

小浪底工程进水塔施工特点分析

梁建林 张梦宇

(黄河水利职业技术学院 开封 475001)

摘 要 小浪底工程的进水塔是由16条引水洞组成的目前世界上最大、结构最复杂的塔群,它担负着小浪底枢纽的泄洪、发电、排沙、灌溉的控泄任务。进水塔施工采用了世界上先进的ROTEC砼浇筑系统,从而使施工方法大大简化,提高了施工强度,保证了施工进度,为我国今后大体积砼施工的施工组织、施工管理和施工方法提供了可资借鉴的宝贵经验。

关键词 进水塔 施工方法 ROTEC系统 温控

中图分类号:TV671

Analysis on the Construction Characteristics of the Intake Towers of Xiao Langdi Project

Lian Jianlin Zhang Mengyu

Abstract The intake towers of Xiao Langdi Project are the largest and most complex ones in the world, which consist of 16 intake tunnels and is charged with the tasks such as flood-relief, power generation, drainage of sediment and irrigation of Xiao Langdi Multi-purpose Dam. The advanced ROTEC concrete placement system is used in the construction of the intake tower, therefore, the construction method is greatly simplified, the construction strength is improved, and construction the speed is assured. This method also offers valuable experience for the construction management and method of the future mass concrete construction in our country.

Key words intake tower construction method ROTEC system temperature control

1 工程概况

小浪底工程进水塔群位于枢纽上游左岸的风雨沟内,呈一字形排开,进水塔共10座,自左向右为:灌溉塔、3号明流塔、3号发电塔、3号孔板塔、2号明流塔、2号发电塔、2号孔板塔、1号发电塔、1号孔板塔、1号明流塔。进水塔前缘长度276.4m,最大厚度60m,高113m,砼总方量86.383万 m^3 ,塔前平台高程175m,塔顶高程283m(如图1所示)。

在高程185~200m之间,有两层贯通1号孔板塔到3号发电塔的交通廊道,发电塔内设有楼梯井和电梯井,其它塔内均有楼梯井作垂直交通通道。在高程195m以下,除明流塔为实体

砼外,其余均为板墩墙、水流通道、塔井廊道结构。整个塔体虽属大体积砼结构,但钢筋稠密,各种预埋件、管道、观测仪器、电器设备、闸门槽埋件等较多,结构复杂,除基础部分砼为 C15,其它部位均采用 C25 砼。

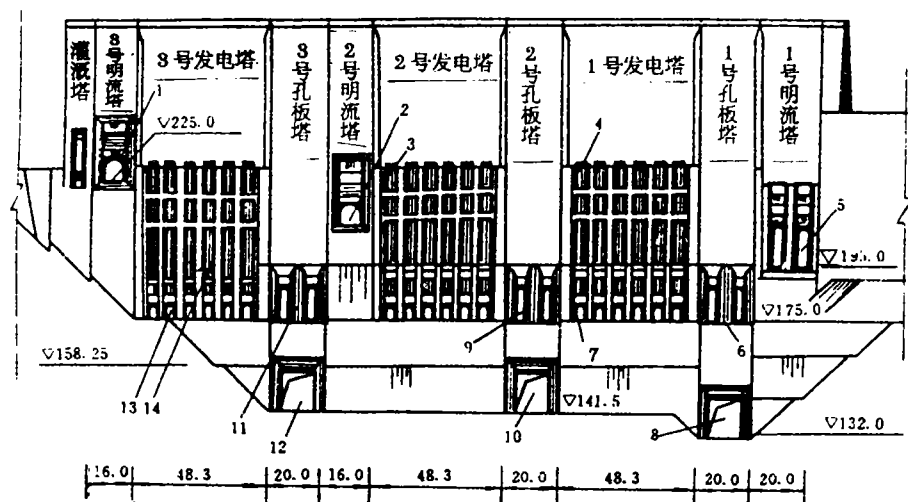


图1 进水塔上游立视图(单位: m)

1-3号明流洞进口; 2-2号明流洞进口; 3-3号、4号发电洞进口; 4-1号、2号发电洞进口;
5-1号明流洞进口; 6-1号孔板洞进口; 7-1号排沙洞进口; 8-1号导流洞进口; 9-2号孔板洞进口;
10-2号导流洞进口; 11-3号孔板洞进口; 12-3号导流洞进口; 13-3号排沙洞进口; 14-5号、6号发电洞进口

