

水力贮灰场 设计与管埋

王义波 凡 威 编



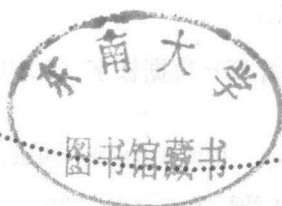
中国电力出版社

www.cepp.com.cn

X773
15

水力贮灰场 设计与管埋

王义波 凡 威 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

贮灰场是火力发电厂重要的构筑物,贮灰场的安全运行不仅关系到火力发电厂的安全运行,也关系到社会稳定及人民生命财产的安全。目前,我国的电力建设特别是火力发电厂的迅速建设,每一座火力发电厂都配套建设了一个或多个贮灰场。

本书主要以现行设计规范为基础,系统论述了水力贮灰场的设计依据、设计思路、设计理论、水力贮灰场的发展历程、水力贮灰场的运行管理及灰坝常见病害的治理;最后对河南灰场监管的经验进行了简单总结,对贮灰场的发展方向进行了初步探讨。

本书共分十章,内容包括基本概念、灰场选址原则与设计标准、灰场洪水的控制、灰坝坝型选择及河南电厂的工程实例、坝体稳定计算、灰场的运行管理、灰场的安全检查、灰坝常见病害及治理、河南省灰场安全监察经验、贮灰场发展方向等。

本书可供从事火力发电厂贮灰场设计、施工及运行管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水力贮灰场设计与管理/王义波,凡威编. —北京:中国电力出版社,2009.12

ISBN 978-7-5083-9843-3

I. ①水… II. ①王…②凡… III. ①火电厂-粉煤灰-废物处理 IV. ①X773

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第229645号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 http://www.cepp.com.cn)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009年12月第一版 2009年12月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 6.75印张 112千字

印数0001—1000册 定价18.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

贮灰场是火力发电厂重要的构筑物,贮灰场的安全运行不仅关系到火力发电厂的安全运行,也关系到社会稳定及人民生命财产的安全。目前,我国的电力建设特别是火力发电厂的迅速建设,每一座火力发电厂都配套建设了一个或多个贮灰场。但各地的运行管理水平参差不齐,在某种程度上也是一种安全隐患。

目前,从事贮灰场设计的工程技术人员大多是水工建筑专业或工民建专业毕业,水工建筑专业在学校较为系统学习了土石坝相关知识,工民建专业则根本未涉及与此相关的内容。从事灰场运行管理的人员有些是工民建(土建)专业毕业,有些则是其他专业转行或兼职,未能很系统的了解灰场的相关知识。多年来,一直有个愿望,希望把与灰场有关的设计及运行管理等知识进行一个较为全面系统地总结,一方面促进自己的学习和工作,另一方面把积累的一些知识及经验与同行们分享。

贮灰场灰坝的设计经过几代工程技术人员共同努力,从最初的不透水坝,到后来的透水坝、设排渗体的不透水坝,灰坝的设计理论及坝型都已经趋于完善。各种坝型都代表了当时的设计理念及设计水平。灰坝的设计是一个复杂的过程,是多种学科的融合;从规划选址到拟定坝型,再到灰坝施工图设计,它涉及水文、地质、土力学以及环境保护等多专业多学科。灰坝大多是土坝,土的力学指标是半理论半经验得来的,所以,在灰坝的设计及运行管理过程中,理论知识和经验都很重要。经验的获得,靠日积月累,靠勤学好问。

灰坝的安全运行,设计是关键,但运行管理同样重要。无论设计成品多么完美,多么安全,若忽略了运行管理,同样会出现安全事故,最近几年频出的尾矿库溃坝事故应引起设计人员和运行管理人员的高度警觉——责任重于泰山。

在本书编写的过程中,得到了河南省电力勘测设计院领导和同行们的大力帮助,在此表示感谢!同时,也要感谢本书中引用文献资料及设计成果的作者,有些在参考文献中予以了注释,有些无法查到作者未能注明,在此表示歉意。

