

ICS 27.120.20

F 65

备案号: 46495-2014

**NB**

中 华 人 民 共 和 国 能 源 行 业 标 准

NB/T 20310—2014

---

## 压水堆核电厂最终热阱构筑物设计要求

Design requirements for structures of ultimate heat sink for pressurized water  
reactor nuclear power plants

2014 - 06 - 29 发布

2014 - 11 - 01 实施

国家能源局 发布

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 最终热阱构筑物的功能 .....	1
4 设计总体要求 .....	1
4.1 设计目标 .....	2
4.2 最终热阱型式选择 .....	2
4.3 最终热阱容量确定 .....	2
4.4 构筑物分级 .....	3
5 工艺设计要求 .....	4
5.1 取水构筑物 .....	4
5.2 泵房及管廊 .....	6
5.3 排水构筑物 .....	8
5.4 冷却塔 .....	9
5.5 贮水池 .....	10
5.6 冷却水池 .....	10
6 结构设计要求 .....	11
6.1 一般规定 .....	11
6.2 材料 .....	11
6.3 地震作用和结构抗震验算 .....	12
6.4 地基与基础 .....	14
6.5 耐久性要求 .....	18
附录 A (资料性附录) 其它排水构筑物 .....	19
参考文献 .....	24

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由能源行业核电标准化技术委员会提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准起草单位：中国核电工程有限公司。

本标准主要起草人：王东海、管永涛、王晓东、彭超、李京、侯树强。



# 压水堆核电厂最终热阱构筑物设计要求

## 1 范围

本标准规定了压水堆核电厂最终热阱构筑物的一般设计要求,以确保最终热阱构筑物能够安全、可靠、有效地执行其预定的功能。

本标准适用于600 MWe及1 000 MWe级二代改进型压水堆核电厂最终热阱构筑物设计。对于三代能动压水堆核电厂亦可作为参考。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修改版均不适用于本标准。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本标准。

GB 50007 建筑地基基础设计规范  
GB 50010—2010 混凝土结构设计规范  
GB 50011 建筑抗震设计规范  
GB 50265—2010 泵站设计规范  
GB 50267 核电厂抗震设计规范  
GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计规范  
GB/J 87 工业企业噪声控制设计规范  
DL 5077 水工建筑物荷载设计规范  
DL/T 5195 水工隧洞设计规范  
JTJ 213 海港水文规范  
JTS 154-1 防波堤设计与施工规范  
NB/T 20105 核电厂厂房设计荷载规范  
NB/T 20012 压水堆核电厂核安全有关的混凝土结构设计要求  
SL 191—2008 水工混凝土结构设计规范  
SL 279 水工隧洞设计规范  
HAD 102/01 核电厂设计总的安全原则  
HAD 102/05 与核电厂设计有关的外部人为事件

## 3 最终热阱构筑物的功能

最终热阱系统的功能是在正常运行、预计运行事件或机组启动和停堆以及事故工况下,能及时有效地接纳反应堆余热、乏燃料衰变热及其它部件的释热等全部热负荷,并将其安全地排放到水体或大气中。

最终热阱构筑物的功能应保证最终热阱系统功能的实现。

## 4 设计总体要求



#### 4.1 设计目标

为了保证实现最终热阱系统的主要设计目标，要求最终热阱构筑物具有以下特点：

- a) 可靠性；
- b) 在假设始发事件所需范围内的可运行性；
- c) 可用性；
- d) 简单性。

#### 4.2 最终热阱型式选择

最终热阱选择应满足下列要求：

- a) 最终热阱的型式可以选择大气、水体或大气和水体的组合，无论选择何种型式，最终热阱均应保证在正常运行、预计运行事件或机组启动和停堆以及事故工况下，即使所有其它的排热手段已经丧失或不足以排出热量时，总是能够接受堆芯所排出余热。当采用水体作为最终热阱时，应考虑下列因素：
  - 1) 供水量；
  - 2) 水位；
  - 3) 水源的类型（江河湖海或人工水库）；
  - 4) 最终热阱的补给水源；
  - 5) 为反应堆在运行状态、事故工况或停堆条件下提供适宜温度冷却水必要流量的能力。当采用大气作为最终热阱时，应考虑下列因素：
    - (1) 空气干球温度；
    - (2) 空气湿球温度；
    - (3) 水质；
    - (4) 风速。
- b) 最终热阱的选择，应考虑可用源的相对可靠性和容量。
- c) 最终热阱的选择，应考虑可用介质的品质和推荐的最终热阱温度的预期极端变化的情况。
- d) 在选择最终热阱及其直接有关的输热系统的类型时，应考虑厂址所处的特定条件及其对环境的影响。
- e) 在确定最终热阱及其直接有关的输热系统的类型时，应规定设计基准环境参数，包括直流式水冷系统的最终热阱水温 and 干式冷却塔的空气干球温度；对湿式冷却塔和冷却池，以及其它利用蒸发冷却的输热系统，包括空气的干球温度和湿球温度，需要时应包括其它参数如（污泥含量和化学杂质）、风速和保温因子等。
- f) 在最终热阱及其直接有关的输热系统的设计中考虑的环境参数应与厂址的特定条件和具体系统相适应。最终热阱设计中外部事件的有关建议和要求见 HAD 102/01 和 HAD 102/05。

#### 4.3 最终热阱容量确定

最终热阱容量的确定应考虑：

- a) 最终热阱应有能力接受核电厂在正常运行、预计运行事件或机组启动和停堆以及事故工况下产生的热量。
- b) 最终热阱应有能力按照核电厂热负荷排出的速率，在所要求的时间内接纳这些热量。
- c) 当确定最终热阱及其直接有关的输热系统所需要的输热能力时，应准确确定各种热源和它们随时间变化的特征，以保证冷却剂的温度维持在规定的限值内。应考虑下列各种热负荷：
  - 1) 堆芯衰变热；



- 2) 乏燃料衰变热;
  - 3) 贮存热;
  - 4) 安全重要物项的放热;
  - 5) 其它与事故有关的热源。
- d) 在确定堆芯衰变热负荷时,应假定燃料已在功率运行下经受一段时期的辐照而产生出最大的衰变热负荷。应根据试验数据并考虑由于不确定性而引起的适当裕量,来确定裂变产物和元素的衰变热释放速率。
- e) 由乏燃料产生的总热负荷和放热率应根据任一时间能贮存在厂内的乏燃料元件的最大数量进行计算;应采用具体燃料的衰变热曲线,即对不同的燃料元件分别用各自适当的停堆后时间,或者对所有燃料元件用一个保守的、总平均停堆后时间。
- f) 在选择最终热阱时应考虑在各自运行状态和设计基准事故工况下应运行的辅助系统(该辅助系统服务并依赖于最终热阱)的能动部件(如泵和电机)和其它发热装置等释放的热负荷。
- g) 各单项热负荷随时间的变化特性应当叠加起来,以确定释热速率的峰值,它将作为确定输热系统能力的依据。在进行这项计算时,可考虑核电厂内的一些热阱,如堆芯结构,一回路和二回路系统、安全壳构筑物、抑压水池、乏燃料贮存池和输热介质等的临时贮热能力。
- h) 事故工况可能造成额外的热源,例如燃料包壳的金属—水反应,或由安全壳内其它放热化学反应产生的热量。如果这种可能的金属—水反应造成的额外热源非常显著,则应定量地给出这些热源与时间的关系,并把它归入确定容量的准则中。
- i) 从安全方面考虑,与最终热阱直接有关的输热系统的定量分析将取决于下列因素:
- 1) 最大释热率;
  - 2) 环境设计参数(水或空气的温度,相对湿度);
  - 3) 冷却剂的供应。
- j) 对于有限容量的最终热阱,直接有关的输热系统的选择应根据保持最终热阱水量这一需要来确定,从而可使要求补水投入使用的时间得以延迟。如果要求补水的时间较短,那么应对采用的补水措施进行更严格的论证。
- k) 对于没有随时能与用之不尽的天然水体或大气接通的厂址,应验证随时可用的水源有足够的容量,在水池或水库被重新灌满以前的这段时期内能接受所有热负荷,其最小的可接受容量为 30 d,除非通过保守的分析证明可以采用更短的时间。

#### 4.4 构筑物分级

构筑物分级应考虑:

- a) 最终热阱构筑物的安全分级,须首先确定属于安全重要物项的所有构筑物,根据其安全功能和安全重要性进行分级,它们的设计、建造和维修应使其质量和可靠性与这种分级相适应。
- b) 划分最终热阱构筑物安全重要性的方法应主要基于确定论方法,适当时辅以概率论方法和工程判断,并应考虑如下因素:
  - 1) 该物项要执行安全功能;
  - 2) 未能执行其功能的后果;
  - 3) 需要该物项执行某一安全功能的可能性;
  - 4) 假设始发事件后需要该物项投入运行的时刻或持续运行的时间。
- c) 与重要厂用水系统有关的最终热阱建构筑物分级见表 1。



