



国网新源控股有限公司 抽水蓄能电站工程施工工艺 示范手册 (2019年版)

土建分册

国网新源控股有限公司基建部 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

国网新源控股有限公司 抽水蓄能电站工程施工工艺 示范手册 (2019年版)

土建分册

国网新源控股有限公司基建部 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

·北京·

内 容 提 要

为进一步提高抽水蓄能电站工程建设施工质量水平,不断提升抽水蓄能电站建设整体技术管理水平和施工工艺标准化程度,国网新源控股有限公司基建部总结近年来的施工工艺新成果,组织编写了这本施工工艺示范手册。本书主要内容包含抽水蓄能电站建设工程 33 项施工工艺内容,可供从事抽水蓄能电站建设的施工人员、技术人员和管理人员借鉴参考。

图书在版编目(CIP)数据

国网新源控股有限公司抽水蓄能电站工程施工工艺示范手册:2019年版. 土建分册 / 国网新源控股有限公司基建部主编. — 北京:中国水利水电出版社,2019.12
ISBN 978-7-5170-8244-6

I. ①国… II. ①国… III. ①抽水蓄能水电站—土木工程—工程施工—技术手册 IV. ①TV743-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第274983号

书 名	国网新源控股有限公司抽水蓄能电站工程施工工艺示范手册(2019年版) 土建分册 GUOWANG XINYUAN KONGGU YOUXIAN GONGSI CHOUHUI XUNENG DIANZHAN GONGCHENG
作 者	SHIGONG GONGYI SHIFAN SHOUCHE (2019 NIAN BAN) TUJIAN FENCE 国网新源控股有限公司基建部 主编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn
经 售	电话:(010) 68367658(营销中心) 北京科水图书销售中心(零售) 电话:(010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	天津嘉恒印务有限公司
规 格	210mm×285mm 16开本 14.75印张 487千字
版 次	2019年12月第1版 2019年12月第1次印刷
定 价	128.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

随着风电、太阳能发电等清洁能源大规模增长和高电压、大容量、远距离输变电及智能电网建设的快速发展，对电力系统的安全稳定经济运行提出了更高要求。在我国能源资源和电力消费分布不平衡的大环境下，抽水蓄能是当前以及今后相当长一段时期内促进清洁能源发展、确保电力系统安全可靠运行的有效手段。国网新能源控股有限公司抽水蓄能电站建设也因此步入快车道，迎来了一个工程建设高峰期，且在今后一段时期内保持一个较大的建设规模。

提升基建工程建设质量，确保工程本质安全，是工程建设永恒的课题。近年，抽水蓄能电站建设相关的国家标准及水电行业规程规范更新较多，一些施工方法、施工装备、质量检测与控制手段等施工工艺技术有了新的发展和进步。随着工程建设质量管理智能化、施工机械化水平持续提高，抽水蓄能电站参建各方积极应用“四新”成果并不断创新发展，涌现了一批新的施工工艺。如：采用 TR3000 反井钻机成功完成了 400m 级长斜井导井施工，降低安全风险，加快施工进度；锚杆钻机进行隧洞锚杆钻孔施工，保证了钻孔质量，提升工程施工效能，提高支护施工质量；抽水蓄能电站数字化大坝系统普遍得到了应用，大坝填筑质量控制实现了数字化、智能化控制，提高了大坝填筑的工程质量。为提升工程实体质量，加强技术过程管控，保证施工工艺适用性，促进管理及技术人员能力提升，国网新能源控股有限公司在原“抽水蓄能电站工程施工工艺示范手册（内部使用版）”的基础上，组织开展了增补、修订工作，总结近年来的施工工艺新成果，形成本版《国网新能源控股有限公司抽水蓄能电站工程施工工艺示范手册》，以下简称《示范手册》。

第 1 章~第 8 章为本次修订内容，包含岩壁吊车梁、平洞开挖、锚喷支护、堆石坝坝体填筑、斜井开挖、平洞衬砌混凝土、进出水口混凝土、沟盖板 8 项施工工艺。每章节按照适用范围、施工程序、工艺说明与工艺要求、WHS 质量控制点、质量检查与验收、相关标准 6 个部分进行编写。与原“抽水蓄能电站工程施工工艺示范手册（内部使用版）”相比，将原“岩壁梁岩台开挖施工工艺”与“地下厂房钢筋混凝土岩壁梁施工工艺”合并为岩壁吊车梁施工工艺。本次的结构修改主要为：将“工艺流程说明及主要质量控制要点”修改为“工艺说明与工艺要求”并重新修编；将“主要质量控制要点”修改为“工艺质量安全要点”并重新修编；增加了“WHS 质量控制点”；将“质量检查与验收”作为一节，新增了质量检测相关要求；将“主要引用标准”修改为“相关标准”，补充并更新了相关技术标准；各章节新增了相关施工工艺流程图及施工案例图片，更加形象生动，具有较强的可操作性。

