

图	号
FA03981C-S0101-024	
版	本

大唐绥化热电厂 2×350MW 超临界供热机组新建工程

初步设计阶段

水工部分

第 14 卷 第 1 册

循环水泵选型及泵房优化方案专题报告

黑龙江省电力勘察设计研究院

工程咨询资格证书

工咨甲 20920070006

工程设计证书

A123001238

工程勘察证书

080007-kj

2014 年 09 月

大唐绥化热电厂 2×350MW 超临界供热机组新建工程

初步设计阶段

热机部分

第 14 卷 第 1 册

循环水泵选型及泵房优化方案专题报告

批 准：

审 核：

校 核：

编 写：

黑龙江省电力勘察设计研究院

2014 年 09 月

卷 册 目 录

卷册序号	卷册名称	卷册检索号
第 1 卷	总的部分	23-FA03981C-A0101
第 2 卷	电力系统部分	23-FA03981C-X0101
第 3 卷	总图运输部分	23-FA03981C-Z0101
第 4 卷	热机部分	23-FA03981C-J0101
第 5 卷	运煤部分	23-FA03981C-M0101
第 6 卷	除灰渣部分	23-FA03981C-C0101
第 7 卷	电厂化学部分	23-FA03981C-H0101
第 8 卷	烟气脱硫工艺部分	23-FA03981C-P0101
第 9 卷	电气部分	23-FA03981C-D0101
第 10 卷	仪表与控制部分	23-FA03981C-K0101
第 11 卷	信息系统及安全防护部分	23-FA03981C-K0201
第 12 卷	建筑结构部分	23-FA03981C-T0101
第 13 卷	采暖通风及空气调节部分	23-FA03981C-N0101
第 14 卷	水工部分	23-FA03981C-S0101
第 15 卷	环境保护部分	23-FA03981C-P0201
第 16 卷	水土保持部分	23-FA03981C-Q0101
第 17 卷	消防部分	23-FA03981C-Q0201
第 18 卷	劳动安全部分	23-FA03981C-Q0301
第 19 卷	职业卫生部分	23-FA03981C-Q0401
第 20 卷	节约资源部分	23-FA03981C-Q0501
第 21 卷	施工组织大纲部分	23-FA03981C-Q0601
第 22 卷	运行组织及设计定员部分	23-FA03981C-Q0701
第 23 卷	主要设备材料清册	23-FA03981C-Q0801
第 24 卷	工程概算	23-FA03981C-E0101

目 录

1 概述	1
2 循环水泵选型原则及调节模式	1
2.1 循环水泵选型.....	1
2.2 循环水泵的调节模式.....	2
3 我国电站大型循环水泵应用的现状	2
4 两种型式水泵结构和特点	3
4.1 高效卧式水泵的结构和特点.....	3
4.2 大型立式混流（斜流）型水泵的结构和特点.....	4
5 本工程循环水泵配置	5
5.1 卧式泵方案.....	5
5.2 立式泵方案.....	5
5.3 方案的技术经济比较.....	6
6 循环水泵房布置优化	7
6.1 工程所在地气象条件.....	7
6.2 循环水泵房布置形式.....	8
6.3 设备检修对泵房布置的影响.....	8
6.4 本工程循环水泵房优化布置.....	9
7 结论及推荐意见	9

【内容提要】：

目前电厂采用的循环水泵大部分由两种结构形式，一种为立式斜流泵，一种为卧式离心泵。本专题将根据两种型式的循环水泵结构特点、运行、维护可靠性等方面进行分析，并经过技术经济比较，确定经济合理的循环水泵型式。

通过技术经济对比，卧式泵方案投资较立式泵方案节省 250~330 万元，检修较为方便，且两个方案水泵效率基本持平。因此，本工程循环水泵推荐采用卧式双吸中开式离心泵，两台机组共配置 4 台循环水泵，其中 2 台水泵配双速电机，以增加循泵运行调节的灵活性，降低电耗，提高机组运行的可靠性和经济性。

