

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2019.04.017

# 一种新型曲面过渡段在海边电厂取水明渠中的应用

黄文贺, 郝迪, 钟香兰

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

**摘要:** [目的]在滨海火力发电厂中, 机组循环冷却水系统通常采用二次循环方式, 这就需要从海边通过取水明渠引水至循环水泵房前池。取水明渠一般采用倒梯形断面, 而循环水泵房前池一般采用矩形断面, 因此两者之间的连接需要一个过渡段, 一个从倒梯形断面到矩形断面的连接过渡段。[方法]在以往的工程中, 取水明渠和泵房前池连接的过渡段有很多种形式, 最常用的主要分为两种, 一种是通过钢筋混凝土箱涵连接, 另一种是通过钢筋混凝土扶壁式挡墙连接, 前者对于波浪条件要求不高, 后者对于波浪条件要求很高。[结果]结合项目现场实际情况, 创新地提出一种异型曲面过渡方案, 将取水明渠和泵房前池顺利连接起来, 解决取水明渠和泵房前池过渡段的连接困难和施工复杂等问题。这种异型结构既能充分发挥重力式挡土墙依靠回填料和自身重力抗滑的功能, 又可以减少占地面积, 大大降低工程造价, 是一种经济、稳定的新型连接过渡段结构。[结论]通过工程实践证明, 这种新型曲面过渡段既满足了现场实际使用功能, 又节省了工程造价, 还方便了施工。

**关键词:** 滨海; 火力发电厂; 取水明渠; 泵房前池; 曲面

**中图分类号:** TM611; TU476.4

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2095-8676(2019)04-0106-07

## Application of a New Type Curved Surface Transition Section in Water Channel for Seaside Power Plant

HUANG Wenhe, HAO Di, ZHONG Xianglan

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

**Abstract:** [Introduction] In the coastal thermal power plant, the unit circulating cooling water system usually adopts the secondary circulation way, which needs to transfer water from the seaside to the front pool of the circulating pump house through the open water intake channel. An inverted trapezoidal section is generally used in the open water intake channel, while a rectangular section is generally used in the front pool of the circulating pump house. Therefore, the connection between the two requires an itd, which is connected from an inverted trapezoidal section to a rectangular section. [Method] In the engineering of the past, and flow in open channel water pump room link transition section of the former pool there are many kinds of forms, the most commonly used were divided into two kinds, one kind was through the connection of reinforced concrete box culvert, another was by reinforced concrete buttressed retaining wall connection, the former for wave conditions demand was not high, the latter for demanding wave conditions. [Result] Combined with the actual situation of the project site, a special curved surface transition scheme was innovatively proposed to connect the open water intake canal with the front pool of the pump house, and solve the connection difficulties and construction complexity of the transition section between the open water intake canal and the front pool of the pump house. This kind of special structure can not only give full play to the function of gravity retaining wall depending on backfilling soil and its own gravity resistance to sliding, but also reduce the occupied area and greatly reduce the project cost. [Conclusion] The engineering practice proves that this new type of curved surface transition section not only satisfies the actual use function of the site, but also saves the cost of the project and facilitates the construction.

**Key words:** seaside; thermal power plants; intake water channel; pump house basin; curved surface; transition section

收稿日期: 2019-04-03 修回日期: 2019-05-30

基金项目: 中国能建广东院科技项目“火力发电厂关键技术应用研究”(EX03891W)

某海外项目建设  $2 \times 620$  MW 中国制造的超临界燃煤发电机组。厂址南面临海, 场地平整。电厂采用海水直流供水的循环冷却水系统, 电厂运行用

淡水取自水库,也可由电厂设置的海水淡化系统制取。1号锅炉桩基工程于2014年10月开工,1号机组于2018年1月完成临时移交(PAC),2号机组2018年7月完成临时移交(PAC)。