表1 与重要厂用水系统有关的最终热阱建构筑物分级

名称	安全等级	抗震类别	适用规范	质保等级
取水头部	LS	I	NB/T 20012、GB 50267	Q1
取水隧洞	LS	I	NB/T 20012、GB 50267	Q1
取水明渠	LS	*	NA	*
泵房	LS	I	NB/T 20012、GB 50267	Q1
压力输水管廊	LS	I	NB/T 20012、GB 50267	Q1
溢流堰	LS	I	NB/T 20012、GB 50267	Q1
排水管道	NC	NA	NA	QNC
机械通风冷却塔 (厂内)	LS	I	NB/T 20012、GB 50267	Q1
冷却塔进、回水管廊	LS	I	NB/T 20012、GB 50267	Q1
冷却塔补水管道	**	*	**	*
贮水池 (厂内)	LS	I	NB/T 20012、GB 50267	Q1
冷却水池 (厂内)	LS	I	NB/T 20012、GB 50267	Q1
其它(与安全无关的 构筑物)	NC	NA	NA	QNC
<p>注1: NA-不适用。</p> <p>注2: NC-指非核安全级。</p> <p>注3: 将具有安全功能的厂房和构筑物分为安全有关级(以LS标示)。</p> <p>注4: I-抗震I类。</p> <p>注5: Q1-要求遵照HAF003和核安全导则中适用的全部要求。</p> <p>注6: *-需根据使用情况进行安全分析,进而确定抗震类别和质保等级。</p> <p>注7: **-需根据设置和使用情况进行安全分析,进而确定安全等级和适用规范。</p>				

5 工艺设计要求

5.1 取水构筑物

5.1.1 一般规定

取水构筑物的一般规定如下:

- a) 应根据工程规划的不同阶段、研究任务、研究方法和工程水域概况,相应地提出对基础资料的要求,其要求应注意与同一工程其它研究工作的资料要求相协调,并对基础资料的合理性、代表性进行分析,为保证试验研究成果质量提供可靠的基础。根据数值模拟和物理模型试验的不同要求,分别对资料的内容提出要求;
- b) 取水构筑物一般包括取水头部、取水隧洞、取水暗管、取水明渠、岸边水泵房等,有时也设置闸门井和格栅间,需根据具体厂址和取水方式确定采用哪些构筑物形式的组合;
- c) 取水构筑物执行安全功能时设计水位应采用设计基准洪水水位以及设计基准低水位;
- d) 取水管渠设计流速的确定,要综合考虑防冲淤、防生物附着、防冰等因素,以及水流的卷吸效应对水域环境的影响;



- e) 取水暗管、塔式取水构筑物和多点式取水构筑物均应考虑设置检修设施,必要时应有清淤和清理海生物的措施;
- f) 岸边水泵房 $\pm 0.00$  m 层标高应按设计基准洪水位 DBF 设计,并有防浪措施。当出现设计基准洪水位时,能保证重要厂用水取用和设备正常运行;
- g) 当出现设计基准低水位时需保证取水暗管淹没进水,并考虑进水时产生的漏斗效应。取水暗管内底标高高于自然海床不宜小于 1.0 m,取水头部内底标高应根据泥沙淤积及运动情况确定;
- h) 取水暗管、塔式取水构筑物及多点式取水构筑物的设计波浪重现期采用 100 a;
- i) 取水暗管、塔式取水构筑物和多点式取水构筑物均应采取抑制海生物生长的措施;
- j) 确定取水构筑物的取水设计低水位时均应考虑结冰及漂浮物因素的影响。

### 5.1.2 取水明渠

取水明渠一般由两侧的防波堤(导流堤或护岸)及取水渠道组成,防波堤(导流堤或护岸)的结构型式应根据建设所在地的水文、地质及施工条件等确定。取水明渠的设计应符合下列要求:

- a) 取水明渠设计流速的确定,要综合考虑防冲淤、防冰等因素,以及水流的卷吸效应对海域环境的影响。
- b) 取水明渠口门处设计平均水位时的流速,宜不大于口门外海域大、中、小潮垂向平均流速,并不宜超过取水口门附近海区沉积物的平均起动流速。取水明渠在设计平均水位时流速的确定,应综合考虑渠道的冲淤平衡及清淤作业的需要,正常运行工况下渠道内水头损失满足核电厂经济运行的要求。
- c) 取水明渠口门朝向,应避开常浪向、强浪向,与取水明渠相连的取水泵房外前池,应具有良好的水流状态,在 100 a 一遇高潮位与 50 a 一遇波浪组合工况下,水面波浪波动(短周期)幅度( $H_s$ )不宜超过 0.5 m。
- d) 取水明渠口门及明渠内底标高应按照设计基准低水位进行设计,并留有足够的各淤深度;
- e) 取水明渠的各淤深度应根据淤积量、平均淤强及清淤要求确定,不应小于 0.4 m。
- f) 取水明渠的口门应设置拦污设施,并结合口门水域外部环境考虑设置拦船设施。
- g) 严寒地区有结冰和流冰的情况时,明渠口门的布置应尽可能避免流冰进入取水明渠,必要时取水明渠口门应设置拦冰设施,以避免海冰堵塞危及重要厂用水取水安全。
- h) 取水明渠防波堤如仅承担导流及拦沙作用,经论证其破坏不会影响重要厂用水取水安全及不承担防洪功能,取水明渠防波堤为非核安全级(NC)构筑物。
- i) 取水明渠防波堤如承担厂区防洪重要功能,或经论证后其破坏会影响重要厂用水取水安全,取水明渠防波堤为安全有关(LS)构筑物。在设计基准洪水位及相应台风浪作用下,以防波堤和护岸主体稳定和不丧失总体防浪功能为原则,允许个别护面块体位移或滚落;允许堤顶胸墙少量位移;允许堤顶路面和后坡局部损坏。胸墙位移和局部损坏等情况均应通过不规则波物理模型试验验证。
- j) 明渠道流堤结构设计应按 JTS 154-1 和 JTJ 213 的规定执行。

### 5.1.3 取水头部

重要厂用水取水头部的设计应符合下列要求:

- a) 重要厂用水取水头部按照形式一般分为塔式取水头部、多点式取水头部和岸边式取水头部;
- b) 重要厂用水取水头部为 LS 级构筑物。如重要厂用水取水头部与循环水取水头部共用,经论证其破坏不会影响重要厂用水取水安全,其安全等级为 NC 级,抗震设计遵照国家相关抗震规范执行;



- c) 重要厂用水取水头部的位置和型式应根据水源特点、温排水影响、地形和地质条件以及工程施工等因素，通过技术经济比较确定；地质不稳定地区，应避免设置重要厂用水取水头部；地形不稳定地区应考虑地形的冲淤变化幅度；
- d) 重要厂用水取水头部的设置应考虑检修维护的可实施性；
- e) 重要厂用水取水头部设计高水位采用设计基准洪水位，设计低水位采用设计基准低水位；在设计基准低水位工况下，应考虑波浪的影响，确保重要厂用水取水水量充足可靠；
- f) 重要厂用水取水头部应尽可能避免流冰影响，也可将取水头部布置尽量低以避免海冰堵塞危及重要厂用水取水安全。

#### 5.1.4 取水隧洞

取水隧洞的设计应符合下列要求：

- a) 暗管、隧洞的设计流速应考虑防止海生物的附着和泥沙的淤积，无压暗涵、隧洞的最小流速不宜小于 2.0 m/s；有压隧洞的最小流速不宜小于 2.5 m/s，条件允许时可适当提高；
- b) 进、出口布置，应根据核电站总体布置要求和地形地质条件，使水流顺畅且进流均匀、出流平稳，满足使用功能和运行安全的要求，并应考虑闸门、拦污清淤设备的设置及对外交通，有利于防淤、防冲和防污等；进、出口布置应充分考虑水工隧洞的布置；在地形地质条件较复杂地区，应通过技术经济论证，选择最佳布置方案；
- c) 不配备满足用水量要求的相应蓄水设施的重要厂用水系统取水隧洞为安全级隧洞；
- d) 洞线布置的要求可按 DL/T 5195 和 SL 279 的有关规定执行。

### 5.2 泵房及管廊

#### 5.2.1 一般规定

重要厂用水泵房和管廊是核电厂的重要子项，其设计原则和基准应满足下列规定：

- a) 对于直流冷却系统，泵房选址宜尽量靠近取水构筑物，但要兼顾与核岛厂房的距离，以使输水管廊尽量短。
- b) 泵房的设计规模应根据重要厂用水系统流量、取水保证率、供水保证率等因素确定，并应考虑上游水头损失的影响。
- c) 泵房的平面形状应根据取水方式、设备条件、施工方法、地质条件、水文条件和检修要求，通过技术经济比较确定。
- d) 若重要厂用水泵房与其它系统泵房合建，泵房应按系统是否执行安全功能分别确定设计水位：
  - 1) 对于执行非安全功能部分，其设计水位为：
    - (1) 设计平均水位：当地平均海平面；
    - (2) 设计高水位：百年一遇高潮位；
    - (3) 设计低水位：百年一遇低潮位。
  - 2) 对于执行安全功能部分，其设计水位为设计基准洪水位 (DBF) 和设计基准低水位 (DBL)。
- e) 对于滨海（河）厂址，重要厂用水泵房厂房的±0.00 m 标高宜与核岛厂房保持一致以防止外部水淹；在设计基准洪水位时，应保证旋转滤网冲洗水及其排水管路和滤网的测量仪表仍可正常运行，应确保旋转滤网驱动电机和格栅除污机电机免受 DBF 洪水淹没。
- f) 泵房布置应符合下列规定：
  - 1) 满足机电设备布置、安装、运行和检修要求；
  - 2) 满足结构布置要求；