另外，从泵房常规封闭布置及简易封闭布置做了比较，从而推荐泵房常规封闭布置。

1 概述

大唐绥化热电厂 2×350MW 超临界供热机组新建工程位于黑龙江省绥化市。本工程厂址所在地为典型的中温带大陆性季风气候，气温低、冬季漫长、采暖期长。

电厂建设规模为 2×350MW 超临界供热机组，同步建设脱硫、脱硝设施，留有再扩建 2×350MW 燃煤机组条件。

本工程作为北方严寒地区城市的配套基础设施，新建大型采暖热源发展热电联产，替代绥化市供热 B 区内 197 台分散小锅炉，预计到 2015 年末供热面积将达到 $1222 \times 10^4 \text{m}^2$ 。工程投产后将承担 B 区部分采暖热负荷。

根据本工程水资源论证报告，以绥化市污水处理厂深度处理后的再生水为主水源，以红兴水库水为补给、备用水源。厂区生活给水水源为城市自来水。

2 循环水泵选型原则及调节模式

2.1 循环水泵选型

我国国家标准《大中型火力发电厂设计规范》（GB50660-2011）17.3.7 条规定：对单元制供水系统，每台汽轮机可装设两台循环水泵，其总出力等于该机组的最大计算用水量。当设备条件许可，并经技术经济论证合理时，水泵可采用动叶可调或采用变速电机驱动。

鉴于循环水泵在火电厂运行中的重要性，对循环水泵泵型和单机配置循环水泵台数的确定原则是：

- (1) 设备可靠性高，运行安全；
- (2) 泵结构简单合理，便于安装和检修；
- (3) 便于随主机负荷的变化及水温变化调节循环水量，运行经济；

(4) 国内有成熟的生产经验，同类泵运行业绩丰富，生产厂家落实，价格合理。

2.2 循环水泵的调节模式

电厂要求循环水系统经济水量随机组负荷、循环水温的变化而变化，所以应适时对循环水系统水量进行调节，循环水系统水量调节主要有以下几种模式：

- (1) 通过开泵台数调节；
- (2) 调节水泵叶片角度（动叶可调型）；
- (3) 调节预旋装置导叶的角度（导叶可调型）；
- (4) 调节水泵转速；
- (5) 调节水泵出口阀门。

2.2.1 调节开泵台数

根据对不同类型的火电厂循环水系统中循环水泵和管路并联运行的水力计算结果分析，《火力发电厂水工设计规范》给出循环水系统中不同循环水泵台数的出水流量见表 5.2.4。

表 5.2.4 《火力发电厂水工设计规范》中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 2 台	运行 3 台	运行 4 台
2	60%	100%		
3	40%	75%	100%	
4	30%	60%	85%	100%

如前所述，对于采用扩大单元制供水系统的机组，每台机组均设置 2 台循环水泵，可以靠调节开泵台数进行调流。本期工程运行时可以通过调整开泵台数调整流量。

3 我国电站大型循环水泵应用的现状

近年来，我国电力行业得到了迅猛发展。早期建设的大型机组的循环水泵多以采用国外技术的立式混流（斜流）泵为主，泵的优点是电机在运转层以上，占地面积小，可以紧凑布置。检修时抽出泵转子，筒体不动，特别适合于河流、沿海等进水趋于较难隔离的场合。另外，由于该种泵造价高、制造利润丰厚，使得国内泵厂竞相推广制造。有些泵厂早已经开发出 300MW 机组用卧式双吸循环水

泵，但也积极以推广造价倍增的筒体立式泵为主。因此近年来立式混流泵几乎成了标准配置型式、形成了垄断局面。

300MW 机组筒体式立式泵结构复杂，安装维护较为困难。由于泵本身的结构问题，经常发生电机推力瓦磨损、叶轮导叶损坏，不同程度地存在振动问题。根据多次实际测量的水泵性能，其实际运行效率值一般低于设计值 10%以上，因而运行经济性有待改进。