本工程采用明渠取水,循环水明渠采用倒梯形结构断面,明渠底宽3 m,深11 m,边坡为1:2,明渠边坡结构从底层到面层分别为原土-土工布-400厚20~50 mm碎石垫层-150 mm钢筋混凝土面层。循环水通过明渠后进入循环水泵房前池,泵房前池采用矩形断面,净空宽度为29 m,净空深度为12 m,前池长度为28.2 m,采用扶壁式挡墙结构,底板采用200厚的钢筋混凝土结构,5 m×5 m分块。从倒梯形的取水明渠至矩形的泵房前池,需要设置一个连接过渡段,因此如何选择适合本工程的连接过渡段成为循环水取水设计的关键问题。

## 1 连接过渡方案选择

在以往的火力发电厂工程中,取水明渠和泵房前池连接的过渡段有很多种形式,最常用的主要分为两种,一种是通过钢筋混凝土箱涵连接,另一种是通过钢筋混凝土扶壁式挡墙连接,前者对于波浪条件要求不高,后者对于波浪条件要求很高。

取水明渠和泵房前池的钢筋混凝土箱涵连接方案主要由取水明渠、引水箱涵、泵房前池组成。其主要特点是施工简便,主要适用于取水明渠波浪较大的情况,通过箱涵连接,既可以满足取水要求,又可以起到对明渠波浪进行消浪的作用,降低水位波动幅度,提高泵房前池的取水稳定性,改善泵房流道的水力性能,减小波浪对水泵工作效率的影响。这种连接方案广泛应用在滨海电厂的泵房近岸取水方式。

取水明渠和泵房前池的钢筋混凝土扶壁式挡墙连接方案主要由取水明渠、扶壁式挡墙、泵房前池组成。其主要特点是施工简便,主要适用于取水明渠波浪较小的情况,明渠波浪较小,泵房前池的水位波动满足规程规范要求,对泵房流道的水力性能没有影响,因此采用这种简单的连接方案,既不影响水泵的工作效率,又能适当的降低造价<sup>[1-3]</sup>。这种连接方案广泛应用在滨海电厂的泵房远离岸边取水方式。

在本工程中,由于泵房距离海边较远,因此本工程优先采用敞开式连接方式即钢筋混凝土扶壁式挡墙连接方式,不推荐采用箱涵连接方式。另一方

面根据现场实际情况,本工程循环水明渠紧邻永新二期的循环水排水明渠,场地有限,不能满足扶壁式挡墙的大开挖施工要求。因此本工程结合现场实际情况,创新地提出一种新型曲面连接过渡段结构,将取水明渠和泵房前池顺利连接起来,解决取水明渠和泵房前池过渡段的连接困难和施工复杂等问题。这种异型结构既能充分发挥重力式挡土墙依靠回填土料和自身重力抗滑的功能,又可以减少占地面积,大大降低工程造价,是一种经济、稳定的新型连接过渡段结构<sup>[1-3]</sup>。

## 2 新型曲面连接过渡段设计

### 2.1 工程地质条件

填方区位于厂址南侧海域,主要为海岸地貌,填方区北侧由海岸地貌向海积阶地地貌过渡。回填土密实度不均,多呈松散状,局部呈稍密~中密,该层未经处理不能作为基础的持力层。由于场地表层分布有厚度较大(平均厚度约3 m)的含淤泥粗砂层(②),该层物理力学性质差、密实度松散。场地回填后,含淤泥粗砂层(②)经过长期固结压缩变形后,易造成地层不均匀沉降。

根据前期勘测成果,厂址区第四系覆盖层由人工填土层、全新世海积砂层与晚更新世海积砂层组成,下伏基岩主要为早白垩系(K1)花岗闪长岩,脉岩主要为早白垩系(K1)中性火成辉绿玢岩及早白垩系(K1)中性火成花岗斑岩。