由于水平有限,书中难免有错误和不足,敬请读者和专家们批评指正。

编者

2009年11月



目 录

前言

第一章 基本概念	1
第一节 水力贮灰场的定义	1
第二节 灰场常用术语	3
第二章 灰场选址原则与设计标准	5
第一节 灰场选址原则	5
第二节 贮灰场的容积计算及设计标准	6
第三节 坝轴线的选择	7
第三章 灰场洪水的控制	8
第一节 设计准则	8
第二节 调洪演算	9
第三节 排洪构筑物的类型	10
第四章 灰坝坝型选择及河南电厂的工程实例	14
第一节 初期坝坝型分类	14
第二节 初期坝坝型选择	18
第三节 河南省电力系统不同时期的灰坝坝型实例	18
第四节 子坝	24
第五节 灰渣的工程特性	26
第五章 坝体稳定计算	37
第一节 坝体渗流计算	37
第二节 坝体稳定计算	69
第六章 灰场的运行管理	76
第一节 灰坝的安全监测设施	76

第二节 对灰场运行管理的要求	77
第七章 灰场的安全检查	79
第一节 防洪安全检查	79
第二节 灰场及库区安全检查	80
第八章 灰坝常见病害及治理	82
第一节 坝体裂缝	82
第二节 灰坝渗漏	87
第三节 灰坝滑坡	90
第四节 灰坝管涌	92
第九章 河南省灰场安全监察经验	95
第一节 电力体制改革前的灰场监管	95
第二节 电力体制改革后的灰场监管	96
第三节 灰场安全检查报告的主要内容	96
第十章 贮灰场发展方向	98
参考文献	101



第一章

基 本 概 念

第一节 水力贮灰场的定义

水力贮灰场（以下简称灰场）是选择有利地形筑坝拦截谷口或围地形成的具有一定容积，用以贮存粉煤灰和澄清灰水的专用场地。灰场内通常设有灰坝、排水（洪）系统、回水泵站、值班室和粉煤灰排放系统等建、构筑物。灰场按其地形地势可分为山谷形灰场、傍山形灰场、平地形灰场及海、河、湖边滩涂灰场。

一、山谷形灰场

在山谷谷口处筑坝形成的灰场，它的特点是初期坝不太长，工程量较小，筑坝相对比较容易，灰坝常可筑得较高；汇水面积常较大，一般为几到十几平方千米。排洪设施一般比较简单（汇水面积太大时就比较复杂）。这种类型的灰场是典型的，目前国内大量的灰场属于此类型，其管理维护一般相对比较简单，但当筑坝高度很高时，其设计技术就非常复杂，运行管理也有一定的难度。山谷形灰场见图 1-1。

二、傍山形灰场

在山坡脚下依傍山坡三面筑坝围成的灰场。它的特点是初期坝相对较长，筑坝工程量较大，筑坝高度不可能太高；汇水面积较小，排洪问题比较容易解决。但因库内水面面积一般不大，灰水的澄清条件较差，澄清距离难以保证，运行过程中应予以注意。傍山形灰场见图 1-2。

三、平地形灰场

在平地上四面筑坝围成的灰场，其特点是没有山坡汇流，汇水面积小，排洪构筑物简单；灰坝的长度很长，筑坝工程量大，筑坝高度受到景观、环保等方面限制，一般不高，灰水的澄清条件差。由于坝轴线长，放灰口数量相对较少，以及排水井数量等原因，部分区段坝前积水严重，不利于坝体安全。平地形灰场见图 1-3。