本《示范手册》由国网新能源控股有限公司基建部组织修编。

参加编写单位：国网新能源控股有限公司技术中心、山东文登抽水蓄能有限公司、安徽绩溪抽水蓄能有限公司、北京易用视点科技有限公司。

本《示范手册》主要编写人：潘福营、王凯、王小军、王敏涛、凌超、王伟、胡紫航、温家华、杨雷、方均、任世英、曾锋荣、周喜军、魏生平、许力。

本《示范手册》主要审查人：路振刚、黄悦照、王洪玉、宫奎、朱安平、李富春、黄祖光、何少云、刘生智。

限于编者水平及掌握素材有限，文中不足之处敬请读者指正。编写及审查过程中得到了抽水蓄能行业内有关单位专家的大力支持，在此一并表示感谢。

编者
2019 年 5 月

目 录

前言	
第1章 岩壁吊车梁施工工艺	1
1.1 适用范围	1
1.2 施工程序	1
1.3 工艺说明与工艺要求	1
1.4 WHS 质量控制点	16
1.5 质量检查与验收	17
1.6 相关标准	20
第2章 平洞开挖及支护施工工艺	21
2.1 适用范围	21
2.2 施工程序	21
2.3 工艺说明与工艺要求	21
2.4 WHS 质量控制点	32
2.5 质量检查与验收	32
2.6 相关标准	33
第3章 锚喷支护施工工艺	34
3.1 适用范围	34
3.2 施工程序	34
3.3 工艺说明与工艺要求	35
3.4 WHS 质量控制点	41
3.5 质量检查与验收	42
3.6 相关标准	44
第4章 堆石坝坝体填筑施工工艺	45
4.1 适用范围	45
4.2 施工程序	45
4.3 工艺说明与工艺要求	45
4.4 WHS 质量控制点	54
4.5 质量检查与验收	54
4.6 相关标准	55
第5章 斜井开挖施工工艺	56
5.1 适用范围	56
5.2 施工程序	56
5.3 工艺说明与工艺要求	56
5.4 WHS 质量控制点	64
5.5 质量检查与验收	65
5.6 相关标准	66
第6章 平洞衬砌混凝土施工工艺	67
6.1 适用范围	67
6.2 施工程序	67
6.3 工艺说明与工艺要求	68
6.4 WHS 质量控制点	76
6.5 质量检查与验收	77
6.6 相关标准	79
第7章 进出水口混凝土施工工艺	80
7.1 适用范围	80
7.2 施工程序	80
7.3 工艺说明与工艺要求	81
7.4 WHS 质量控制点	90
7.5 质量检查与验收	90
7.6 相关标准	91
第8章 沟盖板施工工艺	92
8.1 适用范围	92
8.2 施工程序	92
8.3 工艺说明与工艺要求	92
8.4 WHS 质量控制点	97
8.5 质量检查与验收	97
8.6 相关标准	98
第9章 明挖施工工艺	99
9.1 适用范围	99
9.2 施工流程	99
9.3 工艺流程说明及主要质量控制要点	99
9.4 示例图片	101
9.5 相关标准	101
第10章 坝基开挖及处理施工工艺	102
10.1 适用范围	102
10.2 施工流程	102
10.3 工艺流程说明及主要质量控制要点	102
10.4 示例图片	104
10.5 相关标准	104
第11章 趾板混凝土工程施工工艺	105
11.1 适用范围	105
11.2 施工流程	105
11.3 工艺流程说明及主要质量控制要点	105
11.4 示例图片	109

11.5	相关标准	110	18.1	斜井滑模混凝土衬砌施工工艺	134
第 12 章	混凝土面板工程施工工艺	111	18.2	竖井衬砌混凝土施工	137
12.1	适用范围	111	第 19 章	框架结构混凝土工程施工工艺	141
12.2	施工流程	111	19.1	适用范围	141
12.3	工艺流程说明及主要质量控制 要点	111	19.2	施工流程	141
12.4	示例图片	116	19.3	工艺流程说明及质量控制要点	141
12.5	相关标准	116	19.4	示例图片	147
第 13 章	面板接缝止水施工工艺	117	19.5	相关标准	147
13.1	适用范围	117	第 20 章	地下厂房蜗壳层以下混凝土工程 施工工艺	148
13.2	施工流程	117	20.1	适用范围	148
13.3	工艺流程说明及主要质量控制 要点	117	20.2	施工流程	148
13.4	示例图片	119	20.3	工艺流程说明及质量控制要点	148
13.5	相关标准	119	20.4	示例图片	156
第 14 章	坝前黏土铺盖施工工艺	120	20.5	相关标准	156
14.1	适用范围	120	第 21 章	钢管制作施工工艺	157
14.2	施工流程	120	21.1	适用范围	157
14.3	工艺流程说明及主要质量控制 要点	120	21.2	施工流程	157
14.4	相关标准	121	21.3	工艺流程说明及主要质量控制 要点	157
第 15 章	砌石施工工艺	122	21.4	示例图片	162
15.1	适用范围	122	21.5	相关标准	163
15.2	施工流程	122	第 22 章	钢管安装施工工艺	164
15.3	工艺流程说明及主要质量控制 要点	122	22.1	适用范围	164
15.4	示例图片	124	22.2	施工流程	164
15.5	相关标准	124	22.3	工艺流程说明及主要质量控制 要点	164
第 16 章	竖井开挖施工工艺	125	22.4	示例图片	168
16.1	适用范围	125	22.5	相关标准	168
16.2	施工流程	125	第 23 章	钢管段衬砌混凝土施工工艺	169
16.3	工艺流程说明及主要质量要求	125	23.1	适用范围	169
16.4	示例图片	127	23.2	施工流程	169
16.5	相关标准	128	23.3	工艺流程说明及主要质量控制 要点	169
第 17 章	预应力锚索支护施工工艺	129	23.4	示例图片	171
17.1	适用范围	129	23.5	相关标准	171
17.2	施工流程	129	第 24 章	钢筋混凝土防浪墙施工工艺	172
17.3	工艺流程说明及主要质量控制 要点	129	24.1	适用范围	172
17.4	示例图片	133	24.2	施工流程	172
17.5	相关标准	133	24.3	工艺流程说明及主要质量控制 要点	172
第 18 章	井式洞衬砌混凝土工程施工工艺	134	24.4	示例图片	176