厂址区岩土层按性质和成因共分为8大类共18层,填方区钻孔揭露7大类共13层,现将厂区各岩土层的物理力学性质指标如表1所示。

### 2.2 取水明渠设计方案

根据勘测资料分析,回填区地下水较高、与海水联系密切,回填土层及含淤泥粗砂层具有较强的渗透性,在进行基坑开挖时应做好降、排水措施,基坑开挖后应及时支护。取水明渠施工时,开挖深度11 m,基坑侧壁存在厚度较大的松散素填土层及含淤泥粗砂层,这些土层力学性质差,施工时应考虑地基处理加固方案,同时应对基坑开挖及支护方案应进行专门的研究。

循环水明渠采用倒梯形结构断面,明渠底宽3 m,深11 m,边坡为1:2,在2.5 m高处设置施工马道,马道宽1.5 m,明渠顶宽50 m。根据地质资料,明渠采用大开挖施工方案,明渠开挖顶部两侧

表1 厂区各岩土层物理力学性质指标建议值

Tab. 1 The station of rock physical and mechanical properties of soil layer index value

岩土名称及编号	土层厚度/m	湿密度/ $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$	天然孔隙比	天然含水量/%	内聚力 $c/\text{kPa}$	压缩模量 $E_s/\text{MPa}$	承载力特征值 $f_{ak}/\text{kPa}$
人工素填土	1.0~7.0	—	—	—	—	—	—
海积中砂①	0.8~3.8	18.1	0.62	15.97	—	6.61	180
海积含淤泥粗砂②	0.6~5.8	20.0	0.56	17.73	14.9	7.46	70
海积含粘性土中砂(密实)④	7.5~20.7	19.7	0.62	15.22	43.05	8.92	300
海积含粘性土中砂(中密)④ <sub>1</sub>	0.6~8.0	20.3	0.55	16.19	38.84	9.41	220
海积粘土(坚硬)④ <sub>2</sub>	1.4~6.3	21.5	0.59	18.51	32.40	7.79	260
强风化花岗岩闪长岩⑤ <sub>2</sub>	2.2~15.7	19.6	0.64	19.27	38.00	8.88	500
中风化花岗岩闪长岩⑤ <sub>3</sub>	0.5~11.5	—	—	—	—	—	—
微风化花岗岩闪长岩⑤ <sub>4</sub>	0.5~16.8	—	—	—	—	—	—
强风化辉绿玢岩⑥ <sub>2</sub>	0.7~6.2	—	—	—	—	—	—
中风化辉绿玢岩⑥ <sub>3</sub>	1.5~5.0	—	—	—	—	—	—
微风化辉绿玢岩⑥ <sub>4</sub>	1.1~5.7	—	—	—	—	—	—
中风化花岗岩斑岩⑦ <sub>3</sub>	5.5	—	—	—	—	—	—

采用钢板桩止水,明渠边坡结构从底层到面层分别为原土-土工布-400厚20~50mm碎石垫层-150mm钢筋混凝土面层,取水明渠断面如图1所示。

### 2.3 泵房前池设计方案

根据勘测资料分析,回填区地下水较高、与海水联系密切,回填土层及含淤泥粗砂层具有较强的渗透性,在进行基坑开挖时应做好降、排水措施,基坑开挖后应及时支护。循环水泵房及前池施工时,开挖深度12m,基坑侧壁存在厚度较大的松散素填土层及含淤泥粗砂层,这些土层力学性质差,施工时应考虑地基处理加固方案,同时应对基坑开挖及支护方案应进行专门的研究。