进水塔由二标承包商中德意联营体(CGIC)承担施工任务。CGIC在小浪底工程的三个土建标中占的比例最大,而且是枢纽总进度关键线路上的工程,进水塔按合同要求应提前在2001年12月31日前完工,从1996年9月开工,按工程进度安排到1999年2月,除灌溉塔个别仓块外,其它均要浇至283m高程,1999年9月底完成全部砼浇筑工作,总工期37个月,平均砼浇筑强度2.35万 $\text{m}^3/\text{月}$,高峰浇筑强度5.3万 $\text{m}^3/\text{月}$,施工不均匀系数1.86,从施工强度上看是均衡的。进水塔是否能如期按进度要求完成是整个枢纽能否按期发挥效益的关键。

2 施工特点

2.1 先进的施工设备

CGIC在进水塔砼施工中为了保证施工进度,采用了世界上最先进的施工设备,为工程的顺利施工奠定了基础。

砼拌和系统采用美国JOHNSON拌和楼,砼拌和的监测、称量、拌和、取样、卸料均自动化,由计算机对砼拌和的全过程进行自动化控制,生产能力200 m^3/h ,月产量6万 m^3 。

砼运输租赁美国ROTEC公司的运输系统,该系统居世界领先地位。小浪底工程是国内首次使用ROTEC系统的工程。还采用了性能优良的滚筒式砼搅拌运输车,型号为ROTEC RO-MAX容量10.7 m^3 ,功率为300HP。砼运输车为型号ROTEC BIG DOG EM7-300,容量15 m^3 ,功率300HP的滚轴卸料式车。另外还采用了运量大,性能优良的砼皮带输送机,长约300m,最大输送能力6.67 m^3/min 。

砼浇筑设备租用 ROTEC 公司的胎带机和塔带机。胎带机一种为 AM40-10 型胎带式喂料机,主要用来为另一种 CC200-24 型轮胎式皮带机喂料。AM40-10 型最大送料强度 $4.5\text{m}^3/\text{min}$,把运来的砼卸入 8m^3 的料斗内,然后输给轮胎式皮带机,CC200-24 型胎式皮带机由 1 台 Rt900 型汽车吊、伸缩式皮带机和进料皮带组成。皮带机可直接伸入浇筑仓内下料,也可根据仓面大小、远近、高低,进行伸缩、转动、上仰下倾。其最大浇筑强度 $7.6\text{m}^3/\text{min}$,最大控制长度 61m 。

塔带机型号为 TC1875,由塔带和塔吊两部分组成,塔带由 2 台宽度 762mm 的皮带机铰接而成,受料平台与其中一台皮带机一端铰接,并通过绳索与液压绞车相连,转动范围 270° 。另一台皮带机一端伸入浇筑仓内布料,转动范围 360° ,最大控制长度 85m ,最大浇筑强度 $6.5\text{m}^3/\text{min}$,不浇筑时塔带机可作起重塔吊,最大起重量 25t ,最大工作半径 75m ,吊钩最大起吊高度 108.8m 。

模板系统是砼浇筑的关键,模板装拆的方便与否直接影响砼施工进度,CGIC 采用了德国 DOKA 公司生产的 DOKA 模板,该模板由模压木面板、钢支撑、工作平台、修补平台、承重支架、交通梯等系列组合件配套而成。沿砼壁面爬升采用预埋爬升锥悬挂支撑,通过斜撑上的紧松螺栓可任意调整板面角度,适合各种复杂的结构体型。模板构件的组装均采用销键,拆装简便快捷,比传统用的组合钢模板可提高工效 1 倍,而且成型后的砼表面光洁。

施工用的模板工具、钢材等物料的吊运,除靠塔带机吊运外,另有 4 台利波海尔塔吊完成,其中 1 台为 300EC-H 型,另外 3 台为 200EC-H 型,最大控制半径分别为 60m 和 50m 。

2.2 合理的设备布置

左岸在坝址下游的施工辅助企业经 8 号公路到风雨沟内的 6 号公路,在 6 号公路旁布置了 1 座砼拌和楼,地面高程 2.5m ,出料高程 210m 左右,基本和进水塔高度的中心高程相吻合,距进水塔直线距离 400m 左右,经 6 号公路可到高程 175m 平台。砼可通过皮带机直接入仓,也可以用砼搅拌车运输,交通便利,并且对砼运输过程中的质量问题没有影响(如图 2 所示)