24.5	相关标准	176	29.5	相关标准	206
第 25 章	水泥灌浆施工工艺	177	第 30 章	平面闸门安装施工工艺	207
25.1	回填灌浆施工工艺	177	30.1	适用范围	207
25.2	固结灌浆施工工艺	179	30.2	施工流程	207
25.3	帷幕灌浆施工工艺	181	30.3	工艺流程说明及主要质量控制 要点	207
第 26 章	钢筋混凝土电缆沟施工工艺	184	30.4	示例图片	210
26.1	适用范围	184	30.5	相关标准	211
26.2	施工流程	184	第 31 章	固定卷扬机启闭安装施工工艺	214
26.3	工艺流程说明及主要质量控制 要点	184	31.1	适用范围	214
26.4	示例图片	188	31.2	施工流程	214
26.5	相关标准	188	31.3	工艺流程说明及主要质量控制 要点	214
第 27 章	砖砌电缆沟施工工艺	189	31.4	示例图片	217
27.1	适用范围	189	31.5	相关标准	217
27.2	施工流程	189	第 32 章	液压启闭机安装施工工艺	218
27.3	工艺流程说明及主要质量要求	189	32.1	适用范围	218
27.4	示例图片	191	32.2	施工流程	218
27.5	相关标准	191	32.3	工艺流程说明及主要质量控制 要点	218
第 28 章	混凝土路面面层施工工艺	192	32.4	示例图片	221
28.1	适用范围	192	32.5	相关标准	221
28.2	施工流程	192	第 33 章	拦污栅安装施工工艺	222
28.3	工艺流程说明及主要质量控制 要点	192	33.1	适用范围	222
28.4	示例图片	195	33.2	施工流程	222
28.5	相关标准	195	33.3	工艺流程说明及主要质量控制 要点	222
第 29 章	建筑与装修工程施工工艺	196	33.4	示例图片	223
29.1	适用范围	196	33.5	相关标准	224
29.2	施工流程	196	附录	相关检验项目及技术指标	225
29.3	工艺流程说明及质量控制要点	196			
29.4	示例图片	206			

第 1 章 岩壁吊车梁施工工艺

1.1 适用范围

本工艺适用于抽水蓄能电站地下厂房岩壁吊车梁部位的爆破开挖、锚杆及混凝土施工。

1.2 施工程序

岩壁吊车梁施工程序一般如图 1-1 所示，主要包括：施工准备、预裂爆破、中部拉槽、保护层开挖、开挖验收、锚杆施工、混凝土施工、岩壁吊车梁保护。

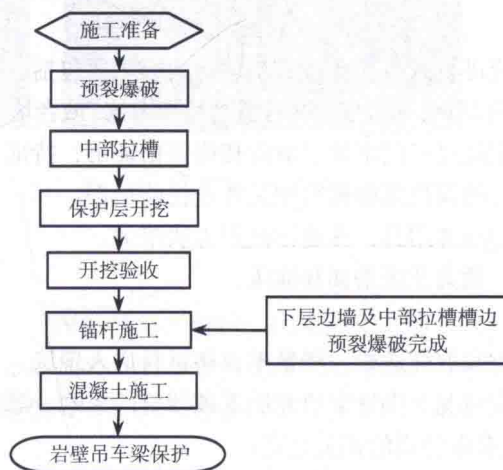


图 1-1 岩壁吊车梁施工程序

地下厂房岩壁吊车梁部位施工具有施工程序复杂，施工周期较长，质量标准要求高的特点，施工时应遵循下列原则：在岩壁吊车梁锚杆安装前，应对岩壁吊车梁下面第一层的岩体边墙及中部拉槽的槽边进行预裂，以防止预裂的飞石或者爆破冲击波对岩壁吊车梁锚杆造成破坏或损伤，以及在下层开挖时对岩壁吊车梁起到减振作用。

1.3 工艺说明与工艺要求

1.3.1 施工准备

1.3.1.1 技术准备

- (1) 设计单位应针对设计图纸及相关技术要求开展设计技术交底。
- (2) 熟悉和审核施工图纸，内容主要包括：
 - 1) 施工图纸是否完整齐全。

- 2) 施工图纸与其图纸说明在内容上是否一致，施工图纸及其各组成部分间有无矛盾和错误。
- 3) 地下厂房图与岩壁吊车梁细部结构图，在尺寸、坐标、标高和说明方面是否一致，技术要求是否明确。
- 4) 审查施工图纸设计与强制性条文的符合性。

(3) 钻爆工艺试验。

1) 岩壁吊车梁开挖前，应结合实际情况进行生产性钻爆工艺试验。确定岩壁吊车梁开挖合理的施工方法和钻爆参数。通过现场实际操作，培养和提高现场人员的施工技能，熟悉施工流程。

2) 岩壁吊车梁开挖时应进行爆破振动试验，以便在岩壁吊车梁下层开挖时，控制最大单响药量，使岩壁吊车梁部位爆破振动速度不大于 70mm/s，从而防止因爆破振动速度过大对岩壁吊车梁混凝土及结合面造成损伤。

(4) 岩壁吊车梁锚杆砂浆配合比试验、岩壁吊车梁混凝土配合比试验。

(5) 编制岩壁吊车梁开挖、锚杆、混凝土施工方案报监理审批，根据施工方案编制有针对性的作业指导书。

(6) 施工单位应对作业班组开展技术交底，内容主要包括：

- 1) 安全技术措施、风险状况、应急处置措施等。
- 2) 质量保证措施、质量标准、验收规范要求。
- 3) 项目进度计划和季度、月、周作业计划。
- 4) 水土保持和环境保护技术措施。

1.3.1.2 劳动力组织准备

(1) 岩壁吊车梁施工应安排有经验的作业队组进行，并根据施工进度计划、施工技术要求合理配备各工种作业人员。

(2) 岩壁吊车梁开挖施工前应进行人员安全教育培训，内容主要包括：

- 1) 对全体人员进行安全生产教育培训，未经安全生产教育培训考核，或者培训考核不合格的人员不得上岗作业。
- 2) 特殊作业人员应按相关规定经过专门培训，取得相应资格证书，持证上岗。
- 3) 新进人员或作业人员转入新的岗位前应进行相关作业技能培训。
- 4) 为作业人员配置安全防护用品和用具，并进行使用方法培训。
- 5) 根据制定的应急处置措施、预案开展培训和演练。