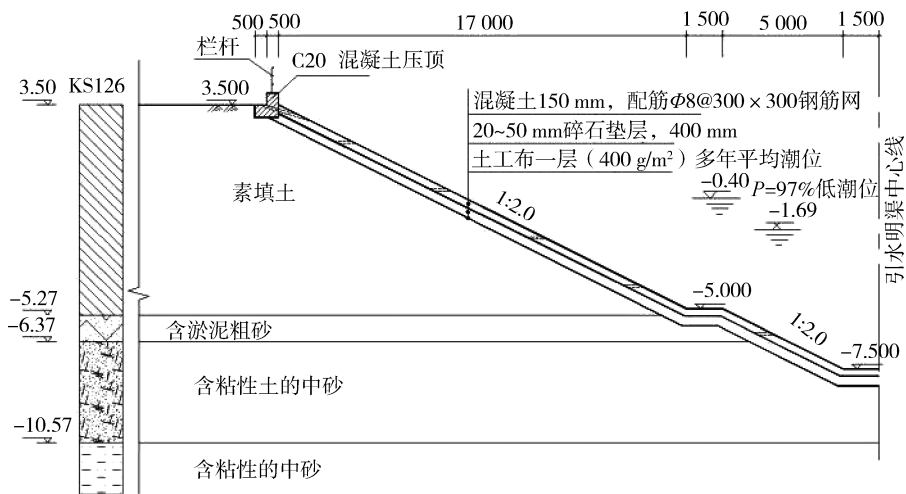
泵房前池采用矩形断面,净空宽度为29m,净

空深度为12m,前池长度为28.2m,采用钢筋混凝土扶壁式挡墙结构<sup>[4-5]</sup>,底板采用200厚的钢筋混凝土结构,5×5m分块,底板与侧壁之间和底板分块之间采用伸缩缝填充。根据地质资料,泵房前池采用大开挖施工方案,泵房前池开挖顶部两侧采用钢板桩止水,全部采用现浇钢筋混凝土结构,泵房前池断面如图2所示。