砼浇筑设备要根据工程进度、设备性能、结构特点综合考虑布置,根据拌和楼的出料高程,浇筑设备的布置大体分两个阶段。

第一阶段:高程 230m 以下,浇筑高程 171m 至高程 180m 之间的砼,在塔前高程 175m 平台上布置 1 台 ROTEC 胎带机,其上料流程为:砼搅拌车或砼运输车 $\rightarrow$ AM40-10 胎带机 $\rightarrow$ CC200-24 胎带机 $\rightarrow$ 浇筑仓。浇筑高程 180m 至 230m 高程的砼,在塔前高程 175m 平台上布置 2 台 ROTEC 塔带机,共用一个轨道,一台在 1 号发电塔前,一台布置在 3 号孔板塔前,由砼输送带从拌和楼直接供料。另外在灌溉塔前布置一台胎带机,基本上覆盖了进水塔高程 230m 以下的空间。

第二个阶段:高程 230m 到塔项高程 283m 。拆除高程 175m 平台上 1 号发电塔前的 1 台塔带机,移至塔后填渣的高程 230m 平台上。3 号孔板塔前的 ROTEC 塔带机仍然可以浇筑 $230\text{m} \sim 250\text{m}$ 高程砼,浇完后拆除该塔带机,此时塔后高程 230m 平台上的塔带机浇筑高程 $250\text{m} \sim 260\text{m}$ 砼,高程 265m 以上的砼,利用该塔带机的吊臂,吊 9m^3 的立罐进行浇筑,直至设计高程。该阶段均用 4-5 台 14m^3 的敞口 ROTEC 砼运输车运送砼。

考虑到物料吊运,模板安拆等,避免对塔带机和胎带机产生干扰,在 1、2、3 号发电塔和 1 号明流塔筒内布置了 4 台塔吊进行高程 230m 以下的吊装。在高程 230m 以上将 3 个发电塔内的塔吊布置在高程 230m 的砼面板上,1 号明流塔内的塔吊移至高程 215m 的结构层上。

2.3 高效的施工方法

为了保证特殊季节砼施工的质量,根据小浪底地区的气候特点,夏季为防止砼由于水化升温产生裂缝,要对骨料进行预冷,如用冷水喷淋骨料。在配料楼内通入 16°C 以下的冷风,拌和时每 m^3 砼加入 $65\sim 75\text{kg}$ 片冰并加冷水拌和,对水泥进行温度控制让其温度不高于 60°C ,保证拌和楼出口的温度不超过 13°C 。另外在结构内部预埋冷却钢管进行冷却。