1.3.1.3 工程材料准备

(1) 材料进场前进行检查验收和取样送检，严禁不合格材料进入现场。

(2) 根据当地爆破器材的供应情况及供货渠道开展爆破器材的采购。爆破器材的管理应符合国家、地方、国家电网有限公司、国网新源控股有限公司的相关规定。

(3) 施工前应根据制定的应急处置措施、预案等配备应急物资。

1.3.1.4 施工机具准备

(1) 岩壁吊车梁施工所需的机械设备。

- 1) 钻爆开挖机械设备：气腿式手风钻、装载机、挖掘机等，如图 1-2 所示。



气腿式手风钻



装载机



挖掘机

图 1-2 钻爆开挖机械设备

- 2) 锚杆施工机械设备：多臂凿岩台车、锚杆注浆机、湿喷台车等，如图 1-3 所示。



多臂凿岩台车



锚杆注浆机



湿喷台车

图 1-3 锚杆施工机械设备

3) 混凝土施工机械设备: 锯木机、钢筋调直机、切断机、弯曲机、弯拱机、电焊机、混凝土拌和运输车、吊罐、汽车吊、小直径插入式振捣器等。

4) 风、水、电供应机械设备: 发电机、空气压缩机、水泵等, 如图 1-4 所示。



发电机



空气压缩机



水泵

图 1-4 风、水、电供应机械设备

5) 测量设备: 全站仪。

6) 爆破振动测试设备等。

(2) 应配备污染少、能效高、工况好的施工机械, 优先选择电动、风动、液压传动机械。

(3) 洞内使用柴油发动机设备应加装消烟净化装置并加强通风; 不得使用汽油发动机设备。

(4) 施工中的关键机械, 如运输设备、支护设备、空气压缩机、水泵等应有备用数量。

1.3.1.5 现场准备

(1) 根据监理单位审批的施工方案提前做好准备工作, 确保现场施工供排水、电通、道路通畅、通信通畅。

(2) 施工通风与除尘、辅助工程等相关技术要求应按《水工建筑物地下工程开挖施工技术规范》DL/T 5099 的规定执行。

(3) 现场安全文明施工设施应按照《抽水蓄能电站工程安全文明施工导则》Q/GDW 11586 的规定执行。

1.3.2 岩壁吊车梁开挖

岩壁吊车梁开挖施工程序(不包括上层开挖及本层中部拉槽开挖)如图 1-5 所示, 主要包括: 上层边墙欠挖检查及处理、岩台保护层①区开挖及④区垂直光爆孔造孔、岩台保护层②区开挖、岩台保护层③区开挖、地质素描及岩面基础验收、锁口锚杆和角钢防护施工、下拐点以下系统支护、岩台④区开挖。其中锁口锚杆、角钢防护施工用于有地质缺陷的部位, 地质条件较好的部位可以省去此工序。

1.3.2.1 工艺流程

岩壁吊车梁①~④区开挖施工工艺流程如图 1-6 所示, 主要包括爆破参数设计、测量放线、样架施工、样架检查验收、钻孔施工、验孔、样架拆除、装药爆破、出渣清底、爆破效果检查。