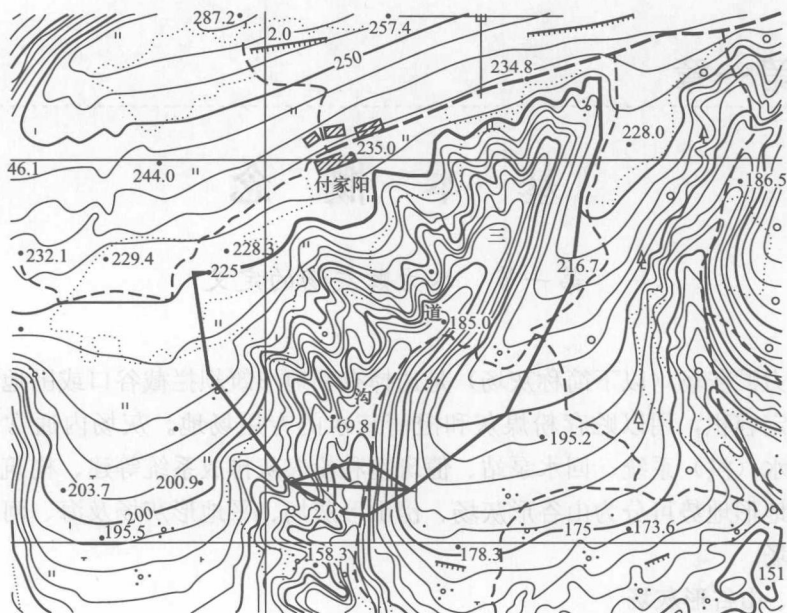


图 1-1 山谷形灰场

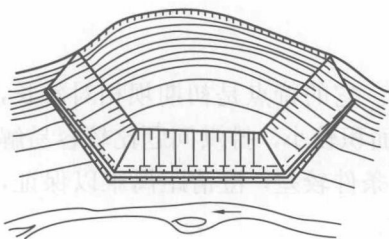


图 1-2 傍山形灰场

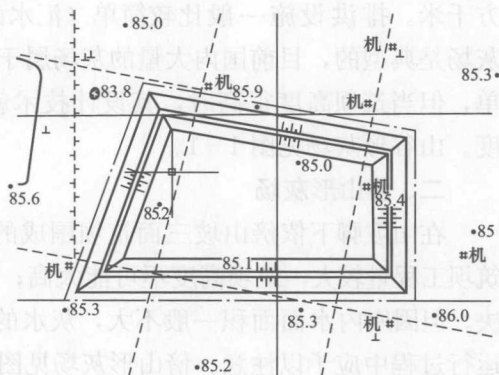


图 1-3 平地形灰场

四、海、河、湖边滩涂灰场

与傍山形灰场类似，但坝顶高程须与海、河、湖的防洪标准相一致。

五、三种类型灰场特点比较

三种类型灰场各有特点，见表 1-1。

表 1-1 三种类型灰场特点

库型	初期坝平面形式	特 点
山谷形	在谷口一面筑坝	初期坝短,一般较少占用可耕地,工程量小,基建费省,灰渣筑坝工作量小,管理维护相对简单,应优先选用
傍山形	利用山坡阶地二面或三面筑坝	初期坝长,一般需占用可耕地,工程量大,基建费高,灰渣筑坝工作量大,管理维护复杂,安全性较差,只在无合适的山谷做灰场时才选用
平地形	在平地四周筑坝	