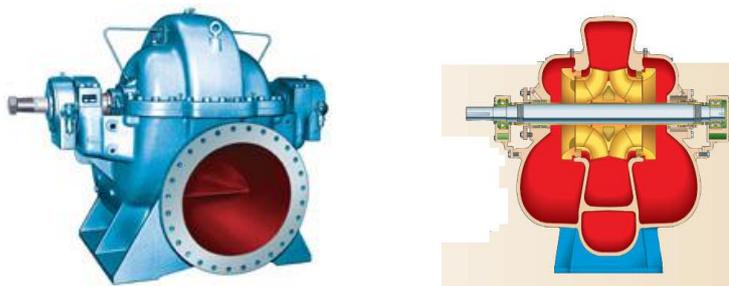
高效卧式离心泵由于其结构简单、维护和检修方便等优点，逐渐在大型火力发电机组，国内某些单位对于大型循环水泵的应用状况一直进行着深度探讨，依据卧式双吸泵应该具有的技术优势，先后扭转了 135、200、300、600MW 机组循环水泵采用立式混流泵的流行局面，短短几年取得了良好的业绩。相关工程均取得较好的安全 and 经济效果，得到用户的一致好评。该系列泵在 1000MW 机组上的应用原理是相同的，也将很快得以突破。通过对于比转数、汽蚀比转数和设计理论的分析，流量越大双吸泵的优势越大，在 600MW 及以上机组上推广应用将更具有竞争性，再通过灵活的优化配置会取得更好的实际效果。

因此，现在我国大型火电机组循环水泵应用现状可总结为：立式混流泵独领风骚，卧式双吸泵不甘示弱，努力追赶。

4 两种型式水泵结构和特点

4.1 高效卧式水泵的结构和特点

下图是高效卧式循环水泵的外形和典型结构图



高效卧式循环水泵的进出口和下壳体为一体式结构，水从左右进室进入叶轮，在叶轮内吸收能量而且汇合后流进压出室，压出室末端连接泵的出口管。叶轮安装在轴的中部，转子由两端的（滑动或滚动）轴承支撑，只要打开泵盖就可吊出转子检修。

卧式循环水泵的叶轮采用双侧进水，两侧吸水的水动力自动平衡；泵的出口和下泵壳铸成一体，而且泵的地脚就设置在泵的进出口管上，因此可以承受泵进

出口管的压力。

电机和泵分别安装在各自的基础上，由隔断振动的橡胶柱销联轴器相连。电机和泵安装基础稳固，运转中心距设备底座较近，电机和泵的刚性转子分别由承载力强的乌金滑动轴承在两端支撑。

因此卧式循环水泵组具有整体结构稳固、抗振力强、运行稳定的特点。工程实践也证明，较小的转子不同心和轴心线歪斜、以及一定程度的汽蚀都不会使泵的振动超出安全要求，因而具有较高的可靠性。

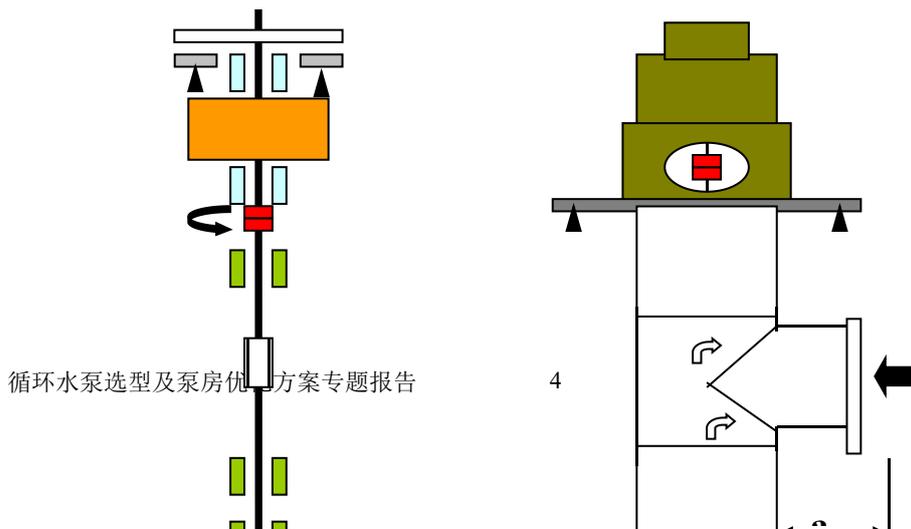
卧式循环水泵采用中开双吸结构形式，泵组结构简单、安装维护方便，和其他形式的水泵相比具有无可比拟的优越性，其检修工作量仅相当于立式筒体泵的约 1/4。

