13$	$C=0.0000436(L_S/D)^5-0.002137(L_S/D)^4+0.04125(L_S/D)^3-0.3927(L_S/D)^2+1.855(L_S/D)-2.528$
	$L_S/D > 13$	$C=1.0$

表 C.3.8 两个 90°四片弯管 180°组合的
相邻影响系数 C 推荐值表

R/D	L_S/D							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0.76	0.48	0.55	0.67	0.87	0.94	0.97	0.99	1.00
1.00	0.51	0.55	0.65	0.78	0.835	0.87	0.89	0.91
1.50	0.55	0.56	0.59	0.62	0.66	0.70	0.75	0.79
2.00	0.63	0.66	0.70	0.74	0.79	0.83	0.87	0.91

表 C.3.9 两个 90°四片弯管 180°组合的
相邻影响系数 $C \sim L_s/D$ 公式

R/D	L_s/D	公 式
0.76	$0 \leq L_s/D \leq 3$	$C = -0.0093(L_s/D)^4 + 0.047(L_s/D)^3 - 0.037(L_s/D)^2 + 0.067(L_s/D) + 0.48$
	$3 < L_s/D \leq 9$	$C = -0.000556(L_s/D)^4 + 0.0147(L_s/D)^3 - 0.1452(L_s/D)^2 + 0.644(L_s/D) - 0.11$
	$L_s/D > 9$	$C = 1.0$
1.00	$0 \leq L_s/D \leq 3$	$C = -0.006(L_s/D)^3 + 0.048(L_s/D)^2 + 0.51$
	$3 < L_s/D \leq 20$	$C = -0.000013(L_s/D)^4 + 0.000654(L_s/D)^3 - 0.0124(L_s/D)^2 + 0.112(L_s/D) + 0.543$
	$L_s/D > 20$	$C = 1.0$
1.50	$0 \leq L_s/D \leq 6$	$C = 0.003(L_s/D)^3 + 0.014(L_s/D)^2 + 0.55$
	$6 < L_s/D \leq 20$	$C = -0.0011(L_s/D)^2 + 0.048(L_s/D) + 0.486$
	$L_s/D > 20$	$C = 1.0$
2.00	$0 \leq L_s/D \leq 3$	$C = 0.033(L_s/D) + 0.63$
	$3 < L_s/D \leq 13$	$C = 0.00013(L_s/D)^3 - 0.0059(L_s/D)^2 + 0.092(L_s/D) + 0.5$
	$L_s/D > 13$	$C = 1.0$

表 C.3.10 两个 90°圆弧弯管 0°、90°、180°组合的
相邻影响系数 C 推荐值表

组合 角度	R/D	L_s/D							
		0	1	2	3	4	5	6	7
0°	1	1.00	0.86	0.81	0.79	0.79	0.80	0.83	0.86
	2	0.97	0.95	0.92	0.89	0.87	0.85	0.84	0.85
90°	1	0.70	0.72	0.74	0.79	0.88	0.95	0.98	0.99
180°	1	0.55	0.58	0.62	0.66	0.69	0.73	0.76	0.80
	2	0.73	0.71	0.72	0.74	0.77	0.80	0.84	0.89

表 C.3.11 两个 90°圆弧弯管 0°、90°、180°组合的
相邻影响系数 C~L_s/D 公式

组合角度	R/D	L _s /D	公 式
0°	1	0≤L _s /D≤7	$C = -0.002(L_s/D)^3 + 0.032(L_s/D)^2 - 0.148(L_s/D) + 1$
	2	0≤L _s /D≤3	$C = -0.002(L_s/D)^2 - 0.02(L_s/D) + 0.97$
	3	3<L _s /D≤7	$C = 0.005(L_s/D)^2 - 0.06(L_s/D) + 1.03$
90°	1	0≤L _s /D≤3	$C = 0.007(L_s/D)^2 + 0.007(L_s/D) + 0.7$
		3<L _s /D≤7	$C = -0.014(L_s/D)^2 + 0.192(L_s/D) + 0.34$
180°	1	0≤L _s /D≤7	$C = 0.036(L_s/D) + 0.55$
	2	0≤L _s /D≤7	$C = 0.005(L_s/D)^2 - 0.008A + 0.72$