注 有的山谷形灰场汇水面积很大,如地形条件合适,也可在上游谷口设置拦洪坝及排洪设施,使洪水不进入库内。

第二节 灰场常用术语

- (1) 初期坝:灰坝采用分期施工时的第一期坝体。
- (2) 子坝:灰坝采用分期施工时在坝前沉积灰面上加高的坝体。
- (3) 灰渣筑坝:灰场先建成初期坝,然后在坝前沉积灰面上分级加筑子坝、逐渐加高坝体的分期筑坝技术。
- (4) 设计坝高:本期设计灰坝的子坝坝顶标高与初期坝最低坝底标高间的高度。
- (5) 子坝高度:上下两级坝顶标高之差。
- (6) 子坝填筑高度:在沉积灰面上加筑子坝的高度。
- (7) 坝顶安全加高:灰场在限制贮灰标高条件下蓄洪水位至灰坝坝顶之间的高度。
- (8) 最终坝高:依据贮灰场的自然地形、地质条件和电厂需要等因素确定的可能最大坝高。
- (9) 总容积:最终坝高时灰场所能容纳的渣及洪水量的总和。
- (10) 贮灰标高:灰场沉积灰面与坝上游坡交接处的标高。
- (11) 贮灰限制标高:各期坝顶设计标高所允许的最高贮灰标高。
- (12) 干滩长度:在垂直坝轴线的断面上,灰场沉积灰面与坝上游坡交接点与灰面和水面交接点间的水平距离。
- (13) 设计干滩长度:在运行过程中为保证坝体安全需要经常维持的干滩长度。
- (14) 压实度:填土压实的干密度相应于试验室在一定击实功能下试验所得最大干密度的百分率。

(19) 流土：在渗流作用下，局部土体表面隆起、顶穿或粗细颗粒同时浮动而流失的现象。



第二章

灰场选址原则与设计标准

第一节 灰场选址原则

根据 DL/T 5339—2006《火力发电厂水工设计规范》，贮灰场的容积应满足以下规定：

(1) 规划阶段，贮灰场的总容积应达到能存放按电厂规划容量计算的 20 年左右的灰渣量要求。

(2) 设计阶段，贮灰场应分期、分块建设，初期征地宜能存放按本期电厂容量及按设计煤种计算的 10 年左右灰渣量。当灰渣综合利用条件较好时，灰场征地年限宜适当减少。

(3) 采用分期筑坝或分块建设时，其初期坝形成的有效容积应能容纳发电厂实际排入 3~5 年的灰渣量。

灰场的选择在很大程度上决定了灰场设施基建费和运行费用的多寡以及管理工作的繁简。由此，在选择灰场时应综合考虑下列原则：

(1) 必须本着节约耕地和保护自然生态环境的原则，不占、少占或缓占耕地、果园和树林，避免拆迁居民。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、河（海）滩地、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必须符合现行国家环境保护法规的有关规定。特别对大气环境、地表水、地下水的污染必须有防治措施, 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。

(9) 距离电厂近。

(10) 有多个灰场时最好连成片, 便于检修道路和除灰管道的共用。

(11) 汇流面积小(如汇流面积较大时, 坝址附近或库岸要有适宜开挖溢洪道的有利地形)。

第二节 贮灰场的容积计算及设计标准

1. 贮灰场的容积计算

贮灰场的容积 V 包含两部分, 即有效贮灰容积 V_{YX} 及洪水调洪容积。通常按式 (2-1) 计算

$$V = V_{YX} + u = \frac{(G-W)t}{k\rho} + u \quad (2-1)$$

式中 V_{YX} ——贮灰场有效容积, m^3 ;

u ——当有洪水汇入灰场时为洪水调洪容积, m^3 ;

G ——年设计煤种的灰渣量, kg ;

W ——年综合利用的灰渣量, kg ;

t ——使用年限;

k ——容积系数, 其值根据灰场运行方式选取, 无资料时可取 0.9;

ρ ——沉积灰或压实灰得干密度, kg/m^3 , 其值根据灰场运行方式选取, 无资料时可取 $1000kg/m^3$ 。

2. 贮灰场的设计标准

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。

山谷灰场灰坝的设计标准按表 2-1 执行。

江、河、湖、海滩(涂)灰场(以下简称滩涂灰场)围堤建设标准应与当地堤防工程一致。围堤设计应按国家标准 GB 50286《堤防工程设计规范》执行, 其级别与当地堤防工程的级别相同。此外尚应符合表 2-2 的规定。

表 2-1

山谷灰场灰坝的设计标准

灰场级别	分 级 指 标		洪水重现期（a）		坝顶安全超高（m）		抗滑安全系数		
	总容积 V ($\times 10^8\text{m}^3$)	最终坝高 H (m)					外坡		内坡
			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	$0.1<V\leq 1$	$50<H\leq 70$	50	200	0.7	0.5	1.20	1.05	1.15
三	$0.01<V\leq 0.1$	$30<H\leq 50$	30	100	0.5	0.3	1.15	1.00	1.15