- 3) 满足通风、采暖和采光要求, 并符合防潮、防火、防噪声、节能、劳动安全与工业卫生等技术规定;
- 4) 满足内外交通运输要求;
- 5) 注意建筑造型, 做到布置合理、适用美观, 且与周围环境相协调;
- 6) 泵房各层层高应根据水泵机组、电气设备、起吊装置、安装运行和检修等因素确定。
- g) 泵房若设有前池, 前池布置应满足水流顺畅、流速均匀、池内不得产生涡流的要求; 前池内的平均水流速度宜小于  $0.6 \text{ m/s}$ ; 宜采用正向进水方式, 扩散角宜选用  $20^\circ \sim 40^\circ$ , 底坡不得陡于  $1:4$ ; 侧向进水的前池宜设分水导流设施, 可以通过模型试验验证。泵房前池应具有良好的水流状态, 在设计高水位与 50a 一遇波浪组合工况下, 水面波浪波动幅度不宜超过  $0.5 \text{ m}$ 。
- h) 泵房进水流道的布置形式, 应结合水文条件、取水量、取水方式、设备选型等因素进行多方案技术经济比较后确定。
- i) 为保证进水流道的水流条件, 进水流道上应采取“三防”措施: 防漂浮物、防泥沙、防冰凌;
- j) 进水流道内的过流部件应设计成近似流线型, 不宜出现水流方向突变、水流迅速扩散过渡、陡坡以及任何导致水流不对称分配的设计。
- k) 泵房进水流道淹没深度应考虑结冰、风浪及热水回流等因素对设计基准低水位的影响。
- l) 双流道双向泵房进水流道内宜设置导流锥、隔板等, 必要时应进行装置模型试验。
- m) 泵房内若有吸水井, 应保证井内水流顺畅、流速均匀、不产生涡流, 且便于施工和维护。
- n) 泵房设计应考虑泥沙淤积、冰冻等影响。当风浪对水泵安全运行有影响时, 应采取有效的消浪措施。
- o) 海水泵房应采用耐海水腐蚀的建筑材料, 或采取其它有效的防腐措施。输送海水的钢管应进行专门的保护。
- p) 重要厂用水管廊内敷设重要厂用水管道及附件、消防水管道及附件、电缆。管廊断面应根据内部敷设管道和电缆数量规格确定, 力求经济合理。
- q) 采用海水作为冷却水的核电厂, 应根据冷却方式、构筑物形式、厂址海域生物种类等因素经技术经济比较, 采取投加化学药品、涂层保护等方法防止海生物附着。

### 5.2.2 设计要求

重要厂用水泵房和管廊的详细设计和布置要满足下列要求:

- a) 泵房内进水流道布置应符合下列规定:
  - 1) 流道型线平顺, 各断面面积沿程变化应均匀合理;
  - 2) 出口断面处的流速和压力分布应比较均匀;
  - 3) 进口断面处流速宜取  $0.8 \text{ m/s} \sim 1.0 \text{ m/s}$ ;
  - 4) 在各种工况下, 流道内不应产生涡带;
  - 5) 进口宜设置检查孔, 检查孔孔径不宜小于  $0.7 \text{ m}$ ;
  - 6) 应方便施工。
- b) 水流过格栅的流速应根据水中漂浮物数量、有无冰絮、进水水流流态和流速、取水量大小等条件确定, 宜采用  $0.4 \text{ m/s} \sim 0.8 \text{ m/s}$ 。
- c) 水流过滤网的流速应根据水的脏污程度和滤网形式等条件确定, 过平板滤网的流速一般采用  $0.3 \text{ m/s} \sim 0.5 \text{ m/s}$ , 当为冷却塔循环供水系统时可采用  $0.5 \text{ m/s} \sim 0.6 \text{ m/s}$ ; 过旋转滤网的流速宜采用  $0.6 \text{ m/s} \sim 1.0 \text{ m/s}$ 。
- d) 水泵吸水管允许流速宜采用  $1.0 \text{ m/s} \sim 2.0 \text{ m/s}$ , 出水管允许流速宜采用  $1.5 \text{ m/s} \sim 3.0 \text{ m/s}$ 。在不影响吸水安全和经济运行的条件下, 管内流速可适当提高。
- e) 泵房内水泵机组的布置和通道宽度, 应满足设备安装、运行和操作的要求, 并应符合下列规定:



- 1) 水泵机组基础间净距不宜小于 1.0 m, 叶轮直径较大的立式水泵机组间净距不应小于 1.5 m, 并应满足进水流道的布置要求;
- 2) 机组突出部分与墙壁净距不宜小于 1.2 m;
- 3) 主要通道宽度不宜小于 1.5 m;
- 4) 配电箱前面通道宽度, 低压配电不宜小于 1.5 m。当采用在配电箱后面检修时, 后面距墙的净距不宜小于 1.0 m。
- f) 水泵安装高度应根据泵型、机组台数和当地自然条件等因素综合确定, 但应满足不同工况下必需汽蚀余量的要求, 重要厂用水泵宜按  $NPSH_a$  (可用汽蚀余量) = (1.3~1.5)  $NPSH_r$  (必需汽蚀余量) 确定。水泵吸水管布置应避免形成气囊, 吸水口的淹没深度应满足水泵运行的要求。
- g) 泵房起重设备应根据需吊运的最重部件确定。起重量不大于 3 t 宜选用手动或电动葫芦; 起重量大于 3 t 宜选用电动单梁或双梁起重机。
- h) 泵房为多层时, 楼板应设吊物孔, 其位置应在起吊设备的工作范围内。吊物孔尺寸应按需起吊最大部件外形尺寸每边放大 0.2 m 以上。
- i) 泵房应设置设备检修场地以及检修平台等设施, 场地尺寸应满足检修一套最大设备时周围有不小于 0.8 m 通道的要求。
- j) 泵房设备通道应按最大设备或部件能顺利通行考虑。当考虑汽车进入泵房时, 应满足汽车进出宽度和高度的要求。
- k) 泵房应设置冲洗泵和排水泵;
- l) 泵房宜采用集中控制, 并应安装必要的就地操作按钮及表计。
- m) 泵房内应设有控制盘房间、电话间、通风采暖或空调设施、照明设施及检修用插座, 还要考虑事故照明。泵房内的通信设备应设有直通主控室的电话。
- n) 泵房的噪声控制应符合 GB/J 87 的规定。
- o) 管廊应设置在土壤最大冰冻线以下, 且应注意与其它管、沟和基础之间的相互影响。
- p) 管廊应设必要的便于设备安装、检修的通道或开口。

### 5.3 排水构筑物

#### 5.3.1 一般规定

排水构筑物主要包括溢流堰和排水管道, 其他排水构筑物相关信息可参考附录A。

与安全有关的排水构筑物, 应根据重要厂用水系统的设置, 结合核电厂总体规划及厂址自然条件, 合理地选择排水构筑物的型式, 减少占地面积, 尽可能选择重力流排放, 减少排水管沟的长度, 满足核电厂安全要求, 有利于工程施工、运行管理和项目扩建。

#### 5.3.2 设计要求

排水构筑物的设计要求如下:

- a) 溢流堰标高设置, 应根据排水系统的排水能力, 经水力计算后确定。
- b) 溢流堰的容量设置, 应保证在设计基准水位时导致的壅水不引起安全相关厂房水淹。
- c) 最终热阱的排水管道排至循环水系统虹吸井溢流堰后。
- d) 排水管道的设计流量按式(1)计算:

$$Q = Av \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$Q$ ——设计流量 ( $m^3/s$ )



$A$ ——管道断面面积 ( $\text{m}^2$ )

$v$ ——流速 ( $\text{m/s}$ )

在恒定流条件下, 排水管道的流速按式(2)计算:

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$v$ ——流速 ( $\text{m/s}$ )

$R$ ——水力半径 ( $\text{m}$ )