表 C.3.12 90°弯管相邻影响系数 C_{min} 及其 L_s/D

弯管类别	0°							
	0.76		1.0		1.5		2.0	
	C _{min}	L _s /D	C _{min}	L _s /D	C _{min}	L _s /D	C _{min}	L _s /D
四片	0.67	4.00	0.70	3.20	0.76	3.30	0.87	4.80
圆弧	—	—	0.72	3.00			0.72	4.80
弯管类别	180°							
	0.76		1.0		1.5		2.0	
	C _{min}	L _s /D	C _{min}	L _s /D	C _{min}	L _s /D	C _{min}	L _s /D
四片	0.48	0.00	0.51	0.00	0.54	0.00	0.63	0.00
圆弧	—		0.48	0.00	—	—	0.58	0.00

表 C.3.13 两个 45°三片弯管 90°组合的相邻影响系数 C 推荐值表

R/D	L _s /D							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0.76	0.58	0.52	0.48	0.47	0.55	0.63	0.70	0.78
1.00	0.60	0.55	0.51	0.51	0.58	0.65	0.72	0.78
1.50	0.74	0.64	0.57	0.58	0.68	0.76	0.82	0.88
2.00	0.93	0.87	0.85	0.86	0.90	0.92	0.95	0.97

表 C.3.14 两个 45°三片弯管 90°组合的
相邻影响系数 $C \sim L_S/D$ 公式

R/D	L_S/D	公 式
0.76	$0 \leq L_S/D \leq 3$	$C = 0.07(L_S/D)^2 - 0.044(L_S/D) + 0.55$
	$3 < L_S/D \leq 13$	$C = -0.00044(L_S/D)^3 + 0.0076(L_S/D)^2 + 0.025(L_S/D) + 0.34$
	$L_S/D > 13$	$C = 1.0$
1.00	$0 \leq L_S/D \leq 4$	$C = 0.004(L_S/D)^3 - 0.005(L_S/D)^2 - 0.05(L_S/D) + 0.6$
	$4 < L_S/D \leq 12$	$C = -0.00012(L_S/D)^3 - 0.001(L_S/D)^2 + 0.093(L_S/D) + 0.22$
	$L_S/D > 12$	$C = 1.0$
1.50	$0 \leq L_S/D \leq 2.5$	$C = 0.002(L_S/D)^3 + 0.017(L_S/D)^2 - 0.124(L_S/D) + 0.74$
	$2.5 < L_S/D \leq 11$	$C = 0.0002(L_S/D)^3 - 0.0074(L_S/D)^2 + 0.12(L_S/D) + 0.314$
	$L_S/D > 11$	$C = 1.0$
2.00	$0 \leq L_S/D \leq 2$	$C = 0.01(L_S/D)^2 - 0.065(L_S/D) + 0.93$
	$2 < L_S/D \leq 11$	$C = -0.0014(L_S/D)^2 + 0.037(L_S/D) + 0.77$
	$L_S/D > 11$	$C = 1.0$

表 C.3.15 渐扩管局阻系数 ξ 推荐值表 $\xi = \Delta h / (V_{小}^2 / 2g)$

面积比 a	角 度 α				
	10°	15°	20°	25°	30°
0.1	0.130	0.243	0.340	0.502	0.616
0.2	0.102	0.192	0.269	0.397	0.486
0.3	0.078	0.147	0.206	0.304	0.372
0.4	0.058	0.108	0.151	0.223	0.274
0.5	0.040	0.075	0.105	0.155	0.190
0.6	0.026	0.048	0.067	0.099	0.122
0.7	0.014	0.027	0.038	0.056	0.068
0.8	0.006	0.012	0.017	0.025	0.030
0.9	0.002	0.003	0.004	0.006	0.008