### 2.4 异型曲面连接过渡段设计方案

根据取水明渠和循环水泵房的平面布置方案,循环水明渠采用倒梯形结构断面,而泵房前池采用矩形断面,从倒梯形的取水明渠至矩形的泵房前池,需要设置一个连接过渡段。

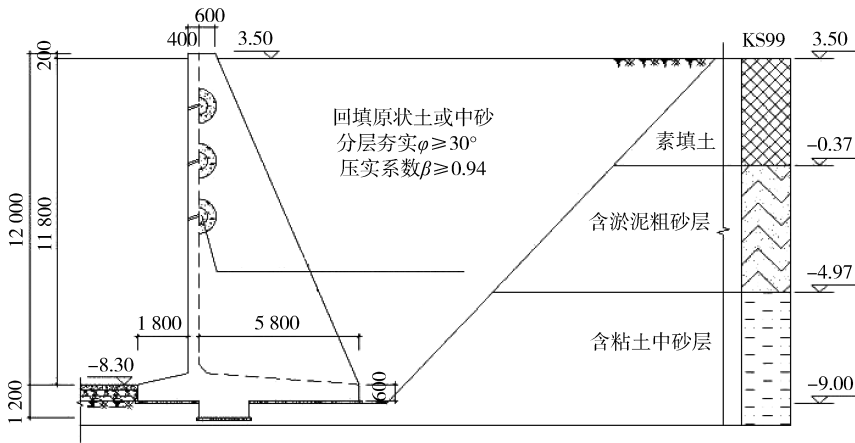
循环水泵房前池深为12m,前池长度为28.2



注:图中标高单位为m,其余尺寸单位为mm。

图1 取水明渠剖面图

Fig. 1 CW intake channel section



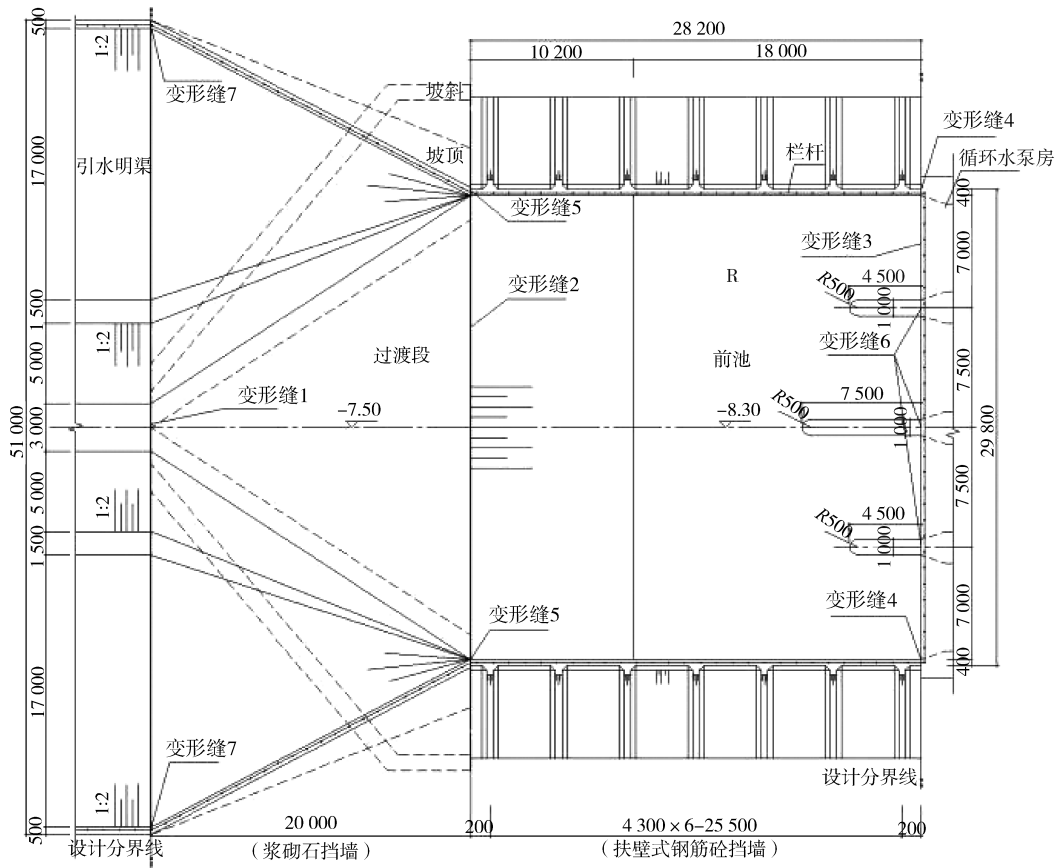
注: 图中标高单位为 m, 其余尺寸单位为 mm。

图 2 泵房前池剖面图

Fig. 2 Pump house basin section

m, 采用扶壁式挡墙结构, 底板采用 200 厚的钢筋混凝土结构, 5 × 5 m 分块; 循环水明渠采用倒梯形结构断面, 深 11 m, 边坡为 1 : 2, 明渠边坡结构从底层到面层分别为原土 - 土工布 - 400 厚 20 ~ 50 mm 碎石垫层 - 150 mm 钢筋混凝土面层。根据