$I$ ——水力坡降

$n$ ——粗糙系数

注: 各种管道的粗糙系数, 详见GB 50014, 根据海生物影响程度可适度放大。

- e) 排水管道的最大设计流速: 金属管道为  $10.0 \text{ m/s}$ , 非金属管道为  $5.0 \text{ m/s}$ , 非金属管道的最大设计流速经过试验验证可适当提高。
- f) 排水管道的最小设计流速: 在满流时为  $0.75 \text{ m/s}$ 。
- g) 排水管道的最小设计坡度: 塑料管为  $0.002$ , 其它管道为  $0.003$ 。
- h) 管顶最小覆土深度, 应根据管材强度、外部荷载、土壤冰冻深度和土壤性质等条件确定, 宜为: 人行道下  $0.6 \text{ m}$ , 车行道下  $0.7 \text{ m}$ 。
- i) 排水管道多为重力流的无压管道, 排水管道材质宜采用球墨铸铁管、预应力混凝土管或玻璃纤维增强塑料夹砂管(RAM)。
- j) 管道的施工方法, 应根据管道所处土层性质、管径、地下水位, 附近地下和地上建筑物等因素, 经技术经济比较, 确定采用开挖、顶管或盾构施工等。

## 5.4 冷却塔

### 5.4.1 设计基准

对于循环冷却方式的系统, 用于向重要厂用水冷却塔补水的取水口和取水泵房, 应按保证率为99%的低水位设计。

### 5.4.2 设计要求

内陆核电厂重要厂用水系统宜采用湿式循环冷却方式。冷却塔在厂区总平面规划中的位置应符合下列规定:

- a) 宜靠近核岛布置;
- b) 应考虑冷却塔的飘滴、雾和噪声对周围环境的影响;
- c) 冷却塔之间或冷却塔与其它建筑物之间的距离应满足冷却塔的通风要求, 并应满足管、沟、道路、建筑物的防火和防爆要求, 以及冷却塔和其它建筑物的施工和检修场地要求。冷却塔之间的距离还应考虑飞机撞击的影响;
- d) 应选择地形、地质条件较好, 地基处理简单的场地;
- e) 单侧进风的机械通风冷却塔的进风面宜面向夏季主导风向; 双侧进风的冷却塔的进风面宜平行夏季主导风向。

### 5.4.3 机械通风冷却塔的设计

机械通风冷却塔的设计应符合下列要求:



- a) 冷却塔的设计满足隔离、内外部灾害防护以及自然灾害防护等准则；
- b) 自然灾害防护包括：重要厂用水系统冷却塔（包括塔体、塔芯材料和风机）应在极限安全地震震动（SI-2）中及地震后保持其功能；重要厂用水系统冷却塔在设计时考虑运行中出现极端气象和自然条件、生物现象的影响；
- c) 内部外部灾害包括：飞射物、丧失厂外电源、管道破裂、飞机坠落、爆炸与火灾、积垢；
- d) 冷却塔的热力阻力计算参照 DL/T 5339、GB/T 50392 相关规定执行。

#### 5.4.4 补水管道

补水管道是指为重要厂用水系统冷却塔补充损失水的管道，其设计应满足下列要求：

- a) 冷却塔补水采用水泵输送，补水系统满足最终热阱的设计基准；
- b) 补水管道的口径应根据冷却塔补充水量和补水水源的压力确定；冷却塔补充水量应根据蒸发、风吹和排污等各项损失水量确定；
- c) 当采用密闭式循环冷却系统时，补水管道的输水能力应在 4 h～6 h 内将系统充满；
- d) 冷却塔补水的悬浮物含量不宜超过 20 mg/l，pH 值不应小于 6.5 且不宜大于 9.5；
- e) 补充水的加氯处理宜采用连续投加方式，游离性余氯量应控制在 0.1 mg/l～0.2 mg/l 范围内；
- f) 密闭式循环冷却系统补充水应符合系统对水质水温的要求。当补充水经除氧或除气处理后，应设封闭措施；
- g) 当采用海水循环冷却系统时，一般采用原海水作为补充水，补充水应根据相应海域的水文地质情况，采用浅层、海水井等取水方式，并辅以必要的预处理措施，以满足海水补充水的水质指标；
- h) 与海水接触的设备、管道及附件应考虑耐海水腐蚀。

#### 5.5 贮水池

贮水池作为最终热阱，其设计需满足下列要求：

- a) 其最小可接受的容量为 30 d，以满足安全停堆余热导出所需的水量。如通过保守的分析论证（如采取适当的补水措施）可以适当降低贮水池最小的可接受容量的天数；
- b) 根据厂址条件，贮水池的建设应充分利用厂址地形，也可采用地下或半地下钢筋混凝土贮水池；
- c) 贮水池内的水应采取保护措施保证其清洁和随时可用；
- d) 用于向重要厂用水贮水池补水的取水口和取水泵房，应按保证率为 99% 的低水位设计。

#### 5.6 冷却水池

冷却水池的设计应符合下列要求：

- a) 对于内陆核电厂址，可利用水库、湖泊、河道或新建水池作为重要厂用水的冷却水源。如采用冷却水池，核电厂取排水构筑物的布置型式应有利于冷却水池的冷水的吸收和热水的冷却；
- b) 冷却水池的冷却能力应根据工程的不同阶段进行数学模型计算和物理模型试验；
- c) 新建的冷却水池，设计应采取防止池岸和堤坝冲刷及坍塌的措施，根据冷却水池的池型，减少次生浪的产生，应考虑冷却水池周围地下水位的上升对建构筑物及外部环境造成的不良影响；
- d) 冷却水池应考虑泥沙淤积对吸水口及冷却能力产生的影响，应采取防止和控制泥沙淤积的措施，应定期对池底淤泥进行清理；
- e) 根据厂址条件，冷却水池宜在设计中考虑采用导流堤、潜水堰和挡热墙等工程措施，降低取水温升，以提高冷却能力；



- f) 冷却水池的最低设计水位，应根据冷却水池的容积和水面面积、考虑水体的自然条件、泥沙淤积、吸水口和排水口的布置等确定。冷却水池在夏季最低水位时，水流循环区的水深不宜小于 2.0 m；
- g) 冷却水池的正常设计水位和最高设计水位，应根据核电厂水量平衡和防洪计算成果、系统对水位的要求和冷却水池各项损失等条件，通过技术经济比较确定；
- h) 冷却水池应有可靠的补充水源。地表径流补水的冷却水池，应有排洪设施，人工补水的冷却水池，应设有溢流和放水等设施；
- i) 新建冷却水池，初次充水至有效容积所需的时间，应满足核电厂投入生产的要求；
- j) 扩建工程的冷却水池可根据水文观测资料和已有冷却水池资料进行设计。

## 6 结构设计要求

### 6.1 一般规定

6.1.1 构筑物的结构设计除应满足现行国家规范要求外，还应满足 NB/T 20105、NB/T 20012、GB 50267 和 HAD 102/05 的要求。

6.1.2 构筑物的结构设计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，采用以分项系数的设计表达式进行设计。

6.1.3 混凝土结构构件的极限状态分为承载能力极限状态和正常使用极限状态两类。结构构件按极限状态设计时，应根据这两类极限状态的要求，分别按下列规定进行计算和验算，并应满足有关规定的构造要求：

- a) 所有结构构件均应进行承载力计算。必要时还应进行结构的抗倾覆、抗滑移和抗浮稳定性验算。需要抗震设防的结构，尚应进行结构构件的抗震承载力验算或采取构造设防措施；
- b) 使用上需要控制变形值的结构构件，应进行变形验算；
- c) 使用上要求不出现裂缝的结构构件，应进行混凝土的抗裂验算；使用上需要控制裂缝宽度的结构构件，应进行裂缝宽度验算；
- d) 偶然荷载作用时，可不进行变形、抗裂、裂缝宽度等正常使用极限状态验算。

6.1.4 混凝土结构构筑物在施工和运行期间，当温度的变化对构筑物有较大影响时，应进行温度应力计算，并应采取构造措施和施工措施以消除或减小温度应力。允许出现裂缝的钢筋混凝土结构构件，在计算温度应力时，应考虑裂缝的开展对构件刚度降低的影响。

6.1.5 在构筑物设计时，应考虑作用在结构截面上的渗透压力，并宜采用专门的止水、防渗、排水等措施，以降低渗透压力。

6.1.6 预制构件应考虑制作、运输、安装、吊装时相应荷载的作用。进行预制构件施工吊装验算时，构件自重应计入动力系数，动力系数可取 1.5，也可根据吊装时的实际受力情况适当增减。

