

长江下游感潮河段火电厂取排水口布置

徐世凯¹, 胡华强², 韦立新³

(1. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029; 2. 江苏省电力设计院, 江苏 南京 210024;
3. 长江下游水文水资源勘测局, 江苏 南京 210011)

摘要: 针对长江下游感潮河段已建或拟建火电厂, 在取排水口工程河段水文、地形地貌、泥沙特征、原型观测和物理试验研究成果的基础上, 论述了取排水口的布置特点, 分析了温升分布特征及取水温升。结果表明, 长江下游感潮河段火电厂取排水口布置首先取决于厂址的选择, 宜采用上取下排、远取近排、深取浅排的布置方式。

关键词: 火电厂; 取排水口布置; 感潮河段; 长江下游

中图分类号: TK284.7 文献标识码: A 文章编号: 1006-764X(2007)04-0060-04

Layout of water intakes and outlets of thermal plants on tidal reaches of lower Yangtze River//XU Shi-kai¹, HU Hua-qiang², WEI Li-xin³(1. Hydraulic Engineering Department, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China; 2. Jiangsu Electric Power Design Institute, Nanjing 210024, China; 3. Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Lower Yangtze River, Nanjing 210011, China)

Abstract: Based on analysis of the hydrological, landform, and sediment characteristics and results of prototype observation and physical experiments at thermal plants having been built or to be built on tidal reaches of lower Yangtze River, the layout of water intakes and outlets was discussed, and the characteristics of temperature rise distribution at water intakes were analyzed. The result shows that the layout of water intakes and outlets should be determined mainly dependent on the sites of thermal plants, and that the layout patterns, such as upper reach water intake and lower reach water discharge, far distance water intake and short distance water discharge, and deep layer water intake and shallow layer water discharge are suitable for such projects.

Key words: thermal plant; layout of water intakes and outlets; tidal reach; lower Yangtze River

火电厂取排水口布置^[1-2]是电厂水工设计中的重要课题之一,直接关系到电厂的一次性工程投资和长期运行费用。如果取排水口布置不当,有可能危及电厂的安全运行。随着电力需求的增加,长江沿岸已建、在建和拟建的电厂不断增多,位于南京—南通长江下游感潮河段的电厂已有 18 座之多。由于电厂厂址所在江段的水文、地形、河势等不同,取排水口布置各具特点。本文通过以往原型观测、物理模型试验的研究成果,对长江下游感潮河段电厂的取排水口布置进行分析,论述了取排水口的布置特点、温升分布特征及取水温升,并对 3 个典型电厂做了专门描述。

1 长江下游感潮河段电厂概述

由于大通—南京河段潮汐仅影响水位的变化,基本不出现涨潮流,因此电厂取排水口布置与单向流河道相同,即以取水口上游布置、排水口下游布置为基本原则。本文重点讨论南京—南通感潮河段电厂的取排水口布置。该河段部分电厂概况见表 1,位置见图 1~3。

表 1 长江下游感潮河段部分电厂概况		
电 厂	装机容量/MW	取排水流量/(m ³ ·s ⁻¹)
苏源南京电厂	2×135+ (2×300+2×600)	11.0+22.0+42.0
下关电厂	2×135	11.0
华能南京电厂	2×300	23.0
南京热电厂	385	19.0
华能金陵燃机电厂	‘2×300’	22.0
华能金陵燃煤电厂	(4×900)	128.0
华润燃气电厂	(2×390)	14.8
下关(马渡)电厂	(2×135+2×600)	11.0+42.0
镇江高资电厂	2×135+2×140+ (2×600+2×900)	12.0+12.0+ 42.0+63.0
扬州二电厂	2×600+‘2×600’ +(2×600)	42.0+42.0+42.0
谏壁电厂	425+4×300+‘2×300’ +(2×600)	20.0+60.0+ 22.5+2×21.0
泰州电厂	(2×1000)	70.0
华润扬中电厂	(2×1000+2×1000)	70.0+70.0
常州电厂	‘2×600’+ (2×600+2×900)	42.0+42.0+64.0
靖江电厂	2×600+(4×600)	42.0+84.0
沙洲电厂	2×600+(2×1000+1000)	42.0+66.0+33.0
天生港电厂	2×25+4×125+‘2×300’	23.0+23.0
华能南通电厂	4×350+(2×900)	50.0+64.0