注：面积比 $a = A_{小} / A_{大}$ 。

表 C.3.16 90°异径三通汇流、分流的局部阻力系数 ξ
推荐值表 $\xi=\Delta h/(V_3^2/2g)$

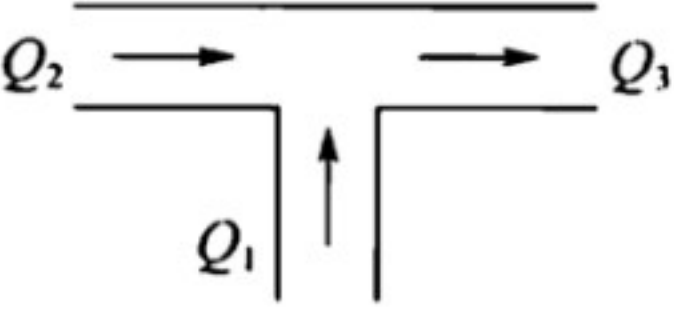
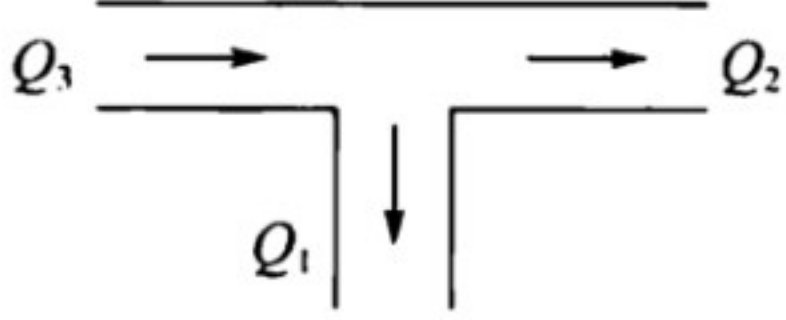
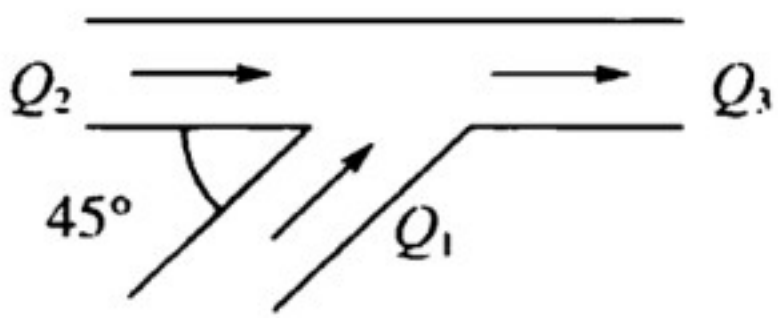
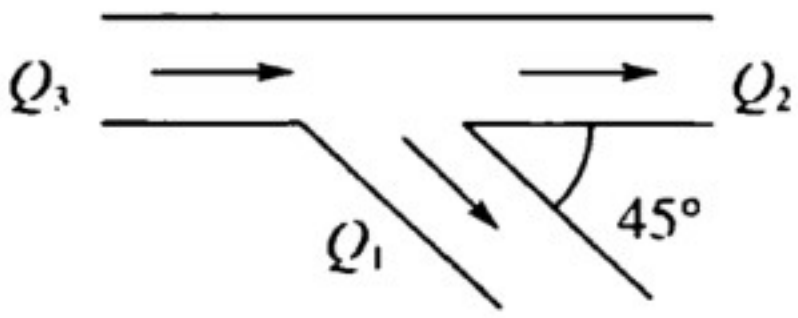
分流比 $q=Q_1/Q_3$	类 别							
	汇 流				分 流			
								