6.1.7 混凝土结构应具有整体和局部稳定性。

6.1.8 混凝土结构应根据所处的环境条件满足相应的耐久性要求，耐久性要求应符合 GB/T 50476 的规定。

### 6.2 材料

#### 6.2.1 混凝土

混凝土应符合下列要求：



- a) 混凝土应满足强度要求，并应根据构筑物的工作条件、地区气候等具体情况，分别满足抗渗、抗冻、抗腐蚀、抗冲刷等耐久性要求；对防止温度裂缝有较高要求的大体积混凝土结构，设计时应应对混凝土提出高延伸率和低热性要求，选用掺加合适的掺合料与外加剂；
- b) 混凝土强度等级应按立方体抗压强度标准值确定（混凝土强度等级用符号 C 和立方体抗压强度标准值（以  $\text{N/mm}^2$ ）表示）；立方体抗压强度标准值系指按标准方法制作养护的边长为 150 mm 的立方体试件，在 28 d 龄期或设计规定龄期用标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度值；
- c) 钢筋混凝土构件的混凝土强度等级不应低于 C20；框支梁、框支柱及抗震等级为一级的框架梁、柱、节点核心区，混凝土强度等级不应低于 C30；构造柱、芯柱、圈梁及其他各类构件不应低于 C20；预应力混凝土结构构件的混凝土强度等级不宜低于 C40，且不应低于 C30；承受重复荷载的钢筋混凝土构件，混凝土强度等级不应低于 C30；
- d) 在混凝土结构构件设计中，不宜利用混凝土的后期强度，但经过充分论证后，也可根据构筑物的形式、地区的气候条件以及开始承受荷载的时间，采用 60 d 或 90 d 龄期的抗压强度；混凝土不同龄期的抗压强度增长率，应通过试验确定，当无试验资料时，可参考 SL 191—2008 附录 A 的相关信息；
- e) 混凝土的设计指标应符合 GB 50010—2010 和 SL 191 的规定；
- f) 混凝土的重力密度（重度）应由试验确定。当无试验资料时，素混凝土可取  $24 \text{ kN/m}^3$ ；钢筋混凝土可取  $25 \text{ kN/m}^3$ 。

### 6.2.2 钢筋

钢筋应满足下列要求：

- a) 钢筋混凝土结构及预应力混凝土结构构件的钢筋，应按照下列规定选用：
  - 1) 纵向受力普通钢筋宜采用 HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500 钢筋，也可采用 HPB300、HRB335、HRBF335、RRB400 钢筋；
  - 2) 梁、柱纵向受力普通钢筋应采用 HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500 钢筋；
  - 3) 箍筋宜采用 HRB400、HRBF400、HPB300、HRB500、HRBF500 级钢筋，也可采用 HRB335、HRBF335 级钢筋；
  - 4) 预应力钢筋宜采用预应力钢丝、钢绞线和预应力螺纹钢筋。
- b) 钢筋的强度标准值应具有不小于 95% 的保证率；抗震等级为一、二、三级的框架和斜撑构件（含梯段），其纵向受力钢筋采用普通钢筋时，钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应小于 1.25；钢筋的屈服强度实测值与屈服强度标准值的比值不应大于 1.3，且钢筋在最大拉力下的总伸长率实测值不应小于 9%；抗震等级分级见 GB 50011。
- c) 钢筋的设计指标应符合 GB 50010—2010、GB 50011 和 SL 191 的规定。
- d) 构件中的钢筋可采用并筋的配置形式，具体要求应符合 GB 50010—2010 中 4.2.7 的采用。
- e) 当进行钢筋代换时，除应符合设计要求的构件承载力、最大拉力下的总伸长率、裂缝宽度验算以及抗震规定以外，尚应满足最小配筋率、钢筋间距、保护层厚度、钢筋锚固长度、接头面积百分率及搭接长度等构造要求。
- f) 当构件中采用预制的钢筋焊接网片或钢筋骨架配筋时，应符合国家现行有关标准的规定；
- g) 各种公称直径的普通钢筋、预应力钢筋的公称直径、公称截面面积及理论重量按 GB 50010—2010—2010 附录 A 要求。

### 6.3 地震作用和结构抗震验算

#### 6.3.1 最终热阱构筑物分类



最终热阱构筑物的抗震类别按照4.4的分类,分为I类物项和NA类物项。NA类物项为与核安全无关的构筑物,遵从现行国家规范要求设计。

### 6.3.2 I类物项结构计算要点

I类物项结构应满足下述计算要点

- a) I类物项应按两个相互垂直的水平方向和一个竖直的地震作用进行计算;水平地震作用的方向应取对物项最不利的方向。
- b) I类物项的抗震计算模型应根据结构实际情况确定,并应能较准确地反映周围土体和内部各构件的实际受力状况。对于地下结构进行地震反应计算时,宜采用反应位移法;土体结构的强非线性,可采用等效线性化法进行处理:
  - 1) 对于质量和刚度不对称分布的物项,宜计入平移和扭转的耦联作用;
  - 2) 地基与结构相互作用可采用集中参数模型和有限元模型;
  - 3) 地下管廊、隧洞振动计算时,可根据管道沿线地形和地质条件变化的复杂程度选用分段一维模型、集中质量模型或者平面有限元模型。
- c) I类物项构筑物的结构抗震设计所考虑的各类作用或作用组合应符合 GB 50267 的相关规定。
- d) 本章中的构筑物除符合规定的承载力要求外,均应验算裂缝宽度。最大裂缝宽度符合 GB/T 50476—2008 表 3.5.4 的要求。
- e) 楼层反应谱的计算应符合 GB 50267 的相关规定。

### 6.3.3 基础抗震验算

#### 6.3.3.1 天然地基的承载力验算

当与有关标准值效应E1的作用效应组合时,基础底面接地率应大于75%,且应符合公式(3)和式(4)的规定:

$$P \leq 0.75 f_{SE} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$P_{\max} \leq 0.90 f_{SE} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$P$ 、 $P_{\max}$ ——分别为基础底面处标准值效应E1的作用组合的平均压力设计值和基础边缘的最大压力设计值;

$f_{SE}$ ——调整后的地基土抗震承载力设计值,应符合GB 50011的规定。

当有关标准值效应E2的作用效应组合时,基础底面接地率应大于50%,并使结构不丧失功能,且符合式(3)和式(4)的要求。

注: E1表示严重环境条件下的运行安全地震震动产生的地震作用标准值效应; E2表示极端环境条件下的极限安全地震震动产生的地震作用标准值效应。

#### 6.3.3.2 矩形基础底面接地率的计算

矩形基础底面接地率可按式(5)和式(6)计算(见图1):

$$\beta = \frac{a}{b} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$



$$a=3b(\frac{1}{2} \frac{M}{N \cdot b}) \dots\dots\dots (6)$$

式中：  
β ——基础底面接地率（%）  
a——翘离情况下基础底面实际接地宽度（m）  
b——基础宽度（m）  
M、N——分别为运行安全地震震动SL-1或极限安全地震震动SL-2各种作用效应组合引起的倾覆力矩（N·m）和竖向力，后者包括结构与设备自重、竖向地震作用（方向与重力相反）和上浮力。

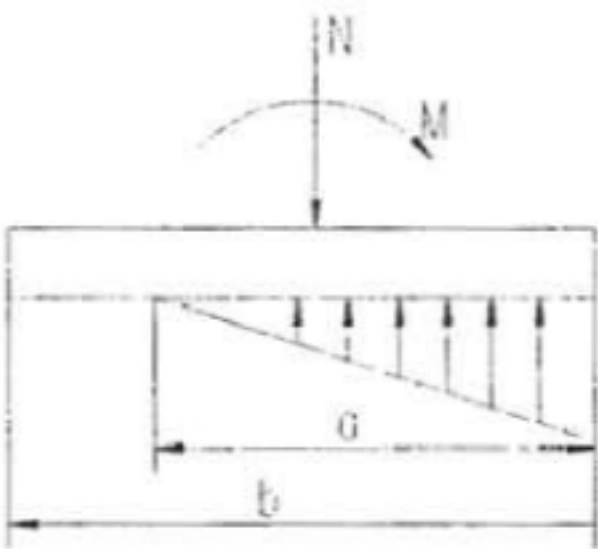


图1 矩形基础底面接地率计算

6.3.3.3 基础稳定性安全系数的验算

基础抗滑和抗倾覆稳定性验算的安全系数应符合表2的要求。

表2 基础稳定性安全系数

抗震类别	作用效应组合	安全系数	
		抗倾覆	抗滑
I 类	G+He+E1	1.5	1.5
	G+He+E2	1.1	1.1
注1：当产生不利影响的活荷载时，上述组合中还应包含该活荷载效应； 注2：对I类物项均应按表中的作用效应组合进行计算。其中荷载分项系数均为1.0； 注3：He——侧向上压力标准值效应。			