4.2 大型立式混流（斜流）型水泵的结构和特点

立式循环水泵的整体为悬挂式结构，电机在基础台板以上，运转层以下为焊接式泵的筒体，水流由来水流道进入泵的下部喇叭口，经过泵的叶轮、导叶、进入泵下部筒体，在中间筒体处经过导流栅转向泵的出口。

泵的外壳为焊接结构，三节泵筒体靠螺栓连接，出口短管通过 T 型方式焊接在中间筒体上。

轴系为叶轮轴、连接轴和电机轴组成，三轴用刚性联轴结和联轴器连在一起。在径向有 2 副导叶橡胶导轴承、1 副泵盖橡胶导轴承和电机的 2 副乌金瓦轴承支撑。整个转子的重量和运行中对叶轮形成的水推力由电机的推力轴承承受。



5 本工程循环水泵配置

本工程循环水泵房布置在冷却塔附近，两台机组共用一个水泵房。循环水泵选型考虑两个方案：高效卧式循环水泵方案和立式循环水泵方案。

5.1 卧式泵方案

每台机组选用 2 台卧式双吸中开式离心泵，规范为：

流 量： $Q = 5.56/3.92\text{t/s}$

扬 程： $H = 0.22/0.175\text{MPa}$

电机功率： $P = 1600/1000\text{kW}$

电 压： $U = 6000\text{ V}$

循环水泵房内共安装 4 台循环水泵，分别从吸水池中吸水。水泵进口采用电动蝶阀，出口采用液控止回蝶阀，以消除停泵水锤。

循环水泵出口装伸缩节，以便于检修时拆装。水泵起吊设备采用电动双梁桥式起重机，起重量 20/5t，Lk=13.5m，H=13m。

循环水泵出口装 DN150 的双口排气阀，避免管道内积气。

循环水泵房上部结构尺寸为 36m×22.5m×10m，地下循环水泵坑结构尺寸为 24m×22.5m×5.1m，循环水泵层标高-5.10m，泵房内设有电控房间和检修场地。

5.2 立式泵方案

循环水泵采用立式斜流泵，规范为：

流量： $Q=5.56/3.92\text{t/s}$

扬程： $H=22/17.5\text{m}$

电机功率： $N=1600/1000\text{kW}$

电压： $U=6\text{kV}$

循环水泵房内安装 4 台立式循环水泵，水泵从吸水井中吸水。

循环水泵房上部结构尺寸为 36m×22.5m×13m，地下循环水泵坑结构尺寸为 22m×24m×8m，设有电控和检修场地。

泵房选用吊钩双梁桥式起重机，起重量为主钩 32 吨，副钩 5 吨，跨度 13.5m。水泵出口选用液控止回蝶阀。联络管道及阀门设在泵房外。

5.3 方案的技术经济比较

循环水泵配置方案经济比较见表 5.3。

表 5.3 循环水泵配置方案经济比较

项目内容		方案一	方案二	比较结果	
		高效卧式离心泵	立式斜流泵		
主要设备	循环水泵参数	Q=5.56/3.92t/s H=0.22/0.175	Q=5.56/3.92t/h H=0.22/0.175	方案一循环水泵组设备投资将减低约 120~200 万元	
	单速电机参数	P=1600/1000kw U=6000V	P=1600/1000kw U=6000V		
	成套价格：万元 (泵+电机)×台数	(55+70~80)×4=500~540	(65+90~120)×4=620~740		
相关辅助设备	起吊行车	20/5t	32/5t	相关辅助设备方案一可降低约 20 万元	
	行车跨距	13.5m	13.5m		
	行车价格	约 57	约 77		
	电机润滑系统 水泵轴承供水系统	0	20		
	泵入口阀门	10×4 共 40 万元	无		
	清污机	4×10	4×15		
	小计：万元	137	157		
泵房	泵房尺寸： 长宽 高 m	地上	36m×22.5m×10m	采用立式混流泵的循环水泵房下部体积比采用卧式离心泵的大。	
		地下	24m×22.5m×5.1m		22m×24m×8m
	泵房体积 m ³	地上	9450		12285
		地下	2754		4224
泵房土建部分造价		约 215 万	约 325 万		