注()表示拟建; ‘ ’表示在建,其余为已建。

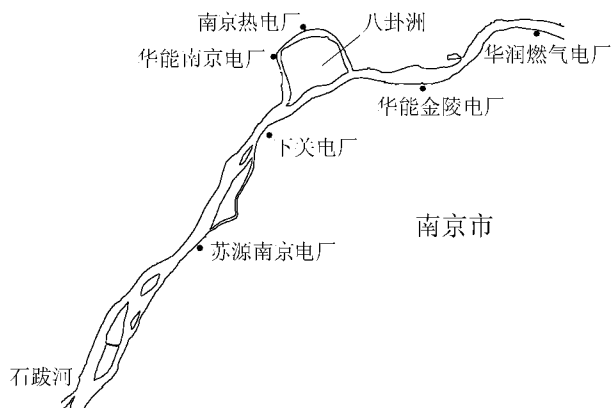


图1 南京河段电厂布置示意图

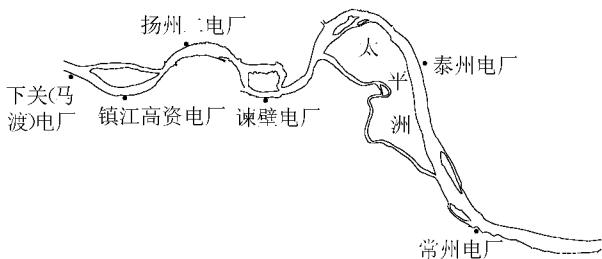


图2 镇扬—扬中河段电厂布置示意图

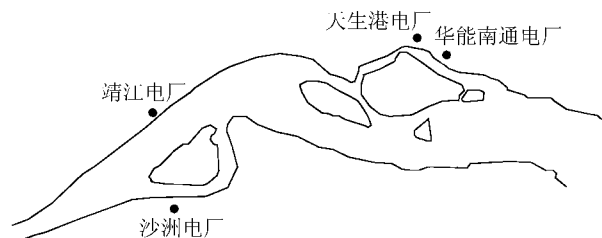


图3 江阴—南通河段电厂厂址示意图

2 长江下游感潮河段电厂取排水口布置特点

由于长江下游水量丰沛,沿岸各电厂充分利用长江水源丰富的有利条件,均采用直流冷却的供水方式。随着沿岸电厂数量增加,厂址选择的优劣,以及厂址所在河段水文、泥沙、地形地貌特征等因素的差异,电厂取排水口布置也具有不同的特点。

2.1 取排水方式

2.1.1 上取下排

将排水口布置在取水口的下游,在平面上保持一定的距离,以避免取排水直接短路而产生的取水温升现象。

该布置方式充分考虑了潮汐水文特征,长江下游感潮河段以落潮流为主,落潮历时约9 h,在落潮流期间水位不断降低,涨潮历时约3 h,而且在涨潮期水位不断升高。如果取排水管线长度增加有限,一次性投资增加不大的前提条件下,可根据工程外部条件优先考虑该种布置方案。

采用上取下排布置方式的电厂有苏源南京电

厂、下关电厂、华能南京电厂、华润燃气电厂、下关(马渡)电厂、镇江高资电厂、靖江电厂、沙洲电厂。

2.1.2 深取浅排

长江下游感潮河段几乎所有的电厂采用了深取浅排的取排水口布置方式(谏壁电厂例外)。由于电厂厂址河段大都具有良好的水深条件,河势较为稳定,护岸情况良好,因此具备深取浅排的条件。

作为电厂常用的一种取排水方式,长江下游感潮河段电厂在采用该种方式时更多地结合上取下排或远取近排两种方式,以达到最佳的取水效果。

2.2 取排水口位置

取排水口位置取决于电厂厂址的选择,在厂址选择时充分考虑了该河段多弯分汊的特点。弯道水流往往比较复杂,随着洪枯年份及季节的不同,弯道凹岸顶冲点的上提或下挫,泥沙冲淤幅度的变化,岸坡的稳定等因素都会对取排水口的位置产生影响;分汊河道的分流、分沙比的改变,对分汊河道的冲淤乃至局部河势改变有较大影响,尤其在水流分汊点前后(洲头)和水流汇合点前后(洲尾)河段,泥沙冲淤要引起足够的重视。