6.3.3.4 裂缝宽度的验算

I类建筑物、构筑物的混凝土基础底板除应符合所规定的承载力要求外，尚应验算裂缝宽度。最大裂缝宽度符合GB/T 50476—2008表3.5.4的要求。

6.4 地基与基础

6.4.1 最终热阱构筑物的地基与基础设计

最终热阱构筑物的地基与基础设计应符合GB 50007的要求。

6.4.2 泵房的地基与基础

6.4.2.1 泵房稳定分析可采取一个典型机组段或一个联段作为计算单元。



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

- a) 自重包括泵房结构自重、填料重量和永久设备重量。
- b) 水重应按其实际体积及水的重度计算。静水压力应根据各种运行水位计算。对于多泥沙河流，应考虑含沙量对水容重的影响。
- c) 扬压力应包括浮托力和渗透压力。渗透压力应根据地基类别，各种运行情况下的水位组合条件，泵房基础底部防渗、排水设施的布置情况等因素计算确定。对于土基，宜采用改进阻力系数法计算；对岩基，宜采用直线分布法计算。
- d) 土压力应根据地基条件、回填土性质、泵房结构可能产生的变形情况等因素，按主动土压力或静止土压力计算。计算时应计及填土面上的超载作用；
- e) 淤沙压力应根据泵房位置、泥沙可能淤积的情况计算确定。；
- f) 浪压力应根据泵房前风向、风速，风区长度（吹程）、风压内的平均水深以及泵房前实际波态的判别等计算确定。波浪要素可采用浦田试验站公式计算确定。当浪压力参与荷载的基本组合时，计算风速可采用当地气象站提供的重现期为 50 a 的年最大风速；当浪压力参与荷载的特殊组合时，计算风速可采用当地气象台站提供的多年平均年最大风速。
- g) 风压力应根据当地气象站提供的风向、风速和泵房受风面积等计算确定。计算风压力时应考虑泵房周围地形、地貌及附近建筑物的影响。
- h) 冰压力、土的冻胀力、地震荷载可按 DL 5077 的有关规定计算确定。
- i) 其它荷载可根据工程实际情况确定。

6.4.2.3 设计泵房时应将可能同时作用的各种荷载进行组合。地震作用不应与校核运用水位组合。用于泵房稳定分析的荷载组合应按表 3 的规定采用。必要时还应考虑其它可能的不利组合。

表3 荷载组合

荷载组合	计算工况	荷 载											
		自重	水重	静水压力	扬压力	土压力	淤沙压力	浪压力	风压力	冰压力	土的冻胀力	地震荷载	其他荷载
基本组合	完建	√	—	—	—	√	—	—	—	—	—	—	√
	设计运用	√	√	√	√	√	√	√	√	—	—	—	√
	冰冻	√	√	√	√	√	√	—	√	√	√	—	√
特殊组合	施工	√	—	—	—	√	—	—	—	—	—	—	√
	检修	√	—	√	√	√	√	√	√	—	—	—	√
	校核运用	√	√	√	√	√	√	√	√	—	—	—	—
	地震	√	√	√	√	√	√	√	√	—	—	√	—

6.4.2.4 泵房沿基础底面的抗滑稳定安全系数应按式(7) (8) (9)的规定：

土基或岩基：
$$K_c = \frac{f \sum G}{\sum H} \dots\dots\dots (7)$$



土基: 
$$K_c = \frac{\tan\phi_0 \sum G + C_0 A}{\sum H} \dots\dots\dots (8)$$

岩基: 
$$K_c = \frac{f' \sum G + C' A}{\sum H} \dots\dots\dots (9)$$

式中:  
 $K_c$ ——抗滑稳定安全系数;  
 $\sum G$ ——相应于作用的标准组合时, 作用于泵房基础底面以上的全部竖向荷载 (包括泵房基础底面上的扬压力在内, kN);  
 $\sum H$ ——相应于作用的标准组合时, 作用于泵房基础底面以上的全部水平向荷载 (kN);  
 $A$ ——泵房基础底面积(m<sup>2</sup>);  
 $f$ ——泵房基础底面与地基之间的摩擦系数, 可按试验资料确定; 当无试验资料时, 可按GB 50265—2010的A.0.1、A.0.3规定值采用;  
 $\phi_0$ ——土基上泵房基础底面与地基之间摩擦角 (°);  
 $C_0$ ——土基上泵房基础底面与地基之间的粘结为(kPa);  
 $f'$ ——岩基上泵房基础底面与地基之间的抗剪断摩擦系数;  
 $C'$ ——岩基上泵房基础底面与地基之间的抗剪断粘结力 (kPa)。

6.4.2.5 泵房沿基础底面抗滑稳定安全系数的允许值应按表 4 采用。

表4 抗滑稳定安全允许值

地基类别	荷载组合		泵站建筑物级别				适用公式
			I	2	3	4、5	
土基	基本组合		1.35	1.3	1.25	1.2	适用于公式(7) 或公式(8)
	特殊组合	I	1.2	1.15	1.1	1.05	
		II	1.1	1.05	1.05	1.00	
			基本组合		1.10	1.08	
岩基	特殊组合	I	1.05	1.03		1.00	
		II	1.00				
	基本组合		3.00				适用于公式(9)
	特殊组合	I	2.50				
		II	2.30				
注: 特殊组合 I 适用于施工工况、检修工况和非常运用工况, 特殊组合 II 适用于地震工况。							

6.4.2.6 泵房抗浮稳定安全系数应按式(10)计算:



$$K_f = \frac{\sum V}{\sum U} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

$K_f$ ——抗浮稳定安全系数;

$\sum V$ ——作用于泵房基础底面以上的全部重力(kN);

$\sum U$ ——作用于泵房基础底面上的扬压力(kN)。

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

6.4.2.8 泵房基础底面应力应根据以下泵房结构布置和受力情况等因素计算确定:

a) 对于矩形或圆形基础,当单向受力时,应按下式计算:

$$P_{\min}^{\max} = \frac{\sum G}{A} \pm \frac{\sum M}{W} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

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

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

$W$ ——泵房基础底面对于该底面垂直水流向的形心轴的截面矩( $m^3$ )。

b) 对于矩形或圆形基础,当双向受力时,应按下式计算:

$$P_{\min}^{\max} = \frac{\sum G}{A} \pm \frac{\sum M_x}{W_x} \pm \frac{\sum M_y}{W_y} \dots\dots\dots (12)$$

(3)

式中:

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

$W_x$ 、 $W_y$ ——泵房基础底面对于该底面形心轴x、y的截面矩( $m^3$ )。

6.4.2.9 各种荷载组合情况下的泵房基础底面应力应符合下列规定:

- a) 土基泵房基础底面平均基底应力不应大于地基允许承载力,最大基底应力不应大于地基允许承载力的1.2倍,泵房基础底面应力不均匀系数的计算值不应大于表5规定的允许值,在地震情况下,泵房地基持力层允许承载力可适当提高;
- b) 对于岩基,泵房基础底面应力不均匀系数可不控制,但在非地震情况下基础底面边缘的最小应力不应小于零,在地震情况下基础底面边缘的最小应力不应小于-100kPa。



表5 不均匀系数的允许值

地基土质	荷载组合	
	基本组合	特殊组合
松软	1.5	2.0
中等坚实	2.0	2.5
坚实	2.5	3.0
注1：对于重大的大型泵站，不均匀系数的允许值可按表列值适当减小；		
注2：对于地震工况，不均匀系数的允许值可按表中特殊组合栏所列值适当增大。		

## 6.5 耐久性要求

6.5.1 最终热阱构筑物的耐久性设计应综合考虑各种环境作用，满足 GB/T 50476 的要求。

6.5.2 混凝土结构的耐久性应根据结构的设计使用年限、结构所处的环境类别及作用等级进行设计。对于氯化物环境下的重要混凝土结构，尚应按 GB/T 50476—2008 附录 A 的规定采用定量方法进行辅助性校核。

6.5.3 混凝土结构的耐久性设计应包括下列内容：

- 结构的设计使用年限、环境类别及其作用等级；
- 有利于减轻环境作用的结构形式、布置和构造；
- 混凝土结构材料的耐久性质量要求；
- 钢筋的混凝土保护层厚度；
- 混凝土裂缝控制要求；
- 防水、排水等构造措施；
- 严重环境作用下合理采取防腐蚀附加措施或多重防护策略；
- 耐久性所需的施工养护制度与保护层厚度的施工质量验收要求；
- 结构使用阶段的维护、修理与检测要求。