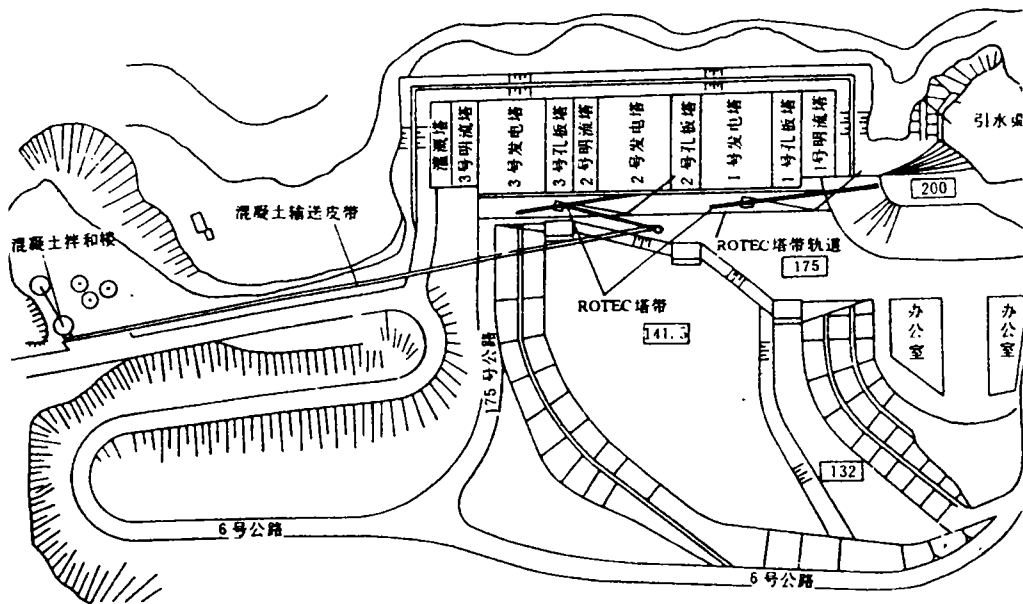


图2 进水塔施工总平面布置

根据小浪底地区冬季气温低的特点,为保证冬季枯水期施工以利于施工度汛,防止由于砼内外温差过大产生裂缝,冬季施工采取了砼浇筑前对仓面吹热风保证仓面温度适宜。浇筑后用一层麻布一层乙烷泡沫覆盖的方法,使整个养护期砼表面温度不低于 5°C 。采用这种最经济的蓄热法养护,有效地保证了砼施工质量。

根据结构特点、浇筑能力,在满足温控要求的条件下尽量减少分块数量,尽量根据结构缝分缝,分缝尽量避开结构复杂部位,筑块厚度在 $1.5\sim 3.0\text{m}$ 之间,共将进水塔分为1330个仓块。

浇筑时尽量保证三个发电塔关键工程的施工进度一致,根据现场条件和设备布置情况采用不同的浇筑方法。

2.4 严密的施工组织

在进度安排上根据现场条件和施工度汛要求首先完成1号明流塔,然后向左依次完成1号孔板塔、1号发电塔、2号孔板塔、2号发电塔、2号明流塔、3号孔板塔、3号发电塔、灌溉塔,最后完成3号明流塔。因为1号明流塔完成后可利用1号桥上的400t门式起重机安装。1998年汛期洪水位要超过高程175m平台,这时用叠梁封堵低进水口的排沙洞和孔板洞口,根据水文情况采取相应的防水措施,1999年以后随着大坝施工高程增加,塔机完全拆离高程175m平台,移至塔后高程230m平台进行施工。

3 结论

通过对小浪底工程进水塔施工特点的分析,其施工方法、设备、组织模式对今后我国大体积、高结构砼施工都有可借鉴之处;并且为我国今后建设砼高坝提供了宝贵的经验。

3.1 设备的先进性是进水塔施工的突出特点。正是由于采用了先进的设备使整个施工方法大大简化,保证了施工进度、保证了施工质量、节省了工程投资,所以施工方案的选择应首先考虑设备的选择。

3.2 进水塔施工设备少而精,在设备数量的选取上考虑了进度安排和结构的浇筑强度,以避免设备的浪费或闲置。

3.3 设备的布置因地制宜,设备布置与施工方法紧密结合,使施工更加方便。对于砼施工设备布置、施工方法、组织方式,一要考虑工程结构特点,二要考虑现场条件,三要考虑设备能力,四要考虑温控要求。

3.4 ROTEC 系统特别适用于大体积砼浇筑,特别是含筋量少,使用机械振捣配合,砼供料及时的工程。在进水塔施工中,ROTEC 系统的实际浇筑能力低于本身的能力,主要是进水塔结构复杂,仓号较小,含筋量大,人工振捣及供料不及时等影响所致。

3.5 皮带输送机配合 ROTEC 系统,生产效率高。但高空架设皮带机,导致砼输送过程中气温对砼的影响较大,势必给温控造成困难,应探索采用保温遮阳措施。

3.6 高程 175m 平台的设置为工程施工提供了方便。在进水口土石方开挖时,考虑到洞群如蜂窝煤状的立面布置和导流要求,在三条导流洞之上开挖高程 175m 平台,它既是进水塔的塔基,又是设备和料场布置的主要平台。

3.7 充分利用现有施工建筑物结构和先前施工完毕的结构面,为后续施工提供方便,是进水塔施工组织周密、科学的可鉴之处。高程 230m 以上砼浇筑利用塔后堆渣形成的高程 230m 平台布置设备。前期塔吊布置在结构间。后期布置在结构面上。1 号明流塔的完成为以后各塔的施工创造吊装条件。这些组织措施为工程的顺利施工提供了方便。

本文在写作过程中,得到了小浪底工程建设管理局焦景林总经济师的指导,在此表示感谢。

参 考 文 献

水利电力部水利水电建设总局.水利水电工程施工组织设计手册.第二卷.施工技术.水力电力出版社,1986

[责任编辑 杨道富]