如图1~3所示,苏源南京电厂、下关电厂位于河道束窄段,华润燃气电厂位于凸岸段,下关(马渡)电厂、常州电厂位于洲头和洲尾河段,泰州电厂所在的嘶马河段(太平洲左汊)河势较不稳定,其他电厂大都位于较稳定的凹岸顶冲点附近。

在长江下游感潮河段布置电厂,最佳的位置应该是较稳定的凹岸顶冲点附近或直段束窄段,而且电厂所在汊道分流、分沙比要相对稳定,取水口处的冲淤变化不大,即微冲微淤。

2.3 取水口设置高程

南京—南通河段97%低水位为 $-0.29 \sim -1.40$ m(56黄海高程,下同),考虑码头(取水口不超出码头前沿线)、机组容量及取水头不同的结构形式,一般取水口的设置高程位于河床 $-8 \sim -15$ m等高线附近。小型机组、已建电厂或水深条件不佳的电厂,如南京热电厂、天生港电厂、华能南通电厂等(3个电厂均位于长江的支汊道,受到自然条件的制约)取水口设置高程位于河床 $-5 \sim -8$ m等深线附近,新建和大容量机组取水口设置高程一般位于河床 -10 m等深线附近;水深条件较好或主要通过温差重流原理取水的电厂,取水口设置高程一般位于河床 -15 m等深线附近,如扬州二电厂等。以图4蘑菇头式取水口为例,可简要说明长江下游感潮河段取水口设置高程与防淤、淹没深度、地形高程、设计水位等的关系。图4中, Z_1 为97%设计低水位; Z_2 为取水窗上缘高程; Z_3 为取水窗下缘高程;

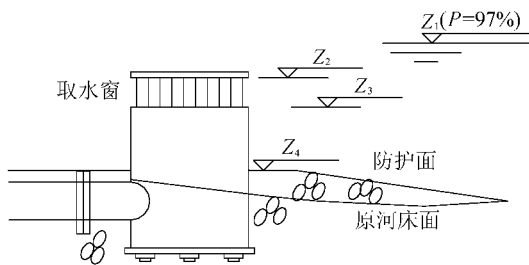


图4 蘑菇头式取水口设置高程示意图

Z_4 为取水头防护面高程。 $Z_1 - Z_2$ 代表取水头淹没深度; $Z_2 - Z_3$ 代表取水幢高度; $Z_3 - Z_4$ 代表取水头防淤高度。长江下游感潮河段部分电厂取水口设置高程见表2。

表2 取水口设置高程

电 厂	河床底高程	淹没深度	取水窗高度	防淤高度
华能金陵燃煤电厂	-14.0	5.97	2.8	4.8
扬州二电厂二期	-14.5	7.4	3.0	3.5
常州电厂一期	-10.0	4.05	3.0	2.0
天生港电厂技改工程	-7.65	1.58	3.0	1.65
华能南通电厂一期	-7.0	0.5	3.0	2.08

注:华能南通电厂取水口为箱式结构。

2.4 取排水口结构形式

排水口基本上采用明渠扩散式排水方式(天生港技改工程 2×300 MW机组排水口采用多点蘑菇头式排水)。取水口采用蘑菇头式、箱式或直接采用岸边取水水泵房取水。华能南京电厂、华能南通电厂取水口采用箱式结构;谏壁电厂、天生港电厂五期采用岸边取水水泵房直接取水;其他电厂基本采用蘑菇头式取水方式。

2.5 典型电厂取排水口布置

2.5.1 谏壁电厂

谏壁电厂位于苏南电网的中心,是华东电网的主力电厂之一。鉴于电厂分多期建设,就取排水口水工布置而言至今仍存在不少问题。一至五期取排水均采用明渠取排水方式,而且四、五期引水明渠紧邻排水明渠下游,热回归现象突出;同时,汛期水位较高容易引起四、五期引水明渠的淤积,故每年都要进行疏浚。因此,在以大代小技改工程 2×300 MW机组改建一、二期取排水论证时,不得不采用深排浅取的布置方式,见图5。

2.5.2 扬州二电厂

扬州二电厂是长江下游感潮河段唯一完全依靠温差异重流^[3-4]取水的电厂,取排水口布置见图6。取排水工程区域位于凹岸顶冲点附近,岸坡坡度为1:3,经人工丁坝和护岸工程,局部河势及岸线稳定,从水深条件完全具备接近于重叠式布置的取排水布置条件。但受丁坝的影响,落潮期在丁坝下游出现漩涡及回流等不利流态,二期取水口附近冲淤幅度