- 注 1. 用灰渣筑坝时, 灰场坝顶安全超高及抗滑安全系数按 DL/T 5045《火力发电厂灰渣筑坝设计技术规定》的规定执行。
2. 当灰坝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. 当坝高与总容积不相应时, 一般以高者为准, 当级差大于一个级别时, 按高者降低一个级别确定。
4. 坝顶应高于堆灰标高至少 1~1.5m。

表 2-2

江、河、湖、海滩(涂)灰场围堤设计标准

灰场级别	总容积 V ($\times 10^8 \text{m}^3$)	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	$V \leq 0.1$	30	100	50	0.4	0.0	0.5	0.3	1.15	1.00	1.15

- 注 坝顶(或防浪墙顶)应高于堆灰标高至少 1m。

平原灰场围堤的设计标准应参照表 2-2 执行。堤顶距限制贮灰标高应留有一定的超高值。

第三节 坝轴线的选择

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。

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, 圆曲线半径不小于 30m。平原灰场围堤轴线在转折处圆曲线半径不小于 15m。



第三章

灰场洪水的控制

洪水控制措施的正确设计对坝体抗洪安全性是十分重要的。灰坝可能经受住边坡破坏、渗流引起的破坏,甚至局部液化,但除堆石坝外,不能幸免于防洪措施不当所引起的漫坝破坏。库水漫过坝顶之后,灰坝遭受快速下切侵蚀,在很短时间内即可完全溃坝。灰坝的水文分析方法和水力结构物设计方法基本上与水库相同,但贮灰场的洪水设计准则略有别于普通水坝。

洪水处理的规划和量化估计主要考虑降雨作用引起的极端事件。洪水可以以三种方式危及灰坝:

- (1) 入库水量超过防洪库容,漫坝而引起坝体破坏;
- (2) 抬高坝体浸润线,导致坝体滑坡;
- (3) 破坏排洪系统,最终破坏坝体。

第一节 设计准则

设计洪水的选择包含一定的风险,风险的大小由洪水可能引起的坝破坏后果即灰场的规模、下游经济发展程度和土地利用情况所决定的。通常采用概率统计方法求得重现期洪水:可以根据河流观测记录、降水记录及灰场流域的水文特性,从统计上求得重现期洪水。指定水平洪水的年出现概率等于其重现期的倒数。例如,100年重现期的洪水,在任意指定年份内发生概率为1%,可以采用式(2-1)估计灰场整个服务期限内指定水平洪水的超越概率

$$P(f)_i = 1 - (1 - P_0)^i \quad (3-1)$$

式中 $P(f)_i$ ——在第*i*年内等于或超越指定的设计洪水的概率;

P_0 ——在任意年内指定的设计洪水的出现概率,即重现期的倒数。

超越概率随着洪水重现期的加长而降低;在洪水重现期相同的条件下,服务年限越长,破坏概率越大。灰场服务年限为10年,超过或等于100年一遇洪水发生的概率为10%;灰场服务年限为20年,超过或等于100年一遇洪水发生的概率为18%。

与水库不同的是：水库是确定的汛前限制水位的基础上纳入洪水，而灰场则是在贮灰面的基础上纳入洪水，灰场仅在灰面接近贮灰限制高程又遭遇超标洪水时，才有洪水漫坝的危险，因此灰场的安全性较高。

设计洪水的量值决定于灰场失事后风险的大小，即与灰场的规模、坝高、破坏的环境、经济和伤亡后果等因素有关。

DL/T 5339—2006 中关于洪水标准的相关规定：贮灰场的设计标准应根据容积大小、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。山谷灰场灰坝洪水水位设计标准见表 3-1。