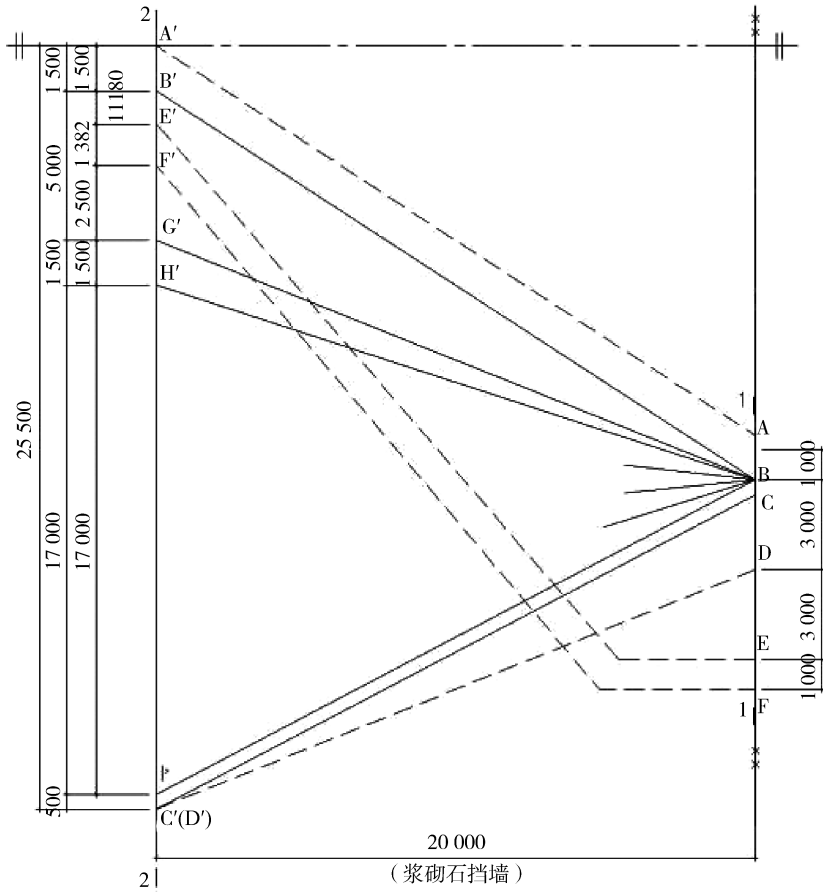
平面布置, 取水明渠由倒梯形过渡到矩形断面, 过渡段长度为 20 m, 采用浆砌石边坡挡墙结构, 如图 3 ~ 图 7 所示, 边坡挡墙需根据填土边坡的稳定性计算确定, 该异型曲面浆砌石边坡挡墙有效结合了明渠边坡和重力式挡土墙各自的优点。



注: 图中标高单位为 m, 其余尺寸单位为 mm。

图 3 取水明渠与泵房前池平面图

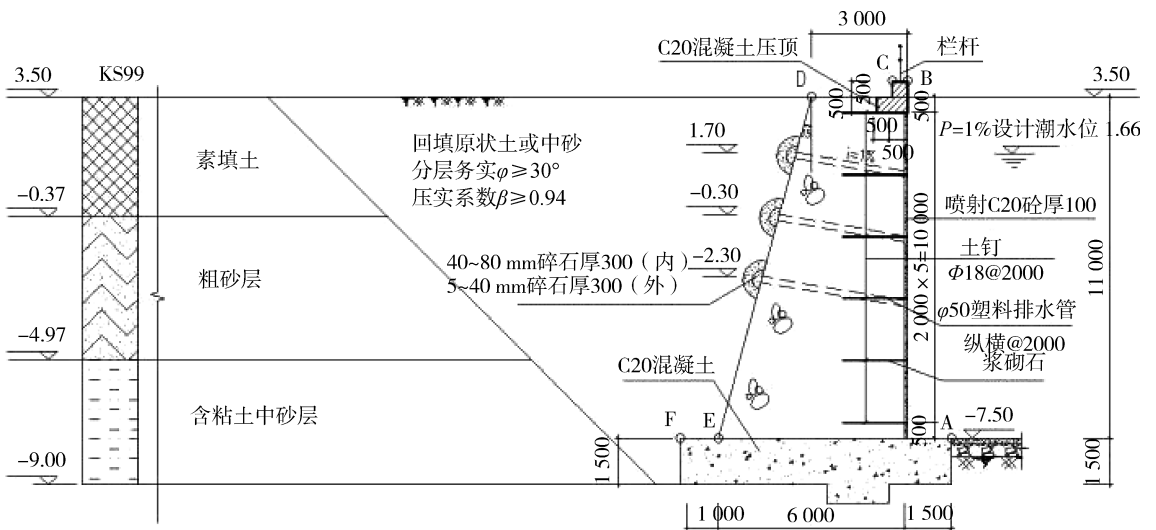
Fig. 3 The plan of intake water channel and pump house basin