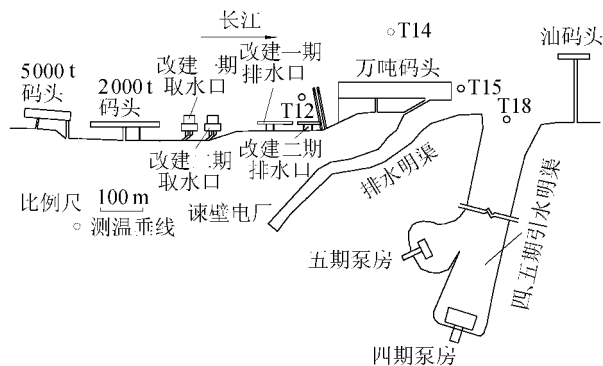


图5 谏壁电厂取排水口布置

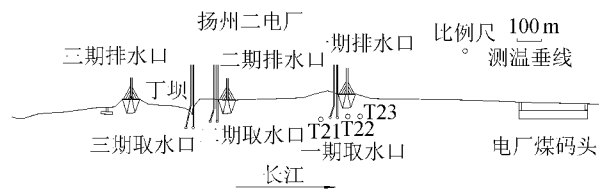


图6 扬州二电厂取排水口布置

相对较大(但仍能保持-15.0 m等高线),故二期取水条件较一期略差。

依靠温差异重流取水,关键是对排水口的结构形式及出口流速流向的设计,使取水口附近热水层厚度不超过取水口的淹没深度。扬州二电厂的排水口均为出口流速较小的明渠扩散形式,易于形成温差异重流。

2.5.3 天生港电厂

天生港水道通过横港沙与长江主槽相连,是一潮汐通道,宽度不足600 m,水深不足10 m,岸边构筑物密布。天生港电厂布置在狭长的天生港水道中,下游紧邻华能南通电厂,见图7。

在如此狭窄的水域范围内,已经布置了2个容量较大的电厂,如果再考虑扩建或改建,水工布置就具有一定的难度。考虑天生港水道的窄浅及沿岸取排水口布置特点,将技改工程排水口穿越天生港水道布置在横港沙一侧,利用天生港水道主流将电厂的温排水阻挡在横港沙一侧,从而大大减轻了温排水的回流影响。数学模型计算、物理模型试验论证及实际运行情况均表明该方案是可行的。

3 研究成果及分析

3.1 原型观测成果

谏壁电厂、扬州二电厂、天生港电厂皆为增容扩建电厂,在数值计算和物理模型试验之前,均开展了原型观测,观测内容包括地形、潮位、流速流向、水温等。下面结合原型观测成果分析自然水体的垂线温度分布和受排水影响的垂线温升分布。