附 录 A  
(资料性附录)  
其它排水构筑物

### A.1 虹吸井

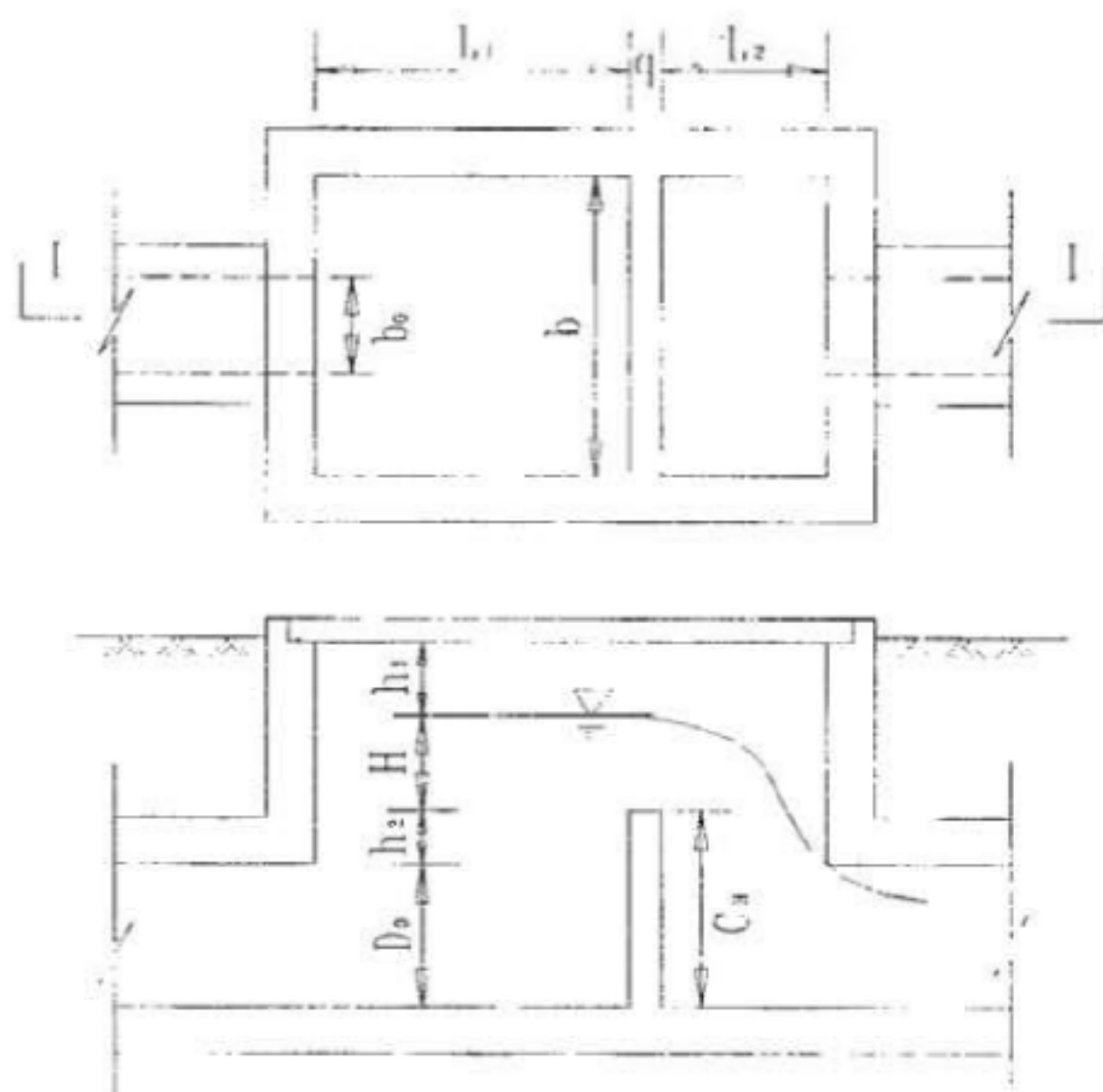
#### A.1.1 一般规定

对于采用直流冷却方式的核电厂重要厂用水系统,其排水由排水管道接入循环水系统虹吸井溢流堰后,与循环水一起排放。

循环水系统的排水构筑物包括虹吸井、排水明渠、排水暗渠、排水隧洞、渡槽、闸门井、排水口等,需根据具体厂址和排水方式确定采用哪些形式的组合。

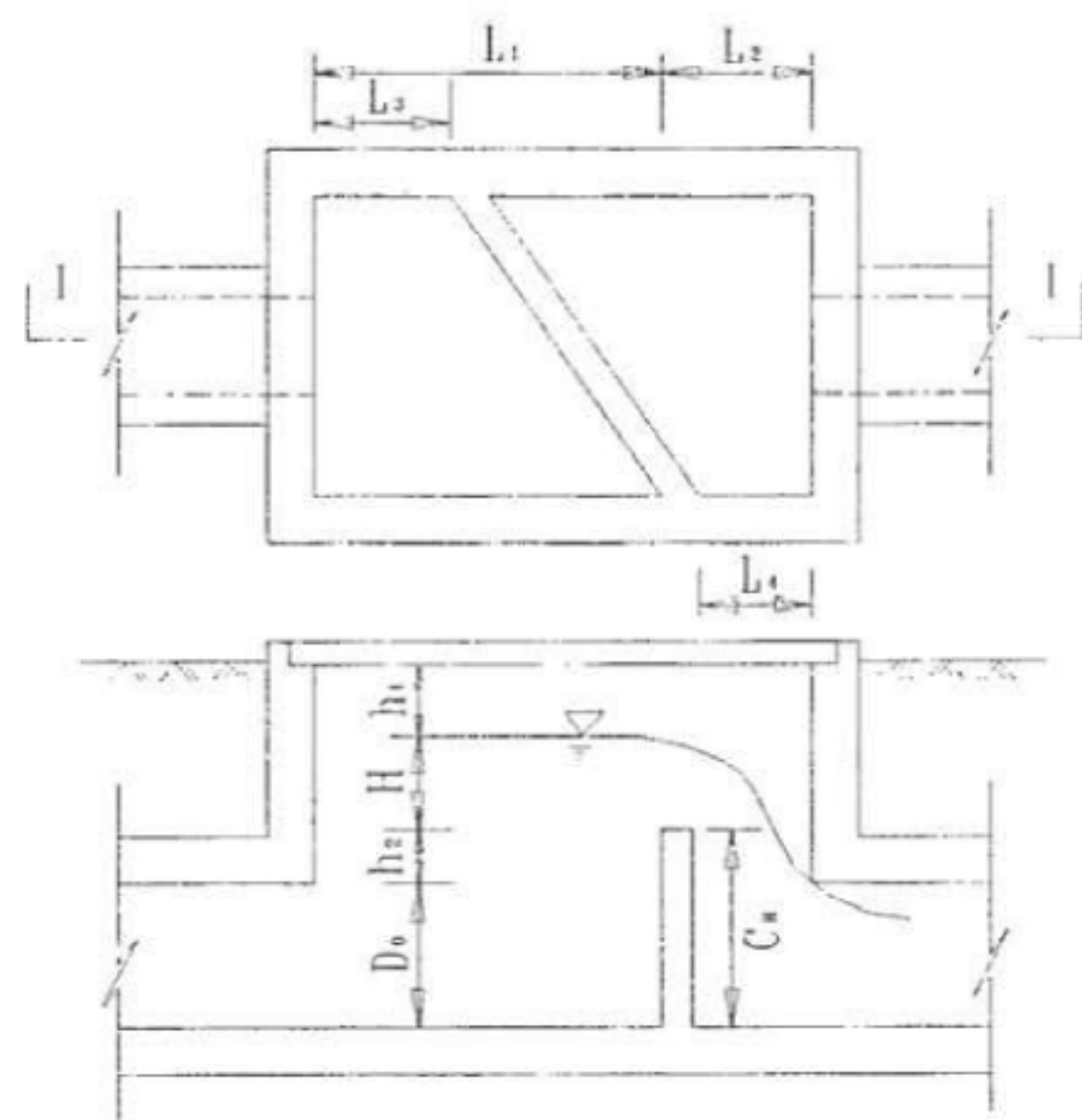
虹吸井按国家现行的有关抗震规范进行设计。

根据溢流堰布置形式不同,虹吸井可分为:正交溢流堰虹吸井、斜交溢流堰虹吸井、折堰虹吸井,详见图A.1。

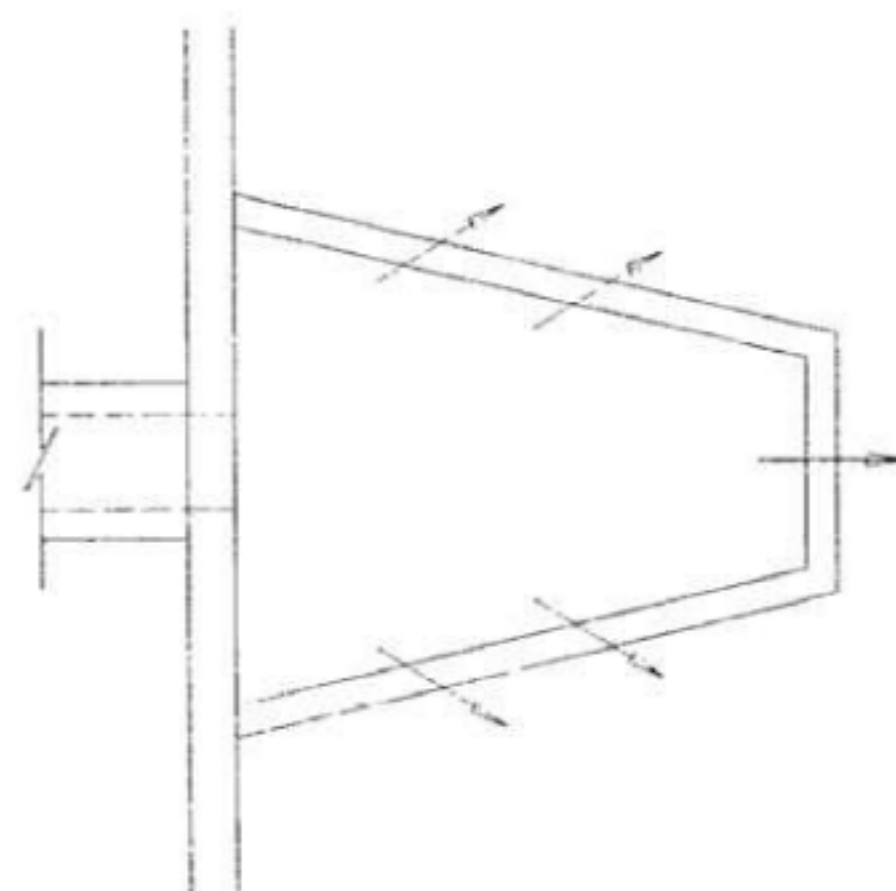


a) 正交溢流堰虹吸井





b) 斜交溢流堰虹吸井



c) 折堰虹吸井

图A.1 虹吸井形式分类

A.1.2 虹吸井几何尺寸确定

A.1.2.1 溢流堰上游水池长度 $L_1$ 按式(A.1)计算，单位为米（m）：

$$L_1 \geq (1.5 \sim 2.0) D_0 \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：