注：图中尺寸单位为 mm。

图4 连接过渡段平面图

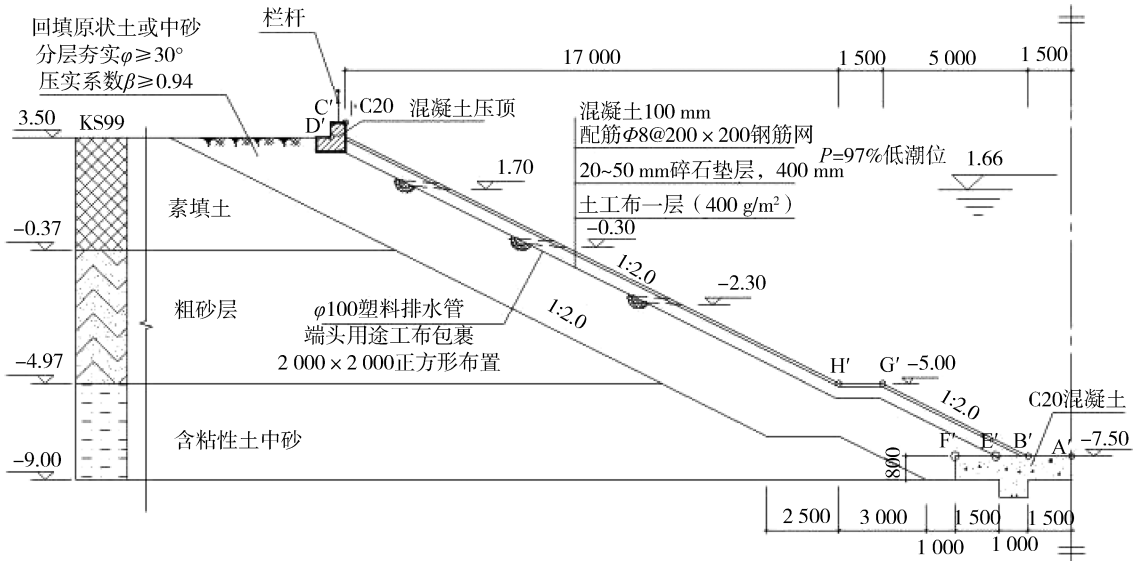
Fig. 4 The connection transition section plan



注：图中标高单位为 m，其余尺寸单位为 mm。

图5 连接过渡段 1-1 剖面图

Fig. 5 The 1-1 profile of connection transition section



注: 图中标高单位为 m, 其余尺寸单位为 mm。

图 6 连接过渡段 2-2 剖面图

Fig. 6 The 2-2 profile of connection transition section



图 7 连接过渡段异型曲面结构实体效果图

Fig. 7 The solid renderings of connection transition section

经过计算分析对比, 连接过渡段采用浆砌石边坡挡墙结构, 将取水明渠和泵房前池顺利连接起来, 解决取水明渠和泵房前池过渡段的连接困难和施工复杂等问题<sup>[4-5]</sup>。根据土层及使用条件等情况, 经过三维建模和计算分析, 确定过渡段靠近泵房前池断面的浆砌石挡墙顶宽为 30 m, 底宽为 60 m, 过渡段靠近取水明渠断面采用换填一定厚度中粗砂后, 中间层和面层做法同取水明渠断面, 如图 3~图 7 所示。过渡段挡墙结构各部位的断面厚度需根据开挖边坡的稳定性和自身内力计算确定, 这种异型结构既能充分发挥重力式挡土墙依靠回填土料和自身重力抗滑的功能, 又可以减少占地面积, 大大降低工程造价, 是一种经济、稳定的新型连接过渡段结构<sup>[4-5]</sup>。