表 3-1 山谷灰场灰坝洪水水位设计标准

级别	分 级 指 标		洪水重现期 (a)	
	总容积 V ($\times 10^8 \text{m}^3$)	最终坝高 H (m)	设计	校核
一	$V > 1$	$H > 70$	100	500
二	$0.1 < V \leq 1$	$50 < H \leq 70$	50	200
三	$0.01 < V \leq 0.1$	$30 < H \leq 50$	30	100

注 1. 当灰坝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。

2. 当坝高与总容积不相应时，一般以高者为准，当级差大于一个级别时，按高者降低一个级别确定。

江、河、湖、海滩（涂）灰场的灰堤设计标准应与当地堤防和围垦的设计标准相适应。

第二节 调 洪 演 算

对于一般情况的调洪演算，可根据来水过程线和排水构筑物的泄水量与灰场的蓄水量关系曲线，通过水量平衡计算求出泄洪过程线，从而定出泄流量和调洪容积。典型小流域洪水过程线见图 3-1。

灰场内任一时段 Δt 内的水量平衡方程式为

$$\frac{(Q_s + Q_z)\Delta t}{2} - \frac{(q_s + q_z)\Delta t}{2} = V_z - V_s \quad (3-2)$$

式中 Q_s 、 Q_z ——时段始、终灰场的来洪流量， m^3/s ；

q_s 、 q_z ——时段始、终灰场的泄洪流量， m^3/s ；

V_z 、 V_s ——时段始、终灰场的蓄洪量， m^3 。

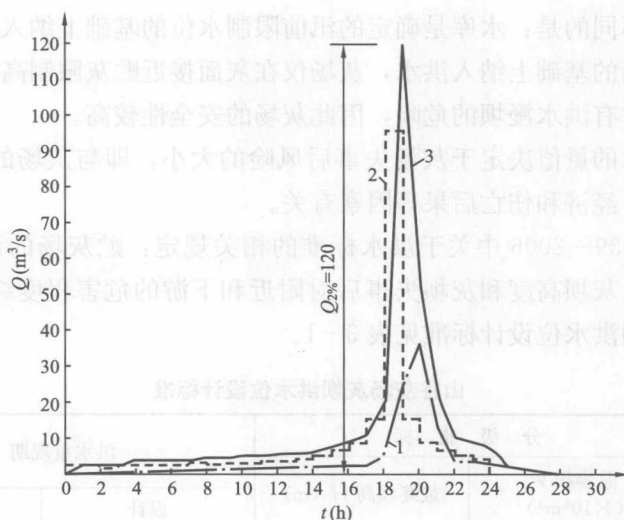


图 3-1 典型的小流域洪水过程线

1—坡面汇流；2—水面降水；3—合成汇流过程

但需预先根据泄流量 (q)、库水位 (H)、调洪容积 (V) 之间的关系列表。

第三节 排洪构筑物的类型

灰场内排洪构筑物通常由进水构筑物、输水构筑物和消能构筑物三部分组成。排洪构筑物型式的选择，应根据灰场排水量的大小、灰场地形、地质条件、使用要求以及施工条件等因素，经技术经济比较确定。排洪构筑物的尺寸应根据水力计算确定。

一、进水构筑物

进水构筑物的基本型式有排水井、排水斜槽、溢洪道以及山坡截洪沟等。排水井是最常用的进水构筑物，有窗口式、框架式、井圈叠装式和砌块式等型式，常见排水井型式见图 3-2。窗口式排水井整体性好，堵孔简单，但进水量小，不能充分发挥井筒的作用，早期应用较多。框架式排水井由现浇梁柱构成框架，用预制薄拱板逐层加高，其结构合理，进水量大，操作也比较简便，从 20 世纪 60 年代后期起，广泛采用。井圈叠装式和砌块式等型式排水井分别用预制拱板和预制砌块逐层加高。虽能充分发挥井筒的进水作用，但加高操作要求位置准确性较高，整体性较差，应用不多。排水斜槽既是进水构筑物，又