	面积比 $a=0.56$		面积比 $a=0.67$		面积比 $a=0.56$		面积比 $a=0.67$	
	ξ_{13}	ξ_{23}	ξ_{13}	ξ_{23}	ξ_{31}	ξ_{32}	ξ_{31}	ξ_{32}
0.1	-0.46	0.16	-0.48	0.15	0.89	0.01	0.88	0.01
0.2	-0.01	0.28	-0.08	0.26	0.87	0.001	0.84	0.001
0.3	0.42	0.39	0.30	0.36	0.89	0.004	0.83	0.004
0.4	0.83	0.48	0.66	0.45	0.94	0.019	0.86	0.019
0.5	1.23	0.56	0.98	0.53	1.04	0.045	0.92	0.045
0.6	1.61	0.63	1.28	0.59	1.17	0.083	1.02	0.083
0.7	1.97	0.69	1.55	0.65	1.35	0.132	1.15	0.132
0.8	2.31	0.74	1.79	0.69	1.56	0.193	1.31	0.193
0.9	2.64	0.77	2.00	0.72	1.81	0.266	1.51	0.266
1.0	2.95	0.79	2.18	0.75	2.10	0.350	1.74	0.350

表 C.3.17 45°异径斜三通汇流、分流的局部阻力系数 ξ
推荐值表 $\xi=\Delta h/(V_3^2/2g)$

分流比 $q=Q_1/Q_3$	类 别							
	汇 流				分 流			
								
	面积比 $a=0.56$		面积比 $a=0.67$		面积比 $a=0.56$		面积比 $a=0.67$	
	ξ_{13}	ξ_{23}	ξ_{13}	ξ_{23}	ξ_{31}	ξ_{32}	ξ_{31}	ξ_{32}
0.1	-0.47	0.14	-0.49	0.13	0.82	0.01	0.82	0.01

续表 C.3.17

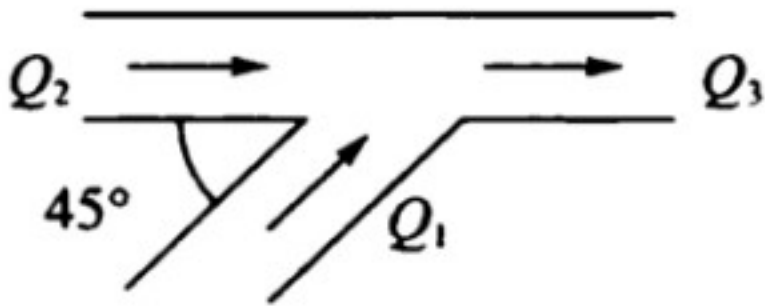
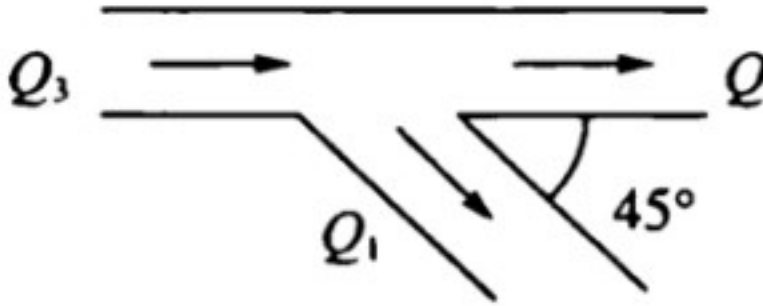
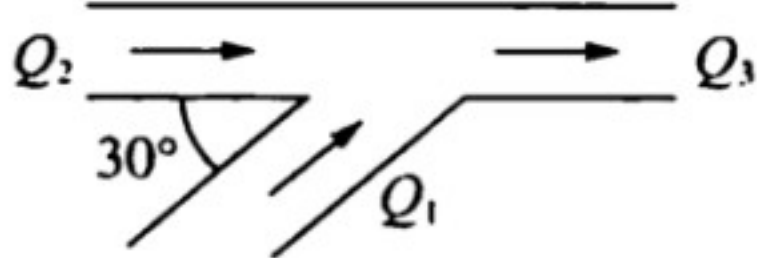
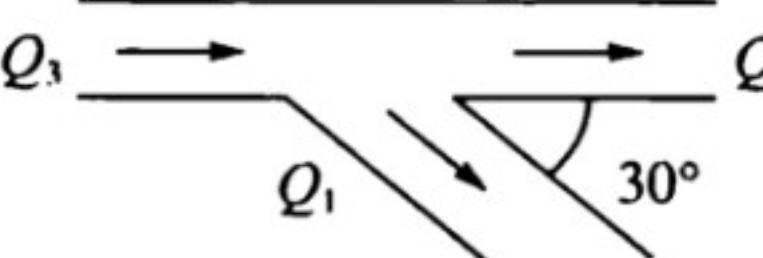
分流比 $q=Q_1/Q_3$	类 别							
	汇 流				分 流			
								