## 2.5 新型连接过渡段优点

### 2.5.1 工程造价低

充分利用了边坡和重力式挡土墙自身稳定, 节省占地空间、缩短施工工期, 同时利用异型曲面的构造, 采用浆砌石边坡挡墙结构, 就地取材, 节约造价, 以较小的经济代价完成了取水明渠与泵房前池过渡段的顺利连接。

### 2.5.2 方便施工

在泵房前池部分, 施工同泵房前池, 采用大开挖浆砌石方案, 在取水明渠部分, 施工同取水明渠, 放坡大开挖施工, 施工过程中可连续施工, 施工的同时进行挡墙后面土方回填, 方便施工, 缩短施工周期。

### 2.5.3 整体效果好

这种异型曲面过渡段结构, 很好的将明渠的倒梯形断面过渡到泵房前池的矩形断面, 从感官视觉效果上连接非常顺畅, 有利于循环水取水, 确保水流不受任何阻力影响, 结构外观和取水工艺整体效果好。

## 3 结论

取水明渠一般采用倒梯形断面, 而循环水泵房前池一般采用矩形断面, 因此两者之间的连接需要一个过渡段, 一个从倒梯形断面到矩形断面的连接过渡段。本工程结合现场实际情况, 创新地提出—



种新型曲面连接过渡段结构,将取水明渠和泵房前池顺利连接起来,解决取水明渠和泵房前池过渡段的连接困难和施工复杂等问题。这种异型结构既能充分发挥重力式挡土墙依靠回填土料和自身重力抗滑的功能,又可以减少占地面积,大大降低工程造价,是一种经济、稳定的新型连接过渡段结构。项目竣工投产以来,经过长期的监测表明,取水明渠和泵房前池连接过渡段结构的沉降和位移均在允许范围以内,连接过渡段的设计应用达到了预期的效果。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国水利行业标准化协会. 水工挡土墙设计规划规范: SL 379—2007 [S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007. Water Conservancy Industry Standardization Association of the People's Republic of China. Design specification for hydraulic retaining wall: SL 379—2007 [S]. Beijing: China Water Resources and Hydropower Press, 2007.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑边坡工程技术规范: GB 50330—2013 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013. Ministry of Housing and Urban-rural Development of the People's Republic of China. Technical specification for construction slope engineering: GB 50330—2013 [S]. Beijing: China Building Industry Press, 2013.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑地基基础设计规范: GB 50007—2011 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011. Ministry of Housing and Urban-rural Development of the People's Republic of China. Code for design of building foundation: GB 50007—2011 [S]. Beijing: China Building Industry Press, 2011.

- [4] 宋军涛. 锚索式肋柱挡土墙在永久边坡支护中的应用[J]. 应用与实践, 2017(5): 239. SONG J T. Application of anchor cable ribbed retaining wall in permanent slope support [J]. Application and Practice, 2017 (5): 239.
- [5] 白永生. 一种新型复合挡土墙在济南奥体中心网球馆中的应用[J]. 山东大学学报(工学版), 2008(1): 84-89. BAI Y S. The application of a new type of compound retaining wall in tennis hall of Jinan olympic sports center [J]. Journal of Shandong University(Engineering), 2008(1): 84-89.

#### 作者简介:



HUANG W H

#### 黄文贺(通信作者)

1984-, 男, 江西吉安人, 教授级高级工程师, 一级建造师, 硕士, MBA, 主要从事电力工程、建筑工程和市政工程的项目管理工作(e-mail) huangwenhe @gedi. com. cn.

#### 郝迪

1988-, 女, 吉林长春人, 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司工程师, 史蒂文斯理工学院海洋工程硕士, 主要从事电厂水工结构研究及设计(e-mail) haodi @gedi. com. cn.

#### 钟香兰

1979-, 女, 广东江门人, 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司教授级高级工程师, 天津大学港口与海岸工程学士, 主要从事电厂水工结构研究及设计(e-mail) zhongxianglan @gedi. com. cn.

(责任编辑 郑文棠)