由上表可见，采用高效卧式离心泵的泵房方案其主要设备及厂房体积比采用

立式混流泵的泵房经济。

5.3.1 运行效益比较：

根据国内同类性火力发电厂循环水泵运行经验，高效卧式离心泵运行效率一般在 89%—90%左右，立式混流泵运行效率一般在 85%—87%，高效卧式离心泵普遍比立式混流泵高 3%—5%。

5.3.2 可靠性高

立式泵会经常出现电机推力瓦烧损和水泵导轴瓦磨损等事故，高效双吸卧式泵组采用自密封、自冷却轴承结构，没有立式泵的电机推力轴承和润滑油供油和冷却系统，免去了立式泵的外设轴承冷却供水系统。这些不仅减低了系统造价，而且大大降低了循环泵组的事故率，提高了泵组可靠性。

5.3.3 安装、维护费用减低

立式泵安装时，检修工艺复杂，必须先吊去电机才能对泵进行施工，而且找正工艺也较为繁琐；而卧式泵组水泵和电机可以单独施工，大大简化了工作程序。而且高效卧式循环水泵具备安全可靠的特点，基本达到了免维护和无人值守的条件，进一步降低了运行和维护费用。

综上所述，从安全可靠、运行经济等方便考虑，本工程二次循环供水系统循环水泵采用高效卧式循环水泵，2 台机组采用 4 台卧式双吸中开式离心泵，其中 2 台水泵配双速电机，以增加循泵运行调节的灵活性，降低电耗，提高机组运行的可靠性和经济性。

6 循环水泵房布置优化

6.1 工程所在地气象条件

绥化市属中温带大陆性季风气候。主要特征为春季干旱，夏季短热，秋季早霜，冬季寒冷。年平均降水量 550.9 mm，年平均日照时数 2805 小时，无霜期 128 天，年平均风速 3.9m/s，年平均蒸发量 1300mm。

本流域正常年份降水量一般在 570mm 左右。在铁力附近形成降雨量高值中心，年降雨量可达 750mm。西北部平原区望奎附近为降雨量低值区，年降雨量正常值只有 400mm。降水量的年际变化以西部平原地区变化较大，东部山丘区、山区相对变化较小

五十年一遇最低气温为-41.7℃。

最大积雪厚度 32cm。

全年结冻初日 10 月 23 日，终日 4 月 4 日

年最大冻土深度为 221cm, 出现在 1969 年

6.2 循环水泵房布置形式

循环水泵房地上部分的布置一般有两种形式：室内布置和露天布置。室内布置的泵房有上部结构，设备吊装检修采用桥式起重机。由于有上部建筑的防护，循环水泵、电动机、泵进出口阀门等主要设备平时运行、维护和检修条件好，管理方便，设备、管道的防腐工作量、电气设备的防护等级要求相对较低。露天布置的泵房没有上部结构，比常规有上部结构的泵房减少了土建费用，但由于露天布置，设备的防腐及户外电气设备的防护等级要求较高，水泵等主要设备的投资增大。本工程地处严寒地带，采暖期长达 6 个月，且冬季每台机组有一台循泵长期不运行，必须进行防冻保护，保护难度大。因此对于本地区设置的循环泵在冬季也需要增加简易房屋来进行保温防护，同时还要进行采暖设计，提高水泵在冰冻期的安全性。