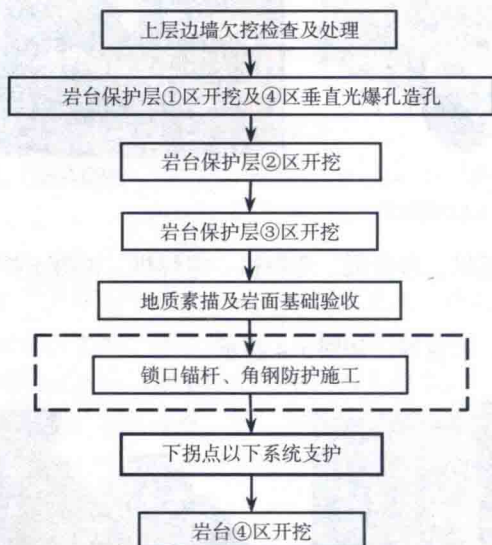


图 1-5 岩壁吊车梁开挖施工程序

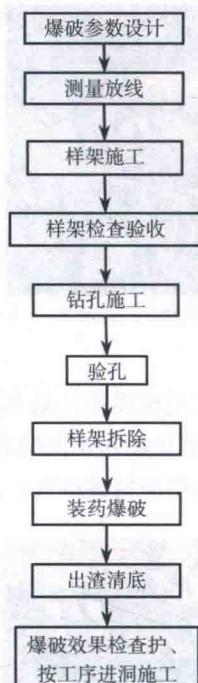


图 1-6 岩壁吊车梁①~④区开挖施工工艺流程

1.3.2.2 工艺质量安全要点

(1) 岩壁吊车梁开挖通常按图 1-7 所示分段、分层、分区采取流水作业方式进行，主要应满足以下技术要求：

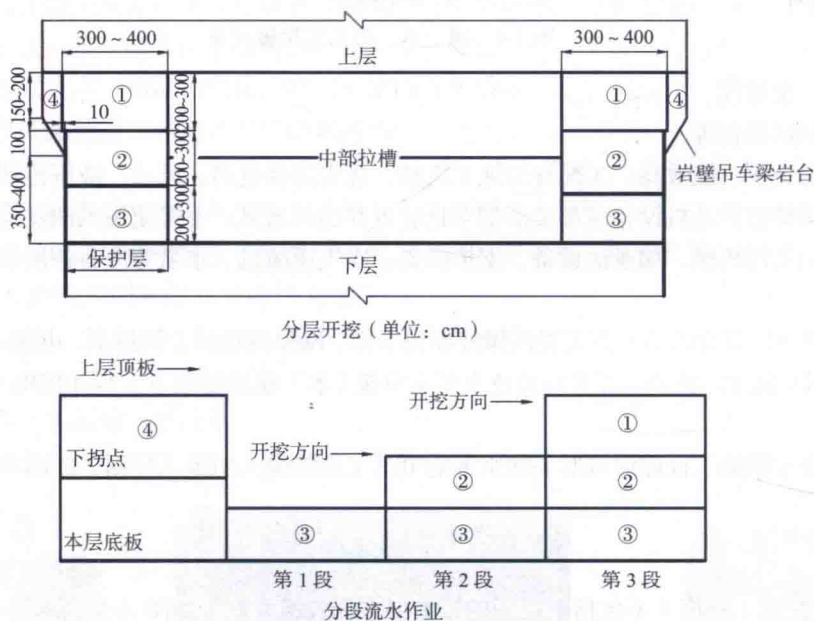


图 1-7 岩壁吊车梁分段、分层、分区作业方式

- 1) 岩壁吊车梁上拐点以上保护层高度一般为 1.5 ~ 2m。
- 2) 岩壁吊车梁下拐点以下开挖高度宜为 3.5 ~ 4m，底板开挖高程的确定应结合台车造孔、锚杆安装和混凝土浇筑等综合考虑。
- 3) 岩壁吊车梁保护层①、②、③区开挖分层高度不宜大于 3m，以保证造孔精度满足设计要求。
- 4) 岩壁吊车梁保护层②区底板距下拐点高度不宜小于 1m，以减少②区爆破对下拐点的损伤。
- 5) 岩壁吊车梁保护层宽度宜为 2 ~ 4m。

6) 中部主爆区与两侧预留保护层间应先预裂, 两侧预留保护层, 岩体开挖在中部主爆区开挖推进 30m 后进行。

7) 保护层开挖分段长度一般为 15~20m, 当遇到岩石破碎带、块体或断层部位时, 分段长度可适当调整。

8) 为避免相邻两段在进行前段开挖时对后段岩面和光爆孔的破坏, 应针对两段相交部位采取适当的控制保护措施。下列两种措施可供参考:

a) ①、②、③区, 在两段相交处采取光爆控制, 靠近垂直光爆孔 1.5m 范围内光爆孔孔距按 50cm 布置, 其余靠近中部拉槽侧按 80cm 布置, 后挖段预钻 2m 范围的空孔不装药, 如图 1-8 所示。

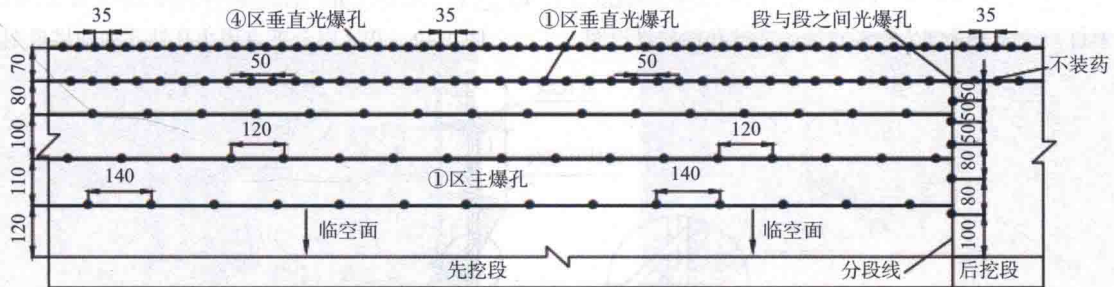


图 1-8 段与段之间爆破控制图 (单位: cm)

b) 爆破段交接部位以及主厂房与副厂房交接部位采用垂直厂横方向钻竖直孔, 孔距为 30cm, 以避免由于端部掀动破坏, 影响开挖质量。交接部位爆破孔如图 1-9 所示。

(2) 开挖施工过程中的工艺要点主要有周边孔布置、测量放线、样架搭设、周边孔造孔、装药爆破、下拐点保护等。

1) 周边孔孔位布置宜按下列原则进行, 岩壁吊车梁光爆孔造孔控制如图 1-10 所示。

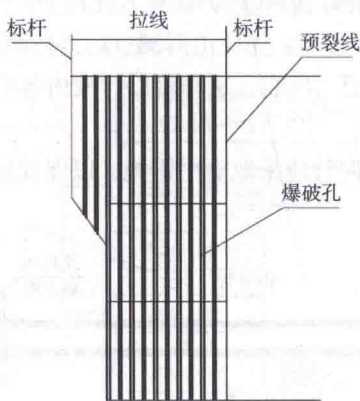


图 1-9 交接部位爆破孔示意图

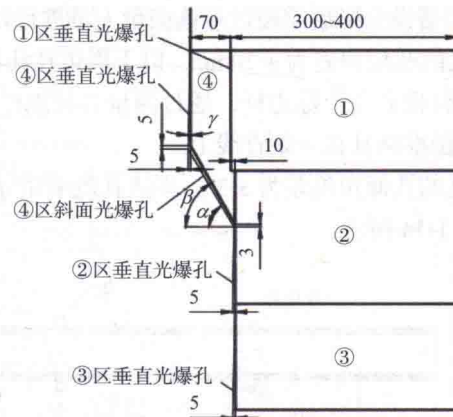


图 1-10 岩壁吊车梁光爆孔造孔控制图 (单位: cm)

a) ②区、③区、④区开挖周边光爆孔宜较①区适当加密布置。下列参数可供参考: ①区开挖周边光爆孔布置一般间距为 50cm, ②区、③区、④区开挖周边光爆孔布置一般间距为 30cm。

b) ①区开挖周边孔布置时应考虑为②区开挖预留操作空间, 垂直布孔; ②区、③区垂直光爆孔布置按孔底向岩壁内侧超挖 5~8cm 控制, 以便下层开孔。

c) ④区垂直光爆孔布置时, 上拐点按向岩壁内侧超挖 5cm, 并向下超挖 5cm 控制。④区斜面光爆孔布置时, 宜低于设计边线 3cm, 以确保爆破成型面为设计岩台斜面, 不出现欠挖。