$D_0$ ——排水沟断面高度或排水管直径,单位为米(m)。 $D_0$ 较大时系数采用大值, $D_0$ 较小时系数采用小值。

A.1.2.2 溢流堰后跌水池长度 $L_2$ 按式(A.2)和(A.3)计算,单位为米(m):

$$L_2 \geq L_n \dots\dots\dots (A.2)$$

$$L_n = 0.3H + 1.65[H(C_H + 0.32H)]^{1/2} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

$L_n$ ——跌落水舌中心离溢水墙的距离,单位为米(m);

$H$ ——溢流堰的作用水头,单位为米(m);

$C_H$ ——溢流堰下游高度,单位为米(m)。

A.1.2.3 堰顶高出进水沟壁上缘的距离 $h_2$ 不宜小于0.2m。

A.1.2.4 堰上最高水位距井口的距离 $h_1$ 不宜小于0.5m。

A.1.2.5 斜堰与井壁间的距离 $L_3$ 、 $L_4$ 与 $L_1$ 、 $L_2$ 有关,但不宜小于0.7m。

A.1.3 直立薄壁( $q \leq 0.5H$ )正交溢流堰水力计算

A.1.3.1 潜没式堰与非潜没式堰的判别见表1。

溢流堰下游水位高于堰顶,即下游水位与堰顶之差( $h'$ ) $>0$ 。

溢流堰上下游水位差( $Z$ )与溢流堰下游高度( $C_H$ )的比值( $Z/C_H$ )小于 $(Z/C_H)_{cr}$ , $(Z/C_H)_{cr}$ 对应于紧靠溢流堰的下游水流处于缓流状态时。

表A.1 ( $H/C_H$ )与 $(Z/C_H)_{cr}$

类别	比值						
$(H/C_H)$	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

上述两项同时具备属于潜没式堰,只要有一项不能符合则属于非潜没式堰。

A.1.3.2 潜没式堰流量 $q_v$ 按式(A.3)计算,单位为立方米每秒( $m^3/s$ ):

$$q_v = \sigma m_0' b (2g)^{1/2} H \frac{3}{2} \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

$\sigma$ ——潜没系数,可按表A.2中的公式计算;

$m_0'$ ——标准堰的溢流系数按式(A.5)计算:

$$m_0' = \left(0.405 + \frac{0.0027}{H}\right) \left\{1 + 0.55 \left[\frac{H^2}{(H + C_B)^2}\right]\right\} \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

$C_B$ ——溢流堰上游高度,单位为米(m);

$b$ ——溢流堰宽度,单位为米(m)。



表A.2 潜没系数  $\sigma$ 

条件	计算公式
$0.15 \leq (H/C_H) \leq 1.90$ $0 \leq (h'/C_H) \leq 1.60$	$\sigma = 1.05[1 + 0.2(\frac{h'}{C_H})](\frac{Z}{H})^{\frac{1}{3}}$
$0.15 \leq (H/C_H) \leq 0.25; 0 \leq (h'/C_H) \leq 0.03$	$\sigma$ 按上式计算值乘以 0.96

A.1.3.3 非潜没式堰流量  $q_v'$  按式(A.6)计算, 单位为立方米每秒 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ):

$$q_v' = m_0' b (2g)^{\frac{1}{2}} H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (\text{A. 6})$$

#### A.1.4 斜交堰水力计算

A.1.4.1 潜没式堰流量  $q_v$  按式(A.7)计算, 单位为立方米每秒 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ):

$$q_v = \sigma K m_0' b (2g)^{\frac{1}{2}} H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (\text{A. 7})$$

式中:

$K$ ——修正系数, 按表A.3或A.4采用。

表A.3 系数  $K$  的近似值

$\alpha$	30°	45°	60°	90°
$K$	0.91	0.94	0.96	1.00

表A.4 系数  $K$  的实验值

$\alpha$	$H/C_H$			
	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

A.1.4.2 非潜没式堰流量  $q_v'$  按式(A.8)计算, 单位为立方米每秒 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ):

$$q_v' = K m_0' b (2g)^{\frac{1}{2}} H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (\text{A. 8})$$

#### A.2 排水明渠

排水明渠一般由两侧的防波堤(导流堤或护岸)及排水渠道组成, 防波堤(导流堤或护岸)的结构型式应根据建设所在地的水文、地质及施工条件等确定。排水明渠的设计应符合下列要求:

- 结合海域环境条件和厂区各期排出口的位置, 合理布置排水渠;
- 连接排水明渠的排水暗渠出口处顶标高应低于外海平均低潮位, 保证淹没出流, 淹没水深宜不小于 0.5 m;



- c) 排水明渠在平均潮位下的设计流速不宜高于 0.5 m/s，在平均低潮位下的设计流速不宜高于潮流最大流速，排水流速宜均匀、低速，排水水面与受纳水体水面平缓衔接。排水流速大小需结合排水导流堤的设计来考虑，条件允许时可适当提高；
- d) 排水明渠导流堤抗震设计应符合 JTJ 225 有关规定，其它设计应符合 JTS 154-1 和 JTJ 213 的规定执行，并满足核电厂寿期内使用要求。当排水明渠导流堤同时具有厂址重要防洪功能时，需提高设计标准，设计标准可参照安全级取水防波堤设计标准。

### A.3 排水隧洞

排水隧洞的设计应符合下列要求：

- a) 暗渠或隧洞排水及其排水口的布置，应按总规划容量的规模和分期建设安排，统筹规划各期排水暗渠、隧洞和排水口的平面布置，尽可能一次规划分期建设；
- b) 排水暗渠、隧洞的平面布置及排水口位置、水深、排出方向应结合海洋环境条件确定，必要时可通过模型试验进行验证和优化；
- c) 各期排水暗渠或隧洞之间的距离应结合地质条件确定，并应避免后期施工对已运行排水设施的影响；
- d) 排水暗渠、隧洞的平面布置可按 DL/T 5195 及 SL 279 相关规定设计。

### A.4 排水口

排水口的设计应符合下列要求：

- a) 排水口宜离岸设置，不宜贴近潮间带和海底，排水口应位于潮流作用强劲、利于温排水稀释扩散的水域，禁止漫滩排放；
- b) 排水口与取水口之间的距离应满足取水温升的要求，并通过温排水数值模拟和物理模型试验验证确定；
- c) 排水口门处设计流速的选取，应考虑工程建成后尽可能减少水流对海床产生局部冲刷或淤积；
- d) 采用明渠排放的排水口，排水口在设计平均水位时向外排放的流速不宜大于 0.5 m/s；排水口靠近航道布置时，应尽量减小排水流向与航道轴线的夹角，排水流速一般为 0.3 m/s~0.5 m/s；
- e) 采用淹没式排放的排水口，出口流速不宜小于 2.0 m/s，应综合考虑海生物、水头损失和掺混效果等来确定；
- f) 淹没排放的排水口的构筑物波浪重现期采用 50 a。

### A.5 渡槽

排水渡槽跨越取水明渠时，应论证其在 SL-2 地震条件下的稳定性和完整性，避免由于热水排至取水明渠影响取水安全。



### 参 考 文 献

- [1] GB/T 50392 机械通风冷却塔工艺设计规范
  - [2] GB 50014 室外排水设计规范
  - [3] DL/T 5339 火力发电厂水工设计规范
  - [4] JTJ 225 水运工程抗震设计规范
  - [5] RCC-P 法国90万千瓦压水堆核电站系统设计和建造规则
-



中 华 人 民 共 和 国  
能 源 行 业 标 准  
压水堆核电厂最终热阱构筑物设计要求  
NB/T 20310—2014

\*

核工业标准化研究所发行  
北京海淀区骚子营1号院  
邮政编码：100091  
电话：010-62863505  
机械工业信息研究院印制部印刷  
版权专有 侵权必究

\*

2014年11月第1版      2014年11月第1次印刷  
印数 1—200