本工程针对循环水泵房的常规封闭布置及简易封闭布置进行比较。循环水泵房的常规封闭布置有上部结构，设备吊装检修采用桥式起重机，起重机为起重量为 20/5t，价格约 57 万；循环水泵房的简易封闭布置采用彩钢板简易房屋来进行保温防护，设备检修采用汽车起重机，起重量为 100t，价格为 475 万，比桥式起重机价格高 418 万。因此，泵房采用彩钢板简易房屋，泵房的总体造价高于常规封闭泵房。

6.3 设备检修对泵房布置的影响

常规封闭的循环水泵房检修时较为方便，只需将设备吊至检修场地进行检修，不受气候、场地影响；彩钢板简易封闭泵房其屋面构造需采用屋架檩条加彩钢板形式，设备检修起吊时需要拆除围护结构屋面，然后才能采用汽车吊车对水泵进行操作，拆除工作量大，这就限制了整个冰冻期的检修工作，因为冰冻期拆除彩钢防护房对水泵进行维修时会对正常运行的水泵产生影响，增加运行维护的难度，同时也容易冻坏采暖设备。此外，对于循环水泵房大跨度（15m）围护结构屋面来说，即使采用大跨度屋面板，拆卸也较困难并且有可能损坏，影响设备检修。

另外，循环水泵房屋面边缘处设有电气专业的门型构，影响吊车的移动及设备起吊。同时循环水泵房上空为电气出线，采用汽车吊车吊起设备检修时存在安

全隐患。彩钢板简易封闭泵房对泵房内电气设备布置也有影响。

综上所述，推荐循环水泵房为常规封闭布置方案。

6.4 本工程循环水泵房优化布置

本工程 2 台机组共 4 台循环水泵，布置在冷却塔附近的集中循环水泵房内。循环水泵房平面尺寸为 36m×22.5m，水泵房水泵层底标高为-5.80m，地上部分标高为 10.00m，吊车梁轨顶标高 6.00m。循环水泵房地下部分采用钢筋混凝土箱型结构；地上部分采用钢筋混凝土排架填充墙结构。

泵房中设 1 台电动双梁起重机，起重量 20/5t，跨度 LK=13.5m，起吊高度 13m。

每台循环水泵的出口管道上均装有液控蝶阀，泵入口处设置自动格栅清污机，用以拦截循环水中的杂物。

循环水泵和泵出口的液控蝶阀连锁，并可就地及主控室监控，实现循环水泵无人值守。

循泵房平剖面布置见循环水泵房平面布置图及循环水泵房剖面布置图。

7 结论及推荐意见

本工程无论采用立式泵还是卧式泵，技术上都是可行的。水泵设计选型的目的是满足供水性能需要、运行安全可靠、安装维护方便、制造和运行成本节省等。大型水泵由于其重要性较大，在选型上更应经过慎重比较。

立式泵具有运行管理方便，占地面积小，可以紧凑布置，泵房平面尺寸较小等优点；缺点是造价太高，其造价和传统的卧式泵组相比高出很多。其次，立式泵系统复杂，可靠性差、维护量大；安装、检修工艺要求高，工作量大。

卧式双吸中开式离心泵的优点：免去了立式电机的润滑油供油和冷却系统；采用自密封、自冷却轴承结构，免去了立式泵的外设轴承冷却供水系统，从而降低了系统造价，降低了循环泵组的事故率，提高了泵组运行的可靠性；泵为中开结构，便于维护、检修；联络管道及阀门设在泵房内，运行、维护、检修较为方便。

卧式泵方案投资较立式泵方案节省 250~330 万元，检修较为方便，且两方案水泵效率基本持平。因此，本工程循环水泵推荐采用卧式双吸中开式离心泵，两台机组共配置 4 台循环水泵，其中 2 台水泵配双速电机，以增加循泵运行调节的灵活性，降低电耗，提高机组运行的可靠性和经济性。

简易封闭布置泵房，虽然可节约土建费用的初投资，但是简易封闭布置泵房吊车费用远远高于常规封闭布置泵房吊车费用，同时，考虑到冬季防冻及循环水泵在电厂运行的重要性，本工程推荐循环水泵房常规封闭布置。