2) 测量放样内容应包括样架定位点、所有周边孔的开孔点。

3) 放样点位应进行明显标识, 放样过程现场技术人员应全程参与。

4) 样架一般采用钢管排架搭设。样架主要有垂直孔样架、斜孔样架两种, 其中垂直孔样架如图 1-11、图 1-12 所示, 斜孔样架如图 1-13 所示。

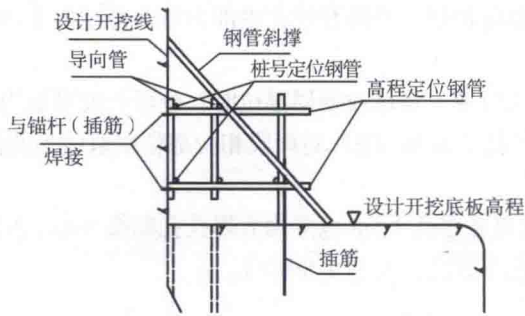


图 1-11 ②区及④区岩台垂直周边孔钻孔样架搭设图

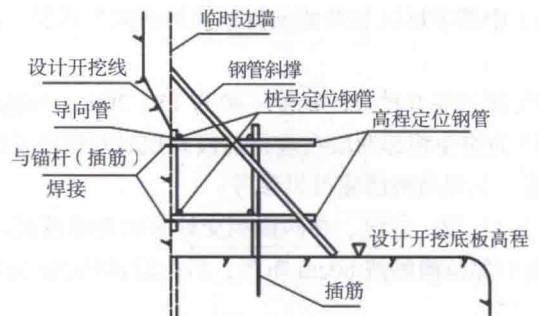


图 1-12 ③区岩台垂直周边孔钻孔样架搭设图

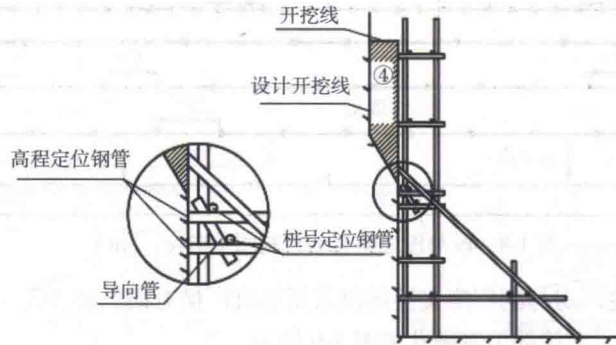


图 1-13 ④区岩台斜面周边孔钻孔样架搭设图

5) 样架杆件的设置和连接应牢固稳定，样架与基础面及边墙应连接可靠，以确保在钻进过程中不出现轻微晃动、偏移等影响钻孔位置、角度的现象。

6) 样架搭设完毕后需经过专业测量人员进行校核及质量管理部门验收后方可投入使用。

7) 钻孔的孔位偏差为 $\pm 20\text{mm}$ 。以下周边孔孔位控制方法可供参考：先放出两端点后，进行两端孔钻孔施工，在端孔检查合格后立上标志杆，通过测量对标志杆进行复核、标记、拉线，这样可以对段内各个孔位点进行校核。确保孔位准确且在一条直线上。