	面积比 $a=0.56$		面积比 $a=0.67$		面积比 $a=0.56$		面积比 $a=0.67$	
	ξ_{13}	ξ_{23}	ξ_{13}	ξ_{23}	ξ_{31}	ξ_{32}	ξ_{31}	ξ_{32}
0.2	-0.05	0.20	-0.11	0.19	0.74	0.001	0.71	0.001
0.3	0.33	0.20	0.22	0.21	0.68	0.004	0.64	0.004
0.4	0.68	0.16	0.51	0.18	0.67	0.019	0.60	0.019
0.5	0.99	0.05	0.75	0.10	0.69	0.045	0.59	0.045
0.6	1.26	-0.10	0.95	-0.02	0.74	0.083	0.60	0.083
0.7	1.50	-0.31	1.10	-0.19	0.84	0.132	0.65	0.132
0.8	1.70	-0.57	1.20	-0.40	0.97	0.193	0.73	0.193
0.9	1.86	-0.89	1.25	-0.66	1.13	0.266	0.84	0.266
1.0	1.99	-1.26	1.26	-0.96	1.34	0.350	0.98	0.350

表 C.3.18 30°异径斜三通汇流、分流的局部阻力系数 ξ

推荐值表 $\xi=\Delta h/(V_1^2/2g)$

分流比 $q=Q_1/Q_3$	类 别							
	汇 流				分 流			
								
	面积比 $a=0.56$		面积比 $a=0.67$		面积比 $a=0.56$		面积比 $a=0.67$	
	ξ_{13}	ξ_{23}	ξ_{13}	ξ_{23}	ξ_{31}	ξ_{32}	ξ_{31}	ξ_{32}
0.1	-0.47	0.14	-0.50	0.13	0.81	0.01	0.80	0.01
0.2	-0.06	0.18	-0.12	0.18	0.70	0.001	0.68	0.001
0.3	0.31	0.16	0.20	0.17	0.63	0.004	0.59	0.004

续表 C.3.18

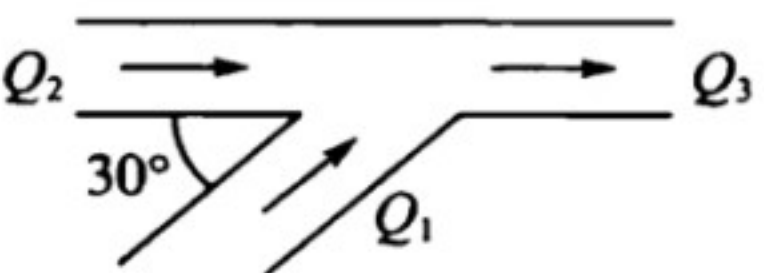
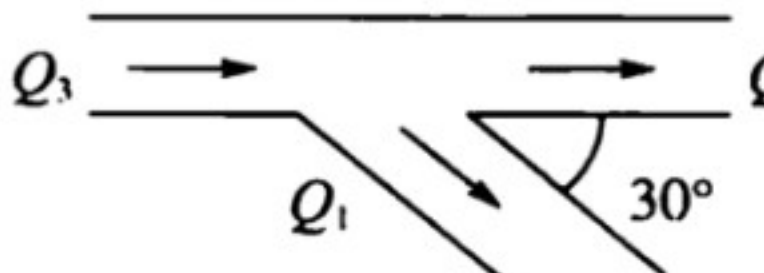
分流比 $q=Q_1/Q_3$	类 别							
	汇 流				分 流			
								