a. 自然水体垂线温度分布。统计图5~7在落潮流不受排水温升影响的测温垂线的温度分布情

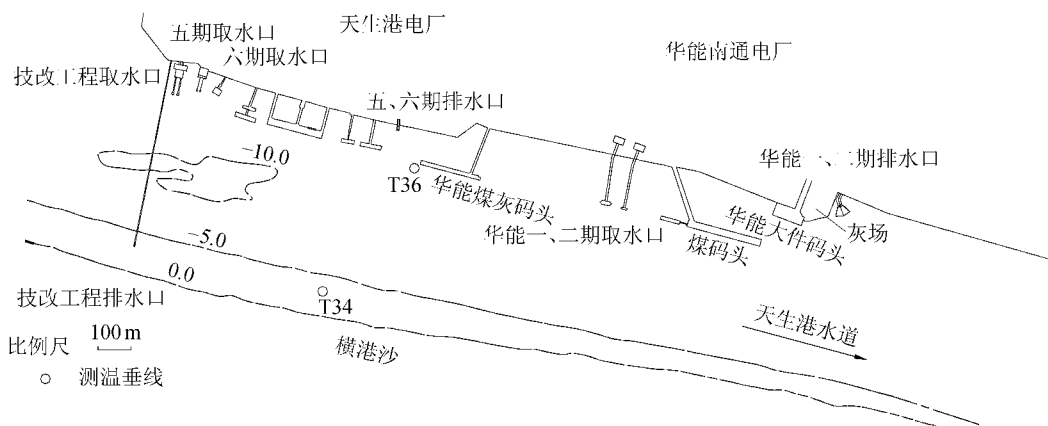


图7 天生港、华能南通电厂取排水口布置

况,见表 3。长江下游感潮河段自然水体温度沿水深基本相同,在设计和试验研究中,可以忽视水深方向的温度分层。

表 3 自然水体温度分布

测点水深/m	自然水体温度/℃		
	谏壁电厂 (测温垂线 T14)	扬州二电厂 (测温垂线 T21)	天生港电厂 (测温垂线 T34)
水面	18.2	9.7	11.2
0.2H	18.2	9.7	11.2
0.4H	18.2	9.7	11.2
0.6H	18.1	9.7	11.1
0.8H	18.1	9.6	11.1
水底	18.0	9.6	11.0

注:表中 H 代表水深;不同电厂水温观测的年份及时间均不相同。

b. 取排水近区垂线温升分布。表 4 中所列的测温垂线基本位于取排水近区范围内,而且排水口都采用排水明渠的出流方式,因此垂线温度分层现象明显,热水层厚度为 5~6 m。

表 4 受排水温升影响的测温垂线的温升分布

测点 水深/ m	垂线温升/℃				
	谏壁电厂		扬州二电厂		天生港电厂 (测温 垂线 T36)
	测温 垂线 T15	测温 垂线 T18	测温 垂线 T22	测温 垂线 T23	
0.1	7.1	7.0	4.5	2.6	4.5
1.0	6.1	5.3	3.9	2.3	1.7
2.0	2.0	0.4	3.4	2.3	1.1
3.0	0.0	0.2	2.9	1.9	0.5
4.0	0.0	0.1	2.4	1.2	0.1
5.0		0.0	1.7	0.9	0.0
6.0			0.6	0.1	0.0
7.0			0.1	0.1	0.0

注:T15 垂线水深只有 4.0 m,T18 垂线水深只有 5.0 m。

3.2 物理模型试验研究

表 5 中仅列出部分电厂温排水试验的取水温升成果,模型试验研究成果表明,电厂的平均取水温升一般都在 0.5°C 以下,取排水近区范围内的热水层厚度一般在 5.0m 左右。

表 5 物理模型试验取水口取水温升

电 厂	淹没 深度/m	最大取水 温升/℃	最小取水 温升/℃	平均取水 温升/℃
华能金陵燃煤电厂一期	5.97	0.5	0.0	0.1
谏壁电厂四期		1.0	0.8	0.9
扬州二电厂二期	7.4	0.8	0.0	0.3
常州电厂一期	4.05	0.7	0.0	0.4
天生港电厂技改工程	1.58	0.4	0.0	0.1
华能南通电厂一期	0.5	1.0	0.0	0.3

注:谏壁电厂四期为明渠取水。

4 结 语

a. 长江下游感潮河段电厂取排水口宜布置在泥沙冲淤幅度不大,所在河段汉道分流、分沙比变化较小的弯道顶冲点附近或直段束窄段。当布置在洲头、洲尾或凸岸以及泥沙冲淤幅度较大的河段时,需开展相关的论证研究工作。

b. 鉴于长江下游感潮河段的水文特征, 电厂取排水口宜采用上取下排、远取近排、深取浅排的布置方式。排水口宜采用明渠扩散式, 取水口采用单点或多点蘑菇头式, 并留有足够的防淤高度和淹没深度。

c. 长江自然水体沿水深方向温度基本相同, 电厂的平均取水温升大都在 0.5°C 以下, 取排水近区范围内的热水层厚度一般在 5.0m 左右。

参考文献：

- [1] 江洧, 林佑金, 陆耀辉. 惠州 LNG 电厂循环冷却水工程模型试验研究[J]. 人民珠江, 2001(4): 9-12.
- [2] 安金英, 高铭山. 沙角发电基地取排水口工程布置浅析[J]. 广东电力, 2002, 15(3): 58-60.
- [3] 时桂萱. 温差异重流散热研讨[J]. 华北工学院学报, 1998, 19(3): 207-210.
- [4] 岳钧堂. 差位式理论及工程应用: 感潮水域冷却水运动及工程布置研究[J]. 水利学报, 1993, 24(12): 10-16.

(收稿日期: 2006-04-27 编辑: 熊水斌)