8) 钻孔的孔倾角偏差为 $\pm 3^\circ$ ，周边孔应采用导向管施工。导向管应采取对中措施，以保证钻杆居中，导向管结构如图 1-14 所示。

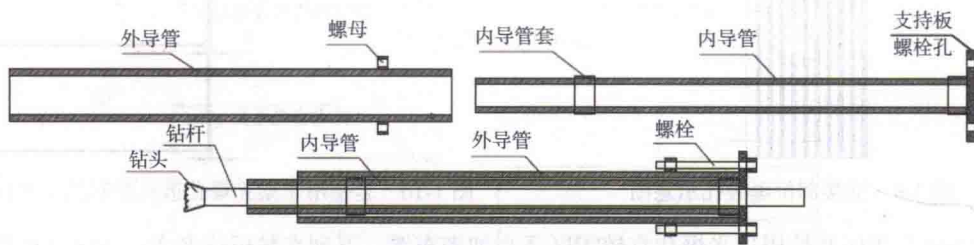


图 1-14 导向管结构示意图

9) 钻孔孔深控制和孔深检查宜采取下列措施：

a) 孔深控制宜根据各区开挖深度确定最终入导向管的长度，并在钻杆上标记控制，钻进过程中，当钻杆标记与钢管上口边沿重合时，即认为已达到设计孔深。

b) 深度检查宜采用以 15m 为一段的两端孔立上标志杆，在岩壁吊车梁台上方 50~100cm 处注上标记、拉线，然后量测的方法。

10) ④区垂直光爆孔钻孔完成后应及时插入 PVC 管进行防护，防止在后续开挖爆破时出现塌孔、堵孔的情况。

11) 应严格控制一次起爆药量，确保岩壁成型，保证岩壁的完整和稳定，尽量减小由于爆破而产生的岩石松动范围。

12) 实际开挖过程中应根据揭露的地质情况及时对爆破参数进行优化调整。

13) 光爆孔插药入孔时应注意药卷的方向, 竹片靠洞室轮廓线一侧, 药卷朝向最小抵抗线方向。

14) 爆破孔采用黏土或细砂袋进行炮孔的堵塞, 堵塞长度不小于炸药的最小抵抗线。

15) 当岩台下拐点部位岩体较为破碎, 节理、裂隙等较发育时, 应在④区爆破施工前采取锁口加固措施, 以保证岩台的成型质量。

16) 岩壁不应欠挖, 超挖不应大于 150mm, 岩壁角偏差不应超过 3° 。

1.3.2.3 示例图片

岩壁吊车梁斜孔钻孔样架如图 1-15 所示, 岩壁吊车梁光爆效果如图 1-16 所示。



图 1-15 岩壁吊车梁斜孔钻孔样架



图 1-16 岩壁吊车梁光爆效果

1.3.3 岩壁吊车梁锚杆施工

1.3.3.1 工艺流程

岩壁吊车梁锚杆施工工艺流程如图 1-17 所示, 主要包括施工准备、测量锚杆孔位、多臂凿岩台车钻孔、清孔、验孔、锚杆安装、质量验收。

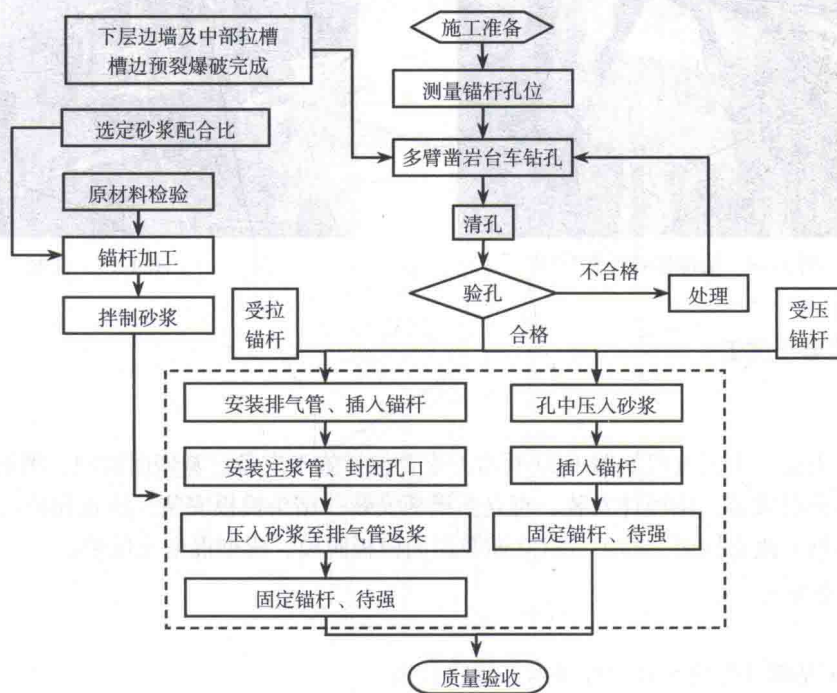


图 1-17 锚杆施工流程

1.3.3.2 工艺质量安全要点

- (1) 岩壁吊车梁锚杆孔位测量放样应根据设计图纸及开挖形成的超挖和欠挖实际情况计算确定，并做出标示。
- (2) 岩壁吊车梁锚杆孔位偏差不大于 50mm，锚杆方向角偏差不大于 2°。
- (3) 岩壁吊车梁锚杆应按 100%锚杆量对锚杆注浆饱满度和锚杆入岩长度进行无损检测，锚杆的注浆饱满度不应小于 90%，锚杆实际入岩长度应不小于设计入岩长度的 98%，且不足长度不超过 20cm。
- (4) 岩壁吊车梁锚杆造孔应采用多臂凿岩台车进行。
- (5) 锚杆钻孔孔径应大于锚杆直径 40mm，以保证杆体水泥砂浆保护层厚度不小于 20mm。
- (6) 锚杆体材料应满足设计要求，并应通长制作，不得采用接头，也不得与其他构件焊接。
- (7) 锚杆体上应附有居中隔离架，保证浆体的保护层厚度，增强其抗腐蚀能力，隔离架间距应不大于 2m。
- (8) 向钻孔安放锚杆杆体前，应用高压水或压缩空气冲洗钻孔，将孔内积水、岩粉、土屑、石渣吹干净。
- (9) 受压锚杆宜采用“先注浆后安装锚杆”工艺，受拉锚杆宜采用“先安装锚杆后注浆”工艺。对于受压锚杆应将注浆管插到距孔底 50~100mm 处，注浆管随浆液的注入缓慢匀速拔出，使孔内填满浆体；对于受拉锚杆应有延伸到距孔底 50~100mm 的排气管，孔口应设置止浆器，位于孔口的注浆管插入锚杆孔内的长度不宜小于 200mm，注浆应待排气管出浆时方可停止。
- (10) 锚杆孔注浆前应进行注浆试验，宜采用注浆压力不小于 5MPa 的注浆机全孔注浆；砂浆水灰比应根据试验确定，不应大于 0.45。
- (11) 锚杆正确安放就位后应立即在孔口采取固定措施，注浆体强度达到 70%设计强度前，不得晃动、敲击、碰撞或牵拉。

1.3.3.3 示例图片

钻锚杆孔如图 1-18 所示，注浆如图 1-19 所示。



图 1-18 钻锚杆孔



图 1-19 注浆

1.3.4 岩壁吊车梁混凝土施工

1.3.4.1 工艺流程

岩壁吊车梁混凝土施工工艺流程如图 1-20 所示，主要包括施工准备、基岩面清理、测量放线、排架搭设、斜面模板安装、梁体钢筋安装、预埋件安装、直立面模板安装、堵头模板安装、清仓和验收、混凝土拌制和运输、混凝土入仓和振捣、收仓抹面、养护、直立面及斜面模板脱模、成型混凝土保护。

1.3.4.2 工艺质量安全要点

1. 基岩面处理

- (1) 岩壁吊车梁基础开挖应符合设计要求并验收合格。
- (2) 岩基面应清除松动岩块和其他残留物。
- (3) 岩基面较光滑时，应进行凿毛处理。
- (4) 岩基面应用压力水清洗干净，不应有粉尘、油污，在浇筑混凝土前应保持岩基面清洁和湿润。