	面积比 $a=0.56$		面积比 $a=0.67$		面积比 $a=0.56$		面积比 $a=0.67$	
	ξ_{13}	ξ_{23}	ξ_{13}	ξ_{23}	ξ_{31}	ξ_{32}	ξ_{31}	ξ_{32}
0.4	0.64	0.008	0.48	0.11	0.60	0.019	0.53	0.019
0.5	0.93	-0.06	0.70	0.00	0.60	0.045	0.50	0.045
0.6	1.18	-0.27	0.87	-0.16	0.64	0.083	0.50	0.083
0.7	1.39	-0.54	0.99	-0.38	0.71	0.132	0.53	0.132
0.8	1.56	-0.87	1.07	-0.65	0.82	0.193	0.59	0.193
0.9	1.69	-1.26	1.09	-0.97	0.96	0.266	0.67	0.266
1.0	1.78	-1.72	1.06	-1.35	1.15	0.350	0.79	0.350

表 C.3.19 三通的局部阻力系数 ξ 推荐公式 (Gardel 公式)

汇流	$\xi_{13} = -0.92(1-q)^2 - q^2[1.2(\cos\theta/a - 1) + 0.8(1 - 1/a^2) - (1-a)\cos\theta/a] + 2(2-a)q(1-q)$ $\xi_{23} = 0.03(1-q)^2 - q^2[1 + 1.62(\cos\theta/a - 1) - 0.38(1-a)] + (2-a)q(1-q)$
分流	$\xi_{31} = 0.95(1-q)^2 + q^2\{1.3\cot[(180-\theta)/2] - 0.3 + (0.4 - 0.1a)/a^2\} + 0.4q(1-q)(1 + 1/a)\cot[(180-\theta)/2]$ $\xi_{32} = 0.03(1-q)^2 + 0.35q^2 - 0.2q(1-q)$

附录 D 地下钢管(Q235 钢)管壁最小结构厚度

表 D 地下钢管(Q235 钢)管壁最小结构厚度 δ (mm)

D_0	δ	
	不加刚性环	加刚性环
600	6	—
700	6	—
800	7	—
900	7	—
1000	7	—
1200	7	—
1400	7~8	—
1600	8~9	8
1800	—	8
2000	—	8
2200	—	9
2400	—	10
2600	—	10
2800	—	11
3000	—	11
3200	—	12
3400	—	13
3600	—	14
3800	—	15

附录 E 钢管防腐等级选用表

表 E 钢管防腐等级选用表

防腐等级	普通防腐	加强防腐	特加强防腐
外表面	土壤电阻率 ＞50Ω·m	土壤电阻率 20Ω·m～50Ω·m	土壤电阻率 ＜20Ω·m
	pH 值 6.0～7.5	pH 值为 3.0～6.0 或 7.5～9.5	pH 值＜3.0 或 pH 值＞9.5
	不存在硫酸盐还原菌	存在大量硫酸盐还原菌	—
	土壤湿度 0～10% 或＞40%	土壤湿度 10%～40%	—
	没有杂散电流	存在杂散电流：当为直流杂散电流时，管地电位较自然电位正向偏移 100mV～200mV 或地电位梯度 2.5mV/m～5.0mV/m	存在严重的杂散电流：当为直流杂散电流时，管地电位较自然电位正向偏移＞200mV，或地电位梯度＞5.0mV/m。管道穿越河流、铁路、公路、沼泽地或其他重要建筑物，检修困难
内表面	淡水	海水或淡、海水交替	—