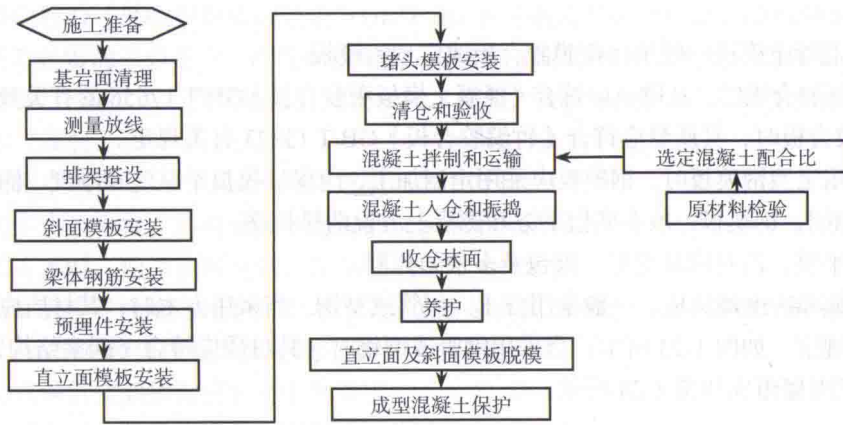


图 1-20 混凝土浇筑工艺流程

(5) 岩基面及周边部位有渗水时，应按设计要求予以处理。

(6) 岩基面有地质缺陷时，应按设计要求予以处理。

(7) 岩壁吊车梁浇筑分仓应结合岩壁梁伸缩缝布置、孔洞布置、岩壁梁混凝土施工相关规程规范及设计图纸要求进行。

2. 模板工程

(1) 概述。

1) 岩壁吊车梁混凝土模板一般由面板、围檩、型钢三角架、模板支架、拉筋、锚筋、支撑和连接件等组成，是用于承受新浇混凝土的自重、侧压力和施工过程中所产生的荷载受力结构。岩壁吊车梁模板组成如图 1-21 所示。

2) 模板设计应满足混凝土施工措施中确定的控制条件，如混凝土的浇筑顺序、分层分块、浇筑方式、浇筑速度、施工荷载等，具有足够的承载力、刚度和稳定性。

3) 整个模板系统应构成一个有机的整体，其面板材料需满足在次围檩支撑下的受力要求，次围檩必须满足主围檩支撑下的受力要求，主围檩又必须满足支撑点（拉筋、锚筋；支撑桁架、模板支架）支撑下的受力要求。

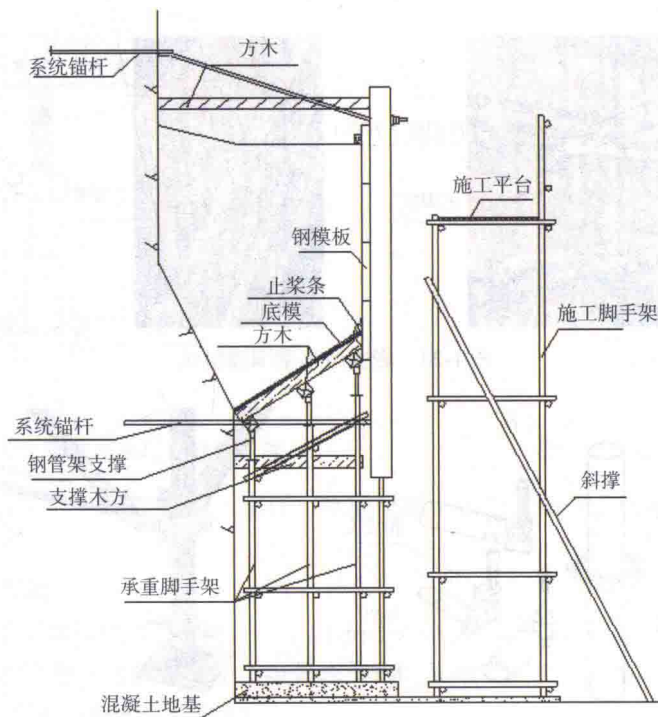


图 1-21 岩壁吊车梁模板组成

(2) 材料要求。

1) 岩壁吊车梁混凝土模板一般采用覆膜胶合板或定型钢模板。

2) 面板采用覆膜胶合板时，其质量应符合《混凝土模板用胶合板》GB/T 17656 的有关规定。材料如图 1-22 所示。当采用竹编胶合板时，其质量应符合《竹编胶合板》GB/T 13123 有关规定。

3) 侧面面板采用定型钢模板时，钢模板应采用定制加工，应保证模板平整度和刚度。侧面钢模板一般采用木方、槽钢和钢管加固；钢模板一般在底模下方和侧模上方设两排拉筋。

4) 面板表面应平整，没有明显变形、鼓包及多余的孔洞。

5) 围檩由主围檩和次围檩组成，一般采用方木、钢管或型钢。当采用方木时，其材质应符合《木结构设计规范》GB 50005 的规定，如图 1-23 所示；当采用钢管或型钢时，其材质应符合《碳素结构钢》GB/T 700 的有关规定。岩壁吊车梁围檩组成如图 1-24 所示。



图 1-22 覆膜胶合板



图 1-23 方木

6) 模板支架宜采用承插型盘扣式钢管支架，如图 1-25 所示。其主要构配件的材质及制作质量要求应符合《建筑施工承插型盘扣式钢管支架安全技术规程》JGJ 231 的有关规定。



图 1-24 岩壁吊车梁围檩组成

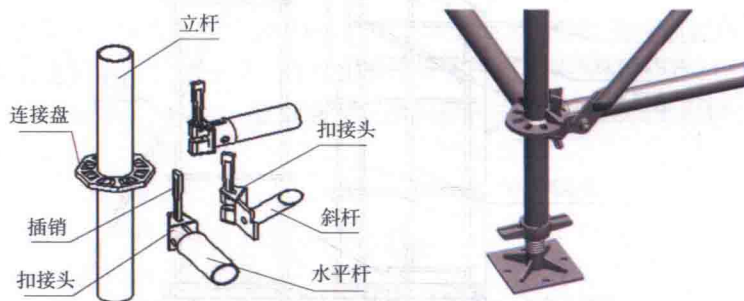


图 1-25 承插型盘扣式钢管支架