本规范用词说明

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,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 《室外给水设计规范》GB 50013
- 《室外排水设计规范》GB 50014
- 《建筑给水排水设计规范》GB 50015
- 《钢结构设计规范》GB 50017
- 《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025
- 《供水水文地质勘察规范》GB 50027
- 《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB 50032
- 《小型火力发电厂设计规范》GB 50049
- 《给水排水工程构筑物结构设计规范》GB 50069
- 《工业循环水冷却设计规范》GB/T 50102
- 《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112
- 《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
- 《内河通航标准》GB 50139
- 《构筑物抗震设计规范》GB 50191
- 《防洪标准》GB 50201
- 《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229
- 《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268
- 《堤防工程设计规范》GB 50286
- 《水利水电工程地质勘察规范》GB 50287
- 《土工合成材料应用技术规范》GB 50290

《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332
 《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》GB 50400
 《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476
 《民用建筑节能设计标准》GB 50555
 《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660
 《水工建筑物抗冰冻设计规范》GB/T 50662
 《火力发电厂节能设计规范》GB/T 51106
 《碳素钢结构》GB/T 700
 《低合金高强度结构钢》GB 1591
 《声环境质量标准》GB 3096
 《地面水环境质量标准》GB 3838
 《铝-锌-镉系合金牺牲阳极》GB 4948
 《铝-锌-镉系合金牺牲阳极化学分析方法》GB 4949
 《锌-铝-镉合金牺牲阳极》GB 4950
 《生活饮用水卫生标准》GB 5749
 《涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定》GB/T 8923
 《污水综合排放标准》GB 8978
 《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB 12348
 《滨海电厂海水冷却水系统牺牲阳极阴极保护》GB/T 16166
 《滨海设施外加电流阴极保护系统》GB/T 17005
 《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》GB/T 17219
 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599
 《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB 18918
 《城市污水再利用城市杂用水水质》GB 18920
 《低温低浊水给水处理设计规程》CECS 110
 《自承式给水钢管跨越结构设计规程》CECS 214
 《高浊度水给水设计规范》CJJ 40
 《节水型生活用水器具》CJ 164

- 《污水排入城镇下水道水质标准》CJ 343
- 《火力发电厂焊接技术规程》DL/T 869
- 《火力发电厂总图运输设计技术规程》DL/T 5032
- 《火力发电厂灰渣筑坝设计规范》DL/T 5045
- 《发电厂废水治理设计规范》DL/T 5046
- 《水工混凝土结构设计规范》DL/T 5057
- 《发电厂化学设计规范》DL 5068
- 《火力发电厂保温油漆设计规程》DL/T 5072
- 《水工建筑物抗震设计规范》DL 5073
- 《水工建筑物荷载设计规范》DL 5077
- 《水电枢纽工程等级划分及设计安全标准》DL 5180
- 《电力建设施工技术规范 第5部分:管道及系统》DL 5190.5
- 《电力建设施工技术规范 第8部分:加工配制》DL 5190.8
- 《电力建设施工技术规范 第9部分:水工结构工程》DL 5190.9
- 《水工隧洞设计规范》DL/T 5195
- 《电力工程地下金属构筑物防腐技术导则》DL/T 5394
- 《火力发电厂再生水深度处理设计规范》DL/T 5483
- 《火力发电厂干式贮灰场设计规程》DL/T 5488
- 《火力发电厂循环水泵房进水流道设计规范》DL/T 5489
- 《火力发电厂水工设计基础资料及其深度规定》DL/T 5507
- 《发电厂节水设计规程》DL/T 5513
- 《建筑桩基技术规范》JGJ 94
- 《冻土地区建筑地基基础设计规范》JGJ 118
- 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120
- 《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》JGJ 275
- 《水运工程水工建筑物抗震设计规范》JTJ 225
- 《港口与航道水文规范》JTS 145
- 《水运工程混凝土结构设计规范》JTS 151
- 《防波堤设计与施工规范》JTS 154—1

《水利水电工程等级划分及洪水标准》SL 252

《堤防工程施工规范》SL 260

《海堤工程设计规范》SL 435